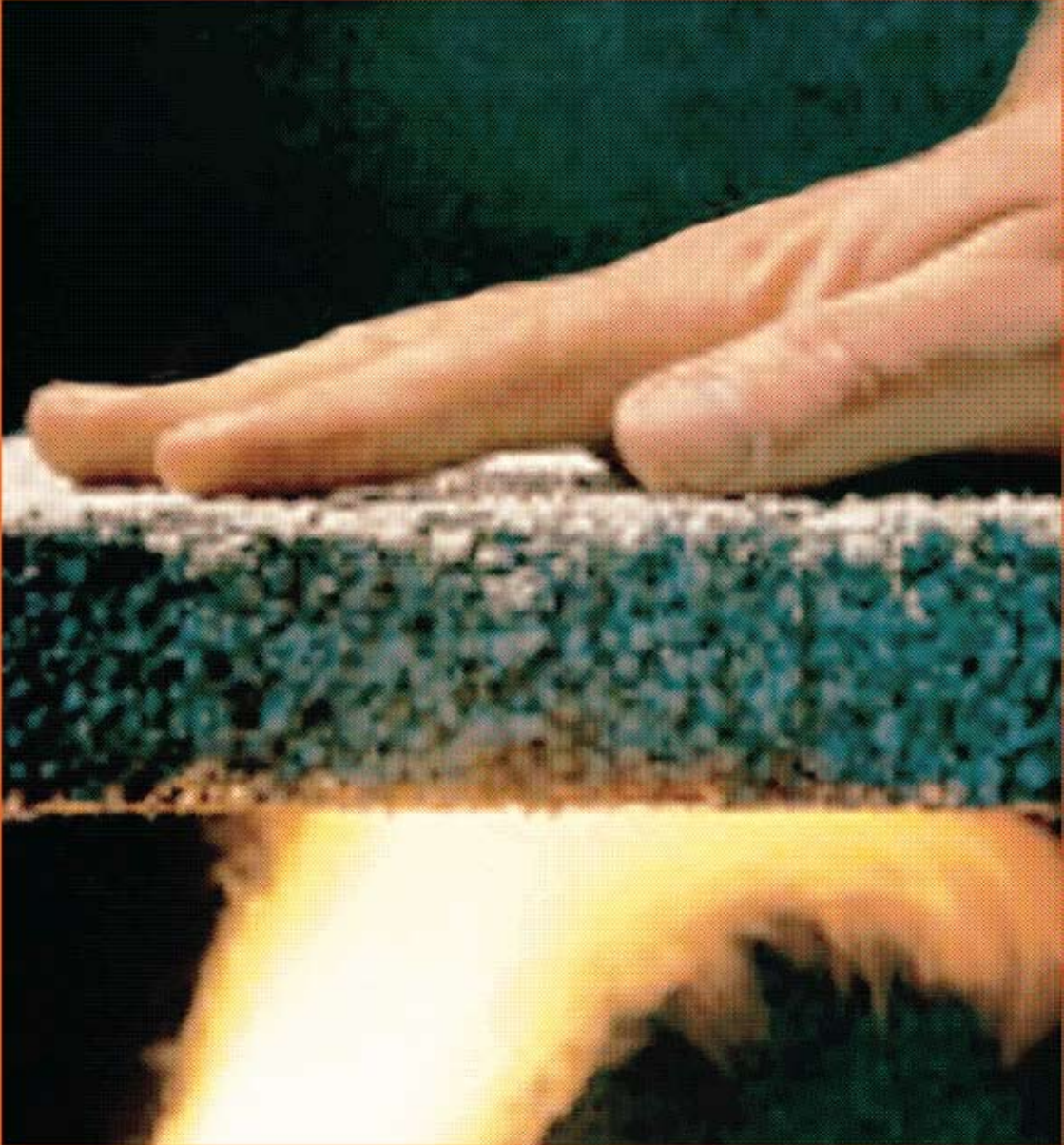


Betonla Yangından Kapsamlı Korunma ve Güvenlik



Betonla Yangından Kapsamlı Korunma ve Güvenlik

Telif Hakkı: Avrupa Beton Platformu ASBL, Nisan 2007.

Tüm hakları saklıdır. **Avrupa Beton Platformu ASBL'nin yazılı izni alınmaksızın** bu broşürün hiçbir bölümü çoğaltılamaz, erişim sisteminde saklanamaz veya herhangi bir şekilde ya da herhangi bir araçla, elektronik ya da mekanik olarak, fotokopiyle, kayıt edilerek ya da başka herhangi bir şekilde aktarılamaz.

Avrupa Beton Platformu ASBL yayımıdır.

Editör: Jean-Pierre Jacobs
8 rue Volta
1050 Brüksel, Belçika

Düzenleme ve Baskı: Avrupa Beton Platformu ASBL

Bu belgedeki tüm bilgilerin doğruluğu, baskıya gitme aşamasında Avrupa Beton Platformu ASBL tarafından teyit edilmiştir. Bütün bilgiler iyi niyetle verilmiştir.

Avrupa Beton Platformu ASBL'nin belgesinde yer alan bilgiler üyeleri üzerinde bağlayıcı değildir. Amaç bu bilgiyi zamanında ve doğru şekilde korumak iken, Avrupa Beton Platformu ASBL ikisini de garanti edememektedir. Hatalar bildirildiği takdirde tarafından düzeltilecektir.

Bu belgede yer alan görüşler yazarların görüşleridir ve Avrupa Beton Platformu ASBL bu belgede belirtilen görüşlerden sorumlu tutulamaz.

Avrupa Beton Platformu ASBL tarafından verilen tüm tavsiye ve bilgiler, bu belgenin içeriğinin önemini ve kısıtlamalarını değerlendirecek ve kullanımı ile uygulamasının sorumluluğunu alacak kişilere hitap etmektedir. Bu tavsiye ve bilgilerden kaynaklanan bir zararın (ihmal dahil olmak üzere) sorumluluğu üstlenilmeyecektir.

Okuyucuların tüm Avrupa Beton Platformu ASBL yayınlarının zaman zaman gözden geçirildiğini bilmeleri ve en son baskıya sahip olduklarından emin olmaları gerekmektedir.

Ön kapak resmi

(Rastra Corporation, ABD'nin izni ile)

Betonla Yangından Kapsamlı Korunma ve Güvenlik

Bu belge CEMBUREAU, BIMB ve ERMCO tarafından oluşturulmuştur. Şartnameyi hazırlayan tarafları, düzenleyicileri, bina sahiplerini, itfaiye müdürlüklerini, sigorta şirketlerini ve halkı hedef alan bu belge can güvenliği, malların ve çevrenin korunması dahil olmak üzere beton ile kapsamlı şekilde yangından nasıl korunulacağını göstermektedir.

İçindekiler

1 Beton kapsamlı şekilde yangından korunmayı sağlar	4
Kapsamlı bir yaklaşım	4
2 Yangında betonun performansı	
Beton yanmaz	7
Beton koruyucu bir malzemedir	7
Beton yüzeyinde dökülme	8
Beton etkili bir bölmeleme görevi görür	9
Betonun yangın sonrasında onarılması daha kolaydır	9
Örnek Çalışma 1 Frankfurt'ta gökdelen	9
3 Betonla yangın güvenliği tasarımı	11
Yangın emniyetli binalar tasarlamak	11
Örnek Çalışma 2 Bire bir boyutlu betonarme çerçeve üzerinde yangın testleri	13
Eurocode 2'yi kullanmak	13
4 Kişilerin korunması	15
Beton yapılar yangın esnasında stabil kalır	15
Örnek Çalışma 3 Windsor Kulesi, Madrid	15
Beton yangından güvenli kaçış ve yangının güvenli söndürülmesini sağlar	17
Örnek Çalışma 4 Dünya Ticaret Merkezi Binaları, New York	17
Örnek Çalışma 5 Yol tünellerindeki yangın emniyetini artırmak	18
Beton çevrenin kirlenmesini engeller	19
Konutlarda yangın güvenliği	20
Örnek Çalışma 6 Ahşap inşaat alanı yangını, Londra	21
Beton depremler sonrasında çıkan yangınların yayılmasını önler	22
5 Mülkün ve Ticaretin Korunması	23
Beton yangın öncesinde ve sonrasında koruma sağlar	23
Betonla, yangından korunmak bedavadır	23
Betonla sigorta primleri daha düşüktür	24
Örnek Çalışma 7 Fransa'daki depolar için sigorta primleri	24
Örnek Çalışma 8 Mezbahanın yıkılması, Bordeaux	25
Örnek Çalışma 9 Giyim deposunda yangın, Marsilya	25
Beton itfaiyecilerin malları kurtarmasına yardım eder	26
Örnek Çalışma 10 Uluslararası çiçek pazarı, Rungis, Paris	27
6 Beton ve Yangın Güvenlik Mühendisliği	28
Yangın güvenlik mühendisliği nasıl işler	28
Uygulamada yangın güvenlik mühendisliği	28
7 Betonun Ek Faydaları	30
8 Referanslar	31

İnsanların hayatları ve malları betonla korunur

1. BETON KAPSAMLI ŞEKİLDE YANGINDAN KORUNMAYI SAĞLAR

Yangın durumunda, betonun mükemmel ve kanıtlanmış yangına dayanıklılık özelliği hayatınızı, mülklerinizi ve çevreyi korumaktadır. Bina sakinleri, bina sahipleri, işyerleri ve ikamet edenlerden sigortacılar, düzenleyiciler ve itfaiyecilere kadar herkesin faydalanmasını sağlayarak Avrupa mevzuatında belirtilen koruyucu hedeflerin hepsine etkin bir şekilde yanıt vermektedir. **İster ikamet amaçlı kullanılan binalarda, ister endüstriyel depolarda isterse tünellerde kullanılsın, beton en ağır yangın koşullarında sağlam kalması için tasarlanabilir.**

Her gün yaşanan olaylar ve uluslararası istatistikler betonun yangından korumaya yönelik özellikleri hakkında oldukça fazla kanıt sunmaktadır. Bu nedenle bina sahipleri, sigortacılar ve düzenleyiciler diğer yapı malzemelerine nazaran giderek artan bir şekilde beton kullanımını tercih ediyorlar. Betonu seçerek doğru seçimi yaptığınızdan emin olabilirsiniz; çünkü beton yangın yükünü artırmaz, yangına karşı güvenli kaçış olanağı sağlar, bölmeler arasında yangının yayılımını engeller ve yapısal yıkılmayı geciktirir ve genellikle de tamamen yıkılmayı engeller. **Genellikle kullanılan diğer yapı malzemelerine kıyasla, beton ilgili tüm yangın güvenliği kriterleri açısından kolay ve ekonomik bir şekilde üstün performans göstermektedir.**

Binalarda ve yapılarda beton kullanmak, yangında çok yüksek düzeyde koruma ve güvenlik sağlar:

- Beton yanmaz ve yangın yükünü artırmaz.
- Betonun yangına dayanıklılığı yüksektir ve yangının yayılmasını durdurur.
- Beton yangına karşı etkili bir koruyucudur, bina sakinleri için güvenli kaçış olanakları, itfaiyeciler için de koruma sağlar.
- Beton duman ya da zehirli gazı sebep olmaz, bu nedenle de bina içindekiler için riskin azaltılmasına yardımcı olur.
- Beton yangının yayılmasına sebep olacak erimiş parçalar açığa çıkarmaz.
- Beton yangını engeller ve böylece çevre kirliliği riskini azaltır.
- Beton kendiliğinden yangından korunma sağlar – ek önlemler almaya gerek kalmaz.
- Beton ağır yangın koşullarına dayanabilir, bu nedenle yüksek yangın riski olan depolar için idealdir.
- Betonun yangın halinde sağlamlığı yangının söndürülmesini kolaylaştırır ve yapının çökme riskini azaltır.
- Betonun yangın sonrasında onarımı kolaydır ve bu nedenle iş yerlerinin daha kısa sürede eski haline kavuşmasına yardımcı olur.
- Beton, yangını söndürmek için kullanılan sudan etkilenmez.
- Beton kaplamalar tünellerde karşılaşılan ağır yangın koşullarına karşı dayanıklıdır.

Yapılacak seçim basittir – geniş kapsamlı etkileri olan bir seçim

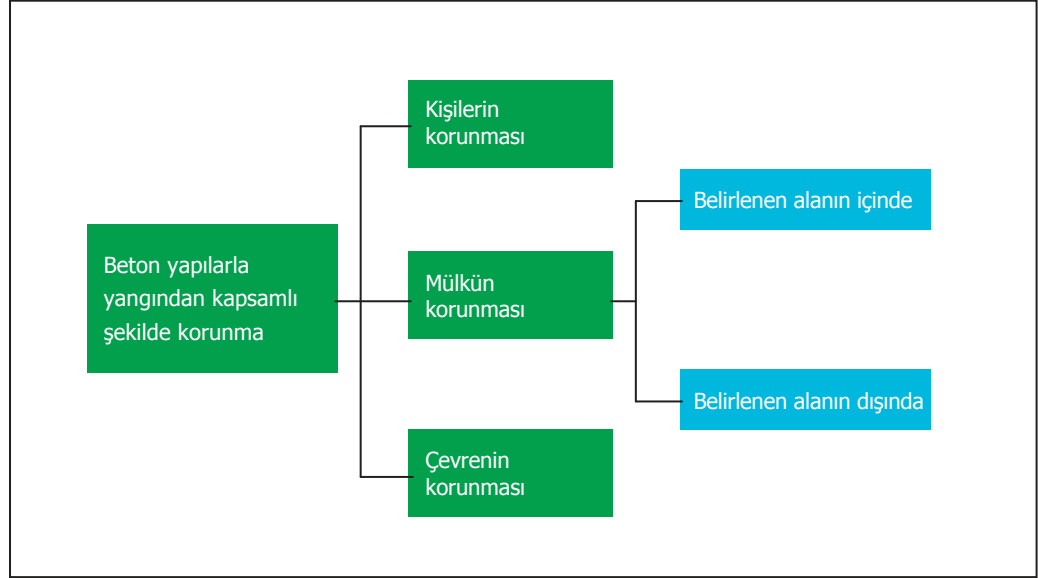
Kapsamlı bir yaklaşım

Yangında ölümleri ve yangının etkisini azaltmak yangın güvenliği açısından kapsamlı bir yaklaşımı gerekli kılmaktadır. 1999'da Dünya Yangın İstatistikleri Merkezi, bina yangınlarıyla ilgili uluslararası verileri derleyen bir raporu BM Konutlar Görev Grubu'na sundu (Neck, 2002). Sanayileşmiş 16 ülkede yapılan çalışma, bir yıl içerisinde yangın sebebiyle ölen kişi sayısının 100,000'de 1 ile 2 olduğunu ve yangının sebep olduğu toplam hasar miktarının gayrisafi milli hasılanın (GSMH) %0.2'si ile 0.3'ü oranında olduğunu tespit etmiştir, bakınız Tablo 5.1.

