

Hafif Çelik Yapıların Isı Karşısındaki Direnç Performansı

Muhammed İmran Uzun¹, Sepanta Naimi²

¹ Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

² Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Altınbaş Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

Özet

Geçmiş zamanlardan günümüze yeryüzünde birçok deprem olmuştur. Bu depremler sonucu oluşan can ve mal kayıplarından ötürü bir önlem almak gerekmiştir. Bu durum depreme karşı daha dayanıklı yapılar yapmaya itmiştir. Ülkemizde ise bu durum Marmara depremi sonrasında gündeme gelmiştir. Çelik yapıların kullanımı bu dönemde yaygınlaşmaya başlamıştır. Özellikle de hafif çelik sistemlerin yaygınlaştığı görülmüştür. Hafif çelik sistem soğuk şekillendirilmiş profil elemanlarla oluşturulmuş bir yapı sistemidir. Çelik yapılar üstün mekanik özellikleri güvenilir, yapımının pratik olması, ekonomik oluşu, hafifliği ve yeniden kullanılabilen bir malzemeden oluşmasından dolayı oldukça yaygınlaşmıştır. Fakat son zamanlarda artan yangınlar çelik yapılarında olumsuz yönlerini istenmeyen sonuçları doğurmuştur. Yangın olayı yani yüksek sıcaklık çelik yapıların dayanamadığı, çelik yapıları oldukça olumsuz etkileyen bir olaydır. Bu yüzden bu duruma karşı önlemler alınması gerekmiştir. Bu çalışmada çelik yapılar ve hafif çelik yapı sistemlerinin tarihsel gelişimi hakkında bilgiler verilmiştir. Ardından hafif çelik yapılar ile yangın arasındaki ilişki anlatılmıştır. Çelik yapıların ve hafif çelik yapıların mekanik özellikleri ve termal (ısı) özellikleri incelenmiştir. Termal özelliklerin yüksek sıcaklığa karşı davranışına ve tutumu gerekli çalışmalar incelenerek sunulmuştur. Mekanik özelliklerin de sıcaklıkla ilişkisi detaylıca anlatılmıştır. Hafif çelik yapıların sıcaklığa karşı dayanımı düşüktür. Bu durum içinde alınması gereken önlemler, çözüm yolları araştırılmıştır ve en ideal çözüm yolu bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Çelik yapılar, hafif çelik yapılar, yangın, termal özellikler, mekanik özellikler

Resistance Performance of Light Steel Structures Against Heat

Muhammed İmran Uzun¹, Sepanta Naimi²

¹Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, İstanbul Aydın University, İstanbul, Turkey

²Faculty of Engineering and Architectural, Department of Civil Engineering, Altınbaş University, İstanbul, Turkey

Abstract

There have been many earthquakes in the world from past to present. Due to the loss of life and property as a result of these earthquakes, a measure had to be taken. This situation has pushed to build structures more resistant to earthquakes. In our country, this situation came to the fore after the Marmara earthquake. The use of steel structures started to spread in this period. It has been observed that especially light steel systems are becoming widespread. Light steel system is a building system formed with cold formed profile elements. Steel structures have become very common due to their superior mechanical properties, being practical, economical, light and reusable. However, the increasing number of fires in recent times has led to negative and undesirable consequences in steel structures. Fire incident, that is, high temperature, is an event that steel structures cannot withstand and affects steel structures very negatively. Therefore, measures had to be taken against this situation. In this study, information is given about the historical development of steel structures and light steel structures. Then, the relationship between light steel structures and fire is explained. Mechanical properties and thermal (thermal) properties of steel structures and light steel structures have been studied. The behavior and attitude of thermal properties against high temperatures are presented by examining the required studies. The relationship between mechanical properties and temperature has been explained in detail. Light steel structures have low temperature resistance. The precautions to be taken in this situation, solutions have been investigated and the ideal solution has been found.

Keywords: Steel structures, light steel structures, fire, thermal properties, mechanical properties

1. Giriş

Son zamanlarda ülkemiz ve dünyada depremlerin artmasından dolayı mühendisler depreme dayanıklı yapı tasarımı yapmak için performansa dayalı tasarım felsefesini kullanmaktadır [14,15]. Yapıları depreme karşı daha güvenli hale getirmek için yapılan çalışmalar sonucunda güçlendirilme aşamasında yapıların fonksiyonlarını engellemeden güçlendirmek için çelik kullanılmaktadır [12]. Çeliğin diğer yapı malzemelerine göre avantajlı konumda olmasının, deprem bölgelerinde kullanılmasını ön plana çıkmasının sebebi homojen bir malzeme olması, oda sıcaklığında üstün mukavemet (dayanım) göstermesi ve yüksek elastisite modülüne ($2 \cdot 10^{11}$ kPa) sahip olmasından kaynaklanmaktadır [8]. Bunun yanında elbette ki çeliğinde dezavantajları vardır. Bunlardan biri metalürjik yapısı nedeniyle yüksek sıcaklıklara karşı direncinin çok düşük olmasıdır. Prekast betonun çelikle güçlendirilmesi de mümkündür [13]. Çelik bu alanda da kullanılmaktadır. Ayrıca 2007 yılında da kapsamı istenilen seviyede olmasa da oldukça kapsamlı bir yönetmelik çıkmıştır [9].

