

Çelik Yapıların Yangından Korunması

B.Güler

*Bahçeşehir Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi,
İstanbul, Türkiye*

E.Keyder

*Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü,
Ankara 06531, Türkiye*

ÖZET: Çeliğin çok iyi bir iletken olması ve 700⁰ C ısı da akma gerilmesinin normal değerinin dörtte birine inmesi, yangından korunması gerektiğinin göstergesidir. Tebliğde, kaplama, özel boyalar, püskürtme, betona gömme, su ile doldurma yöntemleri tanıtılmakta, uygulamalar anlatılmaktadır. Ülkemizde kapsamlı bir yangından korunma yönetmeliğinin gerekliliğine değinilmektedir.

Yangın güvenliği için çelik binalarda proje safhasından itibaren yapılması gerekenler sıralanmakta, Dünya Ticaret Merkezleri'nin çöküşünün sebepleri ile ilgili incelemeler özetlenmektedir.

Anahtar Kelimeler : Kesit faktörü, kaplama, betona gömme, su doldurma, özel boyalar, İkiz Kuleler

ABSTRACT: Steel is a good heat conductor. At temperatures around 700⁰ c the yield strength of steel reduces to one fourth of its original value. Thus, it is of great importance to protect steel structures from fire. In the present paper, boarded encasement, special paints, sprays, concrete encasement and water filled systems, as fire protection methods are discussed. The need for a detailed fire protection code in Turkey is stressed and the possible cause of the Twin Tower collapse in New York is given.

ÇELİK YAPILARIN YANGINDAN KORUNMASI

GİRİŞ

Çelik yapı malzemeleri içinde en yüksek dayanımlı olanıdır. Ancak, 500⁰ C ısıda çeliğin dayanımı yarıya, 700⁰ C de ise dörtte birine iner ve bu özellik çeliğin yangından korunmasını elzem kılmaktadır. Çelik yapılarda yangından koruma daha tasarım safhasında başlamaktadır. Yangın bariyerleri, yangından kaçma yolları, yanan yapıya yardım için kolay ulaşım sağlama, tasarımda düşünülmesi gereken hususlardır.

Öte yandan, odalarda duman alarmları, otomatik fiskiye sistemleri, çeliği kaplama özel boyalar, püskürtme ile kaplama, betona gömme, kolonları su ile doldurma gibi teknikler çıkabilecek yangın sırasında güvenliği sağlayabilecek, yeterli zamanı kazandıracak yöntemlerdir.

İleri ülkelerde yangından korunma ile ilgili kapsamlı şartnameler geliştirilmiştir. Ülkemizde ise bu alanda büyük eksiklikler gözlenmektedir.

ÇELİK YAPILARIN YANGIN DAYANIMI

Yangında çelik yapıların dayanımını etkileyen başlıca üç faktör sayılabilir:

- Yangının derecesi
- Isı dağılımy
- Kesit boyutları

Kesit boyutları “kesit faktörü” ile tanımlanmaktadır. Kesit faktörü ısıyan çevrenin kesit alanına oranı, (P/A) şeklinde tanımlanmaktadır. Pekil 1’de Eurocode 3 (EC3, 1995) te kaplama yönteminde kullanılan kesit faktörü değerleri verilmektedir.

Pekil 1. Eurocode 3’te ki Pekil Faktörleri

Spreyli kaplama yöntemi için kesit föktörleri Pekil 2’de gösterilmiştir.

Bekil 2. Yalıtımlı Çelik Kesitlerde Kesit Faktörleri

Avrupa Çelik İnşaat Komisyonu (ECSS)⁵ kuru kaplamalar için yangın dayanımını (1)No.lu formülde kritik ısıya ulaşma zamanı olarak vermektedir. Formülde ISO 834 yangınında sınır ısıya ulaşma esas alınmıştır.

$$t = 40(T_{\text{lim}} - 140) \left[\frac{d / l}{F / V} \right]^{0.77} \quad (1)$$

Burada:

t = Kritik ısıya ulaşma zamanı (dakika cinsinden. t değeri 30 ila 240 dakika sınırları için geçerlidir. Yalıtım malzemesinde nem bulunması halinde t değeri t_d kadar arttırılabilir.)

λ = Isı iletkenliği katsayısı

d = Kaplama malzeme kalınlığı (m)

F = Birim uzunluktaki çelik malzemenin yüzey alanı

V = Birim uzunluktaki çelik malzemenin hacmi

dir.

Nem oranı ile t_d kadar arttırma (2) No.lu denklemde verilmiştir.

$$t_d = mgd^2 / (5I) \quad (2)$$

Burada:

t_d = Yangın dayanımı arttırımı (dakika)

m = Kaplamanın nem oranı (% olarak)

g = Kaplamanın yoğunluğu (kg/m^3)

λ = Isı iletkenliği katsayısı

d = Kaplama malzemesi kalınlığı (m)

dır.

