

**STANDART YANGINA MARUZ FARKLI
KESİTLERDEKİ AHŞAP KOLONLARIN
YANGIN DAYANIMININ DENEYSEL VE
TEORİK-NÜMERİK SAPTANMASI**

Erbil ÖZÜM

**Yüksek Lisans Tezi
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Ataman HAKSEVER**

T.C.
NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**STANDART YANGINA MARUZ FARKLI KESİTLERDEKİ
AHŞAP KOLONLARININ YANGIN DAYANIMININ
DENEYSEL VE TEORİK-NÜMERİK SAPTANMASI**

Erbil ÖZÜM

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: PROF. DR. ATAMAN HAKSEVER

TEKİRDAĞ-2008

Her hakkı saklıdır

Prof. Dr. Ataman HAKSEVER danışmanlığında, İnşaat Mühendisi Erbil ÖZÜM tarafından hazırlanan bu çalışma 10/09/2008 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından. İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak oyçokluğu / oybirliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı: Prof. Dr. Ataman HAKSEVER

İmza:

Üye: Prof. Dr. Ahmet CİHAN

İmza:

Üye: Yrd. Doç. Dr. Güler Akgün GAYGUSUZUOĞLU

İmza:

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Orhan DAĞLIOĞLU
Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

STANDART YANGINA MARUZ FARKLI KESİTLERDEKİ AĞŞAP KOLONLARIN YANGIN DAYANIMININ DENEYSEL VE TEORİK-NÜMERİK SAPTANMASI

Erbil ÖZÜM

Namık Kemal Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ataman HAKSEVER

Bu çalışmada, standart yangın etkisine maruz farklı kesit geometrilerindeki ahşap kolonların yangın dayanımının belirlenmesi için bilgisayar programlarının geliştirilmesi amaçlanmıştır. Gerçekleştirilen teorik çalışmalar deneysel çalışmalarla desteklenmiştir. Yangın etkisine maruz artı kesit geometrisindeki ahşap kolonlardaki kömürleşmenin, kesitin tüm yüzeylerinde eş bir şekilde oluşup oluşmadığı belirlenmiştir. Bu etki geliştirilen bilgisayar programına dahil edilmiştir. Uygulamadaki mühendisler tarafından, yangın etkisine maruz ahşap kolonların yangın dayanımlarının kolayca belirlenebilmesi için taşıma gücü diyagramları hazırlanmıştır. Hazırlanan taşıma gücü diyagramlarının dışında, farklı kesit geometrisindeki ahşap kolonların yangın dayanımlarının hesaplanması için basitleştirilmiş yangın dayanım formülleri de oluşturulmuştur.

Dikdörtgen kesitli ahşap kolonların yangın dayanımının belirlenmesi için yapay sinir ağları uygulanmıştır. Uygulanan yapay zekâ yöntemi ve geliştirilen bilgisayar programı ile elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma nihayetinde kabul edilebilir sonuçlara ulaşılmıştır. Konu ile ilgili ileriye dönük yapılabilecek çalışmalar sonuç ve öneriler bölümünde açıklanmıştır.

Anahtar kelimeler: Yangın, standart yangın, yangın mühendisliği, ahşap kolon

2008 , 135 sayfa

ABSTRACT

MSc. Thesis

EXPERIMENTAL AND THEORETICAL-NUMERICAL DETERMINATION OF FIRE RESISTANCE OF DIFFERENT SECTION WOODEN COLUMNS WHICH EXPOSED TO STANDARD FIRE

Erbil ÖZÜM

Namik Kemal University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Main Science Division of Civil Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Ataman HAKSEVER

In the master's thesis, construction of computer based programs, in order to determine the fire resistance of wooden columns that are exposed to standard fire effect, were studied. Theoretical findings were all supported by experimental studies. Whether, the carbonization of plus section geometry wooden columns which were expose to fire, occurred homogenously within the entire section of wooden columns or not was determined. The computer program was developed considering determined effect of fire expose. Diagrams of load bearing capacity were made to determine fire resistance of wooden columns so that engineers in applications could easily make use of it. Beside bearing capacity diagrams, simplified fire resistance formulations were also created for any section geometry of wooden columns in order to make it more functional in applications.

Artificial neural networks were applied for determination of fire resistance of rectangular section wooden columns. Acceptable outcomes were achieved depending on comparison between developed computer program and artificial neural networks applications. Possible future studies were discussed in results and recommendations chapter of master thesis.

Keywords: Fire, standard fire, fire engineering, wooden column

2008 , 135 pages

TEŞEKKÜR

Gerçekleştirilen alışmanın tüm aşamalarında her türlü deşteği sağlayan, özellikle temini ok zor olan dokümanları temin etmemi sağlayan danışman hocam Prof. Dr. Ataman HAKSEVER'e teőekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca çalışmanın deneysel kısmının gerçekleştirilmesinde büyük emeği geçen Teknisyen Sadettin ALTAMAY'a ve Almanca dokümanların Türkçe'ye evrisinde yardımcı olan İnşaat Mühendisi Ebru akır ile hayatım boyunca bana her türlü konuda destek olan sevgili aileme sonsuz teşekkür ve Őükranlarımı sunuyorum.

Erbil ÖZÜM
İnşaat Mühendisi

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xv
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Anlam ve Önemi	2
1.2. Kaynak Özetleri.....	7
2. KURAMSAL TEMELLER	17
2.1. ISO 834 Yangın Etkisi	17
2.2. Kolon Kesitindeki Ortalama Sıcaklıkların Saptanması.....	20
2.3. Ahşabın Kimyasal Özellikleri	23
2.4. Sıcaklığa Bağlı Malzeme Özellikleri	23
2.4.1. Ahşap Malzemenin Elastisite Modülünün Sıcaklığa Bağlı Değişimi	23
2.4.2. Ahşap Malzemenin Elastisite Modülünün Nem ve Sıcaklığa Bağlı Değişimi.....	24
2.5. Ahşap Yapı Elemanlarının Yangın Dayanımı.....	25
2.5.1. Ahşap Kolonların Yangın Dayanımının Hesaplanması	25
2.5.2. Ahşap Kirişlerin Yangın Dayanımı.....	30
3. MATERYAL VE YÖNTEM	32
3.1. Deney Düzeneği	32
3.1.1. Yangın Odasının Hazırlanması	32
3.1.2. Numunelerin Hazırlanması.....	37
3.2. Deneyin Gerçekleştirilmesi	38
3.3. Deney Sonuçlarının Belirlenmesi.....	45

4.	ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	57
4.1.	Geliştirilmiş Bilgisayar Programının Tanıtımı.....	57
4.1.1.	Kullanılan Programlama Dillerinin Genel Özellikleri:.....	57
4.1.2.	Ana ve Alt Programların Tanımlanması:.....	62
4.2.	Kolon Atalet Momentinin Göz Önüne Alınması.....	66
4.3.	Ahşap Kolonun Yangın Dayanımının Burkulma Boyuna Bağlı Değişimi.....	73
4.4.	Kolon Mesnet Şartlarına Bağlı Yangın Dayanımı.....	78
4.5.	Pratikte Rastlanan Kesitlere Ait Taşıma Gücü Diyagramları.....	82
4.6.	Basitleştirilmiş Yangın Dayanım Formülleri.....	100
4.7.	Dikdörtgen Kesitli Ahşap Kolonların Yangın Dayanımının Yapay Sinir Ağları İle Bulunması.....	123
5.	SONUÇ ve ÖNERİLER	129
6.	KAYNAKLAR	132
	ÖZGEÇMİŞ.....	135

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

1. SİMGELER

$^{\circ}C$	Santigrat Derece
$^{\circ}K$	Kelvin
%	Yüzde
cm	Santimetre
mm	Milimetre
m	Metre
cm^2	Santimetrekaire
mm^2	Milimetrekaire
N / mm^2	Newton/milimetrekaire
gr	Gram
s	Saniye
dak	Dakika
A_F	Yangın odası pencere alanı
A_W	Yangın odası duvar alanı
b_{10}, d_{10}	Dikdörtgen kolonun genişlik ve derinliği
b_{11}, d_{11}	Parçalı kesiti oluşturan parçaların sistemin merkezine olan mesafeleri
b_{kol}, h_{kol}	Artı kesit genişlik ve yüksekliği
e	Dışmerkezlik
E	Ahşap malzeme elastisite modülü
E_0	Ahşap malzeme başlangıç elastisite modülü
E_c	Ahşap malzeme basınç elastisite modülü
E_b	Ahşap malzeme eğilme elastisite modülü
E_t	Ahşap malzeme çekme elastisite modülü
F	Kolon kesit alanı
i_x, i_y	Kolon x ve y yönü atalet yarıçapları
J_x, J_y	Kolon x ve y yönü atalet momentleri
n	Kolonun hesap doğrultusundaki yangından etkilenen yüzey sayısı

P	Normal kuvvet
r	Kolon yarıçapı
S_{kx}, S_{ky}	Kolon x ve y yönü burkulma boyları
t	Zaman
t_f	Yangın dayanımı
T	Sıcaklık
u_1, w_1	Kolon x ve y yönü kömürleşme hızları
u_{11}, w_{11}	Artı kesitli kolon iç köşe x ve y yönü kömürleşme hızları
U	Ahşap malzeme nem ihtiva oranı
W_x, W_y	Kolon x ve y yönü mukavemet momentleri
σ	Gerilme
σ_d	Başlangıç gerilmesi
σ_g	Servis gerilmesi
σ_{kr}	Kritik gerilme
ρ	Vantilasyon oranı
λ	Isı iletim katsayısı
λ_x, λ_y	Kolon x ve y yönü narinlikleri
ω_x, ω_y	Kolon x ve y yönü burkulma katsayıları
ρ_x, ρ_y	Parçalı kesit parça-sistem boyutları oran katsayıları
ω_2	Dikdörtgen kesitli parçalı kolon etkin atalet momenti hesap katsayısı
ω_3	Dairesel kesitli parçalı kolon etkin atalet momenti hesap katsayısı
Δu	Kısalma
Δl	Yanal deplasman

2. KISALTMALAR

BAM	Bundesanstalt für Materialprüfung
DIN	Deutsches Institut für Normung
ETK	Norm Yangın Eğrisi
iBMB	Institut für Baustoffkunde, Materialprüfung und Brandschutz
ISO	International Organization for Standardization

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Özel kesitli hazırlanmış ahşap yapı elemanı	2
Şekil 1.2. İstanbul ili için çıkan yangın sayısının ve bu yangınlardaki can kayıplarının göre değişimi.....	3
Şekil 1.3. Almanya'daki yangınların yol açtığı zararların yıllara göre dağılımı.....	3
Şekil 1.4. Termo elemanların numuneler içindeki kesit ve görünüşü.....	11
Şekil 1.5. Birinci numune içerisindeki termo elemanlardaki sıcaklık değişimi.....	12
Şekil 1.6. Farklı kenar oranlarındaki ahşap kolonların yangın direncinin kenar oranına göre değişimi	13
Şekil 1.7. Deney ve hesap sonuçlarının karşılaştırılması	15
Şekil 1.8. Yangın süresince deney numunesinde oluşan deformasyonlar.....	16
Şekil 1.9. Ahşap deney numunesinin yangın sırasındaki göçme durumu	16
Şekil 2.1. ISO-834'de tariflenen standart yangın eğrisi.....	18
Şekil 2.2. Yangın dayanımının belirlenmesi için hazırlanan deney düzeneği.....	19
Şekil 2.3. Tabii yangın fazlarının yangın gazı sıcaklığına ve zamana bağlı gelişimi	20
Şekil 2.4. Yangın etkisine maruz ahşap yapı elemanı kesitindeki farklı sıcaklık bölgeleri ..	21
Şekil 2.5. Ahşap kolonun kömürleşmemiş kısmındaki sıcaklığın kesit alanına göre değişimi.....	22
Şekil 2.6. Ahşabın elastisite basınç ve eğilme elastisite modül oranının sıcaklığa göre değişimi.....	24
Şekil 2.7. Budaksız düzgün ladin için eğilme ve basınç elastisite sabitinin, nem ve sıcaklığın fonksiyonu olarak değişim grafiği.....	25
Şekil 2.8. Yanmış etkisine maruz kalmış ahşap eleman görünüşü.....	26
Şekil 2.9. Dört kenarından yangın etkisine maruz kalmış ahşap kolon kesiti.....	26

Şekil 2.10. Yangın etkisine maruz basınç kuvveti etkisindeki 400x400mm kesitli ahşap kolonda göçme anına kadar olan $\sigma_{kr} - \sigma$ değişimi.....	30
Şekil 2.11. Üç yüzeyinden yangın etkisine maruz ahşap kirişlerin taşıma gücü diyagramları.....	31
Şekil 2.12. Dört yüzeyinden yangın etkisine maruz ahşap kirişlerin taşıma gücü diyagramları.....	21
Şekil 3.1. Yangın etkisine maruz artı kesitli ahşap kolonda eş olmayan kömürleşmenin meydana geleceği yüzeyler.....	32
Şekil 3.2. Tasarlanan yangın odasının bilgisayar ortamındaki üç boyutlu görünüşü.....	33
Şekil 3.3. Tavan malzemesi olarak kullanılan saç levhalar.....	34
Şekil 3.4. Yangın odasından atık gaz çıkışını sağlamak için saç levha üzerine açılan delikler.....	35
Şekil 3.5. Hazırlanan yangın odasının ön görünüşü.....	36
Şekil 3.6. Hazırlanan yangın odasının üst görünüşü.....	36
Şekil 3.7. Artı kesitli ahşap numunenin hazırlanması.....	37
Şekil 3.8. Hazırlanan artı kesitli ahşap numunenin preslenmesi işlemi.....	38
Şekil 3.9. Birinci deney numunesinin yangın odası içerisine yerleştirilmesi.....	39
Şekil 3.10. Birinci deney numunesinin yangın etkisinin 13. dakikasındaki durumu.....	40
Şekil 3.11. Birinci deney numunesinin yangın etkisinin 18. dakikasındaki durumu.....	40
Şekil 3.12. Birinci deney numunesinin deney sonrasındaki görünüşü.....	41
Şekil 3.13. İkinci deney numunesinin yangın odası içerisindeki yerleşimi.....	42
Şekil 3.14. İkinci deney numunesinin yangın etkisinin 2. dakikasındaki durumu.....	42
Şekil 3.15. İkinci deney numunesinin yangın etkisinin 16. dakikasındaki durumu.....	43
Şekil 3.16. İkinci deney numunesinin deney sonundaki görünüşü.....	43
Şekil 3.17. Üçüncü deney numunesinin yangın odası içerisindeki yerleşimi.....	44

Şekil 3.18. Üçüncü deney numunesinin yangın etkisinin 3. dakikasındaki durumu.....	44
Şekil 3.19. Üçüncü deney numunesinin yangın etkisinin 20. dakikasındaki durumu.....	45
Şekil 3.20. Hazırlanan deney numunesinin kesitinde referans noktalarının gösterilmesi.....	46
Şekil 3.21. Kesitleri alınarak numaralandırılan deney numunelerinin görünüşü.....	46
Şekil 3.22. Yangın etkisine maruz kalmış 1A deney numunesinin kesiti.....	48
Şekil 3.23. Yangın etkisine maruz kalmış 1B deney numunesinin kesiti.....	48
Şekil 3.24. Yangın etkisine maruz kalmış 2A deney numunesinin kesiti.....	51
Şekil 3.25. Yangın etkisine maruz kalmış 2B deney numunesinin kesiti.....	51
Şekil 3.26. Yangın etkisine maruz kalmış 3A deney numunesinin kesiti.....	54
Şekil 3.27. Yangın etkisine maruz kalmış 3b deney numunesinin kesiti.....	54
Şekil 4.1. Microsoft Developer Studio derleyicisi kullanıcı ara yüzü.....	59
Şekil 4.2. Matlab programı açılış ekranı.....	60
Şekil 4.3. Matlab programlama dili kullanıcı ara yüzü.....	61
Şekil 4.4. Pholz programı Matlab hiyerarşik yapısı.....	62
Şekil.4.5. Pholz programı genel akış diyagramı.....	65
Şekil 4.6. $t_f = 9 \times 10^4 \text{ mm}^2$ kesit alanına sahip dikdörtgen kesitli ahşap kolonun Çizelge 4.1'e göre farklı eksenlerdeki yangın dayanımının kısa kenara bağlı değişimi.....	67
Şekil 4.7. $t_f = 9 \times 10^4 \text{ mm}^2$ kesit alanına sahip sandık kesitli ahşap kolonun Çizelge 4.2'ye göre farklı eksenlerdeki yangın dayanımının kısa kenara bağlı değişim grafiği.....	69
Şekil 4.8. Parçalı kesitte boyutların gösterilmesi ve parçaların numaralandırılması.....	70
Şekil 4.9. Parçalı kesitte $\omega_{2,xy}$ katsayısının bulunması için belirlenen regresyon eğrisi.....	72
Şekil 4.10. Dikdörtgen kesitli ahşap kolonun yangın dayanımının burkulma boyuna göre değişimi.....	73

Şekil 4.11. Dairesel kesitli ahşap kolonun yangın dayanımının burkulma boyuna göre değişimi.....	75
Şekil 4.12. Altıgen kesitli ahşap kolonun yangın dayanımının burkulma boyuna göre değişimi	75
Şekil 4.13. Sandık kesitli ahşap kolonun yangın dayanımının burkulma boyuna göre değişimi.....	76
Şekil 4.14. Mesnet teşkiline bağlı dikdörtgen kolonun yangın dayanımının değişimi	81
Şekil 4.15. Mesnet teşkiline bağlı dairesel kolonun yangın dayanımının değişimi	81
Şekil 4.16. Servis gerilmesi $5 N / mm^2$ olan dikdörtgen kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı	82
Şekil 4.17. Servis gerilmesi $6 N / mm^2$ olan dikdörtgen kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı	83
Şekil 4.18. Servis gerilmesi $7 N / mm^2$ olan dikdörtgen kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı	83
Şekil 4.19. Servis gerilmesi $8 N / mm^2$ olan dikdörtgen kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı	84
Şekil 4.20. Servis gerilmesi $9 N / mm^2$ olan dikdörtgen kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı	84
Şekil 4.21. Servis gerilmesi $10 N / mm^2$ olan dikdörtgen kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı	85
Şekil 4.22. Servis gerilmesi $5 N / mm^2$ olan sandık kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı ..	85
Şekil 4.23. Servis gerilmesi $6 N / mm^2$ olan sandık kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı ..	86
Şekil 4.24. Servis gerilmesi $7 N / mm^2$ olan sandık kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı ..	86
Şekil 4.25. Servis gerilmesi $8 N / mm^2$ olan sandık kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı ..	87
Şekil 4.26. Servis gerilmesi $9 N / mm^2$ olan sandık kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı ..	87
Şekil 4.27. Servis gerilmesi $10 N / mm^2$ olan sandık kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı ..	88

- Şekil 4.28. Servis gerilmesi $5 N / mm^2$ olan dairesel kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı 88
- Şekil 4.29 Servis gerilmesi $6N / mm^2$ olan dairesel kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı. 89
- Şekil 4.30. Servis gerilmesi $7N / mm^2$ olan dairesel kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı 89
- Şekil 4.31. Servis gerilmesi $8N / mm^2$ olan dairesel kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı 90
- Şekil 4.32. Servis gerilmesi $9N / mm^2$ olan dairesel kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı 90
- Şekil 4.33. Servis gerilmesi $10N / mm^2$ olan dairesel kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı 91
- Şekil 4.34. Servis gerilmesi $5 N / mm^2$ olan altıgen kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı. 91
- Şekil 4.35. Servis gerilmesi $6N / mm^2$ olan altıgen kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı . 92
- Şekil 4.36. Servis gerilmesi $7N / mm^2$ olan altıgen kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı . 92
- Şekil 4.37. Servis gerilmesi $8N / mm^2$ olan altıgen kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı.. 93
- Şekil 4.38. Servis gerilmesi $9N / mm^2$ olan altıgen kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı . 93
- Şekil 4.39. Servis gerilmesi $10N / mm^2$ olan altıgen kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı 94
- Şekil 4.40. Servis gerilmesi $5 N / mm^2$ olan artı kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı 94
- Şekil 4.41. Servis gerilmesi $6N / mm^2$ olan artı kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı..... 95
- Şekil 4.42. Servis gerilmesi $7N / mm^2$ olan artı kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı..... 95
- Şekil 4.43. Servis gerilmesi $8N / mm^2$ olan artı kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı 96
- Şekil 4.44. Servis gerilmesi $9N / mm^2$ olan artı kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı..... 96
- Şekil 4.45. Servis gerilmesi $10N / mm^2$ olan artı kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı..... 97
- Şekil 4.46. Servis gerilmesi $5 N / mm^2$ olan parçalı kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı. 97
- Şekil 4.47. Servis gerilmesi $6N / mm^2$ olan parçalı kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı . 98
- Şekil 4.48. Servis gerilmesi $7N / mm^2$ olan parçalı kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı . 98
- Şekil 4.49. Servis gerilmesi $8N / mm^2$ olan parçalı kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı.. 99
- Şekil 4.50. Servis gerilmesi $9N / mm^2$ olan parçalı kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı . 99

Şekil 4.51. Servis gerilmesi $10N / mm^2$ olan parçalı kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı	100
Şekil 4.52. Farklı kesitlerdeki dikdörtgen kolonların yangın dayanımının burkulma boyuna bağlı değişimi.....	101
Şekil 4.53. Dört farklı dikdörtgen kesit için $y_i(sk)$ ve $t_f(i)$ bağıntılarına göre hesaplanan yangın dayanımlarının karşılaştırılması.....	104
Şekil 4.54. Farklı kesitlerdeki dikdörtgen kolonların yangın dayanımının burkulma boyunun ikinci dereceden fonksiyonuna bağlı değişimi	105
Şekil 4.55. Farklı kesitlerdeki sandık kolonların yangın dayanımının burkulma boyuna bağlı değişimi.....	107
Şekil 4.56. Dört farklı sandık kesitin $y_i(sk)$ ve $t_f(i)$ bağıntılarına göre hesaplanan yangın dayanımlarının karşılaştırılması.....	109
Şekil 4.57. Farklı kesitlerdeki dairesel kolonların yangın dayanımının burkulma boyuna bağlı değişimi.....	110
Şekil 4.58. 4 farklı dairesel kesitin $y_i(sk)$ ve $t_f(i)$ bağıntılarına göre hesaplanan yangın dayanımlarının karşılaştırılması.....	112
Şekil 4.59. Farklı kesitlerdeki altıgen kolonların yangın dayanımının burkulma boyuna bağlı değişimi.....	114
Şekil 4.60. Dört farklı altıgen kesitin $y_i(sk)$ ve $t_f(i)$ bağıntılarına göre hesaplanan yangın dayanımlarının karşılaştırılması.....	116
Şekil 4.61. Farklı kesitlerdeki artı şeklindeki ahşap kolonların yangın dayanımının burkulma boyuna bağlı değişimi.....	117
Şekil 4.62. Dört farklı artı şeklindeki kesitin $y_i(sk)$ ve $t_f(i)$ bağıntılarına göre hesaplanan yangın dayanımlarının karşılaştırılması.....	119
Şekil 4.63. Farklı kesitlerdeki parçalı kolonların yangın dayanımının burkulma boyuna bağlı değişim grafiği	121

Şekil 4.64. Dört farklı parçalı kesitin $y_i(sk)$ ve $t_f(i)$ bağıntılarına göre hesaplanan yangın dayanımlarının karşılaştırılması.....	123
Şekil 4.65. Hazırlanan yapay sinir ağı katman yapısı	125
Şekil 4.66. Hazırlanan yapay sinir ağının performansının değişimi	127

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Güneş Sigorta 2001 Yılı Faaliyet Raporu'na göre sanayi yapılarında çıkan yangınlardan dolayı firmalara ödenen tazminat bedelleri	4
Çizelge 1.2. Güneş Sigorta 2006 Yılı Faaliyet Raporu'na göre bazı sanayi yapılarında çıkan yangınlardan dolayı firmalara ödenen tazminat bedelleri	4
Çizelge 1.3. Deneylerde kullanılan numunelerin geometrik özellikleri ve yangın dayanımları	9
Çizelge 1.4. Birinci deney numunesi içindeki termo eleman yerleşim tablosu	10
Çizelge 1.5. İkinci deney numunesi içindeki termo eleman yerleşim tablosu	10
Çizelge 1.6. Kenar oranının yangın dayanımı üzerindeki etkisini belirlemek için hazırlanan test kümesindeki numunelerin yangın dayanımları	13
Çizelge 1.7. Deney numunelerinin göçme durumunda taşıdıkları normal kuvvet değerleri.....	14
Çizelge 2.1. Yangın etkisine maruz yapı elemanındaki sıcaklık tabakalarının kalınlıkları ..	21
Çizelge 3.1. Birinci deney numunesinin referans noktalarındaki kömürleşme değerleri	47
Çizelge 3.2. Birinci deney numunesinin referans noktalarındaki kömürleşme hızı.....	49
Çizelge 3.3. Birinci deney numunesinin iç köşelerindeki yanma hızının kesitin dış köşelerindeki yanma hızına oranları	49
Çizelge 3.4. İkinci deney numunesinin referans noktalarındaki kömürleşme değerleri	50
Çizelge 3.5. İkinci deney numunesinin referans noktalarındaki kömürleşme hızı	52
Çizelge 3.6. İkinci deney numunesinin iç köşelerindeki yanma hızının kesitin dış köşelerindeki yanma hızına oranları	52
Çizelge 3.7. Üçüncü deney numunesinin referans noktalarındaki kömürleşme değerleri	53
Çizelge 3.8. Üçüncü deney numunesinin referans noktalarındaki kömürleşme hızı	55
Çizelge 3.9. Üçüncü deney numunesinin iç köşelerindeki yanma hızının kesitin dış köşelerindeki yanma hızına oranları	55
Çizelge 3.10. Her bir deney numunesi için ortalama iç/dış köşe yanma hızı oranları	56

Çizelge 4.1. $A = 9 \times 10^4 [mm^2]$ kesit alanına sahip farklı kesit boyutlarındaki dikdörtgen kesitli kolonun yangın dayanım değerleri	67
Çizelge 4.2. $A = 9 \times 10^4 [mm^2]$ kesit alanına sahip farklı kesit boyutlarındaki sandık kesitli kolonun yangın dayanım değerleri	68
Çizelge 4.3. DIN1052'ye göre etkin atalet moment hesap katsayıları	71
Çizelge 4.4. Farklı kesit alanlarına sahip dikdörtgen kesitli kolonların yangın dayanımının burkulma boyuna bağlı değişimi	74
Çizelge 4.5. Farklı kesit alanlarına sahip sandık kesitli kolonların yangın dayanımının burkulma boyuna bağlı değişimi	77
Çizelge 4.6. Mesnetlenme durumuna göre burkulma boyu değerleri	78
Çizelge 4.7. Dikdörtgen kesit için, farklı mesnet teşkilleriindeki yangın dayanım değerleri	79
Çizelge 4.8. Dairesel kesit için, farklı mesnet teşkilleriindeki yangın dayanım değerleri	80
Çizelge 4.9. Dikdörtgen kesit için basitleştirilmiş dayanım formüllerinin elde edilmesinde kullanılan kesitlere ait parametreler	101
Çizelge 4.10. Sandık kesit için basitleştirilmiş dayanım formüllerinin elde edilmesinde kullanılan kesitlere ait parametreler	106
Çizelge 4.11. Dairesel kesit için basitleştirilmiş dayanım formüllerinin elde edilmesinde kullanılan kesitlere ait parametreler	110
Çizelge 4.12. Altıgen kesit için basitleştirilmiş dayanım formüllerinin elde edilmesinde kullanılan kesitlere ait parametreler	113
Çizelge 4.13. Artı kesit için basitleştirilmiş dayanım formüllerinin elde edilmesinde kullanılan kesitlere ait parametreler	117
Çizelge 4.14. Parçalı kesit için basitleştirilmiş dayanım formüllerinin elde edilmesinde kullanılan kesitlere ait parametreler	120
Çizelge 4.15. Yapay Sinir Ağları ile sayısal bilgisayarların karşılaştırılması	124
Çizelge 4.16. Örnek setleri için veri aralıkları	126
Çizelge 4.17. Hazırlanan YSA test veri kümesi	126
Çizelge 4.18. Hazırlan YSA ile hesaplanan sonuçların karşılaştırılması	128

1. GİRİŞ

Günümüzde, gelişen teknolojiye paralel doğrultuda yapı malzemesi bilimi de önemli aşamalar kaydetmiştir. Teknolojideki bu gelişmeler, beraberinde yapıdaki yangın yükünün artmasına neden olmuştur. Yangın yükü ise, belirli bir hacimde yer alan yanıcı maddelerin bir kilogramının yanması halinde açığa çıkan ısının kilokalori cinsinden değerinin o hacmin alanına bölünmesi ile elde edilen değerdir. Yukarıdaki ifadelerle tanımlanan yangın yükünün artması, meydana gelen yangınların sayısını ve bu yangınların sonucundaki maddi ve manevi zararları arttırmıştır.