Gezeganimizde ve yaşamış olduğumuz coğrafya içerisinde oluşan yangın afetinden dolayı oluşan maddi ve manevi kayıpların en önemli etkeni yeterli önlemi almamaktan kaynaklanmaktadır [4]. Bunun içinde öncelikli hedef yangın riskini en aza indirerek olası hasarı azaltmaktır. Bunun içinde en temel iki yöntem aktif ve pasif korumadır.

Bu makalede, hafif çelik ile yangın arasındaki ilişki ve çeliği yüksek sıcaklığa karşı koruma yöntemleri araştırılacaktır. Çelik konstrüksiyonların özellikleri araştırılıp hafif çelik sistemlerin yüksek sıcaklığa karşı dayanımı ve davranışı yapılmış çalışmalar incelenerek derlenecektir.

Bu makalede, çelik yapıların yüksek sıcaklığa karşı dayanımının düşük olması problemi çelik konstrüksiyonlar ve bunun altında hafif çelik konstrüksiyonların özellikleri ve yüksek sıcaklığa karşı direnci araştırılarak incelenecektir.

Derlemenin amacı yüksek sıcaklığa karşı korunma yöntemlerini birleştirip anlaşılır dille ifade ederek çözüm yollarını öğretmektir. Bu doğrultu sonucunda ulaşılması beklenen hedef hafif çelik konstrüksiyon yapacak kişilere ve firmalara çözüm yollarını göstermektir.

2. Hafif Çelik Yapılar

Dünyada ilk hafif çelik yapı denemeleri 20.yüzyıl başında Almanya, İngiltere, Japonya ve ABD gibi ülkelerde başlamıştır [1]. 2. Dünya Savaşı bittikten sonra sahaya montaja hazır gelmesinden kaynaklı hızlı ve ekonomik olarak yapılabildiği için Avrupa ülkeleri arasında kullanımı hızla yayılmıştır [10]. 1980’li yıllarda ise bugün ki halini almıştır [1]. Hafif çelik yapıların ilk uygulamaları ABD ve İngiltere’de inşa edilen yanmaz film stüdyosu konstrüksiyonları olmuştur. Bu sisteme uygun ilk prefabrike yapı ise ABD’de Chicago’da 1933 yılında resmi olarak tanıtılmıştır. Türkiye’de ise hafif çelik yapılar 1999 yılı sonrası gündeme gelmiştir. Hafif çelik yapı, çelik sac ve levhaların oda sıcaklığında bükülmesi veya preslenmesi ile oluşan soğuk haddelenmiş profillerin taşıyıcı sistemi oluşturduğu yapılara denmiştir [1].

Hafif çelik çerçeve sistem “Balloo Frame” adı verilen ve Amerika’da 1832’den beri tek ev yapımında kullanılan ahşap iskelet yapım sistemiyle benzerlik göstermektedir [6]. Taşıyıcı sistem, ahşap karkas sistemlerde de olduğu gibi dikmeler ve döşeme kirişlemeler şeklindedir [1].

Hafif çelik yapıların ülkemizde kullanımı başlarda şantiye binaları olarak kullanılırken son yıllarda oldukça artış göstermiştir [10]. Artık okul, iş hanı, ibadethane, konut ve çok daha çeşitli alanda uygulaması yapılmaktadır. Şekil 1’de hafif çelik yapının bir örneği de görülmektedir. Yaygınlaşmasının birçok nedeni vardır. Bunlardan bazıları önceden üretebilme imkânı olduğundan insan hataları en aza iner, diğer konstrüksiyon çeşitlerine göre çok daha hafif, mevsim ayırt etmeksizin yapımında sorunsuz ilerleme mümkün ve dış etkenlere karşı doğru koruma metodu uygulandığında da korozyona uğramaz.

