

T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ
ENSTİTÜSÜ

YANGIN GEÇİRMİŞ ÇELİK
BİNALARIN DAYANIMLARININ
ARAŞTIRILMASI

Mehmet Toyanç YAZGAN
YÜKSEK LİSANS TEZİ
DEPREM VE YAPI ANABİLİM DALI

GEBZE

2010

T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ
ENSTİTÜSÜ

YANGIN GEÇİRMİŞ ÇELİK
BİNALARIN DAYANIMLARININ
ARAŞTIRILMASI

Mehmet Toyanç YAZGAN
YÜKSEK LİSANS TEZİ
DEPREM VE YAPI ANABİLİM DALI

TEZ DANIŞMANI
Doç. Dr. Bülent AKBAŞ

GEBZE
2010

ÖZET

**TEZ BAŞLIĞI: YANGIN GEÇİRMİŞ ÇELİK BİNALARIN
DAYANIMLARININ ARAŞTIRILMASI
YAZAR ADI: MEHMET TOYANÇ YAZGAN**

Çoğu kaza sonucu meydana gelebilen ender olarak da kasıtlı olabilen yangının zamanı, nerede olabileceği ilerlemesinin nasıl gelişeceği kestirilemeyen bir felakettir. Teknolojinin ilerlemesi ile yapılarda kullanılan malzemeler ve teknikler gelişmiştir. Aynı zamanda toplu kullanıma sahip yapıların artmasıyla yangının neden olabileceği kayıplar artmaktadır. Bu kayıpları önlemek için birçok tedbirler alınmıştır. Her yapının farklı kullanım amaçlarına göre alınan önlemlerin modellenmesi ile tahmini insan davranışı, yangın risklerinin belirlenmesi, duman davranışı, zarar saptanması gibi konuların tespitine yardımcı olur.

Yangın geçirmiş çelik binalarda çelik elemanların mekanik özelliklerinde yangının derecesine göre büyük değişiklikler meydana gelmektedir. Bu çalışma da, yangın geçirmiş çelik binaların dayanımlarının belirlenmesine çalışılmıştır. Bu amaçla mevcut bir çelik binada değişik katlarda ve değişik derecelerde senaryo yangınların çıktığı kabul edilmiş ve bunun sonucunda binanın dayanımında meydana gelebilecek değişiklikler parametrik bir çalışmayla incelenmiştir.

Sonuçlar göstermiştir ki; Yangına maruz kalan yapıların dayanımlarının yangının derecesine göre önemli ölçüde düştüğü tespit edilmiştir.

SUMMARY

HEADING: INVESTIGATION OF LATERAL STRENGTH OF STEEL BUILDINGS SUBJECT TO FIRE

AUTHOR: MEHMET TOYANÇ YAZGAN

To be able to know the time of the fire that might occur accidentally or intentional and how it would distribute throughout the structure is totally unpredictable. With the progress in technology, new construction materials and techniques are developed. The increase in public buildings increases the probability of losses due to fire. To prevent these losses, many measures have been taken. Advanced modelling techniques according to the different purpose of each structure help in predicting human behaviour, the determination of the risk of fire, smoke behaviour.

Major changes occurs in the mechanical properties of the steel components subject to fire. In this study, lateral strength of steel buildings subject to fire are predicted through nonlinear static pushover analyses. For this purpose, scenario fires are designed at different floors and degrees in an existing steel moment resisting frame. Changes in lateral strength of the frame are investigated through a parametric study.

Results showed that, lateral strength of the steel frames decreases dramatically when subject to fire at high temperatures.

TEŞEKKÜR

Eğitim sürem boyunca bana yardımcı olan tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Bülent AKBAŞ 'a, genç yaşta aramızdan ayrılan ve daha önce tez danışmanlığımı yapmış olan Sayın Yrd. Doç. Dr. V. Atilla ÖVEN' e, tez hazırlık çalışmaları süresince; birlikte çalıştığım tüm meslektaşlarıma, İstanbul Teknik Üniversitesi'nden Sayın Dr. Mustafa ÖZGÜNLER 'e, Sayın Selim KADIOĞLU 'na, Sayın Ragıp TÜRKAN 'a, Sayın Psikiyatr Dr. Emine UZUNDERE 'ye, arkadaşlarıma ve aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Ocak 2010

Mehmet Toyanç YAZGAN

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET	iv
SUMMARY	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vii
SİMGELER DİZİNİ	x
KISALTMALAR DİZİNİ	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
TABLolar DİZİNİ	xv
1.GİRİŞ	1
1.1.Genel	1
1.2.Çalışmanın Amacı	3
1.3.Çalışmanın İçeriği	3
2.YANGINLA İLGİLİ KAVRAMLAR	5
2.1. Genel	5
2.2. Yangın Bileşenlerinin Yangının Yayılmasına Etkileri	5
2.3. Yangın Evreleri	5
2.4.İsı Transferi	8
2.5.Yangının Büyüme Hızı	10
2.6.Yangının Oluşturduğu Tehlikeler	11
2.6.1. Zehirli Gazların Oluşturduğu Solunum Zorluğu Tehlikesi	11
2.6.2. Patlama Tehlikesi	12
2.6.3.Çökme Tehlikesi	13
2.6.4. Elektrik Tehlikesi	15
2.6.5. Kimyasal Tehlike	15
2.7. Yangın Türlerinin Sınıflanması	16
2.8.Malzemelerin Yanıcılık Sınıfları	17
2.8.1. A.sınıfı Yapı Malzemeleri	17
2.8.2. B Sınıfı Yapı Malzemeleri	18
3.YAPISAL ÇELİĞİN MALZEME ÖZELLİKLERİ	23
3.1. Çelikler	23
3.2. Çelik Yapıların Üstünlükleri ve Sakıncaları	26
3.3. Çelik Yapı Sistemleri	32
3.4. Çelik Yapı Taşıyıcı Sistemlerinin Uygulama Alanları	35
3.5. Çelik Taşıyıcı Sistemlerin Kriterleri ve Sınıflandırılması	36
3.6. Çelik – Sıcaklık İlişkisi	37
3.6.1.Yüksek Sıcaklıkta Çeliğin Mekanik Özelliklerinin Tespiti	37
3.6.2. Yangına Maruz Kalan Çelik Kolon, Kiriş, Döşeme ve Yapıların Davranışı	42
3.6.3.Çelik Yapıların Yangın Yüğü	49

3.7.Yangına Dayanıklı Çelik	53
3.8.Çelik Yapıların Yangın Güvenliğinde Hp/A Faktörü	54
3.9.Çelik Yangın Koruma Konseptleri	57
4.ÇELİK YAPILARIN YANGINA KORUNUMU	58
4.1.Yangına Maruz Kalan Çelik Üyelerin Tasarımı	58
4.2.Yangına Maruz Kalan Çelik Üyelerin Bağlantı Tasarımı	58
4.3.Çelik Yapıların Dayanımında Aktif Önlemler	59
4.3.1.Erken Uyarı	60
4.3.2.Yapı Dışı Yangından Korunma Tesisatı	60
4.3.3.Yangın Söndürme Sistemleri	61
4.3.3.1.Sabit Boru-Hortum Sistemleri	61
4.3.3.2.Otomatik Sprinkler (Fıskiye) Sistemler	62
4.3.3.3.Su Sprey Sistemleri	64
4.3.3.4.Köpük-Su Sprinkler Sistemleri	65
4.3.3.5.Köpük Sistemleri	66
4.3.3.6.Sabit Kuru Kimyasal Söndürme Sistemleri	67
4.3.3.7.Halojenli, NAF-S-III ya da FM200 Gazlı Yangın Söndürme Sistemleri	67
4.3.3.8.Karbondioksit Yangın Söndürme Sistemleri	68
4.3.3.9.Taşınabilir Yangın Söndürücüler	68
4.3.3.10.Yangın Söndürücü Tipi Seçim Esasları	69
4.4.Çelik Yapıların Dayanımında Pasif Önlemler	70
4.4.1.Pasif Yangın Güvenlik Önlemlerinde Etkili Olan Tasarım Değişkenleri	70
4.4.1.1.Bina Ölçeğinde Etkili Olan Tasarım Değişkenleri	72
a) Bina Fonksiyonu	72
b) Bina Biçimi	72
c) Binadaki Yanıcı Malzeme Miktarı	73
d) Bina Taşıyıcı Sistemi	73
4.4.1.2. Mekân Ölçeğinde Etkili Olan Tasarım Değişkenleri	74
a) Düşey Sirkülasyon Alanları	74
b) Yatay Sirkülasyon Alanları	75
c) Gizli Boşluklar	76
d) Yangın Kompartımanları	77
4.4.1.3.Yapı Elemanı Ölçeğinde Etkili Olan Tasarım Değişkenleri	78
a) Döşeme ve Duvarlar	78
b) Yangın Duvarları	79
c) Bina Cepheleri	80
d) Çatılar	80
e) Duman Kesici Elemanlar	82
f) Merdivenler	82
g)Yangın Damperleri	83
h) Elektrik Tesisatında Alınacak Önlemler	83

1) Klima ve havalandırma sistemleri	84
4.4.2.Pasif Yangın Güvenlik Önlemleriyle Çelik Yapıların Yangın Korunumu	85
4.4.2.1. Kütlesel Yalıtım	85
a) Beton Kompozit Sistemler İle Yalıtım	86
b) Kâgir malzemeler ile yalıtım	95
4.4.2.2. Çevreyi Sarma Sistemi ile Yalıtım	96
c)Kumaş Kaplamalar	96
d) Sıva ile yalıtım	96
e) Püskürtme Sistemler İle Yalıtım	98
f) Sıcaklıkla Şişen Boyalar İle Yalıtım	99
4.4.2.3. Kutuya Alma - Plakalar ile Yalıtım	100
g) Kolon ve kirişlerde plakalar ile yalıtım	103
h) İç Duvarlarda Plakalar İle Yalıtım	103
ı) Asma Tavanlarda Plakalar İle Yalıtım	104
4.4.2.4.Çelik Bileşenlerden Su Dolaştırılarak Soğutulması ile Yalıtım	105
4.4.3.Çelik Dış Yapı Bileşenlerinde Alınan Yangın Güvenlik Önlemleri	108
5.UYGULAMA – 9 KATLI BİNANIN DEĞİŞİK SICAKLIKLARDAKİ YANGIN RİSKİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ	109
5.1.Genel	109
5.2.SAP 2000 İle Doğrusal Olmayan Statik Öteleme(Push-over) Analizi	109
5.3.Yapısal Model	113
5.3.1. 9-Katlı Özel Moment Çerçevenin Tasarımı	113
5.3.2. Çerçevelerin Analitik Modelleri	116
5.4.Sıcaklık Etkisi	117
5.5.Senaryo 1	121
5.6.Senaryo 2	123
5.7.Senaryo 3	124
5.8. Senaryo 4	125
6.SONUÇ VE ÖNERİLER	131
KAYNAKLAR	133
ÖZGEÇMİŞ	135
EKLER	136
2 KAT İÇİN DOĞRUSAL OLMAYAN STATİK ÖTELEME(PUSH-OVER) ANALİZLERİ	
3 KAT İÇİN DOĞRUSAL OLMAYAN STATİK ÖTELEME(PUSH-OVER) ANALİZLERİ	
6 KAT İÇİN DOĞRUSAL OLMAYAN STATİK ÖTELEME(PUSH-OVER) ANALİZLERİ	
TÜM BİNA İÇİN DOĞRUSAL OLMAYAN STATİK ÖTELEME(PUSH-OVER) ANALİZLERİ	

SİMGELER DİZİNİ

C	Yapı ağırlığının ölçüsü
γ	Malzemenin yoğunluğu
σ_a	Akma gerilmesi
L	Açıklık
T_{eq}	Çelik yapıların yangın direnci zaman eşitliği
Q_f	Yangın yükü
W	Kapı ve pencerelerin yükseklik ve genişliğine bağlı havalandırma faktörü
C	Duvar, taban ve tavan ısı özellikleri ile ilişkili katsayı
$\bar{E}$	Elastikiyet oranının modüler varyasyonları
$\bar{f}$	Stres esneme oranı
σ_b	Kopma mukavemeti
α	Termal genleşme katsayısı
K_e	Başlangıç(elastik) rijitliği
K_s	Akma sonrası(elastoplastik) rijitlik
V_y	Yapının dayanımı
δ_{max}	Yatay deplasman
V_T	Taban kesme kuvveti
S_s	Periyoda bağlı spektral ivme değeri
R	Taşıyıcı sistem davranışı
P	Yatay yük etkisi
Δ	Yatay tepe deplasmanı

KISALTMALAR DİZİNİ

FRS	Yangına dayanıklı çelik
BSC	Britanya Çelik Kurumu(British Steel Corporation)
BRE	Britanya Araştırma Kurumu(Building Research Establishment)
BS	Britanya Çelik (British Steel)
DKY	Deplasman Katsayıları Yöntemi
KSY	Kapasite Spektrum Yöntem

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Yangın Bileşenleri	5
2.2a Bir yangın ilk safhaları	6
2.2b Yarım yanmış gazların tavan hizasında toplanması	6
2.2c Alev dili safhası	6
2.3a Yanma periyodunun denge hali	7
2.3b Tüm yanıcıların bir anda tutuşma safhası	7
2.4a Korlaşma safhası	7
2.4b Sıcak tütme safhası	8
2.4c Oksijen girmesi ile patlama safhası	8
2.5 İletimle ısı transferi	9
2.6 Taşınım ile ısı transferi	9
2.7 Işınım ile ısı transferi	10
2.8 Yangının Büyüme Hızı Deneyi: Sıvılarda bu hız çok daha fazla, gazlarda ise anlıktır	11
3.1 A.B.D 'de uygulanan çelik yapı sistemlerinin katsayıları	32
3.2 Çelik yapı sistemlerinde kat adedinin çelik ağırlığı ile değişmesi	35
3.3 Yapısal Çeliğin yüksek sıcaklıklardaki gerilme-birim deformasyon ilişkisi	39
3.4 Sıcaklıkta yüksek dayanımlı çeliğin elastisite modülü ve akma gerilmesi	40
3.5 Çelik ve betonun dayanımı	41
3.6 Az karbonlu çeliklerin mekanik özelliklerinin sıcaklıkla değişmesi	41
3.7 BSC basit mesnetli tekil kiriş test düzeneği	43
3.8 Yangın dayanımının artırılmasında kullanılan farklı kiriş – döşeme tipleri	44
3.9 Kolon testlerinde kullanılan düzenekler	46
3.10 Cardington test binası	47
3.11 Cardington test binası planı	48
3.12 Yapısal çeliğin ısınma düzeyi	51
3.13 Yükselen sıcaklıklarda çeliğin mekanik özellikleri	52
3.14 Paslanmaz çeliğin koruma faktörü	54
3.15 Kesit faktör kesiti	55
3.16 Yangından korunmuş çelik kesitlerin Hp birkaç tip değeri	56
3.17 Farklı katlar ve sonuçlarda yangın	57

4.1 Gizli boşluklarda büyüyen bir yangın örneği	76
4.2 Yangın başlangıcından sonra, başladığı odadan yayılan yangının üstel olarak artışı	78
4.3 Alevlerin tarafsız eksene göre, pencere boşluğundaki hareketleri	80
4.4 Alevlerin saçaktan çatıya sıçraması	81
4.5 Çelik yapı bileşenlerine uygulanan yalıtım türleri	86
4.6 Kütleli yalıtım	86
4.7 Yüksek yangın dayanımlı Çelik/Kompozit kirişler	88
4.8 Beton kompozit sistemlerle yalıtım	90
4.9 Çelik kutu profilin, boya ve betonla yalıtımının çeliğin sıcaklığına etkisi	90
4.10 Beton kompozit sistemler ile yalıtım türleri	91
4.11 Yangın simülasyonu sırasında 10 dakika içinde mekanda görülen döşeme ve tavan arasındaki sıcaklık farkı	94
4.12 Kompozit döşemeler	94
4.13 Kiriş ve kolonlarda sıva ile yangın yalıtım uygulamaları	97
4.14 Sıvalarda kullanılan bazı malzemelerin ateşe maruz kalmayan yüzeyinde sıcaklığın 139° C ulaşmaya kadar geçen sürede, sıva kalınlığının etkisi	97
4.15. Püskürtme sistemlerin çelik kirişe uygulanması	99
4.16 Kendiliğinden şişen boya ile korumanın, yangın dayanımına etkisi	100
4.17 Çelik kolonların plakalarla kaplanması	101
4.18 İç duvar bileşenleri	104
4.19 Asma tavanlarda yangın plakaları uygulaması	105
4.20 Su dolaşımıyla yapılan korumada, sudaki ve çelikteki sıcaklık eğrileri	106
4.21 Su dolaşımıyla yalıtım çalışma prensibi	107
5.1 Doğrusal olmayan teori ile kapasite eğrisinin elde edilmesi	111
5.2 Maksimum Deplasmanın Belirlenmesi	112
5.3 Performans seviyesinin belirlenmesi	113
5.4 9-Katlı Çerçeve Üyelerinin Boyutları 9 Katlı Çerçevenin Plan ve Dikey Kesiti	116
5.5 Yapısal çeliklerin esneme, gerilme ve elastik modülü eğri özelliklerinin yüksek sıcaklıklardaki tipik etkisi	118

5.6 Akma gerilmesi, kopma gerilmesi ve elastisite modülünün grafiksel gösterimi	121
5.7 İlk iki kattaki yangın sonrası doğrusal olmayan statik öteleme (push-over) analizi	122
5.8 İlk üç katta çıkan yangın sonrası doğrusal olmayan statik öteleme (push-over) analizi	123
5.9 İlk altı katta çıkan yangın sonrası doğrusal olmayan statik öteleme(push-over) analizi	124
5.10 Tüm binada çıkan yangın sonrası doğrusal olmayan statik öteleme(push-over) analizi	126
5.11 İlk 2-,3-,6 katta ve tüm binada değişik senaryo yangınlar sonrası yapının dayanımı	127
5.12 İlk 2-,3-,6 katta ve tüm binada değişik senaryo yangınlar sonrası yapının başlangıç (elastik) rijitliği	128
5.13 İlk 2-,3-,6 katta ve tüm binada değişik senaryo yangınlar sonrası yapının akma sonrası rijitliği	129

TABLOLAR DİZİNİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Bazı yanıcı gazların alt ve üst patlama sınırları	13
2.2 Elektrik Tehlike Sınıflandırması	15
2.3 Yapı elemanlarının yangına dayanma sürelerine göre sınıflandırılması.	20
2.4 TS1263'e uygun olarak denenen yapı elemanlarının kullanılan yapı malzemelerine göre	21
3.1 Çelik Yapılarda yangın yükü	50
3.2 Yangına dayanıklı çeliğin kimyasal birleşimi	53
3.3 Yangın dayanımının sağlanabilmesi için 'Hp/A' oranına göre gerekli yalıtım kalınlığı	56
4.1 Beton kompozit sistemlerle yalıtımda kolondaki beton kaplama kalınlıklarının, yangın sınıflarına göre belirlenmesi	87
4.2 Yangından korunmamış ve korunmuş çelik üyelerin standart yangın dayanımı	89
4.3 Yangından korunmamış ve korunmuş sütunların farklı tipleri için standart yangın dayanım zamanı	93
4.4 Döşeme tip ve boyutlarının yangın dayanımına etkisi	95
4.5 Silikat lif plakaların, yangın sınıflarına göre uygulama kalınlıkları	102
4.6 Yangın sınıflarına ve farklı çelik türlerine göre taş yününün uygulanma kalınlıkları	103
4.7 Yangın yalıtım türleri ve yangın dayanım süreleri	107
5.1 9-Katlı Çerçevenin üyelerinin boyutları	115
5.2 Çelik sıcaklık – mekanik özellikler tablosu	118
5.3 Çelik sıcaklık tablosunun SAP 2000 değerlerine uyarlanması	119
5.4 İlk iki kattaki yangın sonucu dayanım-rijitlik değişimi	122
5.5 İlk üç katta çıkan yangın sonucu dayanım-rijitlik değişimi	123
5.6 İlk altı katta çıkan yangın sonucu dayanım-rijitlik değişimi	125
5.7 Tüm binada çıkan yangın sonucu dayanım-rijitlik değişimi	126

1. GİRİŞ

1. 1. Genel

Yangınlar çok sık görülmeyen, buna karşın gerçekleştikleri takdirde yapılara büyük zararlar veren doğal afetlerdir. Bir yapının servis ömrü boyunca yangınla karşılaşma olasılığı oldukça yüksektir.

Tüm dünyada kabul edilen yangına dayanıklı çelik yapıların yapısal tasarım felsefesi günümüzde tasarım sanat ve fen karışımı olarak tanımlanabilir.

Mühendis, yapının davranışını; statik, dinamik, mekanik ve yapısal analiz prensiplerinden yararlanarak ve hayal gücünü kullanarak incelemeli ve işlevlerine hizmet verebilecek güvenli ve ekonomik bir yapı oluşturabilmelidir. Tasarımın başarılı olması, tasarımcıların sanatsal yetenekleri ve sezgilerini geliştirilmiş hesap yöntemleriyle birlikte kullanması ile gerçekleştirilebilir[1].

1850'lere kadar yapısal tasarım, yalnızca, deneyim ve önseziilere dayanarak taşıyıcı elemanları boyutlamak ve bir araya getirmekle gerçekleştiriliyordu. Tasarım yöntemlerinin daha bilinçli olarak geliştirilmesi, yapıların davranışı ve malzeme özellikleri ile ilgili olan bilgilerin artmasıyla başladı[1].

Tasarım bir optimum çözüm elde edebilme işlemidir ve bu optimum çözümü elde edebilmek için çeşitli kriterler bulunabilir. Örneğin, bir yapı için tipik kriterler, en düşük maliyet, en az ağırlık, en kısa inşa süresi, en düşük işçilik veya en fazla getiri olabilir. Eğer herhangi bir kriteri matematiksel olarak ifade etme olanağı varsa, optimizasyon yöntemlerinden yararlanılabilir. Bu nedenle, ağırlık veya maliyet gibi sayısal olarak ifade edilebilecek kriterlerin optimizasyonu daha kolay olmaktadır. Tasarımın, birden fazla kriteri sağlaması da beklenebilir[1].

Genel olarak tasarım, işlevsel tasarım ve taşıyıcı sistemin tasarımı olmak üzere iki bölümde düşünülebilir. İşlevsel tasarımda, kullanmaya elverişli alan, donanım, aydınlatma, ekipman ve estetik göz önünde tutulur; taşıyıcı sistemin tasarımında ise işletme yüklerini güvenle taşıyacak elemanların seçimi gerekir. Tasarımın adımları, Planlama(Yapının işlevinin ve optimum tasarım kriterlerinin belirlenmesi), Ön tasarım, Yüklerin saptanması, Ön boyutlama, Analiz(yüklerin ve sistemin modellenmesi, iç kuvvetlerin ve yer değiştirmelerin saptanması), Değerlendirme (Dayanım ve işletme koşullarının kontrolü; sonucun optimum tasarım kriterleriyle uyumunun belirlenmesi), Yeniden tasarım (önceki adımlardan elde edilen sonuçların yeterli olmaması halinde tasarımın yeniden gerçekleştirilmesi), Sonuç(Optimum çözüme ulaşıp ulaşılamadığının irdelenmesi) şeklinde özetlenebilir[1].

Günümüzde, başlıca iki tür tasarım felsefesi vardır. Bunlardan birincisi güvenlik gerilmeleri, diğeri ise yük ve dayanım faktörü tasarımı olarak adlandırılırlar. Önceleri güvenlik gerilmeleri esasına dayanan yöntemler kullanılmış olmakla beraber, son yıllarda daha rasyonel ve olasılık esaslı olan sınır değer yöntemlerinin kullanılması yaygınlaşmıştır. Tasarım için değişik sınır değer esaslı yöntemler kullanılmaktadır [1].

Yapısal tasarımda hangi yöntem kullanılırsa kullanılsın, aşırı yükleme veya dayanım azalması olasılığına karşı yeterli bir güvenliğin bulunması sağlanmış olmalıdır. Yapısal güvenliğin saptanması konusunda yapılan çalışmalar halen devam etmekte olup, bu çalışma değişik sıcaklıklarda çelik yapıların dayanımının ve rijitliğinin değerlendirilmesi üzerinde yoğunlaşmaktadır. Sınır durumlar, yapının beklenen işlevlerini yerine getirememesi koşullarıdır ve genellikle, taşıma sınır durumu ve kullanma sınır durumu olmak üzere iki sınıfa ayrılırlar. Taşıma sınır durumları denge, akma, kopma, büyük şekil değiştirmeler, mekanizma, burkulma, yerel burkulmalar, çarpılma, yorulma, devrilmedir. Yapının bu limit durumlara erişmeden büyük şekil değiştirmeler yapması yani sünek davranması beklenir. Kullanma sınır durumları ise, sehim, titreşim, kalıcı şekil değiştirmeler ve çatlaklar gibi yerleşim ile ilgili durumları içerir.

Yangın geçirmiş çelik binalarda çelik elemanların mekanik özelliklerinde yangının derecesine göre büyük değişiklikler meydana gelmektedir. Yangın geçirmiş binaların aynı zamanda yanal dayanımlarında ve rijitliklerinde de önemli değişiklikler meydana gelmesi beklenmektedir. Bu çalışmada 9 katlı bir çelik binanın değişik senaryolara göre yangın geçirmesi halinde binaların dayanımı ve rijitliğindeki değişimlerin belirlenmesine çalışılacaktır.

1. 2. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı; yangın geçirmiş çelik binaların yanal dayanımları ve rijitliklerindeki değişimlerin bulunmasıdır. Bu amaçla, 9 katlı bir çelik yapının değişik senaryolar altında farklı derecelerdeki yangınlara maruz kaldığı kabul edilmiştir. Yangın geçirmiş çelik binanın malzeme özellikleri değiştirilerek yanal dayanımı ve rijitliğindeki değişimler bulunmaya çalışılmıştır.

Bu çalışmada izlenen metodoloji aşağıdaki gibidir:

- a. 9 katlı binaya ait bir moment çerçevesi seçilmiştir ve yanal dayanımının belirlenmesi için doğrusal olmayan statik öteleme(push-over) analizleri yapılmıştır.
- b. Değişik katlarda farklı derecelerde yangın çıkması sonucunda kiriş ve kolonlarda meydana gelebilecek malzeme özellikleri değiştirilerek yapısal model modifiye edilmiş ve tekrar doğrusal olmayan statik öteleme(push-over) analizi yapılmıştır.
- c. Yangın geçirmemiş ve yangın geçirmiş çerçevenin yanal dayanımları ve rijitliklerindeki değişiklikler karşılaştırılmıştır.
- d. Elde edilen sonuçlar tartışılmış ve önerilerde bulunulmuştur.

1. 3. Çalışmanın İçeriği

Çalışmanın ilk bölümünde, yapılan çalışmanın amacı, içeriği ve kapsamı açıklanmıştır. İkinci bölümde, yangını oluşturan bileşenler, yangının meydana gelme

evreleri, yangın sırasında meydana gelen tehlikeler, yangın türleri ve malzemelerin yanıcılık sınıfları hakkında bilgiler verilmiştir.

Çalışmanın üçüncü bölümünde; çeliğin genel yapısı, çelik malzemenin kullanımının avantajları ve dezavantajları incelenmiştir. Çelik yapı taşıyıcı sistemlerinin uygulama alanları ve kriterlerinden bahsedilerek yangına maruz kalan çelik yapıların özellikleri incelenmiştir.

Dördüncü bölümünde ise; yangına maruz kalan çelik yapıların tasarımında bulunması gereken özellikler, aktif ve pasif güvenlik önlemlerine yer verilmiştir. Uygulama tekniklerinden bahsedilmiştir.

Beşinci ve altıncı bölümlerde ise; örnek bir çelik yapı üzerinde doğrusal olmayan statik öteleme(push-over) analizleri yapılarak yapı üzerinde değişik katlara kadar çıkan yangınların yapı üzerinde dayanım ve rijitliği ne ölçüde değiştirdiği tespit edilerek sonuç ve öneriler sunulmuştur.

2.YANGINLA İLGİLİ TEMEL KAVRAMLAR

2.1.Genel

Bu bölümde temel kavramlar yangın bileşenlerinin yangının yayılmasına etkisi, yangın evreleri, yangın büyüme hızı, yangın sonucu oluşan tehlikeler, yangın türlerinin sınıflandırılması ve malzemelerin yanıcılık sınıfları incelenmiştir.

2.2. Yangın Bileşenlerinin Yangının Yayılmasına Etkileri



Şekil 2.1 Yangın Bileşenleri[2]

Yangın bileşenleri olan yanıcı maddenin cinsi, miktarı ve dağılımı, oksijen veya havanın oranı, hava büyüklüğü, rüzgârın olup olmayışı ve ısı transferi gibi faktörler yangının yayılmasını etkilemektedirler(Şekil2.1)[2].

2.3. Yangın Evreleri

Yangının başlangıç, gelişme ve sonuç safhalarında ayrı ayrı davranış biçimleri ve tehlikeler oluşmaktadır.

Yangının başlangıç safhasında oksijen yeterli ama ısı yetersiz olduğundan tam yanma olmamaktadır. Yarım yanmış gazlar sıcaklıklarından dolayı yükselip dolaşırken, uygun oksijen + sıcaklık oranını buldukları yerde kısa süreli olarak alev dili şeklinde yanarlar(Şekil 2.2a, Şekil 2.2b, Şekil 2.2c).



Şekil 2.2a Bir yangın ilk safhaları[2]



Şekil 2.2b Yarım yanmış gazların tavan hizasında toplanması[2]



Şekil 2.2c Alev dili safhası[2]

Denge Safhasında Bütün Eşyaların Birden Tutuşması Tehlikesi: Denge safhasında(Şekil 2.3a) ısı yeterli, oksijen yeterli, duman az ve hemen hemen tam yanma

olur. Yükselen sıcak hava konveksiyonla odada dolaşarak bütün yanıcı maddeleri tutuşma sıcaklığına yükseltir. Bir anda tüm maddeler tutuşur(Şekil 2.3b).

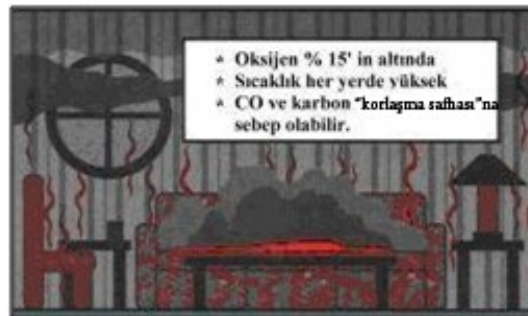


Şekil 2.3a Yanma periyodunun denge hali[2]



Şekil 2.3b Tüm yanıcıların bir anda tutuşma safhası[2]

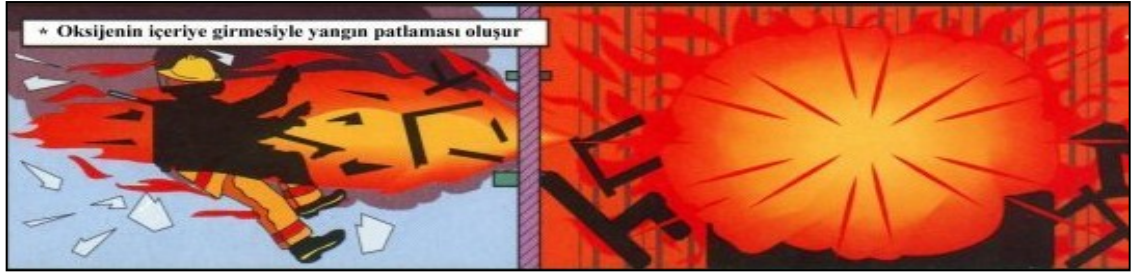
Sıcak Tütme Safhasında Yangın Patlaması Tehlikesi: Sobanın gece uyutulmasına benzeyen ve korlaşma safhası(Şekil 2.4a) da denilen bu safhada ısı yüksek, ilerleyen yangın oksijeni azalttığından oksijen yetersiz, yarım yanma yani sıcak tütme devam eder. Odayı basınçlı bir şekilde bu yarım yanmış gazlar doldurur. Kapı pencere açıldığında oksijen girer ve oda patlar(Şekil 2.4b, Şekil 2.4c).



Şekil 2.4a Korlaşma safhası[2]



Şekil 2.4b Sıcak tütme safhası[2]

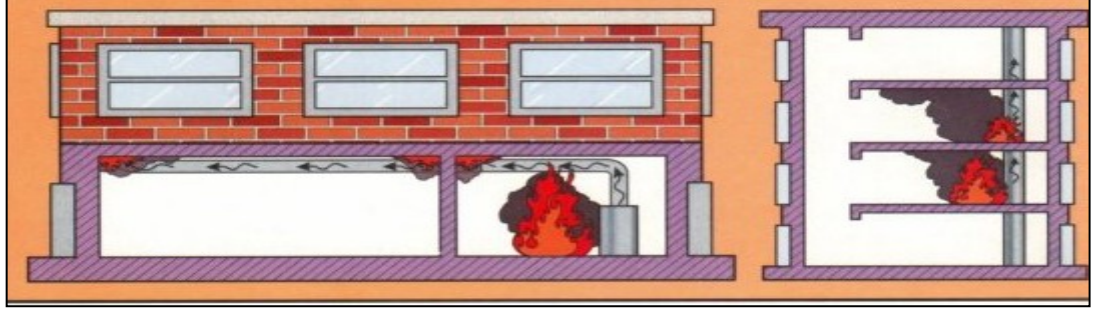


Şekil 2.4c Oksijen girmesi ile patlama safhası[2]

İslerden kararmış camlar, alev azlığı, duman çokluğu, kapının çok sıcak olması, aralıklardan pufleyen duman ve homurtular oksijen girmesi ile patlama safhasının habercisidir[2].

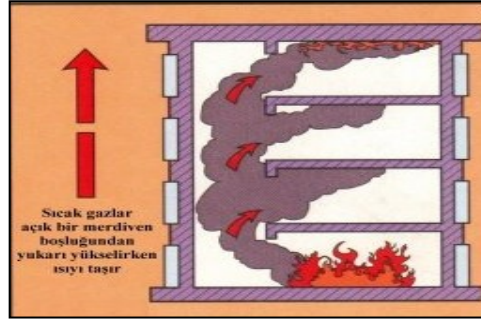
2.4.İsı Transferi

Ekzotermik(ısıveren) bir kimyasal reaksiyon olan yangın, sürekli ısı üretmekte ve zincirleme şekilde bitişikteki maddeleri tutuşma sıcaklığına ulaştırarak büyümekte ve yayılmaktadır. Ayrıca bitişik olmayan maddelerin tutuşma sıcaklığına ulaşarak yanmaya başlaması söz konusudur[2].



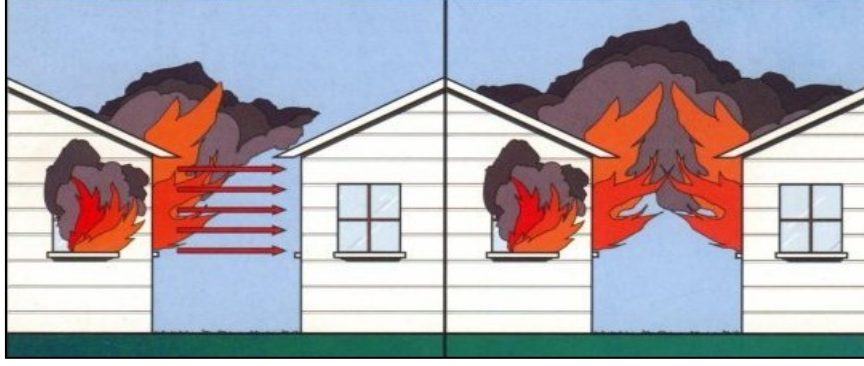
Şekil 2.5 İletimle ısı transferi[2]

İletimle Isı Transferi'nde arada iletken vardır(Şekil 2.5). Mesela kötü bir iletken olan "beton duvar" yangın odasındaki ısıyı diğer odaya iletir. Duvarın öbür tarafındaki duvar kâğıdı, yaslanmış dolap, sandalye gibi yanıcı maddeler tutuşma sıcaklığına ısınır ve yanar.



Şekil 2.6 Taşınım ile ısı transferi[2]

Taşınım ile Isı Transferi'nde arada gaz ya da sıvı akışkan vardır(Şekil 2.6). Mesela yangın ürünü olan kızgın duman, baca etkisi ile yükselerek üst katlara ısı aktarmakta ve yangını taşımaktadır. Bu gibi durumlarda akışkan tahliyesi gerekir.



Şekil 2.7 Işınım ile ısı transferi[2]

Işınım ile Isı Transferi'nde arada iletken veya akışkan olmadığı halde güneş örneğinde olduğu gibi ısı ışın olarak yayılmakta ve karşısındaki maddeyi tutuşma sıcaklığına yükseltmektedir(Şekil 2.7). Işınım okları dik olarak ulaşırsa (ekvator gibi) etkili olmakta, yatay ulaşırsa (kutuplar gibi) etkisiz olmaktadır. Beyaz ve açık renkler ışıınıyı yansıtmakta, Siyah ve koyu renkler ışıınıyı soğurmaktadır. Işınım bütün istikametlere doğru, mesafenin karesiyle ters orantılı olarak yayılır. Rüzgâr ters yönden esse dahi yangın, ışıınımla etraftaki binalara ısı aktarır. Etraftaki binaları soğutmak gerekir[2].

2.5. Yangının Büyüme Hızı

Yangın geometrik olarak büyür. Başlangıcında bir bardak su ile söndürülebilecek bir yangın, ikinci dakikada bir kova su ile üçüncü dakikada bir fıçı su ile ancak söndürülebilir(Şekil 2.8) [2].



Şekil 2.8 Yangının Büyüme Hızı Deneyi: Sıvılarda bu hız çok daha fazla, gazlarda ise anlaktır[2].

2.6. Yangının Oluşturduğu Tehlikeler

2.6.1. Zehirli Gazların Oluşturduğu Solunum Zorluğu Tehlikesi

Yangın yerinde meydana gelen ölüm olaylarının çoğu zehirli gazlar sebebiyle olmaktadır[3]. Zehirlenme çoğunlukla soluma, nadiren de deriden soğurma yoluyla olur. Zehirli gazları tesirlerine göre üç gruba ayırabiliriz;

1. Grup Zehirli Gazlar; Kendisi zehirli olmadığı halde bulundukları yerlerde oksijeni ittikleri için boğulmaya neden olurlar.

Oksijen oranı % 16' nın altındaki hava, insan vücudu için yetersizdir. Oksijenin dışındaki bütün gazlar bu açıdan zehirli kabul edilir. Bu gruba giren gazlar şunlardır: Su

Buharı, Azot, Asal Gazlar (Helyum, Neon, Argon, Kripton, Xenon), Hidrojen, Metan, Etan, Propan v.b.

2.Grup Zehirli Gazlar; Nefes yollarını tahriş ederler, göz ve deriye de zarar verirler. Bunlar asidik ve bazik gazlardır. Bu gruba giren gazlar şunlardır: Hidroklorik Asit (HCl), Nitrik Asit (HNO₃), Formik Asit (HCOOH), Asetik Asit (CH₃COOH), Propiyonik Asit (CH₃CH₂COOH), Klor (Cl₂), Kızgın hava, Amonyak (NH₃), Aminler (R-NH₂), Hidrazin (H₂N-NH₂), Azotdioksit (NO₂), Azot Monoksit (N₂O), Kükürtdioksit (SO₂) v.b.

3.Grup Zehirli Gazlar; Kana, sinir sistemine ve hücrelere tesir ederler. Bu gruba giren gazlar şunlardır: Karbon Monoksit (CO): Hemen her yangında ortaya çıkar. Kan zehiridir. Akciğerlerden hücrelere oksijen taşıyan hemoglobinle birleşerek karboksi hemoglobin kompleksini oluşturur. Kandaki oksijen taşıyıcı yok edilmiş olur. Hidrojen Siyanür (HCN) benzer şekilde kompleks yapmaktadır. Kükürt Karbonat (CS₂) ve Hidrojen Sülfür (H₂S) sinir zehiridirler. Merkezi sinir sistemini tahrip edip ölüme neden olurlar.

Piroliz ve Ayrılma ile Tehlikenin artışı; Yangın yerindeki yüksek sıcaklık nedeniyle bazı gazların, zehirleme etkisi daha fazla ürünler oluşturduğu bilinmektedir. Karbontetraklorür (CCl₄) [Halon 104, Yangın söndürücü olarak kullanılıyordu, yasaklandı] kızgın demire püskürtüldüğünde çok zehirli olan fosgen (COCl₂) oluşur[3].

2.6.2. Patlama Tehlikesi

Yangın yerindeki en büyük tehlikelerden biri de patlama tehlikesidir. Patlama; fiziksel ve kimyasal patlama şeklinde olabilir[3].

Fiziksel Patlama: Yangın yerinde içinde yanıcı gaz olsun olmasın bütün basınçlı kaplar fiziksel patlama tehlikesi oluştururlar. Yangın söndürme tüpleri, deodorantlar, düdüklü tencere, LPG tüpleri içlerindeki gazın artan sıcaklıkla genişmesi sonucu,

çeperlerin taşıyabileceği basıncı aştığında en zayıf yerinden, genellikle ısındığı taraftan patlar. Dış kabı aksi istikamete doğru şarapnel tesiri ile fırlar. Tüpler soğutulduktan sonra yangın mahallinden çıkartılmalıdır.

Kimyasal Patlama: Yangın yerinde patlayıcı maddeler veya yanıcı gazlar olabilir. Isı ve ateşin ulaşması sonucu patlama meydana gelir. Yanıcı gazların alt(gazın tutuşması için gerekli minimum konsantrasyon) ve üst(gerekli oksijen konsantrasyon değerinin azalmaya başladığı ilk nokta) patlama sınırları vardır[Tablo 2.1]. Kapalı hacimde var olan veya açığa çıkan yanıcı gazların konsantrasyonu bu patlama sınırları arasına ulaşırsa en ufak bir kıvılcımla bile oda patlaması meydana gelir.

Tablo 2.1 Bazı yanıcı gazların alt ve üst patlama sınırları[3]

YANICI GAZ ADI	ALT VE ÜST PATLAMA SINIRLARI [% HACİM]
LPG	2.3 - 9.6
DOĞALGAZ	5 - 15
HAVAGAZI	4 - 40
HİDROJEN	4 - 75.6
ASETİLEN	1.5 - 82
KARBON MONOKSİT	12.5 - 74
KÜKÜRT KARBONAT	1 - 60

2.6.3.Çökme Tehlikesi

Yangın yerinde çökme tehlikesi ile sık karşılaşılır. Çökmeyi kullanılan malzeme ve yapı cinsi önemli ölçüde belirler. Yapı malzemeleri olarak; ağaç, döküm, çelik, taş ve tuğlayı incelenebilir[3].

Ağaç; esnekliği, çekme mukavemeti, ısı yalıtkanlığı ve yüksek basınç dayanıklılığı nedeniyle avantajlıdır. Yalnız yanıcı olması nedeniyle taşıma gücünü tehlikeli bir şekilde kaybeder. Özellikle çatılarda, bağlantı noktalarında yanma olursa çökme oluşur.

Döküm; sıcaklığa karşı çok ılımlı davranır. 400 °C sıcaklıktan sonra döküm çeliğe nazaran daha az olarak taşıma gücünü kaybetmeye başlar. 1100 °C sıcaklıkta ise herhangi bir dış değişiklik göstermeden taşıma gücü tamamen ve ani bir şekilde kaybolur. Bu olay ısınmış yapı malzemelerinin ani soğumasına neden olabilecek şekilde su sıkılması durumunda daha düşük derecelerde de gerçekleşir.

Yangın korumasız çelik; çok yüksek ısı iletimine sahiptir. Isınma durumunda gerilme sınırını çok kolay aşabilir. Gerilme sınırı aşıldığında gerilme esnekliği kaybolur ve kalıcı şekil değişimleri meydana gelir. Çok zayıf olan ve basınç altındaki parçalar ise uzar ve birleşim noktalarında değişiklikler meydana getirir. Bu durumda bütün konstrüksiyonu ve çevirme duvarlarını yıkabilecek güçte kuvvet meydana getirir. Yangın korumasız çelik, sıcaklık yükseldikçe sağlamlığını ve taşıyıcılığını kaybeder. Çeliğin yüksek sıcaklıktaki özellikleri daha sonraki bölümlerde incelenmiştir.

Taş; yangın durumunda çok olumsuz davranır. Tabii taşlar serttir. Yüksek basınç mukavemetine sahiptir. Isı iletme oranları çok düşüktür. Isınan taşların içinde bulunan Kuvars(SiO_2) kristalleri diğer parçalar gibi genleşemediği için özellikle ani soğumalarda maddenin değişikliğine yol açar. Granit soğutma suyu ile karşılaştığında cam gibi çatlar.

Tuğla ve Briket; Sıcaklığa karşı tutumları daha iyidir. Bu malzemeler imal edilirken yüksek sıcaklık altında pişirildiklerinden ısıya karşı mukavemetlidirler. Bu suni taşlar ateşe dayanıklı yapı malzemeleri olarak kullanım alanları bulur. Ayrıca ateşe çok dayanıklı refrakter tuğlalar yüksek sıcaklık işlemleri için kullanılmaktadır.

Çökmenin birinci sebebi, yüksek sıcaklıktan dolayı yapı malzemelerinin taşıma gücünün zayıflamasıdır. Çökmenin diğer sebebi ise çeşitli nedenlerle oluşan basınç ve kuvvetlerdir; iç gerginlik sonucu çatlama ile ısıdan dolayı oda hacminin genişlemesi ve uzama, gerilme ile, patlamadan dolayı gelen yüksek basınç ile, uzun süre sıkılan söndürme suyunun oluşturduğu fazla ağırlık ile ve su emici maddelerin şişerek oluşturduğu kuvvetlerle yan duvarları yıkması sonucu çökme oluşur[3].

2.6.4. Elektrik Tehlikesi

Yangın yerindeki elektrik kaçağı en büyük tehlikelerdendir. Elektriğin tehlike sınıflandırması Tablo 2.2’ de verilmiştir[3].

Tablo 2.2 Elektrik Tehlike Sınıflandırması[3]

0-65 volt	Tehlikesizdir. İnsan vücudu bu gerilime dayanabilir.
66-1000 volt	Tehlikeli Alçak Gerilim
1001 volt ve üzeri	Tehlikeli Yüksek Gerilim

2.6.5. Kimyasal Tehlike

Yangın yerinde tehlikeli kimyasal maddeler bulunabilir. Tehlikeli kimyasal maddelerin çoğunluğunu tahriş edici kimyasal maddeler oluşturur[3].

Su ile reaksiyona girerek yanıcı gaz üreten maddeler sodyum, potasyum, kalsiyum metalleri, bu metallerin peroksitleri ve karpit gibi maddeler su ile temas ettiklerinde hidrojen gazı oluştururlar. Yanma patlama şeklinde olur. Bu nedenle yangında bu maddelere kesinlikle su sıkılmamalıdır. Bu maddeler tamamen havasız ortamda saklanmalıdır[3].

Zehirleyici kimyasal maddeler şunlardır: Kurşun tozu (Pb), Civa (Hg) ve Fosfor (P) açık yaralardan ve mide bağırsak yolu ile insan vücuduna girip zehirleyebilirler. PVC yandığı zaman Hidroklorik Asit (HCl) çıkarır. Hidrojen Siyanür (HCN), Metil Bromür (CH₃Br, [Halon 1001]) ve Karbon Tetraklorür (CCl₄, [Halon 104]) deri yolu ile vücuda girebilen zehirli maddelerdir[3].

Radyoaktif maddelerde atomların parçalanması esnasında çekirdeklerinden çeşitli

ışınlar yayılır. Bu ışınlar alfa (a), beta (b) ve gama (g) diye adlandırılmıştır. Alfa ve beta ışınları yüklü partiküllerdir. Gama ışınları ise röntgen ışınlarına benzeyen kısa dalgalı ve giriş (yarma, nüfuz) gücü yüksek ve uzun menzilli elektromanyetik dalgalardır[3].

Tahriş edici maddeler arasında sıvılar deriye daha derinden nüfuz ettiklerinden daha tehlikelidirler. Bunlar çoğunlukla kuvvetli asitler ve kuvvetli bazlardır: Nitrik Asit (HNO_3), Hidroklorik Asit (HCl), Sulfirik Asit (H_2SO_4), Hidroflorik Asit (HF), Sodyum Hidroksit[Sudkostik](NaOH)v.b.[3].

2.7. Yangın Türlerinin Sınıflanması

Türk Standartlarında yanabilecek maddelerin türüne göre yangınlar A,B,C,D türü olarak isimlendirilip 4 sınıfta toplanmıştır[4].

A Türü Yangınlar: Ahşap malzeme, kâğıt, ot, dokumalar, lastik, plastik, odun kömür, çöp v.b. gibi katı maddelerin yangınlarıdır.

B Türü Yangınlar: Akaryakıt, makine yağları, laklar, asfalt, eter, alkol, stearin, parafin v.b. gibi sıvı yanıcı maddelerin yangınlarıdır.

C Türü Yangınlar: Metan, propan, hidrojen, asetilen, havagazı v.b. gibi yanıcı maddelerin yangınlarıdır.

D Türü Yangınlar: Alüminyum, magnezyum, titanium, sodium, potasium v.b. gibi hafif metallerin yangınlarıdır.

2.8.Malzemelerin Yanıcılık Sınıfları

Bir yapı malzemesinin binaların çeşitli bölümlerinde yanma açısından tehlikesizce kullanılıp kullanılamayacağını belirlemek için yanmazlık deneyi uygulanır. Deneyin sonucunda yapılarda kullanılan malzemeler, deneydeki davranışlarına göre "yanar" veya "yanmaz" şeklinde tanımlanır. Yanmazlık bir yapı malzemesinin, yanmanın gelişimine doğrudan katkıda bulunmama durumudur[4].

Yanmaya dayanıklılık deneyi uygulanan malzemeler TS 1263' de A ve B sınıfı olmak üzere iki gruba ayrılmıştır[5]. A sınıfına ait malzemeler; kum, çakıl, taşlar, harç, beton, betonarme gibi yanmaz malzemeler, B sınıfına ait malzemeler ise ahşap, alçı, karton levhalar, PVC döşeme kaplamaları gibi yanıcı malzemelerdir. Bu malzemelerin detaylı bir listesini sıralamak, konuyla ilgili mevzuatta geçen terimleri daha iyi anlayabilmek ve gerekli malzemeyi seçebilmek açısından faydalı olacaktır[4].