Pek çok binada yangın çıkma ihtimaline ve yangının hayatlarımız üzerindeki etkisine karşı hazırlıklı olmak zorundayız. Amaç, bina ve yapıların yangının tehlikelerine karşı insanları ve mülkleri koruyabilmesini sağlamaktır. Yangın güvenliği hakkındaki kanunlar bu amaçları göz önünde bulundurarak yazılmış olsa da daha çok önem atfedilen nokta elbette ki insanların güvenliğidir. Ancak özel mülk sahipleri, sigorta şirketleri ve ulusal makamlar, **ekonomik bakımdan ayakta kalma, veri depolama, çevrenin korunması ve kritik altyapının bakımı** gibi diğer nedenlerden ötürü yangın güvenliğiyle ilgilenmektedir. Bu faktörlerin hepsi yangın güvenliğiyle ilgili Avrupa mevzuatında ve ulusal mevzuatlarda dikkate alınmaktadır (bakınız Şekil 1.1).

Yangından korunma için yapısal önlemler üç amaca yönelik olmalıdır:

- İnsanların hayatını ve sağlığını korumak amacıyla **kişilerin korunması**;
- Yangının çıktığı meskenler ve ticari birimler ile yangının çıktığı yerin etrafındaki mal ve eşyaları korumak amacıyla **mülkün korunması**. Buna, bina yapısının önemli ölçüde korunması da eklenmelidir;
- Yangını söndürmek için kullanılan kirli suyun yanı sıra duman ve zehirli gazlar nedeniyle yangının çevre üzerinde istenmeyen etkilerini azaltmak amacıyla **çevrenin korunması**.



Şekil 1.1: Yangın güvenliğine kapsamlı bir yaklaşım (Neck'in izniyle, 2002)

Beton yapıyla üç amacın üçüne de ulaşılabilir. Yanmazlığı ve yangına karşı dayanıklılığının iyi olması, betonun **kişilerin, mülkün ve çevrenin korunması** için yangına karşı kapsamlı bir koruma sağladığı anlamına gelmektedir.

Betonun birçok özelliği açısından daha iyi olduğunu gösteren Tablo 1.1'de betonun yangına karşı doğal dayanıklılığı diğer inşaat malzemeleri ile karşılaştırılmaktadır.

Tablo 1.1. Korumasız yapı malzemelerinin yangındaki performansı

Korumasız yapı malzemesi	Yangına dayanıklılık	Yanıcılık	Yangın yükünü artırma etkisi	Belli bir kesitte ısı artış oranı	Yangına karşı kendiliğinden koruma	Yangın sonrası onarılabilirlik	Tahliye edilecek kişiler ve itfaiyecilerin korunması
Ahşap	Düşük	Yüksek	Yüksek	Çok düşük	Çok düşük	Yok	Düşük
Çelik	Çok düşük	Yok	Yok	Çok yüksek	Düşük	Düşük	Düşük
Beton	Yüksek	Yok	Yok	Düşük	Yüksek	Yüksek	Yüksek



Şekil 1.2:

Fransa'daki bu depo yangınında, alevleri söndürmek üzere yangının yakınına yaklaşabilmek için itfaiyeciler beton duvarın arkasına sığınmışlardır.
(DMB/Fire Press'in izniyle – Revue soldats du feu magazine, Fransa)



Şekil 1.3:

Brüksel'deki The North Galaxy Kuleleri. Bu 30 katlı betonarme bina, yangına dayanıklılıkla ilgili mevcut gereklilikleri karşılamaktadır (REI 120), kolonlar mukavemeti yüksek C80/95 betondan yapılmıştır (ERGON'un izniyle, Belçika)



Şekil 1.4:

Beton tünel ve yol yüzeyleri tünellerde görülen ağır yangın koşullarına karşı dayanıklıdır.

© photo-daylight.com, Copyright free for all publications edited by CEMBUREAU/BIBM/ERMCO Members including web sites
Cointe tunnel (link E25-E40) in Liege, Belgium: use of concrete road pavement for improved tunnel safety

Beton yanmaz,
dumana sebep
olmaz ve
zehirli gaz
yaymaz.
Yangının
yayılmasına
karşı da
koruma sağlar.

2. YANGINDA BETONUN PERFORMANSI

Yangında betonun üstün performansına ilişkin iki kilit unsur söz konusudur: İlk olarak betonun inşaat malzemesi olarak temel özellikleri ve ikinci olarak da bir yapı içerisindeki işlevselliği. Beton yanıcı değildir (yanmaz) ve bir kesit içinde ısı artış oranı düşüktür. Bu da pek çok yapıda ilaveten yangından korunmaya gerek kalmaksızın betonun kullanılabileceği anlamına gelmektedir. İster yapısal olarak normal ya da hafif, ister beton kâğır ya da otoklavlanmış gözenekli beton olsun, betonun yangına dayanıklı özelliklerinin pek çoğu hepsinde aynıdır. Özünde, başka hiçbir malzeme betonun yangın emniyeti performansı kadar kapsamlı olamaz. (Bakınız Tablo 1.1.)

Beton yanmaz.

Beton bina içerisindeki diğer bazı malzemeler gibi kolayca tutuşmaz. Çok yüksek sıcaklıklara ulaşabilen, yangını başlatan ya da yangını yeniden başlatabilen, içten içe tutuşan malzemelere dayanıklıdır ve yanan maddelerden çıkan alevler betonu tutuşturamaz. Bu nedenle, yanmamasından dolayı beton, yangından etkilendiğinde duman, gaz, zehirli duman yaymaz. Bazı plastik ve metal malzemelerden farklı olarak tutuşmaya neden olabilecek erimiş parçalar da açığa çıkarmaz. **Betonun yangın çıkması ve yayılması ya da yangın yükünü artırması gibi bir durum söz konusu değildir.**

Betonun yangın performansı özelliklerine yönelik geçerli kanıtlar Avrupa standartlarında sunulmaktadır. Tüm inşaat malzemeleri yangına reaksiyonları ve yangına dayanıklılıkları açısından sınıflandırılmıştır. Bu da malzemenin kullanılıp kullanılmayacağı ve ilave yangından korunma önlemlerinin ne zaman uygulanacağını belirlemektedir. Avrupa Yapı Malzemeleri Direktifi'ne dayanarak, EN 13501-1:2002: "Yapı mamulleri ve inşaat malzemelerinin yangın sınıflandırması" yangına reaksiyonlarına göre malzemeleri A1, A2, B, C, D, E ve F şeklinde yedi kategoride sınıflandırmaktadır.

Muhtemel en yüksek seviye A1'dir (yanmaz malzemeler) ve Avrupa Komisyonu, çeşitli beton tipleri ve aynı zamanda betonun mineral bileşenlerinin türlerini içeren bu sınıflama için onaylanmış malzemelerinin bağlayıcı bir listesini yayımlamıştır. **Beton, A1 sınıfı gereklilikleri karşılamaktadır; çünkü mineral bileşenleri etkin bir şekilde yanmaz nitelik taşımaktadır** (örn. normalde yangına neden olacak sıcaklıklar altında tutuşmaz).

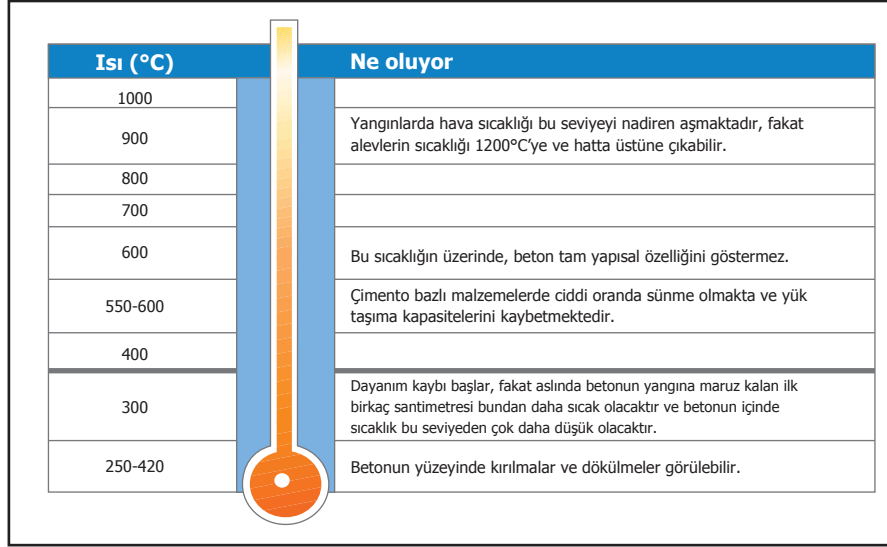
Beton koruyucu bir malzemedir.

Betonun yangına dayanıklılık derecesi yüksektir ve uygulamaların pek çoğunda doğru şekilde tasarlandığında yangın geçirmez olarak tanımlanabilir. Beton yangına karşı etkin bir koruyucudur. Beton, yüksek sıcaklığı depolama kapasitesine sahiptir. Ayrıca gözenekli yapısı bir kesitte düşük seviyede ısı artış oranı sağlamaktadır. Bu özellikler, betonun etkili bir yangın koruma aracı olduğunu göstermektedir.

Bir betonarme yapının çapraz kesitinde ısı artış oranının düşük olmasından ötürü, iç bölgeler, alevlere maruz kalan yüzey bölge kadar aynı derecede yüksek ısıya ulaşmaz. 160 mm genişliğinde ve 300 mm derinliğinde bir beton kiriş üzerinde yapılan ISO 834 yangın testinde kirişin üç boyutu da bir saat boyunca yangına maruz bırakılmıştır. Yüzeyden 16 mm aşağıda sıcaklık 600°C'ye ulaştığında, bu sıcaklık yüzeyden 42 mm aşağıda yarı yarıya inerek 300°C olarak görülmektedir. 26 mm'lik betonda bile 300°C'lik bir ısı azalması söz konusudur! (Kordina, Meyer-Ottens, 1981). Bu da, betonun nispeten düşük orandaki ısı artışının betonun iç kısımlarının iyi bir şekilde korunmasını nasıl sağladığını göstermektedir.

Uzun bir süreç sonrasında bile, betonun iç sıcaklığı nispeten düşük kalmaktadır. Bu yapısal özelliğini ve **ayırıcı bir eleman** olarak yangına karşı koruma özelliklerini muhafaza etmesini sağlamaktadır.

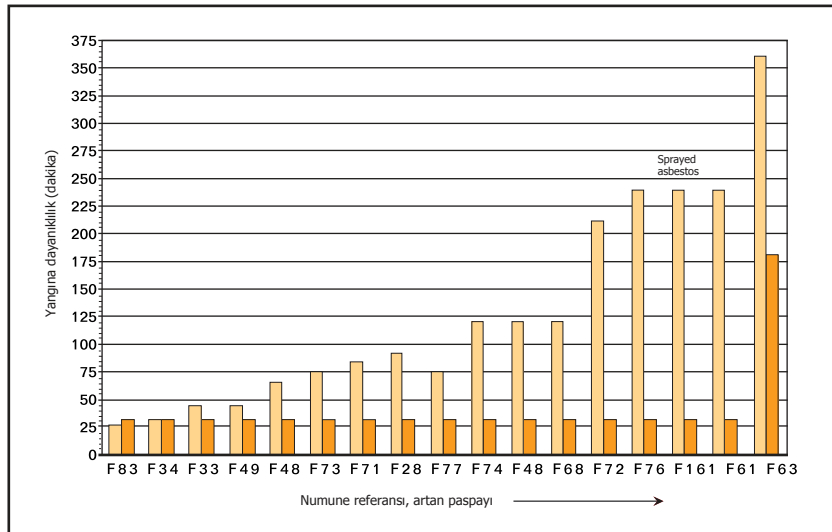
Beton yangın sırasında çok yüksek ısıya maruz kaldığında, bazı fiziksel ve kimyasal değişiklikler görülebilir. Bu değişiklikler, beton içerisindeki ısı seviyeleriyle (alevlerin ısısıyla değil) betonun özelliklerindeki değişiklikler arasındaki ilişkiyi gösteren Şekil 2.1.'de gösterilmektedir.



Şekil 2.1: Yangında beton: fiziksel süreçler (Khoury 2000)

Beton Yüzeyinde Dökülme

Beton yüzeyinde dökülme, yangın esnasında görülen yüksek sıcaklıklara betonun doğal yanıtının bir parçasıdır. Bu nedenle, normal binalar ve normal yangınlar için (örn. ofisler, okullar, hastaneler, konutlar), Eurocode 2 gibi projelendirme standartları bu uygulamalar için dökülme etkisini de hali hazırda kapsamaktadır. (Bölüm 4 – İnsanların korunması'nda bahsedilen) Tüneller ve hidrokarbon yangınlar hariç, betonun yangın halinde dökülmesi projelendirme standartlarında açıkça yer almaktadır. Örneğin, İngiltere yapısal beton projelendirme standardının (BS 8110) geliştirilmesi için kullanılan deney sonuçları üzerinde yapılan araştırma, bunların öngörülen yangına dayanıklılık sürelerini desteklediğini ve pek çok durumda güvenli tarafta kaldığını tespit etmiştir (Lennon, 2004). Şekil 2.2 yangın testlerinde döşeme levhası performansı ile BS 8110 'da öngörülen performansları arasındaki karşılaştırmayı göstermektedir. Yangın testleri sırasında numunelerin çoğunda dökülme görülmüştür; bu nedenle pek çok döşeme levhasının öngörülen performans düzeyini geçmiş olması, dökülmenin hem projelendirme standartlarında yer aldığı hem de günlük yangınlarda betonun yangına karşı dayanıklılığını etkilemediğine dair net bir kanıttır.



Şekil 2.2:

Yangına karşı ölçülen dayanıklılık (sarı) ile öngörülen dayanıklılığın (turuncu) yüzeyden olan derinliğe göre karşılaştırılması (Lennon'dan 2004)

Beton etkili bir bölmeleme görevi görür.

Beton yangının zararlı tüm etkilerine karşı koruma sağlar ve o kadar güvenilir ki büyük sanayi binaları ve çok katlı binalarda sabit bir bölmeleme sağlanması amacıyla kullanılmaktadır. Bu büyük binaları bölmelere ayırarak yangın halinde toplam hasar riski tamamen ortadan kaldırılmaktadır – beton döşemeler ve duvarlar yatay olarak (duvarlar vasıtası ile) ve dikey olarak (döşeme vasıtası ile) yangın alanını küçültmektedir. Bu nedenle, beton kolay ve ekonomik bir şekilde güvenli ayırıcı yapılar kurmaya imkan sağlamaktadır. Yangına karşı koruyucu özellikleri betonun yapısından kaynaklanmaktadır ve ilaveten yangın önleyici malzeme ya da bakım gerektirmez.



Şekil 2.3

Prekast duvarlar bu depo için yangına dayanıklı bölmeleme özelliği göstermektedir. (BDB'nin izniyle, Almanya)

Betonun yangın sonrasında onarılması daha kolaydır.