ECCS⁵ ye göre tipik kaplama malzemelerinin yoğunluk ve ısı yalıtım özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.

TABLO 2. YALITIM MALZEMELERİNİN ISI ÖZELLİKLERİ

Malzeme	Yoğunluk (kg/m^3)	Isı Yletkenliđi $\lambda(\text{W/mK})$	Isı Kapasitesi (J/kg k)	Dengede Nem Oranı (%)
Spreyler				
Mineral fiber spreyi	300	0.12	1200	1
Perlit veya vermikülit sıva	350	0.12	1200	15
Yüksek yoğunluklu perlit veya vermikülit sıva	550	0.12	1200	15
Kaplamalar				
Silikat fiber ya da kalsiyum silikat fiber	600	0.15	1200	3
Alçı Levha	800	0.20	1700	20
Basınçlı fiber kaplama				
Mineral yün Silikat fiber	150	0.20	1200	2

YANGINDAN KORUNMA YÖNTEMLERİ

Tasarım Sırasında Korunma

Yangından korunma yapının tasarım etabında başlamalıdır. Mimar ile mühendis bir araya gelerek yapının işlevine, yüksekliğine bağlı olarak yapıda yangın bariyerlerini, yangın merdivenlerini tasarıma katmalıdırlar. Ayrıca yapının itfaiye tarafından kolayca ulaşılabilecek konumda olması da önemlidir.

Yapının işlevine göre odalarda duman alarmı, termostatlı otomatik fiske sistemleri (otel tipi yapılarda) düşünülmeli, elektrik kabloları ile tesisat borularının konumlarına dikkat edilmelidir.

Çeliğin Korunması

Çelik yapı ve çelik elemanların korunmasında kullanılan başlıca yöntemler:

- Betona gömme
- Sprey ile kaplama
- Kaplama malzemeleri
- Özel boyalar
- Kolonlara su doldurma

dır.

Betona Gömme

En eski koruma yöntemidir. Örneğin, çelik bir eleman 40mm kalınlığında C 16 sınıfında beton ile kaplandığında 90 dakika yangın dayanımı elde edilir.

Betonla kaplama ya da betona gömme yöntemi hafif beton da kullanılsa yapıyı ağırlaştırmaktadır.

Spreyler

Son yıllarda en yaygın kullanılan yöntemdir. Yalıtım malzemesi vermikülit veya perlit parçacıklarından oluşur. Çimento baz, yapışmayı sağlar.Kuru ya da yaş olarak uygulanır. Bu yöntem son 40 yıldır gittikçe yaygınlaşarak kullanılmaktadır.

Birkaç katta kullanılabilen sprej yöntemi ile 240 dakikaya kadar yangın dayanımı sağlanabilmektedir.

Sprej yöntemi dünyanın en yüksek yapılarında (İkiz Kuleler, Sears Binası, Petronas Kuleleri gibi) kullanılmıştır.

Bu alanda CAFCO en tanınmış firmalardan biridir ve ülkemizde şubesi mevcuttur.

Kaplama Malzeler

Çelik elemanları levhalar halinde satılan kaplama malzemeleri ile korumak yöntemi de oldukça yaygındır. Levhalar genelde; alçıdan, vermikülit(sodyum silikat), mineral, kalsiyum silikattan yapılmazdır.

Asbestli paneller de eskiden kullanılırken, bu maddenin kanserojen olduğu belirlenmiş ve imalat ve kullanımı yasaklanmıştır.

Kaplama levhalarının yoğunluğu 600 ila 800 kg/m³ ve ısı iletkenliği 0.15 ila 0.20 W/m⁰ C civarındadır. Vermikülit levhaların yoğunluğu 350 ila 550 kg/m³ ve iletkenlikleri 0.09 ila 0.15 W/m⁰ C dir. Bu değerler 100 ila 800⁰ C lik yangın ısıları için geçerlidir.

Levha kaplamalar, uygulama açısından daha uzun zaman alır, ancak, spreylere kıyasla çok daha estetik bir görünüm sağlar.

Ülkemizde alçı levhalar değişik imalatçılar tarafından yapıp satılmaktadır.(Tepe, Lafarge gibi)

Alçı levhalardan en incesi (12.5 mm), 30 dakika, en kalını (15+15+12.5 mm) 225 dakika korunma sağlayabilmektedir.

Şekil 3. Kaplamalı Korunma Detayları

Özel Boyalar

Özel boyalı koruma; kullanılan boyanın yüksek ısıda genişleyip, bir yalıtım malzemesi haline dönüşmesinden kaynaklanmaktadır. Boyanın bileşiminde bulunan gaz ısıda açığa çıkarak kalın bir yalıtım köpüğü haline dönmektedir.