Yapılardaki yangın kaynaklı hasarların azaltılması için yapılacak çalışmaların başında, ülkemizde yürürlükte olan yangın normlarını uluslararası düzeyde güncelleştirmek, yapıların tasarımında yangını tehlikesini göz önüne alarak bireyleri yangına karşı bilinçlendirmek gelmelidir. Yangın normlarının güncelleştirilmesi, yalnızca yurtdışındaki normların kopyalanması şeklinde değil aynı zamanda yapılacak ulusal çalışmalar ile gerçekleştirilmelidir. Yangınların ülkemiz ekonomisinde neden olduğu iş kaybının ve can kayıplarının toplum üzerinde yarattığı olumsuz etkilerden dolayı yangın da deprem gibi hayatımızın bir parçası olmuştur.

Ahşabın, yapılarda taşıyıcı eleman olarak kullanılmasındaki asıl gelişme 1914-1925 yılları arasında gerçekleşmiştir. I. Dünya Savaşı yılları ve sonrasını takip eden dönemde, özellikle askeri ve sanayi alanındaki çeliğe olan ihtiyacın maksimum seviyede olmasına karşın, çelik rezervlerinin bu ihtiyacı karşılayamaması insanları yapılarda yeni bir taşıyıcı eleman malzemesi kullanma arayışına itmiştir. Bu da ahşabın yapılarda taşıyıcı eleman olarak kullanılmasını sağlamıştır. Bu oluşumun sonucunda, ahşap malzemesi diğer yapı malzemeleriyle yarışır duruma gelmiştir.

Ahşap malzemenin tutkal-yonga kullanılarak birleştirilmesiyle elde edilen ahşap yapı elemanları (lamineli) yapı endüstrisinde bir reform yaratmıştır. Böylelikle istenilen kesit ve uzunlukta ahşap taşıyıcı yapı elemanları üretilebilmektedir. Şekil 1.1'de bu amaçla hazırlanmış olan bir ahşap profile ait resim verilmiştir.

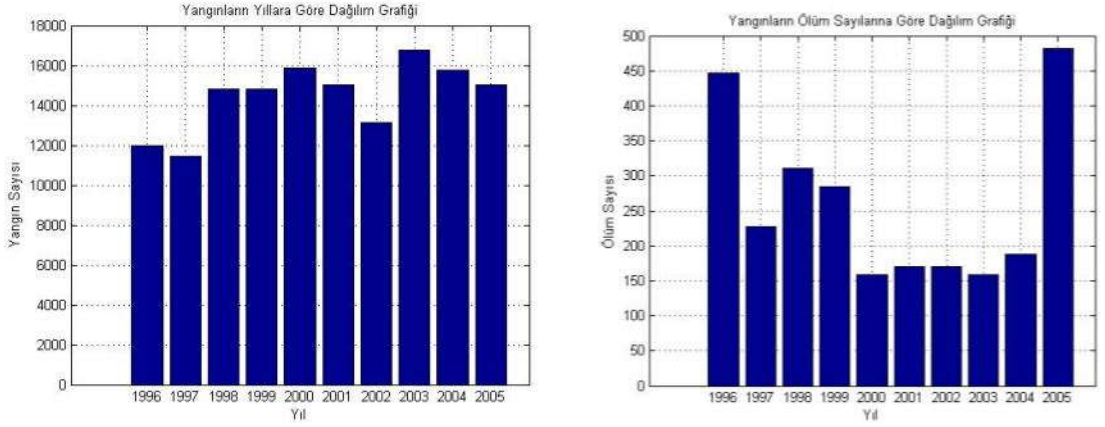


Şekil 1.1. Özel kesitli hazırlanmış ahşap yapı elemanı

Ahşabın yanıcı bir malzeme olması (DIN4102, Teil-4, B1 Malz.), ahşabın olumsuz yanını teşkil etmektedir. Buna karşın ahşabın kömürleşebilen bir formda olması sonucunda yangına maruz yüzeylerde oluşan kömürleşme tabakası yangın etkisinin ahşap kesitin içerisine nüfuzunu zorlaştırarak yangına karşı doğal bir yalıtım tabakası oluşturmaktadır. Çünkü yangın etkimesi altında ahşap yapı elemanının dış yüzünde oluşan kömürleşmiş kabuk, ısıya karşı iyi bir yalıtım özelliğine sahiptir ($\lambda = 0.12 \text{ kCal} / \text{mh}^\circ\text{C}$). Yangın etkimesi sırasında ahşabın kömürleşmiş kabuğunun iç kısmındaki sıcaklıklar $25 - 40^\circ\text{C}$ 'yi aşmamaktadır (Haksever 1982). Bu nedenle, yangın etkisine maruz ahşap yapı elemanları malzeme davranışında herhangi bir değişiklik olmadan sadece kesit küçülmesiyle taşıma güçlerini devam ettirmektedir. Hatta öyle ki, ahşap ve betonarme kolonlar ahşabın bu özelliğinden dolayı eşit süreli yangın dayanımı göstermektedir.

1.1. Çalışmanın Anlam ve Önemi

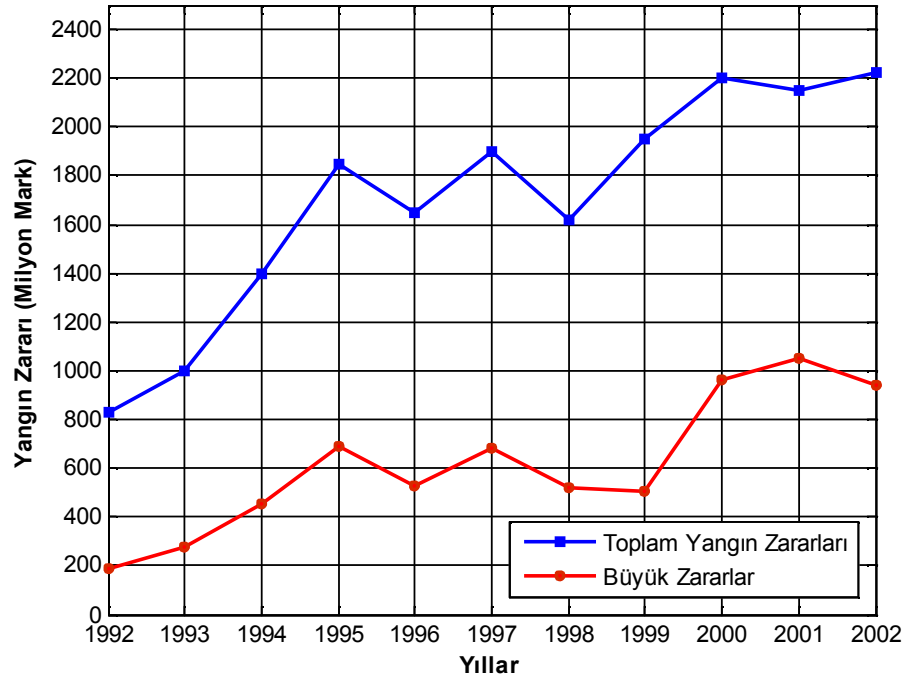
Şekil 1.2'de sol tarafta gösterilen grafikte, İstanbul Büyükşehir Belediyesi Fatih İtfaiye Müdürlüğü'nden alınan verilere göre İstanbul ilinde çıkan yangın sayısının yıllara göre değişimi gösterilmiştir (Anonim 2006a). Grafikten de anlaşılacağı gibi bir yıl içerisinde ortalama 14000 yangının meydana gelmekte ve yangınların sayısı geçmişten günümüze artan bir eğilim göstermektedir. Bu artışın başlıca nedeni, yukarıda da bahsedildiği üzere yapılardaki yangın yükünün teknoloji ve ihtiyaçlara bağlı olarak günden güne artmasıdır.



Şekil 1.2. İstanbul ili için çıkan yangın sayısının bu yangınlardaki can kayıplarına göre değişimi

Şekil 1.2’de sağ tarafta gösterilen grafikte ise bu yıllardaki meydana gelen yangınlardaki can kayıplarının yıllara göre değişimi gösterilmiştir.

Şekil 1.3’de, Almanya’daki yangın kaynaklı toplam zararlar ile büyük yangınlardaki zararların yıllara göre değişimi gösterilmiştir. Şekil 1.3’de gösterilen grafiğe göre yangınlardaki toplam zararların büyük kısmını büyük yangınların meydana getirdiği zararlar oluşturmaktadır. Almanya’da yangına karşı alınan önlemler ile çıkan yangın sayısı azaltılmış; ancak yangınların vereceği zararların büyüklüğü artmıştır.



Şekil 1.3. Almanya’daki yangınların yol açtığı zararların yıllara göre dağılımı

Yangın sayısındaki artış üzerinde, yapılardaki yangın yükünün artmasının yanında; yapıların sadece statik ve mimari kaygılar göz önüne alınarak tasarlanması ve yapılarda yangın tehlikesine karşı yeterli seviyede önlem alınmaması da önemli rol oynamaktadır.

Endüstri yapılarında çıkabilecek yangınlar, tesisin tamamen veya kısmi olarak kapanmasına neden olmaktadır. Çizelge 1.1 ve Çizelge 1.2’de önemli sanayi yapılarında meydana gelen yangınlar sonucunda firmalara Güneş Sigorta tarafından ödenen tazminat bedelleri gösterilmiştir (Anonim 2001, 2006b).

Çizelge 1.1. Güneş Sigorta 2001 Yılı Faaliyet Raporu'na göre sanayi yapılarında çıkan yangınlardan dolayı firmalara ödenen tazminat bedelleri

Firma	Ödenen Tazminat (YTL)
Modern Karton San. ve Tic. A.Ş.	495.000
Türkiye Petrol Rafinerileri A.Ş. (TÜPRAŞ)	773.253
Türkiye Petrol Rafinerileri A.Ş. (TÜPRAŞ)	348.889
Total Oil Türkiye A.Ş.	298.169
Eksay Kim. Mad. Taş. Tic. A.Ş.	223.894

Çizelge 1.2. Güneş Sigorta 2006 Yılı Faaliyet Raporuna göre bazı sanayi yapılarındaki çıkan yangınlardan dolayı firmalara ödenen tazminat bedelleri

Firma	Ödenen Tazminat (YTL)
Metrocity Millenium	557.628
Europa Tekstil San. ve Tic. Ltd. Şti.	462.175
Bey-Dağ Tekstil San. Ve Tic. A.Ş.	331.130
Yıldırım Tavukçuluk	320.000
Tanışlar Yapı Malz. A.Ş.	270.000
Hyundai Assan Otom. San. ve Tic. A.Ş.	236.595
Hızlı Sistem Bilişim San. ve Tic. A.Ş.	214.663
Güneş Tur. Ulus. Nak. Tur. Pet. San. Ltd. Şti.	179.978
İpragaz A.Ş.	323.121
İpragaz A.Ş.	300.000

Tablolarda da görüldüğü üzere sanayi yapılarında meydana gelen yangınların sebep olduğu zararlar, konutlarda çıkan yangının yol açtığı zararlardan çok daha fazla olmaktadır. Bu nedenle endüstri yapılarının yangın dizaynının diğer yapı türlerinden ayrı olarak incelenmesi gerekmektedir.

Bu tezin amacı, yukarıdaki açıklamaların ışığında farklı kesit geometrisindeki ahşap kolonların yangın dayanımının teorik olarak belirlenmesidir. Şimdiye kadar gerek yurt içinde gerekse yurt dışında yapılan araştırmalarda yalnızca dikdörtgen kesitlerin yangın dayanımı incelenmişken, bu çalışmada 6 farklı kesit geometrisindeki ahşap kolonların yangın dayanımı teorik-nümerik olarak incelenecektir (Dorn ve Egner 1961, Haksever ve Meyer-Ottens 1979, Haksever ve Savaş 2005, Majamaa 1991, Ödeen 1970, Tenning 1970,). Bu amaçla kullanılacak kesit geometrileri aşağıda verilmiştir:

1. Dikdörtgen kesit
2. Dairesel kesit
3. Çokgen kesit
4. Sandık kesit
5. Parçalı kesit (4 dikdörtgen kesitten oluşan kolon)
6. Artı şeklindeki kesit

Ahşabın yanma hızı ise gerek ISO 830'da tarif edilen yangında, gerekse çeşitli tabii yangınların etkimesi durumunda birçok araştırmacı tarafından araştırılmıştır Ancak ahşap kesitin geometrik özelliğinin yanma hızına olan etkisi, şimdiye kadar araştırılmamış bir parametredir. Yukarıdaki kesitlerden 1-5 olanlarında yanma hızında kesitin geometrik özellikleri pek etkili olmamaktadır. Bununla beraber bu kesit türlerine ait (2-6) pratikte herhangi bir yangın dayanım abağı bulunmadığından, sözü edilen kesit türleri için de inceleme yapılması ve gerekli abakların hazırlanması amaç edilmiştir.

Artı kesitli ahşap kolonların yangın dayanımının belirlenmesi diğer kesit tiplerine göre farklılık göstermektedir. Bu farklılık, artı kesitli ahşap kolonlarda yangın etkisi altında oluşan kömürleşmenin numunenin yüzeylerinde eş olmayacak bir şekilde oluşmasıdır.

Artı kesitli ahşap kolondaki kömürleşmenin yerel farklılıklar göstermesi, ahşap kolonun içbükey ve dışbükey köşelerinde farklı kömürleşme hızlarının bilgisayar programı tarafından kolonun yangın dayanımının hesaplanmasında göz önüne alınmasını gerektirmektedir. Bu durum ise geliştirilecek bilgisayar programında önemli bir zorluk teşkil etmektedir.

Teorik-nümerik çalışmalar, farklı kesit geometrilerindeki ahşap kolonların yangın dayanımını güvenilir bir biçimde verecek, farklı yazılım ortamlarında ve birbirinden bağımsız olarak geliştirilmiş olan bilgisayar programları ile gerçekleştirilecektir. Geliştirilecek bilgisayar programları ile çeşitli parametrik çalışmalar yapılarak, pratikte çalışan mühendisler için yangın dayanım abakları hazırlanacaktır. Bunun yanında yapılacak regresyon analizleri ile ahşap kolonların, malzeme ve kenar şartlarına bağlı olarak yangın dayanımını güvenli tarafta kabul edilebilir limitler aralığında veren basitleştirilmiş yangın dayanım formülleri bulunacaktır.

Parçalı kesit geometrisindeki ahşap kolonların yangın dayanımının hesabında ise yine şimdiye kadar hiçbir hesap programında ve yönteminde göz önüne alınmamış olan etkin atalet momenti prensibi DIN 1052'ye göre uygulanacaktır.

Gerçekleştirilen çalışmada, dikdörtgen kesitli ahşap kolonların yangın dayanımı yapay zekâ kullanılarak belirlenecek ve bu konu ile ilgili ileriye dönük yapılabilecek çalışmalar da açıklanacaktır.

Beş ana bölümden oluşan çalışmanın, birinci bölümünde çalışmanın önemi ve amacı hakkında bilgi ve literatürde konuyla ilgili gerçekleştirilmiş çalışma örnekleri verilmiştir. İkinci bölümde gerçekleştirilecek çalışmayla ilgili kuramsal temeller, üçüncü bölümde ise artı kesitli ahşap kolonlardaki eş olmayan kömürleşme etkisinin belirlenmesi için gerçekleştirilen deneysel çalışma hakkında bilgi verilmiştir. Çalışmanın dördüncü bölümünde geliştirilen bilgisayar programının tanıtımı yapılarak, gerçekleştirilen parametrik çalışmalar açıklanmıştır. Dördüncü bölümde ayrıca, dikdörtgen kesitli ahşap kolonların yangın dayanımının yapay sinir ağları kullanılarak belirlenmesi ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Son bölümde ise, çalışmadan elde edilen sonuçlar değerlendirilerek ileride yapılabilecek diğer çalışmalar hakkında öneriler verilmiştir.

1.2. Kaynak Özetleri

Bechtold ve ark. (1977), Braunschweig Teknik Üniversitesi'ne bağlı Yapı Malzemeleri ve Yangın Araştırma Enstitüsü'nün, Almanya'daki Lehrte şehrinde gerçek şartlar altında bir ikametgâh binasını kullanarak yapmış oldukları yangın deneyler sonucunda, tabii yangınlar için ön tahminler yapılmasının son derece güç olduğunu açıkça ortaya koymuşlardır.

Budak ve Can (2005), yapmış oldukları çalışmada betonarme kolon kesitlerinin hesabı için yapay zekânın alt bilimi olan yapay sinir ağlarını başarıyla uygulamışlardır. Yapmış oldukları çalışmada yapay sinir ağlarının inşaat mühendisliğine başarıyla uygulanmış diğer uygulamalarını da belirtmişlerdir.

Fredlund (1988), tarafından yangın etkisine maruz ahşap kirişlerin köşelerindeki yuvarlanma etkisinin belirlenmesi için deneysel ve teorik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen çalışmalar sonucunda, yangın etkisine maruz ahşap kirişlerin köşelerinde oluşan yuvarlanma etkisinin göçme durumunu hızlandırıcı rol oynadığını belirlemiştir. Aynı zamanda, yangın etkisine maruz ahşap kirişlerde oluşan köşe yuvarlanma etkisinin kiriş kesitinin derinlik/genişlik oranına bağlı olduğunu ve ahşap kiriş kesitinin düşük derinlik/genişlik oranında bu etkinin daha da arttığını belirlemiştir.

Haksever ve Meyer-Ottens (1979), gerçekleştirdikleri çalışmada yangın etkisindeki ahşap kolondaki kırılma anının tarifini yapmışlardır. Yapılan çalışmaya göre ahşap kolonun kırılma anının belirlenmesi için kesitteki kritik gerilmenin bilinmesi gereklidir. Ahşap kolon kesitindeki kritik gerilmenin ise ahşabın iç sıcaklığına göre azalma gösterdiği belirtilmiştir. Azalan bu kritik gerilmenin kömürleşmeden dolayı kesitte artan gerilmeye eşit olduğu an ahşap kolonun kırılma anı olarak tanımlanmıştır.

Haksever (2005a), genellikle bir yapının yangın davranışı, bu yapıyı oluşturan yapı elemanlarının bireysel yangın davranışına göre değerlendirilmesinin gerektiğini belirterek; gerçekleştirdiği çalışmada betonarme çerçeve taşıyıcı sistemlerin davranışını teorik ve deneysel olarak analiz etmiştir.

Haksever ve Savaş (2005b), yangına maruz kalan ahşap yapı elemanlarının deformasyonunun ile ahşabın kömürleşmesini belirleyerek bir analitik model geliştirmek için araştırma yapmışlardır. Önceki çalışma önerilerine, ilave geliştirmelerde bulunmuşlardır. Gerçekleştirilen deneylerde, ortam sıcaklığı, en kesit kömürleşme oranındaki sıcaklık gelişimleri gibi temel değişkenler kaydedilmiştir. Deneyler sonucunda, ölçümler ve nümerik

sonuçlar arasındaki karşılaştırma yapılmıştır. Yapılan karşılaştırma sonunda gerçek yangın etkisi altındaki dikdörtgen ahşap kolon dizayn abakları hazırlanarak tamamlanmıştır.

Majamaa (1991), gerçekleştirdiği çalışmada yangın etkisine üç veya dört yüzeyden maruz ahşap kirişlerin yangın davranışının belirlenmesi amacıyla, daha önceden oluşturulmuş hesap modellerini incelemiştir. Gerçekleştirdiği deneysel çalışmalar sonucunda ise elde ettiği sonuçlarla diğer modelleri karşılaştırarak yangın etkisinde ahşap kirişlerin yangın dayanımının belirlenmesi için bir hesap modeli geliştirmiştir. Kullanılacak hesap modelinde, ahşap kirişlerin yangın dayanımı üzerinde sıcaklık ve nem içeriğinin etkisi dikkate alınmıştır. Yangın etkisine maruz ahşap kirişteki eğilme ve kayma gerilmelerinin dağılımı, kömürleşmemiş ahşap kiriş kesitinin malzeme özellikleri birbirinden farklı birkaç katmana bölünerek analitik olarak hesaplanmıştır. Gerçekleştirdiği çalışmada, kesitin eğilme momenti ve kayma dayanımı kapasitelerinin bu katmanların kapasitelerinin toplamına eşit olduğunu kabul etmiştir.

Nyman (1980), gerçekleştirmiş olduğu çalışmada am (*pinus sylvestris*) ve ladin (*picea abies*) cinsi ahşap malzemeler için sıcaklık ve nem içeriğinin, malzemenin dayanım ve elastiklik özellikleri üzerindeki etkilerini belirlemiştir.

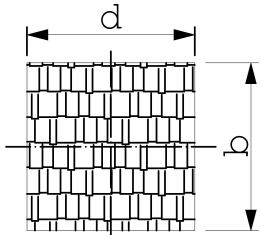


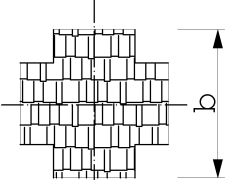

Rudolphi (1979), yaptığı çalışmada uluslararası düzeyde yapı elemanlarının dizaynını mevcut yangın yüklerine ve bunun sonucu olarak da, elde edilen tabii yangın etkimesine göre yapılması gerektiğini belirtmiştir.

Savaş (1994), gerçekleştirilen yüksek lisans çalışmasında ahşap kolonların tabii yangın dizaynı ile ilgili önceden yapılan yurt dışı deney çalışmalarını da içeren teorik çalışmalar gerçekleştirmiştir. Yapılan çalışmada, taşıyıcı yapı elemanı olarak kolonların yanında ahşap kirişlerin de yangın dayanımları ile ilgili kuramsal bilgiler verilerek dikdörtgen kesit geometrisindeki ahşap kolonların taşıma gücüne ait taşıma gücü diyagramları hazırlanmıştır.

Haksever A (1981), Haksever A (1982), Haksever A ve Meyer-Ottens (1979), Kordina K, ve Meyer-Ottens C (1983), yapmış oldukları çalışmalarda; dünyada yangın konusunda 1/1 ölçekli yapılarda deneysel araştırma yapmış yegane kurumlar olan BAM ve iMBM tarafından Almanya'nın Braunschweig ve Berlin şehirlerinde gerçekleştirdikleri deneyler ve bu deneylerde elde edilen sonuçlara dayalı değerlendirmelere yüksek lisans tezi kapsamında sıkça başvurulmuştur. Bu sebeple söz konusu literatür aşağıda ayrıntılarıyla anlatılmıştır.