Beton yapıların büyük bir çoğunluğu yangın halinde yıkılmaz ve bu nedenle betonun en büyük avantajlarından biri yangın sonrasında genellikle kolayca onarılabilir olmasıdır. Böylece ortaya çıkacak sorunları ve maliyeti de en aza indirmektedir. Pek çok bina yangınında görülen düşük döşeme yükleri ve nispeten düşük sıcaklıklar betonun yük taşıma kapasitesinin yangın esnasında ve sonrasında korunduğu anlamına gelmektedir. Bu sebeplerden ötürü, genellikle ihtiyaç duyulan tek şey basit bir temizliktir. Onarım ve rehabilitasyonun hızı büyük bir yangından sonra iş kaybını en aza indirmek açısından önemli bir faktördür. Yıkma ve yenilemeye kıyasla daha tercih edilebilir niteliktedir.

ÖRNEK ÇALIŞMA 1

Frankfurt'ta gökdelende yangın, Almanya (1973)

22 Ağustos 1973 gecesi, Frankfurt'taki ilk gökdelenin 40. katında büyük bir yangın çıktı. Yangın hızlı bir şekilde, 140 m yüksekliğindeki bu işyerinin 38. ve ikiz blokların en üst katı olan 41. katına yayıldı. Bu binanın dikey ve yatay bütün yük taşıma yapısı çift T şeklindeki döşeme sistemi ile betonarme olarak yapılmıştı.

Tesisat kolonları doğru şekilde bağlanmadığından, yangın başladıktan ancak iki saat sonra söndürme çalışmaları başlayabildi. Üç saat sonra yangın kontrol altına alınmıştı. Toplam olarak yangının söndürülmesi sekiz saat sürmüştü (Beese, Kürkchübasche, 1975)

Yaklaşık dört saat kadar alevlere maruz kalmalarına rağmen tüm yapı elemanları yangına dayandı. Pek çok yerde betonun yüzeyinde dökülmeler olmuş ve bazı yerlerde de yalnızca görünebilir değil, aynı zamanda tamamen açık haldeydi. Neyse ki yangın esnasında binada çok büyük bir hasar oluşmamış ve yangın sonrasında da bütün katları yıkmak gerekmemişti. Böylesi bir yıkma işlemi yerden 100 m'den daha fazla yükseklikte tehlikeli olurdu. Donatıyı yeniden kullanarak ve güçlendirerek ve de beton püskürtme yoluyla olay yerindeki pek çok elemanı onarmak mümkün oldu.

Yangından sonra binanın kurtarılmasının kolay oluşu, beton yapıların yangına yüksek derecede dayanıklılığının ve yapıyı daha güvenli bir şekilde onarılmasının mümkün olduğunun tipik bir örneğidir.



Şekil ÖÇ1.1:

Frankfurt bina yangını
(DBV'nin izniyle, Almanya)



Şekil ÖÇ1.2:

Yangın sonrasında dökülmenin
görüldüğü beton yapı elemanı
örnekleri
(DBV'nin izniyle, Almanya)



Şekil ÖÇ1.3:

Püskürtmeyle yapı elemanlarının
onarılması (püskürtme beton)
(DBV'nin izniyle, Almanya)

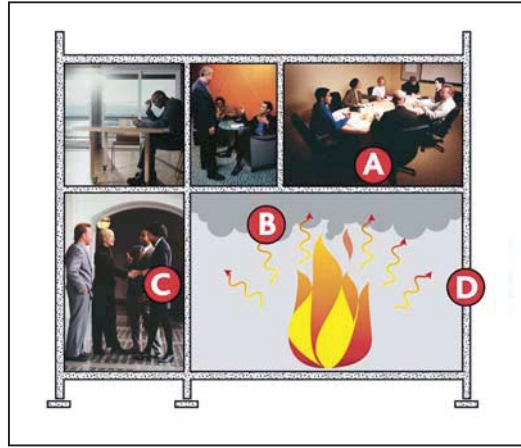
Beton yapılar yangınla ilgili tüm ulusal ve Avrupa gerekliliklerini kolayca karşılamaktadır.

3. BETONLA YANGIN GÜVENLİĞİ TASARIMI

Yangın emniyetini sağlamak için doğru tasarım ve malzemelerin doğru seçilmesi çok önemlidir. Bu bölümde yangına yönelik temel tasarım unsurları açıklanmaktadır.

Yangın emniyetli binalar tasarlamak

Önceden yangın güvenliği gereklilikleri ulusal hükümetler tarafından belirlenirken, bugün Avrupa direktiflerine, standartlarına ve kılavuz ilkelerine bağlıdır. Yangına karşı emniyetin sağlanabilmesi için bir binayı tasarlarken dört temel hedefe ulaşılması gerekmektedir. Beton, yangın güvenliğinin tüm hedeflerini kolaylıkla, ekonomik bir şekilde ve yüksek derecede güvenilirlikle yerine getirebilmektedir. Temel gereklilikler Şekil 3.1’de gösterilmiştir ve Tablo 3.1. beton yapı kullanılarak gerekliliklerin nasıl yerine getirebileceğinin bazı örneklerini ve beton yapıların kapsamlı koruyucu işlevlerini göstermektedir.



Şekil 3.1

Yapı,

A- Yük taşıma kapasitesini korumalı

B- İnsanları zararlı duman ve gazdan korumalı

C- İnsanları ısıdan korumalı

D- İtfaiyecilerin müdahalesini kolaylaştırmalıdır.

(The Concrete Center’ın izniyle, İngiltere)



Şekil 3.2:

Beton yapının sağladığı koruma –
Bakınız yukarıdaki Şekil 3.1’in
D maddesi. (DMB/Fire Press –
Revue soldats du feu magazine,
Fransa)

Bir yapı tasarlanırken, Tablo 3.1’de belirtilen beş gereklilik dikkate alınmalıdır ve bu da Eurocodes (Avrupa Yapısal Tasarım Standartları) içerisinde yangın emniyetine yönelik yapı elemanlarının tasarım yöntemlerinin temelini oluşturmaktadır (örn. EN 1992-1-2 (Eurocode 2) Beton yapıların tasarımı – Yapısal yangın tasarımı).

Tablo 3.1: Yangın güvenliği için gereklilikler ve bunların betonla ilişkisi

Hedef	Gereklilik	Beton Kullanımı
1. Yangının gelişmesini azaltmak	Duvarlar, döşemeler ve tavanların yanmaz bir maddeden yapılmış olması gerekmektedir.	Beton malzeme olarak inerttir ve yanıcı değildir (A1 sınıfı);
2. Belli bir süre zarfı içerisinde yük taşıyan yapı elemanlarının stabilitesini korumak	Yapı elemanlarının yanmaz bir maddeden yapılmış olması ve yangına yüksek düzeyde dayanıklı olması gerekmektedir.	Beton yanıcı değildir ve ısı iletkenliğinin düşük olmasından ötürü tipik bir yangın esnasında dayanıklılığı korunmaktadır .
3. Yangın ve dumanın oluşumunu ve yayılmasını engellemek	Yangın ayırıcı duvarlar ve döşemeler yanmaz malzemeden olmalıdır ve yangına yüksek derecede dayanıklı olmalıdır.	Yukarıda belirtilenlere ek olarak, beton kullanılarak düzgün tasarlanmış bağlantılar yangına karşı dayanımı arttırmakta ve yapısal süreklilikten tam olarak yararlanılmasını sağlamaktadır.
4. Bina içindeki kişilerin tahliyesini kolaylaştırmak ve kurtarma ekiplerinin emniyetini sağlamak	Kaçış yolları yanmaz malzemeden yapılmış olmalı ve yangına yüksek derecede dayanıklı olmalıdır. Böylece daha uzun bir süre boyunca tehlike olmaksızın kullanılabilirler.	Beton çok sağlamdır ve yüksek derecede dayanıklılığa sahiptir. Kayar kalıp ya da jumpforming etkin inşaat yöntemleridir.
5. Kurtarma ekiplerinin (itfaiyeciler) müdahalesini kolaylaştırmak	Yük taşıyıcı elemanlar yangının etkin bir şekilde söndürülebilmesi için yangına yüksek derecede dayanıklı olmalıdır. Yanan maddeler dökülmemelidir.	Yük taşıyıcı elemanlar uzun süre boyunca bütünlüğünü korumaktadır ve beton, erimiş malzeme açığa çıkarmamaktadır.

Eurocode 2 uyarınca, tasarlanan her yapının yangından korunmaya yönelik şu kriterleri karşılaması gerekmektedir: Yük taşıma kapasitesi (R), Bütünlük (E) ve Yalıtım (I). Bu üç kriter Tablo 3.2’de açıklanmıştır. R, E ve I harfleri belirtici amaçla ve ISO standart yangınında dakika cinsinden dayanıklılığa atıfta bulunan rakamlarla kullanılmaktadır. Bu nedenle 90 dakika süresince yangına dayanıklı taşıyıcı bir duvar **R90** şeklinde sınıflanacaktır, ayırıcı bir duvar **RE 90** olacaktır; yük taşıyıcı, ayırıcı ve yangına karşı koruyucu bir duvar **REI 90** şeklinde sınıflandırılacaktır.

Tablo 3.2: Eurocode 2, Bölüm 1-2’den alınan yangından korunmanın üç ana kriteri

Tanım	Yangın Sınırı İfadesi	Kriter
Résistance (R) <i>Ayrıca,</i> Yangına dayanıklılık Yük taşıma kapasitesi olarak da tanımlanmaktadır	Yük Sınırı Yapı yük taşıma kapasitesini korumalıdır.	Yapının yük taşıma açısından dayanıklılığı belli bir süre için garanti sağlanmalıdır. Bir yapı elemanının yangına karşı yük taşıma kapasitesinin korunacağı zaman dilimi yük altındaki mukavemetine bağlıdır.
Etanchéité (E) <i>Ayrıca,</i> Alev tutma Ayırma Sıklık olarak da tanımlanmaktadır.	Bütünlük sınırı Yapı kişileri ve eşyaları alevlerden, zararlı duman ve sıcak gazlardan korumalıdır.	Bütünlükle ilgili bir sorun yaşanmamaktadır, bu nedenle yangından etkilenmemiş kısımlara alevlerin ve sıcak gazların geçişi engellenmektedir. Yangın dayanıklılığına ek olarak, alevlere ve gazlara karşı yapı elemanının yangın ayırma kapasitesi bağlantı sıklığına bağlı olarak korunmaktadır.
Isolation (I) <i>Ayrıca</i> Yangından koruma Isı izleme Ayırma olarak da tanımlanmaktadır.	Yalıtım sınırı Yapı, insanları ve eşyaları ısıdan korumalıdır.	İzolasyonla ilgili bir sorun yaşanmamaktadır, bu nedenle yangından etkilenmemiş kısımlarda ısı artışı engellenmektedir. Hem yangın dayanıklılığı hem de yangında ayırmaya ek olarak, yangından etkilenmemiş kısımlardaki müsaade edilebilir ısı artışıyla tanımlanan, bir yapı elemanının yangından korunma kapasitesi muhafaza edilmektedir.
Yukarıdaki sınır ifadelerinden her biri dakika olarak ve şu aralıklarla ifade edilmektedir: 15, 20, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 240 ve 360.		

R, E ve I harflerinin Fransızca terimlerden geldiği göz önünde bulundurulmalıdır. Bu harfler, ilk olarak Fransa’da ortaya konulduğu için Eurocode’da aynı şekilde kalmaktadır.

ÖRNEK ÇALIŞMA 2

Bire - bir boyutlu beton bina çerçevesi üzerinde yangın testleri

Betonun R, E ve I kriterleri açısından özellikleri, İngiltere’de 2001 yılında Cardington’da bağımsız olarak işletilen Building Research Establishment (BRE) (Bina Araştırma Kurulu)’ta beton test binaları üzerinde tam boyutlu bir deney (Bakınız Şekil ÖÇ2.1) yapıldığında test edilmişti (Chana ve Price, 2003). BRE tarafından, yapılan testin sonuçları aşağıdaki şekilde özetlenmiştir.

"Test, Eurocode 2 sınırlarına göre tasarlanmış bir binada mükemmel performans göstermiştir. Bina, doğal bir yangına ve yüke maruz bırakıldığında, yük taşıma, yalıtım ve bütünlüğe yönelik performans kriterlerini karşılamıştır. Yangın sonrasında hiçbir iyileştirmeye gerek kalmaksızın döşemeler yükleri karşılamaya devam etmiştir."



Şekil ÖÇ2.1

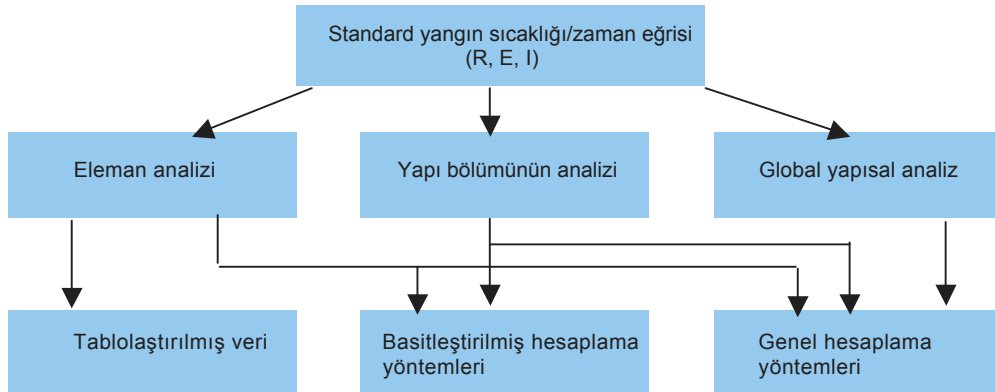
BRE’de beton çerçeve üzerinde yapılan yangın testi (Building Research Establishment (Bina Araştırma Kurulu)’ın izniyle, İngiltere)

Eurocode 2’yi kullanmak

Eurocode 2, Bölüm 1-2, Yapısal yangın tasarımı, daha önce açıklanan R, E, I kriterleriyle sınıflandırılarak, kazara yangına maruz kalma, yangından pasif korunma hususları ve genel yangın güvenliği de dahil olmak üzere beton yapıları kullanarak yangın güvenliği tasarımını kapsamaktadır.