2.8.1. A.sınıfı Yapı Malzemeleri

Yanmaz

A1 SINIFI YAPI MALZEMELERİ

Bu sınıfa aşağıdaki malzemeler dâhildir:

a)Kum, çakıl, mil, kil ve doğada bulunan yapı tekniğinde kullanılabilen diğer tüm taşlar.

b)Mineraller, toprak, volkanik cüruflar ve doğal bims.

c)Çimento, kireç, alçı, anhidrit, yüksek fırın cürufu, genleştirilmiş kil, genleştirilmiş şist, genleştirilmiş perlit ve vermükulit ile köpüklü cam gibi yakma ve/veya genleştirme prosesiyle taş ve minerallerden elde edilen yapı malzemeleri.

d)Harç, beton, betonarme, ön gerilmeli beton, gaz beton veya gözenekli beton, hafif beton, mineralli maddelerden üretilmiş yapı taşları ve yapı plakları, mutad harç veya beton katkılı malzemeler.

e)Organik katkı maddesi içermeyen mineral lifli malzemeler.

f)Tuğla, kiremit, seramikler.

g)Camlar.

h)Alkali ve toprak alkali metaller ve alaşımları dışında ince toz halinde öğütülmemiş metal ve alaşımlar.

A2 SINIFI YAPI MALZEMELERİ

Yanıcı kısımlar içerir, ancak kendileri yanmaz ateşi iletmez, yangın yüküne katkısı olmaz. Her durumda özel tahkiki gereken malzemelerdir. Örneğin alçı karton plakları gibi yanmaz dolgu maddeli kompozitler gibi.

2.8.2. B Sınıfı Yapı Malzemeleri

Yanıcı Yapı Malzemeleri

B1 SINIFI YAPI MALZEMELERİ

Bu sınıfa aşağıdaki malzemeler dâhildir:

a)Odun yünü veya talaşı hafif yapı levhaları,

b)Çok katmanlı mineral elyafli hafif yapı plakları (tek ve/veya iki yüzeyi mineral elyaf ile kaplı odun yününden yapılmış hafif yapı plağı),

c)Yüzeyi delikli veya deliksiz alçı karton levhalar,

d)Masif mineral zemin üzerine mineral katkılı yapay reçineli sıvılar,

e)Isı harçlar,

f)Yumuşatıcı içermeyen kalınlığı ≥ 3.2 mm sert polivinilklorid (PVC), klorlu polivinilklorid (PVCC) ve polipropilen (PP)'den üretilmiş boru ve ek parçaları,

- g)Ahşap parke, PVC, vinilasbest zemin kaplamaları,
- h)Asbestli mukavva ve kağıtlar.

B2 SINIFI YAPI MALZEMELERİ

B2 sınıfı yapı malzemelerine aşağıdaki malzemeler dâhildir:

- a) Yoğunluğu> 400 kg /m³ ve kalınlığı> 2 mm veya yoğunluğu> 230 kg /m³ ve kalınlığı> 5 mm olan ahşap malzemeler.
- b)Kalınlığı > 2 mm olan ahşap kontraplak veya dekoratif prese edilmiş malzeme tabakalarından oluşan plakalarla, termoplastik olmayan bir şekilde tüm yüzeyince ahşap kaplanmış veya yüzeyi preslenmiş malzemeler,
- c)Kalınlığı > = 3 mm olan plastik kaplı odun lifi plaklar,
- d)Alçı karton bağlantı plakları,
- e)Çok katmanlı sert köpük hafif yapı plakları,
- f)Sert PVC levha,
- g)Kalınlığı > 3 mm sert PVC, polipropilen, yüksek dansitepolietilen,kopolimer, stroil (ABS/ASA/PVC), akrilonifril-bu faiden stirol'den üretilmiş boru ve bağlantıları,
- h)Kalınlığı > = 2 mm palimetakrilat dökme levhalar,
- ı)Kalınlığı > = 1.6 mm polistard plakalar,
- j)Yoğunluğu<940 kg/m³ ve kalınlığı >= 1.4 mm ve yoğunluğu>940 kg/m³ kalınlığı > = 1.0 mm köpüklendirilmemiş polietilenler,
- k)Kalınlığı > = 1.0 mm poliamid,
- l)PVC, kauçuk, sentetik kauçuk gibi esnek kaplamalar gibi zemin kaplama malzemeleri,
- m)Köpüklendirilmemiş, katran veya bitüm katkılı poliüretan veya polisulfid, silikon ve akrilat esaslı, her defasında en az B2 sınıfı iç yapı malzemesi arasına yerleştirilmiş,
- n)Asfalt,
- o)Elektrik kabloları.

B3 SINIFI YAPI MALZEMELERİ

Yukarıdaki sınıflara girmeyen malzemeler, yapılarda hiçbir şekilde kullanılamaz.

Ahşap < 2 mm,

Kağıt, saz, saman, talaş, pamuk, selüloz lifi,

Gevşek veya toz halinde her türlü yanıcı maddeler.

Yapı malzemeleri, malzemelerin kullanıldığı yapı elemanlarını da doğrudan etkilediğinden yapı malzeme sınıfları; yapı elemanlarının isimlendirilmesini de etkiler. Bu isimlendirme kullanılan malzemeye göre yapı elemanını, yanmaya karşı gösterdiği direnç göz önüne alınarak, sınıflandırma şeklinde olur. Yapı elemanlarının, yapı elemanında kullanılan malzemelerinin yanma sınıflarına göre sınıflandırılmaları ise Tablo 2.3’ de görüldüğü gibidir[4].

Yanmaya dayanıklılık sınıfı, bir yapı elemanına standart’a belirtilen uygun ısıtma ve basınç koşulları altında, belirlenen şekilde yapılan; yanmaya karşı dayanıklılık deneyi ile belirlenir. Deney sonucunda yapı elemanları yanmaya karşı gösterdikleri dayanım süresine bağlı olarak sınıflandırılırlar. TS1263’e uygun olarak denenen yapı elemanlarının kullanılan yapı malzemelerine göre Tablo 2.4 bu sınıflandırmayı göstermektedir[5].

Tablo 2.3 Yapı elemanlarının yangına dayanma sürelerine göre sınıflandırılması[4]

Yanmaya Dayanıklılık Sınıfı	Yanmaya Dayanıklılık Süreleri(dakika)
F30	30
F60	60
F90	90
F120	120
F180	180

Yangının süre ve şiddetini değerlendirme duvar kaplamaları, bölmeler, döşemeler ve tavanları da kapsamak üzere bir alanda bulunan yanıcı malzemelerin toplamına göre

yapılır. Miktarı ve yanma davranışı değişmeyen, sabit olarak inşa edilmiş ve yukarıdaki tabloda yanıcı sınıfına giren yüzey kaplama ve bitirme malzemeleri(Süpürgelik, doğramalar, boyalar, döşeme kaplamaları gibi) ve yanma davranışı değişebilen yanıcı malzemeler(Mobilya, giysiler, ev aletleri gibi,) yangın yükünü oluştururlar.

Tablo 2.4 TS1263[5]'e uygun olarak denenen yapı elemanlarının kullanılan yapı malzemelerine göre

1	2	3	4	5
Yangına Dayanım	Yapı Elemanlarında Kullanılan Malzemelerin Yanıcılık Sınıfı		Yapı Elemanlarının Tanımı (2)	Kısa Gösterilişi
Sınıfı	Süre (Dak)	Başlıca Elemanlar (1)		
1		B	B	Yangına dayanıklılık sınıfı F 30
2	F 30	A	B	Önemli elemanları yanmaz ve yangına dayanıklılık sınıfı F 30'dan yapı malzemelerinden oluşan
3	>= 30	A	A	Yangın önleyici yanmaz ve yangına dayanıklılık sınıfı F 30 olan yapı malzemelerinden oluşan
4		B	B	Yangına dayanıklılık sınıfı F 60
5	F 60	A	B	Yangına dayanıklılık sınıfı F 60 ve başlıca kısımları yanmayan yapı malzemelerinden oluşan
6	>= 60	A	A	Yangına dayanıklılık sınıfı F 60 olan yanmayan yapı malzemeleri
7		B	B	Yangına dayanıklılık sınıfı F 90
8	F 90	A	B	Yangına dayanıklılık sınıfı F 90 olan başlıca kısımları yanmayan yapı malzemelerinden oluşan
9	>= 90	A	A	Yangına dayanıklılık sınıfı F 90 olan, yanmayan yapı malzemelerinden oluşan
10		B	B	Yangına dayanıklılık sınıfı F 120
11	F 120	A	B	Yangına dayanıklılık sınıfı F 120, başlıca kısımları yanmayan yapı malzemelerinden oluşan
12	>= 120	A	A	Yangına dayanıklılık sınıfı F 120 olan yanmayan yapı malzemelerinden oluşan
13		B	B	Yangına dayanıklılık sınıfı F 180
14	F 180	A	B	Yangına dayanıklılık sınıfı F 180, başlıca kısımları yanmayan yapı malzemelerinden oluşan
15	> = 180	A	A	Yangına dayanıklılık sınıfı F 120 yanmayan yapı malzemelerinden oluşan

1) Başlıca elemanlara şunlar dahildir.

a) Tüm taşıyıcı ve destekleyici elemanlar, taşıyıcı olmayan yapı elemanlarından stabilite yönünden etkili olanlar dahil (Ör; Taşıyıcı olmayan duvarlardaki çerçeve konstrüksiyonları gibi).

b) Hacim (mekan) çevreleyen yapı elemanlarında, "Yapı elemanlarının yangına dayanıklılık" standartlarına göre yapılan deneyde yapı elemanı düzleminde devam eden ve tahrip olmaması gereken tabaka.

- Döşemelerde bu tabakanın toplam kalınlığı en az 50 mm olmalıdır; Bu tabakanın içinde boş hacimlere izin verilir.

- Yapı elemanların yanma davranışlarının değerlendirilmesinde yüzey ve kaplama tabakaları veya başka yüzey işlemleri dikkate alınmayabilir.

2) Bu adlandırma yapı elemanlarının sadece yangına dayanıklılık yeteneğine göre düzenlenmiştir.

Yangın yükü teorik olarak yapının içeriğini oluşturan öğelerin tam yanması sonucu meydana çıkan maksimum ısı ile ifade edilir. Yangın yükü basit bir şekilde malzemenin mekânda bulunan miktarının kilogram cinsinden ağırlığının o malzemenin alt ısıl değeri

(MJ/kg) ile çarpılması ile hesaplanır. Bu çarpma işlemi sonucunda malzemenin ısı potansiyeli bulunmuş olur. Tüm malzemelerin ısı potansiyelleri toplandığında mekânın yangın yükünü verir. Yangın yükünün döşeme alanına bölünmesi de yangın yükü yoğunluğunu verir. Yangın yükü yoğunluğu zeminin boyutuna bağlı olarak MJ/m² ya da Mcal/m² ifade edilebilir[4].

Bu hesaplamada 1 MJ 0.06 kg. odunun yanmasına eşittir. Bu şekilde; kesin olmasa da, yaklaşık yangın yükü hesaplanan binalarda, tasarım aşamasında alınacak önlemlerin değerlendirilmesi de bu yangın yüküne göre yapılabilir. Böylece, alınacak önlemler çok daha etkili olacaktır.

3.YAPISAL ÇELİĞİN MALZEME ÖZELLİKLERİ

Bu bölümde çeliğin yapısı, avantajları ve dezavantajları, çelik yapı sistemleri, çelik yapı taşıyıcı sistemlerinin uygulama alanları, çelik taşıyıcı sistemlerin kriterleri ve sınıflandırılması, yangına maruz kalan çelik yapılar ve çelik yapıların yangın güvenliği incelenmiştir.

3.1. Çelikler

Çelik demir cevherinden elde edilir. Demir cevheri tabiatta oksit, hidroksit veya karbon ve diğer maddelerle karışık olarak bulunur. Demir plastiktir ve düşük mukavemete sahip olduğundan yapı konstrüksiyonlarında kullanılmaz. Çeliğin dayanıklılığı muhtelif katkı elemanlarının katılmasıyla artırılır. Çelikte katkı elemanı fonksiyonunu birkaç kimyasal element yerine getirir. Adi kaliteli çelik demir (Fe) ve karbon (C)' dan ibaret olan karışıma belirli miktarlarda silisyum (Si), alüminyum (Al), manganez (Mn), Krom (Cr), Kolombiyum(Cb), bakır (Cu), Molibden (Mo), Bor (B), Azot (N), Volfram(W), Nikel(Ni) ve Vanadyum (V) katılarak elde edilir[6].

Karbon (C) : Çeliğin dayanıklılığını artırır, plastikliğini azaltır ve kaynaklanabilme özelliğini kötüleştirir. İnşaatta kullanılan çeliklerin bileşiminde karbon %0.15 -% 0.30 den fazla değildir[6].

Silisyum (Si) : Çeliğin dayanıklılığını artırır, kaynaklanabilme özelliğini, paslanmaya karşı direncini azaltır. Az karbonlu çeliklerde silisyum turşulaştırıcı element olarak kullanılır. Yani silisyum ısıtılma işlemi sırasında eriyikte bağlı halde olan oksijenin çözülerek serbest kalmasını sağlar. Silisyum az karbonlu çeliklerde % 0.4 az katkılı çeliklerde % 1.1 kadardır[6].

Alüminyum (Al): Fosforun zararlı etkisini ortadan kaldırır. Darbeli kuvvetlere karşı dayanıklılığın artırır. İnce taneli kristal mikro yapıya sahip olmasını sağlar.

Alüminyum da silisyum gibi ısıtıl işlemi sırasında eriyikte oksijenin çözülerek serbest kalmasını sağlar[6].

Manganez (Mn) : Çeliğin dayanıklılığını artırır. Kükürtle birleşerek onun zararlı etkisini azaltır. Az karbonlu çeliklerde manganez % 0.50 az katkılı çeliklerde % 1.7 kadardır. Çeliğin bileşiminde manganez % 1.7 'den fazla olursa onu gevrekleştirir[6].

Krom (Cr): Az miktarda yapısal çelikte vardır. Çeliğin korozyona karşı direncini arttırmak için kullanılır. Nikel ve bakır ile birlikte kullanılır. Paslanmaz çelikte önemli miktarda krom bulunur. Paslanmaz çelikte % 18 nikel, % 8 krom bulunur[6].

Kolombiyum (Cb): Manganez ve vanadyum gibi çelikte dayanıklılığı artırır. Ayrıca korozyona karşı etkilidir[6].

Bakır (Cu) : Çeliğin paslanmaya karşı direncini ve mukavemetini artırır. Çeliğin bileşiminde % 0.7 den fazla olması onun yıpranmasına sebep olur[6].

Molibden (Mo) ve Bor (B) : Çeliğin yüksek sıcaklıklardaki dayanıklılığını artırır ve çok kalın yüksek mukavemetli levha çeliklerin üretilmesinde önemi büyüktür. Molibden ve Bor katılan çelikler yüksek mukavemete ve arzu edilen plastikliğe sahip olurlar[6].

Azot (N) : Çeliğin bileşiminde serbest şekilde bulunursa gevrekleştirir, yıpranmasına yol açar. Buna göre bileşimde Azot % 0.008 den fazla olmamalıdır. Çeliğin bileşiminde azot, alüminyum, vanadyum ve titanla kimyasal reaksiyona girerek çeliğin yapısını narin taneli yapar, mekanik özelliklerini iyileştirir[6].

Volfram (W):Çeliğin rijitliğini artırır, plastikliğini azaltır[6].

Nikel (Ni): Çeliğin mukavemetini ve plastikliğini artırır[6].

Vanadyum (V): Çelikte daha iyi mikro yapıya sahip çelik yapının oluşmasına yardımcı olur. Burulmaya karşı dayanıklılığını artırır[6].

Fosfor (P) ve Kükürt (S) zararlı karışıklardır. Fosfor düşük sıcaklıklarda çeliğin gevrekliğini artırır, bu duruma soğuktan kırılma denir. Kükürt yüksek sıcaklıklarda çeliğin plastikliğini azaltır. 800-1000⁰C de çelikte çatlaklara neden olabilir. Bu yüzden fosfor ve kükürt' ün bileşimdeki miktarları sınırlandırılır. Kükürt az karbonlu çeliklerde % 0.005, fosfor % 0.004 kadar olabilir[6].

Çelik ergimiş halde iken onun bünyesine giren atmosfer gazları onun mekanik özelliklerini kötüleştirir. Oksijen çeliğin gevrekliğini daha da artırır. Hidrojen bileşimde % 0.0007 den daha fazla bulunmamalıdır. Çeliğin bileşiminde kristaller arasında küçük miktarlarda toplanarak onun bünyesinde gerilmelere neden olur. Bu nedenlerden dolayı çeliği (ergimiş halde iken) atmosfer gazlarından korumalıdır[6].

Katkılı çeliğin dayanıklılığını ve mekanik özelliklerini termik işlemlerle daha da artırmak mümkündür. Sıcaklık etkisiyle (kızdırılıp-soğutma ile) çeliğin yapısında değişiklikler meydana gelir. Çelik ince taneli olur, elementlerin ergimesi kolaylaşır[6].

Termik işlemin basit adı normalleştirme'dir. Çelikten östenit oluşana kadar ısıtılıp oda sıcaklığına kadar soğutulmasının tekrarlanması normalleştirme olarak tarif edilir Normalleştirmede çeliğin bünyesindeki gerilmeler kaybolur, mukavemeti ve plastikliği artar, darbeli kuvvetlere karşı iyileşme meydana gelir[6].

Çeliğin faz değiştirme seviyesine uygun ısıtılıp süratle soğutma işlemine tavlama denir. Bu durumda çeliğin soğutulma hızı ondaki faz değiştirme hızından çok olmalıdır. Soğutulan östenitten beynit veya martensit alınır. Çeliğin süratle soğutulmasında çok az miktarda karbon ayrılır. Tavlama ile çeliğin yapısının mukavemeti yükselir, plastiklik azalır. Gevrek dağılmaya karşı hassasiyet artar[6].

Çeliğin mekanik özelliklerini iyileştirmek için, uygun yapısal değişkenliğine kadar ısıtılır, o sıcaklıkta belirli bir süre saklanır. Sonra yavaş yavaş soğutulur. Çelik (600-800°C) sıcaklığa kadar ısıtılırsa ferrit yapısına sahip ince taneli kaliteli malzeme elde edilir. Bu malzeme mukavemet ve plastikliğe göre optimaldir, gevrek dağılmaya karşı dayanıklı olur, kaynaklanmada mevcut mukavemetinden kayıp az olur. 723°C den yukarı sıcaklıklarda bırakma sıcaklığına uygun ısıtmanın faydası yoktur. Az karbonlu ve az katkılı orta ve yüksek mukavemetli çelikler termik işlemlerle iyileştirilir[6].

Karbon uygun ortamı bulduğunda ferrit'den ayrılır ve onun taneleri arasında toplanır. Bu çeliğin akma sınırını yükseltir, plastikliğini ve gevrek dağılmaya karşı dayanımını azaltır. Azot ve başka elementlerin karbidlerinin ferritten ayrılması da aynı etkiyi yapar. Çelik strüktürünün bu şekilde yeniden oluşması, mukavemet ve plastikliğinin değişmesi uzun zamanda olur. Buna çeliğin zayıflaması denilir ve çelik plastik deformasyona uğratan yüklerin etkisi altında uzun süre bulunduğu mekanik zayıflama oluşur[6].

Fiziksel zayıflama: Sıcaklık değişimlerinden dolayı ortaya çıkar. Nispeten düşük sıcaklığa (150-200°C) kadar ısıtılmasıyla plastiklik aşamasında çalışan çelik zayıflamasını süratle arttırır. Zayıflama çeliğin dinamik etkilere mukavemetini ve gevrek dağılmaya karşı dayanıklılığını azalttığı için olumsuz yönde etki yapar[6].

3.2. Çelik Yapıların Üstünlükleri ve Sakıncaları

Çelik yapıların çok sayıda yapı da kullanılmasının avantajları şöyle sıralanabilir[7].

a)Döşeme kalınlıkları düşüktür. Çelik yapılar ferah, büyük açıklıklı, işlevsel mekânlardır. Çelik taşıyıcı yapılar ara kolonsuz veya çok az sayıda, duvarsız ve kesintisiz mekânlardır. Kolon kesitleri çok küçüktür. Örnek olarak betonarmede 100*100 cm olan bir kolonun çelik karşılığı 40* 40 cm 'dir. Bu da daha fazla net kullanım alanı, ofis binaları için yaklaşık %3-5 net kullanım alanı kazancı demektir.

Aynı yapı yüksekliği için daha fazla kat yapılabileceği gibi, temiz kat yüksekliği de daha fazladır[7].

b)Geçirimsiz bir malzemedir. Emniyet gerilmesinin yüksek olmasına paralel olarak yüksek yoğunluğa sahiptir. Bu nedenle sıvı ve gazların depolanmasında kullanılır[7].

c)Kısa sürede ve her mevsimde inşa edilebilir. Konstrüksiyonlar iyi donanımlı fabrikalar da hazırlanır. Çeliğin şekil alma olanağı sınırsız olduğundan, taşıyıcı yapı pek çok türde yapılabilir, taşıyıcı yapıda çelik çok çeşitli şekillerde kullanılabilir. Uluslararası ödül alan yapıların çoğunun çelik taşıyıcılı yapılar olması, rastlantı değildir. Çelik yapılar inşaat plânlama ve yönetiminde hızlı inşaat, fast-track paralel ve hızlı yapı programlaması şeklindeki yeni düşünce biçimi, %100 plânlanabilirlik, %100 kontrol sağlayacaktır[7].

d)Tüm elemanlar kesin ölçüsündedir. Çelik yapısal elemanların hepsi endüstriyel ön-üretimlidir. Toleranslar mm mertebesinde olduğundan montaj sorunsuz ve kusuruzdur. Şantiyede tamirat gerektirmez. Çelik yapı kuru yöntemlerle yapılır Kolay kurulur, temiz ve hızlı yapılır.

e)Çelik yapıların ömürleri uzun, kullanımı esnek, yenilenmesi kolaydır. Kullanım süresi içinde kullanım amaçları değişebilir. Binada mal sahibi veya kiracı olsun, kullanıcıların istekleri zaman içinde değişebilir. Bu nedenle binada hacimler kullanım açısından esnek olmalıdır. Çelik her amaca uygun değişimler yapılmasına olanak verir. Bina taşıyıcı yapısının ömrü 50 - 100 yıldır. Çelik yapıda tesisat bölgelerine kolay ulaşılır, bakım ve yenileme çok kolay yapılır. Bina ömrüyle karşılaştırıldığında diğer yapı katmanlarının ömürleri daha kısadır. Örnek olarak tesisat ömrü ortalama 10 yıl kadardır. Çelik yapıda tesisat montajı çok kolay yapılır ve gerektiğinde çok da rahat yenilenir. Bilgisayar kabloları, haberleşme sistemleri gibi diğer teknolojik donanımın ömrü 2-3 yıl kadar kısadır. Çelik yapılarda bu tür sık yenilemeler sorunsuzca gerçekleştirilebilir. Döşeme iç hacimleri boş olduğundan bu boşluk, tüm tesisatı

geçirmek için kullanılır. Ayrıca döşemede istenilen yerden çıkışlar için delik açılabilir, yer değiştirmeler sağlanabilir. Yapı ihtiyaç plânlamasında uzun verimli düşünmek gerekir. Kullanıcı ve değişiklik isteklerine çözümler kolay ve hızla uygulanabilir olmalıdır. Bu anlamda çelik göz önünde tutulması gereken, özel bir yapı malzemesidir. Çelik yapılar değişiklik isteklerine sonsuz çözümler sağlar. Çelik taşıyıcı yapı değişiklik isteklerine kolaylıkla uyum sağlar. Engelsiz hacimler kolayca bölümlenebilir. Kuru yapı yöntemi nedeniyle uygulama kolaylığı vardır. Doğru tasarlanmak kaydıyla, işlev ve dayanımından bir şey yitirmeden, tümü görünür olan taşıyıcı yapı elemanlarını güçlendirmek, tamir etmek, yenilemek ve/veya değiştirmek olanağı vardır. Yapıya yatay ve dikey ekler yapılabilir, yeni katlar eklenebilir, belirli elemanlar veya bölümler kaldırılabilir. Hatta geçmiş pek çok örnekte olduğu gibi yapının tümüyle sökülüp başka bir yere taşınması olanağı vardır. Çelik taşıyıcılı yapılar hem restorasyona açıktır hem de diğer tür yapıların restorasyonunda pek çok olanaklar sunar[7].

f)Çelik Taşıyıcı Yapı Yüksek Dayanımlıdır. Çelik taşıyıcı yapı depreme dayanıklıdır. Deprem dayanımında tasarım hedefleri önemlidir. Bilindiği gibi yapının önemine göre deprem dayanımı tasarımı yapılır. Aynı oranda daha az deprem yükü alır. Çelik taşıyıcı yapı elemanları sünek olduğundan üzerlerine düşen enerjiyi çok iyi sönmülerler. Hasar almadan üzerlerine düşen enerjiyi soğurabilir ve bunu yaparken taşıyıcı yeteneklerini ve duyarlılıklarını yitirmezler. Ayrıca beklenenin ötesinde şiddette bir deprem olması halinde, plastik tasarım yöntemleri sayesinde hasar kontrol altında tutulabilir. Tasarımla belirlenmiş plastik mafsallar oluşmasına izin verilerek, aşırı yük sigortaları oluşturulabilir. Bu hem daha ekonomik deprem tasarımı hem de hasar varsa, tamir gerekiyorsa kolay, çabuk, güvenilir olarak tamir yapılmasını sağlar. Burada öncelik sırasına göre amaçlanan: göçmeyi önlemek, can ve mal kurtarmak ve olabiliyorsa yapıyı daha sonra tamir ederek kurtarmaktır. Ancak bu isteklere hizmet verebilirlik kriterini de eklersek, yani yapımızın deprem sırasında ve depremden hemen sonra kullanılabilir olmasını da isteyeceksek, o zaman taşıyıcı yapıda mutlaka çelik kullanılmalıdır. Emniyetlidir; hesaplarda göz önüne alınan homojen ve izotrop cisim kabulüne çok uygun olduğundan kendisinden beklenen davranışı gösterir. Çelik taşıyıcılı yapı tümüyle çelik olabileceği gibi, çelik ağırlıklı beton veya beton çekirdek çelik kolon,

kiriş ya da beton ağırlıklı çelik bileşik (kompozit) sistem de olabilir. Döşemeler genelde beton kompozit tarzda yaklaşık 12 cm kalınlığında yerinde dökülür. Ayrıca boşluklu beton paneller veya prekast plaklar kullanarak biraz daha ağır döşeme çözümleri de vardır. Özellikle az katlı yapılarda çok hafif ve %100 kuru yöntemle ahşap (OSB) döşemeler de yapılır[7].

g)Çelik taşıyıcı yapı çok hafiftir. Kütlesi aynı kapalı alana sahip betonarme yapıya göre %40-50 daha azdır[7]. İnşaat mühendisliği alanında kullanılan beton, taş, ahşap gibi diğer malzemelerden üretilen konstrüksiyonlardan daha hafif konstrüksiyonlar yapılabilir. Yapı ağırlığının ölçüsü (C) aşağıdaki şekilde tanımlanır[7].

$$C = \gamma / \sigma_a \quad (3.1)$$

Burada γ - malzemenin yoğunluğu, σ_a - akma gerilmesi değeri C değeri küçüldükçe yapı ağırlığı küçülür[5].

Normal yapı çeliğinde	$C = 3.7 \times 10^{-4} / m$
Kaliteli yapı çeliğinde	$C = 1.7 \times 10^{-4} / m$
300 dozlu betonda	$C = 1.58 \times 10^{-3} / m$
Ahşapta	$C = 5.4 \times 10^{-4} / m$

h)Çelik tüm yapı malzemeleri gibi yangın ısısından etkilenir. Çelik de tüm yapılar ve yapı malzemeleri gibi yangın etkilerinden korunmalıdır. Yangın kanının aksine betonarme de yangına karşı korunmalıdır(Fransa ve Belçika Yangın Şartnameleri, İsviçre Alpleri tünel yangınları örneklerinde olduğu gibi). Her tür yapıda yangın mühendisliği tasarımı yapılmalıdır. Çeliği korumak için çeşitli yöntemler vardır. Yangın söndürme, engelleme, bölümleme gibi aktif sistemlerin yanı sıra alçı sıva, alçı kaplama, yanmaz boya ve ısı yalıtım kaplamaları pasif sistemler de geliştirilmiştir. Bu sistemlerin

hepsi Türkiye'de uygulanıyor ve uygulamacıları vardır. Mimari gereklere göre seçimleri yapılır. Uygulaması kolaydır.

1)Çelik yapı ekonomiktir. Ekonomiklik önemlidir. Öncelikle “Ucuz ekonomik değildir” saptamasını yapmak gerekir. “Bir m² kaçta geliyor?” sorusu ekonomiklik ölçütü değildir. Ekonomikliği anlamak için projeye bütünsel bakış gereklidir. Doğrudan ve dolaylı tüm fayda ve kazançlar düşünülmelidir. Ekonomiklik projenin tüm ömrü boyunca değerlendirilmelidir. Toplam ekonomiklik sadece yapım sırasında ekonomiklikle değil, kullanım sırasında ekonomiklikle de belirlenir. Ekonomiklik için malzemenin özelliklerine uygun tasarım şarttır. Betonarme projeyi aynen çelik yapmak ekonomik değildir. Öncelikle yapının mimarisi çeliğe uygun olmalıdır. Maliyet hesabı doğru yapılmalıdır. Bitmiş yapının tüm maliyetine, yani bitmiş proje bedeline %100 dersek, taşıyıcı yapının bu toplam içindeki payı yapı türüne göre %5-%30 arasında değişir. Başka bir ifadeyle taşıyıcı karkas maliyeti tüm proje maliyetinin sadece bir kısmıdır. Karkas bedelinin %20-%30 daha fazla veya az olması, tüm proje maliyetini en fazla %1-%9 arttırır. Çelik yapıların çok kısa zamanda yapılması, bu nedenle yapım süresinin alışılmış yöntemlere göre yarıya hatta üçte bire inmesi, çok büyük zaman kazancı sağlar. Ayrıca hava koşullarından ve mevsimlerden bağımsız, kış şartları da dahil inşaat yapılabiliyor olması, bu hızlılığı perçinler. Bu nedenle dolaylı maliyetlerin (şantiye, işçilik, kira, vb) hepsi de belirgin bir şekilde azalır. Tüm bunlar yüksek parasal kazanç demektir[7].

i)Binanın pazarlanabilirliği çok önemlidir. Gayrimenkul piyasasındaki dalgalanmalar yapınızın doğru zamanda pazara girmesini zorunlu kılar. Dalgayı tepe noktasında yakalayabilmek için yapım süresinin çok kısa olması gerekir. Bu da binanın pazarlanabilirliğini arttırır[7].

Çelik yapıların sakıncaları ise şunlardır:

a)Korozyon: Nemli ve gazlarla kirlenmiş hava ortamında iyi izole edilmezse çelikte oksitlenme işlemi(paslanma) başlar. Uzun zaman süren korozyonlarda kesit kaybı büyük olur ve konstrüksiyon yıkılmasına sebep olabilir. Çeliğin korozyona dayanıklılığını artırmak için imalatı sırasında korozyona dayanıklı maddeler ilave edilir veya çelik konstrüksiyonun yüzeyi ince bir koruyucu tabaka ile örtülür. Bakır katkılı çelikler kendi kendini korur. Üstün performanslı boya sistemleri, doğru yüzey temizlemesi yapılarak(SA 2 kumlama), ön-imalat astarı, imalat sonrası astar ve tamir astarı uygulamaları yapılır. Koruyucu son katlar ortam ve kullanım şartlarına göre seçilip uygulanmalıdır. Çelik eleman kesiti boyutlandırıldığında en kesit ölçüleri pas payı kadar arttırılır paslanma süresince bu kısım korozyon yapar ve paslanmanın alt yüzeylere geçmesini önler. Korunan çelik paslanmaz. Gereken yerlerde beton da korunmalıdır(tuz, klor, su gibi) veya betonarme içindeki çelik de korunma gerektirebilir. Bina iç mekânlarında kullanılan çelik yapı elemanları için korozyon önemsizdir. Yüz yılı aşkın süreden sonra sökülen çelik yapılarda, iç mekânda korozyonun çok az olduğu görülmüştür. Ayrıca yangına karşı koruma sıvaları kullanıldığında, korozyona karşı da yeterli koruma sağlanmış olmaktadır[14].

b)Ciddi ve hassas imalat gerekir. Yani işçilik maliyeti yüksektir.

c)Patlama ve yangının birlikte etkisine karşı mukavemetinin zayıflaması. Yangına karşı yangın koruması olmayan çeliğin 200⁰C civarında elastisite modülü azalmaya başlar, 600⁰C ise tamamen plastikleşir. Yangından korumak için çelik yüzeyi ateşe dayanıklı malzemelerle (beton, seramik vb.) kaplanır.

Örneğin New York'taki Dünya Ticaret Merkezinin yerleştiği ikiz binaların çökmesinin nedeninin uçak darbesi ve uçağın deposundaki yakıtın patlama etkisi ile bina taşıyıcı sisteminin (kolonlar, kirişler, bağlantı elemanlarının) yangından koruma kaplamasının tahrip olması, sonra korumasız olarak kalan çeliğin yangın etkisinde plastikleşmesidir. Büyük yük etkisinde bulunan bu çelik elemanlar yük taşıma özellikleri kaybetmiş ve binalar çökmüştür. Oysa bu binalar ayrı ayrılıkta uçak darbesi ve yangın

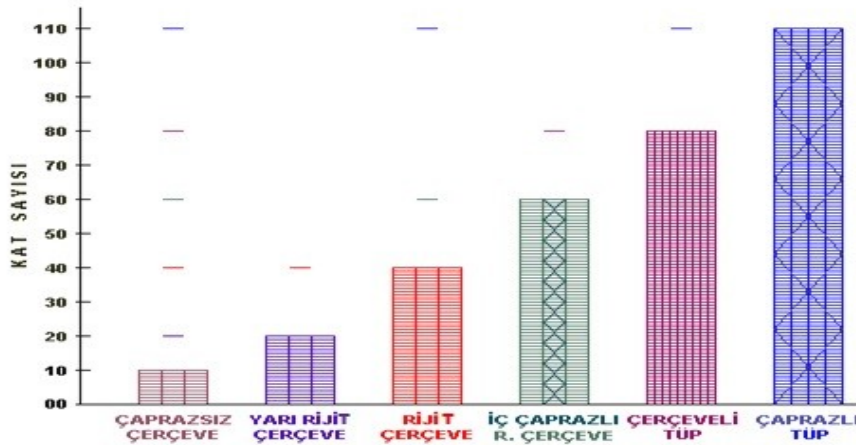
faktörleri göz önüne alınarak tasarlanmıştır. Darbe ve yangının çok küçük aralıklarla ardı ardına etkisi ise burada ihmal edilmiştir[9].

3.3. Çelik Yapı Sistemleri

Çelik yapı sistemleri aşağıdaki gibi gruplandırılır[8].

- a) Geleneksel kolon-kiriş rijit çerçeve sistemi,
- b) Yatay yükleri alan çerçeve-kesme kafes sistemi,
- c) Çaprazlı kafesli çerçeve-kesme kafes sistemi,
- d) Çerçeve-tüp sistemi,
- e) İç kolonlu kafes tüp sistemi,
- f) Bir araya getirilmiş tüp sistemi,
- g) İç kolonsuz kafes tüp sistemi.

Çelik taşıyıcı sistem çeşitleri ve bunlara ait Amerika'daki uygulamalarda en fazla kat sayıları Şekil 3.1 'de verilmiştir. Burada bahsedilmeyen çelik kolonlu betonarme kirişsiz döşemelerden oluşan ve döşemeleri zeminde dökülerek kolonlar vasıtasıyla yukarı çekilen kaldırma döşeme ve betonarme çekirdeğe çelik kablolarla asılan ve böylece zemin kata kolonsuz bir mekân oluşturan sistemler de bulunmaktadır[8].



Şekil 3.1 A.B.D 'de uygulanan çelik yapı sistemlerinin kat sayıları[8]

a) Geleneksel kolon-kirişli rijit çerçeve sistemi: Sistemde rijit ve yarı-rijit kolon kiriş bağlantı türü kullanılır. Düşey yükler altında kolon ve kirişlerin uçlarından mafsallı oldukları kabul edilir, rüzgâr ve deprem hallerinde ise yarı-rijit bağlantılarının moment aktardığı kabul edilir. Böylece kolon-kiriş bağlantıları sadece rüzgâr ve deprem momentlerine göre detaylandırılıp bağlantı maliyetleri düşürülmüş olur. Yarı-rijit bağlantılar belirli miktarda dönme yapacak şekilde teşkil edildiklerinden düşey kuvvetler altında çok az moment oluşur. Dolayısıyla düşey yükler etkisinde mafsallı varsayımı gerçekleşir. Çelik çerçeve sistemleri 20 kattan sonra rijit kolon-kiriş bağlantıları yapılsa bile ekonomik olmaktan çıkmaktadır[8].

b) Yatay yükleri alan çerçeve-kesme kafes sistemi: Bu sistemde orta çekirdek bölgesinde bir veya daha fazla düşey kafes kiriş yatay kuvvetleri temele aktarmak üzere teşkil edilir. Kesme kafes kirişi diye isimlendirilebilen bu elemanlar binanın diğer yerlerinde oluşturulan rijit düğüm noktalı çelik çerçevelerle birleştirilir. Böylece yatay kuvvetler rijit çerçeve ve kesme kafes kirişleri tarafından paylaşılır. Bu sistem 40 kata kadar ekonomik olarak uygulanmıştır[8].

c) Çaprazlı kafesli çerçeve-kesme kafes sistemi: Çerçeve-kesme sistemine tesisat katlarında bütün kolonları birleştiren bir çaprazlı kafes kirişi ile bunu orta çekirdekteki kesme kafes kirişlerine bağlayan bağlantı kafes kirişleri eklemek suretiyle bu sistem elde edilmiştir. Tesisat katlarında bağlantı sağlayan kafes kirişler, yapının rijitliğini arttırıp farklı elemanlarla birlikte çalışmasını sağlamaktadır. Bu sistemin 60 kata kadar ekonomik olacağı söylenmektedir[8].

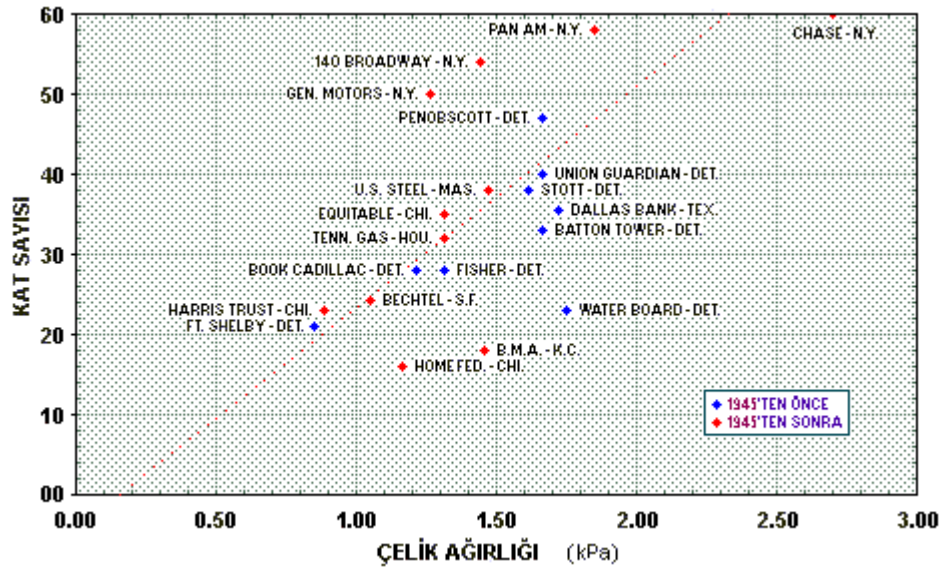
d) Çerçeve-tüp sistemi: Bu sistemde yapının cephesinde küçük aralıklarla yerleştirilen kolonlar kat seviyelerinde rijit kenar kirişleri ile bağlanarak “delikli ” bir tüpün davranışı elde edilmiştir. 75 kata kadar başarılı olarak uygulanmış olan bu sistem New York’taki World Trade Center binasının ikiz kulelerinde uygulanmıştır[8].

e)İç kolonlu kafes tüp sistemi: Sistemin çerçeve-tüpten farkı, çerçeve tüpe diagonal elemanların yerleştirilmesi ile tüpün rijitliğinin ve yatay kuvvetlere dayanımının arttırılmış olmasıdır. Bu sistem 100 kata kadar başarı ile uygulanmıştır[8].

f)Bir araya getirilmiş tüp sistemi: Bir tek tüpün rijitlik ve dayanım açısından yetersiz kalması halinde, yapıda birden fazla çerçeveli, tüp veya diagonal kafes tüpler teşkil edilerek birbirleriyle bağlanır. Bu sistem yan yana bloklardan oluşturulan mimariler için çok elverişlidir. Her blokta bir veya daha fazla tüp teşkil edilerek ortak yüzeylerde bu tüpler birleştirilir. Amerika’da bu sistem 110 katlı Sears Tower da başarı ile uygulanmıştır[8].

g)İç kolonsuz kafes tüp sistemi: Bu sistemi daha da etkin hale getirmek için, yapı içindeki kolonları temele kadar devam ettirerek yükleri temele aktarmak yerine, belirli katlarda teşkil edilecek kafes kirişlerle iç kolonlardaki yükleri cephedeki kafes tüpe aktarmak mümkün olur. Böylece iç kolonlarda ekonomi sağlandığı gibi, kafes tüp elemanlarındaki çekme gerilmeleri azaltılmış olur. Yapının devrilme emniyetini de arttıran bu uygulamada iç kolonlara gelecek yatay etkileri de ortadan kaldırmak gibi bir yararı vardır. Bu sistemin 150 kata kadar ekonomik olarak kullanılabileceği düşünülmektedir[8].

Çelik yapı sistemlerinde kat adedinin çelik ağırlığı ile değişmesi Şekil 3.2’ de gösterilmiştir.



Şekil 3.2 Çelik yapı sistemlerinde kat adedinin çelik ağırlığı ile değişmesi[8]

3.4. Çelik Yapı Taşıyıcı Sistemlerinin Uygulama Alanları

Çelik yapılar konstrüksiyon biçimi ve uygulama alanlarına göre isim alırlar.

Sanayi Yapıları: İki gruba ayrılır. a)Kolonları, kirişleri ve çatı örtülerinin tamamı çelikten yapılan sanayi yapıları. Büyük yüksekliğe ve açıklığa sahip hem de ağır köprülülük krenlerle işletilen sanayi yapılarıdır. b)Kolonları betonarmeden çatıları ise çelik konstrüksiyonlar ile gerçekleştirilen sanayi yapıları.

Büyük Açıklıklı Sosyal Yapılar: Spor yapıları, pazaryerleri, sergi salonları, vs. özel sanayi yapıları (uçak hangarları gibi). Bu tip yapılarda açıklık 100m'den fazla olur. Büyük açıklıklı bu sistemlerin konstrüksiyon cinsi kiriş, çerçeve, kemerler, asma vs. şeklinde olur.

Çelik Levha Konstrüksiyonları: Rezervuarlar, yağ depoları, bunkerler, büyük çaplı borular, kimyasal ve petrol rafinelerine ait yapılarıdır.

Kuleler ve Pilonlar: Çelik ön çubuklardan oluşturulmuştur.

Radyo anteni, teleskop ve trampelen konstrüksiyonları
Kren ve benzeri hareketli konstrüksiyonlar.

3.5. Çelik Taşıyıcı Sistemlerin Kriterleri ve Sınıflandırılması

Çelik yapıların avantajlarını ve dezavantajlarını değerlendirerek çelik taşıyıcı sistemlerin kriterlerini ve sınıflandırmasını aşağıdaki şekilde yapabiliriz.

Çelik sistemlerin, tasarımda;

- a) Büyük açıklıklar ve küçük kolon en kesitleri
- b) Yapı hafifliği
- c) Servislerin kolay yerleştirilmesi
- d) Çekme kuvvetlerine dayanıklılığı

Yapımda;

- a) Kısa yapım süresi
- b) Hava koşullarından bağımsız olarak yapım olanağı
- c) Gerekli şantiye alanının azlığı

Kullanımda;

- a) İç kolon sayısının azlığı
- b) İskeletin farklı kullanımlara uyarlanabilmesi

c) Sökme ve yıkma kolaylığı gibi yararları yanında yapı maliyetinin nispeten yüksek oluşu ve çok sayıda uzman ve kalifiye eleman gerektirmesi sakıncalı yönleridir. Beton ve çelik uygun özelliklerinden faydalanarak birlikte de kullanılabilir.

d) Ana iskeletin hızlı üretimi ve hafifliği gibi özellikleri nedeniyle çelik, büyük basınç kuvvetlerini taşıyan kolonlarda ve yanal yükleri karşılayan sistemlerde kompozit bir kesit oluşturacak şekilde betonarme ile kullanılabilir. Bu sistemle yapılan yapılar geleneksel betonarme sistem yapılara göre % 30 hafiflik sağlar. Ayrıca çelik yapıdaki kullanım oranına göre de çelik tüketimi azdır. Bu da yapı maliyetini azaltır.

3.6. Çelik – Sıcaklık İlişkisi

3.6.1.Yüksek Sıcaklıkta Çeliğin Mekanik Özelliklerinin Tespiti

Akma sınırı, nihai dayanım, elastisite modülü ve termal genleşme katsayısı, çelik yapıların yüksek sıcaklıkta performansını belirleyen temel mekanik özellikleridir[9]. Termal genleşme katsayısı dışında, bahsi geçen diğer mekanik özellikler gerilme-birim deformasyon eğrileri yardımıyla elde edilmektedir.

Bu eğrilerin elde edilme yöntemi, oda sıcaklığında kullanılan yöntemlerden birçok noktada ayrılmaktadır. Kullanılış amacına göre iki farklı test yöntemi kabul görmektedir:

1. Sabit sıcaklık test yöntemi,
2. Değişken sıcaklık test yöntemi.

Sabit sıcaklık test yöntemi ile numuneye sabit sıcaklıkta, sabit hızla arttırılan çekme birim deformasyonu uygulamaktadır. Bu uygulama makine mühendisliği uygulamalarında kabul gören bir test şeklidir. Nitekim çeliğin sabit sıcaklıklarda ve artan yükler altında kaldığı varsayımı genellikle makine elemanları için uygun olmaktadır. Bu testlerden elde edilen yüksek sıcaklık eğrileri, yüklemeden bağımsız, zamana bağlı sünme deformasyonlarının etkisini içermektedir. Elde edilen eğrilerin karakteristikleri yükleme hızına($\epsilon\%/dak$) bağlı olarak farklılaşmaktadır. Testlerde kullanılan yükleme hızları genellikle $\%0.1\text{-}\%1/dak$. arasında değişmektedir. Birim deformasyon artışının hızlı olduğu testlerde zamana bağlı sünme deformasyonlarının etkisi görülememektedir. Gerilme-deformasyon-sıcaklık eğrilerini ciddi biçimde etkileyen bu unsurun, malzemenin kimyasal birleşiminden kaynaklandığı belirtilmektedir[9].

Değişken sıcaklık test yöntemi ile numuneye sabit yük altında, sabit hızla arttırılan sıcaklık uygulanmaktadır. Termal birim deformasyonlar toplam deformasyonlardan

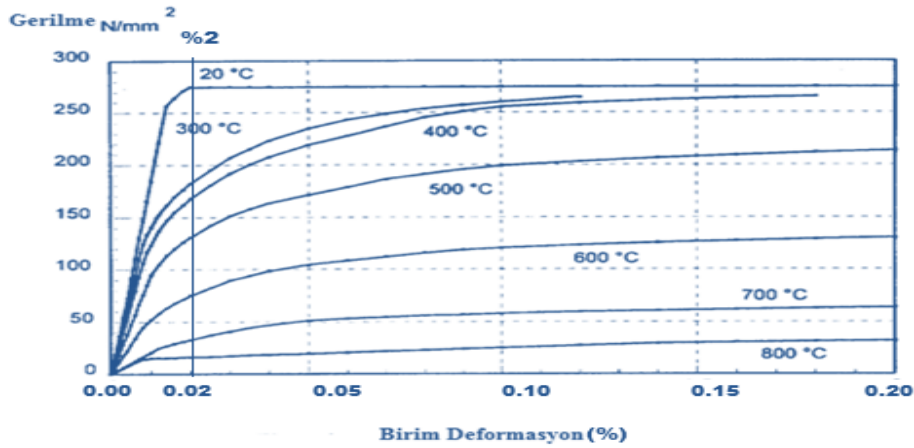
çıkarılmak suretiyle, gerilme-mekanik birim deformasyon-sıcaklık eğrileri, farklı sabit yüklemelerden elde edilen bir seri testten belirlenmektedir. Bu test yöntemi, yangında çelik yapı elemanlarının maruz kaldığı koşullara uygunluğu nedeniyle tercih edilmektedir. Testlerde sıcaklık arttırma hızları, 5°C/dak., 10°C/dak. ve 20°C/dak. olmak üzere 3 ayrı seviyede gerçekleştirilmektedir. Uç sınırlar sırasıyla çok iyi korunmuş ve tamamen korumasız çeliğin ısınma hızlarını temsil etmektedir. Aynı gerilme seviyesi için, ısınma hızı arttıkça birim deformasyon seviyesi düşmektedir. Bu durum yüksek ısınma hızlarında, testlerin daha yüksek bir malzeme dayanımı sergileyeceğini göstermektedir[9].

Birim deformasyonlar %1 seviyesine ulaşana kadar, “değişken sıcaklık” ve “sabit sıcaklık” test sonuçları neredeyse aynıdır. Ancak, %1’den yüksek birim deformasyonlar için, “değişken sıcaklık” testleri “sabit sıcaklık” testlerinden oldukça düşük dayanımlar vermektedir. Zamana bağlı sünme deformasyonları düşük ısınma hızına sahip test bulgularında değerlendirilirken, yüksek ısınma hızlarında etkisinin görülemediği rapor edilmektedir. Bu durumda, yangına maruz korumasız elemanlarda zamana bağlı sünme deformasyonlarının minimal olacağı kabulü yapılabilmektedir[9].

Sonuç olarak, bina yangınlarındaki koşullara uygunluğu ve öngörülen dayanımların güvenli tarafta olması nedeniyle, “değişken sıcaklık” testleri tercih edilmektedir. Mekanik özelliklerin belirlenmesinde diğer bir problem, doğru test metodu kullanılsa da, yüksek sıcaklıklarda gerilme-birim deformasyon eğrilerinin doğrusal olmayan davranışı nedeniyle, akma dayanımının ve akma birim-deformasyonun nasıl belirlenebileceğidir.

Ayrıca, elastisite modülü de bu iki parametrenin oranı olarak tespit edilmektedir. “değişken sıcaklık” test bulgularına ve kiriş yangın testlerinden elde edilen yüksek birim deformasyonlara(%3) dayanarak, %2 birim deformasyon seviyesini, her sıcaklık düzeyinde akma sınırının belirlenmesinde kullanılması uygun olmaktadır[9].