Yapılan deneylerde kullanılan ahşap kolon numunelerinin boyutları, mesnetlenme durumları, kesite etkiyen servis gerilmeleri ve yangın dayanımları Çizelge 1.3'de gösterilmiştir.

Çizelge 1.3. Deneylerde kullanılan numunelerin geometrik özellikleri ve yangın dayanımları

Numune Nr.	Numune Kesiti	Boyutlar d/b [cm]	S_k [cm]	Burkulma Boyu	Servis Gerilmesi [N/mm ²]	Yangın Dayanımı [dak.]		
1		28/56	591		11	63		
2		28/56	591		5	96		
3		28/56	591	$S_k = S$	5	96		
4		28/28	593		5	50		
5		28/112	582		11	66		
6		14/14	322		11	17		
7		14/28	322		11	22		
8		14/28	322		5	34		
9		14/28	322		5	35		
10		14/42	322		11	22		
11		14/56	322		11	22		
12			28/28		593	$S_k < S$	11	75
13			28/28		593		5	81
14			14/14		322		11	41
15		14/14	322	5	60			
16			322	5	50			
17		20/20	322		11	35		
18		Köşeli Kesit	322		$S_k = S$	5	44	
19					322	11	31	

Gerçekleştirilen deneyler sırasında, ahşap kolon numunelerindeki sıcaklık gelişiminin belirlenmesi için numunelerinin içerisine termo elemanlar yerleştirilmiştir. Yerleştirilen termo elemanların ilk dört tanesi kolonun düşey eksenine üzerine, diğer termo elemanlar ise kolon kesitinin köşegeni üzerinde yerleştirilmiştir. Çizelge 1.4 ve Çizelge 1.5'de yerleştirilen termo elemanların kesit içerisindeki konumları tariflenmiştir.

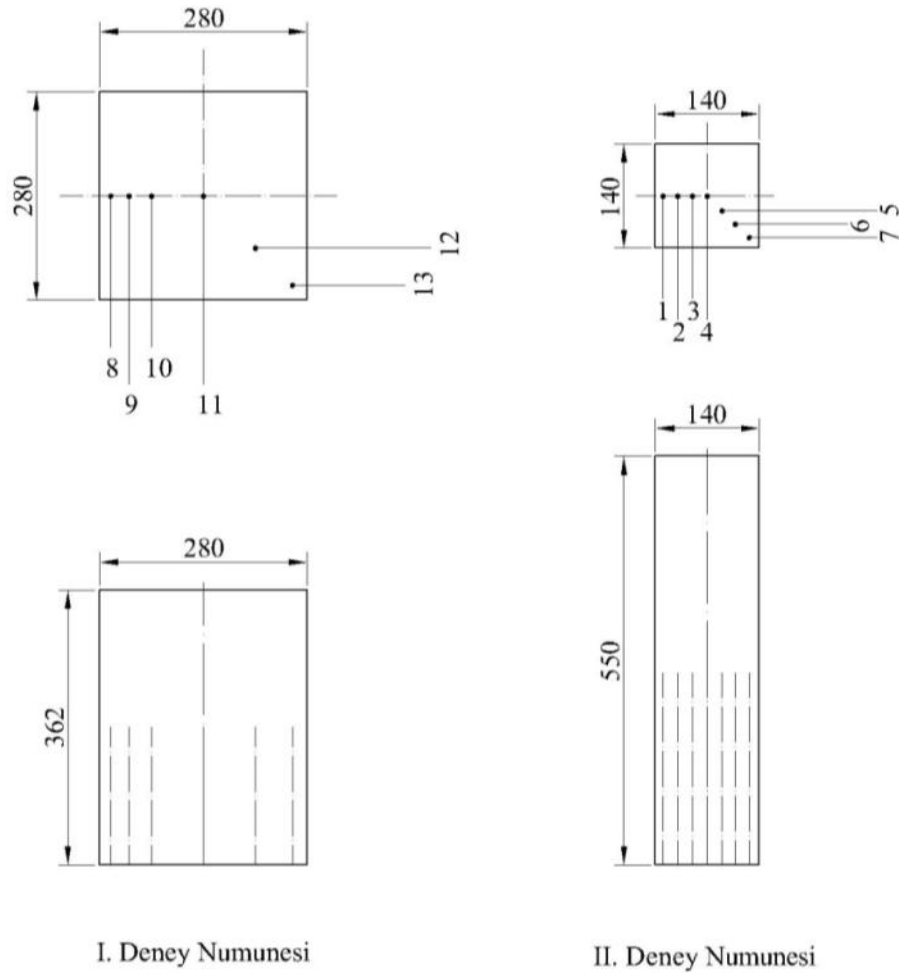
Çizelge 1.4. Birinci deney numunesi içindeki termo eleman yerleşim tablosu

b/d/h [mm]	Termo Eleman No	Termo Eleman Yeri	
		Kenardan [mm]	Ortadan [mm]
280x280x361	1	10	-
	2	30	-
	3	50	-
	4	70	-
	5	-	20
	6	-	48.5
	7	20	-

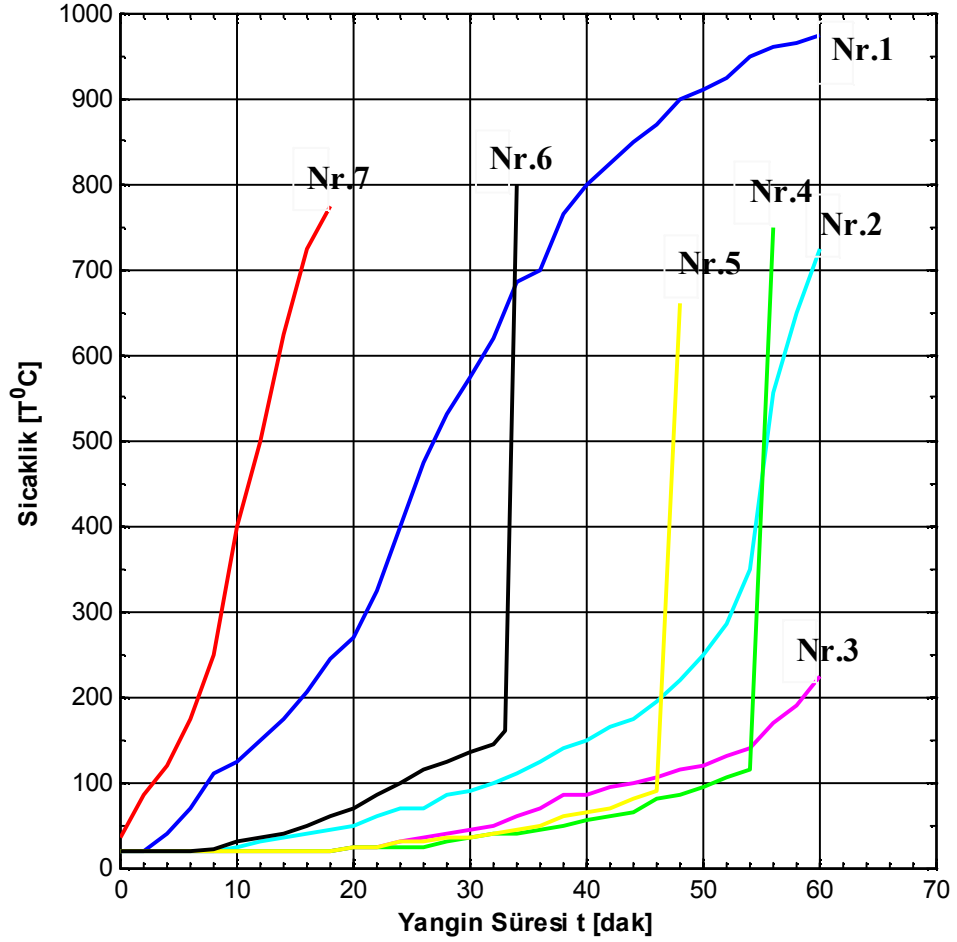
Çizelge 1.5. İkinci deney numunesi içindeki termo eleman yerleşim tablosu

b/d/h [mm]	Termo Eleman No	Termo Eleman Yeri	
		Kenardan [mm]	Köşeden [mm]
140x140x550	8	15	-
	9	40	-
	10	70	-
	11	140	-
	12	-	70
	13	-	30

Şekil 1.4'de, deney numunelerine yerleştirilen termo elemanların görünüş ve kesitleri verilmiştir. Şekil 1.5'de, birinci deney numunesine yerleştirilen her bir termo elemandaki sıcaklığın zamana bağlı değişimi gösterilmiştir. Ahşap kolonunun yatay eksenine üzerine yerleştirilen termo elemanlardaki sıcaklık değişimi, kolonun köşegeni üzerindeki termo elemanlardaki sıcaklık değişiminden daha yavaştır. Bu farklılığın, köşe kısımlarda bulunan termo elemanların yangın etkisine kolonun iki yüzeyinden maruz kalmasından kaynaklandığı gerçekleştirilen deneyler sonucunda belirlenmiştir. Kolonun yatay eksenine üzerine yerleştirilen termo elemanlar, yangın etkisine kolonun bir yüzünden maruz kalmakta bu yüzden yangın etkisine diğer elemanlardan daha az maruz etkilenmektedirler.



Şekil 1.4. Termo elemanların numuneler içindeki kesit ve görünüşü



Şekil 1.5. Birinci numune içerisindeki termo elemanlardaki sıcaklık değişimi

Majamaa (1991) tarafından ahşap kirişlerin yangın dayanımının belirlenmesi için Finlandiya'da gerçekleştirilen deneylerde yangın etkisinin kirişe üç veya dört yüzeyden etkimesi durumunda kirişin yangın dayanımının değiştiği belirlenmiştir.

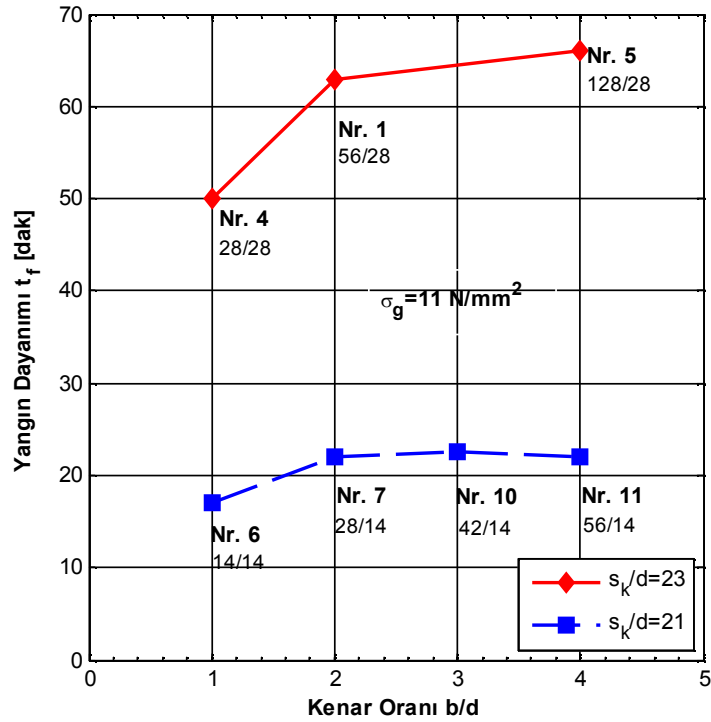
Ahşap kolonun mesnetlenme durumunun yangın dayanımı üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla Çizelge 1.3 incelendiğinde 14x14cm'lik kolonun farklı iki mesnetlenme durumundaki yangın dayanımları arasında 24 dakikalık farkın olduğu gözükmemektedir. Bu durum ise, ahşap kolonların yangın dayanımının belirlenmesinde ahşap kolonun mesnetlenme durumunun ne kadar etkin bir faktör olduğu göstermektedir.

Ahşap kolonun kenar oranının (b/d), yangın dayanımı üzerindeki etkisini belirlemek için kolonun bir boyutu sabit tutulup, diğer boyutu sürekli artırılarak farklı kesitlerde numuneler hazırlanmıştır. Çizelge 1.6'daki 1, 4 ve 5 numaralı numuneler birinci test kümesini; 6, 7,10 ve 11 numaralı numuneler ise ikinci test kümesini oluşturmaktadır.

Çizelge 1.6. Kenar oranının yangın dayanımı üzerindeki etkisini belirlemek için hazırlanan test kümesindeki numunelerin yangın dayanımları

Test Kümesi	Numune No	Kenar Oranı (b/d)	Yangın Dayanımı [dak.]
A	4	1	50
	1	2	63
	5	4	66
B	6	1	17
	7	2	22
	10	3	22
	11	4	22

Çizelge 1.6'daki numunelerinin gerçekleştirilen deney sonundaki yangın dayanımlarının ahşap kolonun kenar oranına göre değişimi Şekil 1.6'da gösterilmiştir.



Şekil 1.6. Farklı kenar oranlarındaki ahşap kolonların yangın direncinin kenar oranına göre değişimi

Kenar oranı büyüdükçe, birinci gruptaki numunelerin yangın dayanımının artış gösterdiği görülmektedir. Bunun nedeni ahşap kolonun kesit alanının artmış olmasıdır. İkinci test kümesindeki numunelerin yangın dayanımının belirli bir süreden sonra sabit zamanlara eşdeğer olduğu görülmektedir. Bu durum, ahşap kolonun bir doğrultudaki rijitliğinin sürekli

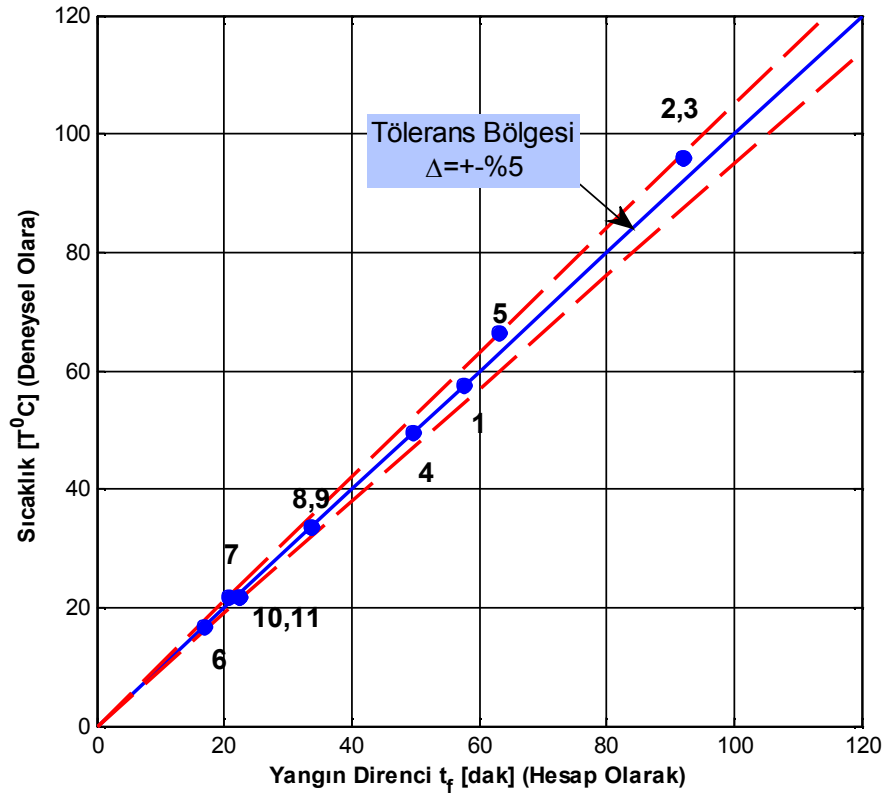
arttırılırken diğ er doğrultudaki rijitliğinin sabit kalarak kolonun zayıf eksen i doğrultusunda göçmesinden kaynaklanmaktadır. Yani, rnek te gösterilen ahşap kolonun uzun kenarı ne kadar arttırılırsa arttırılsın kolon 22.dakikadan sonra zayıf eksen i (kısa kenar) doğrultusunda göçme durumuna erişeceği yapılan çalışmalar sonucunda belirlenmiştir. Bu sebeple, $b/d - t_f$ eğrileri belirli bir noktadan sonra sabit gitmektedir.

Çizelge 1.7'de gerçekleştirilen deneyler sonucunda ahşap klonların göçme durumunda taşıyabildikleri normal kuvvet değerleri gösterilmiştir.

Çizelge 1.7. Deney numunelerinin göçme durumunda taşıdıkları normal kuvvet değerleri

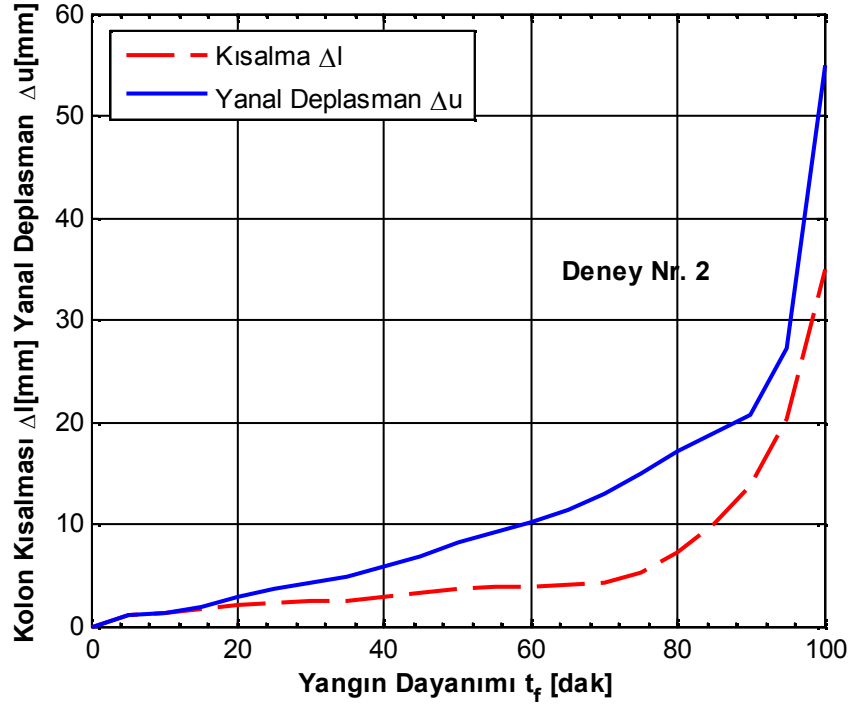
Deney No.	b/d [cm]	Yük [kN]	S_k [cm]
1	56/28	834.5	591
2	56/28	379.3	591
3	56/28	389.3	591
4	56/28	415.8	591
5	112/28	1695.4	593
6	14/14	95.1	322
7	28/14	190.2	322
8	28/14	86.4	322
9	28/14	86.4	322
10	42/14	285.3	322
11	56/14	380.4	322

şekil 1.7'de, izelge 1.7'de gösterilen deney numunelerinin gerçekleştirilen deneyler ile hesap sonucu bulunan yangın dayanımlarının karşılaştırılması gösterilmiştir. şekil 1.7'de, gerçekleştirilen deneylerden elde edilen yangın dayanımlarının, hesap yöntemi ile bulunan değerlerden olan farkın $\mp 5\%$ 'lik tolerans bölgesi içinde kaldığı gözükmektedir.



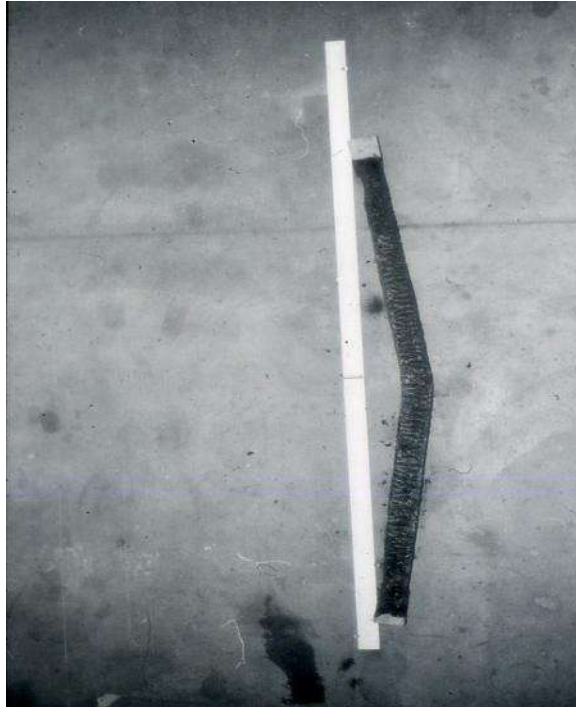
Şekil 1.7. Deney ve hesap sonuçlarının karşılaştırılması

Deney sırasında 2 numaralı numunede oluşan boyuna kısalmalar ile yanal deplasmanların zamana bağlı değişimi Şekil 1.8'de gösterilmiştir. Grafikteki yanal deplasman eğrisinin eğiminin $Tan(\alpha) = 4$ 'e vardığı zaman ahşap kolon göçme durumuna eriştiği gerçekleştirilen deneyler sonucunda belirlenmiştir. Yapılan diğer deneyler sonucunda da bu değere erişildiğinde ahşap kolonun göçme durumuna ulaştığı saptanmıştır. Ayrıca, ahşap kolonda hiçbir zaman tam mesnetlenmenin gerçekleştirilemeyeceğinden dolayı basınç etkisindeki ahşap kolonda yanal deplasmanlar oluşacaktır.



Şekil 1.8. Yangın süresince deney numunesinde oluşan deformasyonlar

Şekil 1.9'da ise deneylerde burkularak göçme durumuna geçmiş ahşap kolona ait resim görülmektedir. Göçme durumuna erişmeden önce ahşap kolonun yaklaşık orta noktasında plastik mafsall meydana gelmektedir.



Şekil 1.9. Ahşap deney numunesinin yangın sırasındaki göçme durumu

2. KURAMSAL TEMELLER

2.1. ISO 834 Yangın Etkisi

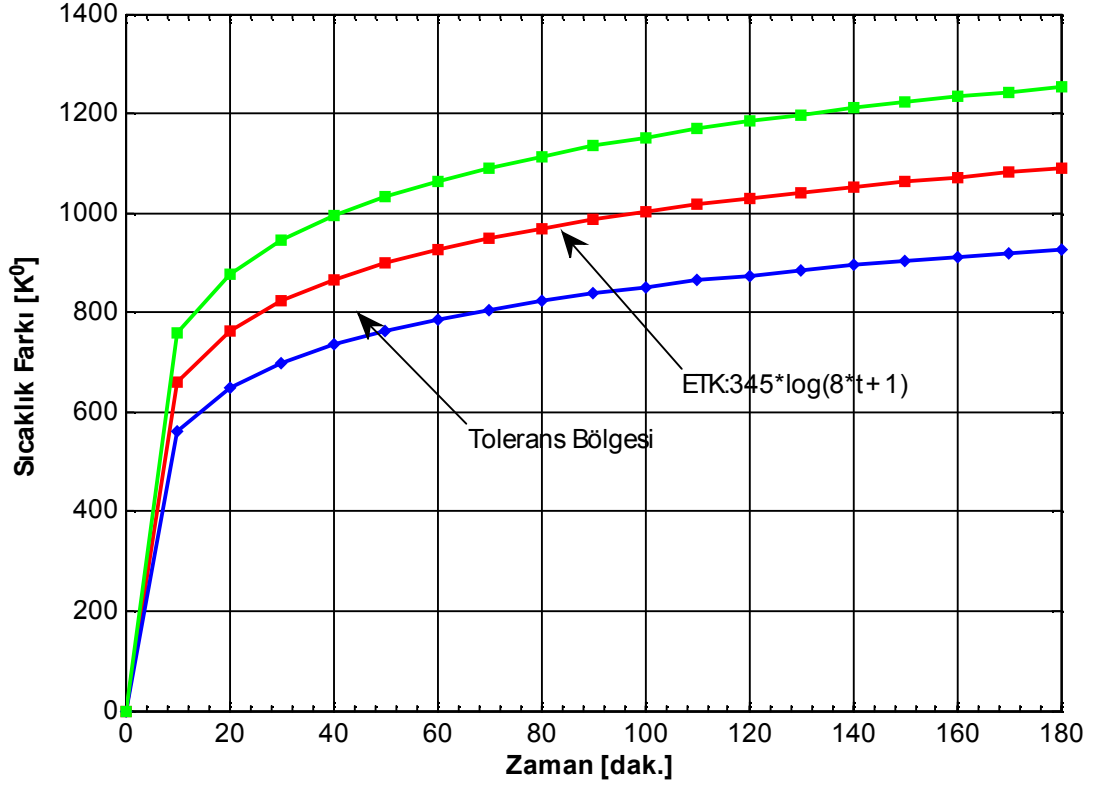
Yangının süresiz bir rejim olmasından dolayı çok çeşitli yangın gelişimleri ortaya çıkmıştır. Ortaya çıkan farklı yangın gelişimlerinden dolayı standart yangın, DIN 4102 Bölüm 8 ve Bölüm 10'da tarif edilmiştir (DIN 4102 1977).