Şekil 3.3’de gösterildiği gibi, EC2 mühendislerin bir yapıyı boyutlandırmasına ve üç yöntemden birini kullanarak, üç yöntemden birinin kullanıldığı yangın dayanıklılığının sağlanmasına imkan tanımaktadır:

1. Her iki boyutunda minimum enkesit değerlerini ve paspayını **tablolarla** uygun bir şekilde belirleme.
2. ISO sıcaklık eğrisinin bir fonksiyonu olarak kalan, hasar görmemiş en kesiti oluşturmak için **basitleştirilmiş bir yöntemle** yapı elemanının enkesitini boyutlandırma
3. Isı geriliminin bir fonksiyonu ve ısı altında yapı elemanının davranışı olarak **genel hesaplama yöntemleriyle** boyutlandırma



Şekil 3.3: Yapıların yangına dayanıklılığı için tasarım prosedürü

Bütün Avrupa'da uygulanabilir olan yangın tasarımıyla ilgili genel hükümlere ek olarak, AB üye devletleri, kendi Ulusal Ek Belgelerinde (NADS) bazı önemli parametreler ve prosedürler için değerler oluşturmakta serbesttir. Çalıştıkları ya da tasarımı ürettikleri ülkedeki doğru yaklaşımları izlediklerinden emin olabilmeleri için tasarımcıların bu NADS' ye başvurması önemlidir. İngiltere' deki tasarımları anlatan Naryanan ve Goodchild (2006) gibi başvurulabilecek belgeler Eurocode 2 anlayışlarını güncellemek ve iyileştirmek isteyen tasarımcılar için faydalı referanslar olacaktır. Denoel/Febelcem'in (2006) betonla yangın güvenliği tasarımı üzerine kapsamlı kılavuzu da faydalıdır ve Eurocode' lar içerisindeki çeşitli tasarım yöntemlerini büyük ölçüde kapsamaktadır.

Beton hayat kurtarır ve hem bina içindekilerin hem de itfaiyecilerin emniyetini arttırır.

4. KİŞİLERİN KORUNMASI

Yangın çoğunlukla insan hayatını tehdit etmektedir. Bu da yangın emniyetindeki gelişmeleri yönlendirmekte ve bizi yangın tehlikesine karşı insanları ve mallarını koruyabilecek binalar tasarlamaya zorlamaktadır. Avrupa yangın güvenliği mevzuatı uyarınca, beton binalar ve yapılar insan hayatını ve sağlığını korumak için yangına karşı kişisel koruma sağlamaktadır. Bu broşürde Bölüm 2’de betonun yangın halinde nasıl davrandığını, yangına dayanıklılık açısından malzeme özelliklerinin etkin bir şekilde nasıl işlev gösterdiği açıklanmıştır.

Can güvenliği, binaların yangın esnasında sağlam kalmasını sağlamak üzere betonun yapısında var olan sağlamlık, yanmazlık ve ısıya karşı koruma özelliklerine bağlıdır. Böylece insanlar hayatta kalabilir ve kaçabilirler; itfaiyeciler güvenli bir şekilde çalışır ve dahası bu bölümde de açıklanacağı gibi yanma ürününün çevre üzerindeki etkisini azaltır.

Beton yapılar yangın esnasında stabil kalır.

Yangın güvenliği tasarımlarında, yapısal bir elemanın işlevleri yük taşıma, seperasyon ve/veya yangına karşı koruma (R, E, I) olarak tanımlanabilir ve yapısal elemanın bu işlevleri ne kadar süreyle yerine getirebileceğine dair (dakika olarak 15 ila 360 arasında) belirli rakamsal değerlerle ifade edilir (açıklama için bakınız Bölüm 3). Yapı, yangın halinde, en azından mevzuatın gerektirdiği ölçüde performans göstermelidir. Buna ek olarak, yapının stabilitesini mümkün olduğunca muhafaza etmesi hayatta kalma, kaçma ve yangının söndürülmesi açısından istenmektedir. Bu, daha büyük ve çok katlı binalar için özellikle önem taşımaktadır. Beton çerçeveler genel stabilite açısından talebi karşılamak üzere tasarlanmıştır, pek çok kez de beklentilerin ötesine geçmektedir. Betonun yanmazlığı ve ısı artış oranının düşük olması betonun yanmayacağı ve gücünün normal bir bina yangınında önemli ölçüde etkilenmeyeceği anlamına gelmektedir. Ayrıca, betonun yapısından kaynaklanan yangına dayanıklılık özelliği uzun vadeli ve pasif koruma sağlamaktadır – beton yangın performansı açısından yangın musluğu (sprinkler) gibi aktif yangın söndürme önlemlerini gerektirmeyen tek inşaat malzemesidir.

Betonla sağlanan koruma, 2005 yılının şubat ayında feci bir yangın sırasında Madrid’teki Windsor Kulesi’nin davranışıyla net bir şekilde görülmektedir. Beton kolonlar, Örnek Çalışma 3’te görülebileceği gibi 29 katlı binanın çökmesini önlemiş ve 16. katın üstündeki kuvvetli beton kirişler yangını yedi saat bu katın üstünde kontrol altında tutmuştur.

Örnek Çalışma 3

Windsor Kulesi, Madrid, İspanya (2005)

Madrid’de banka ve mali kuruluşların yoğun olarak bulunduğu bir semtte büyük, çok katlı bir ofis binasının tadilatı sırasında çıkan ve 122 milyon Euro’ya mal olan bu yangın, geleneksel beton çerçevenin yangın halindeki performansının nasıl olduğuna mükemmel bir örnek teşkil etmektedir. 1974 ile 1978 yılları arasında inşa edilen, Windsor Kulesi 29 ofis katından oluşmaktaydı. Beş tane bodrum katı ve 3. ve 16. katların üzerinde iki tane “teknik kat” bulunuyordu. Tasarımı sırasında, İspanya’daki inşaat kanunlarında yangın muslukları istenmiyordu, fakat bu kanun daha sonra değiştirilmişti ve bu nedenle kule yeni düzenlemelerle uyumlu hale getirilmek üzere tadil ediliyordu. Çalışmanın kapsamı dahilinde binadaki bütün çelik kolonların yangına dayanıklı hale getirilmesi, binanın dış cephesinin yenilenmesi, dışarıya açılan yangın merdivenlerinin yapılması, alarm ve detektörlerin yenilenmesi ve ayrıca iki katın daha ilavesi yer almaktaydı. Yangının çıktığı esnada, binanın 20. katında uluslararası bir muhasebe firması vardı ve iki kat da İspanyol bir hukuk firmasına verilmişti. Binanın şekli dikdörtgen idi, 3. kat ve yukarıdaki ölçüleri 40 m x 26 m idi. Taşıyıcı çerçevede, çekirdekte, kolonlarda ve izgara şeklindeki döşemelerde normal güçte beton kullanılmıştı. Binanın dış cephesinin büyük bir kısmının etrafındaki kolonlar betondan yapılmıştı, fakat kulenin en önemli özelliği betondan yapılmış iki ‘teknik kat’ıydı. Her biri sekiz adet çok derin beton kirişten oluşan bu iki ‘teknik’ ya da güçlü kat (derinliği 3.75 m, tabandan tavana yukarıdan düşen yapısal elemanların sebep olduğu artan çöküşü önleyip büyük aktarım kirişleri gibi hareket edecek şekilde tasarlanmıştı.

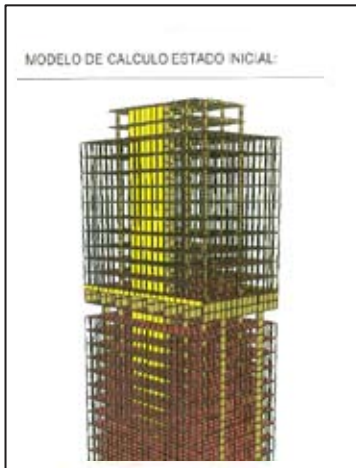
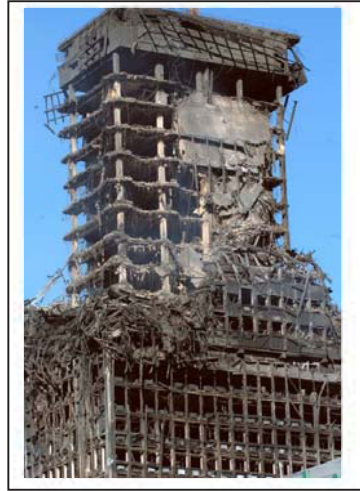
Yangın gecenin geç saatlerinde, tadilat çalışmaları başladıktan iki yıl sonra çıktı. Bina boştu. Yangın 21. katta başladı ve hızlı bir şekilde yayıldı. Yangın tadilat sırasında açılan boşluklardan yukarı doğru ve binanın dış cephesinden (çevredeki kolonlar ile çelik/cam dış cepheden) yayıldı ve aşağıya doğru binanın yanan dış cephe enkazı vasıtasıyla alt katlardaki camlardan içeri girerek yayıldı.

Alevlerin boyu, büyüklüğü ve yoğunluğu itfaiyecilerin yangını yalnızca kontrol altına almaya ve etrafındaki mülkleri korumaya çalışabileceği anlamına gelmekteydi. Bu nedenle yangın 26 saat boyunca neredeyse bütün katları yutarak devam etti (Bakınız Şekil ÖÇ3.2).

Yangın nihayet söndürüldüğünde, binanın beşinci katından yukarısı tamamen yanmıştı. Bina dış cephesinin büyük bir kısmı yıkılmıştı ve çökmesinden korkuluyordu. Ancak, yangın boyunca ve sonuna kadar, bina ayakta kaldı. Yalnızca binanın dış cephesi ve beton 'teknik katın' üstündeki katlar yıkıldı. Beton kolonların ve çekirdeğin pasif dayanıklılığı binanın tamamen çökmesini engelledi, fakat iki beton 'teknik katın', özellikle de yedi saatten daha uzun süre boyunca kontrol altında tutan 16. katın üzerindeki katın rolü, çok büyük önem taşımaktaydı. Ancak büyük bir çökmeden sonra, yıkılan enkaz bu katların altındaki katlara da yangının sıçramasına sebep oldu ve bu katlar da yandı; fakat yine de 3. kattaki 'teknik kat'ın altındaki katlar hasar görmedi.

Bu da güçlü, düzenli aralıklarla yapılan beton katların yıkılma riskini en aza indireceğinin ve yangının yayılmasını engelleyeceğinin sağlam bir kanıttır. Windsor binasında çıkan yangının performansı ile ilgili olarak tutulan tek adli rapor Instituto Técnico de Materiales y Construcciones (Intemac) tarafından İspanyol araştırmacılarca yapılmıştır. Bu bağımsız inceleme yangına karşı dayanıklılık ve yangından sonraki yük taşıma kapasitesine odaklanmıştır (Intemac, 2005). Intemac'ın bulgularında, 2005 raporunda şunlar belirtilmektedir:

"Windsor binasının beton yapısı ağır bir yangında sıra dışı bir performans göstermiş ve mevcut beton yapılar mevzuatı sıkı sıkıya uygulanmış olsaydı, beklenenden çok daha iyi performans gösterebilirdi. Yangın halinde çelik elemanların performanslarının azalmaması için çelik elemanların yangına dayanıklı hale getirilmesi gerektiği de doğrulanmıştır. Yangına dayanıklı olan katlardaki bu elemanların performansı dikkate alındığında, mutlak kesinlikle doğrulanamasa da yangın, yangına dayanıklı olan daha üst katlarda çıkmış olsaydı, bu katlar çökmezdi ve kaza daha az yıkıma neden olmuş olurdu."



Şekil ÖÇ3.1 Üstteki Madrid'deki Windsor Kulesi'nde yangının yayılması. (IECA'nın izniyle, İspanya)

Şekil ÖÇ3.2 Sol üst 16. katın üzerindeki teknik katın dış cephesi tamamen çökmüştür. (IECA'nın izniyle, İspanya)

Şekil ÖÇ3.3 Soldaki Teknik katın konumunu gösteren plan. (OTEP ve CONSTRUCCIONES ORTIZ'in izniyle, İspanya)

İspanyol araştırma merkezi Instiuto de Ciencias de la Construcccion Eduardo Torroja (IETcc) Spanish Institute of Cement and Its Applications (İspanyol Çimento ve Uygulamaları Enstitüsü) (IECA) ile işbirliği içinde, Windsor Kulesi'nin betonarme yapı elemanlarını incelemiştir. Araştırmaya termik analiz ve elektron mikroskop kullanarak bu elemanlar üzerinde yapılan mikroyapısal bir çalışma da dahil edilmiştir. Beton içerisinde erişilen sıcaklık, yangına maruz kalan yüzeyden 5 cm mesafede 500°C'ydı. Elde edilen sonuç Windsor Kulesi yangınının şiddetini ve beton yapıların yangın emniyetiyle ilgili tasarım standartlarıyla uyumlu olan paspayının iyi performansını doğrulayıcı nitelikteydi.

Beton yangından güvenli kaçış ve yangının güvenli söndürülmesini sağlar.

Beton yapıların yangın halinde stabil kalması binanın içindekilerin güvenli tahliyesi ve yangın söndürme faaliyetleriyle yakından ilgilidir. Beton merdiven boşlukları, döşemeler, tavanlar ve duvarlar, sağlam bölme görevi görmek ve böylece güvenli kaçış yolları ve kurtarma ekiplerine erişimi sağlayarak yangının yayılmasını engellemektedir. Beton kaçış yolları, ister konutlarda isterse alışveriş merkezi, tiyatro ya da ofis binalarında olsun diğer malzemelerde görülmeyen belli düzeyde sağlamlığa ve bütünlüğe sahiptir. Beton kullanmak aynı zamanda itfaiyecilerin güvenliğinin de tehlikeye atılmaması anlamına gelmektedir. Betondan yapılmış yük taşıyıcı ve boşlukları çevreleyen yapı malzemeleri yanan bir binanın içindeyken bile itfaiyecilere etkin bir koruma sağlamaktadır. Yalnızca bu şartlar altında azaltılmış bir risk ile bu faaliyetler gerçekleştirilebilir. Dünya Ticaret Merkezi'nin yıkılmasından sonra Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü (NIST) tarafından yayımlanan tavsiyelerde bununla çok ilişkilidir, bakınız Örnek Çalışma 4.

Madalyonun diğer tarafında çok katlı binaların yanı sıra tüneller vardır ve tünellerde de betonun hayat kurtarma konusunda yaşamsal bir rolü vardır – bakınız Örnek Çalışma 5.

Örnek Çalışma 4

Dünya Ticaret Merkezi Binaları, New York (2001)

Şüphesiz, 2001 Eylül'ünde New York'taki Dünya Ticaret Merkezi felaketinden sonra Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü (NIST) tarafından yapılan inceleme binalarda güvenlik üzerine yazılmış olan en önemli ve etkili raporlardan biridir (daha fazla bilgi için bakınız <http://wtc.nist.gov>). Toplam 10.000 sayfadan oluşan raporların son hali, 2.800'den fazla kişinin öldüğü tarihin en kötü bina felaketi olarak tanımlanan olay üzerinde üç yıl süreyle yapılan yangın ve bina ile yangın güvenliği konusundaki araştırmayı takiben 2006 yılında yayımlanmıştır. Bu insanların çoğu iki bina çöktüğünde hayattaydı. NIST bu iki çelik iskeletli ofis binasının çökmesine neden olan muhtemel faktörler üzerinde inceleme yapmış ve yapısal tasarım ve can güvenliği alanlarında kanunlar, standartlar ve uygulamalara yönelik 30 kadar tavsiyede bulunmuştu. Pek çok tavsiyesi içinde, NIST şu konularda çağrıda bulunmaktadır:

- Hızla çöküşün engellenmesi ve ulusal düzeyde kabul edilmiş olan standartların benimsenmesi de dahil olmak üzere **artırılmış yapısal bütünlük**;
- **Yapıların yangına dayanıklılığının artırılması**, zamanında erişim ve tahliye ihtiyacı, kısmi çökme olmadan yangının söndürülmesi, yangından korunma sistemlerinin yeterli sayıda olması, bölmeleme, çökme olmaksızın en ağır yangın senaryosuna dayanabilme.
- Kısmi ya da tamamen çökme olmaksızın kontrol edilemeyen bina yangınlarının söndürülmesi gerekliliği dahil olmak üzere **yapıların yangına dayanıklı tasarımları için yeni yöntemler**.
- Bütünlük ve hayatta kalabilmeyi sağlamak için **iyileştirilmiş bina tahliyesi**
- **İyileştirilmiş aktif yangından korunma**: alarmlar, iletişim ve yangın söndürme sistemleri
- **İyileştirilmiş acil yanıt teknolojileri ve prosedürleri**.
- **Mevcut binalardaki yağmurlama sistemleri ve kaçış yollarıyla ilgili düzenlemelerin sıklaştırılması**.