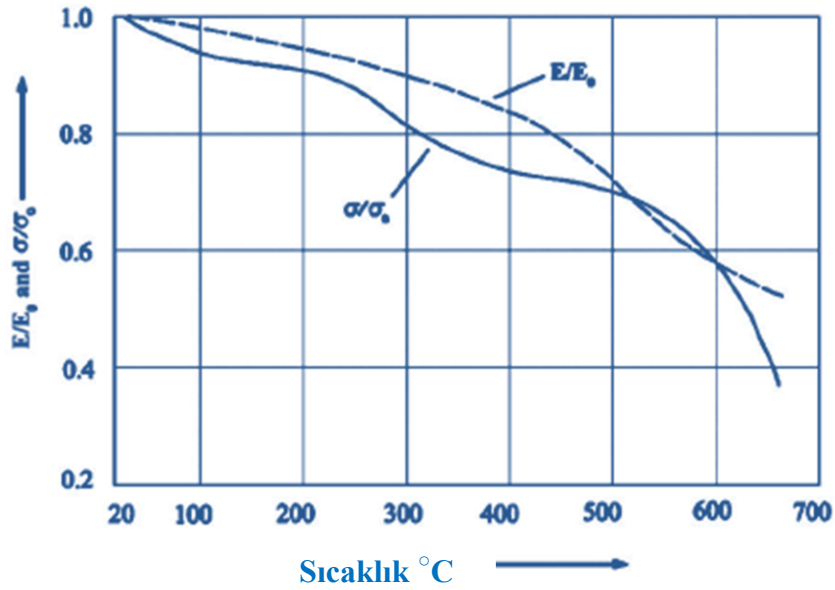
Çeliğin korumalı olarak kullanılması durumunda, yüksek birim deformasyon seviyelerinde izolasyon malzemesinin çelik taşıyıcıya yapışma kriterini sağlaması gerekmektedir. Bu koşul sağlanamadığı takdirde, akma sınırı ve elastisite modülü %1.5, daha da olmazsa, %0.5 birim deformasyon seviyesine göre hesaplanmaktadır. Böylece, hesap akma sınırı düşmekte ve taşıyıcı sistem maliyetleri artmaktadır. Sonuç olarak, kullanılan koruma malzemesinin esneme özelliğinin yüksek olması (%1.5 ve yukarısı), yönetmeliklerin ekonomik olarak uygulanmasını kolaylaştıracaktır. Değişken sıcaklık testlerine bağlı olarak belirlenen çeliğin tipik gerilme-deformasyon-sıcaklık eğrileri Şekil 3.3’ de gösterilmektedir[10].



Şekil 3.3 Yapısal çeliğin yüksek sıcaklıklardaki gerilme-birim deformasyon ilişkisi[10]

Çeliğin elastisite modülü ve akma gerilmesi ikisi sıcaklığın artmasıyla önemli bir biçimde azalan kapasite taşıma yükünü tanımlamak için çok önemlidir[11]. Yangından sonra direncini kurtarabilen yapı malzemesi yalnızca yapısal çeliktir ve uygulanan yüke daha fazla destek olamayan yangın korumasız çeliğin sıcaklığı kritik sıcaklık(538°C) olarak adlandırılır.

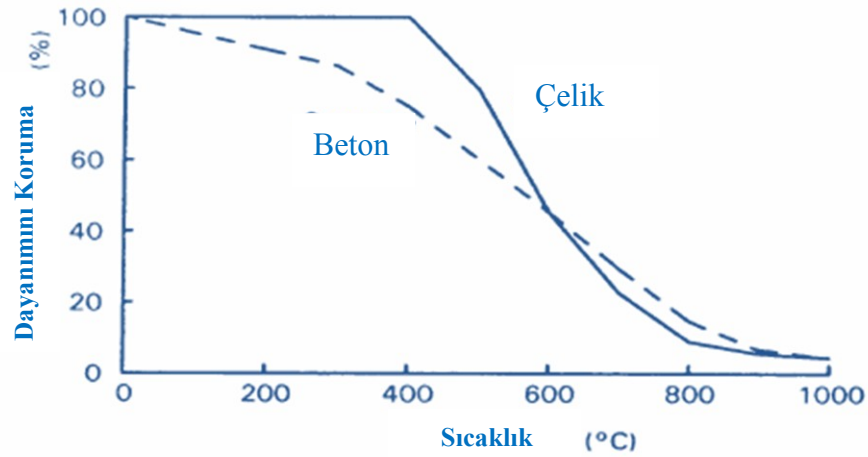
Şekil 3.4 yüksek dayanımlı çelik sınıfının elastisite modülü(E) ve akma gerilmesi(σ) ortalama koşulları temsil eden E_0 ve σ_0 sınıflandırmayı gösterir[11].



Şekil 3.4 Sıcaklıkta yüksek dayanımlı çeliğin elastisite modülü ve akma gerilmesi [11]

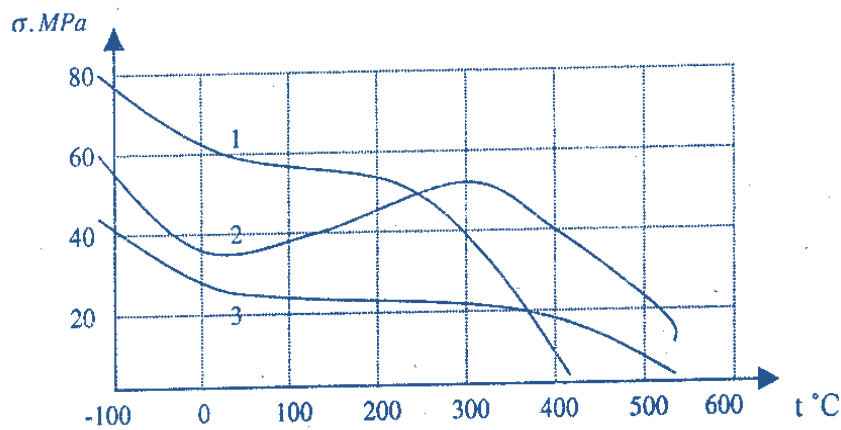
Ağır bir çelik kolon önemli bir biçimde sıcaklığı absorbe eder ve tam gelişmiş bir yangın olması durumunda 30-40 dakika kritik sıcaklığa ulaşmaz. Öte yandan açık bağlantı levhası çelik kirişler ve hafif tipli çelik yapılar aynı yangın altında 5-10 dakika içinde başarısız olabilir.

Çelik ve beton yapının ortak derecesi 600°C dayanımlarının yaklaşık %50 sini kaybederler(Şekil 3.5).



Şekil 3.5 Çelik ve betonun dayanımı[11]

Az karbonlu korumasız çeliğin düşük sıcaklıklarda (σ_a) akma gerilmesi ve (σ_b) kopma gerilmesi düşmeye başlar ve birbirlerine yaklaşırlar. Sıcaklığın 100-200 °C ye çıkması halinde çeliğin σ_a değeri pek değişmez. Sıcaklık 300 °C olunca σ_b değerinde artma görülür[11].



Şekil 3.6 Az karbonlu çeliklerin mekanik özelliklerinin sıcaklıkla değişmesi. 1. Boyuna doğrultuda elastisite modülü (E). 2- Kopma gerilmesi(σ_b). 3- Akma gerilmesi(σ_a)[11]

Sıcaklık 300-400 °C olunca σ_a ve σ_b de düşüşler görülür. 600 °C de σ_a ve σ_b nin değeri yaklaşır, bu durumda çelik yük taşıma özelliğini tamamen kaybeder(Şekil 3.6).

Az karbonlu korumasız çeliğin elastisite modülünde sıcaklığın artışı ile beraber 200°C ile 400°C arasında düşüş hızlanır.

3.6.2. Yangına Maruz Kalan Çelik Kolon, Kiriş, Döşeme ve Yapıların Davranışı

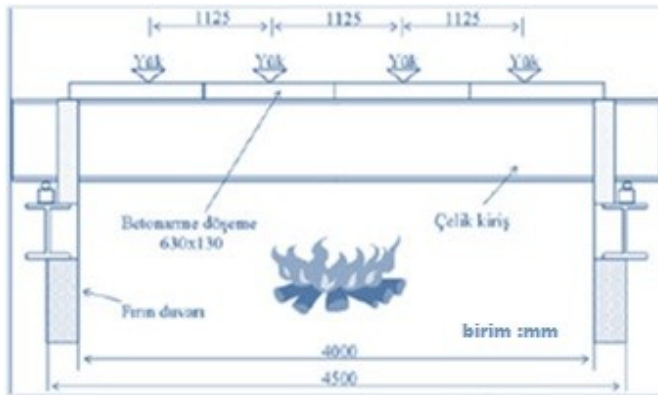
Modern binalarda yangın sonucu oluşan hayat kaybı, direk yanmadan ziyade eşyaların yanması sonucu ortaya yayılan duman ve gazlardan oluşmaktadır. Günümüzde yanınca zehirli gaz ve fazla duman çıkarmayan yapı malzemeleri üretilmektedir.

Çelik yapılar betonarme yapılara nazaran yangın açısından daha kritik durumdadır. Bunun nedeni çeliğin yüksek ısı iletkenliği ve çelik eleman boyutlarının ince olmasıdır. Çelik elemanlar betonarmeye göre yangında daha kolay ısınırlar. Yüksek ısı çelikte elastisite modülü ve akma limitini azaltır. Böylece çelik taşıyıcı sistemler büyük deplasmanlara maruz kalarak dayanımlarını yitirirler.

Yapısal sistemleri etkileyen yangın örnekleri kitaplar, ofis mobilyaları, dosya dolabında bulunan içerikler yapısal sistemin yanmasını etkiler. Yangın sırasında çelik termal enerjiyi önemli miktarda emer. Yangına maruz kalan çelik ortam sıcaklığına soğutulduğunda ısınma ve soğuma döngüsü esnasında bütün yapının istikrarını tam olarak bozmadan bükülme veya yapıda çökme meydana gelebilir. Prensip olarak ekonomi açısından çelik parçaların önemli bir kısmı yangın sonrası değerlendirilerek kurtarılabilir. Hafif bozulmaya maruz kalmış çelik yapılar basit düzleme metotlarıyla yeniden kullanılabilir ve üyeler mekanik özelliklerini tam performans ile kullanabilir.

Sonuç olarak yangın sonrasında çelik yapılara uyarlama, güçlendirme, yenileme yapmak kolaydır.

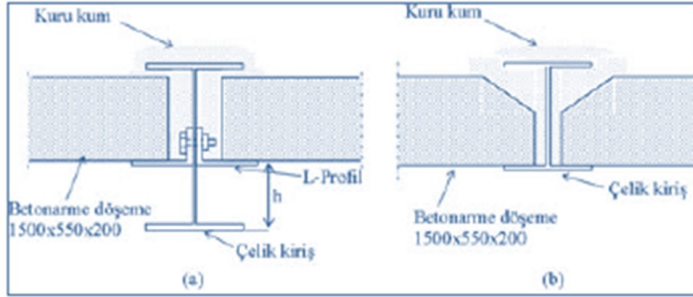
Çelik yapıların yangında davranışlarını belirlemek amacıyla, özellikle Avrupa’da önemli deneysel çalışmalar yürütülmektedir. İlk çalışmalar, 1958 yılında İngiltere’de FRS (Fire Research Station) tarafından üstlenilen kompartman testlerini içermektedir. Yapılan bu çalışmalarda, özellikle yangın sıcaklık artış profili incelenmekte ve davranışı etkileyen faktörler, kompartmanın şekli, ölçeği, havalandırma özellikleri, pencere boşluk seviyeleri, yangın yükü ve dağılımı vb. araştırılmaktadır. Yangında taşıyıcı elemanların performansını inceleyen ilk kapsamlı çalışma BSC (British Steel Corporation) Swinden Laboratuvarları’nda gerçekleştirilen tekil eleman testleridir. Yangın testinde kullanılan yapı 39 kiriş ve 29 kolondan oluşmaktadır. Kirişler için kullanılan test düzeneği Şekil 3.7’ de gösterilmiştir. Test fırını ISO 834 standart sıcaklık-zaman eğrisi ile ısıtılmıştır[13]. Taşıyıcı eleman kesiti ve uzunluğu boyunca oluşan sıcaklık profili ölçülmüştür. 4.5m açıklığında, farklı kesitlere ve yükleme oranlarına sahip kiriş testlerinde döşemenin kompozitlik etkisi, mesnet koşullarının ve birleşim rijitliğinin etkisi araştırılmıştır. Çalışmada geleneksel kiriş-döşeme düzenlerinin yanı sıra, yangın dayanımını arttırmaya yönelik radikal formlara sahip kiriş-döşeme tipleri de araştırılmıştır(Şekil 3.8).



Şekil 3.7 BSC basit mesnetli tekil kiriş test düzeneği[9]

Testler, kiriş orta açıklık deplasmanı $L/30$ (L :açıklık) değerine ulaştığında göçtüğü kabul edilerek sonlandırılmıştır. Kolonlarda ise, 3 m uzunluğunda farklı kesitlerde kolonlar kullanılmıştır. Kolon testlerinde üç farklı düzenek kullanılmıştır. İlk

test düzeneğinde kolonlar korumasız olarak ve dört tarafından ısı etkisine maruz bırakılarak test edilmiştir. İkinci düzenekte kolonlar gövdelerine beton briketlerle koruma yapılarak yangın performansları incelenmiştir. Üçüncü düzenek tipinde ise, kolonlar boşluklu duvar içerisinde yangına maruz bırakılmıştır(Şekil 3.9)[9].



Şekil 3.8 Yangın dayanımının artırılmasında kullanılan farklı kiriş – döşeme tipleri
a)ince-dirsek katlı kiriş, b)İnce-katlı kiriş[9]

Çalışmadan elde edilen sonuçlar incelendiğinde, kirişlerin yangın dayanımları hakkında aşağıdaki yargılara varılmıştır:

1. Yükleme oranı arttıkça kirişin çökme sınır değerine daha erken ulaştığı tespit edilmektedir.

Testlerde basit mesnetli ve kompozit olmayan kirişlerde yükleme oranı 0.245-0.54 arasında değişmiştir. Bu kirişler 21 ile 35.5 dak. arasında dayanım göstermişlerdir. 0.54 yükleme oranı için, göçme süresi 27 dak. alt başlık sıcaklığı ise 647°C olarak ölçülmüştür. 0.245 yükleme oranı için bu değerler sırasıyla 35.5 dak. ve 682 °C olarak belirlenmiştir. Diğer ara yükleme oranları için göçme 30. dak.'da ve 701°C civarında gerçekleşmiştir[9].

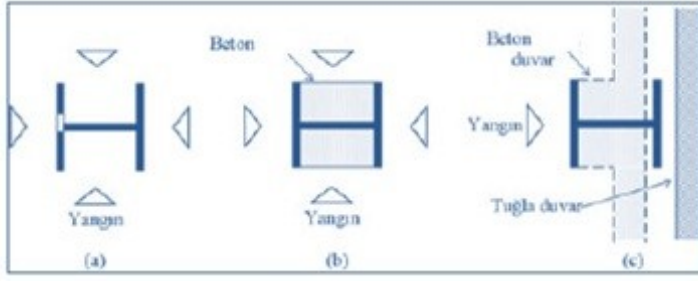
2. Yüksek yükleme oranında (0.9) 23 dak. göçme süresi ile, hemen hemen döşemenin kompozit olmadığı testlerdeki kadar bir göçme süresi elde edilmiştir. Daha düşük yükleme oranlarında (0.5) ise kompozit kirişin göçme süresi 35 dakikaya kadar çıkmış, göçme sıcaklığı ise 742°C bulunmuştur. Aynı yükleme oranında, kompozit

olmayan benzer boyutlardaki kiriş 23 dak. dayanım sergilemiştir ve göçme sıcaklığı 660°C 'ye düşmüştür. Bu durum, göçme süresinde %40, göçme sıcaklığında da %13 artışa karşılık gelmektedir[9].

3. Testlerde bir diğer önemli unsur olarak mesnet özellikleri ve rijitlik derecesi gözlenmiştir. Birleşim veya mesnet rijitliğinin artmasıyla, birleşimin taşıdığı moment artmış, açıklık momenti ise azalmıştır. Buna bağlı olarak yüksek sıcaklıklarda dayanım süresi de artmıştır. Aynı yükleme oranında mesnet rijitliğinin açıklık momentinin %30'u olduğu testte göçme süresinin 33 dak. ve göçme sıcaklığının 759°C olduğu ölçülmüştür. Rijitliğin %100 düzeyine çıkarıldığı testlerde aynı değerler sırasıyla 60 dak. ve 900°C bulunmuştur[9].

4. 'İnce-dirsek katlı kiriş' ve 'İnce-katlı kiriş' kompozit kiriş türlerinin de yangın dayanımını arttırdığı yapılan testlerden anlaşılmıştır(Şekil 3.8). Altı 'İnce-dirsek katlı kiriş' testinde kirişlerin yükleme oranları 0.43 ile 0.53 arasında değişmiştir. Bu tip kiriş sistemlerinde L-profilin I-profil gövdesine bağlandığı yükseklik önemli olmaktadır. L-profilin kiriş alt başlığından olan mesafesinin 282mm olduğu testte göçme 29.dak.'da, 733°C 'de tespit edilmiştir. Ancak bu mesafenin 182mm olduğu testte, göçme 94.dak.'da ve 992°C 'de gerçekleşmiştir. Bu tip kirişlerde L-profilin üzerine oturan beton döşeme çelik kirişte sıcaklığın yükselme hızını azaltarak, dayanımın önemli oranda artmasını sağladığı gözlenmiştir[9].

5. 'İnce-katlı kiriş' döşeme-kiriş tipinde ise iki ayrı test uygulanmıştır (Şekil 3.8). Testlerde yükleme oranı 0.5 olarak seçilmiştir. Döşeme plağının dolu kesitli olarak düzenlendiği testte göçme 93. dak.'da ve 948°C ' de ölçülmüştür. Betonarme döşemenin içerisinde boşlukların olması durumunda ise, kirişin gövdesinde ve üst başlıkta sıcaklık daha hızlı arttığından göçme 44. dak.'da ve 757°C 'de elde edilmiştir. 'İnce-dirsek katlı kiriş' ve 'İnce-katlı kiriş' tipi kirişlerde yangın dayanımının hiçbir koruma uygulanmadan oldukça yüksek olduğu görülmüştür. Kolon testleri ile ilgili bulgulardan aşağıdaki yargılara varılmaktadır[9]:



Şekil 3.9 Kolon testlerinde kullanılan düzenekler, a) Korumasız kolon, b)Gövde beton briketle korunmalı, c)Boşluklu tuğla duvarla koruma[9]

1. Kolon testlerinde ‘ H_p/A ’ değerleri kolon davranışını önemli derecede etkilemektedir. Bu etki daha sonra detaylı bir biçimde incelenecektir. Korumasız kolonların test edildiği ilk düzenekte(Şekil 3.9) kesit faktörünün 180 m^{-1} olduğu koşullarda kolon göçmesi 23. dak.’da ve 686°C ’ye eriştiğinde oluşmuştur. Kesit faktörünün 28 m^{-1} olması halinde ise aynı değerler 46. dak. ve 620°C olarak ölçülmüştür. Görülmektedir ki, göçme sıcaklığı artış göstermese de, göçme süresi önemli oranda artmıştır[9].

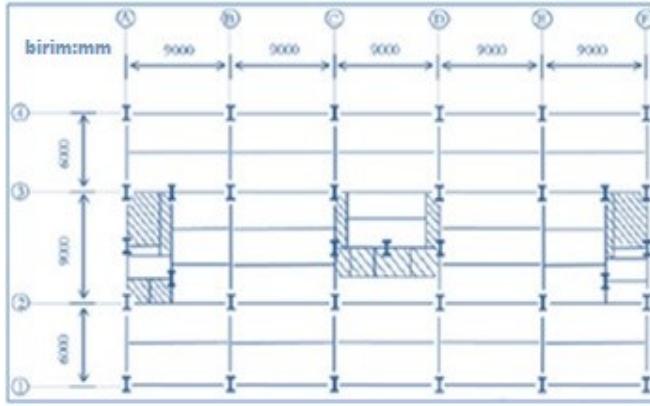
2. Gövdenin beton briketlerle korunduğu testlerde, kesit faktörünün 111 m^{-1} olması halinde, 23.dak.’da ve 565°C ’de göçme saptanırken, kesit faktörünün 69 m^{-1} olduğu durumda göçme 38. dak.’da ve 701°C ’de gerçekleşmiştir. Bir nevi korumalı olmaları sebebiyle, bu testlerde azalan kesit faktörü nedeniyle hem göçme süresi, hem de göçme sıcaklığı artış göstermiştir[9].

3. Boşluklu tuğla duvarın içerisinde kolonların tek yönde ısıya maruz bırakılmasıyla, 79 m^{-1} kesit faktörü için 30 dak. dayanım ve 736°C sıcaklık ölçülmüştür. Kesit faktörünün 24 m^{-1} ’e düşürülmesi halinde 180 dak. dayanım ve 1048°C göçme sıcaklığı elde edilmiştir. Tekil eleman deneyleri, uygun konstrüktif kararlarla, çeliğin korumasız olarak yüksek dayanım süresi elde edebileceğinin ilk bulgularını sunmaktadır. Ancak bu testler yangına maruz elemanın komşu elemanlarla etkileşimini, soğuk taşıyıcı elemanlara yük aktarımını ve sürekli döşeme plağının dayanıma olan katkısını tam olarak gösterememiştir. Çeşitli araştırma sonuçları yangınları mevcut standartlara göre yapılan yangın korumasının gereğinden fazla olduğu

göstermektedir[9]. Bu durum, mevcut standartların iyileştirilmesini ve çelik binalarda gerçek yangın davranışının tam ölçekli yapılar kullanarak yapılmasının gerekliliğini ortaya çıkartmaktadır. Bu sebeplerden dolayı 1994 yılında İngiltere Cardington’da (Large Building Test Facility), BRE (Building Research Establishment) ve BS (British Steel) tarafından ofis binası akslarına sahip, sekiz katlı çelik tam ölçekli test binası inşa edilmiştir[12]. Yukarıda bahsedilen amaçlara ek olarak, tam ölçekli bina testleri, çelik yapıların yüksek sıcaklıklarda performansını tahmin eden bilgisayar modellerine veri temini görevini de yerine getirmektedir. Şekil 3.10’de gösterilen test binası 21x45 m boyutlarında, 33 m yüksekliğinde, uzun kenarında beş, kısa kenarında üç açıklıktan oluşmaktadır. Yapı standart bir ofis binasında olması gerekli yüklemelere göre tasarlanmıştır[13].



Şekil 3.10 Cardington test binası[13]



Şekil 3.11 Cardington test binası planı[9]

Cardington'da BRE tarafından iki, BS tarafından dört yangın testi gerçekleştirilmiştir(Şekil 3.11). Testlerden ikisi kiriş, diğer dördü kompartıman testleridir. Kiriş testlerinde yapıda yangın sırasında yangından etkilenmeyerek soğuk kalan elemanların davranışa olan etkisi araştırılmıştır. Kompartıman testlerinde ise kiriş davranışlarının yanı sıra, kompozit döşemenin membran(ayırıcı ya da seçici geçirgen malzemelerin genel adı) etkisi ve yüksek sıcaklıklarda yük taşıma mekanizmaları incelenmiştir. Birinci test yedinci katta, D2 ve E2 kolonları arasına yerleşen ve mafsallı birleşimi olan 9 m açıklıklı 305x165x54UB kirişi üzerinde gerçekleştirilmiştir. Test yaklaşık 165 dak. sürmüştür. Kirişte en yüksek sıcaklık açıklık ortasında, alt başlıkta 875°C , çökme değeri ise 232 mm ($L/39$) olarak ölçülmüştür. Test sonrasında kirişin fırın içerisinde kalan her iki ucunda yerel burkulmalar gözlenmiştir. İkinci test, üçüncü katta, B1 ve B4 aksları arasında bulunan, dört kolon ve üç ana kirişten oluşan toplam 21m uzunluğundaki sürekli çerçevede gerçekleştirilmiştir. Yapılan testte 9 m açıklığındaki orta kirişte çökme, özellikle 110. ve 125. dakikalar arasında ani bir artış göstermiştir. Bunun nedeni olarak kiriş-kolon birleşim bölgesinde oluşan aşırı deformasyon gösterilmiştir. Bu kolonlarda düşey deformasyonun 670°C civarında olduğu ve yaklaşık 180 mm olarak ölçüldüğü rapor edilmiştir. Böylece döşemede de yaklaşık 180 mm çökme görülmüştür. Ana kirişlerde en büyük çökme ($L/34$) alt başlıkta sıcaklığın 820°C 'ye, kolonlarda ise 750°C 'ye ulaştığında ölçülmüştür. Üçüncü test, E2 ve F1 aksları arasında bulunan kompartımanda gerçekleştirilmiştir. Isı artışı 45 kg/m^2 'lik ahşap parçaların yakılması ile sağlanmıştır[9].

Test sırasında pencerelerde bırakılan 6.6 mx1.8 m ebatlarındaki boşluk ile yangında oksijen girişi sağlanmıştır. En yüksek sıcaklık E2/F2 kirişinde 1014°C olarak elde edilmiştir. En büyük çökme değeri kompartıman ortasında bulunan tali kirişte, 954°C’de 428 mm olarak belirlenmiştir. Dördüncü test, binanın ikinci katında, 54 m² alana sahip E3 ve F4 aksları arasında bulunan köşe kompartmanda gerçekleştirilmiştir. Testte, yangın başlatıldıktan sonra sıcaklık artmakta, fakat oksijen eksikliğinden dolayı yangının şiddeti azalmakta ve az oksijenli yanma etkisi oluşturulmuştur. Bu durum 55. dak.’ya kadar sürdürülmüş ve daha sonra pencerelerden biri kırılmıştır. Ortama hava girişi sağlandığından, sıcaklıkta küçük bir artış gözlenmekte ve ikinci pencerenin 64. dak.’da kırılmasıyla ani parlama meydana gelmiştir. 94. ve 100. dakikalar arasında ise, geriye kalan pencereler de kırılmak suretiyle ani parlama sonrası etkiler araştırılmıştır. 102. dak.’da kompartman ortasında, tavanın 1.2 m altında oda sıcaklığı 1051°C olarak ölçülmüştür. En yüksek sıcaklık kompartıman ortasında bulunan tali kirişin alt başlığında 114. dak.’da 903°C olarak ölçülmüştür. Döşemede buna bağlı olarak 130. dak.’da 269 mm ile en büyük çökme değeri kaydedilmiştir. Beşinci test ikinci katta ve 340 m²’lik alanda, A ve C aksları arasında gerçekleştirilmiştir. Yangın başlatıldıktan sonra her iki aks üzerindeki bütün camlar kırılmıştır. Böylece bölümün geniş bir açıklıkla havalandırması sağlanmıştır. En yüksek ortam sıcaklığı kompartıman ortasında 746°C, kirişlerde ise 691°C olarak kaydedilmiştir. Döşemede en büyük çökme 557 mm olarak ölçülmüştür. Kiriş-kiriş birleşim noktalarının yakınlarında yerel burkulmalar gözlemlenmiştir. Ayrıca birleşim noktalarındaki bulonlarda soğuma dolayısıyla kopmalar görülmekte, birleşim levhasının kesilmesiyle kaybolan kesme direnci kompozit döşemede geniş çatlaklar oluşmuştur. Cardington’da icra edilen altıncı test, 135 m²’lik kompartımanın gerçek bir ofis binası yangını ile simüle edilmesinin bulgularını vermiştir. Bölümde pencere boşlukları izin verilen en küçük boyutlarda (toplam 11.3 m²) inşa edilmiştir. Testte ölçümler göçme süresini belirleyen 90 dak. boyunca sürmüştür. Test sırasında en yüksek ortam sıcaklığı yaklaşık 39. dak.’da 1213°C olarak belirlenmiştir. Korumasız kirişlerde en yüksek sıcaklık ise, 64.dak.’da 1150°C olarak ölçülmüştür. Bu testte en büyük çökme 45. dak.’da 640mm. olarak belirlenmiştir. Pencere üzerinde bulunan dış kirişlerde en yüksek sıcaklık 813°C olarak elde edilmiştir. Kolonların çevresindeki döşemede ise büyük çatlaklar görülmüştür[9].

Kirişlerin gövdelerinde ve alt başlıklarda da yerel burkulmalara rastlanmıştır. Bütün testlerde dayanım süreleri ve ulaşılan çelik sıcaklıkları tekil eleman testlerinden oldukça yüksektir. Ayrıca, çeliğin yüksek sıcaklıklara maruz kaldığı uzun süreler göz önüne alındığında, göçme durumunun yaşanmaması dikkat çekicidir. Bu durumda, çeliğin yerel kompartıman yangınlarında beklenenden çok daha mukavim(dayanıklı) olduğu gerçeği ile karşılaşılmıştır[9].

3.6.3.Çelik Yapıların Yangın Yüğü

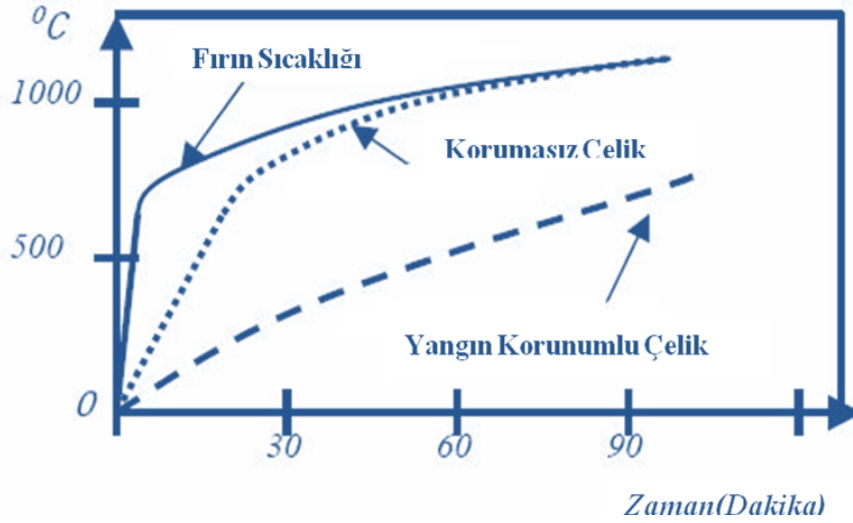
Çelik yapıların yangın yüğü ahşabın yangın yüğü ile yani Kg wood/ m^2 (1 Kg wood = 18 MJ) ifade edilebilir[14]. En çok karşılaşılan yangın yükleri Tablo 3.1’de sunulmuştur. Yangın yükünün değerleri ülkeden ülkeye, yangının bir ortamda nasıl meydana geldiğine göre değişebilir.

Tablo 3.1 Çelik Yapılarda yangın yüğü[14]

Çeşitli Yapılar için Yangın Yüğü Örnekleri	
Çelik Yapı Tipi	Kg wood/ m^2
Okul	15
Hastane	20
Otel	25
Ofis	35
Mağaza Deposu	35
Tekstil ürünleri gösterilen mağazalar	>200

Çelik yapıların yangın değerlendirilmesinde zaman 1/2, 1, 2, 3, 4 saat gibi birimlerle ifade edilir. Belirtilen zaman ne gerçek yangın süresi ne de konaklayanlar için kaçış süresini temsil eder. Yangın güvenliğine uyumlu olup olmadığı yapıların standartlarla karşılaştırılması yoluyla sağlanır. Temel olarak standartlar laboratuvar koşullarında yapısal çelik elemanların dayanıklılıklarını gösterir.

Şekil 3.12 laboratuvar ortamında ateşten korunan ve korunmayan çeliğin performansını göstermektedir. Korunmamış çeliğin ısınma düzeyi yangından korunmuş çelikle karşılaştırıldığında oldukça yüksektir.



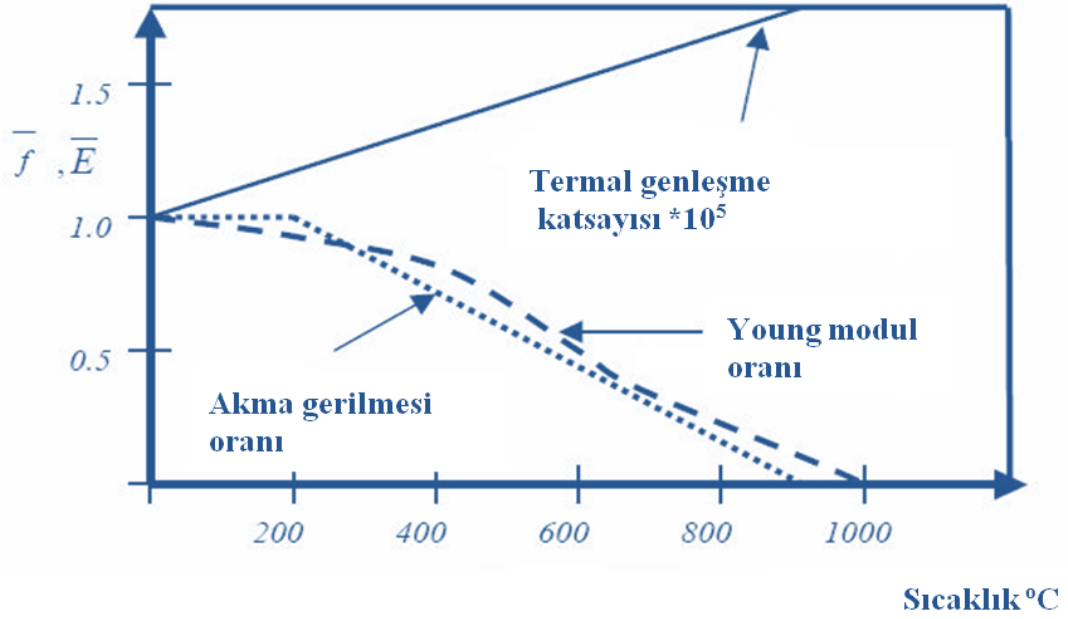
Şekil 3.12 Yapısal çeliğin ısınma düzeyi[14]

Çelik yapıların yangın direnci zaman eşitliği ya da yangın düzeyi hesaplandığında:

$$T_{eq}(\text{Dakikalar}) = CWQ_f \quad (3.2)$$

Q_f yangın yükü MJ/m^2 yanıcı malzemenin miktarına bağlıdır. W Kapı ve pencerelerin yükseklik ve genişliğine bağlı havalandırma faktörü, C duvar, taban, tavan ısı özellikleri ile ilişkili katsayı, büyük açıklıklı bir bina için W değeri 1.5 ve yüksek yalıtımlı malzemeler için 0.09 değeri seçilir.

Şekil 3.13'de gösterilen çeliğin yüksek sıcaklıktaki elastikliğinin boyutsal olmayan varyasyonları, akma gerilmesi ve termal genleşme katsayısı (3.3), (3.4), (3.5) kullanılarak tasarım içinde yangın yükünün bulunmasında faydalıdır.



Şekil 3.13 Yükselen sıcaklıklarda çeliğin mekanik özellikleri[14]

20° C değeri ile T sıcaklığında Elastisite oranının modüler varyasyonları $\bar{E}$ aşağıda verilmiştir.

$$0^{\circ}\text{C} < T < 600^{\circ}\text{C} \text{ için } \bar{E} = \frac{E(T)}{E(20^{\circ}\text{C})} = 1.0 + \frac{T}{2000 \ln \left[\frac{T}{1100} \right]} \quad (3.3)$$

$$600^{\circ}\text{C} < T < 1000^{\circ}\text{C} \text{ için } = \frac{690(1.0 - \frac{T}{1000})}{T - 53.5}$$

Çeliğin akma gerilmesi yaklaşık 215°C'ye kadar kararlı kalır. Daha sonra gücünü yavaş yavaş kaybeder. Akma gerilmesi oranı $\bar{f}$ (20 °C akma gerilmesi ile ilgili) sıcaklık T ile ilişkisi verilmiştir[14].

$$\bar{f} = \frac{f_y(T)}{f_y(20)} = 1.0 \quad 0^{\circ}\text{C} < T < 215^{\circ}\text{C}$$

$$\frac{905 - T}{690} \quad 215^{\circ}\text{C} < T < 905^{\circ}\text{C} \quad (3.4)$$

Temel bir biçimde sıcaklıkla termal genleşme katsayısı α aşağıdaki gibi ifade edilebilir[13].

$$\alpha(T) = \left(12.0 + \frac{T}{100}\right) \times 10^{-6} \quad (^\circ\text{C})^{-1} \quad (3.5)$$

Yukarıdaki denklem ateşe maruz kalan çelik yapıların analizi ile ilgili olduğu için oldukça faydalıdır.

Yangına maruz kalan çelik yapılar için laboratuvar uygulama kodları dayanıklılık eğrileri genellikle yüksek sıcaklıklarda olan yapısal çelik için sağlanmıştır.

Bu eğrilerde dayanıklılıkla gerilme en önemli parametrelerden biri olarak değerlendirilir. Örneğin BS:5950 bölüm 8[15] gerilme %1.5 olmasına karşın Eurocode 3 bölüm 10[16]'da gerilme % 2 dir. %0.5 daha düşük gerilme ince yangın koruma malzemeleriyle kolon ya da bileşenleri için kullanılabilir.

3.7.Yangına Dayanıklı Çelik

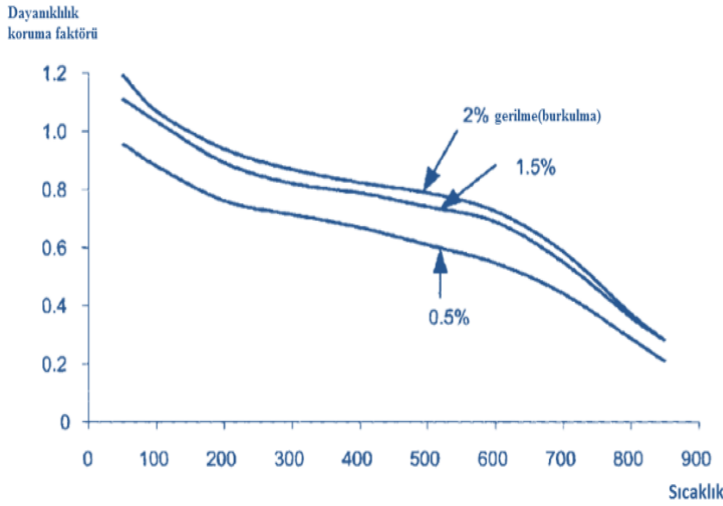
Çelik yapıların yangın güvenliğinde çelik kesit tipini açıklamak için “Yangına dayanıklı çelikler(FRS)” ismi kullanılır[17]. Temelde termo-mekanik bir biçimde işlenen çelik sıradan yapısal çeliklerden yapısal bir biçimde yangında çok daha iyi performans sağlar. Sıradan yapısal çeliğin mikro yapısı ferrit-pearlit(çeliğin fazları)’e sahiptir ama Molybdenum(Mo) ve Chromium(Cr) yapıya sahip çelik 600 °C bile dayanımını korur. Yangına dayanıklı çeliğin birleşimi Tablo 3.2’de sunulmuştur.

Tablo 3.2 Yangına dayanıklı çeliğin kimyasal birleşimi[17]

	C	Mn	Si	S	P	Mo+Cr
FRS	≤0.20%	≤1.50%	≤0.50%	≤0.040%	≤0.040%	≤1.00%
Sıradan Çelik	≤0.23%	≤1.50%	≤0.40%	≤0.050%	≤0.050%	*

Yangına dayanıklı çelikler yaklaşık 600°C sıcaklığa ulaştığında oda sıcaklığında akma gerilmesi gücünün $\frac{2}{3}$ 'ünü gösterir. Buna göre çelik yangına karşı doğal koruyucudur. Yangına dayanıklı çelikler ön-ısıtma olmadan kaynak yapılabilir ve ticari olarak kirişler, bağlantılar ve dirsekler için uygundur[17].

Yangına dayanıklı çelik için en iyi yollardan biri de FRS çelik paslanmaz çeliktir. Şekil 3.14'de gösterildiği gibi paslanmaz çelik yaklaşık 800°C gibi çok yüksek sıcaklıkta dayanıklılığının yaklaşık %40'nı korur. Paslanmaz çeliğin çok yüksek yansıtıcı yüzeyi vardır. Paslanmaz çeliğin yüzey salınımı düşüktür[17].



Şekil 3.14 Paslanmaz çeliğin koruma faktörü[17]

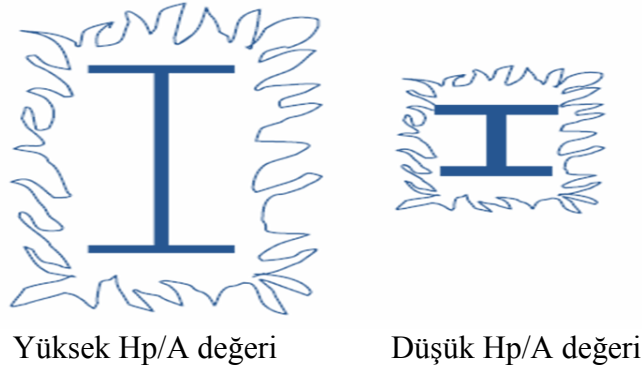
Yüksek dayanım ve düşük sıcaklık kombinasyonu yangın koruma olmadan paslanmaz çeliğin kullanımını sağlar.

3.8.Çelik Yapıların Yangın Güvenliğinde Hp/A Faktörü

Çelik yapıların yangın sırasındaki temel sorunu binada bulunanların güvenli bir biçimde çıkması için yeterli zamanın olmaması ve erken çökmesidir[14]. İlk olarak yapı malzemesi normal sıcaklık altında tasarlanmış olabilir sonrasında yangına karşı gerekli

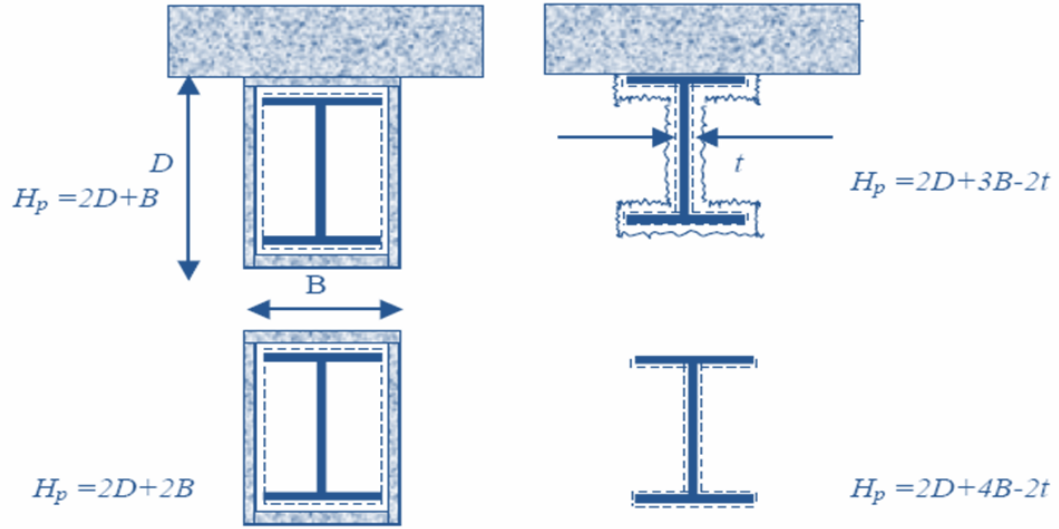
malzemelerle izole edilebilir. Çelik yapılarda yangın izolasyonunun kalınlığının hesaplanmasında ‘Kesit Faktörü’ (H_p/A) yöntemi kullanılmaktadır. Çelik eleman kesitinde yangının etkiyebileceği yüzeyin uzunluğunun (H_p) kesit alanına (A) oranı, o profilin kesit faktörünü belirlemektedir. Bu oran büyüdükçe eleman içinde sıcaklık profili hızlı bir artış göstermekte ve mukavemet kaybı daha kısa sürede oluşmaktadır[14].

Şekil 3.15’de görüldüğü gibi düşük bir (H_p/A) değerli kesit yüksek bir (H_p/A) değerli kesitten normal bir biçimde daha düşük düzeyde ısınır ve bundan dolayı daha yüksek yangın dayanımı sağlar.



Şekil 3.15 Kesit faktör kesiti[14]

Düşük H_p/A sahip çelik elemanlara daha az izolasyon gerekir. Örneğin yapısal kesitte daha kalın olan çelik eleman düşük bir H_p/A değerine sahip olur ve bundan dolayı daha düşük ısınma düzeylerine sahip olurlar. Kesit faktöründe çeliği yangından korumak için kullanılan koruma miktarının doğrusu bilinmek istenebilir. Yangından korunmuş kesitlerin tipik H_p değerleri Şekil 3.16’de sunulmuştur[14].



Şekil 3.16 Yangından korunmuş çelik kesitlerin H_p birkaç tip değeri[14]

Gerekli olan yangın yalıtım malzemesi kalınlığı, koruma biçimi kararlaştırıldıktan sonra, öngörülen koruma süresini ve kesit faktörlerini kullanarak üretici firmanın temin ettiği kalınlık tablolarından elde edilebilir (Tablo 3.3).

Tablo 3.3 Yangın dayanımının sağlanabilmesi için ' H_p/A ' oranına göre gerekli yalıtım kalınlığı[14].

H_p/A	Yangın dayanımı için gerekli koruma kalınlığı (mm)					
	½ saat	1 saat	1½ saat	2 saat	3 saat	4 saat
150	10	12	23	33	54	75
170	10	13	24	35	57	79
190	10	13	25	37	60	83
210	10	14	26	38	62	86

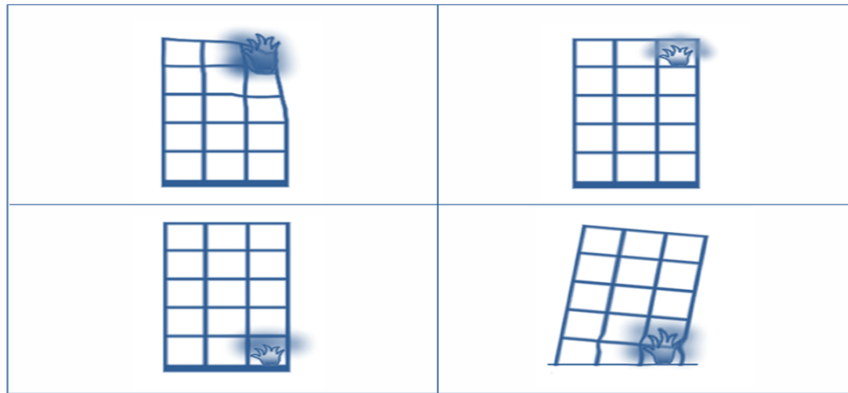
H_p/A için yük oranını tanımlarsak

$$\text{Yük Oranı} = \frac{\text{Yangın sınır koşulunda uygulanan yük}}{\text{Normal koşullar altında başlı başına üyelerin taşıdığı yük}}$$

Eğer yük oranı 1'den az olursa hiçbir yangın koruması gerekmez. Kirişlerde uygulanan başka bir yol ise istenen yangın direnme zamanındaki moment kapasitesinin meydana gelen momentle karşılaştırılmasıdır. Moment kapasitesi yangına direnme momentinin altında ise yangın koruma zaruri değildir.

3.9.Çelik Yangın Koruma Konseptleri

Yangın esnasında yapım elemanlarının performansını karakterize etmek için kullanılır. Özel koşullar altında işlevini devam ettiren bir parçanın zaman olarak ifade edilmesidir. Bu işlevler yangın yayılmasını sınırlama, diğer malzemelere destek olma dayanıklılık, göçmeme kabiliyeti vb. dir. Bütün malzemeler göçmesine etkili bir biçimde neden olan yanma sonucunda oluşan yük onların destekleme kabiliyetlerini kaybetmelerine neden olur. Yapının bütün davranışını kontrol eden komponentlerin nasıl değerlendirildiğine bağlı olarak bir göçmenin sonuçları çok değişkendir. Yüksek blokların ayaklarındaki kolonların başarısızlığı bütün blok olarak göçmesine neden olabilir. Bir yapıdaki tek kiriş çerçeve başarısızlığı yalnızca minimal yerel zarara neden olabilir. Yangın yükleri yapısal elementlere ve öteki komponentlere transfer edildiğinden direkt bir biçimde yangın tarafından etkilenmez. Şekil 3.17'e göre yukarı kat ve göçmenin sonuçları büyük değildir ve zemin katta çok daha kritik yangın sonuçları meydana gelir[14].



Şekil 3.17 Farklı katlar ve sonuçlarda yangın[14]

4.ÇELİK YAPILARIN YANGINA KORUNUMU

Bu bölümde yangına maruz kalan çelik üyelerin yangın sırasındaki davranışı, çelik yapılardaki aktif ve pasif yangın güvenlik önlemleri incelenmiştir.

4.1.Yangına Maruz Kalan Çelik Elemanların Tasarımı

Çelik binalarda yapısal parçaların herbiri temel yangın koruma gereksinimlerini karşılamalıdır. Doğal bir biçimde her bina yapımı yangını güvenli bir biçimde yapısal yükleri taşıyan sınır zamanını gösteren yangın düzeyleriyle sınıflandırılır. Öte yandan tasarımcılar bina yapımında kullanılan her bina malzemesi için yangın dayanım değerlerini hesaplamalıdır.

4.2.Yangına Maruz Kalan Çelik Elemanların Bağlantı Tasarımı

Çelik binanın tasarımında yangın konseptinin ne olması gerektiği konusunda bazı kriterler vardır[18].

Çelik binanın tasarımında yangın koruma konsepti çelik binanın tasarımının bütünleyici bir parçası olmalıdır. Yapım süreci ve bütün tasarım göz önünde tutulmalıdır.

Bir binanın yangın güvenliğinin ana amacı etkili tasarım ve yapım önlemleri kullanılarak mülk ve yaşam kayıplarının riskini azaltmaktır. Buna karşın binanın yangın zararının olasılığı tam anlamıyla yok edilemez. Bina yangın güvenliği bazı uygun tasarım özellikleri kullanılarak kabul edilebilir minimize risk düzeyine ulaşılması hedeflenir.

Bir çelik binanın tasarımı aşağıdaki maddeleri ihtiva etmelidir[18].

a)Binanın yangın yayılma ve yangın gelişim senaryosu,

- b)Olası binada oturanların sayısı ve bir yangın tehlikesi altında güvenli boşaltması,
- c)Yangın uyarı sistemleri ve boşaltma süreçleri,
- d)Yangın altında binanın havalandırma koşulları,
- e)Yangın etkisine karşı bina malzemelerinin yapısal cevabı,
- f)Bina tasarımında istenen ilişkilendirilmiş yangın kodu.

Bir çelik binanın yapısal yangın tasarımında yangına dayanım sistemi aktif ve pasif olarak iki tanedir.