Hafif çelik ile normal yapıdaki çelik arasında birçok fark vardır [10]. Bunların en temel olanları şunlardır:

- Hafif çelik elemanlarda bağlantı elemanı olarak geleneksel çelikte kullanılanların perçin benzeri bir bağlantı elemanı olan clinch de kullanılabilir.
- Normal yapıdaki çelikte kritik noktalar kontrol edilirken hafif çelik elemanda yüksekliğin kalınlığına oranının fazlalığından kaynaklı bölgesel kontrol yapılır.
- Çeliğe göre ortalama sayılacak yük ve açıklıklarda maddi yönden daha avantajlıdır ve üretim aşamasında mekanik geliştirme yapmak mümkündür.



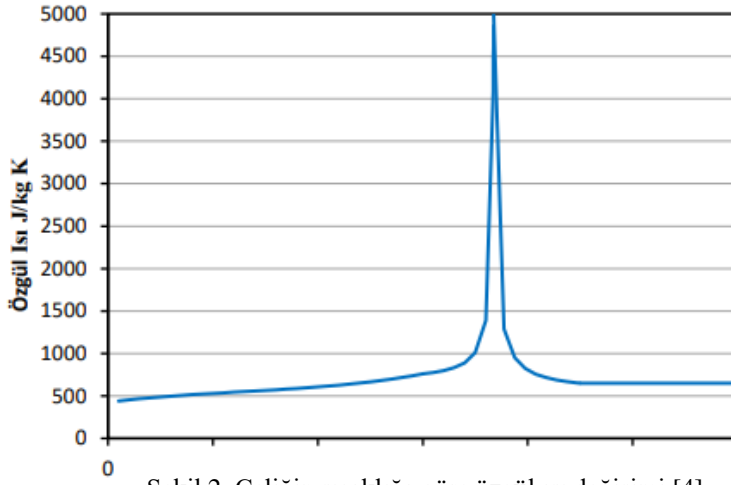
3. Çeliğin Özellikleri

Şekil 1. Hafif çelik yapıli sistem [10]

3.1. Termik Özellikleri

3.1.1. Özgöl Isı (c_a)

Tanımlayacak olursak malzemelerin ısıyı emme yeteneğinin ölçüsüdür diyebiliriz [4]. Kelvin (K) birim artırılması için oluşturulan gerekli ısı miktarı çeliğin özgöl ısısıdır. Sıcaklığın çeliğin özgöl ısısına etkisiye şekil 4'te 700 °C civarına doğru aheste bir şekilde artarken 740 °C de kristal yapıdaki değişimden dolayı birdenbire bir zıplayış göstermektedir. Ardından tekrar normal seviyesine dönmektedir. Basit hesaplamalar için c_a , 600 J/kg K alınabilir.



Şekil 2. Çeliğin sıcaklığa göre özgöl ısı değişimi [4]

3.1.2. Isıl Genleşme (α)

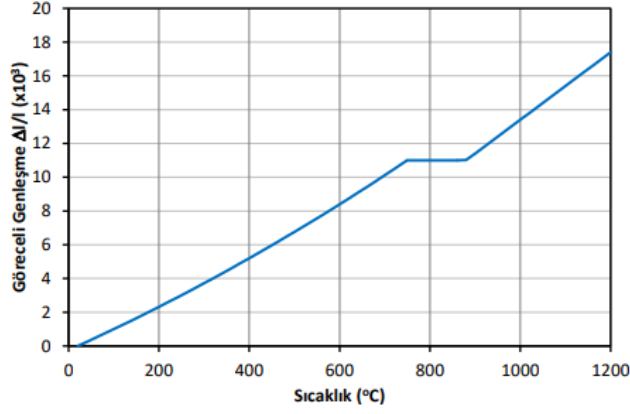
Isıl genleşme katsayısı çelik ısıtıldığında genleşmesinden ötürü genleşmeyi bulmak için kullanılır [4].

Çeliğin ısıl genleşmesi;

$$\Delta l/l = \alpha (t) \times \Delta (t)$$

olarak tanımlanmaktadır.

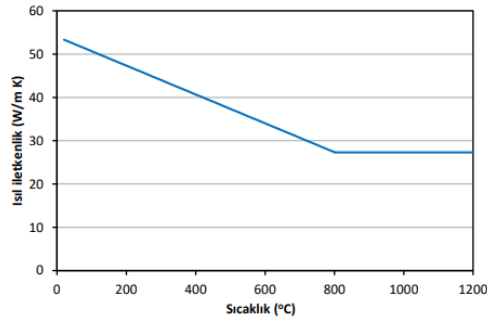
Burada $\alpha (t)$ ısı genleşme katsayısını, $\Delta (t)$ ise sıcaklıktaki değişimi ifade eder. Bu ısı genleşme 760 °C ye kadar doğrusal ilerlerken 760 °C – 850 °C arası faz değişimine uğrar ve sabit kalır ardından artmaya devam eder. Bu durumu ifade eden grafik şekil 3’ de belirtilmiştir.



