

ÇELİK YAPI BİLEŞENLERİ VE YANGIN GÜVENLİK ÖNLEMLERİ

Füsun DEMİREL* ve Enis ÖZKAN

* Mimarlık Bölümü, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Gazi Üniversitesi, Ankara
fusund@gazi.edu.tr

ÖZET

Çelik elemanların üstün yapısal özelliklerine karşın, yüksek sıcaklıkta, mekanik özelliklerinde önemli ölçüde azalmalar olduğu bilinmektedir [1]. Çeliğin yüksek sıcaklıklarda davranışının tam olarak bilinmemesi, yalıtım malzemelerinin bazen gereğinden fazla, bazen de yetersiz kullanılmasına yol açmaktadır. Yangına karşı yalıtım malzemeleri ile koruma yöntemlerinin, bina maliyetlerinde % 30-35 gibi artışlara [2-3] neden olduğu düşünülürse, bu konunun ekonomik olarak önemi daha iyi ortaya çıkacaktır. Bu bağlamda, çeliğin yüksek sıcaklıklarda davranışını etkileyen faktörlerin ortaya konması ve elde edilen veriler ışığında, pasif yangın güvenlik önlemlerinin (tasarım kriterlerinin) belirlenmesi önemlidir.

Bu görüşler ışığında çalışmanın amacı; yangının çelik yapı bileşenleri üzerindeki etkilerini sergileyerek, çelik yapı bileşenlerinde uygulanan pasif yangın güvenlik önlemlerini ortaya koymak olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Yangın, yangın yalıtımı, pasif yangın güvenlik önlemleri, çelik yapı bileşenleri

FIRE SAFETY MEASURES FOR STRUCTURAL STEEL COMPONENTS

ABSTRACT

Although, structural steel components have high structural advantages, a change of mechanical properties occur at high temperatures. The behaviour of structural steel components can not be estimated exactly at high temperatures. For this reason, insulation materials could be used more or less than the necessary amounts. Insulation materials for fire prevention increase the building costs approximately 30-35 % and this shows the economic importance of this subject. The behaviour of steel structures at high temperatures must be defined, and the findings would be important for the determination of the passive fire safety methods that could be applied to steel structures.

The aim of this study is to show the effects of fire on steel structures and to bring up the passive fire safety methods.

Keywords: Fire, fire insulation, passive fire safety methods, steel structure components

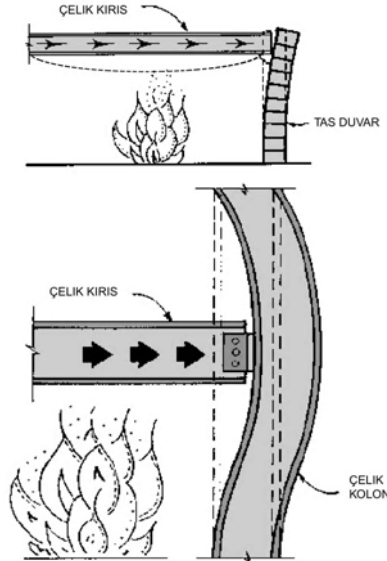
1. GİRİŞ

Endüstriyel gelişim, daha çok enerji kullanımını, fazla enerji kullanımı da yangın riskini beraberinde getirmektedir. Dolayısıyla, binalarımız sürekli yangın tehdidi altındadır. Ne kadar önlem alınırsa alınır, yangın çıkma olasılığı her bina için söz konusudur.

Dünyada, özellikle gelişmiş ülkelerde, çelik yapıların uzun zamandır kullanımda olduğu bilinmektedir. Ülkemizde ise, çelik yapı örneklerine genellikle endüstri yapılarında rastlanmaktadır. Ancak günümüzde, orta ölçekli binalarda çelik yapı, yapıma getirdiği hız ve deprem dayanımı nedeni ile sıklıkla tercih edilmeye başlanmıştır.

Çeliğin yüksek sıcaklıklarda yumuşamaya başlayarak mukavemetini yitirmesi (Şekil 1) ve plastikleşmesi, malzemenin olumsuz yönünü ortaya koymaktadır [4-5].

Bu bağlamda, çelik yapıların ön plana çıkarılan avantajlarının yanı sıra, yangına karşı olan zayıflığını da göz önünde tutmak ve yangın güvenliği için pasif koruma



Şekil 1. Çelik yapı bileşenlerinin yangın sırasında davranışı

önlemlerinin önemini vurgulamak, bu araştırmanın bir başka amacını oluşturmaktadır.

2. ÇELİK İÇ YAPI BİLEŞENLERİNDE ALINAN YANGIN GÜVENLİK ÖNLEMLERİ

Yangın sırasında -insanların tahliyesi ya da söndürme süresince- bina taşıyıcı sisteminin gerek bir bütün olarak, gerekse her bir elemanı ile ayakta kalmalarını sağlayacak şekilde boyutlandırılmaları zorunludur. Taşıyıcı sistemin boyutları, istenilen yangın dayanım süresini sağlayacak şekilde hesaplanmalıdır.

Çelik, bir çok yönden yapılarda kullanım avantajı olan bir malzeme olmakla beraber, yüksek sıcaklıklara karşı direncinin yetersiz oluşu, en olumsuz tarafını oluşturmaktadır. Genellikle yapısal çelik için kritik sıcaklık; 540°C, ön gerilmeli beton işlerinde kullanılan çeliklerin kritik sıcaklığı da; 400-450°C olarak kabul edilmektedir [6]. Bununla birlikte; çelik yapı bileşenlerin yıkılma sınırı; elemanın boyutları, geometrik biçimi, alaşımı, taşıdığı yük de dahil olmak üzere birçok değişkene bağlıdır.

Korumasız bir çeliğin yangına karşı dayanımı 1 saat ile sınırlıdır [7]. Bu ise en yüksek değer olup, normalde bu sınır daha da düşüktür. Çeliğe çeşitli madenlerin eklenmesi ile (krom vs.) de bu süre artırılabilir. Aynı zamanda çelik yapı bileşenlerinin kesitleri artırılarak da uygulanacak koruma önlemleri azaltılabilmektedir.