Standart yangın, ortam sıcaklıklarının sürekli olarak arttığı yangını tarif etmektedir. ISO 834'de tanımlanan standart yangına karşı gerçekleştirilen dizaynının optimum bir yangın güvencesi sağladığını iddia etmek doğru olmaz. Çünkü yangın yüklerinin bulunmadığı bir ortamda yapıyı standart yangına göre boyutlandırmak muhakkak ekonomik olmayacaktır. Örneğin, yüzme havuzu bulunan bir kapalı spor salonunda yangın yükünden söz edilemeyeceğinden, yapıyı standart yangına karşı boyutlandırmak ekonomik olmayacaktır. Buna karşın, son zamanlarda yapı malzemesi alanında olan gelişmeler ve insanların gereksinimlerinin değişmesinden dolayı yapılardaki yangın yükü artmıştır. Bu nedenle uluslararası düzeyde yapı elemanlarının yangın dizaynının yapılmasının artık, mevcut yangın yüklerine ve bunun sonucu olarak da elde edilen tabii yangın etkimesine göre yapılması daha doğru olacaktır (Rudolphi 1979).

Standart yangındaki sıcaklıklar ise uluslararası düzeyde ISO 834'de gösterilen aşağıdaki bağıntı ile hesaplanabilir.

$$(ETK) V - V_0 = 345 \times \log(8 \times t + 1)$$

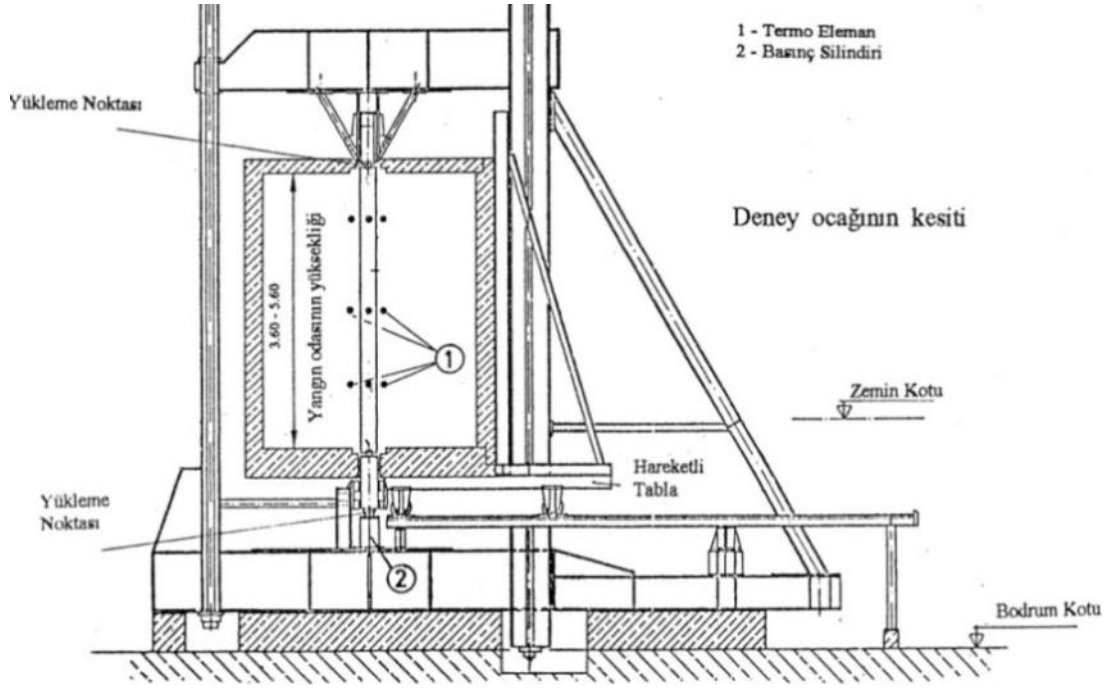
Yukarıdaki denklem ile tanımlanan norm yangın eğrisindeki sıcaklıklar zamana bağlı olarak logaritmik bir şekilde artmakta olup, bu eğri deney ocaklarında akaryakıt ile yapılan ısınmalarda ölçülen gaz sıcaklıklarına uyum sağlamak amacıyla geliştirilmiştir. Şekil 2.1'de ISO 834'e göre sıcaklıkların zamana göre değişimi gösterilmiştir.



Şekil 2.1. ISO 834'de tariflenen norm yangın eğrisi

Standart yangının, deney ocağında gerçekleştirilmesi için bazı şartların sağlanmış olması gerekmektedir. Standart yangının ilk 15 dakikalık kısmı içerisinde verilmiş olan sıcaklıkların norm yangın eğrisinden olacak sapmaları $100^{\circ}C$ 'yi aşmamalı ve sıcaklıkların değişimi Şekil 2.1'de gösterilen tolerans bölgesi içinde kalmalıdır. Bundan sonraki sıcaklıklarda ise, standart yangın eğrisinden olacak sapmalar Şekil 2.1'de gösterilen norm yangın eğrisinin %15'ini geçmeyecek şekilde olmalıdır (ISO 834 1975). Gerek ulusal, gerekse uluslararası düzeyde yapı elemanlarının yangın direnci bu standarttaki yangın eğrisine göre verilmektedir.

ISO 834'de tanımlanan norm yangın eğrisindeki sıcaklıklar sürekli bir artış içinde olduğundan, yangın etkisine maruz yapı elemanı mutlaka göçme durumuna erişecektir. Ancak, Braunschweig Teknik Üniversitesi'nde gerçek yapılarda gerçekleştirilen deneylerde tabii yangın etkisine maruz yapı elemanlarındaki göçmenin sadece ısınma fazında değil yangının soğuma fazında da oluşabildiğini ortaya konmuştur. Ayrıca, tabii yangınlardaki ısınma hızları standart yangından daha hızlı olabileceği gibi daha yavaş da olabilir. Bu nedenle; yapı elemanlarının yangın dizaynı yapılırken tutuşma, ısınma ve soğuma fazları göz önüne alınmalıdır.



Şekil 2.2. Yangın dayanımının belirlenmesi için hazırlanan deney düzeneği

Şekil 2.2’de ISO 834’de tariflenen standart yangının gerçekleştirilmesi için hazırlanmış olan yangın odası gösterilmiştir. Standart yangının, yangın odasında gerçekleştirilmesinde ISO 834’te belirtilen sıcaklık ile ilgili şartların dışında; yangın odası ile ilgili bazı önemli faktörler bulunmaktadır. Bu faktörlerden en önemlisi yangın odasındaki vantilasyon yani açıklık ihtiva oranıdır. Vantilasyon oranı aşağıda gösterilen bağıntıyla tanımlanmıştır:

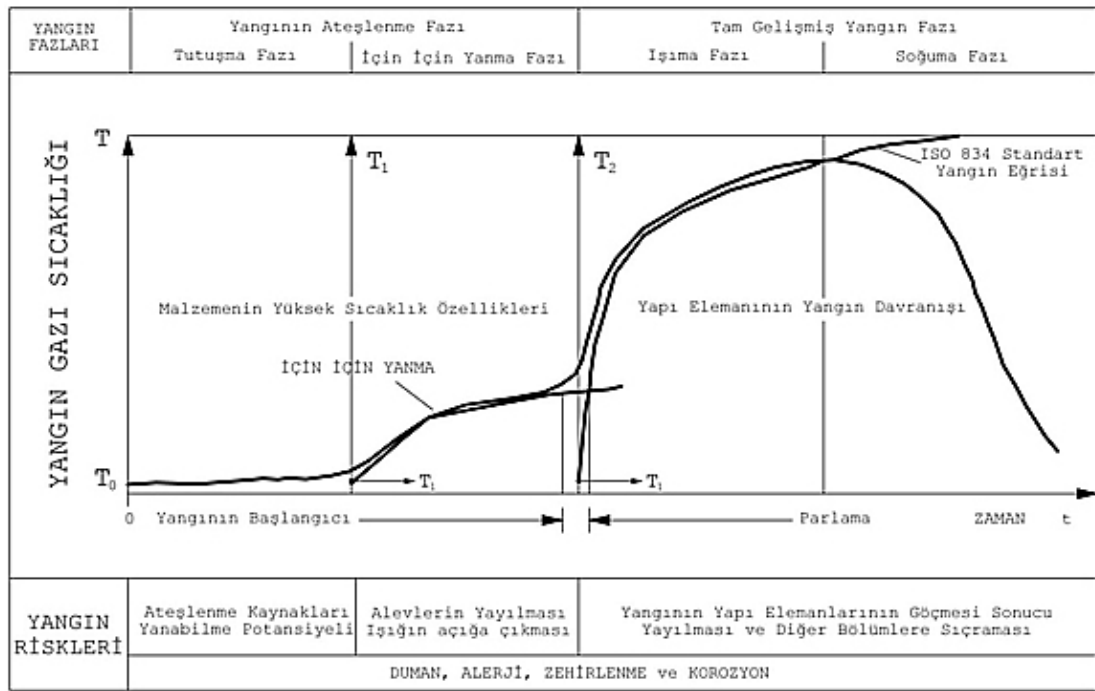
$$\rho = A_F / A_W$$

Yukarıdaki denklemde, A_F ve A_W değerleri sırasıyla, yangın odasındaki pencere açıklığını ve bu açıklığı ihtiva eden duvar alanını göstermektedir. Vantilasyon oranının doğru bir şekilde seçilmesi elde edilecek deney sonuçlarının doğruluğu açısından önem taşımaktadır.

Yukarıdaki deney şartları sağlanarak gerçekleştirilen standart yangın, yapı elemanlarının gerek ulusal gerekse uluslararası düzeyde yangın dirençlerinin karşılaştırılması yönünden faydalı olmaktadır. Ancak Metz’de gerçekleştirilen standart yangın deneylerinden elde edilen sonuçların, Braunschweig Teknik Üniversitesi’ne bağlı Yapı Malzemeleri ve Yangın Araştırma Enstitüsünün Almanya’da Lehrte şehrindeki gerçek yapılarda yapmış olduğu deneylerden elde edilen sonuçlarla karşılaştırıldığında çok farklı olduğu görülmüştür (Bechtold R ve ark 1977). Gerçekleştirilen deneyler arasındaki fark, deneyin gerçekleştirildiği yapı içerisindeki; hava akımının yönü, yangın yüklerinin düzgün yayılı dağılmaması,

tabaklardaki ısıl iletimin farklı olması ve vantilasyon oranının yapı içerisinde farklı dağılması gibi nedenlerden kaynaklanmaktadır.

Tabii yangın; tutuşma fazı, ısınma fazı ve bir de soğuma fazından oluşur. Yangının başlangıcındaki sıcaklıklar tutuşma fazında oldukça yavaş artar ve yangın ilerlemeye başladıkça çevredeki diğer yanıcı maddelerin tutuşmasıyla bir ısınma fazı meydana gelir. Bu ısınma fazının sonucunda bütün yanıcı maddelerin tutuşması ile bir parlama (flashover) durumu oluşur. Bu parlama safhasından sonra yangında bir soğuma fazı meydana gelir. Tabii yangınlardaki yangın fazlarının yangın gazı sıcaklığına ve zamana bağlı değişimleri Şekil 2.3'de gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Tabii yangın fazlarının yangın gazı sıcaklığına ve zamana bağlı gelişimi

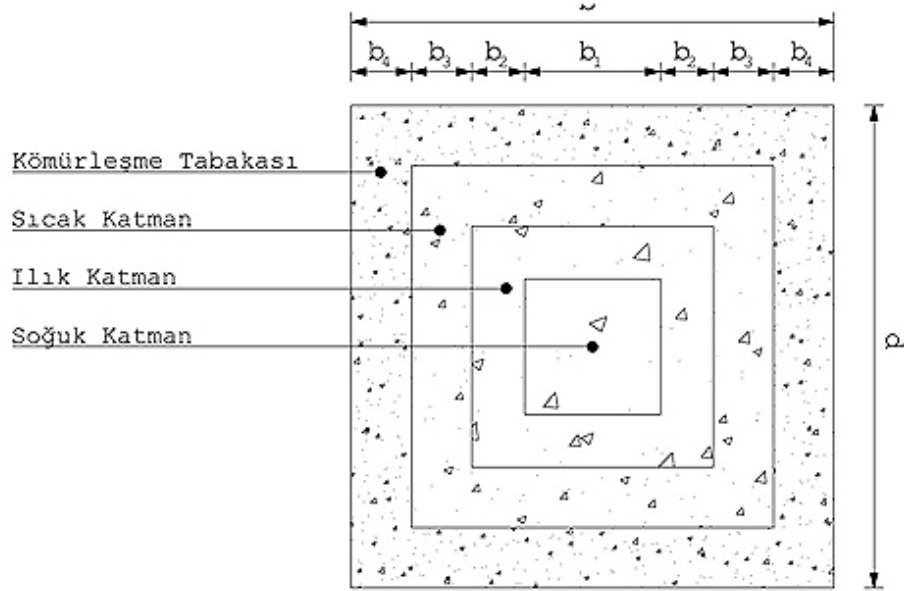
DIN 4102'de, yapı elemanlarının yangın dirençleri F30, F60, F90, F120 ve F180 şeklinde belirlenmiştir. Örneğin F120 ile sınıflandırılmış bir yapı elemanının standart yangına dayanım süresi 2 saat olmaktadır.

2.2. Kolon Kesitindeki Ortalama Sıcaklıkların Saptanması

Ortam sıcaklığı $700-800^{\circ}C$ arasındayken ahşap kolon kendiliğinden tutuşmaktadır. Bu esnada ahşap yüzeyindeki sıcaklık $300^{\circ}C$ civarındadır. Yangın etkisinin başlamasıyla, ahşap yüzeyinde bir kömürleşme tabakası oluşur. Oluşan bu kömürleşme tabakası, yangın etkisinin

ahşap kesitinin derinliklerine ilerlemesi karşısında bir yalıtım tabakası görevi üstlenerek, doğal bir yalıtım tabakası görevi görür (Stanke ve ark. 1977).

Yangın etkisindeki ahşap yapı elemanındaki tabakalar sıcaklık dağılımlarına göre Şekil 2.4’de gösterildiği gibi ayrılmıştır (King ve Glowinsky 1988).



Şekil 2.4. Yangın etkisine maruz ahşap yapı elemanı kesitindeki farklı sıcaklık bölgeleri

Şekil.2.4’de gösterilen yangın etkisine maruz ahşap yapı elemanlarındaki sıcaklık tabakalarının kalınlıkları Çizelge 2.1’deki bağıntılarla hesaplanabilir.

Çizelge 2.1. Yangın etkisine maruz yapı elemanındaki sıcaklık tabakalarının kalınlıkları

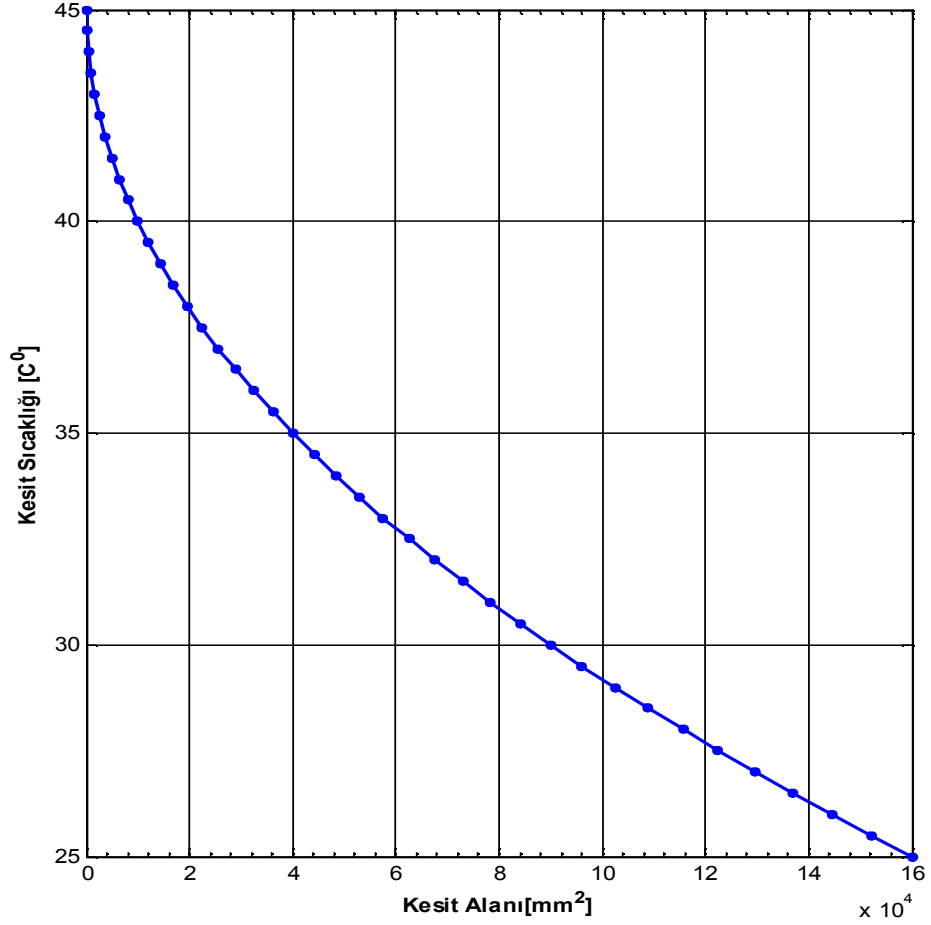
Katmanlar	Katman Genişliği (mm)
Kömürleşme Tabakası	$b_4 = \beta \times (t + 5)$
Sıcak Katman	$b_3 = \frac{2}{3} \times (1 - e^{0.07685 \times t})$
Ilık Katman	$b_2 = \frac{4}{3} \times (1 - e^{0.07685 \times t})$
Soğuk Katman	$b_1 = b - 2 \times (b_4 + b_3 + b_2)$

Yangın etkisine maruz dikdörtgen kesitli ahşap kolonların kömürleşmemiş kısmının sıcaklığı aşağıdaki bağıntılar ile hesaplanabilir:

$$x = \sqrt{t_f} \rightarrow \begin{cases} x < 10 \text{ mm} \rightarrow T = 45 - 0.05 \times x - 57 \times e^{-x} \\ x \geq 10 \text{ mm} \rightarrow T = 45 - 0.05 \times x \end{cases}$$

Diğer kesit geometrisindeki ahşap kolonların kömürleşmemiş kısmının sıcaklığı, alanları kare kesit geometrisinde olduğu kabul edilerek hesaplanabilir.

Şekil 2.5'de kömürleşmemiş kısmın sıcaklığının, kesit alanına göre değişimi gösterilmiştir. Ahşap kolonun kesit alanı arttıkça kolonun kömürleşmemiş kısmının sıcaklığı oda sıcaklığına yaklaşmaktadır.



Şekil 2.5. Ahşap kolonun kömürleşmemiş kısmındaki sıcaklığın kesit alanına göre değişimi

2.3. Ahşabın Kimyasal Özellikleri

Ahşap ve ahşap yapı malzemeleri DIN 4102'ye göre B2 yapı malzemesi sınıfında olup esas olarak selüloz ve linyinden oluşmaktadır. Bu iki bileşenin ana kimyasal özelliklerini %49-51 karbon, %5.9-6.2 hidrojen ve %43-45 oksijen içerir (Kordina, Meyer-Ottens 1977). Ahşabın yanmayan bileşenlerini ise su ve kül oluşturmaktadır. Ahşaptaki yüksek rutubet oranı, ahşabın tutuşma sıcaklığını hissedilir düzeyde azaltmaktadır. Ahşapta rutubet oranının %20'den az olması durumunda ise tutuşma sıcaklığındaki olumlu etki kaybolmaktadır. Ahşapta maksimum %0.3 oranında bulunan kül oranı ise yangın olayında önemli bir rol oynamamaktadır (Seekamp H, Stanke J 1969).

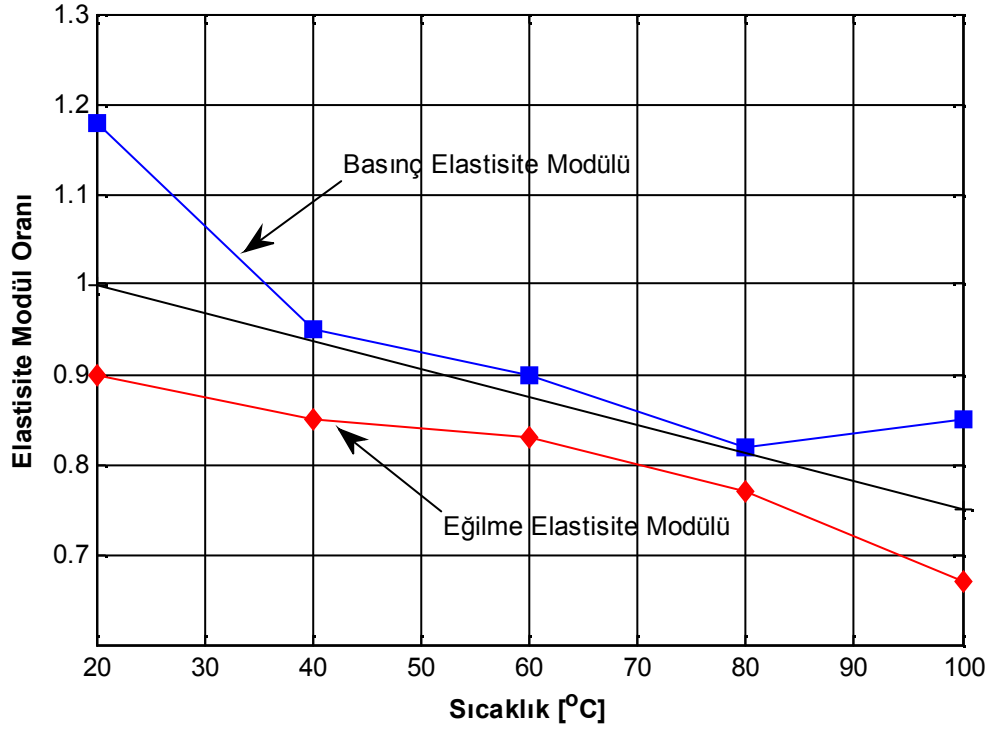
2.4. Sıcaklığa Bağlı Malzeme Özellikleri

2.4.1. Ahşap Malzemenin Elastisite Modülünün Sıcaklığa Bağlı Değişimi

Ahşap malzemedeki elastisite modülü, sehim hesaplarında ve hiperstatik sistemlere ait problemlerin çözümünde önemli rol oynamaktadır. Ahşabın elastisite modülü, yapı elemanında oluşacak sehim ile ters orantılıdır. Elastisite modülü, ahşabın cinsine ve kesitin liflere paralel veya dik olarak yüklenmesine göre değişir.

Ahşap yapı elemanında artan sıcaklık ile elastisite modülü azaldığından sistemin göçme durumunun belirlenmesi için ahşabın elastisite modülünün doğru bir biçimde belirlenmesi gerekmektedir.

Şekil 2.6'da yangın etkisine maruz ahşap yapı elemanının basınç ve eğilme etkisindeki elastisite modüllerinin sıcaklığa bağlı değişimi gösterilmiştir. Şekil 2.6'da düz çizgilerle gösterilen eğriler gerçekleştirilen deneyler sonucundaki, kesikli çizgi ile gösterilen eğri ise hesap yoluyla belirlenen elastisite oranını göstermektedir. Kesikli çizgi ile gösterilen eğrinin yaklaşık olarak diğer eğriler doğrultusunda gittiği görülmektedir.



Şekil 2.6 Ahşabın elastisite basınç ve eğilme elastisite modül oranının sıcaklığa göre değişimi

Şekil 2.6'da gösterilen grafiğe göre ahşabın lif doğrultusundaki basınç elastisite sabiti, artan sıcaklıkla birlikte bir miktar artış göstermekte ancak yangının ilerleyen safhalarında azalmaktadır. Ahşabın kömürleşmemiş kısımdaki sıcaklığın 100°C'ye ulaşmasıyla basınç ve eğilme elastisite modülü yaklaşık olarak %20-30 azalmaktadır. Şekil 2.6'da gösterilen eğriler, T sıcaklığındaki elastisite modülünün, 20°C sıcaklığındaki elastisite modülüne oranına göre çizilmiştir.