Bu tip boyalar çeşitli renklerde olup çeliğin korunmasına dekoratif bir özellik sağlamaktadır. Özel boyalar normal yangınlarda (ISO 834) 30 ila 60 dakikalık dayanım sağlamaktadır. Açık deniz yapıları için geliştirilen ve içinde çok katlı cam fiber takviyeli cinsleri ise daha uzun süreli koruma vadetmektedir.

Özel boya uygulaması üç kattan oluşmaktadır. İlk kat paslanmaya karşı koruyucu astar, ikinci kat şişen bileşim, üçüncü kat ise dekoratif katmanıdır.

Ülkemizde de satılan bu özel boyaların fiyatı diğer korunma yöntemlerinden daha yüksektir.

Su İle Doldurma

İçi boş (boru, kutu vs.) kesitlerin kolon olarak kullanıldığı ve bunların su ile doldurulduğu koruma yöntemidir. Bir tesisat sistemi ile suyun bir elemandan diğerine akışını sağlayan yöntemde çeliğin ısısı 200⁰ C nin altında tutulur.

Bir boşaltma borusu ile buharlaşan su atmosfere atılır. Çatıdaki su deposu ile kayıp su giderilir.

Sistemin şeması Şekil 4'te gösterilmektedir.

Şekil 4. Su İle Doldurma Yöntemi

İKİZ KULELER

Çelik yapılarda yangın konusu, hemen New York'taki İkiz Kuleler faciasını akla getirmektedir.

Yapılan tüm incelemeler^{3,4}, New York'taki İkiz Kulelerin çökmesini yangına bağlamaktadır. Bilindiği üzere Kuzey Kule uçak çarpmasından 104 dakika sonra, Güney Kule ise sadmeden 54 dakika sonra yıkılmış idi.

İkiz kulelerde koruma için 12000 ton (480000 torba) Blaze Shield marka sprej malzeme kullanılmıştı. Yapılan standart yangın deneylerinde sprej malzeme gerekenin üzerinde bir performans sergilemişti. Standart yangın deneyinde ısı 5 dakikada 540⁰ C, 30 dakikada 837⁰ C, 2 saatte 999⁰ C ve 4 saatte 1080⁰ C'ye çıkarılmıştı. Deney yangın, tipik bir bina yangını temsil ediyordu. İkiz kulelerde ki yangın ise 68 tonluk yüksek oktavlı uçak benzininin yanması (adeta patlamasıyla) oluştu. Buna benzer yangın Petro-Kimya tesislerinde oluşabilir. Orada 1080⁰ C ısı ya 5 dakikada ulaşabiliyor.

Böylece normal yangının çok üstünde bir ısıya birkaç dakikada ulaşılması korunma zamanını kısaltmış, yüksek ısının çeliği çabuk etkilemesi ile İkiz Kuleler çökmüştür.

SONUÇLAR

- Çelik yapıların yangından korunması tasarım safhasından başlayarak düşünülmelidir.
- Hastahane, ofis, tiyatro gibi kalabalık mekanlarda duman alarmı, otomatik fiskiye sistemleri kullanılmalıdır.
- Çelik elemanların korunması:

- * Beton gömme
- * Sprej malzemeler
- * Kaplama Malzemeleri
- * Özel Boyalar
- * Kolonlara su doldurularak

sağlanabilir.

- Ülkemizde bu malzemelerden tek yerli imalat alçı levhaları ve beton dur. Diğer malzeme fiyatları yüksektir. Su ile doldurma da kolay uygulama vadeden bir yöntemdir.
- Ülkemizde kapsamlı bir “Yapıları Yangından Koruma” şartnamesine ihtiyaç vardır.

Referanslar

1. Blaze-Shield SFRM, 2001, Passive Fire Protection Data Sheet C/F/C-1, *Cafco International Derby Shire*, İngiltere,
2. Bond, G.V.L., 1998, Fine and Steel Construction: Water Cooled Hollow Columns, Croydon: Constrado N.D.
3. Brouwer, G.,Jan. 2002, Up In the Sky, *Civil Engineering*, Vol. 72, No.1 pp. 50-57.
4. Clifton, G.C., 2001, Collapse of the World Trade Center Towers, *Heavy Engineering Research Association*, New Zealand.
5. ECCS,1985, DesignManual on the European Recommendations for the Fire Safety of Steel Structures,*European Commission for Constructional Steelwork*, Brüksel, Belçika.
6. Güler, B., High-Rise Steel Structures and Their Fire Resistance Problem a Research after the World Trade Center Disaster, *M.S. tezi ODTÜ*, Ankara.
7. Steelcote, 1992, Quelfire Fire Protection for Buildings, Intumescent Coating for Steel, *Cheshire*, İngiltere.
8. Stollard, P., Abrahams, J., 1991, Fire from First Principles: A Desing Guide to Building Fire Safety,*Chapman and Hall Inc.*, Londra