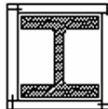
Çeliğin yangından korunması için yapılan yalıtım genelde; kütleli, çevreyi sarma, kutuya alma (çerçeveleme) ve çelik bileşenlerin su dolaşımıyla soğutulması, şeklinde [8,9] yapılmaktadır (Şekil 2). Bununla birlikte, Eurocode'lar tarafından en etkin yangından koruma önleminin erken uyarı sistemleri, etkin itfaiye birlikleri ve otomatik söndürücüler olduğu ve bu durumun sağlanması halinde, yalıtımın büyük ölçüde azaltılması gerektiği de vurgulanmaktadır [10].

2.1. Kütleli Yalıtım

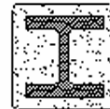
Kütleli yalıtım genelde çelik profillerin betona gömülmesi suretiyle yapılan yalıtım türüdür. Ancak farklı uygulama şekilleri de bulunmaktadır (Şekil 3).



ÇEVREYİ SARMA

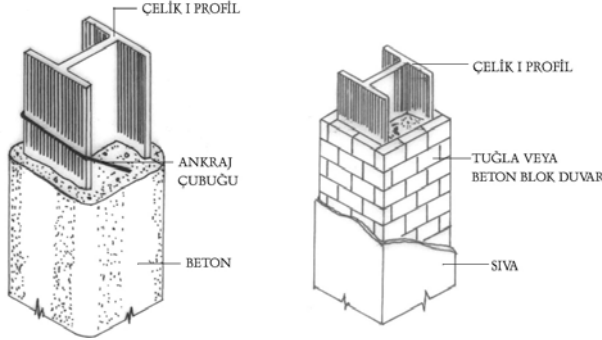


KUTUYA ALMA
(ÇERÇEVELEME)



KÜTLESEL

Şekil 2. Çelik yapı bileşenlerine uygulanan yalıtım türleri [7]



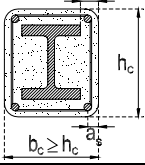
Şekil 3. Kütlesel yalıtım [9]

2.1.1. Beton kompozit sistemler ile yalıtım

Çelik yapılarda yüksek yangın dayanımı istendiği zaman beton kompozit sistemler uygulanmaktadır. Bu yöntemde çelik kısmen veya tamamen beton ile kaplanmaktadır (Şekil 3) [7].

Yangın dayanım süresi; betonun içerisinde bulunan karışım oranlarına ve kullanılan agregaların tiplerine bağlıdır. Yapısal olarak içerisinde kil, arduvaz gibi malzemeler kullanılan beton, normal betondan çok daha yüksek yangın dayanımına sahiptir (Çizelge 1) [7].

Çizelge 1. Beton kompozit sistemlerle yalıtımda kolondaki beton kaplama kalınlıklarının, yangın sınıflarına göre belirlenmesi [7]

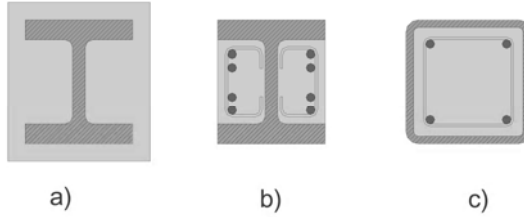
	YANGIN SINIFLARI				
	F30	F60	F90	F120	F180
Minimum Kalınlık h_c (mm)	150	180	220	300	350
Çeliği Kaplayan Minimum Beton Kalınlığı c (mm)	40	50	50	75	75
Donatı Çeliklerinin, Beton Kaplama Kalınlığı a_s (mm)	20	30	30	40	50

Boşluklu ve hafif agrega ile yapılmış olan hafif betonların yangına karşı dayanım gösterdiği de bilinmektedir. Boşluklu ve hafif agrega ile yapılmış hafif betonların sıcaklık artışlarında, kütlelerinde bir hasar olmamasına karşın, normal ağırlıktaki betonlarda $500-600^{\circ}\text{C}$ sıcaklıklarda, kütlelerinde çöküntüler meydana gelmektedir [8]. Betonla yapılan korumalarda beton içerisine yerleştirilecek donatılarla da çeliğin taşıma kapasitesini artırmak mümkündür.

Kolonlar

Kolonlarda uygulanan beton kompozit sistemlerde 3 ayrı yöntem kullanılmaktadır (Şekil 4).

- Çelik profilin tamamen betonla kaplanması
- Çelik profilin flanşlarının arasının doldurulması
- Çelik kutu profillerin içinin betonla doldurulması



Şekil 4. Beton kompozit sistemler ile yalıtım türleri [7]

Yukarıdaki şekilde görülen beton kompozit sistemlerle yapılan yalıtım, yangın testlerinde gösterdikleri performans nedeni ile, pratikte de sıkça kullanılmaktadır [8].

- Çelik profilin tamamen betonla kaplanması:* Bu tür uygulamalarda kompozit elemanın çelik ve beton kısmı, yangın sırasında birlikte çalışmaya başlamaktadır.

Betondaki sıcaklığın 300°C 'ye çıkmasıyla birlikte dış yüzeydeki beton mukavemetini ve rijidliğini kaybedecek, çelikteki gerilme de artacaktır. Bu nedenle çelik profil, yüksek taşıma kapasitesine sahip olmalıdır. Ancak bu sorun, kompozit elemanda kullanılacak betona belirli sayıda donatı ve etriye konularak çözülebilmektedir. Bu şekilde dış katmandaki betonun dökülmemesi ve çelik ile beton arasında aderans oluşması sağlanacak, dolayısıyla, çok kalın çelik profillerin kullanılması da engellenecektir (Şekil 4a) [7].

- Çelik profilin flanşlarının arasının doldurulması:* Burada pratik bir uygulama olarak çelik kolonun flanşlarının araları beton ile doldurulmaktadır (Şekil 4b). Bu tür bir korumada yangın dayanımı, kolonun üzerine binen yükün oranına bağlı olarak 120 dakika veya daha fazladır [7]. Bu koruma yönteminde beton, donatılı olarak kullanılmalıdır. Bu donatıların, yangın sırasında betona ve yapıya sağladığı mukavemet nedeni ile bu tür uygulamalar genellikle çok katlı yapılarda tercih edilmektedir [7].