Şekil 2. Çeliğin sıcaklığa göre değişen bağıl ısı genleşmesi [4]

3.1.3. Isıl İletkenlik (λ_a)

Isıl İletkenlik çeliğin mikro yapısından etkilenir ve sıcaklığa göre değişim gösterir [4]. Şekil 4’te 0 °C de 53 W/mK iken doğrusal azalma göstererek 800 °C de 23.7 W/mk seviyesine gelip sabitleniyor. Basit hesaplamalar için λ_a , 45 W/mk alınır.



Şekil 4. Çeliğin sıcaklığa göre ısı iletkenlik değişimi [4]

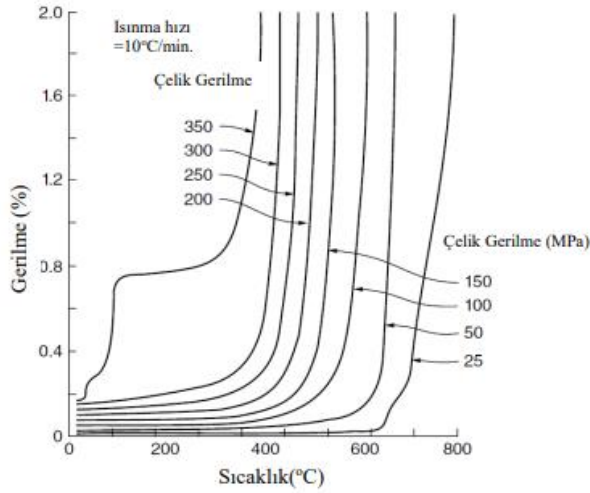
3.1.4. Yoğunluk (ρ_a)

Yüksek sıcaklık çeliğin yoğunluğunu etkilemediği kabul edilir [8]. Hesaplamalarda yoğunluğu sıcaklıktan bağımsız olarak 7850 kg/m³ alırız.

3.2. Mekanik Özellikleri

3.2.1. Sünme Şekil Değişirme

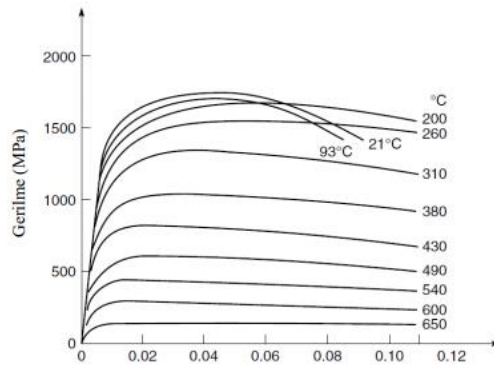
Zamana dayalı olarak kalıcı bir yüke maruz kalan malzemenin deformasyonunun ifadesidir [4]. Çelikte normal sıcaklıklarda önemli olmasa da sıcaklık arttıkça önem arz etmektedir. Sünme, şekil 6'da görüldüğü gibi gerilme ve sıcaklığa bağlıdır.



Şekil 5. Sünme gerilme-sıcaklık eğrileri [4]

3.2.2. Gerilme Şekil Değişirme İlişkisi

Sabit ve değişkenlik gösteren sıcaklıklarla test yöntemi usulüyle bu eğriler belirlenir [4,7]. Şekil 6'da sıcak haddelenmiş tipik bir çeliğin grafiği verilmiştir [4]. Görüldüğü gibi akma dayanımı ve elastisite sıcaklık arttıkça düşmüştür; çekme dayanımı ise orta sıcaklıklarda küçük bir artış yaparsa da sıcaklık daha da artınca düşüş göstermiştir.

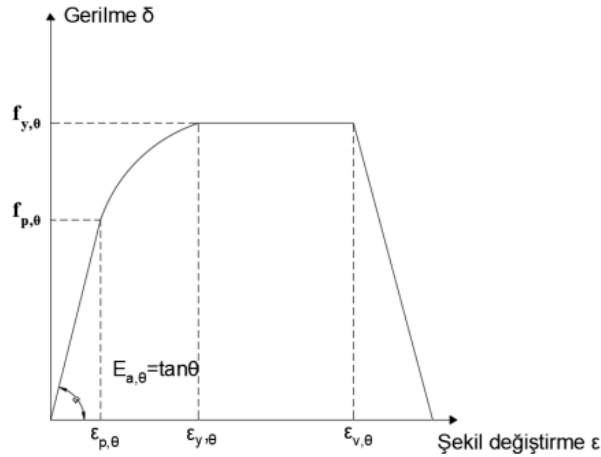


Şekil 6. Sıcak haddelenmiş çeliğin gerilme - şekil değiştirme eğrisi [4]

TS EN 1993 – 1 – 2, 2007 de çıkan yönetmelikte yoğun sıcaklıklardaki gerilme şekil değiştirme grafiği üç parametreye bağlıdır [4]. Bunlar $E_{a,\theta}$ doğrusal elastik bölümün eğimi, $f_{p,\theta}$ orantılık sınır dayanımı, $f_{y,\theta}$ akma dayanımıdır. Gerilme – şekil değiştirme ilişkisi Şekil 7’deki denklemlerle belirlenir ve Şekil 8’deki grafik elde edilir.