4.3.Çelik Yapıların Dayanımında Aktif Önlemler

Aktif önlemler bina bittikten sonra kurulan alarm ve yağmurlama sistemleri gibi genellikle mekanik savunma ve önleme sistemleridir. Bunlar; yangın başlangıçlarının bulunmasını sağlayan ısı, duman, alev ve gaz detektörleri gibi algılayıcılar, yangın başlangıçlarını, ses çıkararak, kullanıcılara haber veren erken uyarı sistemleri ve ateşi kontrol altında tutan söndürme sistemlerinden oluşurlar[18]. Bu tip mekanik sistemler genellikle çok pahalıya mal olmakta, bu nedenle de bina veya içindekiler çok değerli olmadıkça geniş bir aktif savunma sisteminden kaçınılmaktadır. Örneğin, ülkemiz imkânları içinde bir binaya yağmurlama sistemi koymak pek çok bina sahibine külfetli gelmektedir. Bu olay pek çok Batı ülkesinde de böyledir. Dolayısıyla yangını önlemede en büyük pay planlama safhasında alınan, pasif önlemlere düşmektedir.

Ayrıca aktif yangın güvenlik önlemleri, genelde mekanik sistemler olduğundan, makine mühendislerinin ilgi alanında olsalar da, bu tip mekanik sistemlerin diğer bina alt sistemleri ile bütünleştirilmesi konusunun mimarları ilgilendirdiği açıktır.

Yangın söndürme amacı ile kullanılmak üzere kullanılabilecek aktif güvenlik önlemleri için kullanılan tesisatlar aşağıda sıralanmıştır [18].

4.3.1.Erken Uyarı

Isı, duman, alev ve gazı algılayabilen detektörlü erken uyarı sistemleri, yangını nispeten ufak ve kolay söndürülebilir durumda iken haber verir. Küçük yangınlar daha az hasar verdikleri ve bu durumun binanın ileri derece hasar görerek çökmesini engellediği için insanların zarar görmesini engeller. Yeni sistemlerde, binanın 1. veya 2. bodrumunda veya ilk kattaki lobi alanında, güvenlik odasının yakınında bir yangın kontrol odası bulunmaktadır[19].

Modern alarm panoları, detektör tipine, odanın içinde bulunduğu konumu ve diğer değişen koşulları bildirecek şekildedir. Bir alarm durumunda gerekli tedbirlerin alınması için tüm bu bilgiler bina yangın amirine bildirilmelidir[20].

Bir yangın algılama sistemini oluşturan öğeler üçe ayrılır. Giriş cihazları, değerlendirme ünitesi ve çıkış cihazları. Giriş cihazları, ısı, duman, alev ve gaz detektörleri, düğme gibi fiziksel uyarıları algılayan cihazlardır. Bu cihazlardan gelen uyarılar, merkezi bir değerlendirme ünitesinde (panelde) toplanır. Panelde tanımlı olan parametre ve programlara bağlı olarak değerlendirilen uyarılar neticesinde çıkış cihazları vasıtasıyla gerekli önlemler alınır. Çıkış cihazları arasında sesli ve ışıklı cihazların yanı sıra havalandırmaya kumanda eden çıkışlar veya itfaiyeye telefonla haber ileten cihazlar da olabilir[19].

4.3.2. Yapı Dışı Yangından Korunma Tesisatı

Merkezi su besleme sistemleri yalnız içme ve kullanma suyu sağlamaya değil aynı zamanda yangından korunmaya da hizmet ederler. Nüfusu 20000 kişiden yukarı olan yerleşim bölgelerinde yangından korunma tedbirleri kapsamında su şebekesindeki ana boruların, su depolarının ve mekanik tesisatın tasarımında değişiklik yapılmaz. Çünkü yangın söndürmede kullanılacak su debisi en çok içme ve kullanma suyu debisinin altında kalır. Bu nedenle şebekeye yalnızca yangın hidrantları eklenir ve bu hidrantların üzerinde bulunduğu boru devreleri için uygun çaplar seçilir[19].

Dış tesisatın en önemli elemanlarıdır, yeraltı ve yerüstü hidrantları olarak iki gruba ayrılır. Yeraltı hidrantları bağlantı çapı 80 mm., ventil çapı 70 mm., değerindedir. Montajları daha kolay olup trafiğe engel olmazlar. Ancak gece ve kar yağdığında yerlerini bulmak zordur ve kapasiteleri daha düşüktür. Hidrant aralıkları 80-100 m., daha geniş bir yerleşimde ise 120 m. değerindedir. Yerleşim için bir başka değerde 100x100 m. bir alan için 1800 lt/dak. su alabilme olanağı sağlanmasıdır[20].

4.3.3.Yangın Söndürme Sistemleri

Günümüzde yangın riski taşıyan mekânlarda yangının yayılmadan söndürülmesi amacıyla çeşitli yangın söndürme sistemleri geliştirilmiştir. Bu sistemler aşağıda sıralanmıştır.

4.3.3.1.Sabit Boru-Hortum Sistemleri

A sınıfı yangınları su kullanarak önlemek amacıyla bina içinde yerleştirilen sabit boru tesisatı, yangın dolapları ve hortumları sabit boru-hortum sistemlerini oluştururlar. Binada diğer yangın söndürme sistemleri kurulmuş olsa bile, sabit boru-hortum sistemleri gerekli tamamlayıcı olabilir. Özellikle yüksek binaların üst katlarında hem etkili hem de en kısa zaman içinde sıvı akımı elde etmenin en güvenilir yollarından biridir[20].

Sabit boru-hortum sistemlerinin belli başlı uygulama yerleri olarak okullar, resmi binalar, oteller, sanat ve kültür merkezleri, spor salonları, iş hanları, satış mağazaları, 30 metre veya 10 kattan yüksek binalar, sanayi tesisleri sayılabilir[19].

Sabit boru-hortum sistemleri aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır:

a) Islak sabit boru-hortum sistemleri: Bu sistemde su kaynağı ile sistem arasındaki vana daimi açık olup sistemde her an basınçlı su bulunmaktadır.

b) Otomatik beslenen sabit boru-hortum sistemleri: Bu sistemde hortum vanası açıldığında, devre otomatik olarak su ile beslenir.

c) El ile çalışan sabit boru sistemleri: Bu sistemde her yangın dolabında bulunan el ile kumandalı cihazın çalıştırılması ile suyun devreyi beslemesi sağlanır.

d) Kuru sabit boru-hortum sistemleri: Bu sistemde devrede su yoktur. Bu sistem özellikle ısıtması olmayan düşük sıcaklıklara maruz kalabilecek mahallerde tercih edilir. Sistem özellikle yüksek binaların üst katlarında, itfaiye araçlarının giremeyeceği dar sokak veya geniş alanlı binalarda tercih edilir. Suyun sisteme verilmesi üç değişik şekilde olmaktadır:

i) İtfaiye teşkilatı ile yapılan bağlantıda su sağlanır.

ii) Su elle kontrol edilen bir vananın açılması ile sisteme verilir.

iii) Hortum vanası açıldığında sistem otomatik olarak su ile beslenir[20].

4.3.3.2. Otomatik Sprinkler (Fıskiye) Sistemleri

Sprinkler sistemleri yangın esnasında otomatik olarak harekete geçerler. Söndürücü akışkan olarak su kullanılır. Sprinkler sistemleri bina içinde bir dizi sabit boru ve bu borulara bağlı boşalma fıskiye (sprinkler'ler) den oluşur. Yangın sırasında açığa çıkan ısıнын etkisiyle katı bağlantı elemanının erimesi ya da cam bir ampul içinde bulunan sıvının sıcaklık etkisiyle genişleyerek ampulü kırması sonucu suyun önü açılır ve yangın mahalline akar. Her 10-20 m² ye bir fıskiye tavsiye edilir[20].

Bakımı iyi yapılan sprinkler sistemleri oldukça güvenilirdirler, can ve mal güvenliğini korumasında oldukça etkilidirler.

Sprinkler sistemlerinin belli başlı kullanım alanları suyun fazla zarar vermeyeceği otel odaları, mağazalar, ağaç, lastik, tekstil endüstrisi gibi yerlerdir.

Islak Borulu Sprinkler Sistemleri: Islak borulu sprinkler sistemlerinde, otomatik sprinklerler bir su kaynağına bağlı bulunan ve içinde su bulunan boru sistemlerine tespit edilmiştir. Bu sistemlerde yangın sebebiyle oluşan ısınn etkisiyle sprinklerler açılır ve hemen suyun yanan maddelerin üzerine boşalmaya başlamasını sağlarlar[19].

Sisteme bağlı herhangi bir sprinkleri yangından oluşan ısınn etkisi harekete geçirerek suyun akışını sağlar. Serbest kalan su jeti sprinklerdeki yansıtıcıya çarparak dağılır ve yangın mahalline düzgün bir yağmurlama şeklinde boşalması sağlanır.

Kullanım alanındaki şartlara bağlı olarak, sprinklerler 40°C ile 350°C arasında belirlenen bir sıcaklık değerinde aktif hale geçmek için dizayn edilirler. Sprinklerlerin çoğu yaklaşık olarak dakikada 70 ile 100 litre arasında suyun yangın mahalline boşalmasını sağlarlar. Bununla birlikte bazı özel uygulamalar için kullanılan sprinklerde boşalan su miktarı dakikada 400 litre'ye çıkabilmektedir[20].

Islak borulu sprinkler sistemlerinde boru şebekesi su ile dolu bulunduğu için ortam sıcaklığı 4°C den fazla olan mahallerde kullanılmalıdır. Eğer mahallin çok küçük bir kısmı düşük sıcaklıklara maruz ise bu kısımlarda esas boru şebekesine ek bir kapalı devre oluşturarak bu kısımdaki boruların içini antifrizli solüsyon ile doldurulması mümkündür[20].

Kuru Borulu Sprinkler Sistemleri: Kuru borulu sistemlerde boru şebekesi su yerine su kaynağı ve boru şebekesi arasındaki valfi kapalı tutacak düzeyde basınçlı hava yada nitrojen gazı ile doldurulur. Hava basıncı şebeke girişine yerleştirilen bir araç ile otomatik olarak kontrol edilir. Yangından açığa çıkan ısı herhangi bir sprinkleri aktif duruma getirdiğinde, boru şebekesindeki basınç hızla düşecektir. Bu basınç azalması kuru boru şebekesi girişindeki valfi açılmasına neden olacak böylece borular su ile dolacak ve açık bulunan sprinklerden su yangın mahalline boşalacaktır[19].

Kuru borulu sprinkler sistemleri ıslak borulu sistemlerinin kullanılmadığı düşük sıcaklıktaki mahallerde kullanılabilir. Ancak kuru boru sisteminin girişindeki valf kısmı ısıtılan mahallere konulmalıdır.

Deluge (Selleme) Sprinkler Sistemleri: Deluge sprinkler sistemlerinin yapısı ıslak ve kuru borulu sistemlere benzer fakat bu sistemlerden başlıca iki yönden farklıdır[19]:

a) Standart sprinklerler kullanılır, fakat hepsi açıktır. Sprinkleri harekete geçiren elemanı içermezler, bu nedenle boru şebekesi girişindeki kontrol valfi açıldığında su bütün sprinklerden yangın mahalline boşalır ve mahal su ile dolar.

b) Kontrol valfi normal olarak kapalı tutulur. Valf ayrı bir yangın algılama sistemi vasıtasıyla harekete geçerek açılır.

Deluge sistemler hızlı bir şekilde genişleyen yangınların kontrol altına alınmasında kısa sürede bol miktarda suyun gereksinim duyulduğu mahallerde kullanılırlar.

Ön Hareketli Sprinkler Sistemleri: Bu sistemler deluge sistemlere benzerler, fakat bu sistemdeki sprinklerler eriyebilen birleşme elemanı yada cam ampuller vasıtasıyla kapalıdırlar. Deluge sistemlerdeki kontrol valfi burada ön hareket valfi vazifesi görür. Yangın algılama sisteminin harekete geçmesiyle ön hareket valfi açılır ve boru şebekesi su ile dolar, sistem ıslak borulu sprinkler sistemi haline dönüşür[19].

4.3.3.3. Su Sprey Sistemleri

Su sprej sistemleri deluge sprinkler sistemlerine benzerler, sadece kullanılan fiskiye tipi farklıdır. Su sprej sistemlerindeki fiskiyeler suyu istenilen şekilde istenilen yere büyük bir hassalıkla göndermek üzere dizayn edilirler. Kontrol vanasının açılmasıyla açık halde bulunan bütün sprej fiskiyelerinden su akmaya başlar.

Fıskiyedeki koni şeklinde katı eleman suyun istenilen akış şekli, hızı, parçacık büyüklüğü ve yoğunlukta tam olarak belirlenen alana akmasını sağlar[19].

Su sprej sistemleri esas olarak soğutma amacıyla çok miktarda suyun gerekli olduğu (örneğin parlayıcı sıvı ve gazların işlem gördüğü tesisler, bu sıvı ve gazların depolanmasında ve taşınmasında kullanılan tankların ve yapı elemanlarının bulunduğu mahallerde) özel tehlike mahallerinde kullanılırlar. Tehlikenin karakteristiğine bağlı olarak yangını kontrol altında tutmak yada söndürmek amacıyla dizayn edilirler[19].

Su sprej sistemleri elle yada otomatik olarak aktif hale getirilirler. Otomatik harekete geçirmede kontrol sistemi, sabit sıcaklık ısı detektörleri yada kombine olarak sabit sıcaklık ve sıcaklık yükselme oranı ile çalışan detektörler ile bağlantılı olarak çalışır.

4.3.3.4. Köpük-Su Sprinkler Sistemleri

Köpük-su sprinkler sistemleride deluge sprinkler sistemlerinin benzeridir, fakat bu sistemlerde söndürücü akışkan olarak su yerine fıskiyelerden köpük akıtırlar. Köpük konsantresinin suyla istenilen oranda karışmasını sağlamak için oranlayıcı bir araç kullanılarak belli orandaki köpük konsantresi suya enjekte edilir. Sistem aktif hale elle yada yangın algılayıcı araçlar kullanılarak kontrol vanasının açılmasıyla geçirilir. Bu sistemlerin uygulama alanları genel olarak parlayıcı ve yanıcı sıvıların (petrol depoları, uçak hangarları gibi) tehlike oluşturduğu mahallerdir. Aqueous film-forming foam (AFFF) ve film-forming fluoroprotein agents (FFFP) solüsyonları köpüklü sprinkler sistemlerinde kullanılmaktadır. AFFF ve FFFP solüsyonları köpük balonları oluşturmak için hava ile karıştırılması gerekmediğinden genellikle standart fıskiyeler kullanılır. Köpük-su sprinkler sistemleri belli bir zaman dilimi süresince köpük akıtırlar. Köpük konsantresi tükendiği zaman sistemdeki fıskiyelerden sadece su boşalır. Köpük konsantresinin kalitesi ve ne kadar süre akacağı tehlike durumu göz önüne alınarak belirlenir[19].

4.3.3.5. Köpük Sistemleri

Köpük sistemleri iki tipe ayrılırlar, bunlar:

A.Düşük genişleme oranına sahip köpüklerin kullanıldığı sistemler. Bu tiplerde köpüğün genişleme oranı bire yirmiden azdır ve köpük yüksek oranda su içerir[20].

B.Orta ve yüksek genişleme oranına sahip sistemler. Genişleme oranı bire yirmi ile bire bin arasında değişir. Bu sistemlerde kullanılan köpüklerde su oranı azdır ve köpük bağıl olarak hafiftir[20].

Köpük konsantresi ile belli oranda suyun karışması ile köpük solüsyonu oluşur ve bu solüsyonun hava ile irtibata geçmesiyle köpük balonları oluşarak yangın mahalline sevk edilirler.

Düşük genişleme oranına sahip köpüklerin kullanıldığı söndürme sistemleri genellikle parlayabilen ve yanabilen sıvıların bulunduğu ve depolandığı mahallerde uygulama alanına sahiptirler. Bu sistemler oluşan köpüğü sıvının yüzeyine boşaltarak soğutma etkisi ve yüzeyin köpük örtüsü ile kaplanarak yangını söndürme etkisine sahiptirler.

AFFF tipi köpükler benzer şekilde işlev görürler, fakat bir farkları vardır: AFFF köpükleri ile oluşan solüsyonun sıvı üzerinde yüzebilme özelliği vardır ve bu ise buhar oluşumunu engeller.

Yüksek genişleme oranına sahip köpüklerin kullanıldığı sistemler genellikle kullanıldıkları alanın köpük ile doldurularak ortamdaki havanın yerini köpüğün alması ve böylece yangının devam etmesi için gerekli oksijenin ortamdan atılması istenilen yerlerde kullanılırlar. Örneğin, bodrum katları ve ambarlar gibi mahaller[20].

4.3.3.6. Sabit Kuru Kimyasal Söndürme Sistemleri

Muhtemel gaz ve sıvı yangınlarının olabileceği ve diğer söndürme sistemlerinin etkili olamadığı durumlar için tasarlanır. Söndürücü akışkan yangın riskine göre değişik kuru kimyevi tozlardır. Sistem kuru kimyevi toz kaynağı ve buna bağlanmış sabit borulardan oluşur. Sistem elle veya yangın algılayıcıları ile otomatik olarak aktif hale getirilebilir. Boru sistemine bağlı lüleler vasıtasıyla söndürücü yanan yüzeye akıtılır. Kuru kimyasal tozlar yüksek basınçta bulunan azot ya da karbondioksit gazı yardımıyla akışkan hale getirilerek yangın mahalline boşaltılır. Gaz ve kuru kimyasal tozlar aynı kap içinde basınç altında depolanabildiği gibi gaz ve kuru tozların ayrı kaplarda depolandığı sistemlerde vardır[19].

4.3.3.7.Halojenli, NAF-S-III ya da FM200 Gazlı Yangın Söndürme Sistemleri

Bu sistemlerde söndürücü akışkan Halon 1211, Halon 1301, NAF-S-III yada FM200 gaz akışkanlarıdır. Binada sabit boru tesisatı ve söndürücü gaz akışkan deposundan oluşmaktadır. Belli başlı uygulama yerleri, kontrol ve bilgisayar odaları, parlayıcı ve yanıcı sıvı depoları, kablo kanalları ve odaları, elektrik ve motor odaları, boyama fırınları gibi yerlerdir[19].

Halojenli söndürücülerin bileşimdeki gazların ozon tabakasına yaptıkları olumsuz etki nedeniyle üretimlerini ve kullanımlarına kısıtlamalar getirilmiştir. Halojenli söndürücülerin yangın mahalline boşaltılmasıyla oluşan yeniden yapılanma ürünleri zehirlidir. Bu nedenle bu söndürücülerin kullanıldığı mahallerde can güvenliği göz önüne alınmalıdır. Günümüzde halojenli söndürme sistemleri yerlerini söndürücü akışkan olarak NAF-S-III yada FM200 gazı kullanan sistemlere bırakmaktadırlar[19].

4.3.3.8. Karbondioksit Yangın Söndürme Sistemleri

Bu sistemler basınç altında yüksek basınç tüplerinde yada alçak basınç tüplerinde bulunan söndürücü akışkan karbondioksit içerirler. CO₂ kaynaklar sabit boru sistemlerine ve lüle ya da hortumlarına bağlıdır. Kapalı hacimlerde bu sistemler bulundukları hacmi tamamen CO₂ ile doldurmak üzere tasarlanırlar[19].

CO₂ elektriği iletmediği için çoğu zaman elektrikli aletlerin korunmasında kullanılır. Gaz halinde bir yangın söndürücü olması nedeniyle elektrik ve elektronik aletlerin korunması ve yanıcı sıvı yangınlarında CO₂ söndürücülerin kullanılması uygundur[19].

Karbondioksit sistemleri elle ya da otomatik olarak aktif hale getirilir. Sistemin aktif duruma geçmesi sırasında mahalde bulunan kapı, pencere ve diğer dışa açılan yerler otomatik olarak ya da kendiliğinden kapanacak şekilde yapılmalıdır[20].

Ortamdaki CO₂ hacimsel olarak %5 değerinden fazla olduğunda insanlar için tehlikelidir. Bu nedenle kullanım anında insanların bölgeyi terk etmeleri gerekir.

Belli başlı kullanım alanları elektrikli ve elektronik alet ve teçhizatın bulunduğu mekânlar, spreyci odaları, kömür siloları, motorlar, gemi hangarları, parlayıcı sıvı depoları, kurutma odaları v.b. yerlerdir[20].

4.3.3.9. Taşınabilir Yangın Söndürücüler

Muhtemel her cins yangında ilk müdahale için kullanılırlar. Söndürücü akışkan olarak CO₂, Halon, köpük, su, kimyevi kuru toz kullanılabilir. Sistem taşınabilir 2, 6, 12 kg'lık kaplar halindedir. Her cins yangında yanan maddenin cinsine göre uygun söndürücü tipi seçilmek koşuluyla diğer yangın söndürücü sistemler ile birlikte kullanılabilirler[19].

4.3.3.10. Yangın Söndürücü Tipi Seçim Esasları

Yangın söndürücü sistemi seçilirken muhtemel yangınlar hakkında ne kadar iyi bir tahmin yapılabilirse o derece iyi yangın söndürücü sistemi seçimi yapılabilir. Bu amaçla yangın söndürücü seçiminde aşağıda verilen durum tespitlerinin iyi bir şekilde yapılması gerekir[19].

- Muhtemel yangın halinde yanabilir şeylerin ne tür maddelerden oluştuğu, hangi yangın sınıfı veya sınıflarında olabileceği belirlenmeli.
- Muhtemel yangında yanabilir şeyleri büyüklüğü, mekan içindeki dağılımı, bu maddelerin ısı yükleri, yayılma eğilimi ve şiddeti göz önüne alınarak potansiyel yangının büyüklüğü tespit edilmelidir.
- Yangında söndürücüden beklenen etkinlik belirlenmeli.
- Kullanılacak söndürücü için kullanım kolaylığının gerekli olup olmadığı veya seviyesi belirlenmeli.
- Söndürücünün kullanımda getireceği riskler var mı? kullanıcı özel personel ihtiyacı ve özel kabiliyetler gerekli mi? belirlenmeli.
- Çevre sıcaklıkları değişim aralığı, rüzgar durumu ve özel hava hareketlerinin olup olmadığı varsa şekli tespit edilmeli.
- Kullanım yerindeki diğer çevre şartlarına göre söndürücü sistemin uygun olup olmadığı belirlenmeli.
- Yanma sırasında yanan malzemeyeyle söndürücü maddenin kimyasal reaksiyona girip girmeyeceği belirlenmeli.
- Söndürücü kullanımı sırasında özel önlemler gerekli mi? koruyucu ekipmana ihtiyaç var mı? Başka ne gibi emniyet tedbirleri gerekir bilinmeli.
- Söndürücü için periyodik bakım ve onarım gerekli mi? bunun getireceği mali yükler ve yeniden doldurulabilirlik durumu bilinmelidir.
- Yanan madde, çevre şartları, kullanıcı ve söndürücüler hakkında mevcut durum belirlendikten sonra en iyi söndürücü sisteminin seçilmesi mümkün olabilir.

4.4.Çelik Yapıların Dayanımında Pasif Önlemler

Pasif yangın güvenlik önlemleri tasarım aşamasında başlayan ve doğrudan doğruya binanın yerleşmedeki yerinden, binadaki pencere büyüklüklerine, mekânların birbirine göre konumlandırılmasına, çıkışların, kaçış noktalarının boyut ve özelliklerine kadar pek çok tasarım değişkeninin değerlerini etkileyen bir takım önlemler dizisidir[20]. Çelik yapılarda kullanılan birleştirilmiş yapısal sistemler, yalıtım kaplamalar, püskürtme kaplama, şişen kaplamalar, asma tavanlar, beton kaplamalar, komposit üye korumaları bütün pasif yangın dayanım sistemlerine örnektir.

Birçok ülkede pasif yangın güvenliği önlemleri bina inşa yönetmeliklerinin en önemli bölümlerini oluşturmaktadır. Hatta Amerika Birleşik Devletleri'nde ilk bina yönetmelikleri, yangın sigorta şirketlerinin 19. yüzyılda çok büyük bir kaç şehir yangınından dolayı iflasın eşiğine gelmeleri üzerine birleşmeleri sonucu ortaya çıkmıştır. Yani ilk bina yönetmeliklerinin temelinde yangından korunma bulunmaktadır.

Pasif yangın güvenlik önlemlerini ve bu önlemlerde etkili olan tasarım değişkenlerini açarak analiz etmek; tasarım aşamasının değişik süreçlerinde ne gibi tedbirlerin alınabileceğini daha açık olarak göstereceğinden faydalı olacaktır[20].

4.4.1.Pasif Yangın Güvenlik Önlemlerinde Etkili Olan Tasarım

Değişkenleri

Herhangi bir tasarımda, pasif yangın güvenliği önlemleri imar planları aşamasında ele alınmaya başlanmalıdır[21].

Bu kadar geniş bir tasarım sürecine dağılan pasif yangın güvenliği önlemlerinde etkili olan tasarım değişkenlerinin de, yapma çevre tasarımının her ölçeğinde farklılaşarak söz konusu olması doğaldır. Bu tasarım değişkenlerinin belirlenmesi,

yangın esnasında, yangından etkileniş ve yangını etkileyiş biçimlerinin bilinmesi, başarılı çözüm alternatifleri üretebilmek açısından gereklidir.

Binalar arasında yangın atlamaının esas nedeninin alevlerden yayılan ısıma olduğu kesindir. Işımanın şiddetini etkileyen iki temel etken olan yangın şiddeti ve ısıma yayan yüzeyin alanı dışında, ısıma ile yangın yayılmasının binalar arasında bırakılan mesafeler ile de doğrudan ilişkisi vardır.

Işıma yayan veya ısıma alan yüzey olan, dış duvarların yangının içerden dışarıya ve dışarıdan içeriye yayılmasını önleyebilecek özelliklerde olması gerekmektedir. Bu özellik; duvarların yapıldığı malzemenin yanı sıra, söz konusu cephedeki kapı ve pencere gibi açıklıkların ve cephede kullanılan yanıcı kaplama malzemelerinin, nitelik ve niceliklerine de bağlıdır.

Bu nedenlerden ötürü, iki bina arasında bırakılması gereken uzaklık; dış duvarlardaki yanıcı malzeme ve açıklık alanlarının toplamının, tüm duvar alanına olan oranına göre belirlenmelidir. Yani binalar arasındaki mesafe ve dış duvarlardaki açıklık oranı birbirine bağlı iki etkendir. Açıklık oranı arttıkça binalar arasındaki mesafeler de artmalıdır.

Dış duvarlardaki ahşap, PVC ve benzeri yanıcı kaplama malzemeleri de, normalde, kapı ve pencere boşlukları gibi açıklık olmasalar bile yangın esnasında yanarak ısıyı yayacaklarından açıklık olarak kabul edilmelidirler. Ancak, bu farktan dolayı, bina cephesindeki, pencere ve kapı alanlarının, tüm cephe alanına oranı olarak hesaplanan ve ısıtma havalandırma hesaplarında kullanılan, " Saydamlık Oranı" ile yukarıda sözü edilen " Açıklık Oranı" ayrı kavramları ifade etmektedirler. Ayrı hesaplamalarda kullanılan bu iki kavram bir birlerine karıştırılmamalıdır.

Isı enerjisinin bir yapıdan diğerine geçmesini önleyebilmek ya da ısıyı alan yüzeyde, ısıyı şiddetini azaltabilmek amacıyla; binalar arasında mesafeler bırakmanın yanı sıra, böyle bir binaya, yangına müdahale edecek araçların ulaşabilmesini sağlamak

için yeterli şartları da yerine getirmek gereklidir. İstanbul'da, tarihi yarımada, yaygın yangınların olması ve yangınlarda çok fazla can ve mal kaybının görülmesinin nedeni, birçok bölgede karşılaşılan sorunların başında gelen yolların ve dönüşlerin, itfaiye ve müdahale araçlarının geçebileceği genişlikte olmayışıdır[21].

4.4.1.1.Bina Ölçeğinde Etkili Olan Tasarım Değişkenleri

Bir binanın yakın çevresiyle var olduğu düşüncesi, bina içi pasif yangın güvenlik önlemlerinin, çevre ölçeğinde ele alınan önlemlerden soyutlanamayacağını ve o önlemlerin bir bileşkesi olduğunu açıkça göstermektedir. Yerleşme ölçeğinde yayılmayı engelleyici ve müdahaleyi kolaylaştırıcı çok genel önlemler alınabilirken, bina ölçeğine inildiğinde açılı biraz daha daralmakta, alınacak önlemler, değişiklikler göstererek daha belirli konulara yönelmektedir. Bu konular da kendi içlerinde bazı alt bölümlere ayrıldıklarında, karşılaşılan değişkenler aşağıdaki gibi sıralanabilir.

a) Bina Fonksiyonu

Bina tasarımı bina fonksiyonundan etkilendiği gibi; alınacak yangın önlemleri de fonksiyondan etkilenir. Yani binanın kullanım amacı, alınacak önlemleri belirlemede en önemli faktördür. Örneğin; konut olarak planlanan bir yapı ile endüstri yapısında alınacak önlemler çok farklıdır. Ayrıca tiyatro, sinema gibi, belirli zamanlarda insan yükü çok fazla olan binalarda veya fiziki ya da zihni yetersizlikleri olan kişileri barındıracak, hastane, klinik gibi yapılarda birçok ek önlem almak gerekebilir. Bu nedenlerden ötürü, yangına karşı önlem alınırken, her şeyden önce yapının kullanım amacı göz önüne alınmalıdır[21].

b) Bina Biçimi

Bina fonksiyonu bilindiği gibi biçimi de doğrudan etkiler. Yukarıda ki fonksiyon, bir başka deyişle, bina kullanım amacı hakkında söylenenler bina biçimi için de

geçerlidir. Ancak aynı fonksiyona hizmet edebilen değişik bina biçimlerinin olabileceği kesindir.

Örneğin konut yapısı olarak kullanılan binalarda uygulanabilecek plan tipleri ve bina biçimleri, komşu binada, kullanıcının kültürüne, çeşitli sosyoekonomik nedenlere bağlı olarak değişkenlik gösterebilirler. Bu şekilde aynı fonksiyonu karşılayabilecek pek çok plan alternatifi ve bina biçimi ortaya çıkacaktır. Bu nedenle bina fonksiyonu belirlendikten sonra, plan şeması ve biçim, yangın tehlikesine karşı en güvenli olacaklar arasından seçilmelidir. Öyle ki yangın anında insanı etkileyen en önemli tehlikelerden olan; zehirli gazlar ve duman, iyi tasarlanmış bir binada hiç bir ek müdahaleye gerek kalmadan dışarı atılabilir. Aynı zamanda bina biçimi, yangın anında kurtarma ekiplerinin yangına müdahalesini zorlaştırmayacak şekilde olmalıdır[21].

c) Binadaki Yanıcı Malzeme Miktarı

Bina ölçeğinde ele alınan pasif yangın güvenlik önlemlerinde etkili olan önemli tasarım değişkenlerinden birisi de binanın konstrüksiyon tipi ve binada bulunan yanıcı malzeme miktarıdır.

Bina veya bölmede sabit olarak tesis edilmiş yanıcı malzemeler sürekli yangın yükünü, taşınabilir eşyalar ve malzemeler ise değişken yangın yükünü meydana getirirler. Birim alana düşen yangın yükünün büyümesi, yangın esnasında; yangının süre ve şiddetini, dolayısıyla hasarı arttıracığından istenen bir durum değildir[21].

d) Bina Taşıyıcı Sistemi

Özellikle; yangın yükünün fazla olduğu binalarda, yangın esnasında ani bir çökmenin engellenebilmesi için taşıyıcı sistem seçimi çok önemlidir. Seçilen taşıyıcı sistemin gerekli koşulları sağlayabilecek yangın dayanımına sahip hale getirilmesi, gerek bina kullanıcıları, gerekse itfaiye ekiplerinin can güvenliği açısından kaçınılmaz

bir gerekliliktir. Betonarme, çelik ve ahşap taşıyıcı sistemlerin yangın anındaki davranışlarının bilinmesi bu gerekliliği sağlamada çok büyük yardımcı olacaktır[21].

Taşıyıcı sistemin yangın anında oynadığı rolle ilgili olarak bilinen birçok yanlış yorum vardır. Bu yanlış yorumlar yapılacak deneylerden alınacak sonuçlarla düzeltilebilir. Çelik yangını gizleyebildiği için ve ani olarak çökme meydana gelebileceği için yangına karşı korunması çok önemlidir.

Binanın iskeleti sayılan yatay ve düşey elemanlar (kolon ve kirişler), çökmenin engellenmesi veya geciktirilmesi için çok iyi boyutlandırılmalıdır. Aynı şekilde birleştikleri duvar ve/veya döşemelerle eşdeğer yangın dayanımına sahip olabilecek şekilde ek önlemlerle donatılmalıdırlar[21].

4.4.1.2. Mekân Ölçeğinde Etkili Olan Tasarım Değişkenleri

Yangın anında binanın kaçışa olanak tanıyacak bir süre için ayakta kalması, taşıyıcı sistemde alınan bir takım ek güvenlik önlemleri sağlandıktan sonra; kullanıcıları kurtarmak en önemli amaçtır. Kullanıcıları güvenli bir şekilde dışarı kaçırmak, ya da onları alevlerden, ısı ve dumandan korunmuş bölgelere ulaştırmak için kullanılan düşey ve yatay sirkülasyon alanları ile yangın kompartmanları önem kazanırlar[21].

a) Düşey Sirkülasyon Alanları

Düşey sirkülasyon alanları, çok katlı, yapılarda insanı zemin seviyesine indiren alanlardır. Bu tip düşey sirkülasyon alanları kapsamına; merdivenler, asansör boşlukları ve bunlar gibi konumlandırılmış servis boşlukları girebilir[21].

Yangına karşı hiç bir önlem alınmamış, düşey boşluklar; yangın yayılma olayında etkin rol oynarlar. Sıcak gazlar ve yanan parçacıkların yukarı doğru çekilmesine de neden olan bu tip alanlarda; boşluğun bittiği yerde yatay olarak çevreye yayılan sıcak

gazlar ve yanan parçacıklar kısa sürede yangının bina içerisinde yayılmasını sağlarlar. Asansör boşluklarını, merdivenleri, havalandırma kanallarını işlevlerinden dolayı katlar hizasında kesme imkânı yoktur. Bu yüzden, yangının ve dumanın, bu tür boşluklardan yayılmasını engellemek için ek önlemler alınmalıdır[21].

Yüksek binalarda, yangın ve duman yayılmasını önlemek için geliştirilen sistemlerden biri de basınçlı merdiven boşluklarıdır. Merdiven boşluğunda atmosfer basıncından daha yüksek bir hava basıncı olması, yangından bina sakinlerinin kaçış yollarına duman dolmasına mani olur. Pozitif basıncı sağlamak için merdiven boşluğuna açılan kapıları kapalı tutmak gerektiği ve bunun için gerekli önlemlerin alınmasını unutmamak gerekir. Topluma açık binalarda acil durum enerji takviye sistemi mutlaka bulunmalıdır[20].

Binalarda asansör boşlukları yangının yayılmasında ve dumandan boğulmalarda önemli role sahiptir. Gelişmiş ülkelerde asansör boşluklarına pozitif basınç altında tutulma zorunluluğu getirilmiştir.

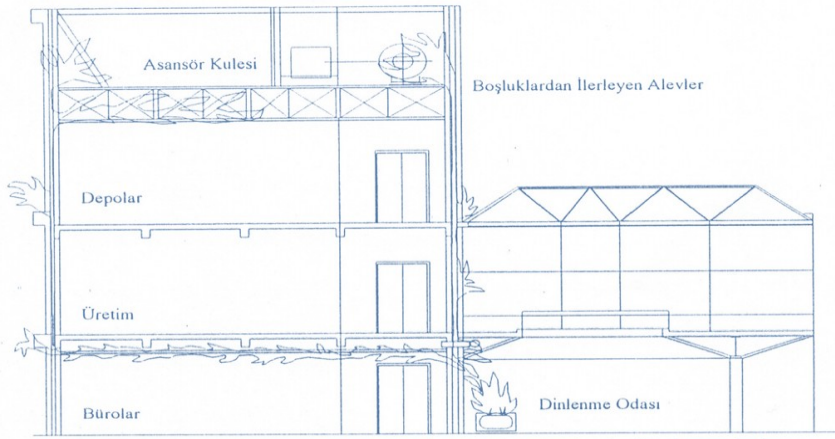
İnsan ve yük asansörleri kaçış yolları üzerinde kurulmamalı; her asansör kabini için bağımsız makina odası bulunmalıdır. Asansörler yangın halinde otomatik olarak en alt kata inmeli; lambalarını yakarak kapılarını açacak düzene sahip olmalıdır. Yangın esnasında mümkün mertebe asansörler kullanılmamalıdır[20].

b) Yatay Sirkülasyon Alanları

Yatay boşlukların kapsamına, insanları düşey kaçış alanlarına ve bina dışına ulaştıran, aynı kat hizasındaki tüm koridorlar ve koridor işlevi gören mekânlar girer. Yatay boşluklar da, yangın esnasında düşey sirkülasyon alanları gibi çalıştırlarından; duman ve yangının yayılmasına neden olurlar. Bina kullanıcılarının güvenle boşaltılabilmesi ve yangınla mücadele ekibinin, yangın alanına kolayca ulaşabilmesi için, tüm yatay sirkülasyon alanlarında da yangın ve duman yayılmasına karşı önlemler alınmalıdır[21].

c) Gizli Boşluklar

Bir binada yatay ve düşey boşlukların yansıra; gizli boşluklar olarak adlandırılabilcek birçok boşluk daha vardır. Mekân ölçeğinde ele alınabilecek, bu tip ufak boşluklar da, en az diğerleri, kadar tehlikelidir. Hatta bazı durumlarda çok daha fazla tehlikeli olabilirler. Binalarda; bazı duvar kesitlerinde, asma tavanlar üzerinde, yükseltilmiş döşemelerin altında, çatılarda ve diğer birçok yerde çeşitli şekillerde boşluklar bulunur. Bu tip boşluklar, gizli boşluklar olarak adlandırılır. Bu alanlarda çıkan yangınlar, binada bulunanların gözlerinden uzakta meydana geldiğinden genellikle geç fark edilirler. Havalandırma sorunları ve giriş zorlukları nedeniyle bu tip yangınlara müdahale etmek de kolay değildir. Tesisat bacaları gibi bu tip, gizli dikey boşluklar da, aynen düşey sirkülasyon alanları gibi sıcak gazların ve alevlerin yayılacağı bir baca görevi görürler[21].



Şekil 4.1 Döşeme, duvar ve tavanlardaki gizli boşluklarda ilerleyerek büyüyen bir yangın örneği[21]

Özellikle içinde yanıcı maddeler bulunan, gizli boşluklarda çıkan ve gelişen yangınlar, geç fark edildiklerinden, çok büyük kayıplara neden olmaktadır. Böyle alanlarda başlayan yangınlar, binanın bir yerinden ortaya çıkıp görülene kadar, geçen zamanda oldukça büyür. Yangın ya da alevler, duvarların içindeki boşlukların yardımı ile diğer katlara ve hatta çatıya kadar yayılırlar(Şekil 4.1). Bu tür yangınların, ancak çatıdan yanan parçalar dökülmeye başlayınca fark edilmesi sık rastlanan bir olaydır.

Böyle bir tehlikeyi ortadan kaldırmanın tek yolu, gizli boşlukları mümkün olduğunca az tutmak, kaçınılmaz durumlarda da ek önlemler almakla mümkün olur[21].

d) Yangın Kompartımanları

Yangın kompartımanları, bina içinde yangının, başladığı mekân ya da alan içinde tutulmasını sağlamak amacıyla yapılmış bölmelerdir.

Yangın çıkma riski fazla olan bir mekân, yangın çıkma riski daha az olan bölümlerden ayrıldığında; riskin daha az olduğu bölümler, fazla olduğu bölmede çıkabilecek olası bir yangından korunmuş olur. Depolar, fırınlar, yanıcı ve parlayıcı sıvılar ile çalışılan alanlar, laboratuvarlar böyle bir planlamayla çok iyi bir şekilde korunabilirler[21].

Büyük yapılarda, apartmanlarda, resmi dairelerde, ofis binalarında, motel/otel binaları gibi birbirinden bağımsız ayrı mekânlardan oluşan binalarda; herhangi bir birimin, diğer bir mekanda çıkacak yangından en az hasarla kurtarılabilmesi yine kompartımantasyonla sağlanabilir[20].

Kompartımanlara ayırmanın başka bir faydası da, yangın boyutlarını sınırlaması ve dolayısıyla söndürme çalışmalarını kolaylaştırmasıdır. Mekân alanı sınırlandırıldığında, mekândaki yangın yükünü oluşturan malzemelerde azalacağından, yangının şiddeti ve büyüme eğilimi kendiliğinden azalacaktır[21].

Tek bir oda, çevresinden iyice yalıtılırsa, bir pencere açılmadıkça veya camı kırılmadıkça, başlayacak yangının gelişmek için yeterli hava bulmasına imkan yoktur. Yeterli hava bulunamayınca yanma olayındaki daha önce sözü edilen yangın üçgeni kırılmış ve ateş söndürülmüş olur.

Kritik operasyonların yapıldığı veya değerli malzemelerin bulunduğu alanların da, çevrelerinde çıkabilecek bir yangından en iyi şekilde korunması, kompartımantasyon ile

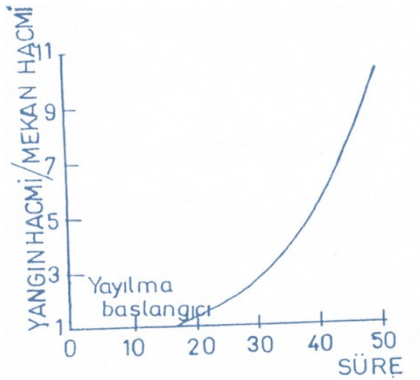
sağlanabilir. Bilgisayar odaları, bazı kontrol odaları, evrak depoları, özellikle bu şekilde korunmalıdırlar[21].

4.4.1.3.Yapı Elemanı Ölçeğinde Etkili Olan Tasarım Değişkenleri

Yangın bina içinde yayılarak kapı, pencere gibi boşluklardan geçerek genişler. Kapı boşluklarından geçen alevlerin koridorlar vasıtasıyla düşey boşluklara daha sonra da diğer katlara yayılması, yangının verdiği zararları, onarılamayacak boyutlara ulaştırabilir. Bu çeşit yayılmaları engellemek ve yangını sınırlayabilmek için, bölümlere ayırmanın yanısıra; basit alev tutucu elemanlar kullanmak mümkündür.

a) Döşeme ve Duvarlar

Bir binada katlar arasında yangının yayılmasını engelleyen elemanlar döşemelerdir. Düşük riskli alanlarda; bildiğimiz tipik duvar ve döşeme malzemeleri yangına karşı yeterince dayanıklı olmalarına rağmen, yeni inşaatlarda, kat adetleri çoğaldığı için ek önlemler almak gerekebilir[21].



Şekil 4.2 Yangın başlangıcından sonra, başladığı odadan yayılan yangının üstel olarak artışı[21]

Yangın başladığı alan ya da mekândan, yatay ve dikey yönlerde çevresine yayılmaya başladığında, bu mekânlarda yanıcı madde bulunmasına gerek yoktur. Yangın

mekânında yanmamış bazı maddeler, ısınırlar ve yanıcı gazlar çıkararak çevreye dağılırlar. Bu sıcak maddeler taze hava ile temas ettikleri ilk yerde yanmaya başlarlar. Bu olay sonucunda, yanmaz döşemeler boyunca, dikey bir boşluğa ve dış cephelere doğru bir alev hareketi meydana gelir. Böylece yangın, bir bölme içinde yeterince gelişir ise arada alev tutucu duvarlar yoksa hızla çevredeki alanlara yayılır. Yangın bölmesinin hacmi arttıkça, yangının yayıldığı alan da üstel olarak büyür(Şekil 4.2)[21].

Yukarıda sözü edilen bu tip alev tutucu elemanların bölümlere ayırma ilkelerinden farkı; kompartmanlarda kullanılan elemanların tamamen yanmaz ve yanmaya dayanıklılık sınıfı yüksek elemanlar olmasıdır. Oysa alev tutucu elemanlar daha basit malzemelerden olabilir. Tamamen yanıcı malzemelerle inşa edilmiş binalarda bile, standart yangın deneylerinin gösterdiğine göre; alçı panel ya da lata panellerle yapılan basit korunmalar bile büyük yangınlarda 25-30 dakikalık bir süre dayanma sağlamaktadır. Bu tür yangın engelleri bilinçli bir şekilde kullanılır ve sızıntı yapabilecek alanlarda yalıtım sağlanırsa; yangın riski fazla olmayan binalarda, kaçış süresini kazandıracak korunmayı sağlayabilir[21].

b) Yangın Duvarları

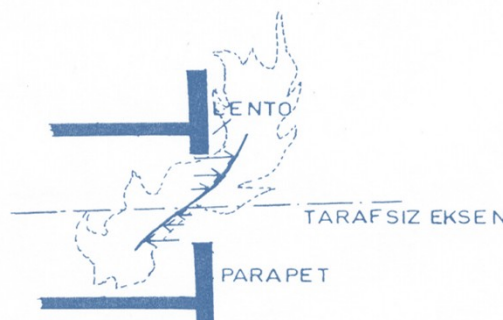
Her ne kadar, yangın bölmeleri, yangın yayılmasına bir engel teşkil etseler de, binadaki bazı mekânları veya yerleşme içindeki bazı binaları daha etkili bir biçimde koruyabilmek için; yangın duvarları kullanılır.

Yangın duvarları terimi, genelde yangına dayanıklı ve yayılmasını önleyici engeller anlamında kullanılmaktadır. Hâlbuki yangın duvarı, kendi kendini taşıyan, her iki yanındaki yapılar çökse bile, desteksiz, ayakta durabilecek şekilde yapılmış olan, iki binayı birbirinden ayırmak için kullanılan, yanmaya dayanıklı duvardır. Oysa yine, bir yangın yayılmasını önleyici engel olan, alev tutucu elemanlar; kendilerini taşıyabilecek rijitlikte olmayabilirler. Ayrıca alev tutucu elemanlar, bina boyunca uzanmayıp, her katta yerden tavana kadar olabilirler. Yangın duvarları ise tüm bina ve çatı boyunca uzanmak zorundadırlar[21].

c) Bina Cepheleri

Yangının bir başka yayılma şekli de cephe boşluklarından çıkan ve cepheyi yalayan alevlerdir(Şekil 4.3).

Bu tip bir tehlikeyi önleyebilmek için bilinmesi gerekli olan temel faktörlerden birisi pencere boşluklarının yangın anında, nasıl çalıştığıdır. Pencere veya kapı boşluklarının orta noktalarında, tarafsız eksen (Nötr eksen) olarak adlandırılan bir eksen bulunur. Bu eksenin üst tarafından bina içindeki sıcak hava dışarıya çıkar. Alt taraftan ise yapının içine taze hava girer. Şekil 4.3’deki alev hareketlerinin yönleri bu olayı açıkça vurgular. Sonuç olarak pencere boşluğunun üzerindeki dolu kısım yani lento ile alttaki dolu kısım olan parapetin karşı karşıya kalabileceği “İç ısıI” koşulların büyük farklılıklar gösterebileceği, söz konusu üst bölümün(lentonun), pencere boşluğundan büyük bir hızla kurtulan sıcak yanıcı gaz ve alevlerin etkisiyle kısa sürede tutuşma noktasına gelmesine karşın; pencere altındaki dolu yüzeylerin(parapet), içeri giren taze hava ile belirli ölçüde soğuyabileceği rahatlıkla söylenebilmektedir[21].



Şekil 4.3 Alevlerin tarafsız eksene göre,pencere boşluğundaki hareketleri[21]

d) Çatılar

Yangının bina içinde veya dışında yayılmasına, çatıların yangın anındaki davranışları da sebep olmaktadır. Örneğin tek katlı yapılarda meydana gelen yangınlar hemen çatıyı etkiler ve strüktürü zayıflayan çatı çökebilir. Çok katlı yapılarda ise

cephede dolaşan alev son kat penceresine ulaştığında; o katın genelde ahşap veya PVC olan pencere doğramalarını tutuşturur. Pencere ve doğramalardan yükselen alevler ise, yukarıya uzanarak saçak çıkıntısına ulaşır. Saçak çıkıntıları genelde yanıcı malzemeden yapılmış olduğundan yangını iyi havalandıran tüm çatı arasına çok kısa bir sürede yayabilirler. Yatay olarak yayılan yangın çatı arasından tüm bina boyunca kesintisiz olarak kısa sürede tüm yapıyı sarabilir. Yanan çatıdan düşen ateş parçacıkları çatı arasındaki döşemeyi tutuşturur. Döşemede bulunan herhangi bir delik ise yangının çatı arasından en üst kata sıçramasına neden olur. Bu şekilde bir yayılma Şekil 4.4'de açıkça görülmektedir[21].

Aynı şekilde komşu yapılarda oluşan bir yangında yanan parçacıkların sıçrayıp çatı üzerine düşmesi ya da ısıma yolu ile çatının ısınıp tutuşmasıyla da yangın büyüyebilir. Bu nedenlerden ötürü bina tasarımında çatıya gereken önem verilmeli ve görülen problemlerin çözümü için gerekli önlemler alınmalıdır. Bu durumda ayrı binaların çatıları arasında yangın duvarları çatı arasında ise yangın bölmeleri oluşturmak etkili bir çözümdür[21].



Şekil 4.4 Alevlerin saçaktan çatıya sıçraması[21]

e) Duman Kesici Elemanlar

Yapılan istatistikler ve incelenmiş olaylar sonucunda; yangınlarda ölümlerin % 75'inin nedeninin ısı ve alevlerin direkt teması değil, fakat duman ve zehirli gazların solunmaları olduğu anlaşılmıştır. Bir binada kendi hareket imkânını kullanarak serbestçe dolaşabilen, bu çeşit gazların hareketlerinin engellenmesi gerekir. Bu engelleme, dumanın normal hava tabakası üstünde yüzerek hareket ettiği hatırlanırsa, yukarıda bahsedilen alev kesiciler gibi, tavandan sarkıtılan elemanlarla yapılabilir. Bu elemanlara da duman kesici elemanlar denilebilir. Duman kesicilerle yönlendirilen duman en kısa yoldan, otomatik veya elle kumandalı duman atım kapakları ile bina dışına atılmalıdır[20].

f) Merdivenler

Özellikle gelişen teknoloji ile yükselen binalarda yangından kaçışı sağlayacak olan merdivenler eleman ölçeğinde de ele alınabilirler. Merdivenlerde alınacak önlemler ile korunan bu tip bir sirkülasyon alanında eleman ölçeğinde ele alınan basamaklar, bina kullanıcılarının sayısına göre boyutlandırılmalı ve yer kazanma kaygısıyla hiçbir zaman merdiven alanı gerekenden küçük tutulmamalıdır. Çok özel durumlar dışında yanıcı malzeme kullanmaktan her zaman kaçınılmalıdır[20].

Merdivenlerde, basamak genişliği ve rıht yüksekliklerindeki değişimler kazalara neden olur. Özellikle yangın anında çıkacak panik, bu tip bir merdiveni kullanılamaz hale getirebilir. Bu nedenden ötürü hiç bir merdivende basamak genişliği veya rıht yükseklikleri birbirinden farklı olacak şekilde düşünülmemelidir[20].