2.4.2. Ahşap Malzemenin Elastisite Modülünün Nem ve Sıcaklığa Bağlı Değişimi

Nyman (1980), çam (*pinus sylvestris*) ve ladin (*picea abies*) cinsi ahşap numuneler üzerinde gerçekleştirdiği deneylerin sonucunda, sıcaklık ve nem içeriğinin dayanım ve elastiklik özelliklerindeki etkisini belirleyerek aşağıdaki bağıntıları oluşturmuştur:

$$\sigma_c = 59 - 1.51 \times U - 0.11 \times T$$

$$\sigma_t = 112 - 0.50 \times U - 0.18 \times T$$

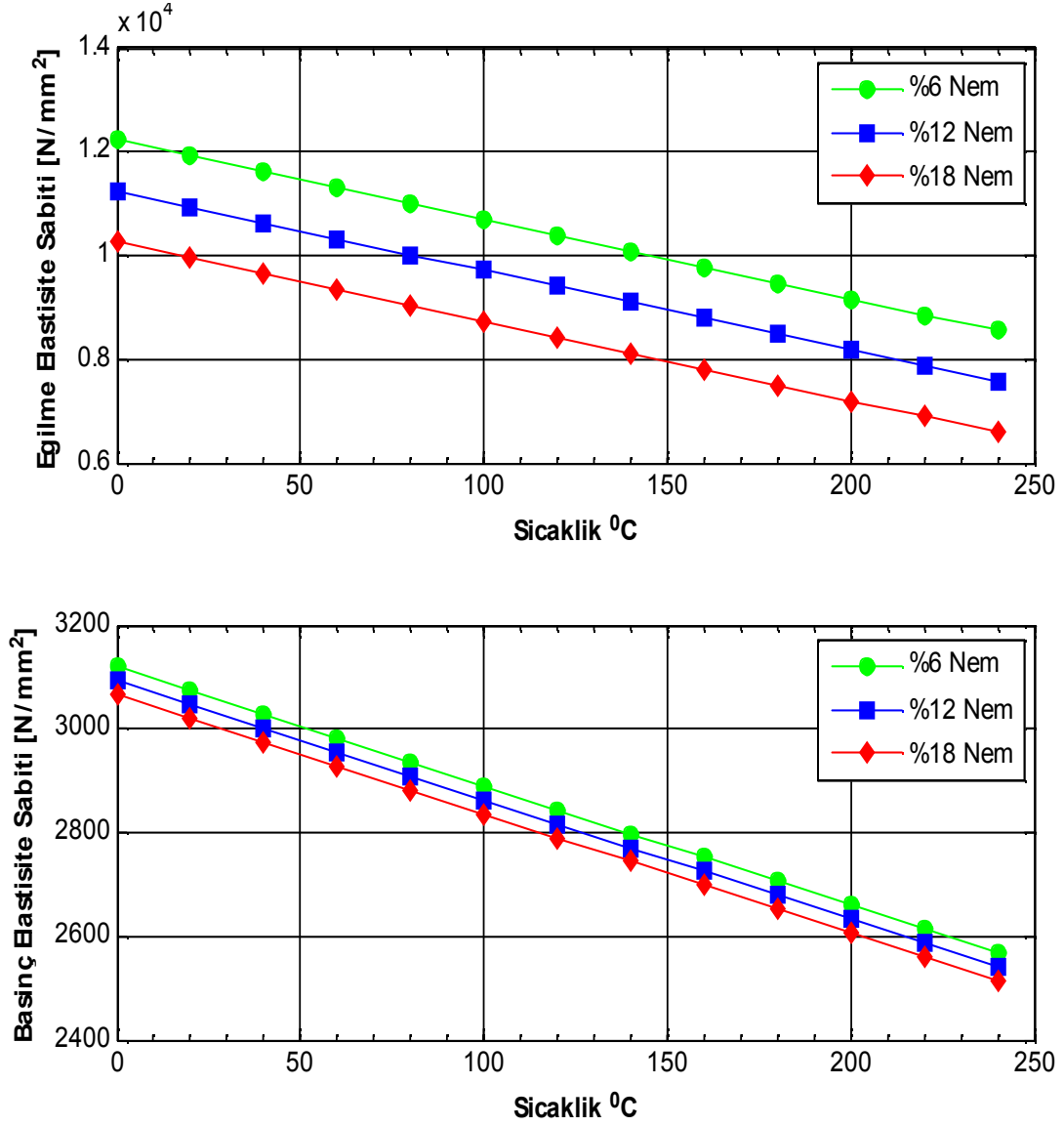
$$\sigma_b = 112 - 2.16 \times U - 0.24 \times T$$

$$\tau = 10.7 - 0.15 \times U - 0.03 \times T$$

$$E_c = 3147 - 4.5 \times U - 2.3 \times T$$

$$E_b = 13209 - 164 \times U - 15.3 \times T$$

Gerçekleştirilen deneylerde, budaksız ve yüzeysel bozukluklar içermeyen ahşap numuneler kullanılmıştır. Şekil 2.7'de, yukarıda verilen bağıntılara göre eğilme ve basınç elastisite modüllerinin, sıcaklık ve farklı nem içeriklerine bağlı değişimi gösterilmiştir.



Şekil 2.7. Budaksız düzgün ladin için eğilme ve basınç elastisite sabitinin, nem ve sıcaklığın fonksiyonu olarak değişim grafiği

2.5. Ahşap Yapı Elemanlarının Yangın Dayanımı

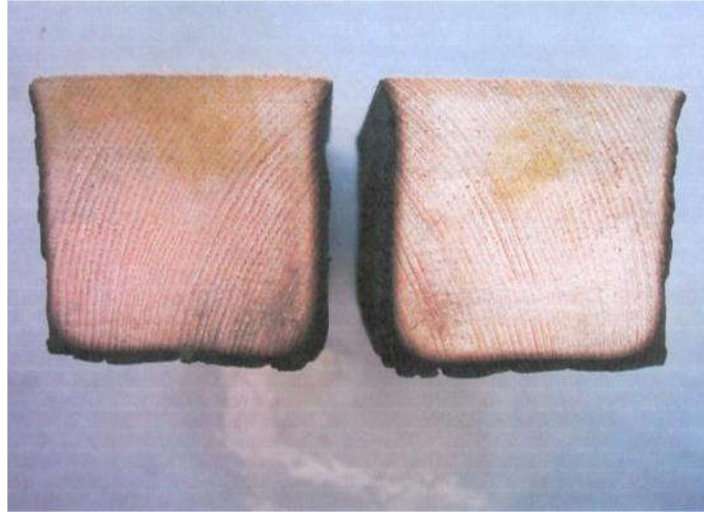
2.5.1. Ahşap Kolonların Yangın Dayanımının Hesaplanması

Yangın etkisine maruz ahşap kolonlarda yangından etkilenen yüzey sayısına ve bu yüzeylerdeki kömürleşme hızlarına bağlı olarak ahşap kolonun yük taşıyan kesiti daralmaktadır. Şekil 2.8'de dört yüzeyinden yangın etkisine maruz bırakılmış ahşap

numunenin yüzeyinde oluşan kömürleşme tabakası, Şekil 2.9'da ise bu numunelerin kesiti gösterilmiştir.



Şekil 2.8. Yanma etkisine maruz kalmış ahşap eleman görünüşü



Şekil 2.9. Dört kenarından yangın etkisine maruz kalmış ahşap kolon kesiti

Yangın etkisine dört yüzeyinden “t” süre maruz kalmış dikdörtgen kesitli ahşap kolonların kömürleşmemiş kesitinin alanı aşağıdaki bağıntı ile hesaplanabilir.

$$\left. \begin{aligned} b_1 &= b_{10} - n \times u_1 \times t \\ d_1 &= d_{10} - n \times w_1 \times t \end{aligned} \right| \rightarrow F = b_1 \times d_1$$

Farklı kesit geometrisindeki ahşap kolonlar için ise kömürleşmemiş kesit alanı, artı kesitli ahşap kolonlar dışında yukarıdaki hesap yöntemi kullanılarak hesaplanabilir. Ancak, artı kesitli ahşap kolon için yapılan hesaplamada, diğer kesitlerden farklı olarak iç köşelerdeki yanma hızının dış köşelere göre farklılık göstermesinden dolayı iç köşelerdeki yanma hızı hesaplamalarda " u_{11} " ve " w_{11} " alınarak kesitin alanı hesaplanmalıdır.

Ahşap kolonun kömürleşmemiş kesit alanı hesaplandıktan sonra kesite ait diğer karakteristik değerlerin hesaplanması gereklidir. Bulunması gereken diğer karakteristik değerler şunlardır:

- Kesitin x ve y yönü atalet momentleri
- Kesitin x ve y yönü atalet yarıçapları
- Kesitin x ve y yönü mukavemet momentleri
- Kesitin burkulma boyuna bağlı x ve y yönü narinlikleri

Dikdörtgen kesitli ahşap kolon için bu değerlerin hesabı aşağıda gösterilmiştir.

$$J_x = \frac{b_1 \times d_1^3}{12} \quad W_x = \frac{b_1 \times h_1^2}{6}$$

$$i_x = \sqrt{\frac{J_x}{F}} \quad \lambda = \frac{S_{kx}}{i_x}$$

Kesit karakteristik değerleri bulunduktan sonra, ahşap kolona etkiyen yük " ω " katsayısı kullanılarak arttırılır. Kullanılan " ω " burkulma katsayısı ahşap kolonun narinliğine bağlı olarak aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$\omega = \begin{cases} \lambda \leq 100 \rightarrow \omega = 1 + 2 \times \left(\frac{\lambda}{100} \right)^2 \\ \lambda > 100 \rightarrow \omega = 3 \times \left(\frac{\lambda}{100} \right)^2 \end{cases}$$

“ ω ” Burkulma katsayısı hesaplandıktan sonra, kesite etkiyen servis gerilmesi kullanılarak kesite etkiyen arttırılmış normal yük değeri aşağıdaki şekilde hesaplanmalıdır.

$$P = \frac{\sigma_g \times F}{\omega}$$

Ancak kolona etkiyen yükün, kolon eksenine “e” kadar bir dış merkezlik ile etkimesi durumunda ahşap kolondaki arttırılmış yük aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$P = \frac{\sigma_g}{\left(\frac{\omega}{F}\right) + 0.85 \times \left(\frac{e}{W_x}\right)}$$

Kolon kesitindeki gerilme ise, kolon üzerindeki arttırılmış yükün yangın etkisi ile daralan ahşap kolonun kesit alanına bölünmesiyle elde edilir.

$$\sigma = \frac{P}{F}$$

Kolona etkiyen yükün her zaman kolonun eksenini doğrultusunda etkimesi mümkün olmayacağından, kolona etkiyen normal kuvvete minimum dışmerkezlik uygulanır. Uygulanan minimum dış merkezlik aşağıdaki bağıntı ile hesaplanabilir:

$$\varepsilon = 0.1 + \frac{\lambda}{125}$$

Yükün kolona dış merkezlikle etkimesi durumunda ise dışmerkezlik etkisi aşağıdaki şekilde hesaplanmalıdır.

$$\varepsilon = \frac{e}{\min(b1, d1)} + \frac{\lambda}{125}$$

Ahşap kolondaki sıcaklığın artmasından dolayı ahşap malzemenin azalan elastisite ve dayanımının bulunması gerekmektedir. Artan sıcaklık ile azalan elastisite sabiti ve dayanım aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$E = E_o \times (-0.00562 \times t + 1.112)$$

$$\sigma_d = \sigma_{d0} \times (-0.007125 \times t + 1.1425)$$

Azalan elastik ve dayanım değerleri ile ilgili olarak aşağıdaki kontroller yapılmalıdır:

$$\frac{\sigma_d}{\sigma_{d0}} - 0.45 < 0 \rightarrow \sigma_d = 0.45 \times \sigma_{d0}$$

$$\frac{E}{E_0} - 0.50 < 0 \rightarrow E = 0.60 \times E_0$$

Yangın etkisine maruz ahşap kolondaki kritik gerilme artan sıcaklığın etkisiyle azalmaktadır. Azalan kritik gerilme aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$\sigma_{kr} = \frac{1}{2} \times \left(\sigma_d + \left(\frac{\pi}{\lambda} \right)^2 \times E \times (1 + \varepsilon) \right)$$

$$\beta = \sqrt{\sigma_{kr}^2 - \left(\frac{\pi}{\lambda} \right)^2 \times E \times \sigma_d}$$

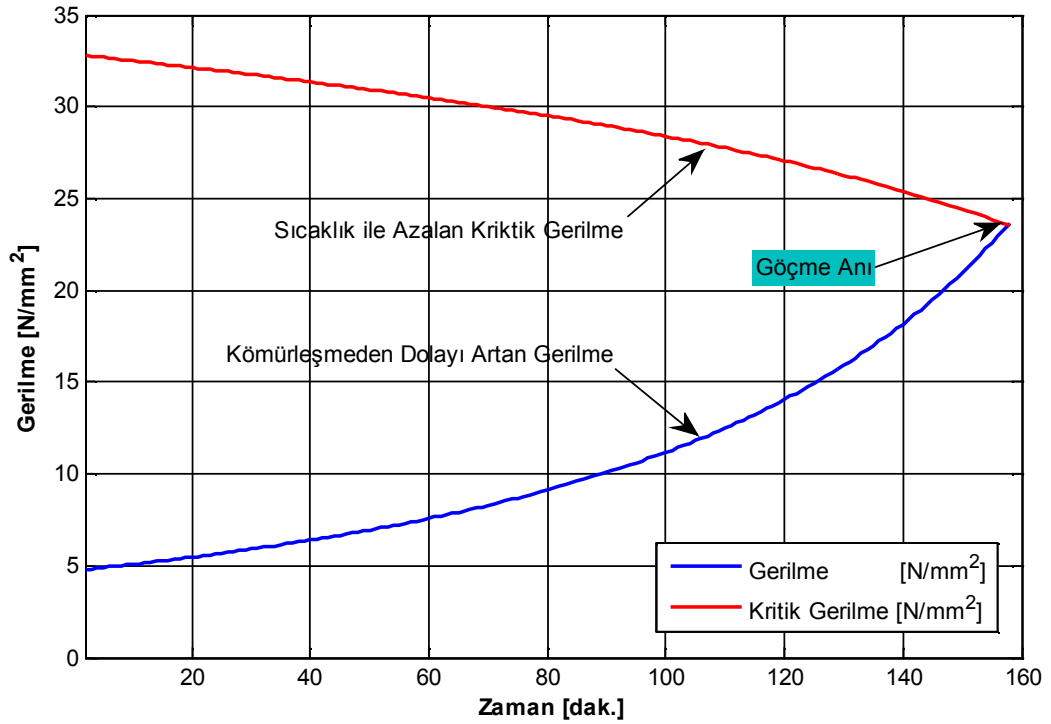
$$\sigma_{kr} = \sigma_{kr} - \beta$$

Sabit yük altındaki ahşap kolonun kömürleşme ile daralan kesitindeki artan gerilmenin, sıcaklık ile azalan kritik gerilmeye eşit olduğu an ahşap kolonun göçme veya kırılma anıdır (Haksever ve Meyer-Ottens, 1979). Ahşap kolon, göçme anında üzerindeki yükü güvenle taşıyamayarak zayıf eksenini etrafında gçmektedir. Bu durumun kontrolü aşağıdaki şekilde yapılmalıdır.

$$\sigma_{kr} > \sigma \rightarrow \text{Kolon yük taşımaya devam ediyor.}$$

$$\sigma_{kr} \leq \sigma \rightarrow \text{Kolon taşıma gücünü kaybederek gcyor.}$$

Ahşap kolonun yangın dayanımının belirlenmesi için yukarıda anlatılan hesaplamalar kolonun y yönü için de gerçekleştirilmelidir. şekil 2.10'da dört yüzeyinden yangın etkisine maruz dikdörtgen 400x400mm kesitli ahşap kolonun göçme durumuna kadar olan gerilme-kritik gerilme değişimini gösterilmiştir.

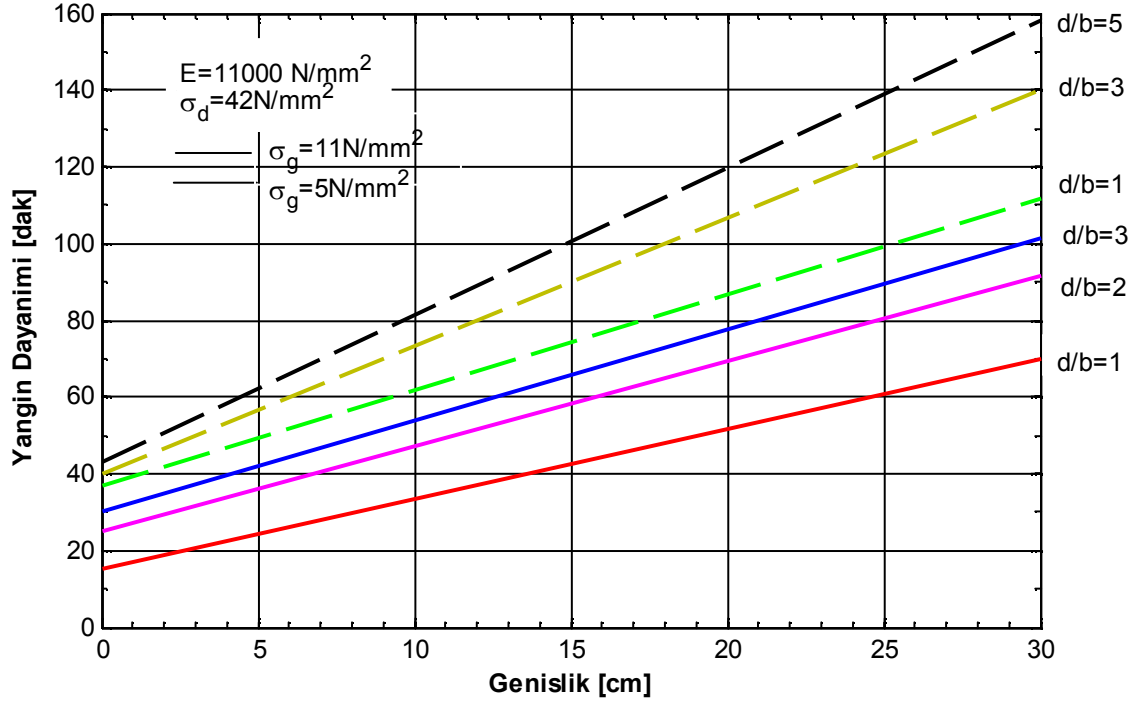


Şekil 2.10. Yangın etkisine maruz basınç kuvveti etkisindeki 400x400mm kesitli ahşap kolonda göçme anına kadar olan $\sigma - \sigma_{kr}$ değişimi

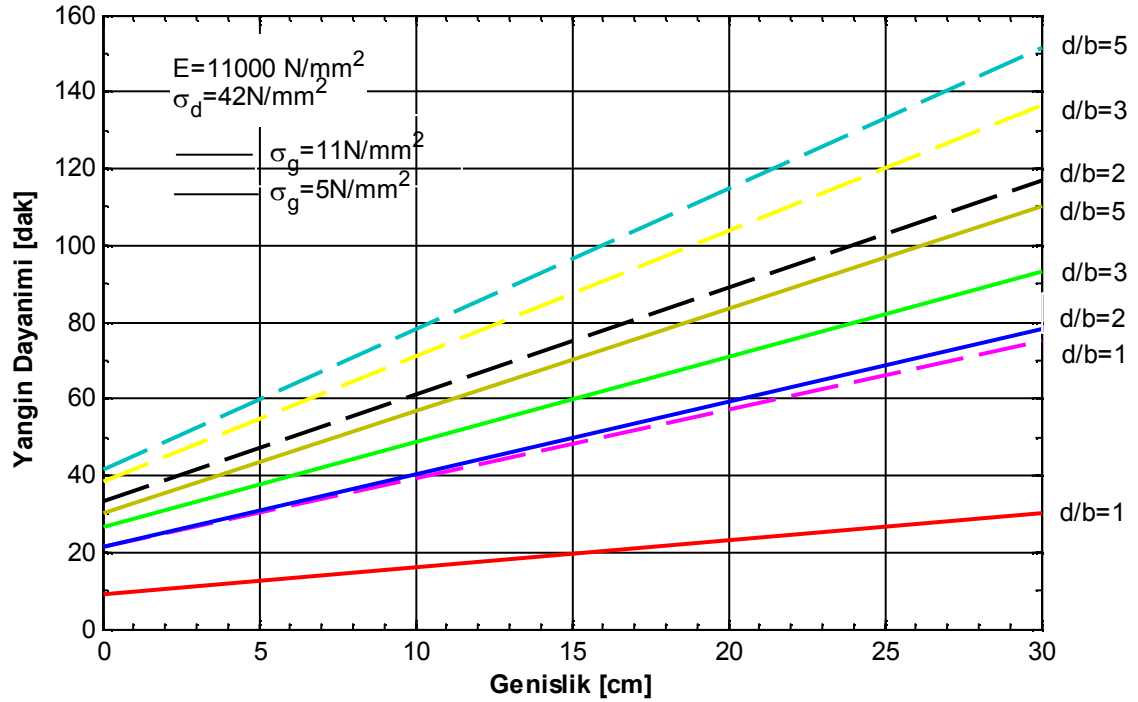
2.5.2. Ahşap Kirişlerin Yangın Dayanımı

Yangın etkisine maruz ahşap kirişlerin yük taşıma kapasiteleri yangının etkime süresi arttıkça, ahşap kolonlarda olduğu gibi azalmaktadır. Örneğin, yarım saat standart yangın testine maruz bırakılan 200x200mm'lik lamineli ahşap kiriş yangın sonunda yük taşıma kapasitesinin %70'ini, bir saatten sonra ise ancak yük taşıma kapasitesinin %40'ını taşıyabilmektedir (Majamaa 1991).

Ahşap kirişler, ahşap kolonlara göre yangından daha çok etkilenirler. Bunun nedeni, sabit yük altındaki ahşap kirişlerin kömürleşme sonucu azalan kesitinin yanında, kirişte yüke bağlı olarak oluşan çatlaklardan kömürleşmenin ahşabın iç noktalarına doğru daha rahat ilerlemesidir. Bu nedenle, ahşap kirişlerin kömürleşme hızı ahşap kolonların kömürleşme hızından daha yüksektir. Şekil 2.11 ve Şekil 2.12'de üç ve dört yüzeyinden yangın etkisine maruz kalan ahşap kirişlerin taşıma gücü diyagramları gösterilmiştir.



Şekil 2.11. Üç yüzeyinden yangın etkisine maruz ahşap kirişlerin taşıma gücü diyagramları

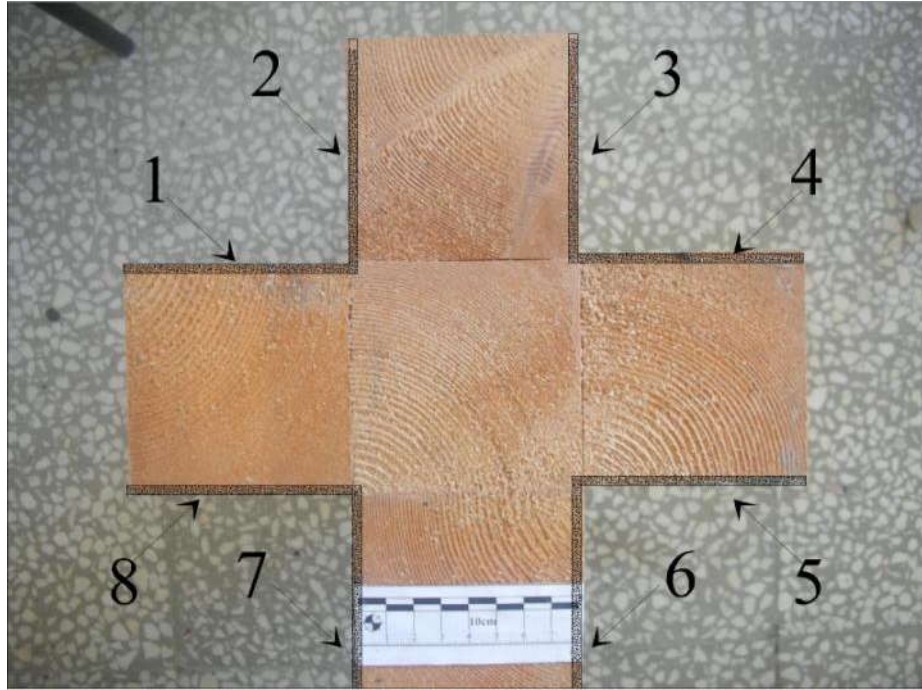


Şekil 2.12. Dört yüzeyinden yangın etkisine maruz ahşap kirişlerin taşıma gücü diyagramları

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Yangın etkisine maruz artı kesitli ahşap kolonların yüzeylerindeki eş olmayan kömürleşmenin deneysel olarak belirlenmesi amacıyla bir yangın odası düzeneği hazırlanmıştır. Daha sonra, hazırlanan artı kesitli ahşap numuneler hazırlanan yangın odasında deneye tabi tutularak eş olmayan kömürleşme etkisi belirlenmiştir. Gerçekleştirilen deneyler sırasında kolon numunelerinin dış köşe noktalarında oluşan yuvarlanma etkisi de (rounding effect) şekiller ile gösterilecektir.

Şekil 3.1'de artı kesitli ahşap kolon numunesinde homotetik olmayan yani eş olmayan kömürleşmenin oluşacağı tahmin edilen yüzeyler numaralandırılarak gösterilmiştir



Şekil 3.1. Yangın etkisine maruz artı kesitli ahşap kolonda eş olmayan kömürleşmenin meydana geleceği yüzeyler

3.1. Deney Düzeneği

3.1.1. Yangın Odasının Hazırlanması

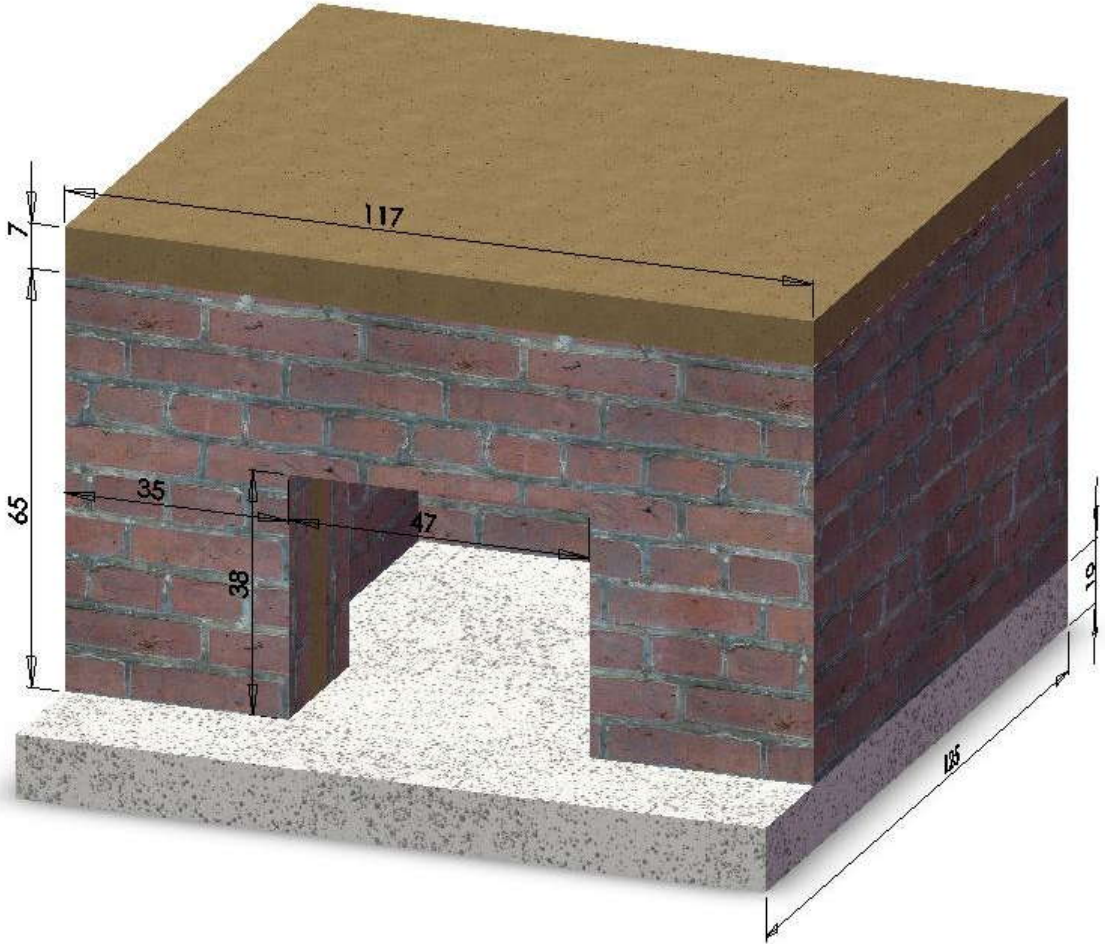
Eş olmayan kömürleşmenin incelenmesi için hazırlanan yangın odasının boyutları, yapılacak deneylerin artı kesit geometrisinden farklı ahşap kolonlar için de incelenmesine olanak verecek şekilde tasarlanmıştır. Ancak, tez çalışması kapsamında öncelik artı kesitli ahşap

kolonlardaki eş olmayan kömürleşmenin belirlenmesi olduğundan farklı kesit geometrisindeki kesitler için deney gerçekleştirilmeyecektir.