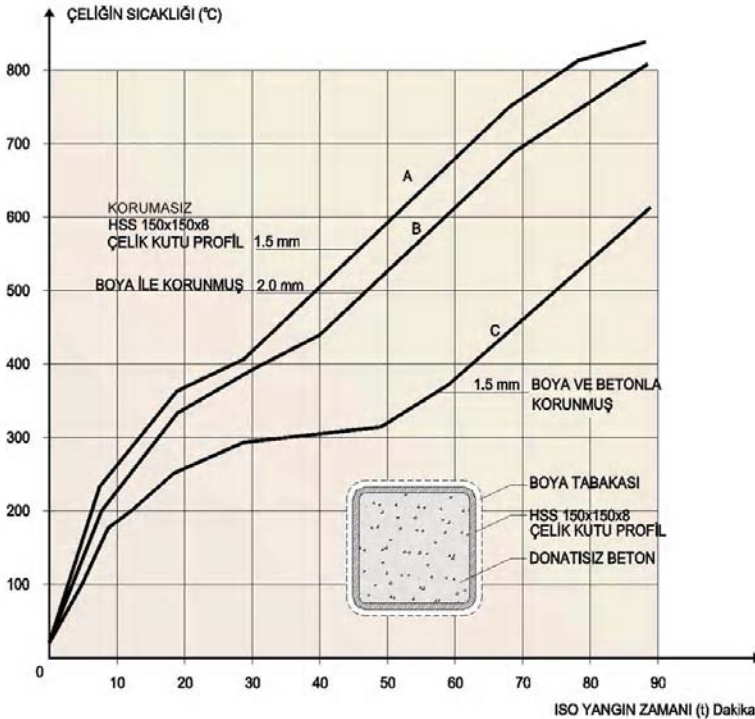
- Çelik kutu profillerin içinin betonla doldurulması:* Üçüncü uygulama yöntemindeki ilke ise, çelik kutu profillerin içinin betonla doldurulmasıdır (Şekil 4c). Oluşturulan kompozit yapının davranışı diğer uygulamalardan

farklılık gösterir. Yüksek sıcaklığa maruz kalan çelikte ısı hızla yükseldikçe, çelik mukavemetini kaybetmeye başlar, yük kolonun içindeki betona aktarılır. Çelikteki sıcaklık artışına oranla betondaki sıcaklık artışı daha yavaş olur. Çünkü betonun yapısında bulunan su, betonun ısınma süresini artırır. İstenilen yangın dayanım süresine göre betonun donatılı yada donatısız kullanımı söz konusudur. Bu tür kutu profillerde donatı için çelik lifler kullanılmaktadır. Donatısız beton kullanılmasında dahi 60 dakika kadar yangın dayanım süresi elde edilebilmektedir (Şekil 5) [7].

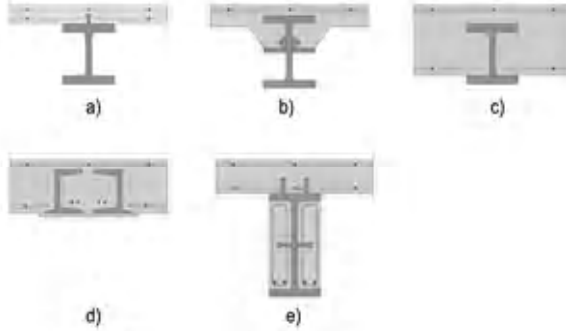
Kirişler

Kompozit kirişlerdeki yangın dayanım süresi; uygulama çeşitliliğine göre farklılık göstermektedir. Döşemenin altında tamamen açıkta kalan kirişlerdeki koruma süreleri sınırlıdır. Yangın dayanımını artırmak için kirişi tamamen yada kısmen betonun içine yerleştirmek dayanım süresini artıracaktır (Şekil 6) [7].

Büyük yüklere maruz kalan ve geniş açıklıklarda kullanılan kirişlere uygulanan yöntem ise; kiriş flanşlarının arasına donatı çubuklarının yerleştirilmesi ve betonla doldurulması şeklindedir [7] (Şekil 6 e).



Şekil 5. Çelik kutu profilin, boya ve betonla yalıtımının çeliğin sıcaklığına etkisi [7]

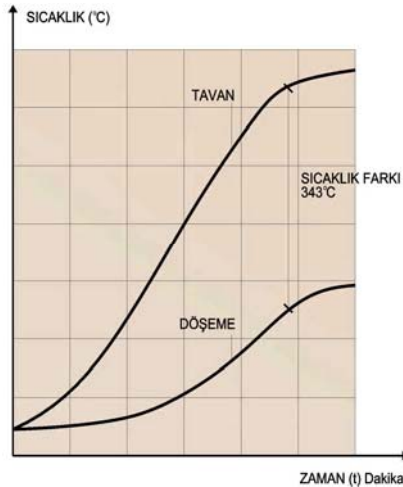


Şekil 6. Kompozit kiriş uygulamaları [7]

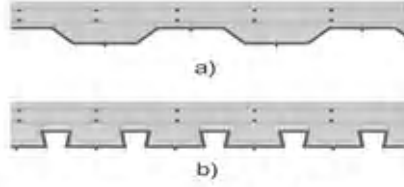
Döşemeler

Döşemeler; yangında en çok sıcaklığa maruz kalan yapı elemanlarıdır. Bunun nedeni de yangında yükselen alevlerin doğrudan döşemeye teması yada yüksek sıcaklıktaki yanıcı gazların tavanda toplanmasıdır. Yapılan simülasyonlarda, yangın oluşturulan mekanlarda, tavan ve döşeme arasındaki sıcaklık farkının çok yüksek olduğu görülmüştür (Şekil 7) [7].

Birçok avantajı nedeniyle yaygın olarak kullanılan çelik döşeme sistemi, trapez sac levha ve üzerine şantiyede dökülen donatılı beton ile oluşturulmaktadır (Şekil 8). Söz konusu olan sac levha; yükseklik, kalınlık ve aderans için yüzeyin uygun olması durumunda, çekme donatısı olarak da görev yaptığı için betonda kullanılan toplam donatı miktarı da azalmaktadır.



Şekil 7. Yangın simülasyonu sırasında 10 dakika içinde mekanda görülen döşeme ve tavan arasındaki sıcaklık farkı [12]



Şekil 8. Kompozit döşemeler [7]

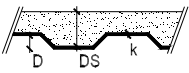
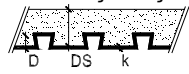
Kompozit döşemelerde yangın dayanım süresi 120 dakikaya kadar çıkabilmektedir. Ancak bu süre, seçilecek trapez döşeme şekline ve döşeme derinliğine bağlı olarak değişen sürelerdedir. Basit şekilli trapez döşemelerde taşıma kapasitesine bağlı olarak yangın dayanım süresi 60 dakika olmakla birlikte, özel yapım kırılmaç tipi kompozit döşemelerde ise çelik levhanın üst flanşları ateşe doğrudan maruz kalmadığı için yangın dayanım süresi 90 dakikaya çıkabilmektedir (Çizelge 2) [7].