Birim Şekil değiştirme aralığı	Gerilme σ	Tanjant modülü
$\epsilon \leq \epsilon_{p,\theta}$	$\epsilon E_{a,\theta}$	$E_{a,\theta}$
$\epsilon_{p,\theta} < \epsilon < \epsilon_{y,\theta}$	$f_{p,\theta} - c + (b/a) [a^2 - (\epsilon_{y,\theta} - \epsilon)^2]^{0,5}$	$\frac{b(\epsilon_{y,\theta} - \epsilon)}{a [a^2 - (\epsilon_{y,\theta} - \epsilon)^2]^{0,5}}$
$\epsilon_{y,\theta} \leq \epsilon \leq \epsilon_{u,\theta}$	$f_{y,\theta}$	0
$\epsilon_{u,\theta} < \epsilon < \epsilon_{t,\theta}$	$f_{y,\theta} [1 - (\epsilon - \epsilon_{u,\theta}) / (\epsilon_{t,\theta} - \epsilon_{u,\theta})]$	-
$\epsilon = \epsilon_{t,\theta}$	0,00	-
Parametreler	$\epsilon_{p,\theta} = f_{p,\theta} / E_{a,\theta}$ $\epsilon_{y,\theta} = 0,02$	$\epsilon_{u,\theta} = 0,15$ $\epsilon_{t,\theta} = 0,20$
Fonksiyonlar	$a^2 = (\epsilon_{y,\theta} - \epsilon_{p,\theta})(\epsilon_{y,\theta} - \epsilon_{p,\theta} + c / E_{a,\theta})$ $b^2 = c(\epsilon_{y,\theta} - \epsilon_{p,\theta})E_{a,\theta} + c^2$ $c = \frac{(f_{y,\theta} - f_{p,\theta})^2}{(\epsilon_{y,\theta} - \epsilon_{p,\theta})E_{a,\theta} - 2(f_{y,\theta} - f_{p,\theta})}$	

Şekil 7. Çok fazla sıcaklığa maruz bırakılan karbon çeliğin gerilme Şekil değiştirme ilişkisinde yardımcı olan denklemler [4]



Şekil 8. Çok fazla sıcaklığa maruz kalan karbon çeliğin gerilme Şekil değiştirme ilişkisi [4]

3.2.3. Termik Şekil Değiştirme

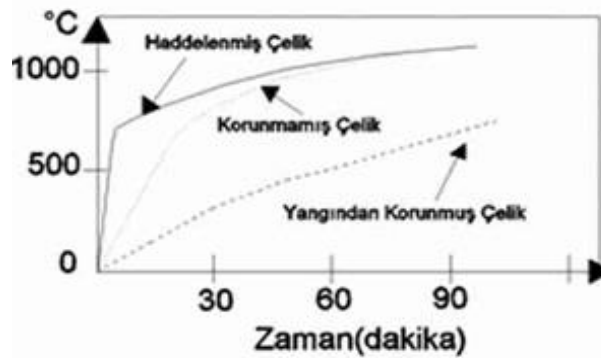
Termik şekil değiştirme (uzama) birçok malzemenin ısı verildiğinde meydana gelen termik genişmesidir [4]. Isıl genişleme katsayısı oda sıcaklığında genellikle $11,7 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ alınmaktadır. Sıcaklık arttıkça bu değer artar. $700\text{ }^\circ\text{C} - 800\text{ }^\circ\text{C}$ arasında ise çelikte oluşan faz değişiminden kaynaklı süreksizlik oluşur.

Bu etki kiriş ve kolon gibi tekil elemanlarda hesaba katılmayabilir [4]. Ama çerçeve, karmaşık sistemlerde ve özellikle sürekli sistemlerde yer alan kirişlerde etkisi hesaba katılmalıdır.