Basamak kaplama malzemeleri; kaymaya dirençli ve üniform olacak, merdiveni kullanacak olanları kaydıracak veya engelleyecek çıkıntıları bulunmayacak bir şekilde seçilmelidir. Merdiven trabzanları panik halde kaçışanlar düşünülerek, kolay

kavranabilen bir biçimde dizayn edilmeli, sol elini kullananların da aynı merdiveni kullanacağı düşünülerek, merdivenin her iki tarafına da korkuluk yapılmalıdır[20].

g) Yangın Damperleri

Klima santralleri, hava kanalları ile benzeri sistem ve ünitelerde kullanılır. Alüminyum profil ve kanatlardan oluşan, hava debisini ayarlama imkanı sağlayan plastik dişli tahrik mekanizmasıyla çalışır. Kanatlar, aerodinamik yapıya sahiptir. Kanatların dişliler üzerindeki yataklaması ile boşluksuz, hassas ayarı manüel ve servomotor ile kumanda edilebilir[20].

Havalandırma ve klima sistemlerinde, hava kanalları ile yangın ve dumanın yayılmasını önleyici olarak kullanılan yangın damperleri; otomatik olarak çalışır. Hava kanallarına monte edildiği gibi betonarme ve tuğla duvar geçişlerinde de kullanılabilir. İsteğe bağlı olarak ikaz anahtarı ilavesi ile havalandırma fanlarının durması sağlanır. 72°C' de eriyen ıthal sigorta sayesinde kanat kendisini kapatır ve komşu mahallere yangının sıçramasını önler. Aynı zamanda hava sirkülasyonunu kapatarak yangının körüklenmesini önler[20].

h) Elektrik Tesisatında Alınacak Önlemler

Binanın elektrifikasyonu ile ilgili bölümlerin (trafo, kontrol merkezi gibi) duvar, döşeme ve tavanları en az 120 dakika yangına dayanan yapı elemanları ile korunmalıdır. Binaların yangın merdivenlerinin ve yangın su devrelerinin elektrik tesisatı, binanın elektrik tesisatından ayrı, özel olarak yangına karşı korunmaya alınmış olacak ve bu binalarda elektrik akımı kesilmesi halinde otomatik olarak devreye girecek şekilde jeneratör bulundurulmalıdır[20].

1) Klima ve havalandırma sistemleri

Yüksek yapıların ve alışveriş merkezlerinin dizaynında, yangın ve duman kontrolü için ilk düşünülecek olay, yapının ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme sistemleridir. Bu sistemler, yangın durumunda yangının ve dumanın yayılmasını önleyecek ya da azaltacak şekilde tasarlanmalıdır.

İklimlendirme ve havalandırma kanallarının duvar, döşeme ve tavanları delip geçtiği yerlerde, saç kanal en az 2.5 mm'lik çelik saçtan yapılarak, ara boşluklar beton ile doldurulmalı ve havalandırma kanallarından katlara yangının geçişini önleyecek otomatik yangın damperleri ile donatılmalıdır[20].

Merkezi klima sistemleri, tek ekipman ile hizmet veren orta veya yüksek hızlı yaklaşık 10-20 kadar kanal sistemini ihtiva eden düzenlerdir. Bu sistemde ana kanallar bütün hatları geçtiğinden duman taşıma özelliği vardır. Bu nedenle kat girişlerinde duman ve yangını tecrit edici kapatma damperleri konulur[20].

Duman kontrolü teorisine göre, bu gibi hallerde yangın olan katta, verici devredeki yangın damperi kapalı fakat dönüş devresindeki yangın damperi açık kalmalıdır. Son zamanlarda modern yüksek binalarda her kat için bağımsız klima cihazları kullanılmaya başlanmıştır. Bağımsız kat üniteleri sistemi, genelde her kat için katın büyüklüğüne göre bir veya iki cihaz olabilir. Bu cihazlar sabit hacimli sistemde çalışan cihazlar olabileceği gibi, değişken hava debili sistem, fan tahrikli terminal ünitesi veya kombine edilmiş sistemler olabilir. Bu düzende dış hava şartlandırılmış veya şartlandırılmamış olarak her kattaki cihaza gönderilebilir. Egzoza tahliye için tuvalet şaftları da kullanılabilir[20].

Bir katta yangın halinde, bağımsız ünite durdurulur; üniteler dış hava temin eden cihazın veriş bölümü yangın damperi kapanır ve dönüş bölümü damperi açılır. Eğer süratli duman tahliyesi istenirse, ayrı bir duman tahliye düzeni kurmak gerekir. Bu sistemde duman ve yangının kattan kata geçiş tehlike riskini arttıran, yapıyı yukarıya doğru kat eden fazla şaftlar yoktur[20].

4.4.2.Pasif Yangın Güvenlik Önlemleriyle Çelik Yapıların Yangın Korunumu

1-Ürün Tipleri: Yapı çeliğinin yangın korunumu, bir yangında binanın stabilitesini sağlaması istenir. Yangında belli bir zaman periyodunda dayanıklılığını sürdürmelidir.

Çelik yapılar için 4 ana başlık altında yangın koruma tipleri vardır[22].

1. Kütlesel Yalıtım

- a. Beton kompozit sistemler ile yalıtım
- b. Kagir malzemeler ile yalıtım

2. Çevreyi Sarma Sistemi ile Yalıtım

- c.Kumaş kaplamalar
- d.Sıva ile yalıtım
- e.Püskürtme sistemler ile yalıtım
- f. Sıcaklıkla şişen boyalar ile yalıtım

3.Kutuya Alma - Plakalar ile Yalıtım

- g.Kolon ve kirişlerde plakalar ile yalıtım
- h. İç duvarlarda plakalar ile yalıtım
- ı.Asma tavanlarda plakalar ile yalıtım

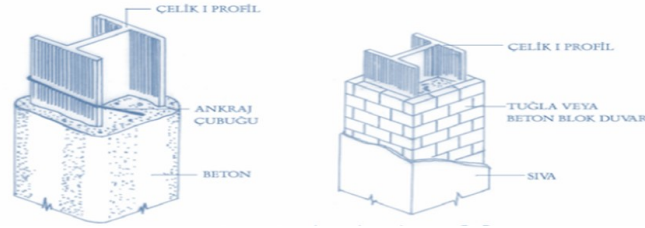
4.Çelik Bileşenlerden Su Dolaştırılarak Soğutulması ile Yalıtım

4.4.2.1. Kütlesel Yalıtım

Kütlesel yalıtım genelde çelik profillerin betona gömülmesi suretiyle yapılan yalıtım türüdür(Şekil 4.6). Ancak farklı uygulama şekilleri de bulunmaktadır(Şekil 4.5) [22].



Şekil 4.5 Çelik yapı bileşenlerine uygulanan yalıtım türleri[22]



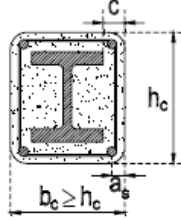
Şekil 4.6 Kütlesel yalıtım[22]

a) Beton Kompozit Sistemler ile Yalıtım

Çelik genellikle diğer malzemelerle özellikle betonla birlikte kullanılır. Beton yalnızca yapısal malzeme değildir ayrıca iyi termal yalıtım özelliklere sahiptir. Öte yandan beton kompozit yapıların birleştirilmesiyle doğal olarak yüksek yangın dayanımı vermesi için inşa edilebilir. Bu yöntemde çelik kısmen veya tamamen beton ile kaplanmaktadır (Şekil 4.6).

Betonla kaplama betonun düşük birim maliyetine bağlı olarak ucuz ve etkin bir yöntemdir. 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(Tablo 4.1)[22].

Tablo 4.1 Beton kompozit sistemlerle yalıtımda kolondaki beton kaplama kalınlıklarının, yangın sınıflarına göre belirlenmesi[22]

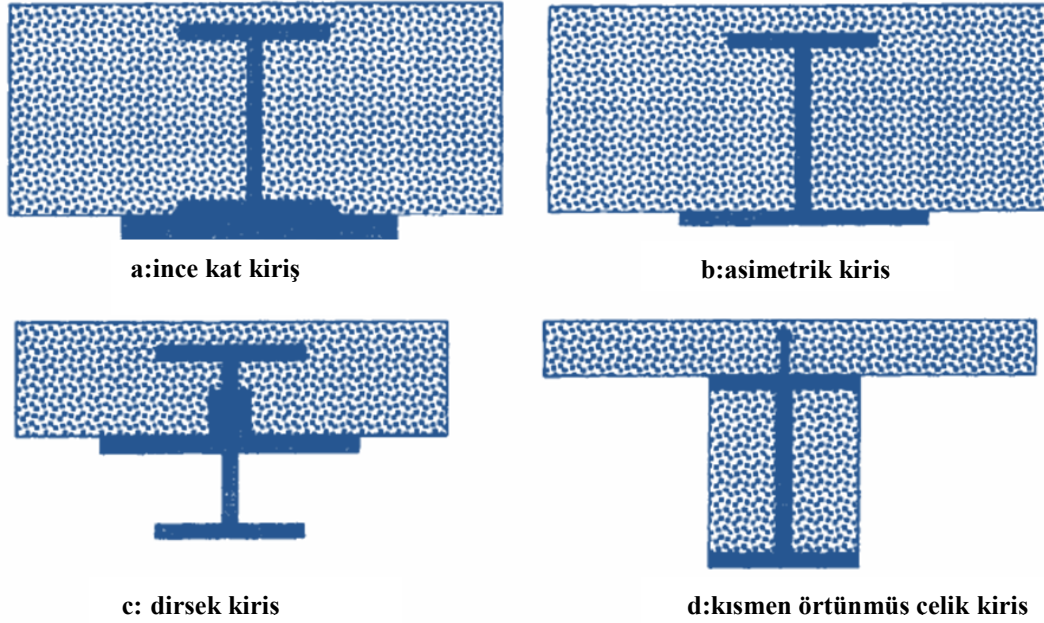
	YANGIN SINIFLARI				
	F30	F60	F90	F120	F180
Minimum Kalınlık h_c (mm)	150	180	220	300	350
Çeliği Kaplayan Minimum Beton Kalınlığı c (mm)	40	50	50	75	75
Donatı Çeliklerinin, Beton Kaplama Kalınlığı a_s (mm)	20	30	30	40	50

Bu yöntemle dört saate kadar bir yangın koruma sağlanabilmektedir. Avrupa 'da ve İngiltere 'de çoğu uygulamalarda 30 ya da 60 dakika yangın dayanımı istenir. Genellikle darbe etkilerinin fazla olduğu ve darbe dayanımının düşük olduğu diğer koruma malzemelerinin kullanılmadığı, serbest iç mekan düşey taşıyıcı elemanlarda kullanılması uygundur. Kolon elemanlar saha dışında betonla kaplandıktan sonra montajları gerçekleştirilmelidir[23].

Yüksek katlı yapılarda kullanılması halinde, ölü yükleri ciddi oranda arttırmakta ve kalınlıkları sebebiyle kullanım hacmini azaltmaktadır. Kirişlerde kullanımı ise pratik değildir. Bu yüzden, beton koruma genellikle, tek katlı ve çok gözlü çerçevelerle teşkil edilmiş, endüstriyel yapılarda uygulama alanı bulmaktadır.

Çelik yapılarda yüksek yangın dayanımı istendiği zaman beton kompozit sistemler uygulanmaktadır. Boşluklu ve hafif agregası (kum ve çakıl (veya kırma taş) karışımı) ile yapılmış olan hafif betonların yangına karşı dayanım gösterdiği de bilinmektedir. Boşluklu ve hafif agregası ile yapılmış hafif betonların sıcaklık artışlarında, kütlelerinde bir hasar olmamasına karşın, normal ağırlıktaki betonlarda 500-600°C sıcaklıklarda, kütlelerinde çöküntüler meydana gelmektedir. Betonla yapılan korumalarda beton içerisine yerleştirilecek donatılarla da çeliğin taşıma kapasitesini artırmak mümkündür.

Aşağıdaki sistemler standart yangın dayanım zamanlarını sağlaması için geliştirilmiştir(Şekil 4.7).



Şekil 4.7 Yüksek yangın dayanımlı çelik/kompozit kirişler[24]

Kirişler

Yapımın üç farklı çeşidinde kullanılır.

1-İnce kat/asimetrik kiriş Şekil 4.7a ve Şekil 4.7b gösterilmiştir. İnce kat kiriş yapımında genel kolonkesitinde alt kenarına geniş bir tabaka kaynaklanmıştır ve kompozit zemin levhalar geniş plaka üzerindedir. Asimetrik çelik kirişte alt kenar üst kenardan daha geniş yer kaplar. Çelik kesitin bağlantı levhası beton ile korunmuştur. Yükselen sıcaklıklarda çelik kirişin esneme dayanımını çoğunlukla sağlar. Çelik kesitin yük taşıma kapasitesine sahip olduğu varsayılır. Bu sistem 60 dakika standart yangın dayanımı sağlar[24].

2-Dirsek kirişler Şekil 4.7c de gösterilmiştir. Bu sistemde çelik dirsekler çelik kirişin bağlantı levhası kaynak yapılmıştır ve bu dirsekler prefabrik kat birimleri ile desteklenmiştir. Bu sistem başlıca katın yapısal yoğunluğunu azaltabilir. Çünkü dirsekler çelik kesitin bağlantı levhasının üst aksam ve üst kenarı yangına maruz kaldığında kalkan olur. Yangın dayanımı bu sistem kullanılarak 60 dakika ortaya çıkarılabilir[24].

Tablo 4.2 Yangından korunmamış ve korunmuş çelik üyelerin standart yangın dayanımı[22]

Yapının Tipi	Standart yangın dayanım zamanı(dakika)
Basit genel kirişler	15
İnce kat kiriş/asimetrik kiriş	60
Dirsek kiriş	60
Kısmen örtünmüş çelik kiriş	>60

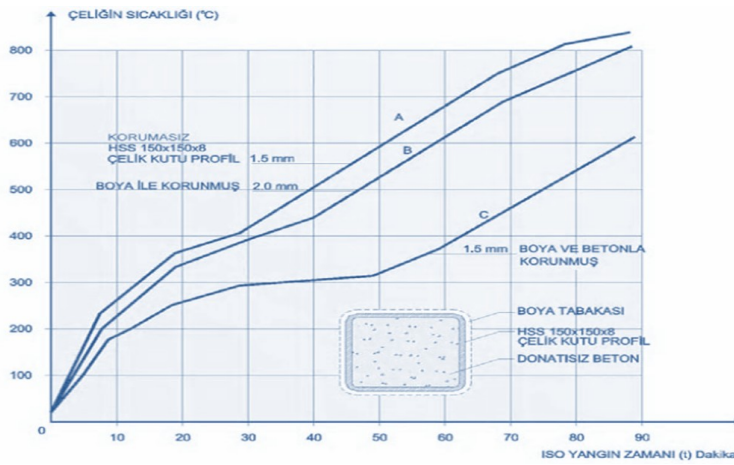
3-Şekil 4.7d kısmen örtünmüş çelik kiriş gösterilmiştir. Basit genel kiriş kesitinin kenarları arasına beton dökülmüştür. Yalnızca daha düşük kenarın aşağı tarafında yangın ortaya çıkabilmektedir. Üst kenar ve bağlantı levhası yangının ortaya çıkışından korunmuş olur ve yüksek yapısal dayanım sağlayabilir. Beton çelik kesitin kenarlarının arasına dökülür. Kuvvetlendirmeye 3 saate kadar yangın dayanımı çelik yapının yangın korumasını sağlar[24].

Tablo 4.2 yangından korunmamış ve korunmuş kirişlerin farklı tipleri için standart yangın dayanımını gösterir. Şekil 4.8 'de ise çelik yapıdaki beton ile yangın koruma örneği verilmiştir[25].



Şekil 4.8. Beton kompozit sistemlerle yalıtım[25]

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 ya da kısmen betonun içine yerleştirmek dayanım süresini arttırır(Şekil 4.9)[22].

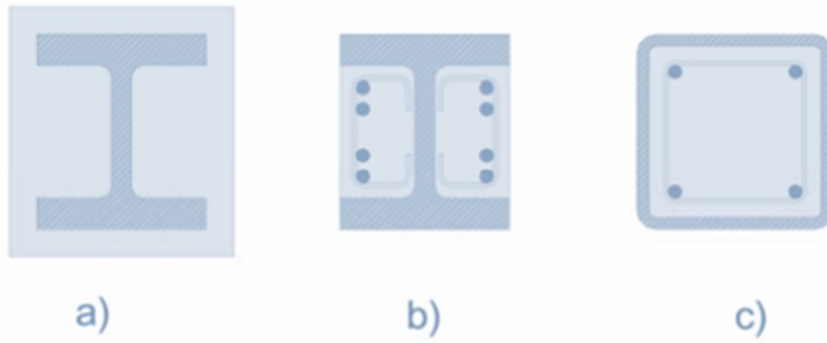


Şekil 4.9 Çelik kutu profilin, boya ve betonla yalıtımının çeliğin sıcaklığına etkisi[22]

Kolonlar

Kolonlarda uygulanan beton kompozit sistemlerde 3 ayrı yöntem kullanılmaktadır(Şekil 4.10).

- a. Çelik profilin tamamen betonla kaplanması,
- b. Çelik profilin flanşlarının arasının doldurulması,
- c. Çelik kutu profillerin içinin betonla doldurulması.



Şekil 4.10 Beton kompozit sistemler ile yalıtım türleri[22]

Yukarıdaki şekilde görülen beton kompozit sistemlerle yapılan yalıtım, yangın testlerinde gösterdikleri performans nedeni ile pratikte de sıkça kullanılmaktadır [22].

a. Çelik profilin tamamen betonla kaplanması: Bu yapıda genel çelik kesitin kenarları arasına yerleştirilmiş beton kalıplar hafif havalandırılmalıdır. Havalandırılmalı beton kalıplar kolon bağlantı levhası yalnızca iyi bir yalıtım sağlamaz ayrıca düz çelik kolonla karşılaştırıldığında ortalama kolon sıcaklığı azalır. Yapılan yangın dayanım testleri çok ince kolonlar hariç 30 dakika standart yangın dayanım düzeyi ek yangın koruma olmadan sağlar. 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 rijitliğini 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 4.10(a)).

b. Çelik profilin flanşlarının arasının doldurulması: Kısmen kaplanmış çelik kolonlar ve takviyesiz veya beton takviyelidir. Kapalı bağlantı levhali kolonda düşük ağırlıklı havalandırılmış beton yalnızca çelik kesit için yalıtım sağlar. Normal dayanımlı beton kompozit davranışı sağlamak için kullanılırsa yangın dayanımı 60 dakika olabilir. Takviye edilmiş çelik çok daha yüksek yangın dayanımı sağlar. Burada pratik bir uygulama olarak çelik kolonun flanşlarının araları beton ile doldurulmaktadır (Şekil 4.10(b)). Bu tür bir korumada yangın dayanımı, kolonun üzerine binen yükün oranına bağlı olarak 120 dakika veya daha fazladır. 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.

Betonarme donatısı olarak kullanılan çelikler, imalat biçimlerine göre iki tiptir; Sıcakta haddelenmiş çelik (doğal sertlikte çelik): Bu tip çeliklerin kimyasal birleşimlerdeki karbon, nikel, silisyum, magnezyum, krom ve vanadyum oranları ayarlanarak istenilen kalite elde edilir.

Bu çelik türünün imalatı için büyük tesis ve yatırımlara ihtiyaç vardır.

Soğukta işlem görmüş çelik: Göreli olarak düşük sıcaklıklarda çekilerek veya burularak imal edilirler. Bu işlem sırasında çeliğin moleküler yapısı, dolayısıyla özellikleri değişir. Genellikle soğukta işlem görmüş çeliğin dayanımı artarken, deformasyon kapasitesi azalır.

c. Çelik kutu profillerin içinin betonla doldurulması: Delik çelik kesit betonla doldurulmuştur. Betonla doldurulmuş çelik kesitin kompozit kolonları biçimlendirmek için çok pratik çözümdür. Ya takviyesiz ya da takviyeli beton kullanılabilir. Takviyesiz beton doldurulmuş kolonlar 60 dakika yangın dayanımı sağlayabilir. Takviye edilerek

kullanılırsa çok daha yüksek yangın dayanımı ihtiva edebilir. Üçüncü uygulama yöntemindeki ilke ise, çelik kutu profillerin içinin betonla doldurulmasıdır(Şekil 4.10(c)). 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 ya da 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. Tablo 4.3’de yangından korunmamış ve korunmuş kolonların farklı tipleri için standart yangın dayanım zamanı verilmiştir[22].

Tablo 4.3 Yangından korunmamış ve korunmuş kolonların farklı tipleri için standart yangın dayanım zamanı[22]

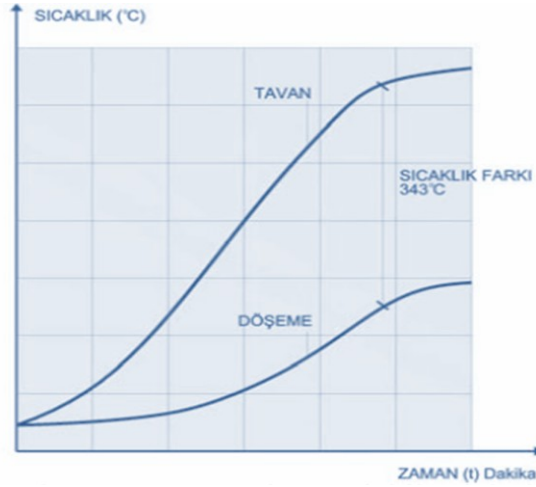
KolonTipi	Standart yangın dayanım zamanı(dakika)
Genel Kolon	15
Kapalı Kolon	30
Kısmen kaplanmış takviyesiz beton	60
Kısmen kaplanmış takviyeli beton	>60
Takviyesiz betonla doldurulmuş delik kesit	60
Takviyeli betonla doldurulmuş delik kesit	>60

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 4.11).

Birçok avantajı nedeniyle yaygın olarak kullanılan çelik döşeme sistemi, trapez ya da kırlangıç sac levha ve üzerine şantiyede dökülen donatılı beton ile oluşturulmaktadır (Şekil 4.12). 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[22].



Şekil 4.11 Yangın simülasyonu sırasında 10 dakika içinde mekanda görülen döşeme ve tavan arasındaki sıcaklık farkı[22]



Şekil 4.12 Kompozit döşemeler

Kompozit döşemelerde yangın dayanım süresi 120 dakikaya kadar çıkabilmektedir. Ancak bu süre, seçilecek trapez ya da kırlangıç 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 kırlangıç tipi kompozit döşemelerde ise çelik levhanın üst flanşları ateşe doğrudan maruz kalmadığı için yangın dayanım süresi 90 dakikaya çıkabilmektedir[25]. Kompozit döşemelere yapılacak ek korumalarla da yangın dayanım süreleri

artırılabilir(Tablo 4.4). Örneğin; ilave donatılar, döşemenin hafif beton olması, yangın dayanımlı asma tavan ve yalıtım kaplamalarının kullanımı gibi.

Tablo 4.4 Döşeme tip ve boyutlarının yangın dayanımına etkisi[22]

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
	3.6	F120		155	140
		F60	1.0	130	120
		F90	1.2	140	130
KIRLANGIÇ DÖŞEME  $38\text{mm} \leq D \leq 50\text{mm}$	2.5	F60	0.8	100	100
	3.0	F90	0.8	110	105
		F60	0.9	120	110
	3.6	F90		130	120
		F120		140	130
		F60	1.0	125	120
		F90	1.2	135	125
		F120	1.2	145	130

b) Kâgir malzemeler ile yalıtım

Brüt tuğla, gaz beton ve beton briketle yapılacak korumalar için de beton korumada anlatılan prensipler geçerlidir, ancak bu tarz kaplamaların forklift, kamyon ya da diğer gezici araçların darbe etkilerine karşı koruma sağlaması beklenmemelidir. Hafiflikleri nedeniyle betona göre avantajlı gibi gözükseler de, yangın koruma süreleri 30 dakika ile sınırlıdır[23].

Bu malzemelerle oluşturulan bölücü duvarlar içerisine gömülen dış ve iç kolonların yangın koruması ekonomik olarak sağlanabilir.

Bu koruma yönteminde; geleneksel yapım yöntemlerinde duvar örülmesinde veya kaplanmasında kullanılan taş ve tuğla gibi kâgir malzemeler, yangına karşı gösterdikleri direnç nedeni ile çelik elemanlarının korunmasında da kullanılmaktadır(Şekil 3.6).

Bu yöntemde çelik, kısmen veya tamamen tuğla ya da 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[23].

4.4.2.2. Çevreyi Sarma Sistemi ile Yalıtım

Bu yalıtım türü, çelik yapı bileşenlerinin dış yüzeyinin yalıtım malzemesi ile kaplanmasını esas almaktadır. Uygulamalar ise; kumaş, sıva, püskürtme ve sıcaklıkta şişen boyalar ile gerçekleşmektedir.

Dört saatten fazla yangın dayanımı sağlayabilen bu korumalar genellikle kolonlarda kullanılmaktadır. Çarpma etkilerine karşı dayanımları yüksektir, ayrıca uygulanmaları da kolaydır. Kolon-kiriş birleşim yerlerinde kullanımları güçtür. Kalınlık hesabında çelik levhanın et kalınlığı değerlendirilmemektedir.

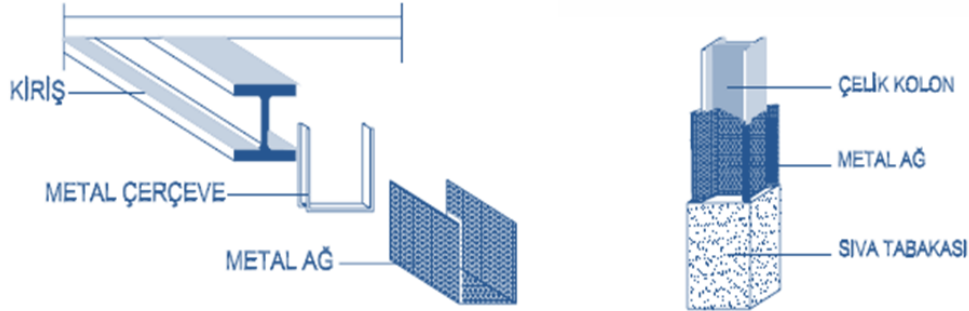
c) Kumaş Kaplamalar

Kumaş kaplamalar maliyetleri bakımından spreylere alternatif oluşturabilmek amacıyla üretilen ve çelik elemanlara sarılmak suretiyle uygulanan yalıtımlardır[25]. Dayanıklı olmakla beraber, sadece iç mekânlarda ve kuru alanlarda kullanılmaktadırlar. Dekoratif açıdan uygun görüntü vermediklerinden, görünmeyen mahallerde kullanımları mümkün olmaktadır.

d) Sıva ile yalıtım

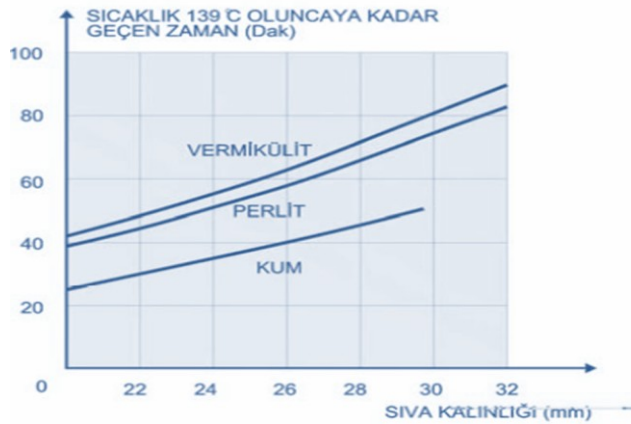
Alçı taşı, çimento, perlit, vermükulit ve kum gibi malzemelerin karışımlarından elde edilen harcın, hazırlanan yüzeye sürülmesi şeklindedir (Şekil 4.13). Ancak, harcın tutunabilmesi için çelik profile veya çelik etrafına konulacak metal dikmelere metal ağ

giydirilmesi gerekmektedir. Alçı ve vermükulit karışımları ile tüm yangın dayanım zamanlarına ulaşabilmektedir[22].



Şekil 4.13 Kiriş ve kolonlarda sıva ile yangın yalıtım uygulamaları[22]

Perlit ve vermükulit kullanılan karışımlarda ise, daha yüksek yangın dayanım süreleri elde edilebilmektedir(Şekil 4.14).



Şekil 4.14 Sıvalarda kullanılan bazı malzemelerin ateşe maruz kalmayan yüzeyinde sıcaklığın 139° C ulaşınca kadar geçen sürede, sıva kalınlığının etkisi[22]

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[26].

e) Püskürtme Sistemler İle Yalıtım

Sprey malzemeler ısı yalıtım özelliği yüksek olan vermikülit ya da taş yünü yapııştırıcılık görevi gören çimento harcı ile karıştırmak suretiyle üretilirler. Bu malzemeler; çimento esaslı karışımlar ve mineral lifli malzemeler (vermükulit, perlit, mineral yada cüruf lifler) olmak üzere iki ana grupta toplanmaktadır. Tabanca püskürtme yöntemi ile uygulanabildiklerinden, uygulanması hızlı, işçilik maliyeti düşüktür. Ancak koruma tabakasının hesap kalınlığının uygulamalarda dikkatle kontrol edilmesi gerekmektedir. Görünümleri estetik olmadığından, genellikle asma tavanların arkasında kalan kirişlerde ve dekoratif görünümünün önemli olmadığı hacimlerde (mekanik tesisat odaları, depo, arşiv vs.) hem kolon, hem de kirişlerin korunması maksadıyla kullanılabilirler. Dış mekânlarda ya da su ve neme maruz kalabilecek noktalarda kullanılmamalıdır. Korozyon önleyici olmadıklarından, mutlaka pas koruma tabakası üzerine uygulanmalıdır. Yüksek ısı ve mekanik performansları nedeniyle, dört saate varan uzun koruma süreleri temin edilebilmektedir[23]. Bu tip koruma yöntemlerinde, elde edilen karışım, çelik yüzeyine özel aletlerle püskürtülmektedir (Şekil 4.15)[26]. 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(Şekil 4.14). Bu uygulamanın en büyük avantajı ise karmaşık detaylarda kolayca kullanılabilir olmasıdır.



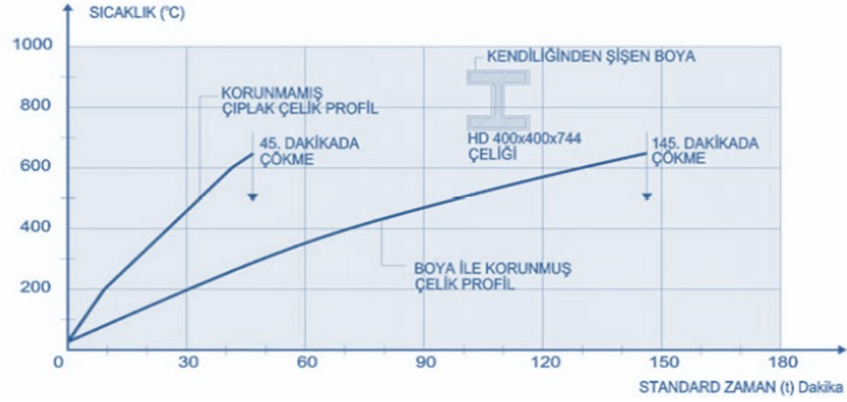
Şekil 4.15. Püskürtme sistemlerin çelik kirişe uygulanması[26]

f) Sıcaklıkla Şişen Boyalar İle Yalıtım

Şişen yalıtımlar boya gibi sürülerek ya da püskürtülerek uygulanan ve katman kalınlığı 1 mm civarında olan kimyasal içerikli koruma malzemeleridir. Isıya maruz bırakıldıklarında katman kalınlığı 50 kat artarak bir ısı yalıtım tabakası oluşturmaktadır. Kimyasal bozulma göstermesi nedeniyle, nemli ve ıslak noktalarda kullanılmamalıdır[25].

Yangın koruma malzemesinin dekoratif olarak fazlaca dikkat çekmesi istenmeyen, küçük yüzeyli bölgelere uygulanması tercih edilmelidir. Örneğin, topyekûn taşıyıcı elemanları korumadan çok, acil çıkış ve kaçış rotası üzerindeki kapılarda uygulanması gibi, sınırlı kullanım olanakları daha yaygındır. Malzemenin birim maliyetleri oldukça yüksektir. Uygulanmaları kolaydır, fakat kalınlık kontrollerinin dikkatle yapılması gereklidir. En fazla 2.5 saate kadar yangın dayanımı sağlayabilmektedirler(Şekil 4.16)[22].

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[25].



Şekil 4.16 Kendiliğinden şişen boya ile korumanın, yangın dayanımına etkisi[22]

4.4.2.3. Kutuya Alma - Plakalar ile Yalıtım

Isıya dayanıklı levha elemanlar hem kolon hem de kiriş elemanları, kesit büyüklüklerine bağlı olarak, çevrelemek ya da kutu oluşturmakla korumaktadırlar.

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, levha kalınlıkları 6-80 mm arasında değişmekte ve kullanılan kalınlığa bağlı olarak 30 dakika ile 4 saat arasında değişen bir yangın koruma süresi sağlayabilmektedirler[26].

Korozif etkilere dayanıklı türleri mevcutsa da, levhaların malzeme birim maliyetleri ve uygulanma işçilikleri yüksektir. Estetik görünümleri ve yüksek maliyetleri nedeniyle sadece dekoratif maksatlı mekânlarda kullanılmaları ekonomik sonuçlar vermektedir.

Çerçeveleme sistemler olarak da ifade edilen bu yöntemde çelik yapı bileşenleri, plaka halindeki yalıtım malzemeleri ile kaplanmaktadır(Şekil 4.17). 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 gelmeyecek şekilde plakalar yerleştirilmelidir. Ayrıca ek yerlerinin de aynı cins malzeme ile sıva yapılması gerekmektedir[22].

Yangın yalıtımında kullanılan bazı plakalar ve özelliklerine ise aşağıda yer verilmiştir[25]:



Şekil 4.17 Çelik kolonların plakalarla kaplanması[22]

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 (Tablo 4.5). Düşük yoğunlukta olanlarda ise, yüksek sıcaklıklarda çatlamlar meydana gelebilmekle beraber, bu plakalar dış mekânlarda da kullanılabilmektedirler[25].

Alçı Plakalar:

Alçı panel levhalar içerdikleri yüksek nem muhtevası (%20) nedeniyle 1 saate varan yangın koruma süreleri sağlayabilmektedir. Ancak bu malzemenin suya maruz kalması malzemenin ısı performansını değiştirmektedir, dolayısı ile suyla direk temasının engellenebileceği kuru koşullarda kullanımı sağlanmalıdır. Islak mekânlarda ve yapı dışında kullanılamazlar.

Darbe dayanımları neredeyse hiç yoktur ve ağır eşyaların taşınması esnasında dahi önemli ezikler alarak yangında izolasyon ve bütünlük fonksiyonunu yerine getiremeyebilmektedirler. Az katlı hafif çelik yapı uygulamalarında duvar panellerinin korunmasında 12.5 mm'lik alçıpan levhanın nadirde olsa 1 saat yangın koruma sağlayabildiği, ancak genellikle, çatlama ve kırılmalarla bu sürenin 30 dakikaya kadar düştüğü rapor edilmektedir. Ayrıca yüzeylerindeki kağıdın da yanarak bu süreci hızlandırabildiği ve yüzeyden yangının yayılmasına yol açtığı bildirilmektedir. Maliyetleri malzemenin yaygınlığı ve düşük maliyeti sayesinde ekonomiktir, fakat kullanımlarında ciddi riskler taşıyabileceği her zaman hatırlanmalıdır. Bu plakalar; %21'i su, %79'u kalsiyum sülfat olan alçı ile üretilmektedir[25].

Tablo 4.5 Silikat lif plakaların, yangın sınıflarına göre uygulama kalınlıkları [25]

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/m ³) L: Düşük yoğunluktaki yalıtım (450 kg/m ³)										
A_m : Birim uzunluktaki elemanın çevresi (cm)										
V: Çeliğin kesit alanı (cm ²)										

Yoğunluğu 700–1000 kg/m³ olup, ısı iletkenliği ise 0,24 W/mK'dir. Alçı plakaların yangın izolasyonunda kullanılmalarının en önemli nedeni, yangın sırasında bu levhaların bünyesindeki suyun buharlaşması ve serbest kalması için yüksek ısı enerjisine ihtiyaç duymasıdır. Bu plakalar iyi bir yangın dayanımına sahip olması için tek kat uygulamalarda, en az 19 mm kalınlığında olmalıdır.

Mineral(Taş) Yün Plakalar:

Yoğunlukları en az 60 kg/m³, kalınlıkları ise 40 mm den az olmamalıdır. İyi bir yangın dayanımına sahip olup (Tablo 4.6), ek yerlerinin doğru detaylandırılmaması halinde ise performansı olumsuz yönde etkilenmektedir[22].

Tablo 4.6 Yangın sınıflarına ve farklı çelik türlerine göre taş yününün uygulanma kalınlıkları[22]

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

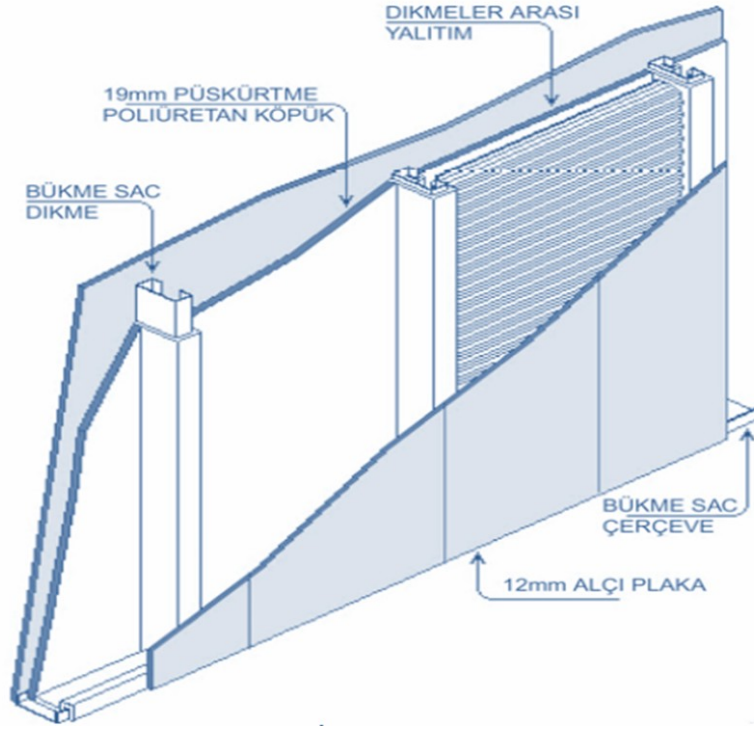
g) Kolon ve kirişlerde plakalar ile yalıtım

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 yapıştırılarak birleştirilmeleri de olasıdır[26].

h) İç Duvarlarda Plakalar İle Yalıtım

Çelik yapılarda duvarlar, prefabrike beton paneller, briket veya tuğla ile de yapılabilir. Ancak hafif çelik yapılarda büyük ağır elemanlar kullanılamamaktadır. 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 4.18). Dış duvarın dış yüzeyinde ise A sınıfı ve dış atmosfer koşullarına dayanıklı bir kaplama bulunmalıdır[22].

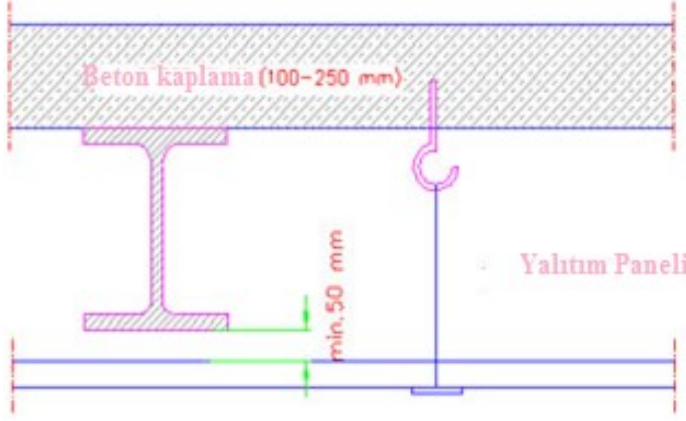


Şekil 4.18 İç duvar bileşenleri[22]

1) Asma Tavanlarda Plakalar İle 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 4.19).

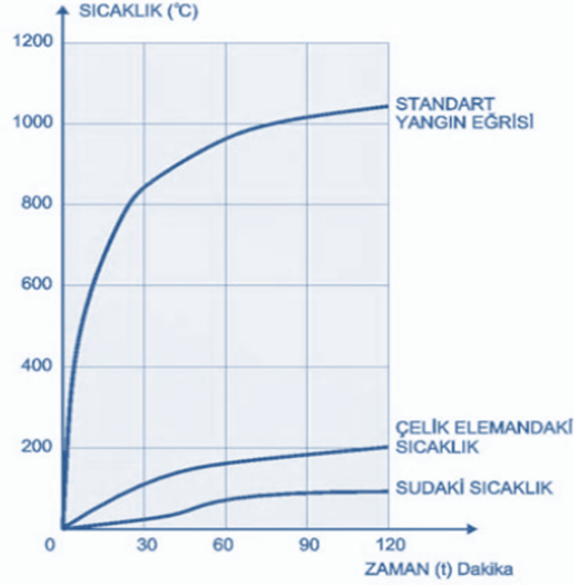
İyi bir yangın korunumu için derzler cam elyaflı bir bant ile kapatılmalı ve vida başları ile birlikte, perlit esaslı bir macun ile asma tavan yüzeyi düzeltilmelidir[18].



Şekil 4.19 Asma tavanlarda yangın plakaları uygulaması[18]

4.4.2.4.Çelik Bileşenlerden Su Dolaştırılarak 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 elemanın içindeki suyu ısıtarak, dolaşımla çelik elemandan uzaklaştırılmaktadır. Su kaynama sıcaklığına ulaşsa bile çelik elemanın sıcaklığı 100 - 200°C' yi aşamaz (Şekil 4.20). Bu sıcaklıklarda ise, çeliğin mekanik özelliklerinde ise, bir düşme görülmemektedir. 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 bulunmaktadır (Şekil 4.21)[22].

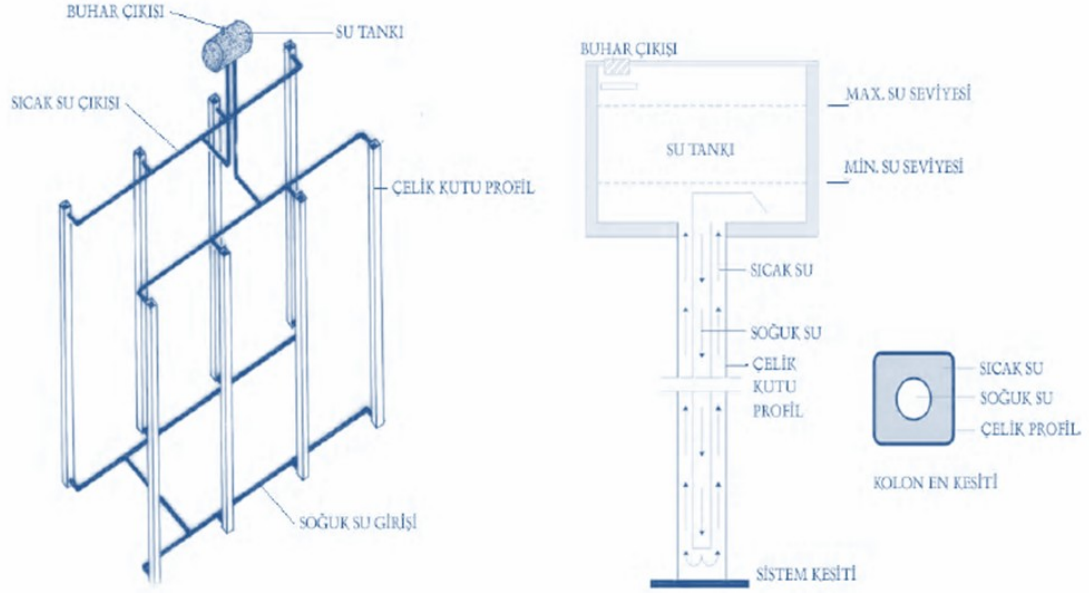


Şekil 4.20 Su dolaşımıyla yapılan korumada, sudaki ve çelikteki sıcaklık eğrileri[22]

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 katılmakta ve ısınan suyun yerini almaktadır (Şekil 4.21). 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 ya da 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 sürdürülemez. Gerekirse, (özellikle su değiştiriliyorsa), potasyum nitrat gibi korozyon önleyici katkıları kullanılabilmektedir[24].

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. 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[22].



Şekil 4.21 Su dolaşımıyla yalıtım çalışma prensibi[22]

Aşağıdaki çizelgede ise; yangın yalıtım türlerinin sağladıkları yangın dayanım süreleri görülmektedir(Tablo 4.7).

Tablo 4.7 Yangın yalıtım türleri ve yangın dayanım süreleri[22]

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
	Yalıtım türünün koruma sağlayamadığı sıcaklık aralığı

İyi
↓
Kötü

4.4.3.Çelik Dış Yapı Bileşenlerinde Alınan Yangın Güvenlik Önlemleri

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, alevin davranışına, sıcaklık derecesine, yapı bileşenlerinin pozisyonuna ve yangın yüküne bağlı olduğu kadar pencere açıklıklarının boyutları ve yerlerine de bağlıdır[26].

5.UYGULAMA – 9 KATLI ÇELİK BİR BİNANIN YANGIN DAYANIMININ DEĞERLENDİRİLMESİ

5.1. Genel

Bu bölümde doğrusal olmayan statik öteleme(push-over) analizinin temel özellikleri açıklanmış ve 9 katlı çelik bir binaya ait bir moment çerçevesinin doğrusal olmayan statik öteleme(push-over) analizi ile senaryo yangın durumları altında değişik sıcaklıklardaki yanal dayanımı ve rijitliğindeki değişiklikler incelenmiştir. Bu amaçla ilk olarak, yüksek sıcaklık etkisindeki çelik elemanların malzeme özelliklerinde (akma gerilmesi, kopma gerilmesi, elastisite modülü) meydana gelebilecek değişiklikler belirlenmiştir. Daha sonra her bir senaryo durum için doğrusal olmayan statik öteleme(push-over) analizi yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

5.2. Doğrusal Olmayan Statik Öteleme(Push-Over) Analizi

Son dönemde yapıların performansa dayalı tasarım ve değerlendirilmesi amacıyla doğrusal olmayan statik öteleme analiz yöntemlerinin kullanımı hızla yaygınlaşmaktadır. Doğrusal olmayan statik öteleme analiz yöntemlerinin temeli, yapının yatay kuvvet taşıma kapasitesini ifade eden kapasite eğrisinin belirlenmesini, bu kapasite eğrisinden yapının elastik olmayan maksimum deplasmanının(deplasman talebinin) hesaplanmasını ve bu deplasman değerine kadar statik olarak itilmiş yapının performansının belirlenmesini içermektedir[27]. Yapıların performansının değerlendirilmesinde doğrusal olmayan statik analiz yöntemlerinden yaygın olarak kullanılanları Deplasman Katsayıları Yöntemi (DKY) ve Kapasite Spektrum Yöntemi'dir(KSY)[28].

Deplasman Katsayısı Yöntemi: Bu yöntemde belirli yatay kuvvet için yapıya yüklenen deplasman talebi ile yapının yatay yük taşıma kapasitesinin birbirine bağımlı olduğu esasına dayanmaktadır[28].

Ancak, deplasman talebi grafiksel olarak değil direkt olarak sayısal bir yöntemle hesaplanmaktadır. Buna göre, deplasman talebi yapı sisteminin özelliklerine bağlı olarak belirlenen ve yapının periyodunu, histeristik davranışını, ikinci mertebe etkilerini temsil eden katsayılar(C_0, C_1, C_2, C_3) kullanılarak hesaplanmaktadır. Bu yöntem yapının kapasite eğrisinin belirlenmesi, maksimum deplasmanın(hedef deplasmanı) hesaplanması ve performans seviyesinin belirlenmesi aşamalarından oluşmaktadır[28].

Kapasite Spektrumu Yöntemi: Kapasite spektrum yöntemi, yapının genel kuvvet deplasman spektrum eğrisi ile talep spektrum eğrisinin indirgenmesi ile elde edilen indirgenmiş tasarım spektrumu eğrisinin grafiksel olarak bir arada görülmesini sağlamaktadır. Kapasite spektrumu yönteminde, yapıda meydana gelen elastik olmayan deformasyonlara bağlı olarak elastik talep spektrumu indirgenerek kapasite ve talebin eşit olduğu nokta belirlenmektedir. Performans noktası adı verilen bu noktada yapıdan istenen performans hedefinin gerçekleşip gerçekleşmediği kontrol edilmektedir.

Bu yöntem ile yapıların performansının değerlendirilmesi üç aşamada gerçekleştirilmektedir[28].

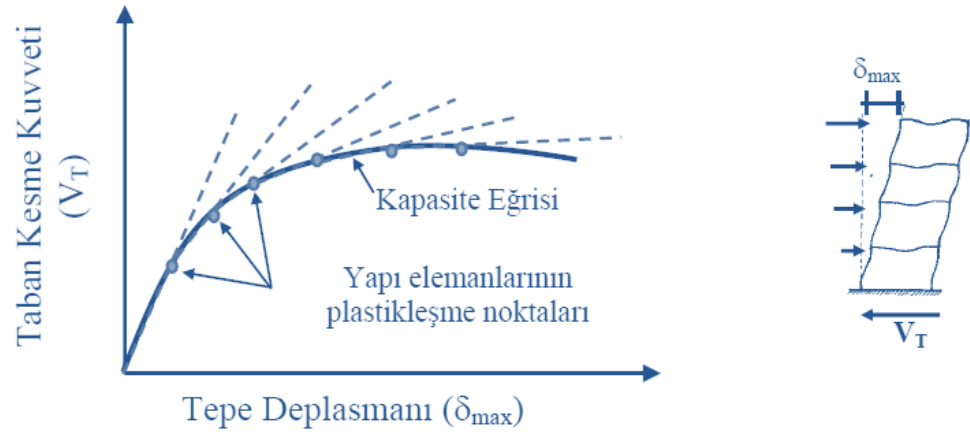
Bu üç aşama sırasıyla aşağıda verilmiştir.

1) Yapının yatay yükler altındaki dayanımını temsil eden ve kapasite eğrisi (doğrusal olmayan statik öteleme(push-over) eğrisi) olarak isimlendirilen yatay kuvvet-deplasman ilişkisinin belirlenmesi:

Birinci aşamada, kapasite eğrisini(doğrusal olmayan statik öteleme(push-over) eğrisini) elde edebilmek için yapının malzeme ve geometri değişimi bakımından

doğrusal olmayan teoriye göre doğrusal olmayan statik öteleme analizi yapılır ve bu Doğrusal Olmayan Statik Öteleme(Push-Over) Analizi olarak adlandırılır.