Kompozit döşemelere yapılacak ek korumalarla da yangın dayanım süreleri artırılabilir. Örneğin; ilave donatılar, döşemenin hafif beton olması, yangın dayanımlı asma tavan ve yalıtım kaplamalarının kullanımı gibi.

2.1.2. Kagir malzemeler ile yalıtım

Bu koruma yönteminde; geleneksel yapım yöntemlerinde duvar örülmesinde veya kaplanmasında kullanılan taş ve tuğla gibi kagir malzemeler, yangına karşı gösterdikleri direnç nedeni ile çelik elemanlarının korunmasında da kullanılmaktadır (Şekil 3).

Çizelge 2. Döşeme tip ve boyutlarının yangın dayanımına etkisi [7]

DÖŞEME TİPİ	MAKSİMUM AÇIKLIK (m)	YANGIN SINIFI	MİNİMUM ÖLÇÜLER k (mm) DS (mm)		
			Normal Beton Hafif Beton		
TRAPEZ DÖŞEME  $45\text{mm} \leq D \leq 60\text{mm}$	2.7	F60	0.8	130	120
	3.0	F60	0.9	130	120
		F90		140	130
		F120		155	140
	3.6	F60	1.0	130	120
		F90	1.2	140	130
F120		1.2	155	140	
KIRLANGIÇ DÖŞEME  $38\text{mm} \leq D \leq 50\text{mm}$	2.5	F60	0.8	100	100
		F90	0.8	110	105
	3.0	F60	0.9	120	110
		F90		130	120
		F120		140	130
	3.6	F60	1.0	125	120
F90		1.2	135	125	
F120		1.2	145	130	

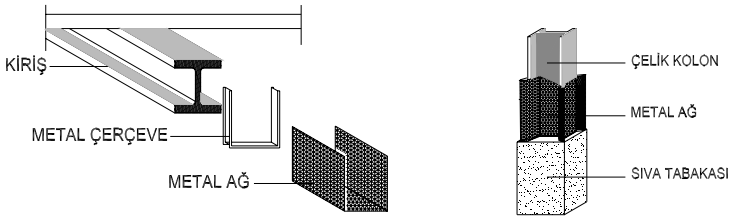
Bu yöntemde çelik, kısmen veya tamamen tuğla yada beton bloklar ile kaplanmaktadır. Bu yöntem, özel uygulama gerektirmediği için oldukça ekonomiktir. Yangın dayanım süreleri ise, tuğla elemanların boşluklu olup olmaması yada beton blokların agrega özelliklerine göre değişmektedir [7].

2.2. Çevreyi Sarma Sistemi ile Yalıtım

Bu yalıtım türü, çelik yapı bileşenlerinin dış yüzeyinin yalıtım malzemesi ile kaplanmasını esas almaktadır (Şekil 2). Uygulamalar ise; sıva, püskürtme ve sıcaklıkta şişen boyalar ile gerçekleştirilmektedir.

2.2.1. Sıva ile yalıtım

Alçı taşı, çimento, perlit, vermükulit ve kum gibi malzemelerin karışımlarından elde edilen harcın, hazırlanan yüzeye sürülmesi şeklindedir (Şekil 9). Ancak, harcın tutunabilmesi için çelik profile veya çelik etrafına konulacak metal dikmelere metal ağ giydirilmesi gerekmektedir. Alçı ve vermükulit karışımları ile tüm yangın dayanım zamanlarına ulaşabilmektedir.



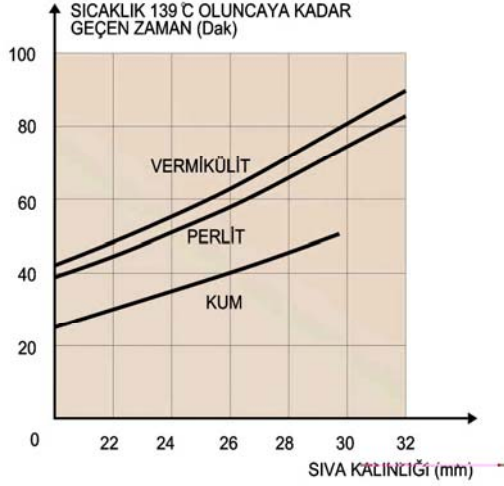
Şekil 9. Kiriş ve kolonlarda sıva ile yangın yalıtımı uygulamaları

Alçı ve perlit karışımları, sadece bir yada iki saat yangın dayanımı sağlayabilmektedir. Buna karşın, kum yerine perlit ve vermükulit kullanılan karışımlarda ise, daha yüksek yangın dayanım süreleri elde edilebilmektedir (Şekil 10).

Alçı sıvaya performansını artırması için, değişik agregalar eklenerek yeni karışımlar oluşturulabilir. Örneğin; perlit, vermükulit ve kumun alçı sıvaya değişik oranlarda karıştırılmasıyla oluşturulan karışımların yangına dayanım süreleri; karışımın oranlarına göre 1 ile 2 saat arasında değişiklik gösterebilmektedir. Sıvalarda oluşturulan harcın yoğunluğu, karışıma eklenecek malzemelerin oranları ve uygulama kalınlığı ise mutlaka kontrol edilmelidir.

2.2.2. Püskürtme sistemler ile yalıtım

Bu tip koruma yöntemlerinde, elde edilen karışım, çelik yüzeyine özel aletlerle püskürtülmektedir (Şekil 11). Bu malzemeler; çimento esaslı karışımlar ve mineral



Şekil 10. Sıvalarda kullanılan bazı malzemelerin ateşe maruz kalmayan yüzeyinde sıcaklığın 139 °C ulaşmaya kadar geçen sürede, sıva kalınlığının etkisi [11]

lifli malzemeler (vermikülit, perlit, mineral yada cüruf lifler) olmak üzere iki ana grupta toplanmaktadır.