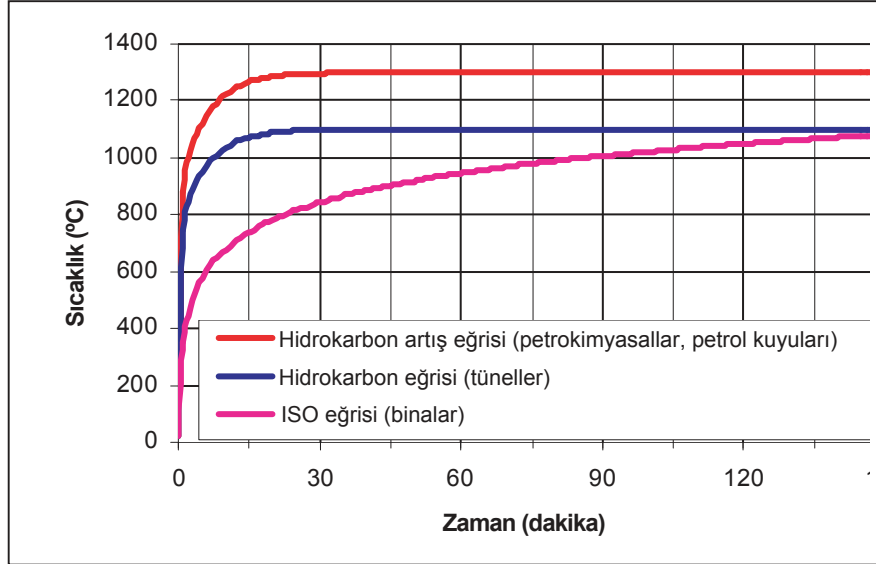
NIST adına araştırmayı yöneten Dr. Shyam Sunder kulelerin çöküşüne yol açan olağanüstü şartların varlığını kabul etmiş; fakat NIST ekibinin, yapılan analiz ve test sonucunda çok sayıda öncelikli, gerçekçi, uygun ve erişilebilir, performans odaklı tavsiyelerde bulunabildiğini açıklamıştır. Beton bu tavsiyeleri kolaylıkla karşılamaktadır.

Dahası, aynı anda saldırıya uğrayan Pentagon binası üzerinde uçağın yarattığı etki hakkında Amerikan Sivil Mühendisler Derneği (ASCE)'nin bina performans raporu, betonarme yapının binanın daha çok hasar görmesini önleme açısından etkili olduğu sonucuna varmıştır (ASCE, 2003). "Yapı içerisindeki süreklilik ve esneklik binanın performansına katkı sağlamıştı" ifadesinde bulunmuş ve gelecekte özellikle çökme riskinin önemli olduğu yerlerde bu tür özelliklerin binalara dahil edilmesini tavsiye etmiştir.

Örnek Çalışma 5

Yollardaki tünellerde yangın emniyetini artırmak

Avrupa'da 15,000 kilometre uzunluğunda karayolu ve demiryolu tüneli kullanılmaktadır. Bunlar bizim ulaşım altyapımızın bir parçası olup özellikle de dağlık bölgelerde büyük önem taşımaktadır. Ancak giderek artan bir şekilde tüneller trafik sıkışıklığını hafifletmeleri ve kentsel alanları rahatlatmaları sebebiyle şehirlerde de önemli hale gelmektedir. Sorun, taşıtların dahil olduğu kazaların çok ciddi yangınlara sebep olabilesidir. Akaryakıtın ve taşıtların yanmasından ötürü, tünellerdeki yangınlar 1350 °C'ye kadarki yüksek ısılara ulaşabilmektedir. Fakat genellikle 1000 ile 1200 °C arasındadır. Bina yangınlarıyla kıyaslandığında, temel olarak benzin ve dizel yakıtlardaki hidrokarbon nedeniyle ve aynı zamanda kapalı alanlarda cereyan etmeleri sebebiyle tünel yangınlarında yüksek sıcaklıklara daha çabuk ulaşılmaktadır (bakınız şekil ÖÇ5.1).



Şekil ÖÇ5.1:

Tünellerdeki yangınların sıcaklıkları çok yüksektir (J-F Denoël/FEBELCEM'in izniyle, Belçika)

Münih Reasürans Grubu (2003), karayolları tünellerinde yangın çıkma ihtimalinin demiryolu tünellerinden 20 kat daha fazla olduğunu ve bu ciddi yangınların öldürücü olduğunu bildirmektedir. Dumana maruz kaldığında, insanların ortalama yaşam süresinin salınan gazların çok zehirli olmasından ötürü iki dakikadan az olduğu tahmin edilmektedir. Ayrıca, uzak bölgelerdeki uzun tünellerdeki yangınlar çok uzun sürebilmektedir: 2001 yılında Mont Blanc tüneline yangın 53 saat gibi çok uzun bir süre devam etmişti. Ayrıca, Kanal Tüneli (1996), Mont Blanc (1999) ve St. Gotthard (2001)'taki gibi büyük olaylar tünel yangınlarının yıkıcı sonuçlarını göstermiş ve kullanılan inşaat malzemelerinin ve yapısal çözümlerin eksik yönlerinin altını çizmiştir. Sonuç olarak, şartnameyi hazırlayan taraflar şimdi güvenlik, sağlık ve dayanıklılığa odaklanırken, kural koyucuların odak noktası karayolları tünellerinde kaza geçirmiş insanların tahliyesi ve kurtarılması için şartların iyileştirilmesidir.

Ne düzenleyiciler ne de şartnameleri hazırlayan taraflar yollardaki inşaat malzemelerine ve bu malzemelerin yangın yüküne katkısına gerekli ölçüde önem vermemiştir. Bu nedenle, beton çözümünü dikkate alarak tünel tasarımı ve inşaatına bütünsel bir şekilde yaklaşılması gerekmektedir (CEMBUREAU, 2004). Karayolları tünellerinde yangın çıkması halinde, beton gibi yanmayan ve zehirli olmayan bir yol kaplaması hem taşıtların içindekiler hem de kurtarma ekiplerinin güvenliğine katkıda bulunacaktır.

Yanmazlık (yanmıyor) özelliğinden, yangın yükünü artırmamasından, yumuşamamasından (böylece itfaiyecileri engellemez), bozulmamasından ya da eriyip parçacıklarını damlatmamasından ötürü hem de ne kadar şiddetli olursa olsun yangında zehirli gazlar salmamasından ötürü beton bu kriterleri karşılamaktadır. Beton, tek başına tünel iç kaplaması olarak ya da termal bariyer ile birlikte kullanılabilir, fakat aynı zamanda yol kaplaması olarak da kullanılabilir. Asfaltın yerine kullanılabilmesi açısından özellikle faydalıdır. Asfaltla kıyaslandığında, beton;

- **Daha güvenli**, yani: beton yanmaz ve zararlı gazlar salmaz (asfalt 400 ila 500°C'de tutuşur ve birkaç dakika içerisinde boğucu, kanserojen buhar, duman, is ve çevreyi kirleten madde salar). Mont Blanc yangınında, 1200 m'lik asfalt kaplama, 85 arabayı yakıp yok edecek bir vahşetle yanmıştı. (CEMBUREAU, 2004)
- Kaplamanın, donanımın ve yapıların **daha uzun ömürlü** olması demek: betonun ısı arttıkça şeklinde değişiklik olmaz, fakat asfalt tutuştuğu zaman fiziksel olarak şeklinde değişiklik görülmekte ve tahliyeyi ve kurtarmayı zorlaştırmaktadır.
- Asfalt dösemeye kıyasla **daha uzun aralıklarla bakım** demek
- **Daha iyi aydınlatma** demektir: beton daha açık renklidir, bu nedenle de daha parlaktır, hem normal şartlar altında hem de acil durumlarda görüşü kolaylaştırır.
- Beton kaplamaların **daha sağlam olması** tünellerin kapanmasını ve yol çalışmalarını azaltmaktadır. Yön değiştirmeler ile kapanmalar kirliliğe neden olmakta ve yol çalışmaları da işçileri riske atmaktadır.

Tünellerde riskleri azaltmaya yönelik kapsamlı kılavuzda, uluslararası reasürans şirketi Munich Re (2003, s. 20), yanmayan malzemeden (örneğin asfalt yerine betondan) yapılmış anayolları kullanmanın karayolları tünellerinde düşünülmesi gerektiğini belirtmektedir. Bazı düzenleyiciler de tünellerde betonun yangın güvenliği açısından oynadığı rolü kabul etmektedir. 2001'den bu yana, Avusturya'daki bir kararname, bir kilometreden daha uzun olan tüm karayolu tünellerinde beton kaplamanın kullanılmasını öngörmektedir. Slovakya'da tüm yeni tünellerde beton kaplama kullanılmaktadır ve İspanya'daki yeni tüneller için beton tavsiye edilmektedir (CEMBUREAU, 2004)



© photo-daylight.com. Copyright free for all publications edited by CEMBUREAU/BIM/ERMCO Members including web sites
Kinkempois Tunnel (link E25-E40) in Liege, Belgium, using concrete pavement

Şekil ÖÇ5.2:

Beton yol yüzeyleri tünel yangınlarında görülen çok yüksek sıcaklıklara dayanacaktır.

Tünel yangınlarının görülen en ciddi yangınlardan olduğu unutulmamalıdır. Bu yüksek sıcaklıklarla, beton yüzeylerde dökülmeler beklenmektedir (bakınız Bölüm 2). Ağır yangın koşullarına maruz kaldığında beton yüzeylerdeki dökülme etkisini en aza indirmek için kaplama malzemeleri geliştirmek üzere araştırmaya yönelik çok fazla çaba harcanmıştır (örn. Khoury, 2000). Beton karışımına monofilamen polipropilen liflerin eklenmesinin etkin bir çözüm olduğu ve dökülme ihtimalini azaltarak bir yangın halinde 'nefes alabilecek' bir beton oluşturduğu yönünde açık kanıtlar bulunmaktadır.

Beton çevrenin kirlenmesini engeller

Betonun kendisi yangın halinde duman ya da zehirli gaza neden olmaz ve çevreye zararlı yangınların ve yangınlardan kaynaklanan dumanın yayılmasını önlemeye yardımcı olur. Beton bölmelerin ve ayırıcı duvarların kullanılması, yalnızca az miktarda malın yanabileceği anlamına gelmektedir. Bu da duman, buhar, zehirli gaz ve zararlı kalıntılar gibi yanma ürünlerinin miktarını azaltmaktadır. Yangın halinde, beton konteynerler ya da bentler çevreye zararlı sıvıların ya da kirlenmiş yangın söndürme suyunun damlamasına karşı da koruyucu bariyer olarak görev görmektedir.

Konutlarda yangın güvenliği

Bölüm 1’de bahsedilen yangın güvenliğine yönelik Avrupa gereklilikleri, riskleri çok yüksek olduğundan konutları da ele alarak can güvenliğine değinmektedir. Evler ve apartmanlardaki nüfus yoğun olabilir, mobilya ve teçhizatın dolayısı yangın yükü fazladır ve uyuyan kişilerin uyanık kişilerden daha büyük bir risk altında olduğunu unutmamalıyız. Bütün bu faktörler konutların yangın güvenliği tasarımı açısından özel önemi hak ettiği anlamına gelmektedir. Konutlardaki yangınlardan kaynaklanan ölümlerin sebebi yangın sonrasındaki yapısal çökme değil, yanan maddelerden kaynaklanan duman ve gazlar ve bunun sonucunda da bina sakinlerinin kaçamamasıdır (Neck, 2002).

Avrupa’da beton yapıyla artırılmış yangın güvenliğini gösteren yayımlanmış iki rapor vardır.

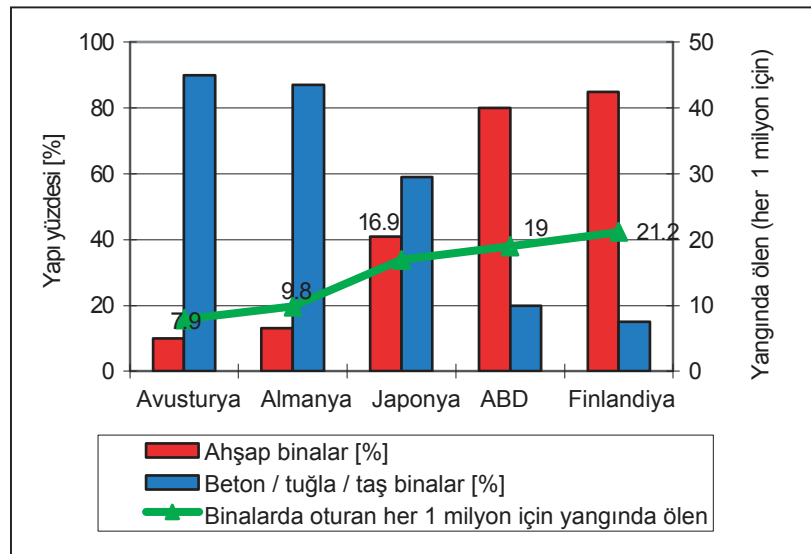
1. Ahşap ve beton meskenlerde yangın güvenliğinin karşılaştırması

Beton ve ahşap iskeletli yapılarda yangın güvenliğinin karşılaştırılmasında, Viyana Teknoloji Üniversitesi’nden Profesör Ulrich Schneider bina yapısı ve kabuğunda (ahşap gibi) yanabilen bir yapı malzemesinin kullanılmasından ötürü belli başlı yedi riskin ortaya çıkacağını tespit etmiştir (Schneider ve Oswald, 2005). Bunlar Pano 1’de belirtilmiştir

Pano 1: Yanabilen inşaat malzemelerini kullanmanın riskleri

1. Yangın yükünde artış
2. Duman ve piroliz ürünlerinde artış.
3. Daha yüksek karbonmonoksit oranı
4. Yapısal elemanların tutuşması
5. İnşaat boşluklarında tutuşma
6. İçten içe yanma tehlikesi ve görülmeyen korlar (kor parçacıkları)
7. Parlamanın daha fazla görülmesi

Schneider farklı ülkelerde yangından kaynaklanan ölümleri incelemeye devam etmiştir ve Şekil 4.1.’de gösterildiği gibi yangın mağdurlarının sayısı binalarda kullanılan inşaat malzemesi arasında doğrudan bir bağlantı kurmuştur. Tipik ahşap yapıyla ilgili yaptığı ayrıntılı çalışmanın detayları, bir yangındaki yıkımın tutuşma yoluyla, yapısal ve yapısal olmayan elemanların çökmesiyle ve ahşap yapı içindeki metal bağlantılarla oluştuğunu göstermiştir. Schneider, aynı zamanda yan yana olan odalar ve/veya apartmanlar arasında yangının yayılmasının dış duvarların parçası olarak ahşap malzemelerin ya da kaplamanın kullanılması nedeniyle hızlandığını tespit etmiştir. Sonuç olarak, Profesör Schneider ahşap iskelet yapının ‘*yangın güvenliği açısından pek çok zayıf noktası*’ olduğunu belirtmiş ve ‘*Ahşap iskelet yapılar için yeni kılavuz ilkelerde öngörüldüğü gibi, bu yapıların esasen ya otomatik yangın söndürücü sistemler kullanarak ya da yanabilen tüm yüzeylerin yangına dayanıklı yanmaz inşaat malzemeleriyle kaplanmasıyla daha güvenli hale getirilebileceği*’ yönünde tavsiyede bulunmuştur (Schneider ve Oswald, 2005).