4. Hafif Çelik Yapı – Yangın İlişkisi

Hafif çelik yapılar da aslında genel çelik özelliklerini taşımaktadırlar. Çelik, malzeme olarak yanıcı değildir fakat ısı yükselince korumasız olduğundan yumuşamaya başlar mukavemetini yitirir ve elastisite modülü hızla düşer. Özellikle $200\text{ }^\circ\text{C}$ üzerine çıktığında mukavemet değerlerindeki değişim belirgin hale gelir [8]. Bu değişim sıcaklık arttıkça fazlaşır örneğin $500\text{ }^\circ\text{C}$ de yarıya, yangınlarda hızla ulaşılan $600\text{ }^\circ\text{C}$ de emniyet gerilmesinin aşağısına, $700\text{ }^\circ\text{C}$ de ise dörtte biri seviyesine kadar iner [3]. Elastisite modülünde ise bu değişim $20\text{ }^\circ\text{C}$ 'dekine kıyasla $400\text{ }^\circ\text{C}$ de %15, $600\text{ }^\circ\text{C}$ de ise %40 azalır. Bu durumda plastik şekil değiştirmeleri arttırmasından dolayı çelik konstrüksiyonlarda ciddi sorun oluşturacak şekil değiştirmelere neden olur [5].

Korumasız çeliğin yangına karşı dayanımı 60 dakikadır ve olabilecek maksimum değer budur. [8]. Laboratuvar içerisinde gerçekleşen bir deneyde korunmakta olan ve korunmakta olmayan çeliğin davranışı şekil 9'da gösterilmiştir.



Şekil 9. Yapısal çelikte sıcaklık artış oranı [8]

Afet sonucu oluşacak aşırı sıcaklık altında kalan konstrüksiyonların vereceği tepkiler konstrüksiyonu oluşturmuş olan malzemelerin termik özellikleri ve mekanik özelliklerine bağlıdır [4]. Bu nedenle yangına dayanıklı tasarım için kullanılan malzemenin ısı ve mekanik özelliklerini bilmeliyiz [4,8]. Çelik konstrüksiyonlarda bu özellikler şunlardır:

1. Isıl (termal) özellikler: Isıl genişleme, özgül ısı, ısı iletkenlik, yoğunluk [4]
2. Mekanik özellikler: Termal şekil değiştirme, sünme şekil değiştirme, gerilme-şekil değiştirme ilişkisi [4,7]

Yangınlarda çeliğin yapısını etkileyen faktörler yangının derecesi, ısı dayanımı ve kesit faktörüdür (kesit boyutları) [3]. Kesit faktörü ısınan çevrenin kesit alanına oranı, P/A (H_p/A olarak da gösterilir) olarak tanımlanır [3].

Çelik konstrüksiyonlarda olması gereken yangın direnimi F30 (30-59 dakika), F60 (60-89 dakika), F90 (90-119 dakika), F120 (120-179 dakika) ve F180 (180 dakika) şeklinde yangın dayanım sınıflarıyla gösterilmektedir [8]. Bu yangın dayanımlarını yapının kat sayısı, kullanım amacı, yangın yükü, yağmurlama sistemlerinin olumlu etkisi etkiler. Belirtilen bu zaman parametreleri ne asıl yangın bekleme süresi ne de yapı içerisindeki sakinlerin kaçışı için gereken zamanı gösterir. Bu parametreler, laboratuvar ortamında yapısal çelik elemanlarının dayanıklılığını gösterir. Amacı da temelde yapının yangın güvenliği açısından karşılaştırılabilir. Amacı da temelde yapının yangın güvenliği açısından karşılaştırılabilir.

5. Hafif Çelik Yapıların Yangından Korunma Yöntemleri

Genel olarak bakınca çelik yapılarda yangına karşı alınan önlemlerde ön plana çıkan tekniklerin ilki pasif korumadır diğeri ise aktif korumadır [8].

5.1. Pasif Koruma

Yangın çıkmasa dahi yapısal olarak sağlandığından olası bir aksiliğe karşı her zaman bulunan koruma yöntemidir [8]. Kütsel yalıtım, çevreyi sarma, püskürtme sistemler, plakalarla kutuya alma ve çelik elemanlar içerisinde su dolaştırılarak soğutulması ile yalıtım bu türün yöntemlerindedir [8,11].

5.2. Aktif Koruma

Yangın sırasında kullanılan insan ile veya otomatik bir sistemle denetleme yapan ve söndürmeyi sağlayan yöntemdir [8]. Aktif korumayı da kendi içinde ikiye ayıracak olursak:

Uyarı = detektörler, alarm butonları, ışıklı veya sesli uyarı sistemleri vb.

Söndürme = sprinkler sistemi, sabit boru hortumu sistemi vb.

5.2.1 Çevreyi Sarma

Bu yöntem 3 farklı şekilde uygulanabilir [11]. Sıva kullanılarak, püskürtme yaparak, sıcaklıkta şişen boyalar kullanılarak. Sıva harcının içindeki malzemelerin karıştırılırken ki oranı ve uygulamadaki kalınlığı yangın dayanım sürelerinde farklılık göstermektedir. Bu uygulamanın sağlıklı olabilmesi için önce çelik elemanlara metal ağ giydirilmelidir.