Bu malzemelerin çelik yüzeyine tutunabilmeleri için yüzeyin zımparalanmış ya da kumlanmış olması gerekmektedir. Ayrıca, kiriş ve kolonun biçimine ve boyutlarına göre püskürtülen malzemenin kalınlığı da değişmektedir.

Bu tür uygulamalar genelde estetiğin çok ön planda olmadığı yapılarda, örneğin otopark, endüstriyel tesisler yada asma tavan altında kalan bölümlerde tercih edilmektedir. Bu uygulamanın en büyük avantajı ise karmaşık detaylarda kolayca kullanılabilir olmasıdır.

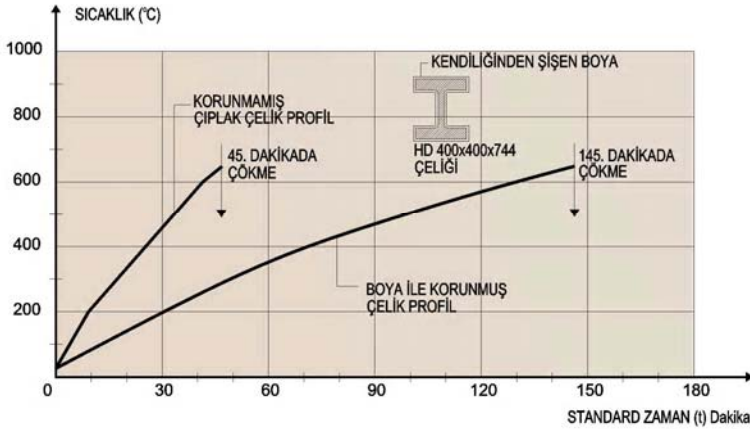


Şekil 11. Püskürtme sistemlerin çelik kirişe uygulanması

2.2.3. Sıcaklıkla şişen (Intumescent) boyalar ile yalıtım

Kendiliğinden şişen boya ile yangından korunma sisteminde boya olarak kullanılan malzeme, yüksek sıcaklık ile karşılaştığı zaman şişmekte ve şişen gözenekli bölüm izolasyon görevini yerine getirmektedir. [7].

Bu yöntem genellikle, çelik iskeletin görünmesinin istenildiği durumlarda tercih edilen pasif koruma yöntemidir (Şekil 12).



Şekil 12. Kendiliğinden şişen boya ile korumanın, yangın dayanımına etkisi [7]

2.3. Kutuya Alma - Plakalar ile Yalıtım

Çerçeveleme sistemler olarak da ifade edilen bu yöntemde çelik yapı bileşenleri, plaka halindeki yalıtım malzemeleri ile kaplanmaktadır (Şekil 13). Uygulamalar, yapı bileşeninin türüne göre farklılık gösterebilmektedir. Plakaların birkaç kat uygulanmasıyla yangın dayanım süresi artırılabilir. Uygulama sırasında plakalar arasındaki birleşim yerleri çok önemlidir, birleşim yerlerinin üst üste gelmemesi için plakalar şaşırtılarak yerleştirilmelidir. Ayrıca ek yerlerinin de aynı cins malzeme ile sıva yapılması gerekmektedir.

Yangın plakaları ile yalıtım; uygulama kolaylıkları ve yangın dayanımında gösterdikleri performans nedeni ile, çelik yapı elemanlarının yangına karşı korunmasında sıkça başvurulan bir yöntemdir. Bu koruma yönteminde kullanılan malzemeler; alçıtaşı, taş yünü, perlit ve vermükulit gibi A1 sınıfı hiç yanmaz yapı malzemeleri olup, istenilen tüm yangın dayanım sürelerini, kalınlık ve içindeki malzeme birleşenleri aracılığı ile sağlayabilmektedir.

Yangın yalıtımında kullanılan bazı plakalar ve özelliklerine ise aşağıda yer verilmiştir:



Şekil 13. Çelik kolonların plakalarla kaplanması [9]

Kalsiyum Silikat ve Çimento Bazlı Plakalar :

İyi bir yangın dayanımına sahip olmakla birlikte bu plakaların kalınlıklarının 12 mm'den küçük seçilmesi halinde, yangın korumasında etkili olamamaktadır [7] (Çizelge 3). Düşük yoğunlukta olanlarda ise, yüksek sıcaklıklarda çatlamalar meydana gelebilmekle beraber, bu plakalar dış mekanlarda da kullanılabilirler.

Alçı Plakalar:

Bu plakalar; %21'i su, %79'u kalsiyum sülfat olan alçı ile üretilmektedir. Yoğunluğu 700–1000 kg/m³ olup, ısı iletkenliği ise 0,24 W/mK' dir. Alçı plakaların

Çizelge 3. Silikat lif plakaların, yangın sınıflarına göre uygulama kalınlıkları [7]

YANGIN SINIFI	TİPİ	SİLİKAT LİFLİ PLAKALAR MİNİMUM KALINLIKLARI (mm)								
		6	10	15	20	25	30	40	50	55
F30	H	≤165	≤ 300	≤300	≤300	≤300	≤300	≤300	≤300	≤300
	L	-	≤ 290	≤300	≤300	≤300	≤300	≤300	≤300	≤300
F60	H	≤ 54	≤ 115	≤205	≤300	≤300	≤300	≤300	≤300	≤300
	L	-	≤ 79	≤200	≤300	≤300	≤300	≤300	≤300	≤300
F90	H	-	≤ 61	≤105	≤160	≤225	≤300	≤300	≤300	≤300
	L	-	-	≤94	≤159	≤250	≤300	≤300	≤300	≤300
F120	H	-	-	≤66	≤99	≤139	≤185	≤290	≤300	≤300
	L	-	-	≤55	≤95	≤145	≤215	≤300	≤300	≤300
F180	H	-	-	-	≤50	≤73	≤95	≤145	≤215	≤300
	L	-	-	-	≤45	≤68	≤99	≤175	≤260	≤300

KESİT FAKTÖRÜ: A_m/V

H: Yüksek yoğunluktaki yalıtım (870 kg/m³) L: Düşük yoğunluktaki yalıtım (450 kg/m³)

A_m : Birim uzunluktaki elemanın çevresi (cm)

V: Çeliğin kesit alanı (cm²)

yangın izolasyonunda kullanılmalarının en önemli nedeni, yangın sırasında bu levhaların bünyesindeki suyun buharlaşması ve serbest kalması için yüksek ısı enerjisine ihtiyaç duymasındır. Bu plakalar iyi bir yangın dayanımına sahip olup, tek kat uygulamalarda, en az 19 mm kalınlığında olmalıdır. Islak mekanlarda ve yapı dışında ise kullanılamazlar.