Şekil 4.1: Beş büyük ülkede yangından kaynaklanan ölümlerin yapı tipleriyle karşılaştırılması (1994-1996) (TUW, Vienna, Schneider ve Oswald 2005).

2. Bağımsız yangın hasarı değerlendirmesi

İsveç'te, Olle Lundberg İsveç'teki sigorta şirketinden (Forsakringsforbundet) aldığı verilere dayanarak, yangın hasarı maliyetinin evlerin yapıldığı inşaat malzemeleriyle olan ilişkisi hakkında bağımsız bir araştırma yapmıştır. Çalışma, birden çok ailenin yaşadığı, değeri 150.000 €'dan fazla olan sigortalanmış yapılarda çıkan büyük yangınlarla sınırlıydı. 1995 ile 2004 yılları arasında meydana gelen 125 yangını kapsamaktaydı. (Bu rakam birden çok ailenin yaşadığı binalardaki yangınların %10'unu, fakat büyük yangınların %56'sını temsil etmektedir.) Sonuçlar şu şekildedir:

- Ahşap evlerde yangın başına ve apartman başına ortalama sigorta ödemesi beton/kagir evlerdeki yangınlar için yapılan ödemeden beş kat daha fazladır (yaklaşık 10.000€'ya kıyasla 50.000€).
- Ahşap bir evde yangın çıkma ihtimali beton/kagir bir evde yangın çıkma ihtimaline göre 11 kat fazladır.
- Yanmış evlerden, ahşap olanların %50'si yıkılmak zorundayken, beton olanların %9'u yıkılmak zorundadır.
- Beton evlerde çıkan her 55 yangının yalnızca üçünde yangın yandaki apartmanlara sıçramıştır.
- Bu 55 yangından, 45 tanesi çatı katında ve çatıda çıkmıştır. Aslında yangın genelde üst katlarda çıkar ve çatı katı ile çatıya sıçrar (ahşap).

Bu araştırma çalışmaları ahşap iskeletin beraberinde getirdiği risklerin önemli kanıtlarını sunmakta ve beton ve kagir yapıların yangın güvenliği açısından tüm faydalarının dikkate alınması gerektiğinin altını çizmektedir. Daha önce de belirtildiği gibi, betonun yanmazlığı ve yangına karşı yüksek derecedeki koruması bir araya getirildiğinde güvenli meskenler için en iyi seçim haline gelmektedir.

Örnek Çalışma 6

Ahşap inşaat alanı yangını, Colindale, Londra (2006)

Kuzey Londra'da mesken amaçlı kullanılacak büyük, yeni bir kompleksin inşası sırasında, bir yangın çıktı ve altı katlı ahşap iskeletli pek çok binayı tutuşturdu (bakınız Şekiller ÖÇ6.1 ile ÖÇ6.3). Yangın beş saat boyunca sürdü. Yangını kontrol altına almak için 100 itfaiyeci çalıştı ve 20 itfaiye arabası kullanıldı. Görgü tanıkları birkaç dakika içinde binaların mahvolduğunu bildirdi. Yangından kısa bir süre sonra, yakındaki bir hava kalitesi izleme istasyonu, solunum güçlüğü çeken kişilerin sağlığı açısından ciddi etkileri olan zehirli PM10 partiküllerinde önemli bir artış görüldüğünü kaydetti. Yangın alanının etrafındaki bölgeden 2,500 kişi tahliye edildi, ana yollardan biri iki saat süreyle kapatıldı ve bölgedeki bir üniversitenin yurt binası o kadar kötü şekilde etkilendi ki öğrenciler geri dönemeditiler. Neyse ki sitenin yeni sahipleri evlerinde oturmaya başlamamışlardı ve üniversite de yaz tatili süresince büyük ölçüde boştu. Ancak, yıkım ciddi ölçüdeydi. Yerel bina kontrol memurları endişelerini belirtmiş ve "eğer beton döşeme olsa ve yangın çıksa, yangın bölmelendirilecektir. Oysa ahşap olduğu zaman tamamen yanacaktır" demiştir (Bina Tasarımı, 21/07/06, s.1). Bu yazı yazıldığında, sitede en azından bir bina, bu kez beton kullanılarak tekrar inşa edilmek üzereydi.



Şekil ÖÇ6.1

Colindale'de ahşap iskeletle kısmen inşa edilmiş mesken amaçlı kullanılacak sitedeki yangın beş saat sürdü ve yangını kontrol altına almak için 100 itfaiyeci çalıştı ve 20 itfaiye arabası kullanıldı. (John-Macdonald-Fulton'ın izniyle, İngiltere)

Beton depremler sonrasında çıkan yangınların yayılmasını önler

Bazı ülkelerde uygulanan sismik tasarım hususları, tasarımcıların depremler sonrasında görülebilecek belli başlı yangın sorunlarına dikkat etmelerini gerektirmektedir. Buna, beton yapıların deprem sonrasında görülebilecek yangınların yayılmasında hassasiyet düzeyi düşük binaların olduğu Yeni Zelanda gibi ülkelerde büyük önem verilmektedir (Wellington Lifelines Group, 2002).

Beton malları da korur – betonla yangından korunma mülkünüzün güvende olduğu ve iş aktivitelerine kısa sürede dönebilmeniz anlamına gelmektedir.

5. MÜLKÜN VE TİCARETİN KORUNMASI

Beton bina ve yapılar yangın tehlikelerine karşı hem insanları hem de malları koruyabilmektedir, fakat hem tasarım aşamasında hem de acil durumlarda insanların güvenliği elbette ki daha büyük öneme sahiptir. Ancak, ekonomik bakımdan ayakta kalma, çevrenin korunması ve kritik altyapının korunması nedeniyle yangın güvenliği de özel mülk sahipleri, sigorta şirketleri ve ulusal merciler açısından önem taşımaktadır. Bu faktörler Avrupa yangın güvenliği mevzuatındaki (bakınız Bölüm 1) üç koruyucu hedeften birinde özellikle mülkün korunması, çevredeki mülklerin korunması ve binanın kendisinin korunmasına odaklanılarak dikkate alınmaktadır.

Beton yangın öncesinde ve sonrasında koruma sağlar.

Yangından kaynaklanan hasarın toplam maliyetinin yıllık gayrisafi milli hasılanın (GSMH) % 0.2 ile 0.3 değerinde olduğu tahmin edilmektedir (bakınız Tablo 5.1). Elbette ki Avrupa ülkeleri için bu milyonlarca Euro anlamına gelmektedir, fakat bu yangının muhtemel etki ölçeğinin yeterli bir göstergesi değildir – Denoël-Febelcem (2006). Usine enterprise’da (2004), işletmelerin %50’sinden fazlasının büyük bir yangın sonrasında iflas ettiği belirtilmiştir. Depolar, oteller, fabrikalar, ofis binaları ve dağıtım merkezleri gibi ticari işletmelerde, yangınlar işlerin yürütülmesine ve işletmenin verimliliğine zarar vermekte ve müşterilere verilen hizmeti kesintiye uğratmaktadır. Bu da ciddi problemlere neden olmaktadır ve iş kayıpları ya da işyerinin kapatılmasıyla sonuçlanabilmektedir. Ancak, binalar üzerindeki etkinin ölçeği ve kritik altyapının rolü daha kapsamlı olabilir. Örneğin hastaneler, tren garları, su ve elektrik istasyonları, hükümet binaları, veri depolama ve telekomünikasyon tesisleri gibi binaları kapsayabilir. Bu tür binaların hasara uğraması istenmemektedir ve muhtemelen yıkıcı olmaktadır.

Tablo 5.1: 1994-1996 yılları arasında bina yangınlarıyla ilgili uluslararası istatistiki veriler (Nack, 2002)

Ülke	Doğrudan ve dolaylı yangın hasarının maliyeti (% GSMH)	Yılda 100,000 bina sakinine göre ölüm oranı	Yangından korunma tedbirlerinin maliyetleri (% GSMH)	Hasar ve koruyucu önlemlerin maliyetleri (% GSMH)
Avusturya	0.20	0.79	Veri Yok	Veri Yok
Belçika	0.40 ⁽¹⁹⁸⁸⁻⁸⁹⁾	1.32	Veri Yok	0.61
Danimarka	0.26	1.82	Veri Yok	Veri Yok
Finlandiya	0.16	2.12	Veri Yok	Veri Yok
Fransa	0.25	1.16	2.5	0.40
Almanya	0.20	0.98	Veri Yok	Veri Yok
İtalya	0.29	0.86	4.0	0.63
Norveç	0.24	1.45	3.5	0.66
İspanya	0.12 ⁽¹⁹⁸⁴⁾	0.77	Veri Yok	Veri Yok
İsveç	0.24	1.32	2.5	0.35
İsviçre	0.33 ⁽¹⁹⁸⁹⁾	0.55	Veri Yok	0.62
Hollanda	0.21	0.68	3.0	0.51
İngiltere	0.16	1.31	2.2	0.32
Amerika	0.14	1.90	Veri Yok	0.48
Kanada	0.22	1.42	3.9	0.50
Japonya	0.12	1.69	2.5	0.34

Betonla, yangından korunmak bedavadır.

Bu şaşırtıcı gelebilir çünkü yangından korunmanın maliyeti hakkında dünya çapındaki veriler, inşaat maliyetlerinin %2 ila 4’ünün yangından korunma önlemlerine harcadığını göstermektedir (bakınız Tablo 5.1); fakat betonla yangından korunma bir bütündür ve bu nedenle maliyet gerektirmeyecek şekilde fayda sağlamaktadır. Aslında, betonun kullanım değişikliğinden ya da binada değişiklik yapıldıktan sonra bile etkin kalabilen bir yangına karşı koruma kapasitesi vardır.

Betonun yangın güvenliği özellikleri zamanla değişiklik göstermez ve bakım maliyeti çıkarmaksızın aynı şekilde kalmaktadır.

Beton elemanların yapısından kaynaklanan yangına dayanıklılık özellikleri ekonomik olarak yangından korunma gerekliliklerini tam olarak karşılamalarını sağlamaktadır. Aynı zamanda yangın güvenliği mevzuatındaki küçük değişikliklere karşı da ileriye dönük hale getirmektedir. Ancak, bir yangın çıkarsa, beton binaya yapılan yatırım anlamlı olacaktır. Evde ya da iş yerinde, sosyal faaliyetlerin ve iş faaliyetlerin sürdürülmesi bir önceliktir ve bu nedenle betonun yangın halindeki performansı acil ve önemli ekonomik faydalar sağlamaktadır:

- Betonun yangına dayanıklılık özelliği yangının **küçük bir alan**, oda ya da bölmeyle sınırlandırılabilmesi ve böylece yangın sonrası ihtiyaç duyulan onarımın ölçek ve kapsamının küçültülebilmesini sağlar.
- **Yangından etkilenen beton binalardaki onarım çalışmaları genellikle küçük çaplı**, doğrudan ve ucuzdur; çünkü betonun yalnızca küçük bir kısmının onarılması gerekecektir – kısmi ya da tamamen yıkım genellikle yapılmaz (Bakınız Bölüm 2).
- **Beton bölme duvarları ve döşemeleri yangının yayılmasını önlemektedir**, böylece bir fabrika, depo ve ofisteki yan odalar ya da bir apartmandaki bitişik daireler yangından etkilenen alanın durumu ne olursa olsun acil durum geçtikten sonra normal bir şekilde işlevlerini sürdürebilirler.
- Sanayi ve işyeri binalarında, **beton yangın ayırma duvarları kıymetli malların**, makine, ekipman ya da stokun **kaybını önlemektedir**; böylece yangının iş üzerindeki etkisini ve talep edilecek sigorta miktarını azaltmaktadır.
- Deneyimler beton binalarda bir yangın sonrasında **sudan kaynaklanan hasarın göz ardı edilebilir** düzeyde olduğunu göstermektedir.

Betonla sigorta primleri daha düşüktür.