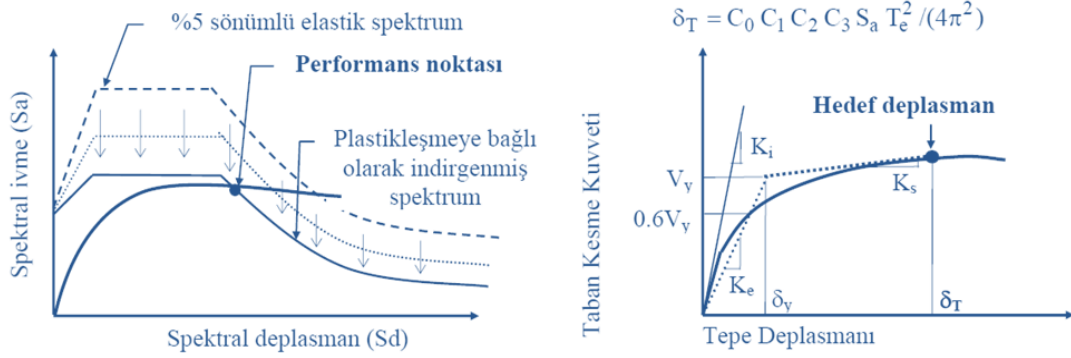
Doğrusal Olmayan Statik Öteleme(Push-over)Analizi: Bir yapının yüksekliği boyunca dağılan artımsal yanal statik yükleme yöntemidir. Yöntemde doğrusal ve elastik olmayan statik analiz yapılır ve yapının üst kat deplasmanı ile taban kesme kuvvetinin değişimini veren yük-deplasman grafiği çizilir. Her yük değeri için toplam taban kesme kuvveti (V_T) ve buna karşılık gelen en üst kat yatay deplasmanı (δ_{max})(tepe deplasmanı) arasındaki grafik aşağıdaki gibi elde edilir(Şekil 5.1)[28].



Şekil 5.1 Doğrusal olmayan teori ile kapasite eğrisinin elde edilmesi[28]

Hesaplarda plastik şekil değiştirmelerin plastik kesit adı verilen belirli bölgelerde toplandığı bunun dışındaki bölgelerde davranışın doğrusal-elastik olduğu kabul edilir. Kirişlerde plastikleşmenin sadece eğilme momenti ile meydana geldiği, kolonlarda ise iki eksendeki eğilme momenti ile normal kuvvetin etkileşimi ile meydana geldiği kabul edilir. Kolon ve kiriş elemanlarında burulma ve kesme kuvvetinin taşıma kapasitesini aşıp aşmadığı bağımsız olarak kontrol edilir. Yöntem, talep dağılımı, yapı sünekliği, dayanımı ve deformasyonu hakkında bilgi sağlar. Detaylandırma ve tasarım aşamasında önemli olan sınır duruma yaklaşan kritik elemanları tanımlanmasını sağlar[28].

2) Göz önüne alınan tehlike seviyesi için yapının maksimum elastik olmayan deplasmanının(deplasman talebinin) belirlenmesi: KSY’de maksimum deplasman değeri, yapıda meydana gelen plastik deformasyonlara bağlı olarak elastik talep spektrumunun indirgenmesiyle belirlenirken(Şekil 5.2a), DKY’nde performans düzeyinin kontrol edileceği nokta (hedef deplasmanı) elastik olmayan talep spektrumu esas alınarak bazı katsayılar ile belirlenmektedir(Şekil 5.2b). Kapasite eğrisinin belirlenmesi ve performans düzeyinin belirlenmesi işlemleri her iki yöntemde de aynıdır. Şekil 5.2b’deki eğride birincisinin eğimi başlangıç(elastik) rijitliği(K_e), ikincisinin eğimi akma sonrası rijitliği(K_s) temsil eden iki doğru parçası ile idealleştirilir. V_y ise yapının dayanımını ifade eder(Şekil 5.2b)[28].

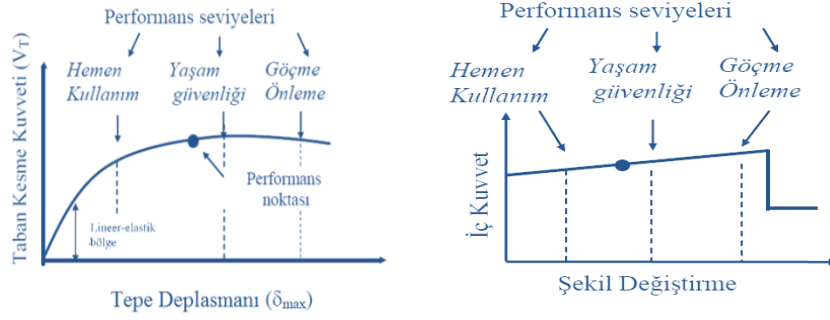


a)KSY ile

b)DKY ile

Şekil 5.2 Maksimum Deplasmanın Belirlenmesi[28]

3) Belirlenen deplasman talebine ulaşmış yapının performans düzeyinin belirlenmesi: Performans kontrolünün yapılacağı yapının maksimum deplasmanı belirlendikten sonra maksimum tepe deplasmanı değeri ve yapı elemanlarının iç kuvvet-şekil değiştirme durumları sınır değerler ile karşılaştırılarak yapının performans seviyesi belirlenmektedir(Şekil 5.3)[28]. Bu çalışmada ortam sıcaklıklar altında dayanım ve rijitlik ilişkisi incelenecektir.



Şekil 5.3 Performans seviyesinin belirlenmesi[28]

Doğrusal olmayan statik öteleme(push-over) analizinin yapılma amacı ana hatlarıyla aşağıdaki gibi özetlenebilir[27]:

- Yapı sisteminin artan yatay yükler altında doğrusal olmayan davranışının ve göçme şeklinin belirlenmesi,
- oluşan plastik kesitlerin türleri ve yapı içindeki dağılımının belirlenmesi (hasar dağılımının belirlenmesi),
- toplam ve göreceli yer değiştirmelerin belirlenmesi,
- yapı sisteminin süneklik düzeyi hakkında bilgi edinmek,
- plastik kesitlerdeki şekil değiştirmeleri belirlemek.

5.3.Yapısal Model

5.3.1. 9-Katlı Süneklik Düzeyi Yüksek Moment Çerçeve

Bu çalışmada kullanılan moment çerçevesi, 9 katlı süneklik düzeyi yüksek çelik moment çerçevesidir[29]. 9 katlı çerçevelerin plan ve kesitleri Şekil 5.4 'de verilmiştir. Kolon ek yerleri her iki katta bir düzenlenmiştir.

Bina, düşey yüklere ve deprem yüklerine göre tasarlanmıştır. Tasarım aşamasında normal katlar için 4.59 kN/m^2 ölü yük ve 2.39 kN/m^2 hareketli yük, çatılar için 3.97 kN/m^2 ölü yük ve 0.95 kN/m^2 hareketli yük alınmıştır. Binanın taşıyıcı sistemi bir doğrultuda süneklik düzeyi yüksek moment çerçevelerden, diğer doğrultuda dışmerkez çaprazlı çerçevelerden ve düşey yük taşıyan iç çerçevelerden oluşmaktadır[29]. Bina planda simetriktir. Kolonlar zemine basit mesnetli olarak bağlanmıştır.

Binanın plandaki boyutu $45.7 \text{ m} \times 45.7 \text{ m}$ 'dir. Her iki doğrultuda 9.14 m aralıklı 5 açıklık bulunmaktadır(Şekil 5.4). Binada bir bodrum bulunmaktadır. Kat yüksekliği normal katlarda 3.96 m giriş katında 5.48 m ve bodrum katında 3.65 m 'dir (Şekil 5.4)[29].

Binanın bodrum katındaki perde duvarlarının yapının yatay yer değiştirmesini engellediği kabul edilmiştir. Binalar Los Angeles'ın merkezinde S_s değerinin $\%200g$ ve S_1 değerinin $\%100g$ olduğu bölge için tasarlanmıştır. Süneklik düzeyi yüksek moment çerçevesi için taşıyıcı sistem davranış katsayısı $R=8$ alınmıştır[29]. Tasarım için taban kesme kuvveti 8656.24 kN bulunmuştur. Kiriş ve kolon elemanların boyutları Tablo 5.1'de verilmiştir[29].

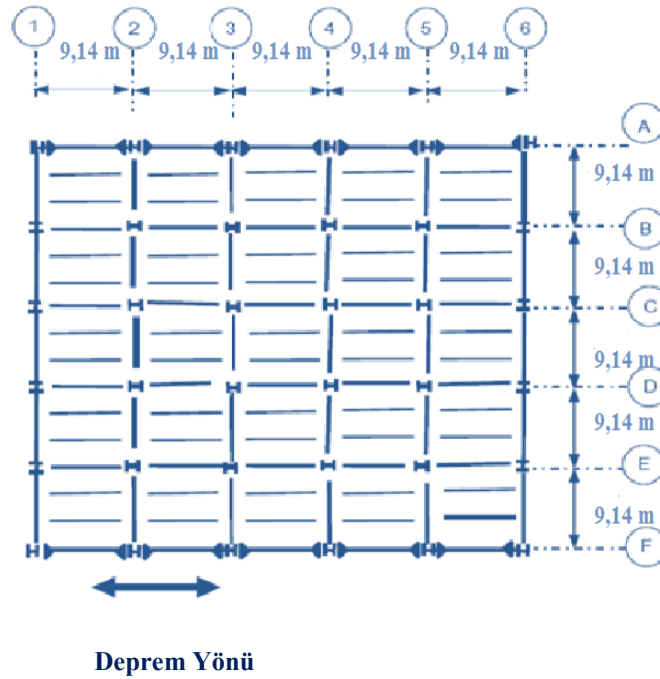
Bütün kolonların ve kirişlerin akma gerilmesi minimum akma gerilmesi olan $345(\text{Fe}52) \text{ N/mm}^2$ olarak alınmıştır. Binada kat döşemeleri diyafram davranışı sağlamaktadır. İç çerçevelerin sadece düşey yük taşımalarından dolayı her bir dış çerçeveye gelen toplam kütle, binanın sismik kütlesinin yarısı olarak alınmıştır[29].

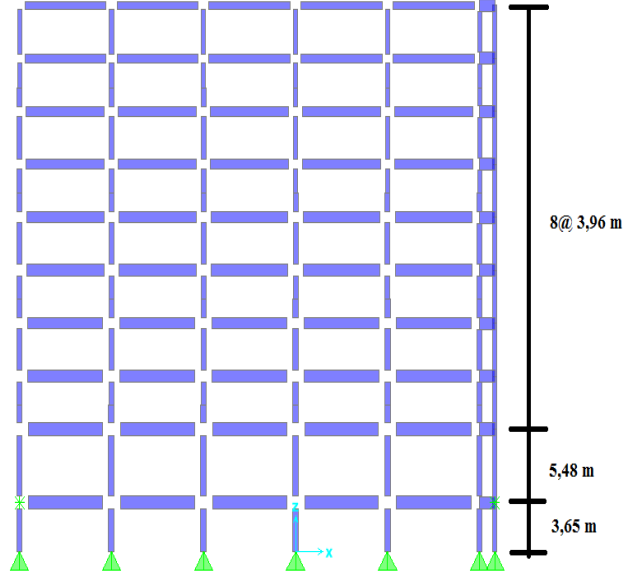
Tablo 5.1 9-katlı çerçeve elemanlarının boyutları[29]

Kat	Dış Kolon	İç Kolon	Kiriş
9	W14X257	W14X311	W24X55
8	W14X257	W14X311	W27X94
7	W14X311	W14X426	W30X132
6	W14X311	W14X426	W30X132
5	W14X398	W14X500	W33X141
4	W14X398	W14X500	W33X141
3	W14X455	W14X550	W33X141
2	W14X455	W14X550	W33X141
1	W14X550	W14X730	W36X194
bodrum	W14X550	W14X730	W36X194

Kiriş derinlikleri W36 ile sınırlandırılmıştır. Tasarım adımları dayanım, göreceli kat ötelemesi kontrolü ve güçlü kolon – zayıf kat kontrolünden oluşmaktadır[29].

a.Plan





b. A aksı üzerindeki moment çerçeve

Şekil 5.4 9-katlı çerçeve elemanlarının boyutları 9 katlı çerçevenin plan ve düşey kesiti[29]

5.3.2. Yapısal Model

Moment çerçevelerin iki boyutlu modelleri SAP2000’de yapılmıştır[29]. Elastik ötesi davranış, elemanların iki ucunda tanımlanan plastik mafsallarla ifade edilmiştir.

Pekleşme etkisi %5 olarak alınmıştır. P-M(eksenel kuvvet-eğilme momenti) etkileşim ilişkisi, AISC Şartnamesinde(2005) önerildiği gibi, kolon elemanlarının eğrilik yüzeyleri olarak kullanılmıştır. Analizlerde panel bölgesi deformasyonu ihmal edilmiştir. Sönüm oranı % 5 olarak alınmıştır ve doğrusal olmayan dinamik zaman geçmesi analizlerinde 2.ve 4. doğal frekanslarına ait rijitlik ve kütle orantılı Rayleigh sönümü kullanılmıştır[29].

Çerçevelerde 4.57 m genişliğindeki yük alanındaki ölü yükün % 90’ı her kattaki moment çerçevesinin kolonlarının tepesine yerleştirilmiştir. P- Δ etkisi(“P” yatay yükü etkisinde oluşan “ Δ ” yatay tepe deplasmanı) değerleri dikkate alınmıştır ve seçilen kolon

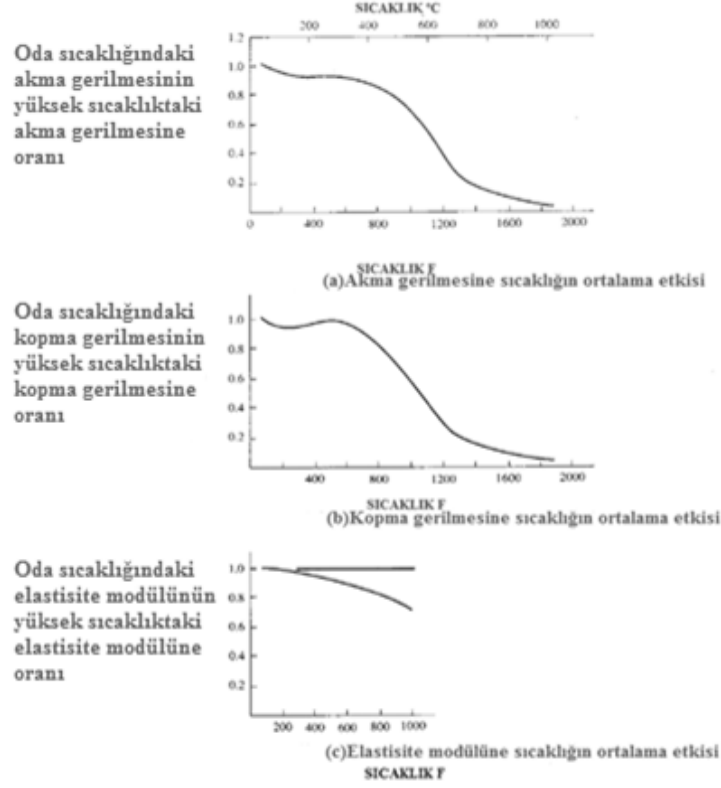
ve kiriş elemanları kompakt kesitlere sahip olduklarından, yerel burulma etkisi ihmal edilmiştir[29].

5.4.Sıcaklık Etkisi

Çelik için genel bir sıcaklık–mekanik özellikler ilişkisi Şekil 5.5 'de gösterilmiştir. Sıcaklık yaklaşık 93°C' ye ulaştığında akma gerilme ve kopma gerilme eğrileri doğrusal olmayan eğri çizmeye başlar[30]. Elastisite modülü, akma gerilmesi, kopma gerilmesi sıcaklığın artması ile beraber azalır. 426°C – 538°C arası maksimum azalma düzeyinin en fazla olduğu sıcaklıklardır. Farklı mikro yapı ve kimyasal yapılarından dolayı her çeliğin davranışı birbirinden farklıdır. Çelik göreceli bir biçimde yüksek karbon yüzdesine sahiptir. 150°C ile 370°C düzeylerinde akma gerilmesi örneğin Fe37 gibi bir çelikte ortaya çıkabilir. Sıcaklık 20°C' ye ulaştığında akma gerilmesi ve kopma gerilmesindeki azalma Şekil 5.5' de görüldüğü gibi süreklilik gösterir. Sıcaklık 1093°C' ye ulaştığında akma ve kopma gerilmesi en düşük seviyesine ulaşır.

Elastisite modülünün azalması sıcaklığın artması ile doğrusal bir biçimde azalır. 538°C den itibaren daha hızlı bir biçimde azalma meydana gelir. Daha da önemlisi 260°C ile 320°C yukarıdaki sıcaklıklarda çelikte ortaya çıkan sünme olarak bilinen plastik deformasyon zamanla artar[30].

Çoğu çelik yaklaşık 538°C aşağısındaki uygulamalarda kullanılır. Isıya maruz kalan çelik 426°C aşağısında tutulmalıdır. Bu uygulamada 93°C, 204°C, 325°C, 426°C ve 538°C de çelik binaların davranışı doğrusal olmayan statik öteleme(push-over) analiz yöntemi ile incelenmiştir.



Şekil 5.5 Yapısal çeliklerin akma gerilmesi, kopma gerilmesi ve elastisite modülleri eğri özelliklerinin yüksek sıcaklıklardaki değişimi[30]

Şekil 5.5’deki grafiklerden akma gerilmesi, kopma gerilmesi ve elastisite modüllerini tablo haline getirirsek aşağıdaki gibi bir tablo oluşturulabilir[Tablo 5.2].

Tablo 5.2 Çelik sıcaklık – mekanik özellikler tablosu

Çelik / Sıcaklık	200 F	400 F	600 F	800 F	1000 F	1200 F	1400 F	1600 F	1800 F	2000 F
	93° C	204° C	325° C	426° C	538° C	649° C	760° C	871° C	982° C	1093° C
Akma gerilmesi	0.95	0.90	0.89	0.84	0.69	0.35	0.19	0.11	0.05	0.05
Kopma gerilmesi	0.96	0.99	0.95	0.82	0.57	0.26	0.17	0.09	0.04	0.03
Elastisite Modülü	0.99	0.96	0.90	0.80	0.70	0.49	0.24	0.05	0.03	0.025

Tablo 5.2'nin yardımıyla çelik için SAP2000 programında kullanılan akma gerilmesi, kopma gerilmesi ve elastisite modülleri 93°C, 204°C, 325°C, 426°C ve 538°C sıcaklıklardaki değerleri için aşağıdaki tablo kullanılmıştır[Tablo 5.3].

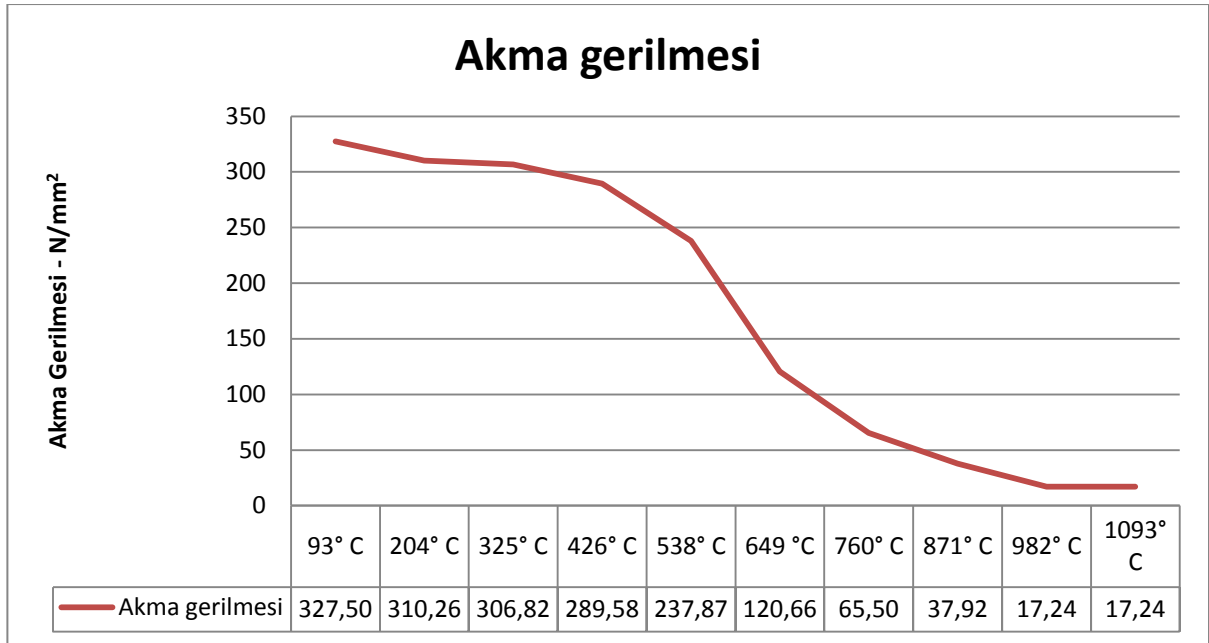
Tablo 5.3 Çelik malzeme özelliklerindeki değişim

Çelik / Sıcaklık	0 F	200 F	400 F	600 F	800 F	1000 F	1200 F	1400 F	1600 F	1800 F	2000 F
	0 °C	93° C	204° C	325° C	426° C	538° C	649 °C	760° C	871° C	982° C	1093° C
Akma gerilmesi	345.00 N/mm ²	327.50 N/mm ²	310.26 N/mm ²	306.82 N/mm ²	289.58 N/mm ²	237.87 N/mm ²	120.66 N/mm ²	65.50 N/mm ²	37.92 N/mm ²	17.24 N/mm ²	17.24 N/mm ²
Kopma gerilmesi	448.15 N/mm ²	430.23 N/mm ²	443.68 N/mm ²	425.75 N/mm ²	367.49 N/mm ²	255.45 N/mm ²	116.52 N/mm ²	76.19 N/mm ²	40.33 N/mm ²	17.93 N/mm ²	13.44 N/mm ²
Elastisite Modülü	199947.9 N/mm ²	197948.5 N/mm ²	191950 N/mm ²	179953.1 N/mm ²	159958.3 N/mm ²	139963.5 N/mm ²	97974.5 N/mm ²	47987.5 N/mm ²	9997.3 N/mm ²	5998.4 N/mm ²	4998.6 N/mm ²

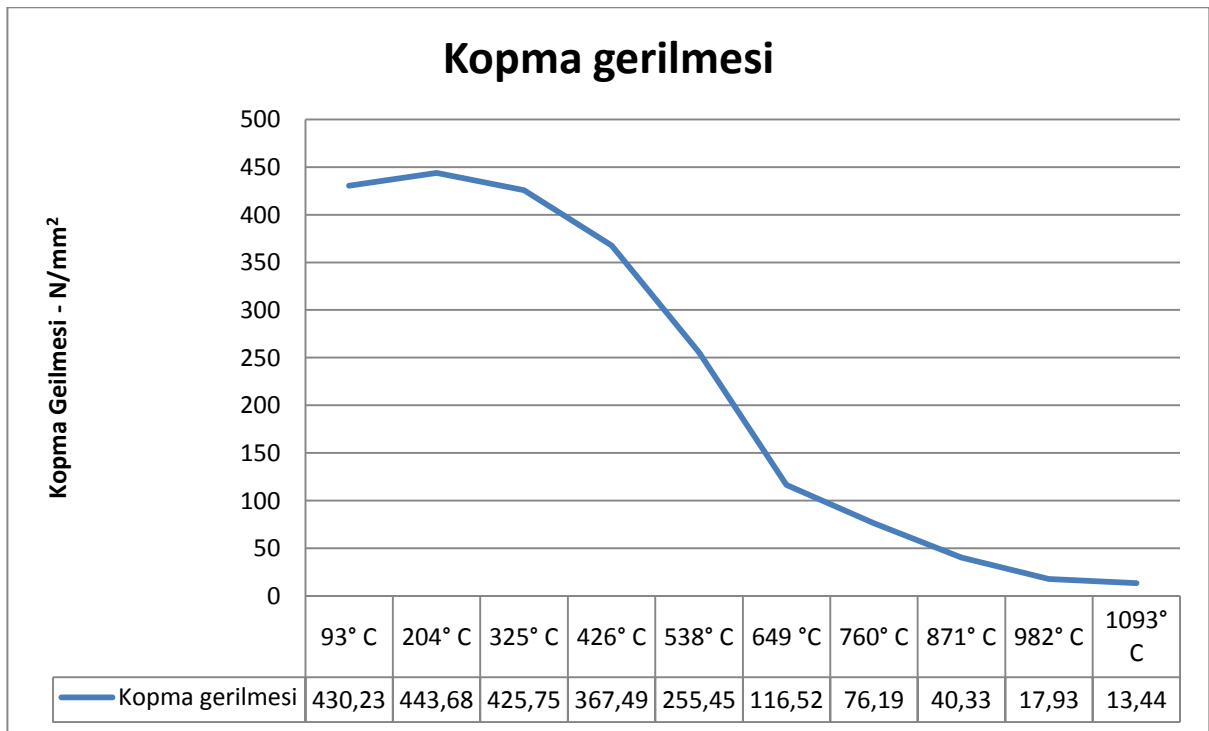
	0 F / 0°C
Akma gerilmesi	345 N/mm ²
Kopma gerilmesi	448.15 N/mm ²
Elastisite Modülü	199947.9 N/mm ²

Başlangıç
değerleri

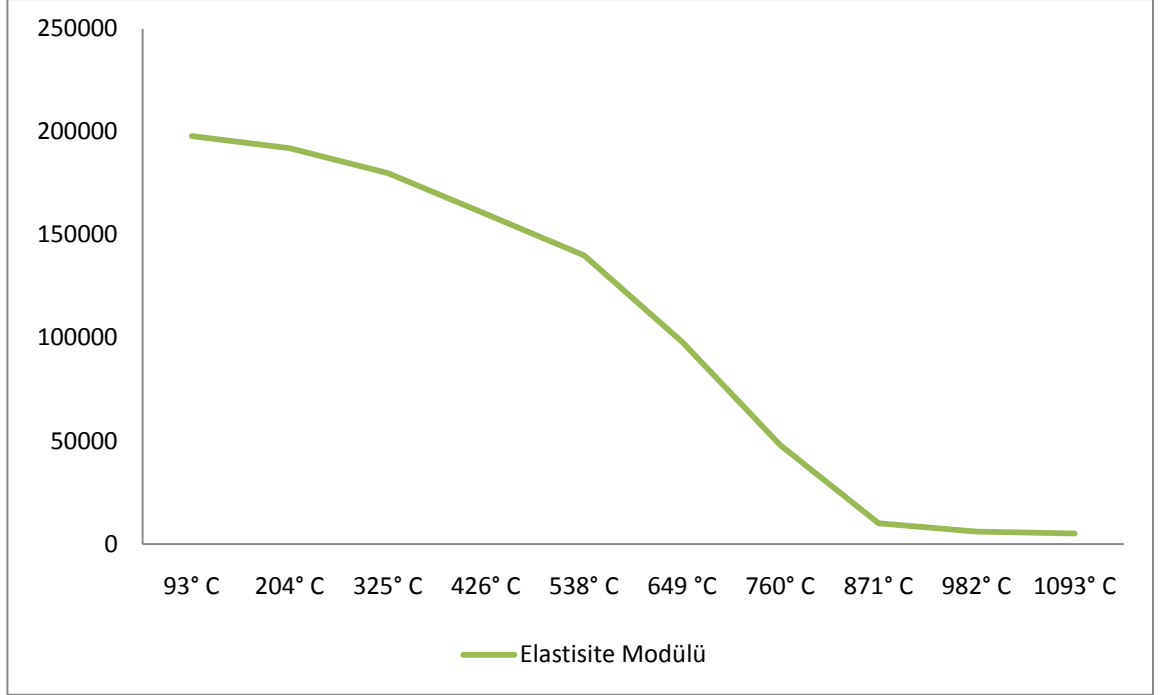
Bu tablodan elde edilen değerler grafik olarak Şekil 5.6'da sunulmuştur. Bu grafikler Şekil 5.5'deki grafiklerle uyumludur. Tablo 5.3'deki değerlere uygun olarak yapısal model modifiye edilerek doğrusal olmayan statik öteleme(push-over) analizleri gerçekleştirilmiştir.



a)Akma gerilmesi



b)Kopma gerilmesi



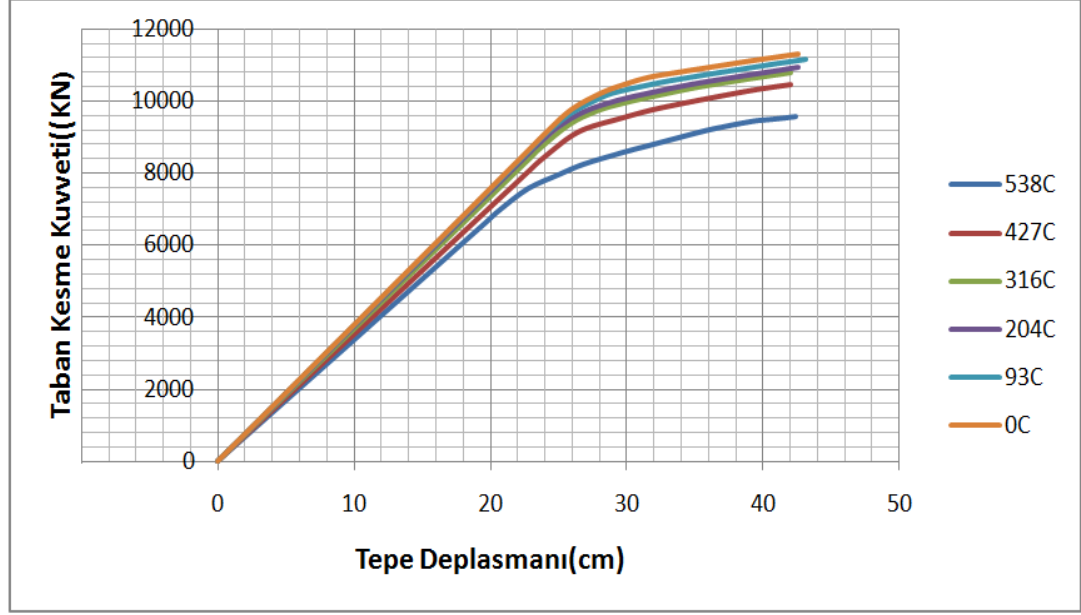
c)Elastisite Modülü - N/mm²

Şekil 5.6 Akma gerilmesi, kopma gerilmesi ve elastisite modüllerinin grafiksel gösterimi

9 katlı çerçevenin yangına maruz kalması durumunda dayanımı ve rijitliğindeki değişiklikleri incelemek için değişik senaryolar planlanmıştır. Bu amaçla üretilen senaryolar aşağıdaki gibidir.

5.5. Senaryo 1:

Yangının ilk iki katta çıktığı kabul edilmiştir. Şekil 5.6'da gösterilen grafikler doğrultusunda ilk iki kattaki çelik malzemenin akma gerilmesi, kopma gerilmesi ve elastisite modülleri değiştirilerek yapıda doğrusal olmayan statik öteleme(push-over) analizleri yapılmıştır(Şekil 5.7). Bu grafikten elde edilen dayanım ve rijitlik değerlerindeki değişimler Tablo 5.4' de sunulmuştur.



Şekil 5.7 İlk iki kattaki yangın sonrası doğrusal olmayan statik öteleme(push-over) analizi

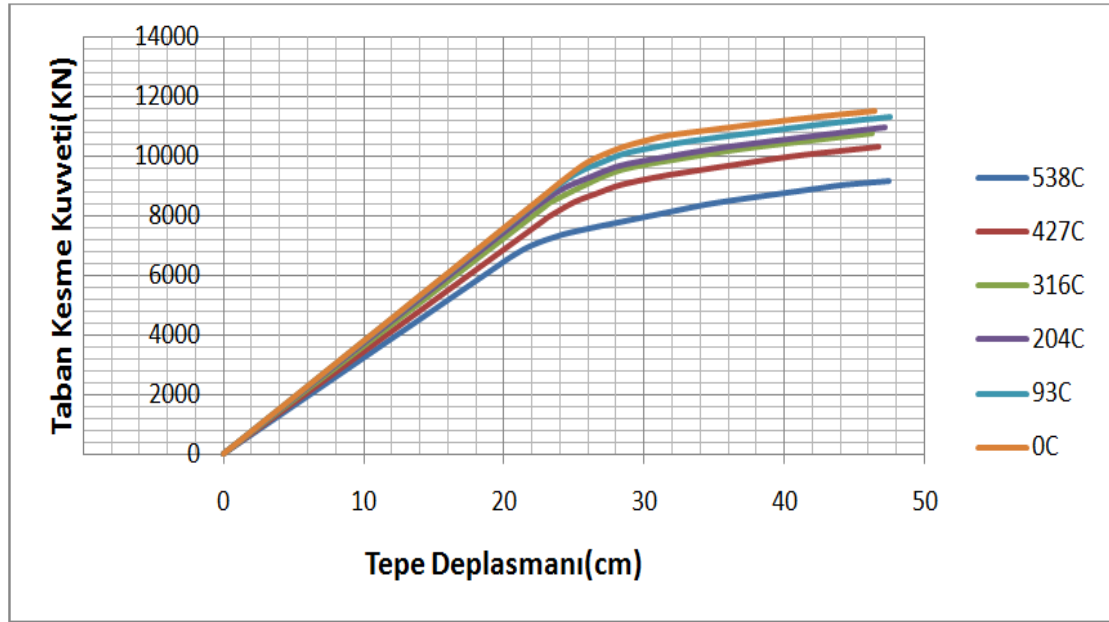
Tablo 5.4 İlk iki kattaki yangın sonucu dayanım-rijitlik değişimi

2 KAT	0° C	Değişim	93 °C	Değişim	204° C	Değişim	316°C	Değişim	427°C	Değişim	538°C
Dayanım (V_y)	13000 KN	-%6	12300 KN	-%3	11950 KN	-%2	11800 KN	-%6	11166.66 KN	-%14	9666.66 KN
Başlangıç Rijitliği(K_e)	389.38 KN/cm	-%6	366.66 KN/cm	-%5	351 KN/cm	-%1	347.49 KN/cm	-%7	325.05 KN/cm	-%4	314.46 KN/cm
Akma Sonrası Rijitliği (K_s)	60 KN/cm	-%2	58.92 KN/cm	-%1	58.49 KN/cm	-%1	58.39 KN/cm	-%2	57.47 KN/cm	-%1	57.31 KN/cm

Dayanım(V_y), başlangıç(elastik) rijitliği(K_e), akma sonrası rijitliği(K_s) sıcaklığın artmasıyla sürekli düşmektedir. Değişimler incelendiğinde dayanım(V_y)’daki değişim 427°C arasında 538°C arasında oldukça artmaktadır. Genel olarak başlangıç rijitliği(K_e)’ndeki azalmanın çok daha fazla olmasına karşın, akma sonrası rijitliğinde(K_s) değişimin daha az olduğu görülmektedir.

5.6. Senaryo 2:

Yangının ilk üç katta çıktığı kabul edilmiştir. Şekil 5.6’da gösterilen grafikler doğrultusunda ilk üç kattaki çelik malzemenin akma gerilmesi, kopma gerilmesi ve elastisite modülleri değiştirilerek yapıda doğrusal olmayan statik öteleme(push-over) analizleri yapılmıştır(Şekil 5.8). Bu grafikten elde edilen dayanım ve rijitlik değerlerindeki değişimler Tablo 5.5’ de sunulmuştur.



Şekil 5.8 İlk üç katta çıkan yangın sonrası doğrusal olmayan statik öteleme(push-over) analizi

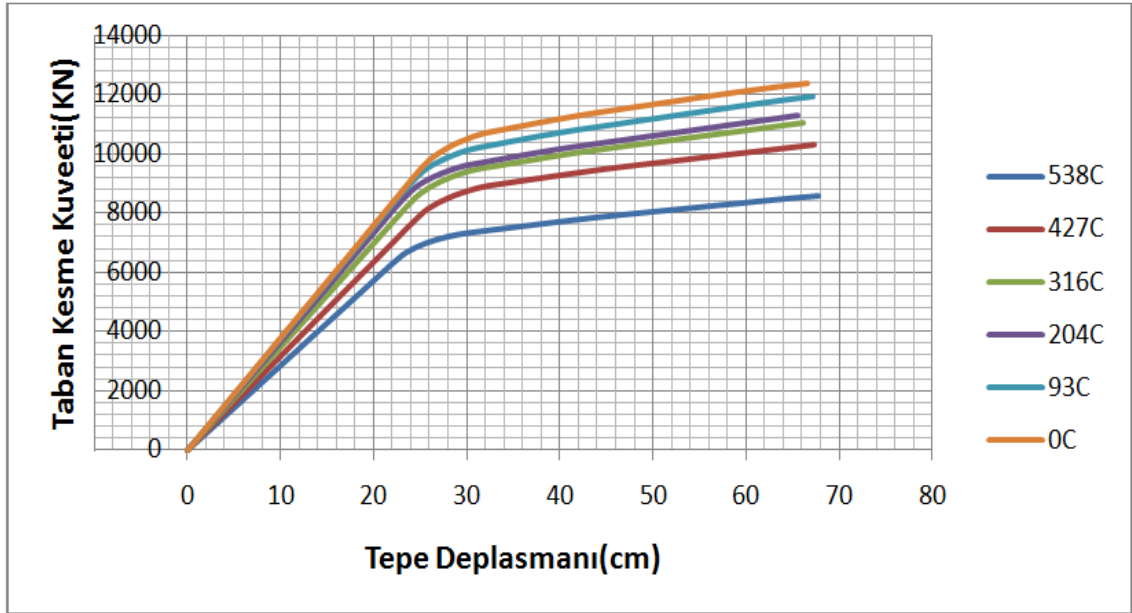
Tablo 5.5 İlk üç katta çıkan yangın sonucu dayanım-rijitlik değişimi

3 KAT	0° C	Değişim	93 °C	Değişim	204° C	Değişim	316°C	Değişim	427°C	Değişim	538°C
Dayanım(Vy)	13000 KN	-%7	12200 KN	-%5	11700 KN	-%1	11666.66 KN	-%6	11000 KN	-%12	9482.48 KN
Başlangıç Rijitliği(Ke)	389.38 KN/cm	-%8	360.57 KN/cm	-%4	348.62 KN/cm	-%1	346.49 KN/cm	-%4	335.66 KN/cm	-%4	309.23 KN/cm
Akma Sonrası Rijitliği (Ks)	60 KN/cm	-%1	59.42 KN/cm	-%1	59.63 KN/cm	-%3	57.91 KN/cm	-%2	57.32 KN/cm	-%3	55.97 KN/cm

Şekil 5.8’ den elde edilen Tablo 5.5’deki dayanım(V_y), başlangıç(elastik) rijitliği(K_e), akma sonrası rijitliği(K_s) ilk iki katta çıkan yangın sonucu ortaya çıkan tabloda gösterilen değerlere göre bir miktar daha fazla azalma ile sonuçlanmıştır. Bunun en önemli nedeni yangının ilk 2 kattan daha yukarı doğru sıçrayarak 3.katı da etkisi altına alması sebebiyledir. Bu da yapının dayanım ve rijitliğini önemli bir miktarda etkilemeye başlamıştır. Değişimler incelendiğinde bu durum açıkça görülmektedir.

5.7. Senaryo 3:

Yangının ilk altı katta çıktığı kabul edilmiştir. Yangının iyice şiddetlendiği ve ilk altı kata kadar yükselmesi sonucunda Şekil 5.6’da gösterilen grafikler doğrultusunda ilk altı kattaki çelik malzemenin akma gerilmesi, kopma gerilmesi ve elastisite modülleri değiştirilerek yapıda doğrusal olmayan statik öteleme(push-over) analizleri yapılmıştır(Şekil 5.9).



Şekil 5.9 İlk altı katta çıkan yangın sonrası doğrusal olmayan statik öteleme(push-over) analizi

İlk 6 kattaki doğrusal olmayan statik öteleme analizi(push-over) sonucu oluşan sonuçlar aşağıdaki tabloda verilmiştir(Tablo 5.6).

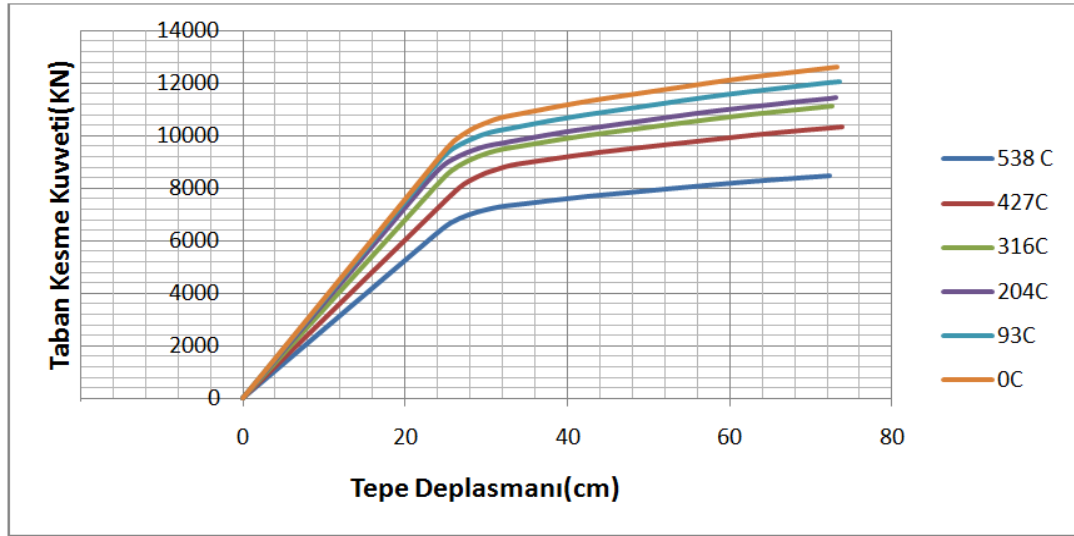
Tablo 5.6 ilk altı katta çıkan yangın sonucu dayanım-rijitlik değişimi

6 KAT	0° C	Değişim	93 °C	Değişim	204° C	Değişim	316°C	Değişim	427°C	Değişim	538°C
Dayanım(V_y)	13000 KN	-%5	12400 KN	-%4	11800 KN	-%3	11500 KN	-%8	10666.66 KN	-%20	8625 KN
Başlangıç Rijitliği(K_e)	389.38 KN/cm	-%9	353.98 KN/cm	-%3	346.66 KN/cm	-%5	329.56 KN/cm	-%5	314.46 KN/cm	-%15	270.43 KN/cm
Akma Sonrası Rijitliği (K_s)	60 KN/cm	-%5	57.14 KN/cm	-%7	53.36 KN/cm	-%2	52.67 KN/cm	-%1	52.19 KN/cm	-%26	39.14 KN/cm

İlk 6 katta çıkan yangın sonucu oluşan dayanım(V_y), düşüşü bilhassa 427 °C ile 538 °C arasındaki değişim oranına bakıldığında oldukça yüksektir. Aynı şekilde başlangıç(elastik) rijitliği(K_e) ve akma sonrası rijitliği(K_s)’ nde önemli bir azalma dikkati çekmektedir.

5.8. Senaryo 4:

Yangının tüm binayı etkilediği kabul edilmiştir. Tüm binayı saran yangın sonucu oluşan etki Şekil 5.6’da gösterilen grafikler doğrultusunda çelik malzemenin akma gerilmesi, kopma gerilmesi ve elastisite modülleri değiştirilerek yapıda doğrusal olmayan statik öteleme(push-over) analizleri yapılmıştır(Şekil 5.10). Bu grafikten elde edilen dayanım ve rijitlik değerlerindeki değişimler Tablo 5.7’ de sunulmuştur.

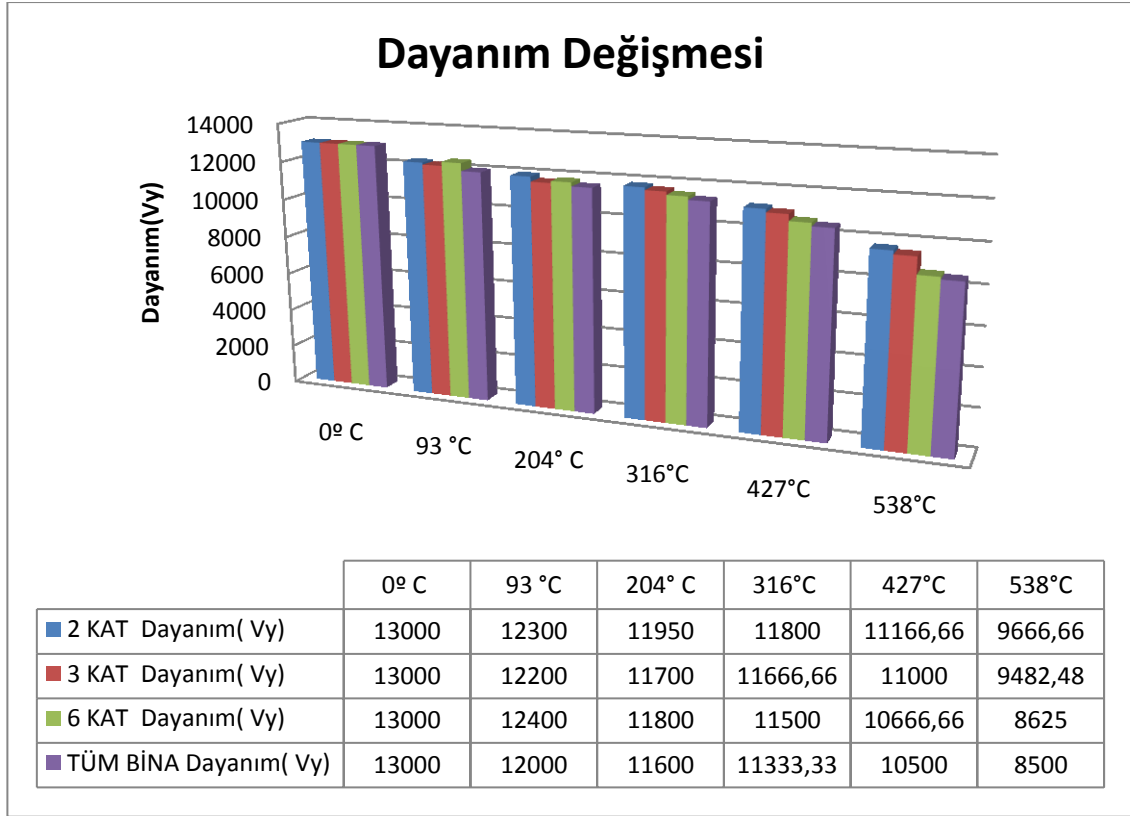


Şekil 5.10 Tüm binada çıkan yangın sonrası doğrusal olmayan statik öteleme(push-over) analizi

Tablo 5.7 Tüm binada çıkan yangın sonucu dayanım-rijitlik değişimi

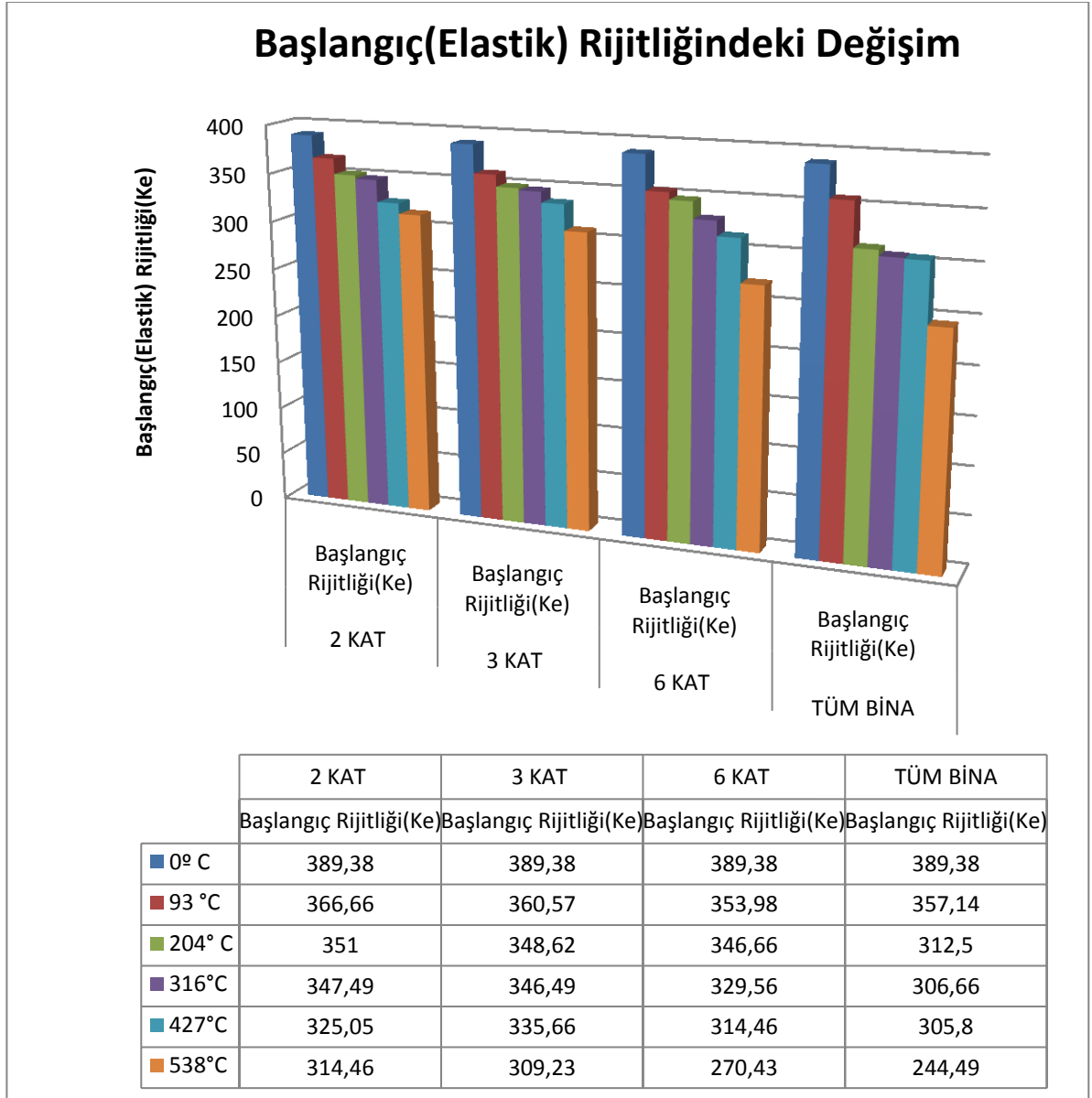
TÜM BİNA	0° C	Değişim	93 °C	Değişim	204° C	Değişim	316°C	Değişim	427°C	Değişim	538°C
Dayanım(Vy)	13000 KN	-%8	12000 KN	-%4	11600 KN	-%3	11333,33 KN	-%8	10500 KN	-%20	8500 KN
Başlangıç Rijitliği(Ke)	389,38 KN/cm	-%9	357,14 KN/cm	-%13	312,5 KN/cm	-%2	306,66 KN/cm	-%1	305,8 KN/cm	-%21	244,49 KN/cm
Akma Sonrası Rijitliği (Ks)	60 KN/cm	-%8	55,55 KN/cm	-%10	50 KN/cm	-%19	40,74 KN/cm	-%4	39,3 KN/cm	-%7	36,68 KN/cm

Meydana gelen dayanım ve rijitliklerdeki değişimlerle önceki üç senaryodaki değişimler karşılaştırıldığında en yüksek azalma oranlarına sahip olduğu Tablo 5.7’de görülür. Dayanım(Vy) ve başlangıç(elastik) rijitliği(Ke) ’ndeki azalmanın 427°C ile 538°C arasında oldukça yüksek olduğu, 0°C ile 538°C arasındaki akma sonrası rijitliği(Ks)’ninde neredeyse yarı yarıya azaldığı tespit edilmiştir.