Mineral Yün Plakalar:

Yoğunlukları en az 60 kg/m², kalınlıkları ise 40 mm den az olmamalıdır [7]. İyi bir yangın dayanımına sahip olup (Çizelge 4), ek yerlerinin doğru detaylandırılmaması halinde ise performansı olumsuz yönde etkilenmektedir.

Çizelge 4. Yangın sınıflarına ve farklı çelik türlerine göre taş yününün uygulanma kalınlıkları [7]

YANGIN SINIFI	ÇELİK TÜRÜ	TAŞ YÜNÜ YALITIM KALINLIĞI (mm)
F60	HE 100 A – HE 220 A	40
	HE 240 A ve daha fazla	20
	HE 100 B – HE 140 B	40
	HE 160 B ve daha fazla	20
F90	HE 100 A – HE 200 A	60
	HE 220 A ve daha fazla	40
	HE 100 B – HE 140 B	60
	HE 160 B – HE 360 B	40
	HE 400 B ve daha fazla	20
F120	HE 220 A – HE 360 A	60
	HE 400 A ve daha fazla	40
	HE 160 B – HE 260 B	60
	HE 280 B ve daha fazla	40

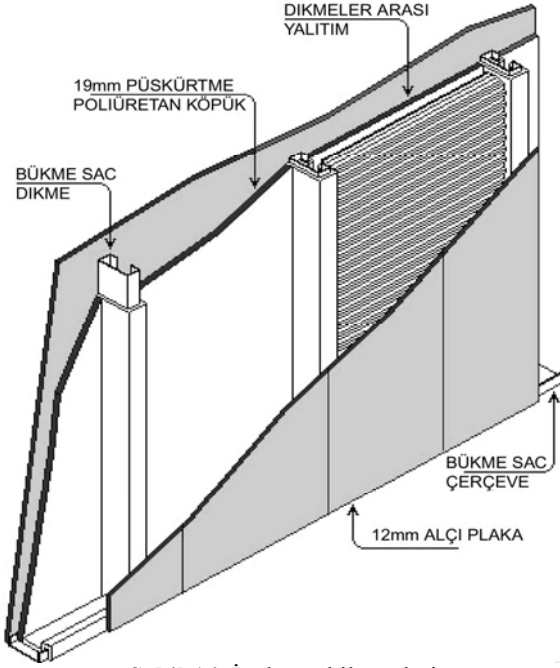
2.3.1. Kolon ve kirişlerde plakalar ile yalıtım

Plakaların kolon ve kirişlere uygulanış biçiminde herhangi bir fark yoktur. Yangın plakaları, doğrudan çelik profillere tutturulabileceği gibi, metal dikmeler yardımı ile kullanılması da mümkündür. Metal dikmelerin kullanılmasıyla, çelik profil ve plaka arasındaki mesafe artırılarak yangın dayanım süresinin uzatılması amaçlanmıştır. Bunun dışında, plakaların birbirlerine yapıştirılarak birleştirilmeleri de olasıdır.

2.3.2. İç duvarlarda plakalar ile yalıtım

Çelik yapılarda duvarlar, prefabrike beton paneller, briket veya tuğla ile de yapılabilir. Ancak hafif çelik yapılarda büyük ağır elemanlar kullanılmamaktadır. Uygulamalar genelde; galvanizli çelik saclardan kesilip bükülerek elde edilen U ve C profillere, alçı plakaların monte edilmesi şeklindedir. Kullanım

yerlerine göre çeşitli kalınlıklarda, ısı, ses ve yangına karşı yalıtım malzemesi, profiller arasındaki boşluğa yerleştirilmektedir (Şekil 14). Dış duvarın dış yüzeyinde ise A sınıfı ve dış atmosfer koşullarına dayanıklı bir kaplama bulunmalıdır [9].



Şekil 14. İç duvar bileşenleri

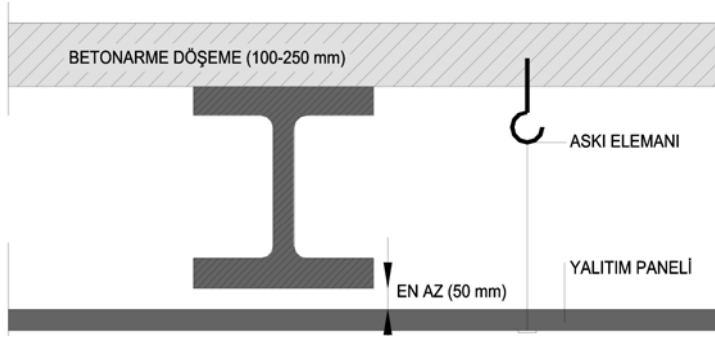
2.3.3. Asma tavanlarda plakalar ile yalıtım

Asma tavanlarda yangın plakalarının kullanılması ile, asma tavan içinde kalan kiriş, makas, döşeme ve diğer tesisatın yangın güvenliği de sağlanmaktadır. Genelde bu sistemde yangın plakaları metal bir alt konstrüksiyon aracılığı ile monte edilmektedir (Şekil 15).

İyi bir yangın korunumu için derzler cam elyafı bir bant ile kapatılmalı ve vida başları ile birlikte, perlit esaslı bir macun ile asma tavan yüzeyi düzeltilmelidir.