Her yangın ekonomik olarak bir kayba neden olmakta ve çoğunlukla yangınların sebep olduğu hasarı ödemek zorunda olanlar da sigortacılar olmaktadır. Bu nedenle, sigorta şirketleri yangında tüm yapı malzemelerinin performansına ilişkin kapsamlı ve doğru veritabanlarına sahiptirler – betonun mükemmel bir yangından korunma sağladığını bilmektedirler ve bu da sigorta primlerinin daha düşük olması şeklinde yansıtılmaktadır. Avrupa’da beton binalar için ödenen sigorta primleri diğer malzemelerden yapılmış binaların (yangından kötü şekilde etkilenen hatta yangında yıkılan) primlerinden daha düşüktür. Çoğu kez, beton binalar kanıtlanmış yangından korunma özellikleri ve yangın dayanıklılığı nedeniyle beton binalar yangın sigortası için en uygun kategoride sınıflandırılmaktadır. Elbette ki her sigorta şirketinin kendine özel ödeme şekilleri ve prim listeleri olacaktır. Bunlar ülkeler arasında değişiklik göstermektedir. Fakat betonla yaşanan deneyimlerin iyi olması nedeniyle pek çok sigorta şirketi beton bina sahiplerine kolaylık sağlamaktadır. Bir polişe primini hesaplarken, sigortacılar aşağıdaki faktörleri dikkate alacaklardır:

- İnşaat malzemesi
- Çatı malzemesinin türü
- Faaliyet/bina kullanım tipi
- Çevre binalara mesafe
- Yapı elemanlarının doğal özellikleri
- Isıtma sisteminin tipi
- Elektrik tesisat(lar)ı
- Koruma ve öngörme (hazırlıklılık)

Örnek Çalışma 7

Fransa’daki depolar için sigorta primleri

Sigorta maliyetleri hakkında ne yazık ki çok az veriye erişilebilmekle beraber bazı karşılaştırmalı çalışmalar da bulunmaktadır. Fransa’da CIMbéton (2006), tek katlı depolar/sanayi yapılarıyla ilgili sigortacıların görüşlerine dayanarak bir özet ve sigorta maliyeti modeli yayımlamıştı. Çalışma sigorta primlerinin, bina içindeki faaliyet ve inşaat malzemesi de dahil olmak üzere pek çok faktöre dayandığını açıklamaktadır. İnşaat malzemesi elbette ki önemlidir – yapı, dış duvarlar, kat sayıları, çatı kaplaması ve mobilya hesaplamalarda dikkate alınmaktadır. Sonuçlar, binanın her yerinde çelik ve ahşap gibi diğer malzemelerin kullanılması karşısında betonun ne ölçüde tercih edilebilir olduğunu açıkça göstermektedir. Örneğin, tek katlı bir depo için beton çerçeve ve duvarların seçilmesi ödenen ‘standart’/ortalama primin muhtemelen %20 azalması anlamına gelmektedir. Bunun çelik çerçeve olarak değişmesi ise ‘standart’ primi %10 ila 12 oranında artıracaktır. Bu nedenle toplamda en azından %30’luk bir fark yaratmaktadır

Nihai prime karar verilirken sigortacılar, betonun mükemmel bir yangın önleme seçeneği olan bölmelemenin de dahil olduğu güvenlik ekipmanlarını, yangın önlemeyi ve yağmurlama önlemlerini dikkate almaktadır.

Tablo 5.2: 10,000 m² 'lik (tek katlı, mobilyasız) bir deponun sigorta primleri; toplam sigorta bedeli 25 milyon Euro (CIMbéton, 2006).

Yapı	(Vergi hariç) Yıllık prim	Ortalama yıllık oran= 50 000 EURO
Beton	40 000 Euro (ortalama yıllık orandan %20 daha az)	
Çelik	56 000 Euro (ortalama yıllık orandan %12 daha fazla)	

ÖRNEK ÇALIŞMA 8

Mezbahanın yıkılması, Bordeaux (1997)

Tavandaki bir kısa devreden kaynaklanan bu büyük yangın çok hızlı bir şekilde, 2000 m²'lik bir alanı 10 dakika içerisinde yok ederek yayılmıştı. İtfaiyecilerin yangını kontrol altına alması üç saat sürmüştü ve bu süre içerisinde de 9000m² 'lik binanın yarısı yanmıştı. Bu inanılamayacak kadar hızlı yayılmanın sebebi binanın dış cephesi için kullanılan sandviç panodaki yanabilen yalıtım malzemesinin tutuşmasıydı. İtfaiyeciler 130 m'lik dış cephe boyunca yayılmasını durduramamıştır (Şekil ÖÇ8.1'de gösterildiği gibi). Beton duvarlarla binanın bölmelere ayrılmasının ve dış cephede beton panellerin kullanılmasının yangının yayılmasını engelleyebileceği açıktır.



Şekil ÖÇ8.1:

Hafif sandviç metal paneller, 1997 Ocak ayında Bordeaux (Fransa)'daki mezbaha yangınında yeterli olamamıştı. Yangın binanın her yerine ve civar binalara yayıldı. (SDIS 33, Yangın ve Kurtarma Hizmeti'nin izniyle, Gironde, Fransa)

ÖRNEK ÇALIŞMA 9

Giyim deposunda yangın, Marsilya (1996)

Yangın bu giyim ve spor malzemeleri deposunda, 40 personelin çalıştığı sırada, çok hızlı bir şekilde yayılmıştı. Beş dakika içerisinde bütün bina alevler altındaydı ve yanan mallar duman ve ısı yayıyordu. Yağmurlama sistemi ve bölme duvarlar yoktu ve binanın yapısı yangında stabil değildi. Bu da Şekil ÖÇ9.1'de gösterildiği gibi binanın tamamen yanmasıyla sonuçlandı. Rüzgar yangının yayılmasını hızlandırdı bu da 10 m uzaklıkta bulunan ve çalışanlarının tahliye edilmek zorunda kalındığı civar depoları tehdit etti. Bu diğer binalar itfaiyecilerin oluşturduğu sudan bir duvarla kurtarıldı.



Şekil ÖÇ9.1

Marsilya yakınında, kuzey Rognac'daki yanmış deponun havadan görünümü. Yangının, ayırıcı duvarı olmayan bu bina boyunca nasıl yayıldığını gösteriyor. (SDIS 13 Yangın ve Kurtarma Servisi'nin izniyle, Bouches du Rhone, Fransa)

Beton, itfaiyecilerin malları kurtarmasına yardım eder.

İnsanların, malların ve çevrenin korunmasını isteyen Avrupa mevzuatına rağmen, çoğu kez itfaiye ekiplerinin açık ve uygulamaya yönelik önceliği insan hayatının kurtarılmasıdır ve bu nedenle ekiplerin yanan bir binaya girmesiyle ilgili protokoller de ilk olarak bina içindeki kişilerin kurtarılmasına odaklanmakta, malların ve çevrenin korunması ikinci sırada yer almaktadır. Örneğin, itfaiyeciler binanın içerisindeki herkes tahliye edildiyse binaya girme konusunda aşırı derecede isteksiz olabilirler. Ancak yangını etkin bir şekilde söndürebilmek için daima binaya mümkün olduğunca yaklaşmaya çalışacaklardır. İtfaiyecilerin bu şekilde yaklaşabilmesi için binanın beton dış cephesi koruma sağlayacaktır. Bina sakinlerinin hepsinin güvende olduğundan emin olduktan sonra itfaiyeciler yangının çevredeki binalara yayılmasını önlemek ve yanma ürünlerinden kaynaklanan çevre risklerini değerlendirmekle ilgilenebilirler. Bu anlaşılabilir yaklaşım en azından binanın yangına dayanıklı kalma süresi içerisinde insanların güvenli bir şekilde kaçabilme olasılığını güçlendirmektedir.

Fransa'da yapılan araştırma yılda 13,000 yangından %5'inin sanayi yapılarında çıktığını ve büyük bir yangının 2 milyon € değerinde bir işletme kaybına neden olabileceğini göstermektedir (CIMbéton, 2006). Bu binalarda, stok oldukça yanıcı ve çok büyük miktarda olabilmektedir. Bu bölmeler, stoku ve dolayısıyla yangını bölmek için etkin bir şekilde kullanılmazsa yangında çok büyük bir çökme riski oluşturmaktadır. O zaman yangın halinde stok zararını en aza indirmeyi isteyen fakat itfaiye ekibinin yangını güvenli bir mesafeden söndürmeye çalışacağını bilen bir depo sahibi düşünelim. Bu durumda, beton bazı özel avantajlar sağlayabilir:

1. Stokun tipine ve bölmenin büyüklüğüne bağlı olarak, bu binalarda yangın yükü çok fazla olabilir. Belli mesafelerle konulan bina içindeki beton bölme duvarlar yangının bir odadan diğerine **yayılma riskini azaltacak** ve bu nedenle oluşan hasar seviyesini de en aza indirecektir.
2. Tek katlı, geniş alana kurulmuş, tek bölmeli binalarda çatının erkenden ve aniden çökme riski çok yüksektir. **Beton duvarlar stabilitesini koruyacak** ve çatı makası çökse bile, duvarlar eğilmeyecek ve yıkılmayacak ve böylece etrafındaki bölgeyi de riske atmayacaktır.
3. Betondan yapılan yangına dayanıklı bina dış cepheleri (REI 120 olarak sınıflanmaktadır) yangının yayılmasını engellemekte ve itfaiyecileri korumaktadır (bakınız Şekil 1.2). **Beton dış cepheler ısıya karşı bir kalkan görevi gördüklerinden itfaiyecilerin yangına %50 oranında daha fazla yaklaşmasına imkan vermektedir.**
4. **Beton dış duvarlar yangının mülkler arasında yayılmasını önlemekte o kadar etkilidir ki** bazı ülkelerdeki (örn. Fransa) yönetmelikler diğer duvar malzemeleri dışında betonun kullanılmasını öngörerek yan yana olan binalar arasındaki mesafenin azaltılmasına izin vermektedir.
5. **Beton çatı yanmaz**, örn. alev dayanıklı A-1 sınıfı erimiş parçalar yaymayacaktır.

Örnek Çalışma 10

Uluslararası çiçek pazarı, Rungis, Paris (2003)

7200 m²'lik bir alanda yer alan bu çiçek deposu ve ambalaj tesisi 2003 Haziran'ındaki yıkıcı bir yangından sonra ayakta kalabilmiştir. Duvarlar ve tavan yangına iyi dayanmıştır; bu da toplama ve ambalajlama için kullanılan malzemeler yandığında, bitkilerde bulunan aromatik gazların da yardımıyla çok fazla ısı ve gaza neden olmuştur. Paris'in güney kesimi tamamen bu dumandan etkilenirken 1600 m²'lik bir alandaki mal ve ekipmanlar yok olmuştur. Binanın 100 m²'si çökmüş olsa da yangın başladığı bölgede kontrol altına alınmış ve altı ay sonra uzun süren sigorta değerlendirmelerine rağmen bina onarılmış ve faaliyetlerine devam etmiştir.



Şekil ÖÇ10.1:

Yangından altı ay sonra işletmeye devam eden Rungis'teki çiçek deposunun dıştan görünümü
(CIMbéton'un izniyle, Fransa)



Şekil ÖÇ10.2:

Deponun hızlı bir şekilde onarılan hasarlı iç kısmı.
(CIMbéton'un izniyle, Fransa)

Beton kendiliğinden yangına karşı dayanıklılık sağlar, böylece bina sahipleri insanların hayatını ve malları korumak için aktif koruma sistemlerine güvenmek zorunda kalmaz

6. BETON VE YANGIN GÜVENLİK MÜHENDİSLİĞİ

Yangın güvenlik mühendisliği nasıl işler

Yangın ve güvenlik mühendisliği (YGM), tanımlayıcı veri tablolarından ziyade performans odaklı yöntemlere dayanarak yangından korunma önlemlerinin hesaplanabileceği nispeten yeni bir yöntemdir. Genellikle büyük, (havaalanları, alışveriş merkezleri, sergi salonları ve hastaneler gibi) kompleks yapılarda yangından korunma önlemleri için gereklilikleri en aza indirmek üzere kullanılmaktadır. YGM için tek bir tanım yoktur, fakat ISO YGM'ı "Belli başlı yangın senaryolarının analizi ya da bir dizi yangın senaryosunun riskinin ölçülmesi yoluyla bilimsel ilkelere dayanan mühendislik yöntemlerinin çevredeki inşa edilmiş tasarımların geliştirilmesinde ya da değerlendirilmesinde uygulanması" olarak tanımlamaktadır (ISO/CD).

Yangın ve güvenlik mühendisliğinde kullanılan tasarım prosedürü yangın yükünün hesaplanmasında aşağıdaki faktörleri dikkate almaktadır. Bu faktörlere dayanarak tek tek yapı elemanları değerlendirilebilir ve yangının sebep olduğu yapısal hasarın genel olasılığı belirlenebilir:

- Döşeme alanı birimi başına yangın yükünün karakteristik yoğunluğu (bununla ilgili değerler EC1, Bölüm 1-2'de verilmiştir)
- Yapı elemanın yanmasından kaynaklanacak beklenen yangın yükü (yanma faktörü)
- Bölmenin büyüklüğüne göre yangın riski (büyük bölmelerin risk faktörü daha yüksektir)
- Bina sakinleri ve kullanım tipine bağlı olarak yangının çıkma olasılığı (kullanım faktörü)
- Havalandırma koşulları ve ısı salınımı

Hesaplama yöntemi, yangın yükünün hesaplanmasında beşinci ve son faktörü ortaya koymak için bina içerisindeki bütün aktif yangın söndürme tedbirlerini dikkate almaktadır. Bu son faktörün içerisinde ise şunlar yer almaktadır:

- Otomatik yangın tespiti (örn. sıcaklık alarmları, duman alarmları, itfaiyeye alarmın otomasyonlu aktarımı)
- Otomatik yangın söndürme (örn. yağmurlama/su püskürtme sistemleri, bağımsız su rezervinin sağlanması)
- Elle yangın söndürme (örn. bina içindeki yangın ekibi, bina içinde olmayan/yerel yangın ekibinin erken müdahalesi)

Uygulamada yangın ve güvenlik mühendisliği

Yangın ve güvenlik mühendisliği için ortak kurallar bulunmamaktadır, kullanıcıyla dost yazılımlar hala geliştirilmektedir ve yaklaşım, deneyim ve yetkili kurumlar tarafından kabul edilebilirlik oranı açısından önemli farklılıklar bulunmaktadır. YGM uygun uzmanlar tarafından ve sonuçlarının doğru şekilde değerlendirilmesiyle dikkatli bir şekilde ele alınmalıdır. Eleştirmenler hatalı bir YGM hesaplamasının felaketlere yol açacağını altını çizmiştir, olasılığa dayalı hesaplamaların geçerliliği ve doğruluğuyla ilgili ciddi kaygılar söz konusudur. Deneyimsiz ve uzman olmayan kişilerin YGM kullanmak üzere bulunduğu girişimlerin hesaplamalarda yanlış anlaşılmalara ve yanlış sonuçlara yol açabileceğine dair de korkular belirtilmiştir. Tahminler içerisindeki parametrelerin hesaplamaları destekleyen geniş çaptaki değişkenliği aşağıdaki hususları içerebilir fakat bunlarla sınırlı değildir:

- **Yangın ekiplerinin başarı oranı:** yine, ortalama değerler sağlanmış, fakat tüm binalara uygulanabilir nitelikte değildir. Performansta önemli ölçüde farklılık olacaktır.
- **İnsan davranışı:** hesaplamalar insanların acil bir durumda nasıl davranacağına dayanarak yapılmaktadır, fakat burada kalabalığın davranış şekli ve kaçış yöntemleriyle bağlantılı olarak yüksek oranda değişiklik söz konusudur.
- **Yağmurlama sistemlerinin güvenilirliği:** ortalama değerler verilmiştir, fakat her tür binaya uyacak pek çok farklı tipte sistem bulunmaktadır.
- **Kundaklama ya da kasıtlı yangınlar** (örn. suç kastıyla çıkarılan): bunlar yeterli şekilde kapsanmamaktadır. Bazı bina tipleri ve binaların konumları suça doğası gereği daha açık olacaktır.