Şekil 5.11 İlk 2-,3-,6 katta ve tüm binada değişik senaryo yangınlar sonrası yapının dayanımı- KN

Şekil 5.11’de 0°C, 93°C, 204°C, 316°C’ de dayanımdaki azalma 427°C ve 538°C’ de meydana gelen dayanım azalmasından daha azdır. Tüm binadaki dayanım azalması diğer katlarda meydana gelen yangınlara oranla önemli bir miktarda fazladır. Bunun nedeni yapının artık kritik bir sıcaklığa ulaşmasıdır. Bina da yeterli yangından korunma önlemlerinin olması gerekir.

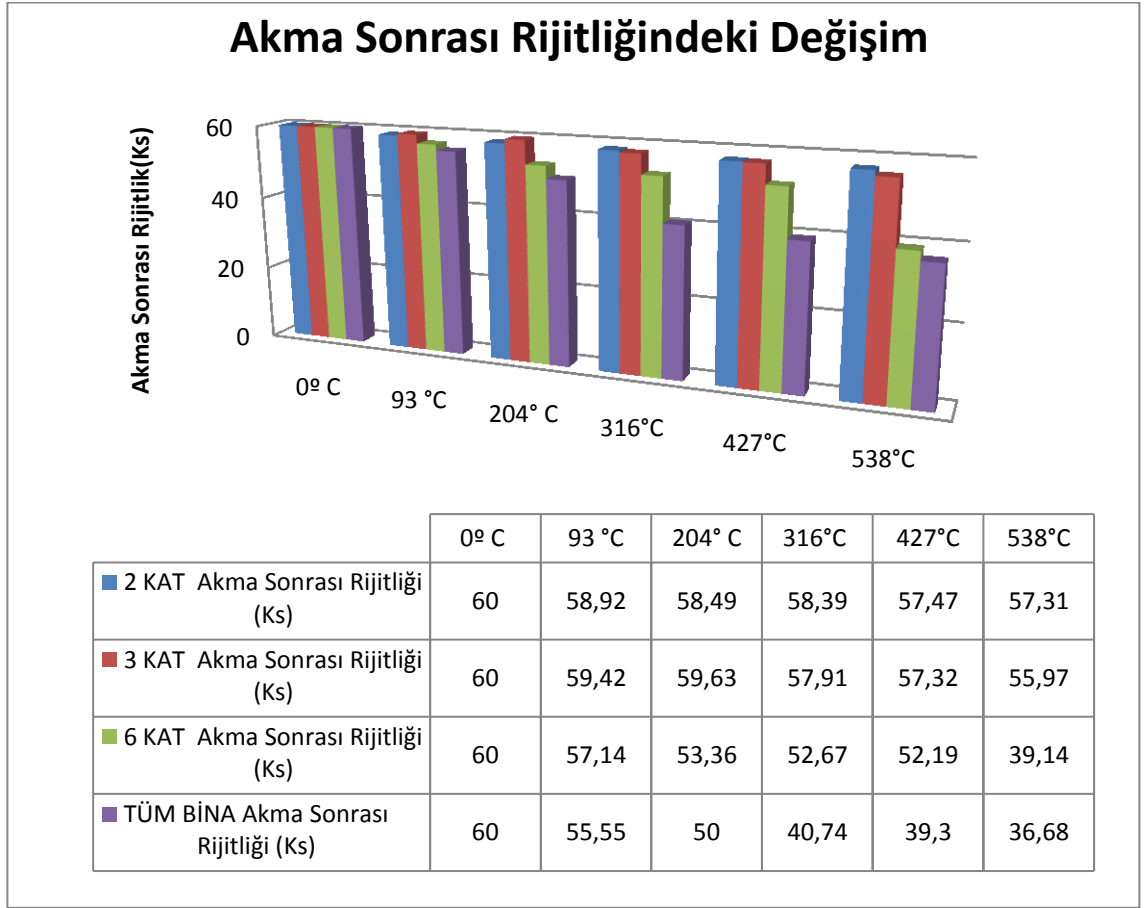


Şekil 5.12 İlk 2-,3-,6 katta ve tüm binada değişik senaryo yangınlar sonrası yapının başlangıç (elastik) rijitliği- KN/cm

Şekil 5.12’de başlangıç(elastik) rijitliğinin karşılaştırmalı olarak analiz sonucu gösterilmiştir. Yatay yükten kaynaklanan deformasyon rijitlik ölçüsü olarak tanımlanır. Aynı yanal yük etkisindeki elemanlardan, az deformasyon yapan bir elemanın diğerine

göre daha rijit olduğu belirtilebilir. Görüldüğü gibi yapıdaki sıcaklık yapıda elastik rijitliği azaltmaktadır.

Yangına dayanıklı çelik bir yapı yeterli başlangıç rijitliğine sahip olmalıdır. Bu kavram ötelenme ve eğilme rijitliği olarak da düşünülebilir.



Şekil 5.13 İlk 2-,3-,6 katta ve tüm binada değişik senaryo yangınlar sonrası yapının akma sonrası rijitliği- KN/cm

Büyük yangınların hemen hepsinde zayıf kolonların çökmesi sonucu üst üste yığılan katlar gözlenmiştir. Akma sonrası rijitlik yukarıda görüldüğü gibi sıcaklığın etkisi ile azalmaya devam etmektedir(Şekil 5.13). Bu sebeple yapıların ve taşıyıcı sistem

elemanlarının işlevlerini yerine getirebilmeleri için, işletmede kaldıkları sürede yeterli dayanım ve rijitliğe sahip olmaları ve aynı zamanda, bu süre zarfında tasarım yükünün üstüne çıkabilecek durumları örneğin yangın gibi aşırı yük için de güvenliklerinin bulunması gerekir. Taşıyıcı eleman boyutlarında kabul edilebilir sınırların dışında oluşabilecek değişiklikler ve malzeme veya birleşim araçlarının dayanımındaki farklılıklar da elemanın gerçek dayanımının tasarım değerinden daha küçük olmasına neden olabilmektedir. Dolayısıyla, yapısal tasarımda hangi yöntem kullanılırsa kullanılsın, aşırı yükleme veya dayanım azalması olasılığına karşı yeterli bir güvenliğin bulunması sağlanmış olmalıdır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yangın olaylarının yol açtığı can ve mal kayıplarını önleyebilmek için, öncelikle tehlikeye neden olabilecek etkenleri ortadan kaldırmak, yapıların yangına dayanım gücünü artırmak ve kolay müdahale olanağı sağlamak gerekmektedir. Bu nedenle yapıların tasarım aşamasında, estetiğe, işleve, konfora ve ekonomiye dayalı kaygıların arasında, yapılardaki yangına karşı can güvenliğinin sağlanması da olmak zorundadır. Bu bilinçle yapılacak olan yapıların, kişisel can ve mal güvenliğinin korunmasının yanı sıra milli servetimizin korunmasına da büyük katkısı olacağı açıktır. Yangın güvenliği söz konusu olduğunda birçok meslek grubuna ve yapı kullanıcılarına sorumluluk düşmektedir. Ülkemizde yangın güvenliğinin sağlanmasına yönelik yasal zorunluluklar yeterli olmadığı için ilgili meslek gruplarının ve halkın bu konuda aydınlatılması ve gerekli bilincin yerleştirilmesi zorunludur.

Yangına dayanıklı yapı tasarımında, yangının meydana getirdiği olumsuz etkilerinin bilinmesi ve taşıyıcı sistemi oluşturan yapı elemanlarının bu deformasyonlara karşı dayanımlı olmalarının yanında, mimari tasarımdan başlayarak yapının taşıyıcı sisteminin oluşturulmasında, yangın dayanımını arttıracak birçok ayrıntının göz önüne alınması gerekmektedir.

Çalışma kapsamında günümüzde kullanımı ve imalatı hızla artan çelik yapıların yangın dayanımı ilgili bir çalışma ortaya konulmuştur. Çelik yapıların çeşitli katlarına kadar çıkan yangınlar sonucundaki değişim doğrusal olmayan statik öteleme(push-over) analizi yöntemiyle Şekil 5.7, Şekil 5.8, Şekil 5.9 ve Şekil 5.10’da gösterilen taban kesme kuvveti- tepe deplasmanı grafikleri halinde sunulmuştur. Bu grafiklerden elde edilen sonuçlar Tablo 5.4, Tablo 5.5, Tablo 5.6 ve Tablo 5.7’de dayanım, başlangıç(elastik) rijitliği ve akma sonrası rijitlik olarak verilmiştir. Bu tablolardan elde edilen sonuçların karşılaştırılmalı sonuçları ise Şekil 5.11, Şekil 5.12 ve Şekil 5.13’de sırasıyla 0°C, 93°C, 204°C, 316°C, 427°C, 538°C ’de verilmiştir. Böylelikle yangının yapının yanal dayanımı üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir.

Yapılan analizlerden elde edilen sonuçlar ve değerlendirmeler aşağıdaki gibi özetlenebilir.

a) Yangının meydana geldiği yere ve büyüklüğüne bağlı olarak yapının daha fazla yangın yükü taşımaya zorlandığında, tasarım özelliklerine bağlı olarak ya gevrek davranış özellikleri gösterip ani olarak kırılabilirler ve yahut sünek bir davranış ile maruz kaldıkları yükü artan deformasyonlar eşliğinde karşılamaya devam ederler. Bu nedenle, artan sıcaklıklar altında aşılacak elastik sınırlar, çeliğin dayanımının ve rijitliğinin azalmasına yol açar.

b) Dayanımda ortaya çıkan başlangıç değerindeki değişme yaklaşık olarak ilk 2 katta çıkan yangın için yaklaşık %25.6, ilk 3 katta çıkan yangın için yaklaşık %27.1, ilk 6 katta çıkan yangın için yaklaşık %33.7 ve tüm binada çıkan yangın için yaklaşık %34.6'lara varan bir azalmaya yol açar.

c) Başlangıç(elastik) rijitlikte ortaya çıkan başlangıç değerindeki değişme yaklaşık olarak ilk 2 katta çıkan yangın için yaklaşık %19.2, ilk 3 katta çıkan yangın için yaklaşık %20.6, ilk 6 katta çıkan yangın için yaklaşık %30.5 ve tüm binada çıkan yangın için yaklaşık %37.2'lere varan bir azalma ortaya çıkarır.

d) Akma sonrası rijitlik için başlangıç değerindeki değişme yaklaşık olarak ilk 2 katta çıkan yangın için yaklaşık %4.5, ilk 3 katta çıkan yangın için yaklaşık %6.7, ilk 6 katta çıkan yangın için yaklaşık %34.8 ve tüm binada çıkan yangın için yaklaşık %38.9'lara varan bir azalmaya neden olmuştur.

KAYNAKLAR

- [1] YARDIMCI N., Çelik Yapıların Tasarımı ve Tasarım Yöntemleri,TMH - Türkiye Mühendislik Haberleri, Sayı 435 - 2005/1
- [2] <http://www.fireengineering.co.cc/> , “Fire Engineering.”
- [3] STRAUSS L., Yangın Yerinde Yedi Tehlike, 1989
- [4] SUNAR Ş., Yangından Korunma ve Bina Yangın Güvenliği, 1981
- [5] TS 1263, Yapı Elemanlarının Yanmaya Dayanıklılık Sınıfları ve Yanmaya Dayanıklılık Deney Metodları, Eylül 1983
- [6] MIT Department of Civil and Environmental Engineering,Design of Steel Structures, 1999
- [7] TABAK H., Çelik ve Çelik Yapılar, Seminer 6, 2003
- [8] ÖZGEN, A. , Sev, A , “Çok Katlı Yüksek Yapılarda Taşıyıcı Sistemler”,2000
- [9] ÖVEN V. A. , PARLAK İ. Y., Korumasız Çeliğin Yüksek Sıcaklıklarda Performansı, Türkiye Mühendislik Haberleri, sayı 427, 79-86, 2003
- [10] BAILEY C.G., Development of computer software to simulate the structural behaviour of steel framed building in fire, Computers and Structures 67, 421- 438 ,1998
- [11] SAHA J., Guide Book on Fire Protection of Steel Structures, INSDAG, 3-10, 2004
- [12] MOORE D.B., Lennon T., Progress in Structural Engineering and Materials,Fire engineering design of steel structures, Vol I (I): 4-9,1997
- [13] LAWSON R.M., Fire engineering design of steel and composite buildings, Journal of Constructional Steel Research 57,1233–1247, 2001
- [14] version II, Corrosion, Fire Protection and Fatigue considerations of Steel Structures, 1-17, 1998
- [15] BS5950 Part 8, Code of Practice for Fire Resistant Design, all of the methods of achieving fire resistance for structural steelwork, 1990
- [16] Eurocode 3, Design of steel structures,1993
- [17] BENNETTS I. D., THOMAS I.R., Design of steel structures under fire conditions, Prog. Struct. Engng Mater. 2002; 4:6–17 (DOI: 10.1002/pse.100)
- [18] <http://www.livingsteel.org/structural-safety-2>, “Construction,Living Steel”

- [19] KILIÇ M., Yapılarda Yangın Güvenliği ve Söndürme Sistemleri, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 8, Sayı 1, 2003
- [20] Fire Protection Handbook, NFPA, 1992.
- [21]ÖZGÜNLER M.,Pasif Yangın Güvenlik Önlemlerinde Etkili Tasarım Değişkenleri,1994
- [22] DEMİREL F. , ÖZKAN E., Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Çelik Yapı Bileşenleri ve Yangın Güvenlik Önlemleri, Cilt 18, No 4, 89-107, 2003
- [23] KWECISKI E. ,KOBENHAVNS ERHVERVSAKADEMI, Protection of structural steel in building industry, 22-28, 2008
- [24]WANG Y. C. , Performance of steel–concrete composite structures in fire ,University of Manchester, UK ,Prog. Struct. Engng Mater.,7:86–102, 2005
- [25] GRAHAM E., Structural steel fire protection, Fire Prevention & Fire Engineers Journal,2004
- [26] <http://www.fire-experts.lt> “Fire protection of steel structures”
- [27] KADİD A, BOUMRKİK A., Pushover Analysis Of Reinforced Concrete Frame Structures, Asian Journal of Civil Engineering, vol. 9, no. 1, pages 75-83, 2008
- [28] İRTEM E. , TÜRKER K., HASGÜL U., Türk Deprem Yönetmeliğinin Performans Hedeflerinin Lineer Olmayan Statik Analiz Yöntemleri ile Değerlendirilmesi, 2003
- [29] AKBAŞ B., SHEN J. J., SUTCHİEWCHARN.N., CAİ W., Seismic Demands on Column Splices in Special Steel Moment Frames, 8-20, 2007
- [30] SALMON C.G., JOHNSON J.E., Steel Structures, Design and Behaviour, 55- 58, 1996

ÖZGEÇMİŞ

Mehmet Toyanç Yazgan, 1992 yılında İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü'ne girmeye hak kazandı. Okulu bitirdikten sonra birçok özel şirkette çalıştı. 2003 yılında Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Deprem ve Yapı Bölümünde yüksek lisansa başladı. Halen Yüksek Öğrenim Kredi ve Yurtlar Kurumunda memur olarak çalışmaktadır.

EKLER

2 KAT İÇİN DOĞRUSAL OLMAYAN STATİK ÖTELEME(PUSH-OVER)
ANALİZLERİ

TABLE: Pushover Curve - Push-0°C											
Step	Displacement	BaseForce	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CPtoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
	cm	KN									
0	-0,00164	0	244	0	0	0	0	0	0	0	244
1	1,632087	618,25	244	0	0	0	0	0	0	0	244
2	3,265815	1237,109	244	0	0	0	0	0	0	0	244
3	4,899543	1855,926	244	0	0	0	0	0	0	0	244
4	6,533271	2474,78	244	0	0	0	0	0	0	0	244
5	8,166999	3093,679	244	0	0	0	0	0	0	0	244
6	9,800727	3712,63	244	0	0	0	0	0	0	0	244
7	11,43446	4331,64	244	0	0	0	0	0	0	0	244
8	13,06818	4950,714	244	0	0	0	0	0	0	0	244
9	14,70191	5569,86	244	0	0	0	0	0	0	0	244
10	16,33564	6189,081	244	0	0	0	0	0	0	0	244
11	17,96937	6808,383	244	0	0	0	0	0	0	0	244
12	19,6031	7427,769	244	0	0	0	0	0	0	0	244
13	21,23682	8047,244	244	0	0	0	0	0	0	0	244
14	22,87055	8666,812	244	0	0	0	0	0	0	0	244
15	24,34044	9224,308	243	1	0	0	0	0	0	0	244
16	25,98829	9783,553	230	14	0	0	0	0	0	0	244
17	28,11356	10223,71	217	27	0	0	0	0	0	0	244
18	29,8123	10464,34	212	32	0	0	0	0	0	0	244
19	31,70292	10670,8	197	47	0	0	0	0	0	0	244
20	34,3504	10838,43	194	50	0	0	0	0	0	0	244
21	35,98413	10936,07	194	50	0	0	0	0	0	0	244
22	37,61786	11033,71	194	50	0	0	0	0	0	0	244
23	39,63735	11152,22	190	54	0	0	0	0	0	0	244
24	42,59525	11311,98	187	53	4	0	0	0	0	0	244
25	44,81233	11418,1	184	50	10	0	0	0	0	0	244
26	46,44606	11493,56	184	50	10	0	0	0	0	0	244
27	48,07979	11569,02	184	40	20	0	0	0	0	0	244
28	49,71352	11644,49	184	32	28	0	0	0	0	0	244
29	51,34725	11719,97	184	30	30	0	0	0	0	0	244
30	52,98097	11795,45	184	30	30	0	0	0	0	0	244
31	54,6147	11870,94	184	30	30	0	0	0	0	0	244
32	56,24843	11946,44	184	30	30	0	0	0	0	0	244
33	58,99312	12068,9	179	27	38	0	0	0	0	0	244
34	61,8667	12189,86	177	26	41	0	0	0	0	0	244
35	65,03151	12310,26	174	20	46	4	0	0	0	0	244
36	66,66524	12369,52	174	20	40	10	0	0	0	0	244
37	68,29897	12428,79	174	20	40	10	0	0	0	0	244

38	69,9327	12488,07	174	20	40	10	0	0	0	0	244
39	71,56642	12547,35	174	20	38	12	0	0	0	0	244
40	73,20015	12606,64	174	20	32	18	0	0	0	0	244
41	74,83388	12665,94	170	24	26	24	0	0	0	0	244
42	76,46761	12711,23	170	24	20	30	0	0	0	0	244
43	76,46769	12711,23	170	24	20	30	0	0	0	0	244
44	76,46774	12711,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
45	76,46776	12711,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
46	76,46777	12711,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
47	76,46777	12711,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
48	76,46777	12711,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
49	76,46778	12711,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
50	76,46778	12711,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
51	76,46778	12711,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
52	76,46778	12711,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
53	76,46778	12711,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
54	76,46778	12711,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
55	76,46778	12711,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
56	76,46778	12711,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
57	76,46778	12711,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
58	76,46778	12711,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
59	76,46778	12711,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
60	76,46778	12711,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
61	76,46778	12711,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
62	76,46778	12711,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
63	76,46778	12711,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
64	76,46778	12711,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
65	76,46778	12711,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
66	76,46778	12711,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
67	76,46778	12711,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
68	76,46778	12711,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
69	76,46778	12711,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
70	76,46778	12711,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
71	76,46778	12711,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
72	76,46778	12711,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
73	76,46778	12711,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
74	76,46778	12711,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244

TABLE: Pushover Curve - Push-538 °C											
Step	Displacement	BaseForce	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CPtoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
	cm	KN									
0	-0,001701	0	244	0	0	0	0	0	0	0	244
1	1,632027	550,297	244	0	0	0	0	0	0	0	244
2	3,265755	1101,153	244	0	0	0	0	0	0	0	244
3	4,899483	1651,993	244	0	0	0	0	0	0	0	244
4	6,533211	2202,887	244	0	0	0	0	0	0	0	244
5	8,166939	2753,846	244	0	0	0	0	0	0	0	244
6	9,800667	3304,878	244	0	0	0	0	0	0	0	244
7	11,434395	3855,992	244	0	0	0	0	0	0	0	244
8	13,068123	4407,196	244	0	0	0	0	0	0	0	244
9	14,701851	4958,497	244	0	0	0	0	0	0	0	244
10	16,335579	5509,901	244	0	0	0	0	0	0	0	244
11	17,969307	6061,412	244	0	0	0	0	0	0	0	244
12	19,603035	6613,035	244	0	0	0	0	0	0	0	244
13	20,692859	6981,032	240	4	0	0	0	0	0	0	244
14	22,757522	7572,58	229	15	0	0	0	0	0	0	244
15	25,080244	7973,889	224	20	0	0	0	0	0	0	244
16	26,857132	8255,323	220	24	0	0	0	0	0	0	244
17	29,726911	8581,142	214	30	0	0	0	0	0	0	244
18	31,360639	8745,372	214	30	0	0	0	0	0	0	244
19	32,994367	8909,616	214	30	0	0	0	0	0	0	244
20	34,628095	9073,874	214	30	0	0	0	0	0	0	244
21	36,301125	9230,526	207	33	4	0	0	0	0	0	244
22	39,152725	9441,308	200	24	20	0	0	0	0	0	244
23	40,786453	9507,99	199	25	20	0	0	0	0	0	244
24	42,318073	9573,832	199	25	20	0	0	0	0	0	244
25	42,369127	9577,128	199	25	20	0	0	0	0	0	244
26	42,420181	9579,025	199	25	20	0	0	0	0	0	244

TABLE: Pushover Curve - Push-427 °C											
Step	Displacement	BaseForce	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CPtoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
	cm	KN									
0	-0,00168	0	244	0	0	0	0	0	0	0	244
1	1,632051	576,581	244	0	0	0	0	0	0	0	244
2	3,265779	1153,739	244	0	0	0	0	0	0	0	244
3	4,899507	1730,871	244	0	0	0	0	0	0	0	244
4	6,533235	2308,049	244	0	0	0	0	0	0	0	244
5	8,166963	2885,284	244	0	0	0	0	0	0	0	244
6	9,800691	3462,584	244	0	0	0	0	0	0	0	244
7	11,43442	4039,955	244	0	0	0	0	0	0	0	244
8	13,06815	4617,406	244	0	0	0	0	0	0	0	244
9	14,70188	5194,944	244	0	0	0	0	0	0	0	244

10	16,3356	5772,572	244	0	0	0	0	0	0	0	244
11	17,96933	6350,298	244	0	0	0	0	0	0	0	244
12	19,60306	6928,124	244	0	0	0	0	0	0	0	244
13	21,23679	7506,055	244	0	0	0	0	0	0	0	244
14	22,87052	8084,093	244	0	0	0	0	0	0	0	244
15	23,62226	8350,053	241	3	0	0	0	0	0	0	244
16	25,67694	8974,731	229	15	0	0	0	0	0	0	244
17	27,10343	9261,09	215	29	0	0	0	0	0	0	244
18	29,00702	9471,092	214	30	0	0	0	0	0	0	244
19	31,76528	9758,112	207	37	0	0	0	0	0	0	244
20	34,44505	9970,732	204	40	0	0	0	0	0	0	244
21	36,07878	10091,9	204	40	0	0	0	0	0	0	244
22	38,64849	10273,13	197	47	0	0	0	0	0	0	244
23	40,38056	10380,19	194	50	0	0	0	0	0	0	244
24	42,01429	10466,61	194	43	7	0	0	0	0	0	244
25	43,64802	10553,05	194	39	11	0	0	0	0	0	244
26	45,28174	10639,5	194	30	20	0	0	0	0	0	244
27	46,91547	10725,96	194	30	20	0	0	0	0	0	244
28	48,5492	10812,42	191	28	25	0	0	0	0	0	244
29	51,14635	10942,68	187	27	30	0	0	0	0	0	244
30	52,78008	11019,29	187	27	30	0	0	0	0	0	244
31	53,96994	11074,91	180	31	33	0	0	0	0	0	244
32	55,60367	11122,85	180	26	38	0	0	0	0	0	244
33	56,82896	11165,67	179	25	40	0	0	0	0	0	244
34	56,82903	11164,79	179	25	40	0	0	0	0	0	244

TABLE: Pushover Curve - Push-316 °C											
Step	Displacement	BaseForce	AtoB	BtoO	OtoLS	LStoCP	CPtoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
	cm	KN									
0	-0,00166	0	244	0	0	0	0	0	0	0	244
1	1,632071	598,959	244	0	0	0	0	0	0	0	244
2	3,265799	1198,511	244	0	0	0	0	0	0	0	244
3	4,899527	1798,029	244	0	0	0	0	0	0	0	244
4	6,533255	2397,589	244	0	0	0	0	0	0	0	244
5	8,166983	2997,198	244	0	0	0	0	0	0	0	244
6	9,800711	3596,865	244	0	0	0	0	0	0	0	244
7	11,43444	4196,596	244	0	0	0	0	0	0	0	244
8	13,06817	4796,399	244	0	0	0	0	0	0	0	244
9	14,7019	5396,279	244	0	0	0	0	0	0	0	244
10	16,33562	5996,242	244	0	0	0	0	0	0	0	244
11	17,96935	6596,293	244	0	0	0	0	0	0	0	244
12	19,60308	7196,436	244	0	0	0	0	0	0	0	244
13	21,23681	7796,675	244	0	0	0	0	0	0	0	244
14	22,87054	8397,013	244	0	0	0	0	0	0	0	244

15	23,69267	8699,099	243	1	0	0	0	0	0	0	244
16	25,77829	9342,518	226	18	0	0	0	0	0	0	244
17	27,80158	9722,232	215	29	0	0	0	0	0	0	244
18	29,93659	9959,315	207	37	0	0	0	0	0	0	244
19	32,39212	10165,55	204	40	0	0	0	0	0	0	244
20	34,02585	10295,38	200	44	0	0	0	0	0	0	244
21	35,65958	10414,1	197	47	0	0	0	0	0	0	244
22	38,78962	10604,59	194	50	0	0	0	0	0	0	244
23	40,42335	10696,82	194	50	0	0	0	0	0	0	244
24	42,05708	10789,06	194	46	4	0	0	0	0	0	244
25	43,69081	10881,3	194	32	18	0	0	0	0	0	244
26	45,67997	10991,16	190	34	20	0	0	0	0	0	244
27	48,51625	11135,98	187	37	20	0	0	0	0	0	244
28	51,06365	11253,11	184	35	25	0	0	0	0	0	244
29	52,69738	11324,75	184	22	38	0	0	0	0	0	244
30	54,3311	11396,4	184	20	40	0	0	0	0	0	244
31	55,96483	11468,05	184	20	40	0	0	0	0	0	244
32	57,59856	11539,71	184	20	40	0	0	0	0	0	244
33	60,52529	11648,2	180	24	40	0	0	0	0	0	244
34	61,75059	11694,02	179	25	40	0	0	0	0	0	244
35	61,75066	11693,05	179	25	40	0	0	0	0	0	244

TABLE: Pushover Curve - Push-204 °C											
Step	Displacement	BaseForce	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CPtoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
	cm	KN									
0	-0,00165	0	244	0	0	0	0	0	0	0	244
1	1,632081	610,862	244	0	0	0	0	0	0	0	244
2	3,265809	1222,326	244	0	0	0	0	0	0	0	244
3	4,899537	1833,751	244	0	0	0	0	0	0	0	244
4	6,533265	2445,216	244	0	0	0	0	0	0	0	244
5	8,166993	3056,726	244	0	0	0	0	0	0	0	244
6	9,800721	3668,291	244	0	0	0	0	0	0	0	244
7	11,43445	4279,917	244	0	0	0	0	0	0	0	244
8	13,06818	4891,61	244	0	0	0	0	0	0	0	244
9	14,70191	5503,376	244	0	0	0	0	0	0	0	244
10	16,33563	6115,221	244	0	0	0	0	0	0	0	244
11	17,96936	6727,149	244	0	0	0	0	0	0	0	244
12	19,60309	7339,165	244	0	0	0	0	0	0	0	244
13	21,23682	7951,272	244	0	0	0	0	0	0	0	244
14	22,87055	8563,474	244	0	0	0	0	0	0	0	244
15	23,28194	8717,58	243	1	0	0	0	0	0	0	244
16	24,97676	9280,204	230	14	0	0	0	0	0	0	244
17	26,94193	9713,409	219	25	0	0	0	0	0	0	244
18	29,32526	10017,3	207	37	0	0	0	0	0	0	244

19	31,73746	10227,09	204	40	0	0	0	0	0	0	244
20	34,68986	10459,07	197	47	0	0	0	0	0	0	244
21	37,70923	10648,71	194	50	0	0	0	0	0	0	244
22	39,34296	10744,24	194	50	0	0	0	0	0	0	244
23	40,97669	10839,78	194	46	4	0	0	0	0	0	244
24	42,61042	10935,33	193	40	11	0	0	0	0	0	244
25	45,13928	11076,06	187	37	20	0	0	0	0	0	244
26	46,77301	11160,39	187	37	20	0	0	0	0	0	244
27	49,30602	11280,66	184	39	21	0	0	0	0	0	244
28	50,93975	11354,62	184	31	29	0	0	0	0	0	244
29	52,57347	11428,59	184	20	40	0	0	0	0	0	244
30	54,2072	11502,57	184	20	40	0	0	0	0	0	244
31	55,84093	11576,56	184	20	40	0	0	0	0	0	244
32	57,47466	11650,55	184	20	40	0	0	0	0	0	244
33	60,24344	11755,95	180	24	40	0	0	0	0	0	244
34	61,87557	11824,03	179	21	44	0	0	0	0	0	244
35	61,87637	11824,07	179	21	44	0	0	0	0	0	244
36	61,87677	11824,08	179	21	44	0	0	0	0	0	244
37	61,87697	11824,09	179	21	44	0	0	0	0	0	244
38	61,87707	11824,09	179	21	44	0	0	0	0	0	244
39	61,87712	11824,1	179	21	44	0	0	0	0	0	244
40	61,87714	11824,1	179	21	44	0	0	0	0	0	244
41	61,87716	11824,1	179	21	44	0	0	0	0	0	244
42	61,87716	11824,1	179	21	44	0	0	0	0	0	244
43	61,87716	11824,1	179	21	44	0	0	0	0	0	244
44	61,87717	11824,1	179	21	44	0	0	0	0	0	244
45	61,87717	11824,1	179	21	44	0	0	0	0	0	244
46	61,87717	11824,1	179	21	44	0	0	0	0	0	244
47	61,87717	11824,1	179	21	44	0	0	0	0	0	244
48	61,87717	11824,1	179	21	44	0	0	0	0	0	244
49	61,87717	11824,1	179	21	44	0	0	0	0	0	244
50	61,87717	11824,1	179	21	44	0	0	0	0	0	244
51	61,87717	11824,1	179	21	44	0	0	0	0	0	244
52	61,87717	11824,1	179	21	44	0	0	0	0	0	244
53	61,87717	11824,1	179	21	44	0	0	0	0	0	244
54	61,87717	11824,1	179	21	44	0	0	0	0	0	244
55	61,87717	11824,1	179	21	44	0	0	0	0	0	244
56	61,87717	11824,1	179	21	44	0	0	0	0	0	244
57	61,87717	11824,1	179	21	44	0	0	0	0	0	244
58	61,87717	11824,1	179	21	44	0	0	0	0	0	244
59	61,87717	11824,1	179	21	44	0	0	0	0	0	244
60	61,87717	11824,1	179	21	44	0	0	0	0	0	244
61	61,87717	11824,1	179	21	44	0	0	0	0	0	244
62	61,87717	11824,1	179	21	44	0	0	0	0	0	244
63	61,87717	11824,1	179	21	44	0	0	0	0	0	244

64	61,87717	11824,1	179	21	44	0	0	0	0	0	244
65	61,87717	11824,1	179	21	44	0	0	0	0	0	244
66	61,87717	11824,1	179	21	44	0	0	0	0	0	244
67	61,87717	11824,1	179	21	44	0	0	0	0	0	244
68	61,87717	11824,1	179	21	44	0	0	0	0	0	244
69	61,87717	11824,1	179	21	44	0	0	0	0	0	244

TABLE: Pushover Curve - Push-93 °C											
Step	Displacement	BaseForce	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CPtoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
	cm	KN									
0	-0,00164	0	244	0	0	0	0	0	0	0	244
1	1,632086	616,441	244	0	0	0	0	0	0	0	244
2	3,265814	1233,49	244	0	0	0	0	0	0	0	244
3	4,899542	1850,498	244	0	0	0	0	0	0	0	244
4	6,53327	2467,543	244	0	0	0	0	0	0	0	244
5	8,166998	3084,633	244	0	0	0	0	0	0	0	244
6	9,800726	3701,776	244	0	0	0	0	0	0	0	244
7	11,43445	4318,978	244	0	0	0	0	0	0	0	244
8	13,06818	4936,245	244	0	0	0	0	0	0	0	244
9	14,70191	5553,584	244	0	0	0	0	0	0	0	244
10	16,33564	6171	244	0	0	0	0	0	0	0	244
11	17,96937	6788,496	244	0	0	0	0	0	0	0	244
12	19,60309	7406,078	244	0	0	0	0	0	0	0	244
13	21,23682	8023,75	244	0	0	0	0	0	0	0	244
14	22,87055	8641,514	244	0	0	0	0	0	0	0	244
15	24,27436	9172,39	242	2	0	0	0	0	0	0	244
16	25,97062	9682,597	224	20	0	0	0	0	0	0	244
17	27,68424	10026,91	219	25	0	0	0	0	0	0	244
18	29,02388	10234,64	205	39	0	0	0	0	0	0	244
19	31,17639	10419,63	202	42	0	0	0	0	0	0	244
20	32,90547	10554,47	197	47	0	0	0	0	0	0	244
21	35,93941	10748,34	194	50	0	0	0	0	0	0	244
22	37,57314	10845,45	194	50	0	0	0	0	0	0	244
23	39,20687	10942,57	194	50	0	0	0	0	0	0	244
24	40,8406	11039,69	191	53	0	0	0	0	0	0	244
25	43,1382	11168,32	187	47	10	0	0	0	0	0	244
26	44,77193	11253,88	187	37	20	0	0	0	0	0	244
27	46,96465	11358,2	184	40	20	0	0	0	0	0	244
28	48,59837	11433,28	184	40	20	0	0	0	0	0	244
29	50,2321	11508,38	184	33	27	0	0	0	0	0	244
30	51,86583	11583,49	184	30	30	0	0	0	0	0	244
31	53,49956	11658,6	184	30	30	0	0	0	0	0	244
32	55,13329	11733,71	184	29	31	0	0	0	0	0	244
33	56,76701	11808,84	184	21	39	0	0	0	0	0	244

34	58,40074	11883,98	184	19	41	0	0	0	0	0	244
35	61,54166	12024,07	179	15	50	0	0	0	0	0	244
36	64,42985	12145,11	177	17	46	4	0	0	0	0	244
37	66,97883	12228,62	170	24	40	10	0	0	0	0	244
38	66,97883	12228,62	170	24	40	10	0	0	0	0	244
39	66,97883	12228,23	170	24	40	10	0	0	0	0	244
40	66,97883	12228,23	170	24	40	10	0	0	0	0	244
41	67,04453	12230,03	170	24	40	10	0	0	0	0	244
42	67,07328	12231,79	170	24	40	10	0	0	0	0	244
43	67,07533	12231,86	170	24	40	10	0	0	0	0	244
44	67,07636	12231,94	170	24	40	10	0	0	0	0	244
45	67,07687	12231,96	170	24	40	10	0	0	0	0	244
46	67,07713	12231,98	170	24	40	10	0	0	0	0	244
47	67,07725	12231,99	170	24	40	10	0	0	0	0	244
48	67,07732	12231,99	170	24	40	10	0	0	0	0	244
49	67,07735	12231,99	170	24	40	10	0	0	0	0	244
50	67,07737	12232	170	24	40	10	0	0	0	0	244
51	67,07737	12232	170	24	40	10	0	0	0	0	244
52	67,07738	12232	170	24	40	10	0	0	0	0	244
53	67,07738	12232	170	24	40	10	0	0	0	0	244
54	67,07738	12232	170	24	40	10	0	0	0	0	244
55	67,07738	12232	170	24	40	10	0	0	0	0	244
56	67,07738	12232	170	24	40	10	0	0	0	0	244
57	67,07738	12232	170	24	40	10	0	0	0	0	244
58	67,07738	12232	170	24	40	10	0	0	0	0	244
59	67,07738	12232	170	24	40	10	0	0	0	0	244
60	67,07738	12232	170	24	40	10	0	0	0	0	244
61	67,07738	12232	170	24	40	10	0	0	0	0	244
62	67,07738	12232	170	24	40	10	0	0	0	0	244
63	67,07738	12232	170	24	40	10	0	0	0	0	244
64	67,07738	12232	170	24	40	10	0	0	0	0	244
65	67,07738	12232	170	24	40	10	0	0	0	0	244
66	67,07738	12232	170	24	40	10	0	0	0	0	244
67	67,07738	12232	170	24	40	10	0	0	0	0	244
68	67,07738	12232	170	24	40	10	0	0	0	0	244
69	67,07738	12232	170	24	40	10	0	0	0	0	244
70	67,07738	12232	170	24	40	10	0	0	0	0	244
71	67,07738	12232	170	24	40	10	0	0	0	0	244
72	67,07738	12232	170	24	40	10	0	0	0	0	244
73	67,07738	12232	170	24	40	10	0	0	0	0	244
74	67,07738	12232	170	24	40	10	0	0	0	0	244
75	67,07738	12232	170	24	40	10	0	0	0	0	244
76	67,07738	12232	170	24	40	10	0	0	0	0	244
77	67,07738	12232	170	24	40	10	0	0	0	0	244
78	67,07738	12232	170	24	40	10	0	0	0	0	244

79	67,07738	12232	170	24	40	10	0	0	0	0	244
----	----------	-------	-----	----	----	----	---	---	---	---	-----

3 KAT İÇİN DOĞRUSAL OLMAYAN STATİK ÖTELEME(PUSH-OVER) ANALİZLERİ

TABLE: Pushover Curve - Push-538 °C											
Step	Displacement	BaseForce	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CPtoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
	cm	KN									
0	-0,001737	0	244	0	0	0	0	0	0	0	244
1	1,631991	525,346	244	0	0	0	0	0	0	0	244
2	3,265719	1051,236	244	0	0	0	0	0	0	0	244
3	4,899447	1577,112	244	0	0	0	0	0	0	0	244
4	6,533175	2103,043	244	0	0	0	0	0	0	0	244
5	8,166903	2629,037	244	0	0	0	0	0	0	0	244
6	9,800631	3155,105	244	0	0	0	0	0	0	0	244
7	11,434359	3681,254	244	0	0	0	0	0	0	0	244
8	13,068087	4207,492	244	0	0	0	0	0	0	0	244
9	14,701815	4733,826	244	0	0	0	0	0	0	0	244
10	16,335543	5260,26	244	0	0	0	0	0	0	0	244
11	17,969271	5786,8	244	0	0	0	0	0	0	0	244
12	19,602999	6313,449	244	0	0	0	0	0	0	0	244
13	20,354578	6555,714	243	1	0	0	0	0	0	0	244
14	21,859868	6960,211	225	19	0	0	0	0	0	0	244
15	24,115915	7340,739	219	25	0	0	0	0	0	0	244
16	26,57585	7602,989	214	30	0	0	0	0	0	0	244
17	28,209578	7760,39	214	30	0	0	0	0	0	0	244
18	29,843306	7917,805	214	30	0	0	0	0	0	0	244
19	31,477034	8075,232	214	30	0	0	0	0	0	0	244
20	33,110762	8232,673	213	31	0	0	0	0	0	0	244
21	34,962977	8398,401	207	36	1	0	0	0	0	0	244
22	37,692039	8588,372	204	30	10	0	0	0	0	0	244
23	39,325767	8694,581	204	25	15	0	0	0	0	0	244
24	40,959495	8800,801	204	15	25	0	0	0	0	0	244
25	42,593223	8907,031	204	10	30	0	0	0	0	0	244
26	44,226951	9013,272	200	14	30	0	0	0	0	0	244
27	45,860679	9078,762	199	15	30	0	0	0	0	0	244
28	47,443353	9140,591	199	15	30	0	0	0	0	0	244
29	47,443459	9140,599	199	15	30	0	0	0	0	0	244
30	47,443512	9140,6	199	15	30	0	0	0	0	0	244
31	47,443538	9140,602	199	15	30	0	0	0	0	0	244
32	47,443551	9140,603	199	15	30	0	0	0	0	0	244
33	47,443558	9140,603	199	15	30	0	0	0	0	0	244
34	47,443561	9140,603	199	15	30	0	0	0	0	0	244

35	47,443563	9140,603	199	15	30	0	0	0	0	0	244
36	47,443564	9140,603	199	15	30	0	0	0	0	0	244
37	47,443564	9140,603	199	15	30	0	0	0	0	0	244
38	47,443564	9140,603	199	15	30	0	0	0	0	0	244
39	47,443564	9140,603	199	15	30	0	0	0	0	0	244
40	47,443564	9140,603	199	15	30	0	0	0	0	0	244
41	47,443564	9140,603	199	15	30	0	0	0	0	0	244
42	47,443564	9140,603	199	15	30	0	0	0	0	0	244
43	47,443564	9140,603	199	15	30	0	0	0	0	0	244
44	47,443564	9140,603	199	15	30	0	0	0	0	0	244
45	47,443564	9140,603	199	15	30	0	0	0	0	0	244
46	47,443564	9140,603	199	15	30	0	0	0	0	0	244
47	47,443564	9140,603	199	15	30	0	0	0	0	0	244
48	47,443564	9140,603	199	15	30	0	0	0	0	0	244
49	47,443564	9140,603	199	15	30	0	0	0	0	0	244
50	47,443564	9140,603	199	15	30	0	0	0	0	0	244
51	47,443564	9140,603	199	15	30	0	0	0	0	0	244
52	47,443564	9140,603	199	15	30	0	0	0	0	0	244
53	47,443564	9140,603	199	15	30	0	0	0	0	0	244
54	47,443564	9140,603	199	15	30	0	0	0	0	0	244
55	47,443564	9140,603	199	15	30	0	0	0	0	0	244
56	47,443564	9140,603	199	15	30	0	0	0	0	0	244
57	47,443564	9140,603	199	15	30	0	0	0	0	0	244
58	47,443564	9140,603	199	15	30	0	0	0	0	0	244
59	47,443564	9140,603	199	15	30	0	0	0	0	0	244
60	47,443564	9140,603	199	15	30	0	0	0	0	0	244
61	47,443564	9140,603	199	15	30	0	0	0	0	0	244

TABLE: Pushover Curve - Push-427 °C											
Step	Displacement	BaseForce	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CPtoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
	cm	KN									
0	-0,0017	0	244	0	0	0	0	0	0	0	244
1	1,63203	560,38	244	0	0	0	0	0	0	0	244
2	3,265758	1121,327	244	0	0	0	0	0	0	0	244
3	4,899486	1682,25	244	0	0	0	0	0	0	0	244
4	6,533214	2243,219	244	0	0	0	0	0	0	0	244
5	8,166942	2804,246	244	0	0	0	0	0	0	0	244
6	9,80067	3365,336	244	0	0	0	0	0	0	0	244
7	11,4344	3926,499	244	0	0	0	0	0	0	0	244
8	13,06813	4487,741	244	0	0	0	0	0	0	0	244
9	14,70185	5049,069	244	0	0	0	0	0	0	0	244
10	16,33558	5610,488	244	0	0	0	0	0	0	0	244
11	17,96931	6172,003	244	0	0	0	0	0	0	0	244

12	19,60304	6733,618	244	0	0	0	0	0	0	0	244
13	21,23677	7295,336	244	0	0	0	0	0	0	0	244
14	22,87049	7857,161	244	0	0	0	0	0	0	0	244
15	23,19085	7967,28	242	2	0	0	0	0	0	0	244
16	24,95209	8445,915	224	20	0	0	0	0	0	0	244
17	26,58582	8743,229	224	20	0	0	0	0	0	0	244
18	28,3121	9034,477	215	29	0	0	0	0	0	0	244
19	31,07433	9315,632	207	37	0	0	0	0	0	0	244
20	33,6762	9514,738	204	40	0	0	0	0	0	0	244
21	35,30993	9632,073	204	40	0	0	0	0	0	0	244
22	36,94365	9749,419	204	40	0	0	0	0	0	0	244
23	40,05904	9963,991	197	47	0	0	0	0	0	0	244
24	41,79929	10068,08	194	37	13	0	0	0	0	0	244
25	43,43302	10151,23	194	30	20	0	0	0	0	0	244
26	45,06675	10234,4	194	30	20	0	0	0	0	0	244
27	46,70048	10317,57	194	30	20	0	0	0	0	0	244
28	48,33421	10400,76	194	30	20	0	0	0	0	0	244
29	49,96793	10483,95	194	29	21	0	0	0	0	0	244
30	51,60166	10567,16	193	22	29	0	0	0	0	0	244
31	53,48801	10660,48	190	20	34	0	0	0	0	0	244
32	56,0652	10779	187	17	40	0	0	0	0	0	244
33	57,41829	10839,85	180	24	40	0	0	0	0	0	244
34	59,05202	10885,72	180	24	40	0	0	0	0	0	244
35	60,27731	10930,72	179	25	40	0	0	0	0	0	244
36	60,27758	10929,85	179	25	40	0	0	0	0	0	244

TABLE: Pushover Curve - Push-316 °C											
Step	Displacement	BaseForce	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CPtoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
	cm	KN									
0	-0,00167	0	244	0	0	0	0	0	0	0	244
1	1,632061	591,094	244	0	0	0	0	0	0	0	244
2	3,265789	1182,776	244	0	0	0	0	0	0	0	244
3	4,899517	1774,425	244	0	0	0	0	0	0	0	244
4	6,533245	2366,116	244	0	0	0	0	0	0	0	244
5	8,166973	2957,856	244	0	0	0	0	0	0	0	244
6	9,800701	3549,654	244	0	0	0	0	0	0	0	244
7	11,43443	4141,517	244	0	0	0	0	0	0	0	244
8	13,06816	4733,451	244	0	0	0	0	0	0	0	244
9	14,70189	5325,463	244	0	0	0	0	0	0	0	244
10	16,33561	5917,557	244	0	0	0	0	0	0	0	244
11	17,96934	6509,74	244	0	0	0	0	0	0	0	244
12	19,60307	7102,014	244	0	0	0	0	0	0	0	244
13	21,2368	7694,383	244	0	0	0	0	0	0	0	244

14	22,87053	8286,852	243	1	0	0	0	0	0	0	244
15	23,38202	8469,1	240	4	0	0	0	0	0	0	244
16	26,61581	9219,805	224	20	0	0	0	0	0	0	244
17	28,43262	9549,578	211	33	0	0	0	0	0	0	244
18	30,30629	9737,101	204	40	0	0	0	0	0	0	244
19	31,94002	9864,96	204	40	0	0	0	0	0	0	244
20	33,57374	9992,834	204	40	0	0	0	0	0	0	244
21	36,62163	10220,4	197	47	0	0	0	0	0	0	244
22	39,72317	10405,83	194	49	1	0	0	0	0	0	244
23	41,3569	10496,4	194	37	13	0	0	0	0	0	244
24	42,99063	10586,98	194	30	20	0	0	0	0	0	244
25	44,62436	10677,56	194	30	20	0	0	0	0	0	244
26	46,25809	10768,16	192	32	20	0	0	0	0	0	244
27	49,10666	10918,27	187	37	20	0	0	0	0	0	244
28	50,74039	10998,23	187	36	21	0	0	0	0	0	244
29	53,20448	11109,11	184	21	39	0	0	0	0	0	244
30	54,8382	11179,4	184	20	40	0	0	0	0	0	244
31	56,47193	11249,71	184	20	40	0	0	0	0	0	244
32	58,10566	11320,02	184	20	40	0	0	0	0	0	244
33	59,73939	11390,33	184	20	39	1	0	0	0	0	244
34	62,53024	11490,88	180	24	30	10	0	0	0	0	244
35	64,06186	11558,22	179	24	27	14	0	0	0	0	244
36	64,06189	11558,23	179	24	27	14	0	0	0	0	244
37	64,0619	11558,23	179	24	27	14	0	0	0	0	244
38	64,06191	11558,23	179	24	27	14	0	0	0	0	244
39	64,06191	11558,23	179	24	27	14	0	0	0	0	244
40	64,06192	11558,23	179	24	27	14	0	0	0	0	244
41	64,06192	11558,23	179	24	27	14	0	0	0	0	244
42	64,06192	11558,23	179	24	27	14	0	0	0	0	244
43	64,06192	11558,23	179	24	27	14	0	0	0	0	244
44	64,06192	11558,23	179	24	27	14	0	0	0	0	244
45	64,06192	11558,23	179	24	27	14	0	0	0	0	244
46	64,06192	11558,23	179	24	27	14	0	0	0	0	244
47	64,06192	11558,23	179	24	27	14	0	0	0	0	244
48	64,06192	11558,23	179	24	27	14	0	0	0	0	244
49	64,06192	11558,23	179	24	27	14	0	0	0	0	244
50	64,06192	11558,23	179	24	27	14	0	0	0	0	244
51	64,06192	11558,23	179	24	27	14	0	0	0	0	244
52	64,06192	11558,23	179	24	27	14	0	0	0	0	244
53	64,06192	11558,23	179	24	27	14	0	0	0	0	244
54	64,06192	11558,23	179	24	27	14	0	0	0	0	244
55	64,06192	11558,23	179	24	27	14	0	0	0	0	244
56	64,06192	11558,23	179	24	27	14	0	0	0	0	244
57	64,06192	11558,23	179	24	27	14	0	0	0	0	244
58	64,06192	11558,23	179	24	27	14	0	0	0	0	244