2.4. Çelik Bileşenlerden Su Dolandırılarak Soğutulması ile Yalıtım

Yalıtılmamış çelik taşıyıcı elemanların kullanımı, mimari açıdan arzu edilen bir durumdur. Bu isteğin, günümüzde kullanımı giderek yaygınlaşan boru ya da kutu en kesitli içi boş elemanlarda değişik bir yöntemle karşılanması mümkündür. Bu tür elemanların içinde bir su dolaşımının sağlanması halinde, yangında çeliğe gelen ısı

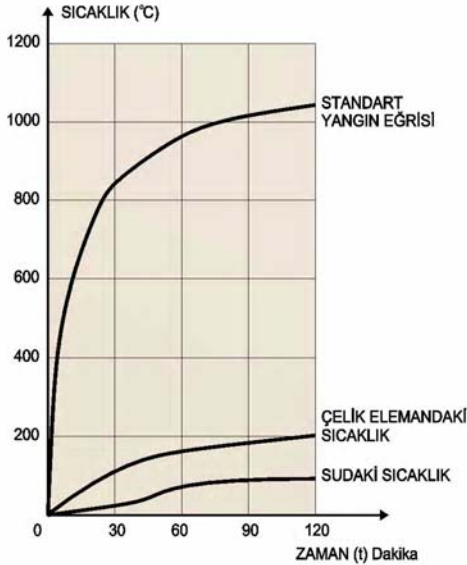


Şekil 15. Asma tavanlarda yangın plakaları uygulaması [7]

elemanın içindeki suyu ısıtarak, dolaşım ile çelik elemandan uzaklaştırılmaktadır. Su kaynama sıcaklığına ulaşsa bile çelik elemanın sıcaklığı 100 - 200°C'yi aşmaz (Şekil 16). Bu sıcaklıklarda ise, çeliğin mekanik özelliklerinde ise, bir düşme görülmemektedir [10].

Su dolaşımı ile soğutma, yalnız yangına daha hassas olan düşey konumlu kolonlara uygulanabileceği gibi, tüm kiriş ve kolonları kapsayacak şekilde taşıyıcı sistemin tamamına da uygulanabilir.

Yalnız kolonların su dolaşımı ile soğutulması durumunda, uygulama çok basit olup, doğal dolaşım yeterlidir. Bu tür kullanımlarda sistemin üst kısmında su deposu



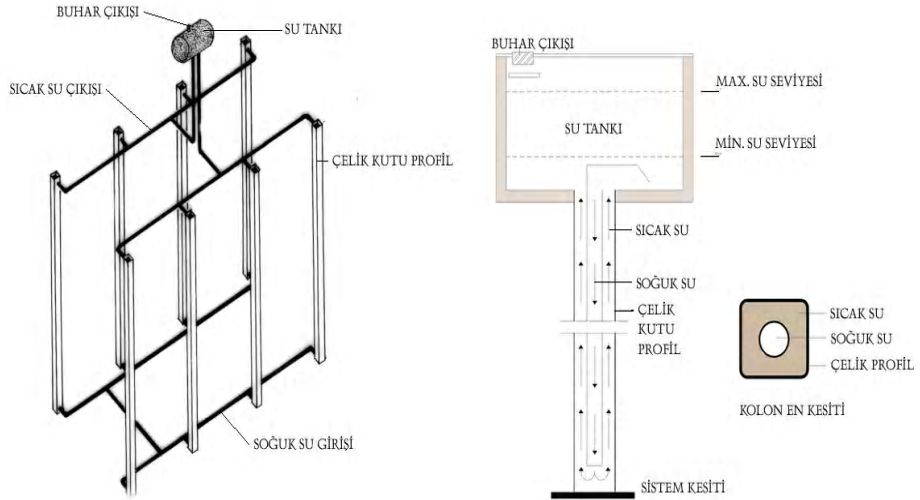
Şekil 16. Su dolaşımıyla yapılan korumada, sudaki ve çelikteki sıcaklık eğrileri [7]

bulunmaktadır (Şekil 17). Yangın sırasında kolon içindeki su ısınmakta ve bu nedenle yoğunluğu azalarak, doğal olarak yükselmektedir. Depodaki soğuk su orta borudan inerek kolonların alt kısımlarından sisteme tekrar kapatılmakta ve ısınan suyun yerini almaktadır (Şekil 17). Suyun buharlaşması durumunda ise buhar, deponun üstünde bulunan tahliye borusundan dışarı atılmaktadır.

Yalnız kolonların bu sistemle korunması durumunda su, genelde, sürekli dolu olduğundan, içine potasyum karbonat yada benzeri bir anti jel katılarak donmaya karşı önlem alınmalıdır. Bu sistem kullanılarak alınan yangın güvenlik önlemlerinde, yangın olmadıkça korozyondan korkulmamalıdır. Su değişmediği için, içerdiği sınırlı oksijen korozyonu sürdürmez. Gerekirse, (özellikle su değiştiriliyorsa), potasyum nitrat gibi korozyon önleyici katkıları kullanılabilir [10].

Tüm taşıyıcı sistemin su dolaşımı sağlanarak yangından korunmasının planlanması halinde ise, kolon ve kirişler birbirlerine bir su şebekesi oluşturacak şekilde birleştirilirler. Bu durumda su sızdırmazlığının sağlanması, özellikle birleşimlerde zorlaştığı için, suyun şebekeye verilmesi otomatik bir yangın alarm sistemine bağlı olarak gerçekleştirilir. Ayrıca su dolaşımının sağlanması için bir motor gücüne (pompa) gereksinim duyulmaktadır [10].

Su dolaşımı ile alınan bu yangın güvenlik önleminde, çelik taşıyıcı elemanlar, yangının neden olduğu mukavemet azalmasından çok iyi bir şekilde korunabilmekte olup, tüm yangın dayanım sürelerini sağlamaktadır. Ancak, çelik elemanların hesabında, hidrostatik iç su basıncının da dikkate alınması gerekmektedir [7].



Şekil 17. Su dolaşımıyla yalıtımın çalışma prensibi [7, 12]

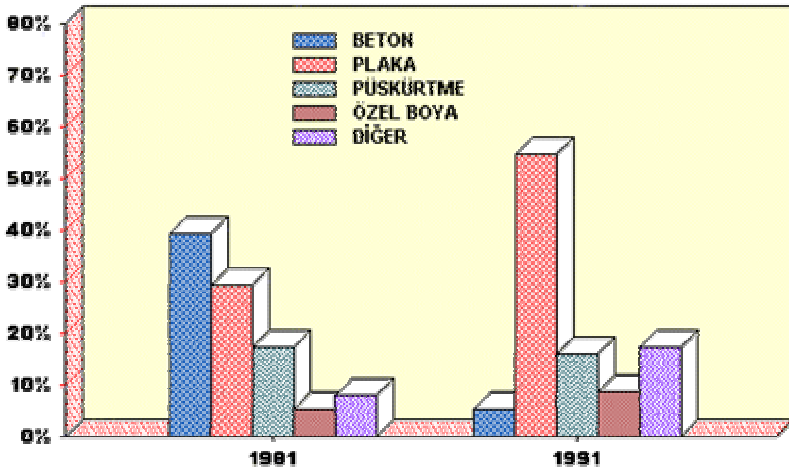
3. ÇELİK DIŞ YAPI BİLEŞENLERİNDE ALINAN YANGIN GÜVENLİK ÖNLEMLERİ

Yapı dışında bulunan çelik elemanlar yapı içinde bulunanlara oranla daha soğuk olacaktır. Bu da, çelik dış yapı bileşenlerinin korumasız olarak kullanımına olanak sağlamaktadır. Isının, yapı dışında kalan bileşenlere iletilmesi, yangın yüküne, alevin davranışına, sıcaklık derecesine ve yapı bileşenlerinin pozisyonuna bağlı olduğu gibi, pencere açıklıklarının yerleri ve boyutlarına da bağlıdır [7].