Yağmurlama sistemlerinin performansına ilişkin bazı istatistikler güvenilirliğin düşük olduğuna işaret etmektedir. Yangından Korunma Ulusal Derneğinin hastane/ofis yangınlarının %20'sinde, otel yangınlarının %17'sinde, apartman yangınlarının %13'ünde ve kamu binalarının %26'sında yağmurlama sistemlerinin başarılı olmadığını ve bunun da ulusal düzeyde ortalama %16'lık bir başarısızlık oranına yol açtığını, Amerika'daki Febelcem (2007) ve PCI (2005) raporlarının bulguları bildirmektedir (2001 rakamları). Aynı yayım içerisinde verilmiş olan Avrupa rakamları daha iyi bir tablo çizmektedir.

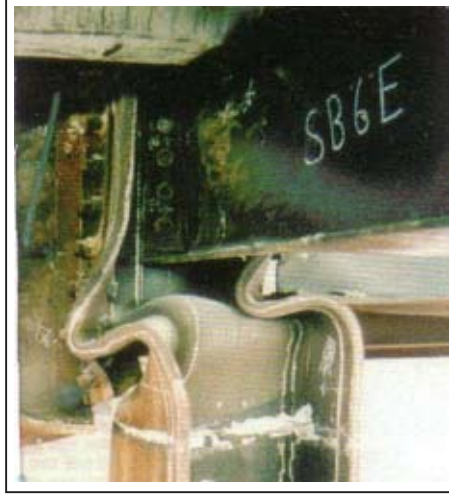
Risk sınıfına göre analiz edilen yağmurlama sistemlerinin başarı oranı şu şekildedir:

Ofisler (düşük risk) %97.4 başarı

İşyerleri (orta derece risk) %97.2 başarı

Ahşap sanayi (yüksek risk) %90.8 başarı

Diğer kaynaklar bu tür başarısızlıkların yağmurlama başlıklarına (örn. boyama, eşya asma şeklinde) insanların müdahale etmesinden kaynaklandığını iddia etmektedir. Ancak, yağmurlama sistemlerinin etkinliği, duman (havalandırma) sistemleri ve yağmurlama sistemleri arasındaki etkileşimin sebep olduğu hali hazırda var olan bir sorundan azalmaktadır. Pek çok çalışma, yağmurlama suyunun duman huzmesini soğuttuğunu, bu nedenle yukarı doğru yükselmesini önlediğini tespit etmiştir. Bu nedenle duman yükselememekte ve tahliye esnasında görüşü azaltmaktadır (Heselden, 1984; Hinkley ve Illingworth, 1990; Hinkley ve meslektaşları, 1992). Ayrıca otomatik, mekanik duman havalandırma sistemi tarafından duman huzmesinin yukarı doğru çekilmesi, yağmurlama sisteminden gelen su damlalarının aşağıya etkin bir şekilde inip yangını söndürmesini engellemektedir.



Şekil 6.1.

Yangın sonrasında ciddi bir şekilde deforme olmuş çelik kolon başlığı.
(Building Research Establishment'ın izniyle, UK)

YGM'de kullanılan tasarım prosedürler yangının yapısal bir hasara yol açma olasılığının çeşitli aktif yangın söndürme önlemleriyle azaltıldığı binalara dayanmaktadır. Bu önlemlerin birlikte kullanılması, çoğaltıcı bir etkiye sahiptir. Binada tahmin edilen yangın yükü yoğunluğunu azaltmaktadır. Bu nedenle, bu hesaplama yöntemi binada açıkça ihtiyaç duyulan yangından korunmayı azaltmaktadır. Yangına karşı zayıf ve tamamen aktif yangın söndürme yöntemlerine bağlı olan bazı yapı malzemelerinin canlı yapısal seçenekler gibi görülmesiyle sonuçlanmaktadır.

YGM'de, bir yapının yangına dayanıklılık kapasitesi yangın söndürme sistemi ve uygulanan bina koruması dikkate alınarak bulunur. Ancak YGM bir binayı, bina sakinlerini ve binanın içindekileri korumada yetersiz olabilir. Sebebi Pano 2'de gösterilmiştir.

Pano 2: YGM stratejileri neden işe yaramayabilir

Yangın söndürme sistemi etkin olmayabilir çünkü:

Bozulabilir ya da

Yangın için yeterli değildir

Yangında korunma işe yaramayabilir çünkü

Başarısız olabilir

Eskimiş olabilir

Bozunmuş olabilir ya da

Yangın için yeterli değildir

Bu aşamada, yapının yangına dayanıklılık kapasitesi, beton, ahşap, tuğla ya da çelik gibi binanın yapıldığı malzemelerin sahip olduğu yangına dayanıklılık seviyesine geri dönmektedir. Bu durumda, YGM stratejisi başarısız olur, çünkü korunmayan çelik ve ahşap elemanlar, aktif yangından korunma sistemleri tam olarak işlevlerini göstermeden yük taşıma kapasitelerini koruyamayacaktır.

Normal şartlarda, aktif önlemlere gerek duyulmayan yangına sağlam dayanıklılık gösterecek **tek** malzeme betondur. Aktif önlemler başarısız olduğunda güvenilir bir şekilde fonksiyon gösterecek pasif bir yangın söndürme önlemidir. Yangın ve güvenlik mühendisliği beton yapılar gibi bakım gerektirmeyen ve kanıtlanmış pasif önlemlerin önemini küçümseyebilir ve insanların hayatını ve malları tehlikeye atarak güvenilir olmayan aktif sistemlere ne yazık ki daha fazla güvenilmesine yol açabilir.

Betonla, yangın ve güvenlik önlemleri kullanımda bir değişiklik olsa bile geçerli olacaktır, çünkü beton yapısı gereği yangına karşı dayanıklıdır. YGM kullanılarak koruma sağlandığında, bu yalnızca kullanımda değişiklik olmayan yerlerde uygulanabilir. Bunun sebebi, YGM önlemlerinin bina kullanımının dikkate alınarak belirlenmesidir. Örneğin, yangın yükünde, bir değişiklik olursa, yağmurlama sistemi ya da yangın dayanıklı kaplama tarafından sağlanan koruma yeterli olmayabilir.

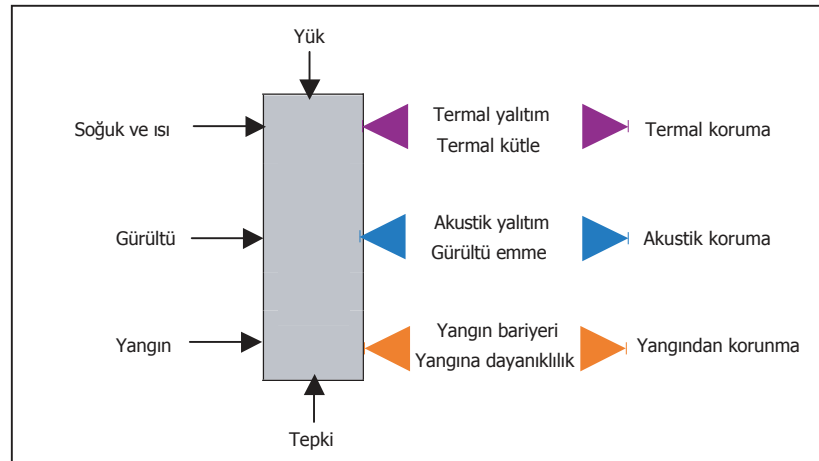
Beton
kapsamlı
şekilde
yangından
korumanın
da
ötesindedir.

7. BETONUN EK FAYDALARI

Betonun mükemmel ve kanıtlanmış olan yangına karşı dayanıklı özellikleri yangın halinde insanların hayatının, malların ve çevrenin korunmasını sağlamaktadır. Binayı kullanan kişiler, bina sahipleri, işyeri çalışanları ve ikamet eden kişilerden sigortacılar, düzenleyiciler ve itfaiyecilere kadar herkesin faydalanabileceği, Avrupa mevzuatında belirtilmiş olan koruyucu hedeflerin hepsine etkin bir şekilde yanıt vermektedir. İster meskenler, sanayi depoları isterse tünellerde kullanılsın, beton en ağır yangın koşullarında bile sağlam kalmak üzere tasarlanabilmekte ve belirlenebilmektedir.

Betonun yalnızca yangına dayanıklılık açısından iyi değildir, aynı zamanda termal kütle ve akustik yalıtım sağlar.

Bu üç performans özelliğinin bir araya getirilmesi tasarımcının, muhtemel faydaları en üst düzeye çıkarabilmesini sağlamaktadır. Örneğin, yan yana olan yangın bölmeleri arasına ayırıcı bir beton duvarın konması yangına karşı gerekli korumayı sağlayacak, termal kütleli artıracak ve alanlar arasında akustik ayırım sağlayacaktır. Tüm bunlar, aktif tedbirlere güvenmek, ek izolasyon ya da yangına dayanımlı malzeme kullanmak, düzenli bakım ya da tadilat yapmak zorunda kalmaksızın tek bir malzeme ile sağlanabilmektedir. Açık bir şekilde görülüyor ki betonun bu açıdan uzun vadede önemli ölçüde ekonomik avantajı vardır, fakat daha da önemlisi uzun vadede yangın ve güvenlik avantajı sağlamaktadır.



Şekil 7.1

Betonun ek faydaları
(Neck'in izniyle, 1999)

8. REFERANSLAR

- AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS (2003) *The Pentagon building performance report*, ASCE, Washington, USA. 64 pp.
- BEESE G and KÜRKCHÜBASCH R. (1975). *Hochhaus Platz der Republik in Frankfurt am Main*. Teil III Der Brand vom 22 August 1973. *Beton- und Stahlbetonbau*, 70 (1975) H. 8, S. 184/188. Germany.
- CEMBUREAU (2004). *Improving fire safety in tunnels: the concrete pavement solution*, CEMBUREAU, Brussels, Belgium. 8 pp.
- CHANA P and PRICE B (2003). The Cardington fire test, *Concrete – the magazine of The Concrete Society*, January, pp. 28 – 33. Camberley, UK.
- CEN EN 1991–1–2 (2002). Eurocode , Part 1–2: *Actions on structures – General actions – Actions of structures exposed to fire*. CEN, Brussels, Belgium.
- CEN (2004). EN 1992–1–2 (2004) Eurocode 2 Part 1–2: *Design of concrete structures – General rules – Structural fire design*. CEN, Brussels, Belgium.
- CEN (2002) EN 13501–1. *Fire classification of construction products and building elements – Part 1: Classification using test data from reaction to fire tests*. CEN, Brussels, Belgium.
- CIMbéton (2006). *Conception des bâtiments d'activités en béton: Murs séparatifs coupe-feu et façades à fonction d'écran thermique en béton (B67)*, CIMbéton, Paris, France. 111 pp.
- DENOËL J-F (2006). *Dossier ciment 37: La protection incendie par les constructions en béton*, Febelcem, Brussels, Belgium. 20 pp (French, Dutch versions downloadable from www.febelcem.be).
- DENOËL J-F (2007). *Fire safety and concrete structures*, Febelcem, Brussels, Belgium. 90 pp (French, Dutch versions downloadable from www.febelcem.be).
- HESELDEN A J M (1984). *The interaction of sprinklers and roof venting in industrial buildings: the current knowledge*. BRE, Garston, UK.
- HINKLEY P L and ILLINGWORTH P M (1990). *The Ghent fire tests: observations on the experiments*, Colt International, Havant, Hants, UK.
- HINKLEY P L, HANSELL G O, MARSHALL N R, and HARRISON R (1992). Sprinklers and vent interaction, *Fire Surveyor*, 21 (5) pp. 18–23. UK.
- HORVATH, S (2002). *Fire safety and concrete: fire safety and architectural design*, CIMbéton, Paris, France. 13 pp. presented at 1st Advanced Seminar on Concrete in Architecture, Lisbon, Portugal.
- INTERMAC (2005). *Fire in the Windsor Building, Madrid. Survey of the fire resistance and residual bearing capacity of the structure after fire, Notas de Información Técnica (NIT), NIT-2 (05)*, (Spanish and English). Intermac (Instituto Técnico de Materiales y Construcciones), Madrid, Spain. 35 pp.
- ISO/CD 23932. *Fire safety engineering – General principles*. (under development).
- KHOURY G. (2000). Effect of fire on concrete and concrete structures, *Progress in Structural Engineering and Materials*, Vol. 2, pp. 429–447.
- KORDINA K and MEYER-OTTENS C. (1981). *Beton-Brandschutz-Handbuch*. Beton-Verlag GmbH, Düsseldorf, Germany.
- LENNON T (2004). *Fire safety of concrete structures: background to BS 8110 fire design*, Building Research Establishment (BRE), Garston, Watford, UK. 41 pp.
- LUNDBERG O. (2006) *Brandrapport 2006, Undersökning av bränder i flerbostadshus*, Available at: <http://www.betong.se/brandrapport2006.pdf> Betongforum, Danderyd, Sweden. 12 pp.
- MUNICH RE (2003). *Risk management for tunnels*, Munich Re group, Munich, Germany. 55 pp.
- NARYANAN, N, and GOODCHILD, C H (2006) *Concise Eurocode 2*, The Concrete Centre, Camberley, UK. 107 pp.
- NECK, U (1999). Comprehensive performance of precast concrete components through integrated utilization of the material and component properties. *Proceedings of BIBM 16th International Congress of the Precast Concrete Industry in Venice*. pp. I-69-74. Milan, ASSOBETON, National Precast Concrete Association.
- NECK U (2002). *Comprehensive fire protection with precast concrete elements – the future situation in Europe*, Proceedings of BIBM 17th International Congress of the Precast Concrete Industry. Session 5, 8 pp. Ankara, Turkish Precast Concrete Association. (CD only).

NIST. *Federal Building and Fire Safety investigation of the World Trade Centre disaster: Final report of the National Construction Safety Team on the collapse of the World Trade Center Tower*. NCSTAR 1

SCHNEIDER U and OSWALD M (2005). *Fire safety analysis in concrete and timber frame construction* (German/English), Institute for Building Construction and Technology, Vienna University of Technology, Vienna, Austria. 42 pp.

STOLLARD P and ABRAHAMS J (1995). *Fire from first principles: a design guide to building fire safety* (2nd edition), E&FN Spon, London, UK. 192 pp

SZOKE S S. (2005). Are we protected from fire in buildings? *PCI Journal*, January – February 2005. PCI, United States.

Usine entreprise (Factory business) no. 3031, November 2004. Brussels, Belgium.

WELLINGTON LIFELINES GROUP (2002). *Fire following earthquake: identifying key issues for New Zealand*. Wellington Lifelines Group, Wellington, New Zealand. 41 pp.

TÇMB

TÜRKİYE ÇİMENTO MÜSTAHSİLLERİ BİRLİĞİ

Cyberpark, Cyberplaza C Blok
06800 Bilkent-Ankara/Turkey
Tel: (90 312) 444 50 57
Fax: (90 312) 265 09 06
www.tcma.org.tr
e-mail: info@tcma.org.tr

Bu kitap Avrupa Çimento Birliği üyesi Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği tarafından Türkçeye çevrilerek basılmıştır.