Yapılacak yangın odasının hacmi $0.799m^3$ 'tür. Yangın odasının ön duvar alanı $0.58m^2$, arka duvar alanı $0.76m^2$ ve yan duvar alanı ise $0.68m^2$ 'dir. Yangın odasının ön duvarında bırakılacak açıklığın belirlenmesinde $\rho = 0.25$ vantilasyon oranı kullanılmıştır. Seçilen bu vantilasyon oranı Metz'de, büyük hacimli yangın odalarında tabii yangınların modellenmesinde kullanılmıştır. Vantilasyon oranı aşağıdaki bağıntıyla belirlenmektedir:

$$\rho = A_f / A_w$$

Şekil 3.2'de tasarlanan yangın odasının SolidWorks 2007 bilgisayar programında hazırlanmış üç boyutlu görünüşü verilmiştir.



Şekil 3.2. Tasarlanan yangın odasının SolidWorks 2007 programındaki hazırlanmış üç boyutlu görünüşü

Yangın odasının dış duvarları, 9cm kalınlığında tuğla kullanılarak iki sıra halinde örülmüştür. Duvarların deney sırasında devrilmemesi için, tuğlalar birbirlerine şaşırtmalı bir şekilde yerleştirilmiştir. Yangın odasının taban kısmı 120x30x10mm'lik gaz beton lentolar kullanılarak oluşturulmuştur. Yangın odasının taban kısmının oluşturulması, gerçekleştirilen deney sonucunda oluşan küllerin yangın odasından tahliye edilmesini kolaylaştırılmıştır.



Şekil 3.3. Tavan malzemesi olarak kullanılan saç levhalar

Yangın odasının tavanı, 3 adet 92.5x25.5x2mm'lik saç levha kullanılarak kapatılmıştır. Yangın odasının tavan kısmını oluşturan Şekil 3.3'de gösterilen saç levhalar birbirlerine bağlantı kısımlarından bağlanarak sabitlenmiştir.

Gerçekleştirilen deneyin amacı, artı kesitli ahşap kolonun dış yüzeylerindeki kömürleşmenin; homotetik yani tüm yüzeylerde eş bir şekilde oluşup olmayacağının belirlenmesi olduğundan yangın odasındaki sıcaklık gelişimi ile ilgili ısı dengeleme hesabı yapılmamıştır. Ancak, yangın odasında gerçekleştirilen deney sırasındaki ısı kayıplarını minimum düzeye indirgenmesi için yangın odasının ısı yalıtımının gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bunun için, yangın odasının duvarlarını oluşturan çift sıra tuğla arasına ve tavandaki saç levhaların üzerine 7cm. kalınlığında cam yünü ısı yalıtım malzemesi ($\lambda \leq 0.040W / mK$) yerleştirilmiştir. Yangın odasının duvarlarına ve tavanına ısı yalıtım malzemesinin

yerleştirilmesi sırasında cam yünü malzemesinin kalınlığının korunmasına ayrıca özen gösterilmiştir.

Yangın odasının duvarları örüldükten ve ısı yalıtım malzemesinin yangın odasına montajı gerçekleştirildikten sonra yangın odasının dış duvarları yaklaşık 3-4mm kalınlığında çimento harcı ile sıvanmıştır. Böylece deney sırasında yangın odasının duvarlarında oluşabilecek devrilme riski daha da azaltılmıştır.

Yangın odasının içinde, gerçekleşen yanma sonucu oluşan atık gazların yangın odasından tahliyesini sağlamak için ise yangın odasının üst kapağında Şekil 3.4'de gösterilen 2cm çapında 25 adet tahliye deliği bırakılarak atık gaz bacası oluşturulmuştur.



Şekil 3.4. Yangın odasından atık gaz çıkışını sağlamak için saç levha üzerine açılan delikler

Deneyin, yaz mevsiminde gerçekleştirilmesinden dolayı yapılacak her deneyden önce deney sahası olası yangın riskine karşı soğutulmuştur. Ayrıca, yapılan deneyler süresince yangının yanma odası dışına çıkma riskine karşın yangın söndürme cihazı deney sahasında hazır bekletilmiştir.

Şekil 3.5'de hazırlanan yangın odasının ön görünüşü, Şekil 3.6'da ise yangın odasının üst görünüşü verilmiştir.



Şekil 3.5. Hazırlanan yangın odasının ön görünüşü



Şekil 3.6. Hazırlanan yangın odasının üst görünüşü

3.1.2. Numunelerin Hazırlanması

Gerçekleştirilecek yangın deneylerinde kullanılacak ahşap numuneler II. sınıf çam malzeme kullanılarak hazırlanmıştır. 5m. Boyunda 10x10cm'lik kesitler halinde temin edilen kalaslar, 45cm'lik parçalara bölünmüştür. Bölünen parçaların bazılarının budak veya yüzeysel bozukluklar içermesinden dolayı tüm parçaların kesitleri 8.5x8.5cm olacak şekilde tekrar işlenmiştir. Çünkü dolu kesitli ahşap yapı elemanlarında mevcut olabilecek çatlaklar, yarılmalar veya damarlar da yanma hızına etkili olabilmektedir. Bununla birlikte iBMB'de yapılan deneyler, yangın dayanımının bu tür ahşap elemanlarda %25'e kadar azalabileceğini göstermiştir. Bu şekilde artı kesitli numunelerin oluşturulmasında kullanılacak 45cm. boyunda 8.5x8.5cm'lik 15 adet dikdörtgen kesitli numune hazırlanmıştır.

Hazırlanan dikdörtgen kesitli ahşap numuneler beşli gruplar halinde tutkalla birleştirilerek 3 adet artı kesit numunesi oluşturulmuştur. Gerçekleştirilen birleştirme işlemi sırasında ahşap numunelerin yüzeylerine tutkal bulaşmamasına dikkat edilmiştir. Şekil 3.7'de artı kesitli numunenin hazırlanışına ait resimler gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Artı kesitli ahşap numunenin hazırlanması

Tutkal kullanılarak birleştirilen yüzeylerin ayrılmasını önlemek için birleştirilen numuneler 3 gün süreyle yüzeylerinden gerekli araçlarla Şekil 3.8'de gösterildiği gibi preslenerek kurumaya bırakılmıştır.



Şekil 3.8. Hazırlanan artı kesitli ahşap numunenin preslenmesi işlemi

Numuneler, hazırlandıkları tarihten deneyin yapılacağı zamana kadar olan bekleme süresi zarfında rutubet ve sıcaklıktan dolayı herhangi bir bozulmanın oluşmaması için oda sıcaklığında ve rutubetsiz bir ortamda muhafazaya alınmıştır.

3.2. Deneyin Gerçekleştirilmesi

Yangın odası ve deney numuneleri hazırlandıktan sonra hazırlanan numuneler yangın odasında deneye tabi tutulmuştur. Olumsuz hava şartlarından dolayı birinci deney numunesi ilk gün, diğer iki deney numunesi ise ikinci gün deneye tabii tutulmuştur. Deney numunelerinin yakılması için talaş ve farklı tiplerde ahşap parçalar kullanılmıştır.

Hazırlanan numuneler yangın odasının tavanındaki saç levhalar sökülerek yangın odası içerisine yerleştirilmiştir. Deney numunesi yangın odasına yerleştirildikten sonra deney numunesinin etrafına talaş ve ahşap parçaları yerleştirilmiştir. Şekil 3.9'da birinci deney numunesinin yangın odası içersindeki yerleşimi gösterilmiştir.



Şekil 3.9. Birinci deney numunesinin yangın odası içerisine yerleştirilmesi

Deney numunesi yangın odasına yerleştirildikten sonra yangın odası içindeki talaş ve diğer ahşap parçalar yakılarak; deney süresince artı kesitli ahşap numunesinin yüzeylerinde oluşan kömürleşme gözlemlenmiştir.

Birinci deney numunesi yangın odası içerisinde yangın etkisine 19 dakika maruz bırakılmıştır. Deneyin 13. ve 18. dakikalarındaki birinci deney numunesinin yangın odası içerisindeki durumu Şekil 3.10 ve Şekil 3.11'de gösterilmiştir.



Şekil 3.10. Birinci deney numunesinin yangın etkisinin 13. dakikasındaki durumu



Şekil 3.11. Birinci deney numunesinin yangın etkisinin 18. dakikasındaki durumu

Gerçekleştirilen deneylerde artı kesitli ahşap kolon numunesinin kömürleşme tabakasının kalınlığının yangına maruz kaldığı deney süresi artış gösterdiği gözlemlenmiştir. Deneyin 19. dakikasında ise yangın odasındaki yangın söndürüldükten sonra tavandaki saç plakalar sökülerek numune yangın odasından çıkartılmıştır. Gerçekleştirilen yangın deneyi sonunda birinci deney numunesinin görünüşü Şekil 3.12'de gösterilmiştir.



Şekil 3.12. Birinci deney numunesinin deney sonrasındaki görünüşü

Şekil 3.12'de deney numunesinin tüm yüzeylerinin kömürleştiği, tutkal ile yapıştırılan yüzeylerde ise 1-2mm'lik açılmanın olduğu görülmüştür. Deney sonunda, birinci deney numunesi, diğer numuneler için de deneylerin gerçekleştirilip gerekli ölçümlerin yapılacağı zamana kadar muhafaza altına alınmıştır.

Birinci numune deneye tabi tutulduktan sonra yangın odası temizlenerek ikinci deney numunesi yangın odasına yerleştirilmiştir. Şekil 3.13'de ikinci deney numunesinin yangın odasındaki yerleşimi gösterilmiştir. Ahşap kolon numunesinin tüm yüzeylerinde kömürleşmenin aynı anda başlaması için yangın odasının içindeki talaşların üzerine az miktarda mazot dökülmüştür. İkinci deney numunesinin deneyin 2. ve 16. dakikalarındaki durumu Şekil 3.14 ve Şekil 3.15'de gösterilmiştir. Şekil 3.15'de ise deneye tabi tutulan deney

numunesinin yüzeylerinde çok belirgin bir şekilde kömürleşmenin meydana geldiği gözükmektedir.



Şekil 3.13. İkinci deney numunesinin yangın odası içerisindeki yerleşimi



Şekil 3.14. İkinci deney numunesinin yangın etkisinin 2. dakikasındaki durumu



Şekil 3.15. İkinci deney numunesinin yangın etkisinin 16. dakikasındaki durumu

İkinci deney numunesi 20 dakika deneye tabi tutulduktan sonra deney sonlandırılarak numune yangın odasından alınarak soğumaya bırakılmıştır. Şekil 3.16'da deney sonunda ahşap kolon numunesinde oluşan kömürleşme gösterilmiştir.



Şekil 3.16. İkinci deney numunesinin deney sonundaki görünüşü

Şekil 3.17'de, diğer deney numuneleri gibi yangın odasına yerleştirilen üçüncü deney numunesinin yangın odası içindeki yerleşimi gösterilmiştir. Üçüncü deney numunesinin deneyin 3. ve 20 dakikalarındaki durumu Şekil 3.18 ve Şekil 3.19'da gösterilmiştir.



Şekil 3.17. Üçüncü deney numunesinin yangın odası içerisindeki yerleşimi



Şekil 3.18. Üçüncü deney numunesinin yangın etkisinin 3. dakikasındaki durumu

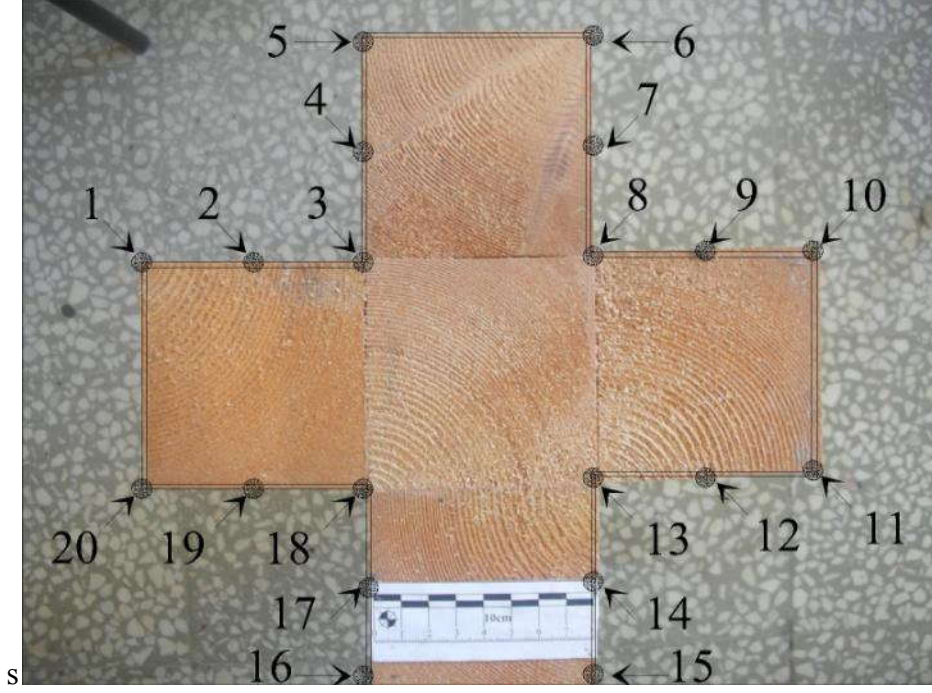


Şekil 3.19. Üçüncü deney numunesinin yangın etkisinin 20. dakikasındaki durumu

Üçüncü deney numunesi yangın odasında deneye tabi tutulduktan sonra numuneler soğuması için bir gece saklanmıştır.

3.3. Deney Sonuçlarının Belirlenmesi

Deneye tabi tutulan artı kesitli ahşap kolon numunelerinin Şekil 3.20'de gösterilen referans noktalarında oluşan kömürleşmenin ölçülmesi için her bir deney numunesi Şekil 3.21'deki gibi iki parçaya ayrılmıştır.



Şekil 3.20. Hazırlanan deney numunesinin kesitinde referans noktalarının gösterilmesi



Şekil 3.21. Kesitleri alınarak numaralandırılan deney numunelerinin görünüşü

Gerçekleştirilen deney sonucunda birinci deney numunesinin referans noktalarında oluşan kömürleşmenin yatay ve düşeydeki kalınlıkları Çizelge 3.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Birinci deney numunesinin referans noktalarındaki kömürleşme değerleri (*mm*)

1A Deney Numunesi						1B Deney Numunesi					
Nokta	<i>x</i>	<i>y</i>	Nokta	<i>x</i>	<i>y</i>	Nokta	<i>x</i>	<i>y</i>	Nokta	<i>x</i>	<i>y</i>
1	10	7	11	13	13	1	12	10	11	12	19
2	0	5	12	0	7	2	0	7	12	0	9
3	4	4	13	2	2	3	5	5	13	6	6
4	5	0	14	4	0	4	6	0	14	7	0
5	10	10	15	12	11	5	19	16	15	11	12
6	12	11	16	17	18	6	10	12	16	5	8
7	6	0	17	7	0	7	9	0	17	6	0
8	5	5	18	6	6	8	8	7	18	4	4
9	0	7	19	0	7	9	0	9	19	0	6
10	14	13	20	13	9	10	12	10	20	12	12

Şekil 3.22 ve Şekil 3.23'de, birinci deney numunesinin yangın deneyinden sonraki kömürleşmiş kesitleri gösterilmiştir. Şekil 3.22 ve Şekil 3.23'deki numunelerin dış köşe noktalarında yuvarlanmanın olduğu gözükmektedir. Kesitin dış köşelerine oluşan bu yuvarlanma etkisi, bu köşelerin yangın etkisine iki yüzeyden maruz kalmasından dolayı meydana gelmektedir.



Şekil 3.22. Yangın etkisine maruz kalmış 1A deney numunesinin kesiti



Şekil 3.23. Yangın etkisine maruz kalmış 1B deney numunesinin kesiti

Birinci deney numunesi deneye 19 dakika tabi tutulmuştur. Çizelge 3.2'de birinci deney numunesinin referans noktalarında oluşan kömürleşme tabakasının kalınlıklarının deney süresine bölünmesiyle referans noktalarındaki kömürleşme hızları gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. Birinci deney numunesinin referans noktalarındaki kömürleşme hızı ($mm / dak.$)

1A Deney Numunesi						1B Deney Numunesi					
Nokta	x	y	Nokta	x	y	Nokta	x	y	Nokta	x	y
1	0.53	0.37	11	0.68	0.68	1	0.63	0.53	11	0.63	1.00
2	0.00	0.26	12	0.00	0.37	2	0.00	0.37	12	0.00	0.47
3	0.21	0.21	13	0.11	0.11	3	0.26	0.26	13	0.32	0.32
4	0.26	0.00	14	0.21	0.00	4	0.32	0.00	14	0.37	0.00
5	0.53	0.53	15	0.63	0.58	5	1.00	0.84	15	0.58	0.63
6	0.63	0.58	16	0.89	0.95	6	0.53	0.63	16	0.26	0.42
7	0.32	0.00	17	0.37	0.00	7	0.47	0.00	17	0.32	0.00
8	0.26	0.26	18	0.32	0.32	8	0.42	0.37	18	0.21	0.21
9	0.00	0.37	19	0.00	0.37	9	0.00	0.47	19	0.00	0.32
10	0.74	0.68	20	0.68	0.47	10	0.63	0.53	20	0.63	0.63

Birinci deney numunesinin iç köşe noktalarındaki kömürleşme hızının artı kesitin dış köşe noktalarındaki kömürleşme hızına oranları Çizelge 3.3'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.3. Birinci deney numunesinin iç köşelerindeki yanma hızının kesitin dış köşelerindeki yanma hızına oranları

1A Deney Numunesi			1B Deney Numunesi		
İç K. No / Dış Köşe No	x	y	x	y	
3. Nokta / 1. Nokta	0.40	0.57	3. Nokta / 1. Nokta	0.42	0.50
3. Nokta / 5. Nokta	0.40	0.40	3. Nokta / 5. Nokta	0.26	0.31
8. Nokta / 6. Nokta	0.42	0.45	8. Nokta / 6. Nokta	0.80	0.58
8. Nokta / 10. Nokta	0.36	0.38	8. Nokta / 10. Nokta	0.67	0.70
13. Nokta / 11. Nokta	0.15	0.15	13. Nokta / 11. Nokta	0.50	0.32
13. Nokta / 15. Nokta	0.17	0.18	13. Nokta / 15. Nokta	0.55	0.50
16. Nokta / 18. Nokta	0.35	0.33	16. Nokta / 18. Nokta	0.80	0.50
18. Nokta / 20. Nokta	0.46	0.67	18. Nokta / 20. Nokta	0.33	0.33

Gerçekleştirilen deney sonucunda ikinci deney numunesindeki referans noktalarında oluşan kömürleşmenin yatay ve düşeydeki kalınlıkları Çizelge 3.4'de gösterilmiştir.

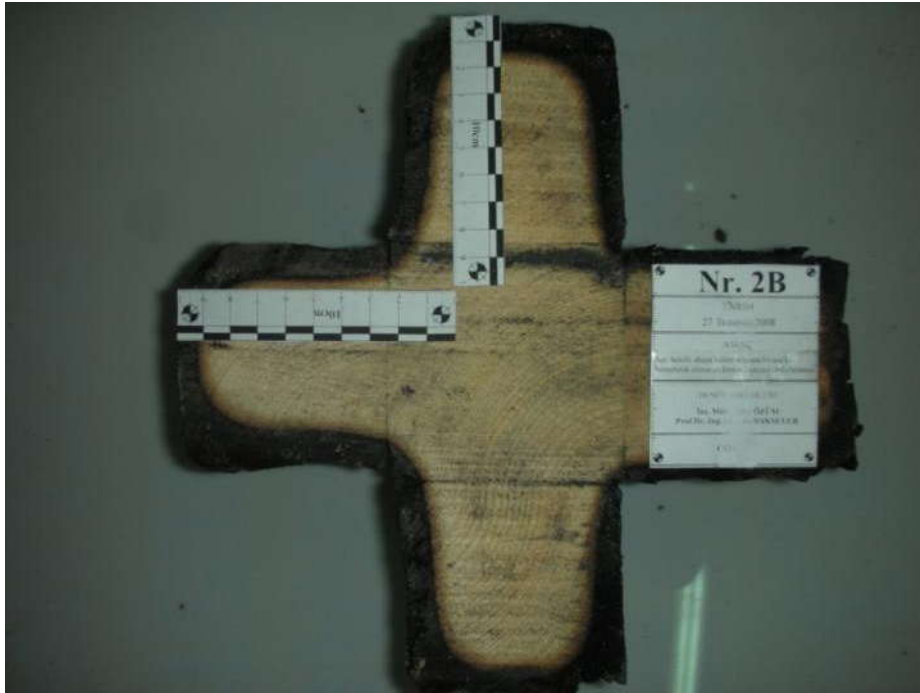
Çizelge 3.4. İkinci deney numunesinin referans noktalarındaki kömürleşme değerleri (*mm*)

2A Deney Numunesi						2B Deney Numunesi					
Nokta	<i>x</i>	<i>y</i>	Nokta	<i>x</i>	<i>y</i>	Nokta	<i>x</i>	<i>y</i>	Nokta	<i>x</i>	<i>y</i>
1	14	11	11	12	10	1	19	17	11	12	10
2	0	9	12	0	4	2	0	12	12	0	8
3	6	6	13	3	3	3	7	7	13	5	5
4	9	0	14	5	0	4	10	0	14	12	0
5	15	14	15	7	6	5	16	13	15	19	17
6	14	14	16	8	9	6	15	16	16	18	16
7	9	0	17	0	6	7	9	0	17	12	0
8	4	5	18	4	4	8	4	4	18	7	7
9	0	9	19	0	6	9	0	9	19	0	12
10	13	11	20	12	10	10	10	10	20	18	17

Şekil 3.24 ve Şekil 3.25'da, ikinci deney numunesinin yangın deneyinden sonraki kömürleşmiş kesitleri gösterilmiştir. Şekillerdeki numunelerin üzerine yerleştirilen ölçekler kullanılarak artı kesitli ahşap kolon numunesinin yüzeylerinde oluşan kömürleşmenin, kesitin her noktasında eş olmadığının belirlenmesi kolaylaştırılmıştır.