5.2.2. Kütlesel Yalıtım

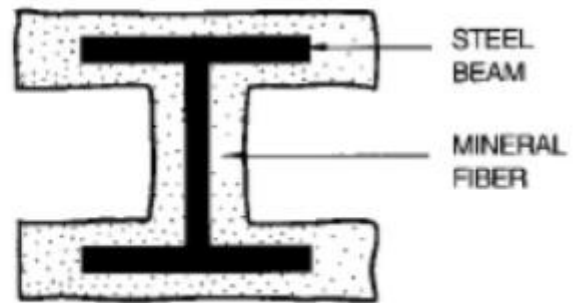
Genellikle çelik profillerin betona gömülmesiyle oluşur [2]. Fakat tuğla vb. maddelerin içine veya dışına koyularak da yalıtım yapılabilir. Bunun örnekleri şekil 10'daki gibidir.



Şekil 3. Yalıtım örnekleri [2]

5.2.3. Püskürtme Sistemler

İçerisinde mineral elyaf ve çimento ile yapılan harçların püskürtülerek çelik malzemenin üzerine yapılmasıdır [11]. Bu uygulamanın doğru bir şekilde gerçekleştirilmesi için öncelikle yüzeyi yağ ve tozdan arındırmalı ve zımpara işlemi, kuşlama tarzında yöntemlerle yüzey pürüzsüz hale getirilmelidir. Şekil 11'de püskürtme uygulamasını görebiliriz. Bu işlem uygulanması kolay bir işlemdir fakat estetik açıdan hoş durmadığından genellikle yapının görünmeyen kısımlarında uygulanır.

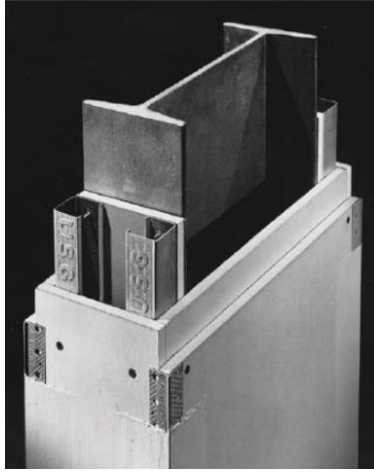


Şekil 4. Püskürtme uygulaması [11]

5.2.4. Plakalarla Kutuya Alma

Plaka halindeki yalıtım malzemeleri ile çerçeveleyerek kutuya alarak kaplanmaktadır [8,11]. Taş yünü, vermükulit, perlit ve alçıtaşı benzeri yanmayan özelliği olan malzemeler yardımıyla yapılır. Bu malzemelerin seçimine ve uygulamada yapılan kalınlığına göre yangın dayanımı farklılık gösterir. Plakalar zımba ve vidalama yaparak doğrudan ya da metal dikmeler yardımıyla dolaylı olarak uygulanabilir. Ayrıca çelik eleman üzerine birden çok katlı plaka yerleştirilebilir.

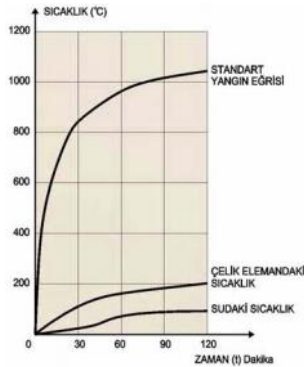
Bu uygulamada dikkat edilmesi gereken unsur birleşim noktalarının kesişmemesidir. Kutuya almanın bir örneği şekil 12’de olduğu gibidir.



Şekil 5. Kutuya alma uygulaması [11]

5.2.5. Çelik Elemanlar İçerisinden Su Dolaşımıyla Soğutulması

Mimari açıdan istenilen yalıtılmamış çelik taşıyıcı elemanların kullanılmasıdır [2]. Bu isteği sağlayabilmek içinde boru ya da kutu en kesitli içi boş elemanlarda içinde su dolaşımı yapılarak çeliği koruruz. Çeliğin almış olduğu ısı elemanın içerisindeki suyu ısıtarak dolaşım ile çelikten ıraklaştırmaktadır. Su kaynama durumuna gelse dahi çelik 100- 200°C’yi aşamayacaktır. Bu sıcaklık eğrilerini gösteren grafiği şekil 13’te gözlemleyebiliriz.