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çeliğin günümüzde diğer yapı malzemelerine oranla, yüksek yapım hızı, yük taşıma kapasitesi ve depreme dayanıklılık gibi avantajları ile, taşıyıcı sistemlerde kullanımının hızla artacağı görünen bir gerçektir. Ancak, çelik taşıyıcı sistemli yapıların yangın karşısındaki zayıflıkları ise göz ardı edilmemelidir.

Şekil 18’de; İngiltere’de 1981-1991 yılları arasında çelik yapılarda kullanılan yangın yalıtım türleri arasındaki tercih edilmiş oranları görülmektedir. Şeklin incelenmesi ile de anlaşılacağı gibi, 1981’de beton ile yapılan yalıtımlar % 40’dan %10 seviyelerine düşerken, plakalar ile yapılan yalıtımlar ise % 30’dan % 60 seviyelerine çıkmıştır. Bu durum, plakalar ile yapılan yalıtımların zaman, işçilik ve yangın güvenliğinde gösterdikleri yüksek performans ile açıklanabilir. Çelik profilleri beton ile kaplamak için kalıp kurmak, bazen de donatı çubukları eklemek gerekmektedir. Ancak plakalarda bu tür problemler yoktur. Plakalar basit yöntemlerle çok kısa sürede uygulanmaktadır. Püskürtme sistemlerinin oranının değişmemesinin nedeni, kısıtlı



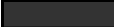




Şekil 18. İngiltere’deki yangın yalıtım uygulamalarının 1981-1991 yılları arasındaki tercih edilmiş oranları

kullanım alanlarının olmasıdır. Özel boyaların az tercih edilmelerinin nedeni ise, yüksek maliyetleridir.

Aşağıdaki çizelgede ise; yangın yalıtım türlerinin sağladıkları yangın dayanım süreleri görülmektedir.

Çizelge 5. Yangın yalıtım türleri ve yangın dayanım süreleri [8]

YANGIN YALITIM TÜRLERİ	YANGIN DAYANIM SÜRELERİ				
	F30	F60	F90	F120	F180
KORUMASIZ ÇELİKLER					
BETON KOMPOZİT SİSTEMLER					
SU DOLAŞIMI İLE KORUMA					
TAŞ ve TUĞLA İLE KORUMA					
SIVA İLE KORUMA					
SİSTEMLER					
BOYA İLE KORUMA					
PLAKALAR İLE KORUMA					
KOMPOZİT PANELLER					

	Yalıtım türünün rahatlıkla sağladığı koruma	İyi ↓ Kötü
		
		
		
	Yalıtım türünün koruma sağlayamadığı sıcaklık aralığı	

İçişleri Bakanlığı tarafından Temmuz 2002 tarihinde yürürlüğe girmiş olan Türkiye Yangından Korunma Yönetmeliği, her ne kadar çoğu maddesi tartışılmalı da, binalarda yangın güvenliği konusunda atılan ciddi bir adım niteliğini taşımaktadır. Bununla birlikte, sorunun önemi ve bu konudaki yetişmiş insanların azlığı göz önünde tutulduğunda, üniversitelerde yangın mühendisliği bölümlerinin kurulması, son derece önem kazanmaktadır. Ayrıca, üniversiteler ve özel sektör işbirliği ile, yangın güvenliğinde yeni teknolojiler geliştirilerek, doğrudan uygulamaya aktarılması da zorunlu görülmektedir.

KAYNAKLAR

1. ANON., **Fire Resistant Design of Steel Structures**. A Handbook to BS 5950: Part 8, the Steel Construction Institute, 1990.
2. Zhao J.C., Shen Z.Y., “Experimental Studies of the Behaviour Of Unprotected Steel Frames In Fire”, **Journal Of Constructional Steel Research**, Vol 50, pp.137- 150, 1999.
3. Öven, A., Parlak, İ.Y., “Çelik Yapı Elemanlarının Yangında Davranışının Modellenmesi”, **II. Yangın Sempozyumu Sergisi Bildiriler Kitabı**, Ankara, Sayfa 165, 2003.

4. Baba, S., Nagura, H., “Effect Of Material Properties of the Deformation of Steel Frame in Fire”, **Proc. Of JSCE Structural Eng./Earthquake Eng.**, Vol 2, No. 1, 1985.
5. Witteveen J., Twilt L., Bijlaard, F.S.K., “Theoretical and Experimental Analysis of Steel Structures at Elevated Temperatures”, IABSE, **10 th Congress**, Tokyo, Final Report Zurich, 1977.
6. Thomas, G., Langdon, J., **Fire Safety in Buildings, Principles and Practise**, 1998.
7. ANON., **International Fire Engineering Design for Steel Structures: State Of the Art**. International Iron and Steel Institute, Brussels, 1993.
8. Özkan, E., **Çelik Yapı Bileşenlerinde Alınması Gereken Yangın Güvenlik Önlemleri ve Bir Uygulama Örneği**, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2002.
9. Demirel, F., **Yangından Korunma ve Bina Yangın Güvenliği**, Yayınlanmamış Ders Notları, Gazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Ankara, 2003.
10. Arda, T.S., Yardımcı, N., **Çelik Yapı Elemanlarının Yangın Mukavemeti**, Yayınlanmamış Ders Notları, İTÜ, 1995.
11. Harmaty, T.Z., **Fire Safety Design and Concrete**, Longman, Scientific& Technical Copyright, England, 1993.
12. Egan, M.D., **Concepts in Building Fire Safety**, John Wiley & Sons Inc., New York, 1978.