Şekil 3.24. yangın etkisine maruz kalmış 2A deney numunesinin kesiti



Şekil 3.25. Yangın etkisine maruz kalmış 2B deney numunesinin kesiti

İkinci deney numunesi deneye 20 dakika tabi tutulmuştur. İkinci deney numunesinin referans noktalarındaki kömürleşme hızları Çizelge 3.5'de gösterilmiştir. İkinci deney numunesinin iç köşe noktalarındaki kömürleşme hızının artı kesitin dış köşe noktalarındaki kömürleşme hızına oranları Çizelge 3.6'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.5. İkinci deney numunesinin referans noktalarındaki kömürleşme hızı (*mm / dak.*)

2A Deney Numunesi						2B Deney Numunesi					
Nokta	x	y	Nokta	x	y	Nokta	x	y	Nokta	x	y
1	0.70	0.55	11	0.60	0.50	1	0.95	0.85	11	0.60	0.50
2	0.00	0.45	12	0.00	0.20	2	0.00	0.60	12	0.00	0.40
3	0.30	0.30	13	0.15	0.15	3	0.35	0.35	13	0.25	0.25
4	0.45	0.00	14	0.25	0.00	4	0.50	0.00	14	0.60	0.00
5	0.75	0.70	15	0.35	0.30	5	0.80	0.65	15	0.95	0.85
6	0.70	0.70	16	0.40	0.45	6	0.75	0.80	16	0.90	0.80
7	0.45	0.00	17	0.00	0.30	7	0.45	0.00	17	0.60	0.00
8	0.20	0.25	18	0.20	0.20	8	0.20	0.20	18	0.35	0.35
9	0.00	0.45	19	0.00	0.30	9	0.00	0.45	19	0.00	0.60
10	0.65	0.55	20	0.60	0.50	10	0.50	0.50	20	0.90	0.85

Çizelge 3.6. İkinci deney numunesinin iç köşelerindeki yanma hızının kesitin dış köşelerindeki yanma hızına oranları

2A Deney Numunesi			2B Deney Numunesi		
İç K. No / Dış Köşe No	x	y	İç K. No / Dış Köşe No	x	y
3. Nokta / 1. Nokta	0.43	0.55	3. Nokta / 1. Nokta	0.37	0.41
3. Nokta / 5. Nokta	0.40	0.43	3. Nokta / 5. Nokta	0.44	0.54
8. Nokta / 6. Nokta	0.29	0.36	8. Nokta / 6. Nokta	0.27	0.25
8. Nokta / 10. Nokta	0.31	0.45	8. Nokta / 10. Nokta	0.40	0.40
13. Nokta / 11. Nokta	0.25	0.30	13. Nokta / 11. Nokta	0.42	0.50
13. Nokta / 15. Nokta	0.43	0.50	13. Nokta / 15. Nokta	0.26	0.29
16. Nokta / 18. Nokta	0.50	0.44	16. Nokta / 18. Nokta	0.39	0.44
18. Nokta / 20. Nokta	0.33	0.40	18. Nokta / 20. Nokta	0.39	0.41

Gerçekleştirilen deney sonucunda üçüncü deney numunesindeki referans noktalarında oluşan kömürleşmenin yatay ve düşeydeki kalınlıkları Çizelge 3.7'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.7. Üçüncü deney numunesinin referans noktalarındaki kömürleşme değerleri (*mm*)

3A Deney Numunesi						3B Deney Numunesi					
Nokta	<i>x</i>	<i>y</i>	Nokta	<i>x</i>	<i>y</i>	Nokta	<i>x</i>	<i>y</i>	Nokta	<i>x</i>	<i>y</i>
1	10	13	11	3	4	1	13	15	11	11	9
2	0	12	12	0	3	2	0	12	12	0	5
3	6	6	13	2	2	3	8	8	13	4	4
4	9	0	14	5	0	4	9	0	14	10	0
5	14	13	15	9	8	5	14	14	15	16	16
6	10	12	16	14	14	6	16	17	16	15	13
7	6	0	17	9	0	7	10	0	17	9	0
8	4	4	18	6	6	8	5	5	18	5	5
9	0	6	19	0	9	9	0	9	19	0	9
10	9	9	20	12	12	10	12	13	20	17	15

Şekil 3.26 ve Şekil 3.27'de, üçüncü deney numunesinin yangın deneyinden sonraki kömürleşmiş kesitleri gösterilmiştir. Şekillerdeki numunelerin üzerine yerleştirilen ölçekler kullanılarak artı kesitli ahşap kolon numunesinin yüzeylerinde oluşan kömürleşmenin kesitin her noktasında eş olmadığı bu deney numunesi için daha belirgin bir şekilde gözükmemektedir.



Şekil 3.26. Yangın etkisine maruz kalmış 3A deney numunesinin kesiti



Şekil 3.27. Yangın etkisine maruz kalmış 3B deney numunesinin kesiti

Üçüncü deney numunesi deneye 25 dakika tabi tutulmuştur. Üçüncü deney numunesinin referans noktalarındaki kömürleşme hızları Çizelge 3.8'de gösterilmiştir. Üçüncü deney numunesinin iç köşe noktalarındaki kömürleşme hızının artı kesitin dış köşe noktalarındaki kömürleşme hızına oranları Çizelge 3.9'da gösterilmiştir.

Çizelge 3.8. Üçüncü deney numunesinin referans noktalarındaki kömürleşme hızı (mm / dak)

3A Deney Numunesi						3B Deney Numunesi					
Nokta	x	y	Nokta	x	y	Nokta	x	y	Nokta	x	y
1	0.40	0.52	11	0.12	0.16	1	0.52	0.60	11	0.44	0.36
2	0.00	0.48	12	0.00	0.12	2	0.00	0.48	12	0.00	0.20
3	0.24	0.24	13	0.08	0.08	3	0.32	0.32	13	0.16	0.16
4	0.36	0.00	14	0.20	0.00	4	0.36	0.00	14	0.40	0.00
5	0.56	0.52	15	0.36	0.32	5	0.56	0.56	15	0.64	0.64
6	0.40	0.48	16	0.56	0.56	6	0.64	0.68	16	0.60	0.52
7	0.24	0.00	17	0.36	0.00	7	0.40	0.00	17	0.36	0.00
8	0.16	0.16	18	0.24	0.24	8	0.20	0.20	18	0.20	0.20
9	0.00	0.24	19	0.00	0.36	9	0.00	0.36	19	0.00	0.36
10	0.36	0.36	20	0.48	0.48	10	0.48	0.52	20	0.68	0.60

Çizelge 3.9. Üçüncü deney numunesinin iç köşelerindeki yanma hızının kesitin dış köşelerindeki yanma hızına oranları

3A Deney Numunesi			3B Deney Numunesi		
İç K. No / Dış Köşe No	x	y	İç K. No / Dış Köşe No	x	y
3. Nokta / 1. Nokta	0.60	0.46	3. Nokta / 1. Nokta	0.62	0.53
3. Nokta / 5. Nokta	0.43	0.46	3. Nokta / 5. Nokta	0.57	0.57
8. Nokta / 6. Nokta	0.40	0.33	8. Nokta / 6. Nokta	0.31	0.29
8. Nokta / 10. Nokta	0.44	0.44	8. Nokta / 10. Nokta	0.42	0.38
13. Nokta / 11. Nokta	0.67	0.50	13. Nokta / 11. Nokta	0.36	0.44
13. Nokta / 15. Nokta	0.22	0.25	13. Nokta / 15. Nokta	0.25	0.25
16. Nokta / 18. Nokta	0.43	0.43	16. Nokta / 18. Nokta	0.33	0.38
18. Nokta / 20. Nokta	0.50	0.50	18. Nokta / 20. Nokta	0.29	0.33

Gerçekleştirilen deneyler sonucunda artı kesitli deney numunelerinin dış köşelerinde oluşan kömürleşmenin, kesitin iç köşelerinde oluşan kömürleşmeden daha fazla olduğu ve bu değişimin lineere yakın bir biçimde meydana geldiği belirlenmiştir. Bu etki, deneye tabi tutulan numunelerin gerçekleştirilen deneyler sonundaki resimlerinde de belirgin bir şekilde gözlenmektedir.

Çizelge 3.10'da, her bir deney numunesi için ortalama iç/dış köşe yanma hızı oranları gösterilmiştir. Her bir deney numunesi için hesaplanan bu oranların ortalaması alınarak iç köşelerdeki yanma hızının dış köşelerdeki yanma hızının 0.42 katı olduğu saptanmıştır.

Çizelge 3.10. Her bir deney numunesi için ortalama iç/dış köşe yanma hızı oranları

Deney Numunesi Nr.	İç köşe / Dış Köşe Yanma Hızı Oranı
I	0.44
II	0.39
II	0.42
Ortalama	0.42

Artı kesitli ahşap kolonun yangın etkisi altında homotetik olmayan bir biçimde daraldığının belirlenmesi, artı kesit geometrisindeki kolonların yangın dayanımının belirlenmesinde iç köşelerde farklı yanma hızının da dikkate alınması gerektiğini ortaya çıkarmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Geliştirilmiş Bilgisayar Programının Tanıtımı

Farklı kesit geometrisindeki ahşap kolonların yangın dayanımlarının hesaplanması için, yüksek seviyeli programlama dilleri kullanılarak birbirinden bağımsız bilgisayar programları geliştirilmiştir (Pholz). Geliştirilen bilgisayar programlarının, farklı programlama dillerinde ve birbirinden bağımsız olarak geliştirilmesindeki amaç, aynı analiz sonuçlarına farklı programlama dillerinde yazılmış programlarla erişmektir.

Geliştirilen bilgisayar programı, ana program ve ana programa bağlı alt programlar şeklinde hazırlanmıştır. Ana programın daha küçük alt programlara bölünmesindeki amaç, programlamanın daha modüler biçimde yapılarak, program kodlarının daha anlaşılır olmasını sağlamaktır. Ayrıca programın daha küçük alt programlara bölünmesi, programın veya hesap yönteminin geliştirilmesi gerekli durumlarda programın geliştirilmesini kolaylaştırmaktır.

Programların hazırlanmasında kullanılan programlama dilleri aşağıda gösterilmiştir:

1. Fortran
2. Matlab

4.1.1. Kullanılan Programlama Dillerinin Genel Özellikleri:

Fortran:

Fortran, 1954 yılında IBM firmasında görevli John BACKUS ile yönetimindeki grubun bilgisayarların yüksek düzeyli dille programlanması için gerçekleştirdiği “Specifications for the IBM Mathematical Formula Translating System, FORTRAN” adlı çalışma sonucu, yüksek seviyeli bir bilgisayar programlama dili olarak ortaya çıkmıştır. Bu dil içerisinde, DO çevrimleri, Giriş-Çıkış (I/O) deyimleri, atama deyimleri, matris işlemleri ve denklem sistemleri ile diferansiyel denklem sistemlerinin çözümlerini kolaylaştıracak özellikler mevcuttur. Fakat bu özellikler, ilk Fortran derleyicileri içerisinde mevcut olmayıp ilerleyen zamanlardaki derleyicilere katılmıştır.

Aşağıda çıkış tarihlerine göre Fortran derleyicileri gösterilmiştir:

1. Fortran I
2. Fortran 66
3. Fortran 77
4. Fortran 90
5. Fortran 2000

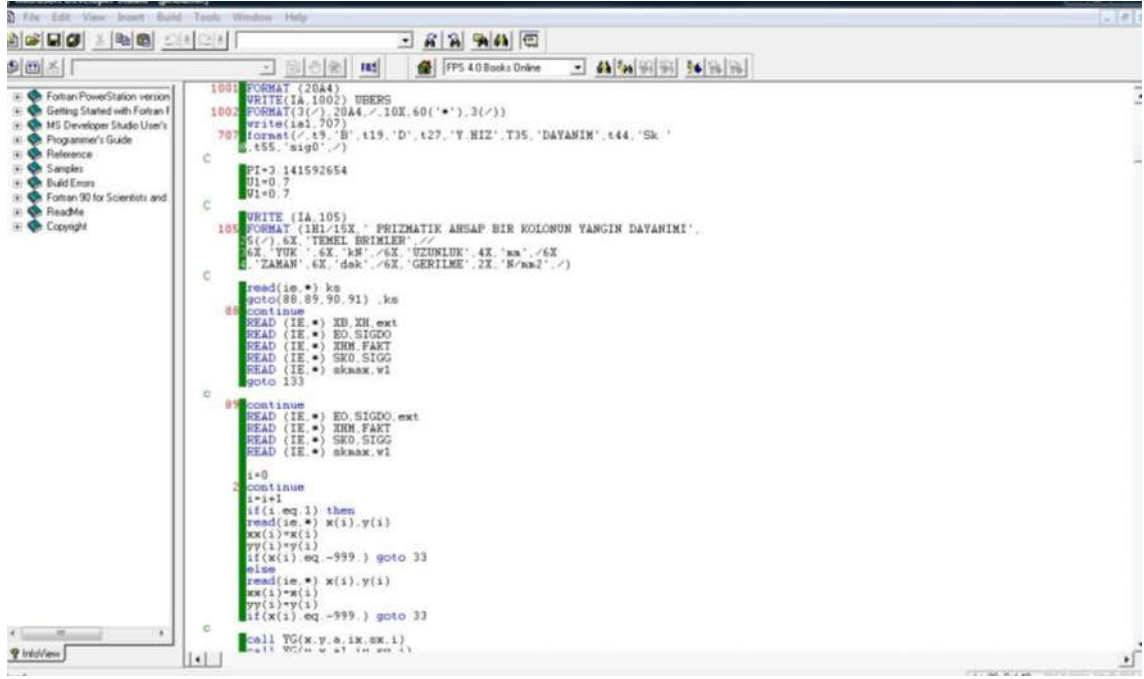
Yukarıda gösterilen Fortran derleyicileri, özel firmalar tarafından güncelleştirilip Microsoft DOS komut sistemi ortamından çıkartılarak Microsoft Windows tabanlı derleyiciler haline dönüştürülmüştür. Bu güncelleme işlemleri sırasında derleyicilerin içerisine yeni fonksiyon kütüphaneleri eklenmiş ve Fortan'ın işlem yapabileceği toplam satır kapasitesi arttırılmıştır.

Günümüzde Fortran derleyicileri, özgür yazılımın bir temsilcisi haline gelen işletim sistemi Linux/Unix işletim sistemleri tarafından da desteklenmektedir. Microsoft Windows ortamında Fortran kullanılarak hazırlanan bir uygulama kolaylıkla Linux/Unix ortamında derlenerek Microsoft Windows tabanlı olmayan bilgisayarlarda çalışacak hale getirilebilmektedir.

Günümüzde ise en çok kullanılan Microsoft Windows tabanlı Fortran derleyicileri şunlardır:

- Microsoft Developer Studio
- Microsoft Fortran Powerstation
- Lahey Fortran Compiler
- Intel Visual Fortran Compiler
- PGI Visual Fortran

Şekil 4.1'de Microsoft Developer Studio derleyicisinin kullanıcı ara yüzünün (GUI) görüntüsü gösterilmiştir. Bu kullanıcı ara yüzleri derleyiciden derleyiciye değişmektedir.



Şekil 4.1. Microsoft Developer Studio derleyicisi kullanıcı ara yüzü

Fortran programlama dili içerisinde diğer programlama dillerinde olduğu gibi daha önceden hazırlanmış birçok matematiksel alt program bulunmaktadır. Bazı üniversitelerinden internet sitelerinden özel amaçlara yönelik hazırlanmış alt programlar (sub-routines) temin edilebilmektedir.

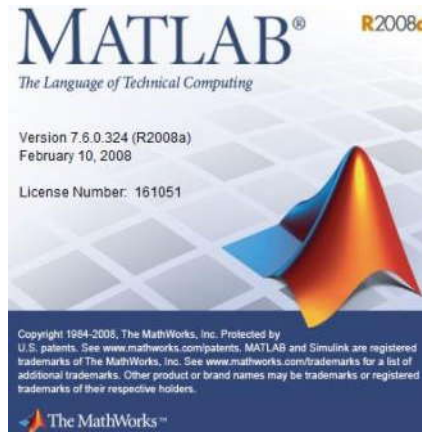
Fortran programlama dilinin sahip olduğu en önemli özellikler şunlardır:

1. Yeni çıkan bir Fortran standardının, bir önceki standardı desteklemek zorunda olması,
2. Diğer birçok yüksek seviyeli programlama dilinin ulaşamadığı satır kapasitesine ulaşabilmesi,
3. Fortran'ın köklü bir geçmişinin olmasından dolayı, program ile ilgili geniş dokümantasyonun ağının ve birçok özel amaca yönelik hazır fonksiyonların bulunması,
4. Ücretsiz Fortran derleyicilerinin kolaylıkla temin edilebilmesi,
5. Hazırlanan uygulamaların farklı işletim sistemlerinde kolaylıkla derlenerek çalıştırılabilir olmasıdır.

Matlab:

Matlab, ismini “Matrix Laboratory”den alan sayısal ve sembolik hesaplamalar, veri çözümlenmesi, gerçek ortamda test ve ölçüm, çok gelişmiş çizim işlemleri, algoritma geliştirme, ileri seviyeli programlama, mühendislik ve bilimsel uygulamaları ile tüm dünyada birçok alanda yaygın olarak kullanılan bir programlama dilidir.

Matlab, MathWorks firması tarafından her yılın bahar ve güz döneminde, a ve b sürümleri olmak üzere iki sürüm olarak piyasaya sürülmektedir. Şekil 4.2’de Matlab’in 2008a sürümünün açılış ekranı gösterilmiştir.

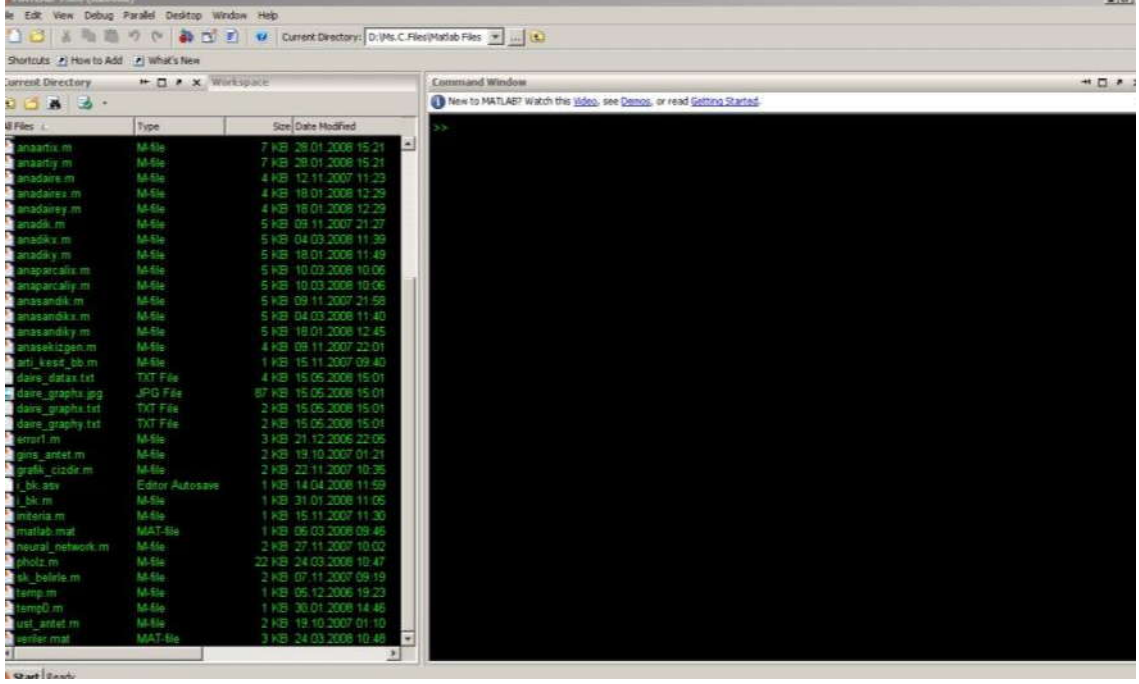


Şekil 4.2. Matlab programı açılış ekranı

Matlab'in sürümleri arasındaki farklılıklar daha çok “toolbox” olarak adlandırılan belirli amaçlara yönelik hazırlanmış fonksiyon kütüphanelerinde ve yeni çıkan işletim sistemlerine yazılımın uygunluğunun sağlanması için program dosyalarında yapılan değişiklikleri (patch) içermektedir. Matlab'in Microsoft Windows sürümlerinin dışında Linux sürümleri de son kullanıcıların kullanımına sunulmuştur.

Matlab, derleyiciye (compiler) ihtiyaç duymadan sadece yorumlanan bir dildir. Bu özelliği Matlab'e büyük bir esneklik ve çalışma ortamından bağımsızlık getirmiştir. Matlab her ne kadar yorumlanan bir dil olsa bile içerisindeki eklentilerle çalıştırılabilir dosya, C++, Java, .NET uygulamalarına dönüştürülebilmektedir.

Matlab'de işlemler, komut satırından kullanıcı ara yüzü (GUI-Graphical User Interface) kullanılarak veya kullanıcı tarafından hazırlanan düz yazı dosyası içerisine yerleştirilen sıralı komutların işleme konması ile çalıştırılabilir. Şekil 4.3'de Matlab kullanıcı ara yüzü gösterilmiştir.



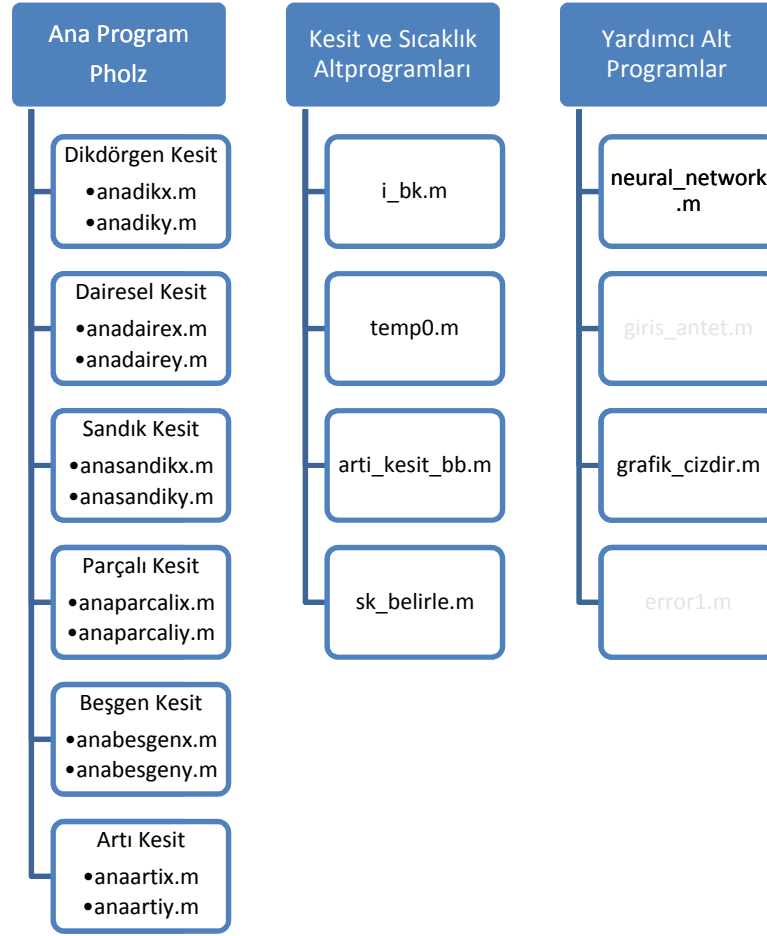
Şekil 4.3. Matlab programlama dili kullanıcı ara yüzü

Matlab'in içinde mühendisliğin birçok alanı için hazırlanmış binlerce hazır fonksiyon vardır. Bu gelişmiş fonksiyon veritabanı ile Matlab çok güçlü bir programlama dili özelliği taşımaktadır. Ayrıca Matlab, içerisinde bölümlere ayrılmış özel eklentiler (toolbox) ile yapay sinir ağları, bulanık mantık, genetik algoritma, sinyal işleme, şekil tanıma gibi birçok konuda hesap yapma yeteneğine sahiptir.

Ancak, Matlab'in yorumlanan bir dil olmasından dolayı Matlab kullanılarak hazırlanan uygulamaların, derlendikten sonra çalıştırılan uygulamalara göre daha yavaş çalışması programın olumsuz yanını teşkil etmektedir. Yani, hazırlanan program her çalıştırıldığında program içerisindeki tüm kodlar tekrar işletilmektedir. Matlab'in bu olumsuz yanı, günümüzde kişisel bilgisayarların bile yüksek işlemci hızlarına sahip ve yüksek çalışma frekanslarındaki belleklerle donanımlı olmaları sonucunda bir sorun olma niteliğini kaybetmiştir.

Matlab ortamında ahşap kolonların yangın dayanımını belirlemek için hazırlanan program, alt programları ile beraber toplam 4328 satırdan oluşmaktadır. Programa veri girişi ana program dosyasındaki *pholz.m*'den yapılmaktadır. Programın çalıştırılması için sadece ana programın çalıştırılması yeterli olmaktadır. Alt programlar, gerekli duyulduğu hallerde ana program tarafından otomatik olarak çağrılarak çalıştırılmaktadır.