59	64,06192	11558,23	179	24	27	14	0	0	0	0	244
60	64,06192	11558,23	179	24	27	14	0	0	0	0	244
61	64,06192	11558,23	179	24	27	14	0	0	0	0	244
62	64,06192	11558,23	179	24	27	14	0	0	0	0	244
63	64,06192	11558,23	179	24	27	14	0	0	0	0	244
64	64,06192	11558,23	179	24	27	14	0	0	0	0	244
65	64,06192	11558,23	179	24	27	14	0	0	0	0	244
66	64,06192	11558,23	179	24	27	14	0	0	0	0	244

TABLE: Pushover Curve - Push-204 °C											
Step	Displacement	BaseForce	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CPtoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
	cm	KN									
0	-0,00165	0	244	0	0	0	0	0	0	0	244
1	1,632077	607,774	244	0	0	0	0	0	0	0	244
2	3,265805	1216,148	244	0	0	0	0	0	0	0	244
3	4,899533	1824,484	244	0	0	0	0	0	0	0	244
4	6,533261	2432,858	244	0	0	0	0	0	0	0	244
5	8,166989	3041,279	244	0	0	0	0	0	0	0	244
6	9,800717	3649,755	244	0	0	0	0	0	0	0	244
7	11,43445	4258,291	244	0	0	0	0	0	0	0	244
8	13,06817	4866,895	244	0	0	0	0	0	0	0	244
9	14,7019	5475,572	244	0	0	0	0	0	0	0	244
10	16,33563	6084,328	244	0	0	0	0	0	0	0	244
11	17,96936	6693,166	244	0	0	0	0	0	0	0	244
12	19,60309	7302,093	244	0	0	0	0	0	0	0	244
13	21,23681	7911,111	244	0	0	0	0	0	0	0	244
14	22,35506	8327,974	243	1	0	0	0	0	0	0	244
15	24,14696	8901,429	225	19	0	0	0	0	0	0	244
16	26,17251	9310,994	224	20	0	0	0	0	0	0	244
17	27,9625	9648,589	211	33	0	0	0	0	0	0	244
18	29,70229	9831,185	204	40	0	0	0	0	0	0	244
19	31,33602	9965,159	204	40	0	0	0	0	0	0	244
20	32,96975	10099,15	204	40	0	0	0	0	0	0	244
21	35,46386	10292,12	197	47	0	0	0	0	0	0	244
22	38,47103	10479,67	194	49	1	0	0	0	0	0	244
23	40,10476	10574,52	194	39	11	0	0	0	0	0	244
24	41,73849	10669,38	194	30	20	0	0	0	0	0	244
25	43,37222	10764,25	194	30	20	0	0	0	0	0	244
26	45,00595	10859,12	191	33	20	0	0	0	0	0	244
27	47,20491	10979,36	187	37	20	0	0	0	0	0	244
28	48,83864	11062,99	187	37	20	0	0	0	0	0	244
29	51,14492	11170,79	184	28	32	0	0	0	0	0	244
30	52,77865	11244,22	184	20	40	0	0	0	0	0	244

31	54,41238	11317,66	184	20	40	0	0	0	0	0	244
32	56,0461	11391,1	184	20	40	0	0	0	0	0	244
33	57,67983	11464,56	184	20	36	4	0	0	0	0	244
34	59,31356	11538,02	180	24	30	10	0	0	0	0	244
35	60,94729	11591,59	180	24	30	10	0	0	0	0	244
36	62,17258	11650,48	179	24	27	14	0	0	0	0	244
37	62,3768	11656,8	179	24	27	14	0	0	0	0	244
38	62,56825	11665,92	179	21	30	14	0	0	0	0	244
39	62,58102	11666,31	179	21	30	14	0	0	0	0	244
40	62,58102	11666,31	179	21	30	14	0	0	0	0	244
41	62,58102	11666,31	179	21	30	14	0	0	0	0	244

TABLE: Pushover Curve - Push-93 °C											
Step	Displacement	BaseForce	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CPtoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
	cm	KN									
0	-0,00164	0	244	0	0	0	0	0	0	0	244
1	1,632085	615,677	244	0	0	0	0	0	0	0	244
2	3,265813	1231,96	244	0	0	0	0	0	0	0	244
3	4,899541	1848,203	244	0	0	0	0	0	0	0	244
4	6,533269	2464,482	244	0	0	0	0	0	0	0	244
5	8,166997	3080,808	244	0	0	0	0	0	0	0	244
6	9,800725	3697,185	244	0	0	0	0	0	0	0	244
7	11,43445	4313,622	244	0	0	0	0	0	0	0	244
8	13,06818	4930,125	244	0	0	0	0	0	0	0	244
9	14,70191	5546,699	244	0	0	0	0	0	0	0	244
10	16,33564	6163,349	244	0	0	0	0	0	0	0	244
11	17,96937	6780,081	244	0	0	0	0	0	0	0	244
12	19,60309	7396,898	244	0	0	0	0	0	0	0	244
13	21,23682	8013,804	244	0	0	0	0	0	0	0	244
14	22,87055	8630,803	244	0	0	0	0	0	0	0	244
15	23,22639	8765,135	243	1	0	0	0	0	0	0	244
16	25,1665	9391,605	225	19	0	0	0	0	0	0	244
17	27,21586	9812,802	223	21	0	0	0	0	0	0	244
18	28,8075	10085,51	209	35	0	0	0	0	0	0	244
19	31,54098	10341,57	201	43	0	0	0	0	0	0	244
20	33,20749	10470,27	197	47	0	0	0	0	0	0	244
21	36,17361	10659,01	194	50	0	0	0	0	0	0	244
22	37,80734	10755,93	194	50	0	0	0	0	0	0	244
23	39,44106	10852,87	194	50	0	0	0	0	0	0	244
24	41,07479	10949,81	193	43	8	0	0	0	0	0	244
25	43,53386	11088,46	187	43	14	0	0	0	0	0	244
26	45,16759	11173,96	187	37	20	0	0	0	0	0	244

27	47,60748	11290,96	184	40	20	0	0	0	0	0	244
28	49,24121	11365,89	184	37	23	0	0	0	0	0	244
29	50,87493	11440,83	184	30	30	0	0	0	0	0	244
30	52,50866	11515,77	184	30	30	0	0	0	0	0	244
31	54,14239	11590,72	184	30	30	0	0	0	0	0	244
32	55,77612	11665,68	184	29	31	0	0	0	0	0	244
33	57,40985	11740,64	184	21	39	0	0	0	0	0	244
34	59,04357	11815,62	184	18	42	0	0	0	0	0	244
35	60,6773	11890,6	181	15	44	4	0	0	0	0	244
36	63,21269	12001,08	178	16	40	10	0	0	0	0	244
37	65,76965	12106,98	173	21	40	10	0	0	0	0	244
38	67,40338	12155,2	170	24	36	14	0	0	0	0	244

6 KAT İÇİN DOĞRUSAL OLMAYAN STATİK ÖTELEME(PUSH-OVER)
ANALİZLERİ

TABLE: Pushover Curve - Push-538 °C											
Step	Displacement	BaseForce	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CPtoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
	cm	KN									
0	-0,001862	0	244	0	0	0	0	0	0	0	244
1	1,631866	465,441	244	0	0	0	0	0	0	0	244
2	3,265594	931,39	244	0	0	0	0	0	0	0	244
3	4,899322	1397,322	244	0	0	0	0	0	0	0	244
4	6,53305	1863,3	244	0	0	0	0	0	0	0	244
5	8,166778	2329,33	244	0	0	0	0	0	0	0	244
6	9,800506	2795,42	244	0	0	0	0	0	0	0	244
7	11,434234	3261,575	244	0	0	0	0	0	0	0	244
8	13,067962	3727,802	244	0	0	0	0	0	0	0	244
9	14,70169	4194,106	244	0	0	0	0	0	0	0	244
10	16,335418	4660,491	244	0	0	0	0	0	0	0	244
11	17,969146	5126,96	244	0	0	0	0	0	0	0	244
12	19,602874	5593,517	244	0	0	0	0	0	0	0	244
13	21,236602	6060,164	244	0	0	0	0	0	0	0	244
14	21,80282	6221,866	243	1	0	0	0	0	0	0	244
15	23,576599	6670,973	230	14	0	0	0	0	0	0	244
16	25,706629	6979,361	217	27	0	0	0	0	0	0	244
17	27,862901	7181,229	206	38	0	0	0	0	0	0	244
18	30,045346	7310,551	195	49	0	0	0	0	0	0	244
19	32,244952	7396,059	194	50	0	0	0	0	0	0	244
20	33,87868	7458,41	194	50	0	0	0	0	0	0	244
21	35,512408	7520,766	194	50	0	0	0	0	0	0	244
22	37,146136	7583,128	194	50	0	0	0	0	0	0	244

23	38,779864	7645,497	194	49	1	0	0	0	0	0	244
24	41,357334	7741,888	190	44	10	0	0	0	0	0	244
25	42,991062	7800,367	187	43	14	0	0	0	0	0	244
26	44,62479	7856,12	187	36	21	0	0	0	0	0	244
27	46,842942	7929,105	184	30	30	0	0	0	0	0	244
28	48,47667	7979,442	184	30	30	0	0	0	0	0	244
29	50,110398	8029,709	184	30	30	0	0	0	0	0	244
30	51,744126	8079,98	184	30	30	0	0	0	0	0	244
31	53,377854	8130,258	184	30	30	0	0	0	0	0	244
32	55,011582	8180,541	184	29	31	0	0	0	0	0	244
33	56,64531	8230,83	184	18	42	0	0	0	0	0	244
34	58,279038	8281,125	184	10	49	1	0	0	0	0	244
35	59,912766	8331,426	184	10	41	9	0	0	0	0	244
36	61,546494	8381,733	184	10	40	10	0	0	0	0	244
37	63,180222	8432,046	184	10	40	10	0	0	0	0	244
38	64,81395	8482,366	184	10	40	10	0	0	0	0	244
39	67,83355	8559,615	180	14	21	29	0	0	0	0	244
40	67,83367	8559,622	180	14	21	29	0	0	0	0	244
41	67,833731	8559,636	180	14	21	29	0	0	0	0	244
42	67,833761	8559,637	180	14	21	29	0	0	0	0	244
43	67,833776	8559,638	180	14	21	29	0	0	0	0	244
44	67,833783	8559,638	180	14	21	29	0	0	0	0	244
45	67,833787	8559,638	180	14	21	29	0	0	0	0	244
46	67,833789	8559,638	180	14	21	29	0	0	0	0	244
47	67,83379	8559,638	180	14	21	29	0	0	0	0	244
48	67,83379	8559,638	180	14	21	29	0	0	0	0	244
49	67,83379	8559,638	180	14	21	29	0	0	0	0	244
50	67,833791	8559,638	180	14	21	29	0	0	0	0	244
51	67,833791	8559,638	180	14	21	29	0	0	0	0	244
52	67,833791	8559,638	180	14	21	29	0	0	0	0	244
53	67,833791	8559,638	180	14	21	29	0	0	0	0	244
54	67,833791	8559,638	180	14	21	29	0	0	0	0	244
55	67,833791	8559,638	180	14	21	29	0	0	0	0	244
56	67,833791	8559,638	180	14	21	29	0	0	0	0	244
57	67,833791	8559,638	180	14	21	29	0	0	0	0	244
58	67,833791	8559,638	180	14	21	29	0	0	0	0	244
59	67,833791	8559,638	180	14	21	29	0	0	0	0	244
60	67,833791	8559,638	180	14	21	29	0	0	0	0	244
61	67,833791	8559,638	180	14	21	29	0	0	0	0	244
62	67,833791	8559,638	180	14	21	29	0	0	0	0	244
63	67,833791	8559,638	180	14	21	29	0	0	0	0	244
64	67,833791	8559,638	180	14	21	29	0	0	0	0	244
65	67,833791	8559,638	180	14	21	29	0	0	0	0	244
66	67,833791	8559,638	180	14	21	29	0	0	0	0	244
67	67,833791	8559,638	180	14	21	29	0	0	0	0	244

68	67,833791	8559,638	180	14	21	29	0	0	0	0	244
69	67,833791	8559,638	180	14	21	29	0	0	0	0	244
70	67,833791	8559,638	180	14	21	29	0	0	0	0	244
71	67,833791	8559,638	180	14	21	29	0	0	0	0	244
TABLE: Pushover Curve - Push-427 °C											
Step	Displacement	BaseForce	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CPtoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
	cm	KN									
0	-0,00177	0	244	0	0	0	0	0	0	0	244
1	1,631957	519,025	244	0	0	0	0	0	0	0	244
2	3,265685	1038,592	244	0	0	0	0	0	0	0	244
3	4,899413	1558,135	244	0	0	0	0	0	0	0	244
4	6,533141	2077,72	244	0	0	0	0	0	0	0	244
5	8,166869	2597,354	244	0	0	0	0	0	0	0	244
6	9,800597	3117,045	244	0	0	0	0	0	0	0	244
7	11,43433	3636,8	244	0	0	0	0	0	0	0	244
8	13,06805	4156,624	244	0	0	0	0	0	0	0	244
9	14,70178	4676,523	244	0	0	0	0	0	0	0	244
10	16,33551	5196,502	244	0	0	0	0	0	0	0	244
11	17,96924	5716,564	244	0	0	0	0	0	0	0	244
12	19,60297	6236,714	244	0	0	0	0	0	0	0	244
13	21,23669	6756,954	244	0	0	0	0	0	0	0	244
14	22,87042	7277,286	244	0	0	0	0	0	0	0	244
15	24,065	7657,776	243	1	0	0	0	0	0	0	244
16	25,81946	8152,631	230	14	0	0	0	0	0	0	244
17	28,06631	8527,462	217	27	0	0	0	0	0	0	244
18	30,43053	8784,314	208	36	0	0	0	0	0	0	244
19	32,13799	8917,45	196	48	0	0	0	0	0	0	244
20	34,64843	9036,698	194	50	0	0	0	0	0	0	244
21	36,28215	9110,944	194	50	0	0	0	0	0	0	244
22	37,91588	9185,198	194	50	0	0	0	0	0	0	244
23	39,54961	9259,458	194	50	0	0	0	0	0	0	244
24	41,18334	9333,726	192	52	0	0	0	0	0	0	244
25	42,88502	9408,418	190	50	4	0	0	0	0	0	244
26	44,51875	9477,824	187	47	10	0	0	0	0	0	244
27	46,15247	9543,965	187	47	10	0	0	0	0	0	244
28	49,29491	9661,759	184	36	24	0	0	0	0	0	244
29	50,92864	9720,677	184	30	30	0	0	0	0	0	244
30	52,56237	9779,603	184	30	30	0	0	0	0	0	244
31	54,19609	9838,534	184	30	30	0	0	0	0	0	244
32	55,82982	9897,472	184	30	30	0	0	0	0	0	244
33	57,46355	9956,417	184	30	30	0	0	0	0	0	244
34	59,09728	10015,37	184	28	32	0	0	0	0	0	244
35	60,73101	10074,33	184	21	39	0	0	0	0	0	244
36	62,36473	10133,29	184	15	45	0	0	0	0	0	244

37	63,99846	10192,27	184	10	48	2	0	0	0	0	244
38	65,63219	10251,25	184	10	41	9	0	0	0	0	244
39	67,26592	10310,23	184	10	40	10	0	0	0	0	244
40	68,89965	10369,23	184	10	40	10	0	0	0	0	244
41	70,53337	10428,23	184	10	40	10	0	0	0	0	244
42	72,1671	10487,24	180	14	32	18	0	0	0	0	244
43	73,80083	10529	180	14	20	30	0	0	0	0	244
44	75,33245	10585,69	176	18	20	30	0	0	0	0	244
45	75,3835	10586,76	176	18	20	30	0	0	0	0	244
46	75,40903	10587,93	176	18	20	30	0	0	0	0	244
47	75,43456	10588,47	176	18	20	30	0	0	0	0	244
48	75,43456	10588,47	176	18	20	30	0	0	0	0	244
49	75,48561	10589,52	176	18	20	30	0	0	0	0	244
50	75,50795	10590,51	176	18	20	30	0	0	0	0	244
51	75,50954	10590,55	176	18	20	30	0	0	0	0	244
52	75,51034	10590,58	176	18	20	30	0	0	0	0	244
53	75,51074	10590,59	176	18	20	30	0	0	0	0	244
54	75,51094	10590,6	176	18	20	30	0	0	0	0	244
55	75,51104	10590,6	176	18	20	30	0	0	0	0	244
56	75,51109	10590,61	176	18	20	30	0	0	0	0	244
57	75,51111	10590,61	176	18	20	30	0	0	0	0	244

TABLE: Pushover Curve - Push-316 °C											
Step	Displacement	BaseForce	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CPtoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
	cm	KN									
0	-0,0017	0	244	0	0	0	0	0	0	0	244
1	1,632028	569,891	244	0	0	0	0	0	0	0	244
2	3,265756	1140,357	244	0	0	0	0	0	0	0	244
3	4,899484	1710,79	244	0	0	0	0	0	0	0	244
4	6,533212	2281,263	244	0	0	0	0	0	0	0	244
5	8,16694	2851,783	244	0	0	0	0	0	0	0	244
6	9,800668	3422,358	244	0	0	0	0	0	0	0	244
7	11,4344	3992,993	244	0	0	0	0	0	0	0	244
8	13,06812	4563,696	244	0	0	0	0	0	0	0	244
9	14,70185	5134,471	244	0	0	0	0	0	0	0	244
10	16,33558	5705,324	244	0	0	0	0	0	0	0	244
11	17,96931	6276,26	244	0	0	0	0	0	0	0	244
12	19,60304	6847,281	244	0	0	0	0	0	0	0	244
13	21,23676	7418,393	244	0	0	0	0	0	0	0	244
14	22,87049	7989,597	244	0	0	0	0	0	0	0	244
15	23,35848	8160,168	243	1	0	0	0	0	0	0	244
16	25,01488	8674,199	230	14	0	0	0	0	0	0	244
17	27,11546	9066,145	217	27	0	0	0	0	0	0	244

18	29,30176	9336,445	209	35	0	0	0	0	0	0	244
19	30,98105	9485,237	196	48	0	0	0	0	0	0	244
20	33,32093	9613,049	194	50	0	0	0	0	0	0	244
21	34,95466	9699,027	194	50	0	0	0	0	0	0	244
22	36,58839	9785,012	194	50	0	0	0	0	0	0	244
23	38,22212	9871,004	192	52	0	0	0	0	0	0	244
24	41,16865	10018,03	187	53	4	0	0	0	0	0	244
25	42,80238	10094,04	187	47	10	0	0	0	0	0	244
26	44,95478	10185,58	184	49	11	0	0	0	0	0	244
27	46,58851	10252,85	184	40	20	0	0	0	0	0	244
28	48,22224	10320,13	184	32	28	0	0	0	0	0	244
29	49,85596	10387,41	184	30	30	0	0	0	0	0	244
30	51,48969	10454,7	184	30	30	0	0	0	0	0	244
31	53,12342	10521,99	184	30	30	0	0	0	0	0	244
32	54,75715	10589,3	184	30	30	0	0	0	0	0	244
33	56,39088	10656,61	184	26	34	0	0	0	0	0	244
34	58,0246	10723,93	184	20	40	0	0	0	0	0	244
35	59,65833	10791,25	184	15	45	0	0	0	0	0	244
36	61,29206	10858,58	184	10	49	1	0	0	0	0	244
37	62,92579	10925,92	184	10	42	8	0	0	0	0	244
38	64,55952	10993,27	184	10	40	10	0	0	0	0	244
39	66,19324	11060,63	183	11	40	10	0	0	0	0	244
40	68,98578	11171,45	179	15	36	14	0	0	0	0	244
41	71,99522	11268,82	173	21	20	30	0	0	0	0	244
42	73,22052	11325,03	170	24	20	30	0	0	0	0	244
43	73,42524	11331,17	170	24	20	30	0	0	0	0	244
44	73,42532	11331,18	170	24	20	30	0	0	0	0	244
45	73,42536	11331,18	170	24	20	30	0	0	0	0	244
46	73,42538	11331,18	170	24	20	30	0	0	0	0	244
47	73,42539	11331,18	170	24	20	30	0	0	0	0	244
48	73,4254	11331,18	170	24	20	30	0	0	0	0	244
49	73,4254	11331,18	170	24	20	30	0	0	0	0	244
50	73,4254	11331,18	170	24	20	30	0	0	0	0	244
51	73,4254	11331,18	170	24	20	30	0	0	0	0	244
52	73,4254	11331,18	170	24	20	30	0	0	0	0	244
53	73,4254	11331,18	170	24	20	30	0	0	0	0	244
54	73,4254	11331,18	170	24	20	30	0	0	0	0	244
55	73,4254	11331,18	170	24	20	30	0	0	0	0	244
56	73,4254	11331,18	170	24	20	30	0	0	0	0	244
57	73,4254	11331,18	170	24	20	30	0	0	0	0	244
58	73,4254	11331,18	170	24	20	30	0	0	0	0	244
59	73,4254	11331,18	170	24	20	30	0	0	0	0	244
60	73,4254	11331,18	170	24	20	30	0	0	0	0	244
61	73,4254	11331,18	170	24	20	30	0	0	0	0	244
62	73,4254	11331,18	170	24	20	30	0	0	0	0	244

63	73,4254	11331,18	170	24	20	30	0	0	0	0	244
64	73,4254	11331,18	170	24	20	30	0	0	0	0	244
65	73,4254	11331,18	170	24	20	30	0	0	0	0	244
66	73,4254	11331,18	170	24	20	30	0	0	0	0	244
67	73,4254	11331,18	170	24	20	30	0	0	0	0	244
68	73,4254	11331,18	170	24	20	30	0	0	0	0	244
69	73,4254	11331,18	170	24	20	30	0	0	0	0	244
70	73,4254	11331,18	170	24	20	30	0	0	0	0	244
71	73,4254	11331,18	170	24	20	30	0	0	0	0	244
72	73,4254	11331,18	170	24	20	30	0	0	0	0	244
73	73,4254	11331,18	170	24	20	30	0	0	0	0	244
74	73,4254	11331,18	170	24	20	30	0	0	0	0	244
75	73,4254	11331,18	170	24	20	30	0	0	0	0	244

TABLE: Pushover Curve - Push-204 °C											
Step	Displacement	BaseForce	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CPtoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
	cm	KN									
0	-0,00166	0	244	0	0	0	0	0	0	0	244
1	1,632065	599,195	244	0	0	0	0	0	0	0	244
2	3,265793	1198,985	244	0	0	0	0	0	0	0	244
3	4,899521	1798,737	244	0	0	0	0	0	0	0	244
4	6,533249	2398,527	244	0	0	0	0	0	0	0	244
5	8,166977	2998,362	244	0	0	0	0	0	0	0	244
6	9,800705	3598,251	244	0	0	0	0	0	0	0	244
7	11,43443	4198,199	244	0	0	0	0	0	0	0	244
8	13,06816	4798,213	244	0	0	0	0	0	0	0	244
9	14,70189	5398,299	244	0	0	0	0	0	0	0	244
10	16,33562	5998,461	244	0	0	0	0	0	0	0	244
11	17,96935	6598,705	244	0	0	0	0	0	0	0	244
12	19,60307	7199,034	244	0	0	0	0	0	0	0	244
13	21,2368	7799,452	244	0	0	0	0	0	0	0	244
14	22,52231	8271,925	243	1	0	0	0	0	0	0	244
15	24,48176	8885,793	225	19	0	0	0	0	0	0	244
16	26,35219	9227,596	216	28	0	0	0	0	0	0	244
17	28,12118	9455,779	209	35	0	0	0	0	0	0	244
18	29,78583	9613,353	196	48	0	0	0	0	0	0	244
19	32,00456	9743,731	194	50	0	0	0	0	0	0	244
20	33,63828	9836,698	194	50	0	0	0	0	0	0	244
21	35,27201	9929,674	194	50	0	0	0	0	0	0	244
22	37,22082	10038,66	190	54	0	0	0	0	0	0	244
23	40,33152	10198,91	185	51	8	0	0	0	0	0	244
24	42,68129	10304,21	184	50	10	0	0	0	0	0	244

25	44,31501	10376,39	184	43	17	0	0	0	0	0	244
26	45,94874	10448,58	184	33	27	0	0	0	0	0	244
27	47,58247	10520,78	184	30	30	0	0	0	0	0	244
28	49,2162	10592,98	184	30	30	0	0	0	0	0	244
29	50,84993	10665,19	184	30	30	0	0	0	0	0	244
30	52,48365	10737,41	184	30	30	0	0	0	0	0	244
31	54,11738	10809,64	184	26	34	0	0	0	0	0	244
32	55,75111	10881,87	184	20	40	0	0	0	0	0	244
33	57,38484	10954,11	184	17	43	0	0	0	0	0	244
34	59,01857	11026,35	184	10	49	1	0	0	0	0	244
35	60,65229	11098,61	184	10	41	9	0	0	0	0	244
36	62,28602	11170,87	184	10	40	10	0	0	0	0	244
37	63,91975	11243,14	180	14	40	10	0	0	0	0	244
38	65,55348	11311,23	179	15	38	12	0	0	0	0	244
39	68,56019	11415,96	173	21	21	29	0	0	0	0	244
40	69,9897	11477,72	170	24	20	30	0	0	0	0	244
41	70,09181	11480,53	169	25	20	30	0	0	0	0	244
42	70,09186	11480,53	169	25	20	30	0	0	0	0	244
43	70,09189	11480,53	169	25	20	30	0	0	0	0	244
44	70,0919	11480,53	169	25	20	30	0	0	0	0	244
45	70,09191	11480,53	169	25	20	30	0	0	0	0	244
46	70,09192	11480,53	169	25	20	30	0	0	0	0	244
47	70,09192	11480,53	169	25	20	30	0	0	0	0	244
48	70,09192	11480,53	169	25	20	30	0	0	0	0	244
49	70,09192	11480,53	169	25	20	30	0	0	0	0	244
50	70,09192	11480,53	169	25	20	30	0	0	0	0	244
51	70,09192	11480,53	169	25	20	30	0	0	0	0	244
52	70,09192	11480,53	169	25	20	30	0	0	0	0	244
53	70,09192	11480,53	169	25	20	30	0	0	0	0	244
54	70,09192	11480,53	169	25	20	30	0	0	0	0	244
55	70,09192	11480,53	169	25	20	30	0	0	0	0	244
56	70,09192	11480,53	169	25	20	30	0	0	0	0	244
57	70,09192	11480,53	169	25	20	30	0	0	0	0	244
58	70,09192	11480,53	169	25	20	30	0	0	0	0	244
59	70,09192	11480,53	169	25	20	30	0	0	0	0	244
60	70,09192	11480,53	169	25	20	30	0	0	0	0	244
61	70,09192	11480,53	169	25	20	30	0	0	0	0	244
62	70,09192	11480,53	169	25	20	30	0	0	0	0	244
63	70,09192	11480,53	169	25	20	30	0	0	0	0	244
64	70,09192	11480,53	169	25	20	30	0	0	0	0	244
65	70,09192	11480,53	169	25	20	30	0	0	0	0	244
66	70,09192	11480,53	169	25	20	30	0	0	0	0	244
67	70,09192	11480,53	169	25	20	30	0	0	0	0	244
68	70,09192	11480,53	169	25	20	30	0	0	0	0	244
69	70,09192	11480,53	169	25	20	30	0	0	0	0	244

70	70,09192	11480,53	169	25	20	30	0	0	0	0	244
71	70,09192	11480,53	169	25	20	30	0	0	0	0	244
72	70,09192	11480,53	169	25	20	30	0	0	0	0	244

TABLE: Pushover Curve - Push-93°C											
Step	Displacement	BaseForce	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CPtoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
	cm	KN									
0	-0,00165	0	244	0	0	0	0	0	0	0	244
1	1,632082	613,521	244	0	0	0	0	0	0	0	244
2	3,26581	1227,649	244	0	0	0	0	0	0	0	244
3	4,899538	1841,734	244	0	0	0	0	0	0	0	244
4	6,533266	2455,858	244	0	0	0	0	0	0	0	244
5	8,166994	3070,026	244	0	0	0	0	0	0	0	244
6	9,800722	3684,247	244	0	0	0	0	0	0	0	244
7	11,43445	4298,526	244	0	0	0	0	0	0	0	244
8	13,06818	4912,871	244	0	0	0	0	0	0	0	244
9	14,70191	5527,286	244	0	0	0	0	0	0	0	244
10	16,33563	6141,778	244	0	0	0	0	0	0	0	244
11	17,96936	6756,35	244	0	0	0	0	0	0	0	244
12	19,60309	7371,008	244	0	0	0	0	0	0	0	244
13	21,23682	7985,754	244	0	0	0	0	0	0	0	244
14	22,87055	8600,592	244	0	0	0	0	0	0	0	244
15	23,26966	8750,738	243	1	0	0	0	0	0	0	244
16	25,24321	9386,004	225	19	0	0	0	0	0	0	244
17	26,92495	9711,221	217	27	0	0	0	0	0	0	244
18	28,99294	9994,51	209	35	0	0	0	0	0	0	244
19	30,6551	10155,91	196	48	0	0	0	0	0	0	244
20	32,91938	10294,19	194	50	0	0	0	0	0	0	244
21	34,55311	10390,65	194	50	0	0	0	0	0	0	244
22	36,18684	10487,13	194	50	0	0	0	0	0	0	244
23	38,04113	10594,56	190	54	0	0	0	0	0	0	244
24	41,06096	10755,69	187	53	4	0	0	0	0	0	244
25	43,14067	10853,67	184	50	10	0	0	0	0	0	244
26	44,7744	10928,31	184	49	11	0	0	0	0	0	244
27	46,40812	11002,95	184	37	23	0	0	0	0	0	244
28	48,04185	11077,6	184	30	30	0	0	0	0	0	244
29	49,67558	11152,26	184	30	30	0	0	0	0	0	244
30	51,30931	11226,92	184	30	30	0	0	0	0	0	244
31	52,94304	11301,6	184	30	30	0	0	0	0	0	244
32	54,57676	11376,28	184	29	31	0	0	0	0	0	244
33	56,21049	11450,96	184	22	38	0	0	0	0	0	244
34	57,84422	11525,66	184	20	40	0	0	0	0	0	244
35	59,47795	11600,36	182	17	45	0	0	0	0	0	244
36	62,22429	11720,55	179	15	42	8	0	0	0	0	244

37	64,80802	11827,89	177	17	40	10	0	0	0	0	244
38	67,19222	11917,22	174	20	40	10	0	0	0	0	244
39	68,82594	11975,86	174	20	33	17	0	0	0	0	244
40	70,45967	12034,5	170	24	26	24	0	0	0	0	244
41	72,0934	12079,23	170	24	20	30	0	0	0	0	244
42	72,09349	12079,23	170	24	20	30	0	0	0	0	244
43	72,09354	12079,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
44	72,09356	12079,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
45	72,09357	12079,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
46	72,09358	12079,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
47	72,09358	12079,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
48	72,09358	12079,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
49	72,09359	12079,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
50	72,09359	12079,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
51	72,09359	12079,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
52	72,09359	12079,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
53	72,09359	12079,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
54	72,09359	12079,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
55	72,09359	12079,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
56	72,09359	12079,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
57	72,09359	12079,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
58	72,09359	12079,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
59	72,09359	12079,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
60	72,09359	12079,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
61	72,09359	12079,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
62	72,09359	12079,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
63	72,09359	12079,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
64	72,09359	12079,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
65	72,09359	12079,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
66	72,09359	12079,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
67	72,09359	12079,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
68	72,09359	12079,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
69	72,09359	12079,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
70	72,09359	12079,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
71	72,09359	12079,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
72	72,09359	12079,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
73	72,09359	12079,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
74	72,09359	12079,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244

TÜM BİNA İÇİN DOĞRUSAL OLMAYAN STATİK ÖTELEME(PUSH-OVER)
ANALİZLERİ

TABLE: Pushover Curve - Push-538 °C											
Step	Displacement	BaseForce	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CPtoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
	cm	KN									
0	-0,002344	0,000	244	0	0	0	0	0	0	0	244
1	1,631384	428,331	244	0	0	0	0	0	0	0	244
2	3,265112	857,240	244	0	0	0	0	0	0	0	244
3	4,898840	1286,123	244	0	0	0	0	0	0	0	244
4	6,532568	1715,035	244	0	0	0	0	0	0	0	244
5	8,166296	2143,982	244	0	0	0	0	0	0	0	244
6	9,800024	2572,969	244	0	0	0	0	0	0	0	244
7	11,433752	3001,999	244	0	0	0	0	0	0	0	244
8	13,067480	3431,077	244	0	0	0	0	0	0	0	244
9	14,701208	3860,207	244	0	0	0	0	0	0	0	244
10	16,334936	4289,392	244	0	0	0	0	0	0	0	244
11	17,968664	4718,635	244	0	0	0	0	0	0	0	244
12	19,602392	5147,939	244	0	0	0	0	0	0	0	244
13	21,236120	5577,306	244	0	0	0	0	0	0	0	244
14	22,869848	6006,738	244	0	0	0	0	0	0	0	244
15	23,697303	6224,221	243	1	0	0	0	0	0	0	244
16	25,603772	6672,491	230	14	0	0	0	0	0	0	244
17	27,784872	6975,257	217	27	0	0	0	0	0	0	244
18	29,710428	7152,957	209	35	0	0	0	0	0	0	244
19	31,670561	7283,649	196	48	0	0	0	0	0	0	244
20	33,929771	7371,684	194	50	0	0	0	0	0	0	244
21	35,563499	7433,065	194	50	0	0	0	0	0	0	244
22	37,197227	7494,452	194	50	0	0	0	0	0	0	244
23	39,997550	7595,240	190	54	0	0	0	0	0	0	244
24	43,052295	7698,427	185	49	10	0	0	0	0	0	244
25	45,517029	7769,998	184	49	11	0	0	0	0	0	244
26	47,150757	7816,510	184	40	20	0	0	0	0	0	244
27	48,784485	7863,258	184	31	29	0	0	0	0	0	244
28	50,418213	7909,780	184	30	30	0	0	0	0	0	244
29	52,051941	7956,538	184	30	30	0	0	0	0	0	244
30	53,685669	8003,186	184	30	30	0	0	0	0	0	244
31	55,319397	8049,838	184	30	30	0	0	0	0	0	244
32	56,953125	8096,496	181	29	34	0	0	0	0	0	244
33	59,534315	8166,321	180	23	41	0	0	0	0	0	244
34	61,168043	8210,173	177	22	45	0	0	0	0	0	244
35	62,801771	8251,716	177	17	46	4	0	0	0	0	244
36	65,738175	8320,933	174	20	40	10	0	0	0	0	244

37	67,371903	8357,032	174	20	40	10	0	0	0	0	244
38	69,005631	8393,136	174	20	39	11	0	0	0	0	244
39	70,639359	8429,244	174	20	36	14	0	0	0	0	244
40	72,273087	8465,356	174	20	26	24	0	0	0	0	244
41	75,291763	8522,165	170	24	20	30	0	0	0	0	244
42	76,108627	8546,881	169	25	20	30	0	0	0	0	244
43	76,721275	8559,735	169	25	20	30	0	0	0	0	244
44	76,823383	8561,100	169	25	20	30	0	0	0	0	244
45	76,874437	8562,886	169	25	20	30	0	0	0	0	244
46	76,925491	8563,628	169	25	20	30	0	0	0	0	244
47	76,925491	8563,628	169	25	20	30	0	0	0	0	244

TABLE: Pushover Curve - Push-427 °C											
Step	Displacement	BaseForce	AtoB	BtoO	IOtoLS	LStoCP	CPtoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
	cm	KN									
0	-0,00205	0	244	0	0	0	0	0	0	0	244
1	1,631677	491,637	244	0	0	0	0	0	0	0	244
2	3,265405	983,863	244	0	0	0	0	0	0	0	244
3	4,899133	1476,057	244	0	0	0	0	0	0	0	244
4	6,532861	1968,284	244	0	0	0	0	0	0	0	244
5	8,166589	2460,549	244	0	0	0	0	0	0	0	244
6	9,800317	2952,857	244	0	0	0	0	0	0	0	244
7	11,43405	3445,214	244	0	0	0	0	0	0	0	244
8	13,06777	3937,625	244	0	0	0	0	0	0	0	244
9	14,7015	4430,093	244	0	0	0	0	0	0	0	244
10	16,33523	4922,624	244	0	0	0	0	0	0	0	244
11	17,96896	5415,22	244	0	0	0	0	0	0	0	244
12	19,60269	5907,886	244	0	0	0	0	0	0	0	244
13	21,23641	6400,623	244	0	0	0	0	0	0	0	244
14	22,87014	6893,434	244	0	0	0	0	0	0	0	244
15	24,50387	7386,321	244	0	0	0	0	0	0	0	244
16	25,41074	7659,906	243	1	0	0	0	0	0	0	244
17	27,24603	8152,531	230	14	0	0	0	0	0	0	244
18	29,53384	8523,633	217	27	0	0	0	0	0	0	244
19	31,19523	8706,857	212	32	0	0	0	0	0	0	244
20	33,08996	8875,433	198	46	0	0	0	0	0	0	244
21	36,00377	9019,134	194	50	0	0	0	0	0	0	244
22	37,6375	9092,592	194	50	0	0	0	0	0	0	244
23	39,27122	9166,057	194	50	0	0	0	0	0	0	244
24	40,90495	9239,529	191	53	0	0	0	0	0	0	244
25	43,24242	9337,99	187	57	0	0	0	0	0	0	244
26	44,87615	9402,39	187	53	4	0	0	0	0	0	244
27	47,30892	9490,244	184	50	10	0	0	0	0	0	244

28	48,94265	9546,474	184	46	14	0	0	0	0	0	244
29	50,57637	9602,708	184	38	22	0	0	0	0	0	244
30	52,2101	9658,949	184	31	29	0	0	0	0	0	244
31	53,84383	9715,196	184	30	30	0	0	0	0	0	244
32	55,47756	9771,449	184	30	30	0	0	0	0	0	244
33	57,11129	9827,709	184	30	30	0	0	0	0	0	244
34	58,74501	9883,975	184	30	30	0	0	0	0	0	244
35	60,37874	9940,247	181	29	34	0	0	0	0	0	244
36	63,00857	10026,15	180	24	40	0	0	0	0	0	244
37	66,08408	10123,09	177	18	49	0	0	0	0	0	244
38	68,97644	10205,59	174	20	40	10	0	0	0	0	244
39	70,61017	10249,41	174	20	40	10	0	0	0	0	244
40	72,24389	10293,23	174	20	40	10	0	0	0	0	244
41	73,87762	10337,06	174	20	40	10	0	0	0	0	244
42	75,51135	10380,9	174	20	36	14	0	0	0	0	244
43	77,14508	10424,74	174	20	28	22	0	0	0	0	244
44	78,77881	10468,59	170	24	23	27	0	0	0	0	244
45	80,41253	10501,16	170	24	20	30	0	0	0	0	244
46	81,2294	10535,6	170	24	20	30	0	0	0	0	244

TABLE: Pushover Curve - Push-316 °C											
Step	Displacement	BaseForce	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CPtoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
	cm	KN									
0	-0,00182	0	244	0	0	0	0	0	0	0	244
1	1,631905	554,944	244	0	0	0	0	0	0	0	244
2	3,265633	1110,486	244	0	0	0	0	0	0	0	244
3	4,899361	1665,992	244	0	0	0	0	0	0	0	244
4	6,533089	2221,532	244	0	0	0	0	0	0	0	244
5	8,166817	2777,114	244	0	0	0	0	0	0	0	244
6	9,800545	3332,744	244	0	0	0	0	0	0	0	244
7	11,43427	3888,427	244	0	0	0	0	0	0	0	244
8	13,068	4444,17	244	0	0	0	0	0	0	0	244
9	14,70173	4999,977	244	0	0	0	0	0	0	0	244
10	16,33546	5555,853	244	0	0	0	0	0	0	0	244
11	17,96919	6111,803	244	0	0	0	0	0	0	0	244
12	19,60291	6667,829	244	0	0	0	0	0	0	0	244
13	21,23664	7223,935	244	0	0	0	0	0	0	0	244
14	22,87037	7780,125	244	0	0	0	0	0	0	0	244
15	23,9898	8161,23	243	1	0	0	0	0	0	0	244
16	25,68331	8674,153	230	14	0	0	0	0	0	0	244
17	27,80369	9064,312	217	27	0	0	0	0	0	0	244
18	29,93235	9325,947	209	35	0	0	0	0	0	0	244
19	31,7009	9481,075	196	48	0	0	0	0	0	0	244

20	33,96551	9603,766	194	50	0	0	0	0	0	0	244
21	35,59924	9689,289	194	50	0	0	0	0	0	0	244
22	37,23297	9774,818	194	50	0	0	0	0	0	0	244
23	39,17321	9874,778	190	54	0	0	0	0	0	0	244
24	40,80694	9954,332	187	57	0	0	0	0	0	0	244
25	42,44067	10029,47	187	53	4	0	0	0	0	0	244
26	44,548	10117,22	184	50	10	0	0	0	0	0	244
27	46,18173	10183,04	184	46	14	0	0	0	0	0	244
28	47,81545	10248,87	184	37	23	0	0	0	0	0	244
29	49,44918	10314,71	184	30	30	0	0	0	0	0	244
30	51,08291	10380,55	184	30	30	0	0	0	0	0	244
31	52,71664	10446,4	184	30	30	0	0	0	0	0	244
32	54,35037	10512,25	184	30	30	0	0	0	0	0	244
33	55,98409	10578,11	183	30	31	0	0	0	0	0	244
34	58,90976	10691,68	179	25	40	0	0	0	0	0	244
35	62,0403	10806,76	177	19	48	0	0	0	0	0	244
36	64,44616	10886,09	174	20	42	8	0	0	0	0	244
37	66,07989	10937,62	174	20	40	10	0	0	0	0	244
38	67,71362	10989,15	174	20	40	10	0	0	0	0	244
39	69,34735	11040,68	174	20	40	10	0	0	0	0	244
40	70,98108	11092,23	174	20	36	14	0	0	0	0	244
41	72,6148	11143,77	174	20	30	20	0	0	0	0	244
42	74,24853	11195,33	170	24	23	27	0	0	0	0	244
43	75,88226	11234,24	170	24	20	30	0	0	0	0	244
44	76,69912	11270,11	170	24	20	30	0	0	0	0	244

TABLE: Pushover Curve - Push-204 °C											
Step	Displacement	BaseForce	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CPtoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
	cm	KN									
0	-0,00171	0	244	0	0	0	0	0	0	0	244
1	1,632019	592,927	244	0	0	0	0	0	0	0	244
2	3,265747	1186,46	244	0	0	0	0	0	0	0	244
3	4,899475	1779,952	244	0	0	0	0	0	0	0	244
4	6,533203	2373,481	244	0	0	0	0	0	0	0	244
5	8,166931	2967,053	244	0	0	0	0	0	0	0	244
6	9,800659	3560,676	244	0	0	0	0	0	0	0	244
7	11,43439	4154,355	244	0	0	0	0	0	0	0	244
8	13,06812	4748,097	244	0	0	0	0	0	0	0	244
9	14,70184	5341,907	244	0	0	0	0	0	0	0	244
10	16,33557	5935,79	244	0	0	0	0	0	0	0	244
11	17,9693	6529,751	244	0	0	0	0	0	0	0	244
12	19,60303	7123,793	244	0	0	0	0	0	0	0	244

13	21,23676	7717,921	244	0	0	0	0	0	0	0	244
14	22,7611	8272,338	243	1	0	0	0	0	0	0	244
15	24,73838	8886,149	225	19	0	0	0	0	0	0	244
16	26,61569	9227,327	216	28	0	0	0	0	0	0	244
17	28,36079	9451,823	209	35	0	0	0	0	0	0	244
18	30,05769	9611,778	196	48	0	0	0	0	0	0	244
19	32,24928	9740,147	194	50	0	0	0	0	0	0	244
20	33,88301	9832,92	194	50	0	0	0	0	0	0	244
21	35,51674	9925,7	194	50	0	0	0	0	0	0	244
22	38,59893	10092,98	187	57	0	0	0	0	0	0	244
23	40,23266	10174,57	185	55	4	0	0	0	0	0	244
24	42,49428	10275,01	184	50	10	0	0	0	0	0	244
25	44,128	10346,59	184	46	14	0	0	0	0	0	244
26	45,76173	10418,18	184	36	24	0	0	0	0	0	244
27	47,39546	10489,77	184	30	30	0	0	0	0	0	244
28	49,02919	10561,37	184	30	30	0	0	0	0	0	244
29	50,66292	10632,98	184	30	30	0	0	0	0	0	244
30	52,29664	10704,6	184	30	30	0	0	0	0	0	244
31	55,4541	10838,83	179	25	40	0	0	0	0	0	244
32	58,39802	10956,4	177	22	45	0	0	0	0	0	244
33	60,78234	11041,95	174	20	46	4	0	0	0	0	244
34	62,41607	11098,09	174	20	40	10	0	0	0	0	244
35	64,0498	11154,23	174	20	40	10	0	0	0	0	244
36	65,68353	11210,38	174	20	40	10	0	0	0	0	244
37	67,31726	11266,54	174	20	36	14	0	0	0	0	244
38	68,95098	11322,7	174	20	30	20	0	0	0	0	244
39	72,21078	11421,31	170	24	20	30	0	0	0	0	244
40	73,02764	11458,69	170	20	24	30	0	0	0	0	244

TABLE: Pushover Curve - Push-93 °C											
Step	Displacement	BaseForce	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CPtoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
	cm	KN									
0	-0,00166	0	244	0	0	0	0	0	0	0	244
1	1,63207	611,92	244	0	0	0	0	0	0	0	244
2	3,265798	1224,447	244	0	0	0	0	0	0	0	244
3	4,899526	1836,933	244	0	0	0	0	0	0	0	244
4	6,533254	2449,455	244	0	0	0	0	0	0	0	244
5	8,166982	3062,023	244	0	0	0	0	0	0	0	244
6	9,80071	3674,641	244	0	0	0	0	0	0	0	244
7	11,43444	4287,319	244	0	0	0	0	0	0	0	244
8	13,06817	4900,06	244	0	0	0	0	0	0	0	244
9	14,70189	5512,871	244	0	0	0	0	0	0	0	244
10	16,33562	6125,758	244	0	0	0	0	0	0	0	244

11	17,96935	6738,725	244	0	0	0	0	0	0	0	244
12	19,60308	7351,775	244	0	0	0	0	0	0	0	244
13	21,23681	7964,914	244	0	0	0	0	0	0	0	244
14	22,87053	8578,143	244	0	0	0	0	0	0	0	244
15	23,33078	8750,845	243	1	0	0	0	0	0	0	244
16	25,30877	9386,094	225	19	0	0	0	0	0	0	244
17	26,99179	9711,114	217	27	0	0	0	0	0	0	244
18	29,05441	9993,49	209	35	0	0	0	0	0	0	244
19	30,7246	10155,51	196	48	0	0	0	0	0	0	244
20	32,98213	10293,26	194	50	0	0	0	0	0	0	244
21	34,61585	10389,68	194	50	0	0	0	0	0	0	244
22	36,24958	10486,1	194	50	0	0	0	0	0	0	244
23	38,00538	10587,72	190	54	0	0	0	0	0	0	244
24	41,03893	10749,45	187	53	4	0	0	0	0	0	244
25	43,10829	10846,71	184	50	10	0	0	0	0	0	244
26	44,74202	10921,19	184	49	11	0	0	0	0	0	244
27	46,37575	10995,68	184	39	21	0	0	0	0	0	244
28	48,00948	11070,18	184	30	30	0	0	0	0	0	244
29	49,6432	11144,69	184	30	30	0	0	0	0	0	244
30	51,27693	11219,2	184	30	30	0	0	0	0	0	244
31	52,91066	11293,72	184	30	30	0	0	0	0	0	244
32	54,54439	11368,24	182	31	31	0	0	0	0	0	244
33	57,10532	11479,85	179	25	40	0	0	0	0	0	244
34	59,62103	11584,02	177	22	45	0	0	0	0	0	244
35	62,03927	11674,51	174	20	46	4	0	0	0	0	244
36	63,673	11732,98	174	20	40	10	0	0	0	0	244
37	65,30673	11791,47	174	20	40	10	0	0	0	0	244
38	66,94046	11849,96	174	20	40	10	0	0	0	0	244
39	68,57419	11908,45	174	20	38	12	0	0	0	0	244
40	70,20791	11966,95	174	20	32	18	0	0	0	0	244
41	71,84164	12025,46	170	24	26	24	0	0	0	0	244
42	73,47537	12070,1	170	24	20	30	0	0	0	0	244
43	73,47546	12070,1	170	24	20	30	0	0	0	0	244
44	73,4755	12070,1	170	24	20	30	0	0	0	0	244
45	73,47552	12070,11	170	24	20	30	0	0	0	0	244
46	73,47553	12070,11	170	24	20	30	0	0	0	0	244
47	73,47554	12070,11	170	24	20	30	0	0	0	0	244
48	73,47554	12070,11	170	24	20	30	0	0	0	0	244
49	73,47554	12070,11	170	24	20	30	0	0	0	0	244
50	73,47554	12070,11	170	24	20	30	0	0	0	0	244
51	73,47555	12070,11	170	24	20	30	0	0	0	0	244
52	73,47555	12070,11	170	24	20	30	0	0	0	0	244
53	73,47555	12070,11	170	24	20	30	0	0	0	0	244
54	73,47555	12070,11	170	24	20	30	0	0	0	0	244
55	73,47555	12070,11	170	24	20	30	0	0	0	0	244

56	73,47555	12070,11	170	24	20	30	0	0	0	0	244
57	73,47555	12070,11	170	24	20	30	0	0	0	0	244
58	73,47555	12070,11	170	24	20	30	0	0	0	0	244
59	73,47555	12070,11	170	24	20	30	0	0	0	0	244
60	73,47555	12070,11	170	24	20	30	0	0	0	0	244
61	73,47555	12070,11	170	24	20	30	0	0	0	0	244
62	73,47555	12070,11	170	24	20	30	0	0	0	0	244
63	73,47555	12070,11	170	24	20	30	0	0	0	0	244
64	73,47555	12070,11	170	24	20	30	0	0	0	0	244
65	73,47555	12070,11	170	24	20	30	0	0	0	0	244
66	73,47555	12070,11	170	24	20	30	0	0	0	0	244
67	73,47555	12070,11	170	24	20	30	0	0	0	0	244
68	73,47555	12070,11	170	24	20	30	0	0	0	0	244
69	73,47555	12070,11	170	24	20	30	0	0	0	0	244
70	73,47555	12070,11	170	24	20	30	0	0	0	0	244
71	73,47555	12070,11	170	24	20	30	0	0	0	0	244
72	73,47555	12070,11	170	24	20	30	0	0	0	0	244
73	73,47555	12070,11	170	24	20	30	0	0	0	0	244
74	73,47555	12070,11	170	24	20	30	0	0	0	0	244
75	73,47555	12070,11	170	24	20	30	0	0	0	0	244