Şekil 6. Su dolaşımı ile oluşan korumada, sudaki ve çelikteki sıcaklık eğrileri [2]

6. Sonuçlar

Literatür taraması yaparak derlemiş olduğumuz bu makale sonucunda elik yapılar hakkında yüzeysel bir bilgi; hafif elik yapılar için ise detaylı bir bilgi sunulmuştur. Bu makaleyi okuduktan inceledikten sonra hafif çeliklerden oluşturulan hafif elik konstrüksiyonlarının geçmişte genelde şantiye alanlarında prefabrik olarak kullanılsa da son yıllarda okul, kreş, iş yeri, mescit ve konut gibi birçok yerde kullanılmaktadır.

Hafif elik konstrüksiyonlarının normal yapı eliğiyle mekanik ve ısıl özellikleri oldukça benzerdir. Aralarında fark oluşturan etkenlerin hafifliğinden kaynaklı olduğu bunların bazılarının avantaj bazılarının ise dezavantaj olduğunu derlememiz neticesinde değinmiş olduk. Hafif eliğin kullanılan güçlendirme yapılmamış normal inşaat çelikleri gibi yüksek sıcaklığa dayanıklılığının iyi olmadığı ve buna karşı alınması gereken önlemleri yapılan araştırmaları ve deneyleri inceleyerek detaylı bir şekilde derledik.

Alınan önlemlerden hangisinin avantajlı hangisinin dezavantajlı olduğuna yapının yapıldığı yere, yapının estetiğini bozup bozmayacağına ve bunların hepsi belirlendikten sonra ekonomik açıdan mantıklı olan koruma yöntemi seçilerek yapıda kullanılan çeliğin yangın dayanımı arttırılabilir.

7. Referanslar

- [1] ARPACIOğLU, Ü. Ve EKİNCİ, S. (2006). “Yapı Fiziği Açısından Hafif elik Sistemlerin Yangın Performansları ve Korunum Teknikleri”, 3. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
- [2] DEMİREL, F. ve ÖZKAN, E. (2003). “elik Yapı Bileşenleri ve Yangın Güvenlik Önlemleri”, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 18, No 4, ss. 89-107.
- [3] GÜLER, B. ve KEYDER, E. (2002) “elik Yapıların Yangından Korunması”, ECAS2002 Uluslararası Yapı ve Deprem Mühendisliği Sempozyumu, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, Türkiye, ss. 332-339.
- [4] IşIK, N. (2020). “elik Endüstri Yapılarının Yangın Güvenliği”, (Yüksek lisans tezi), İnşaat Mühendisliği, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi.
- [5] KILIÇ, A. (2010), “Betonarme ve elik Yapılar Yangın Güvenliği”, Ateşi Tutan Eller – Ateşi Kahramanları.

- [6] MERMER, O. (2008). “Hafif Çelik Konutlarda Yangın Güvenliği”, (Yüksek lisans tezi), Mimarlık, Selçuk Üniversitesi.
- [7] ÖVEN, V. A. ve PARLAK, İ. Y. (2003). “Korumasız Çeliğin Yüksek Sıcaklıklarda Performansı”, TMH (Türkiye Mühendis Haberleri), sayı 427 – 2003/5, ss. 79 – 86.
- [8] TAMA, Y. S. (2012). “Çelik Yapıların Yangına Karşı Korunması”, Çelik Yapılar, sayı 32, ss. 30-34.
- [9] Yangın Yönetmeliği (2007), Resmi Gazete.
- [10] URL 1 “Hafif Çelik Yapılar”, <https://uslularhadde.com/hafif-celik-yapilar> (erişim tarihi 11/12/2020).
- [11] URL 2 “Çelik Yapı Elemanlarının Yangından Korunmasına Dair Önlemler”, <https://insapedia.com/celik-yapi-elemanlarinin-yangindan-korunmasına-dair-onlemler/> (erişim tarihi 13/12/2020).
- [12] NAİMİ, Sepanta ve KAYA, Semih (2019). “Reinforcement of Reinforced Concrete Structures with Steel Cross Members”. AURUM Journal of Engineering Systems and Architecture, 3(2), 191-204.
- [13] DEHQAN NEZHAD, Y. ve NAİMİ, S. (2022). “Numerical investigation of precast reinforced concrete beam-to-column joints by replaceable damper”. Journal of Sustainable Construction Materials and Technologies, 7 (2), 81-87.
- [14] NAİMİ, S. ve PEKER, Ö. (2022). “Comparison of Different Types of Steel Structures Under Earthquake Forces Using StaSTEEL and SAP2000”. Journal of the Institute of Science and Technology, 12 (3), 1577-1591.
- [15] Mikaeili, A. and Naimi, S., “Preparing the Fragility Curve of Semi-Rigid Beam-to-Steel Column Connection”, Indian Journal of Science and Technology, Vol 8(28), IPL0611, October 2015. doi: 10.17485/ijst/2015/v8i28/81886.