Şekil 4.4’de, gerçekleştirilen çalışma kapsamında Matlab programlama dili kullanılarak hazırlanan programın hiyerarşik yapısı gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Pholz programı Matlab hiyerarşik yapısı

4.1.2. Ana ve Alt Programların Tanımlanması:

pholz.m: Yangın dayanım parametrelerinin hesaplanması için kullanıcıdan giriş verilerini alan, maksimum burkulma boyu ve yanma hızlarına göre iterasyon sayısını bularak gerekli alt programı çağıran ve gerekli yerlerde programı sonlandıran tüm hesaplamaların yapılmasını sağlayan ana program.

anadikx.m: Yangın etkisine maruz dikdörtgen kesitli ahşap kolonun yangın dayanım parametrelerini x yönü göçme durumu için bulan alt program.

anadiky.m: Yangın etkisine maruz dikdörtgen kesitli ahşap kolonun yangın dayanım parametrelerini y yönü göçme durumu için bulan alt program.

anadairex.m: Yangın etkisine maruz dairesel kesitli ahşap kolonun yangın dayanım parametrelerini x yönü göçme durumu için bulan alt program.

anadikx.m: Yangın etkisine maruz dairesel kesitli ahşap kolonun yangın dayanım parametrelerini y yönü göçme durumu için bulan alt program.

anasandikx.m: Yangın etkisine maruz sandık kesitli ahşap kolonun yangın dayanım parametrelerini x yönü göçme durumu için bulan alt program.

anasandiky.m: Yangın etkisine maruz dikdörtgen kesitli ahşap kolonun yangın dayanım parametrelerini y yönü göçme durumu için bulan alt program.

anaparcalix.m: Yangın etkisine maruz dört parçalı dikdörtgen kesitli ahşap kolonun yangın dayanım parametrelerini x yönü göçme durumu için bulan alt program.

anaparcaliy.m: Yangın etkisine maruz dört parçalı dikdörtgen kesitli ahşap kolonun yangın dayanım parametrelerin y yönü göçme durumu için bulan alt program .

anabesgenx.m: Yangın etkisine maruz beşgen kesitli ahşap kolonun yangın dayanım parametrelerini x yönü göçme durumu için bulan alt program.

anabesgeny.m: Yangın etkisine maruz beşgen kesitli ahşap kolonun yangın dayanım parametrelerini y yönü göçme durumu için bulan alt program.

anaartix.m: Yangın etkisine maruz artı kesitli ahşap kolonun farklı iç ve dış köşe yanma hızları altında yangın dayanım parametrelerini x yönü için bulan alt program.

i_bk.m: Dört parçalı dikdörtgen kesitin, atalet momenti ve atalet yarıçaplarını Beton Kalender 1984-Teil II Syf.673-674'e göre hesaplayan alt program.

temp0.m: Ahşap kolonun kesit alanına bağlı olarak, yangın etkisindeki ahşap kolondaki kömürleşmemiş kısımdaki sıcaklığın e^x 'in bir fonksiyonu olarak hesaplayan alt program.

arti_kesit_bb.m: Artı kesitli ahşap kolonun, verilen kol boyutlarına göre köşe noktalarının koordinatlarını hesaplayan, bunları bir matrise yazan ve yangın etkisinden sonraki güncel koordinatları hesaplayan, bunları kenar boyutu haline çeviren alt program.

giris_antet.m: Analizin yapıldığı tarihi, giriş verilerini tutan, bunları ekrana ve analiz dosyalarına yazdıran alt program.

initeria.m: *arti_kesit_bb.m* ile artı kesit için oluşturulan köşe noktalarının x ve y koordinatlarının başlangıç ve ağırlık merkezine göre atalet momentlerini, atalet yarıçaplarını ve mukavemet momentlerini hesaplayan alt program.

sk_belirle: Ahşap kolonun mesnetlenme teşkiline göre, hesaplamalarda kullanılacak burkulma boyunun hesaplanmasını sağlayan alt programdır. Bu alt program ile aşağıdaki sınır şartlarındaki ahşap kolonların burkulma boyları bulunabilmektedir:

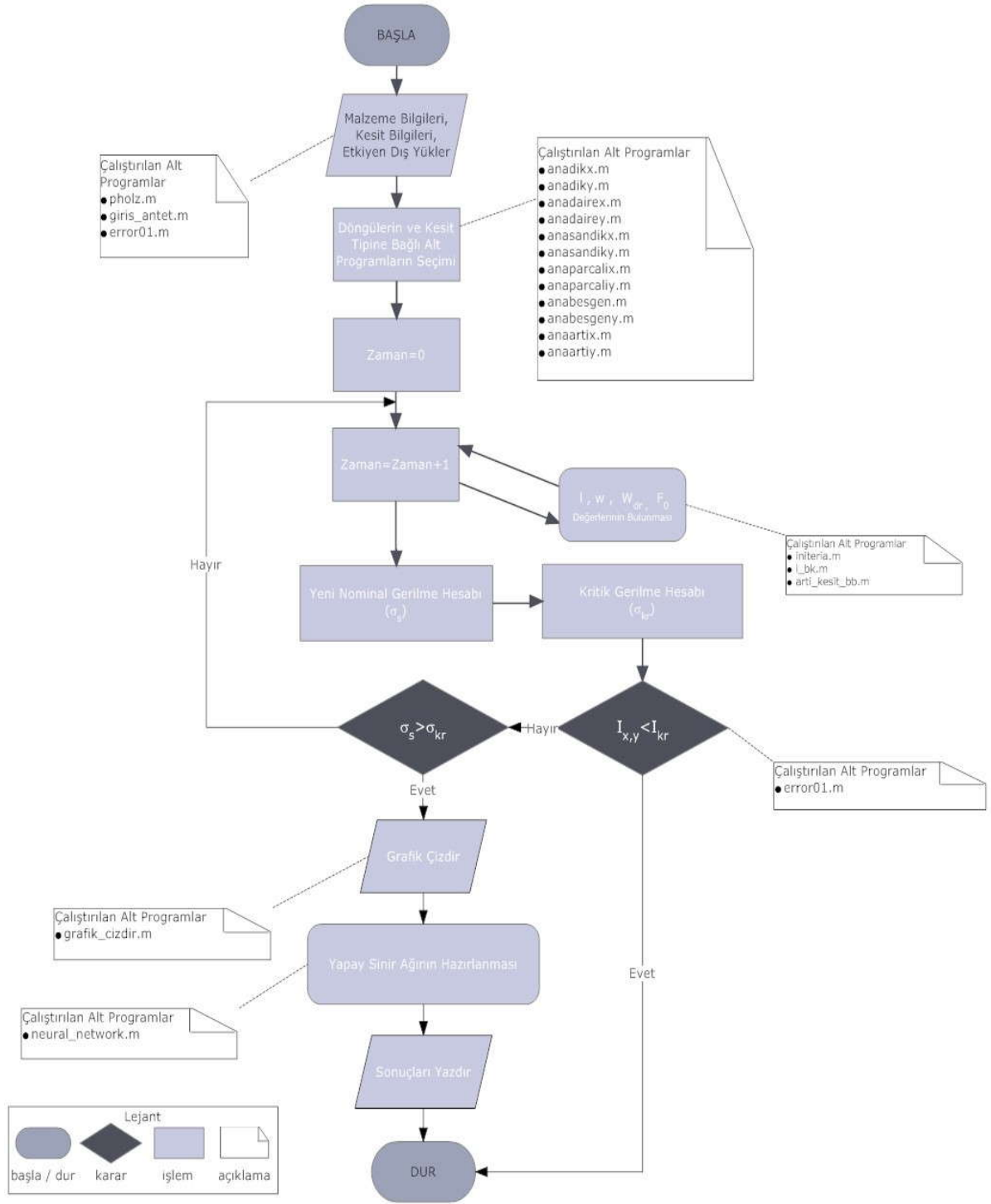
- Alt ve Üst Uç Ankastre
- Üst Uç Mafsallı, Alt Uç Ankastre
- Alt ve Üst Uç Mafsallı
- Alt Uç Ankastre, Üst Uç Serbest

neural_network.m: Analiz öncesinde kurulan giriş verileri ve analiz sonunda oluşturulan matrislerden verilerin okunmasını sağlayan, bu veriler ile ileri beslemeli geri yayımlı yapay sinir ağının öğrenmesini eğimli iniş teorisine göre yapan, yangın dayanım sonuçlarını YSA ile bulunmasını sağlayan alt program.

grafik_cizdir.m: Ana programın çalıştırılması ile hesaplanan yangın dayanım süresinin kesit alanına göre grafiğini gösteren alt program.

error1.m: Ana ve alt programların çalıştırılması sırasında oluşabilecek istisnaları belirleyerek, kullanıcıya uygun hata mesajını vermesini sağlayan alt program.

Şekil 4.5’de farklı kesit geometrisindeki ahşap kolonların yangın dayanımının bulunması için geliştirilen programların akış diyagramı gösterilmiştir.



Şekil.4.5. Pholz programı genel akış diyagramı

4.2. Kolon Atalet Momentinin Göz Önüne Alınması

Dört kenarından yangın etkisine maruz kalan ahşap kolondaki göçme, kolonun x ve y eksenlerindeki kritik kesitlerden önce hangisi göçme durumuna ulaşırsa, o eksen doğrultusunda meydana gelecektir.

Ahşap kolonun göçmesinde ahşap kolonunun hesap doğrultusundaki atalet momenti önemli bir faktördür. Ancak kolonun göçmesinde atalet momentinin yanında aşağıdaki belirtilen diğer etkenler de önemli bir rol oynamaktadır. Bu etmenlerden bazıları şunlardır:

1. Ahşap kolonun yatay ve düşey yüzeylerine farklı kömürleşme hızının etkimesi ($u_1 \neq w_1$).
2. Ahşap kolonun x ve y doğrultularında farklı teşkillerde mesnetlenmesi. Örneğin ahşap kolonunun x doğrultusunda kolon üst ve alt ucu ankastre, ancak y doğrultusunda kolon üst ucu mafsallı olabilir. Bu teşkil sonucunda ahşap kolon iki yönde farklı burkulma boylarına sahip olacaktır.

$$S_{kx} = 0.5 \times S_k$$

$$S_{ky} = 0.7 \times S_k$$

Eğer $u_1 = w_1$ ve $S_{ky} > S_{kx}$ ise yangın etkisine maruz kare kesit geometrisindeki ahşap kolondaki göçme y ekseninde meydana gelecektir.

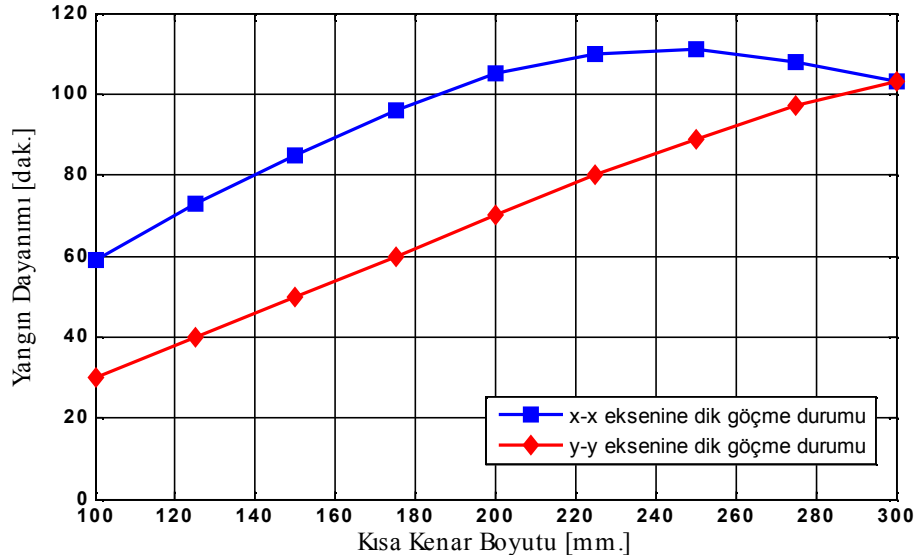
$F = 9 \times 10^4 \text{ mm}^2$ 'lik dikdörtgen kesitli ahşap kolonun bir kenar boyutu devamlı olarak 25mm azaltılırken kolonun diğer boyutu ise kolonun başlangıçtaki kesit alanı aynı kalacak şekilde artırılmıştır. Bu şekilde elde edilen farklı atalet momentlerine sahip sekiz dikdörtgen kesit için Pholz programı ile yapılan analiz sonuçları Çizelge 4.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1'de, kolonun y doğrultusundaki atalet momentinin başlangıç durumuna göre sürekli azalması sonucunda ahşap kolon bu doğrultuda dayanımını kaybederek göçecektir.

Çizelge 4.1. $F = 9 \times 10^4 \text{ mm}^2$ 'lik kesit alanına sahip farklı kesit boyutlarındaki dikdörtgen kesitli kolonun yangın dayanım değerleri

Kesit Boyutları [mm]	Kolon Atalet Momenti $\times 10^8 \text{ [mm}^4\text{]}$		Göçme Durumunda			
	x	y	Y. Dayanımı [dak.]		Dayanım Yüğü [kN]	
b_{10} / d_{10}	x	y	x	y	x	y
300x300	6.75	6.75	103	103	367.19	367.19
275x327	8.01	5.67	108	97	380.41	351.49
250x360	9.72	4.69	111	89	384.19	336.00
225x400	12.00	3.80	110	80	394.59	317.69
200x450	15.12	3.00	105	70	402.48	298.83
175x514	19.80	2.29	96	60	417.73	270.48
150x600	27.00	1.69	85	50	426.87	235.26
125x720	38.88	1.17	73	40	419.73	196.00
100x900	60.75	0.75	59	30	438.01	155.55

Şekil 4.6'da, Çizelge 4.1 doğrultusunda hazırlanan yangın etkisine maruz dikdörtgen kesitli ahşap kolonun yangın dayanımının kenar boyutuna bağlı değişimi gösterilmiştir.



Şekil 4.6. $F = 9 \times 10^4 \text{ mm}^2$ kesit alanına sahip dikdörtgen kesitli ahşap kolonun Çizelge 4.1'e göre farklı eksenlerdeki yangın dayanımının kısa kenara bağlı değişimi

Çizelge 4.2. $F = 9 \times 10^4 \text{ mm}^2$ kesit alanına sahip farklı kesit boyutlarındaki sandık kesitli kolonun yangın dayanım değerleri

İç Çekirdek Boyutları [mm]	Dış Kesit Boyutları [mm]	Kolon Atalet Momenti $\times 10^8 \text{ [mm}^4\text{]}$		Göçme Durumunda			
				Y. Dayanımı [dak.]		Dayanım Yüğü [kN]	
b_2 / d_2	b_{10} / d_{10}	x	y	x	y	x	y
100x100	300.0x333.3	0.93	7.50	105	106	387.36	375.86
	275.0x363.6	1.10	6.30	107	109	389.80	366.35
	250.0x400.0	1.33	5.21	106	108	394.60	369.35
	225.0x444.4	1.65	4.22	90	90	394.60	369.08
	200.0x500.0	2.08	3.33	71	71	587.93	587.93
	175.0x571.4	2.72	2.55	54	54	1188.80	1188.80
	150.0x666.7	3.70	1.88	36	36	1616.97	1616.97

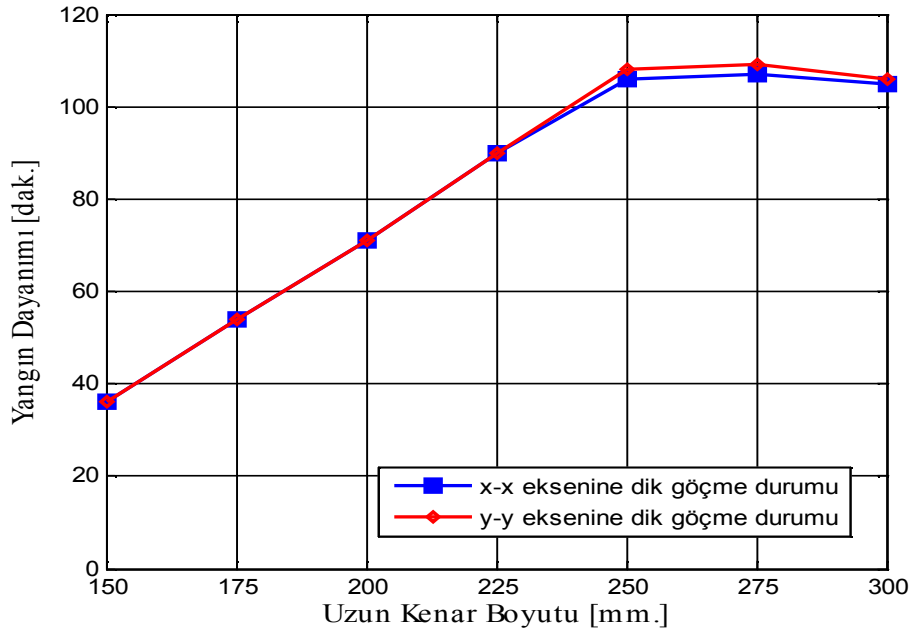
Çizelge 4.2'de, iç çekirdek boyutları $b_2 \times d_2 = 100 \times 100 \text{ mm}$ olan $F = 3 \times 10^4 \text{ mm}^2$ kesit alanındaki sandık kesitli ahşap kolonların x ve y yönündeki yangın dayanım değerleri gösterilmiştir. Çizelge 4.2'deki numunelerin kesit alanı sabit tutularak bir kenar boyutu devamlı olarak azaltılmıştır. Çizelgenin, üçüncü satırdan sonraki numunelerin x ve y yönündeki yangın dayanım değerlerinin eşitlenmektedir. Bu durum, programın ahşap kolonun yangın etkisi ile daralan kesit boyutlarının, iç çekirdeği oluşturan boyutlardan daha küçük olamayacağını kontrol ederek sonlanmasından kaynaklanmaktadır. Dış çekirdek boyutlarının kontrolü Pholz programının alt programları olan *anasandikx.m* ve *anasandiky.m* programları tarafından aşağıdaki şekilde yapılmaktadır:

$$\begin{aligned}
 b_1 &= b_{10} - n \times u_1 \times t \\
 b_1 &= 200 - 2 \times 0.7 \times 71 \\
 b_1 &= 100.6 \text{ mm}
 \end{aligned}
 \quad \rightarrow \quad
 \begin{aligned}
 b_1 &\geq b_2 \\
 b_1 &= 100.2 \text{ mm} \geq b_2 = 100 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d_1 &= d_{10} - n \times w_1 \times t \\
 d_1 &= 500 - 2 \times 0.7 \times 71 \\
 d_1 &= 400.6 \text{ mm}
 \end{aligned}
 \quad \rightarrow \quad
 \begin{aligned}
 d_1 &\geq d_2 \\
 d_1 &= 400.2 \text{ mm} \geq d_2 = 100 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Şekil 4.7'de, Çizelge 4.2'deki numunelerin x ve y yönündeki yangın dayanımlarının kenar boyutunun değişimine bağlı yangın dayanımının değişimi gösterilmiştir. Yukarıda da

bahsedildiği üzere x ve y yönlerindeki yangın dayanımları, kömürleşmemiş kesit boyutlarının iç çekirdek boyutlarına eşit olmasından sonra eşitlenmiştir.

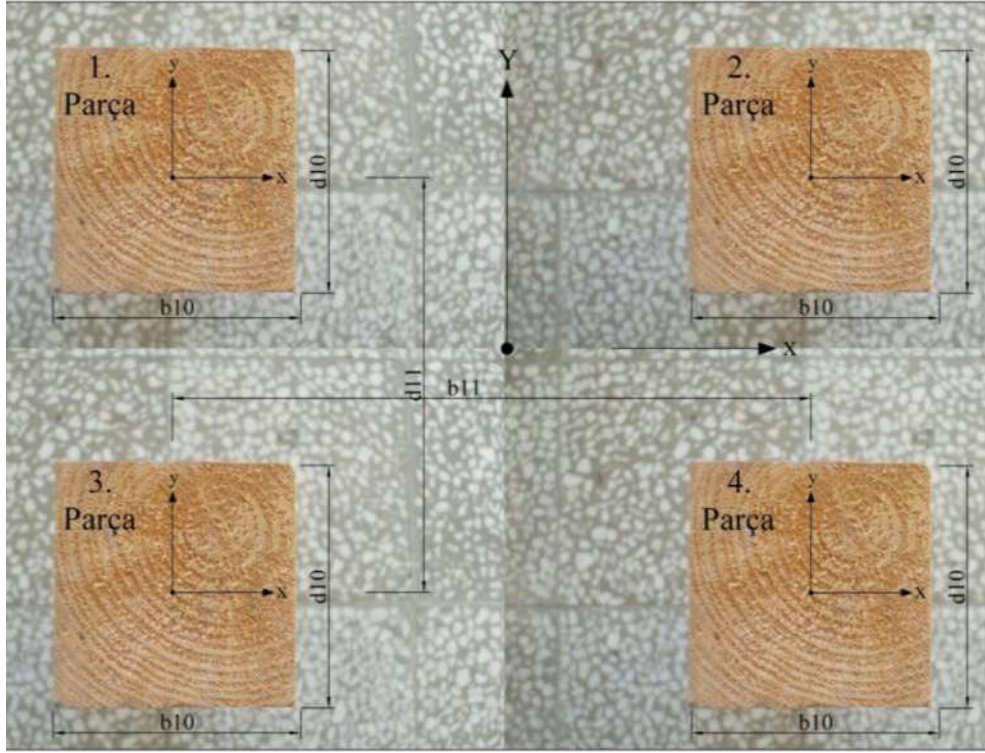


Şekil 4.7. $F = 9 \times 10^4 \text{ mm}^2$ kesit alanına sahip sandık kesitli ahşap kolonun Çizelge 4.2'ye göre farklı eksenlerdeki yangın dayanımının kısa kenara bağlı değişim grafiği

DIN1052'ye Göre Parçalı Kesitlerin Etkin Atalet Momentinin Bulunması:

Bu bölümde parçalı kesit geometrisindeki ahşap kolonlarla ilgili şimdiye kadar hiçbir hesap programında göz önüne alınmamış olan Etkin Atalet Momenti prensibi DIN1052 ye göre uygulanacaktır (Beton Kalender 1967). Böylelikle ahşap kolonun göçme sırasındaki mevcut atalet momentinin, DIN1052 de öngörülen etkin atalet momenti prensibini sağlayıp sağlamadığı da kontrol edilecektir.

Buna göre, geliştirilen bilgisayar programında *i_bk.m* altprogramı oluşturulmuş ve oluşturulan bu alt program parçalı kesitin atalet momentinin hesaplanması gerektiği durumlarda *anaparcalix.m* ve *anaparcaliy.m* alt programları tarafından otomatik olarak çağrılacaktır.



Şekil 4.8. Parçalı kesitte boyutların gösterilmesi ve parçaların numaralandırılması

DIN1052'ye göre parçalı kesitlerin etkin atalet momentinin bulunması aşağıda gösterilmiştir:

- Kesiti oluşturan bir parçanın b_{11} / b_{10} ve d_{11} / d_{10} oranı belirlenir.

$$\rho_x = \frac{b_{11}}{b_{10}} \quad \rho_y = \frac{d_{11}}{d_{10}}$$

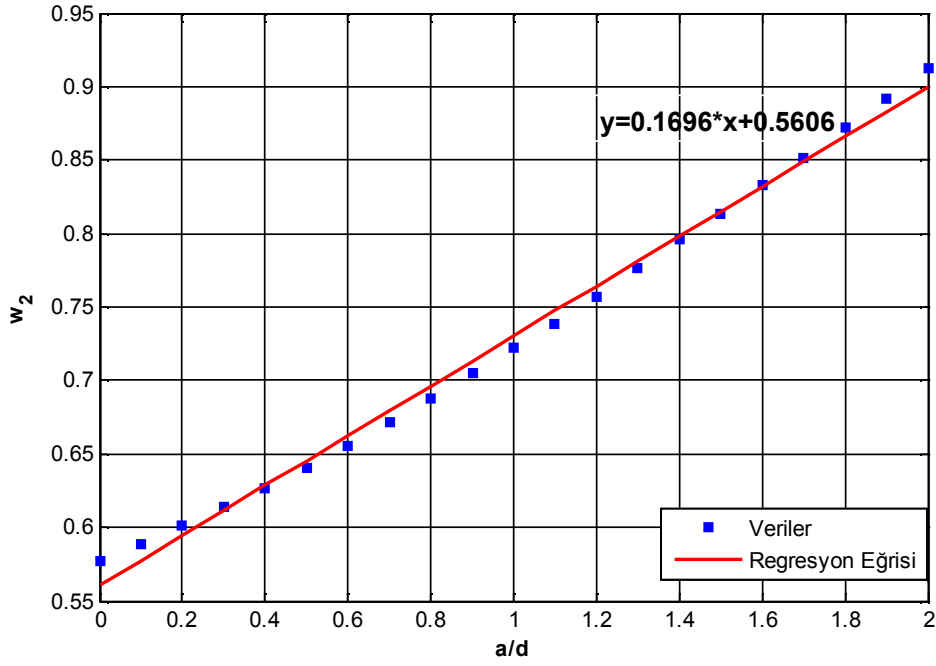
- Belirlenen orana göre ω_x ve ω_y değerleri Çizelge 4.3'den interpolasyon yapılarak bulunur.

Çizelge 4.3. DIN1052'ye göre etkin atalet moment hesap katsayıları

b_{11}/b_{10}	Dikdörtgen Kesit	Dairesel Kesit
	ω_2	ω_3
0.00	0.577	0.559
0.10	0.589	0.571
0.20	0.601	0.583
0.30	0.614	0.596
0.40	0.627	0.610
0.50	0.641	0.625
0.60	0.656	0.640
0.70	0.672	0.656
0.80	0.688	0.672
0.90	0.705	0.690
1.00	0.722	0.707
1.10	0.739	0.725
1.20	0.757	0.743
1.30	0.776	0.762
1.40	0.796	0.781
1.50	0.813	0.800
1.60	0.833	0.820
1.70	0.852	0.840
1.80	0.872	0.860
1.90	0.892	0.881
2.00	0.913	0.901

Çizelge 4.3 yerine dikdörtgen kesitlerin ω_2 katsayısının bulunması için Şekil 4.9'da gösterilen regresyon eğrisi de kullanılabilir. Yapılan analiz sonucunda regresyon eğrisi aşağıdaki denklem ile belirlenmiş olup $\rho_{x,y}$ değerleri denklemde yerine yazılırsa ω_2 katsayısı belirlenebilir.

$$\omega_2 = 0.1696 \times \rho_{x,y} + 0.5606$$



Şekil 4.9. Parçalı kesitte $\omega_{2,xy}$ katsayısının bulunması için belirlenen regresyon eğrisi

- ω_x veya ω_y belirlendikten sonra kesiti oluşturan parçanın boyutları (b_{10}, d_{10}) ile çarpılarak parçalı kesitin x ve y yönündeki atalet yarıçap değerleri bulunur.

$$i_x = \omega_x \times b_{10} \quad i_y = \omega_y \times d_{10}$$

- Parçalı kesitin x ve y yönündeki atalet yarıçaplarının karesi kesit alanı ile çarpılarak kesitin x ve y yönündeki atalet moment değerleri hesaplanır.

$$F = 4 \times (b_{10} \times d_{10}) \rightarrow \begin{matrix} J_x = i_x^2 \times F \\ J_y = i_y^2 \times F \end{matrix}$$

- Atalet moment değerleri ahşap kolonun hesap doğrultusundaki toplam yüksekliğine bölünerek W_x ve W_y değerleri hesaplanır.

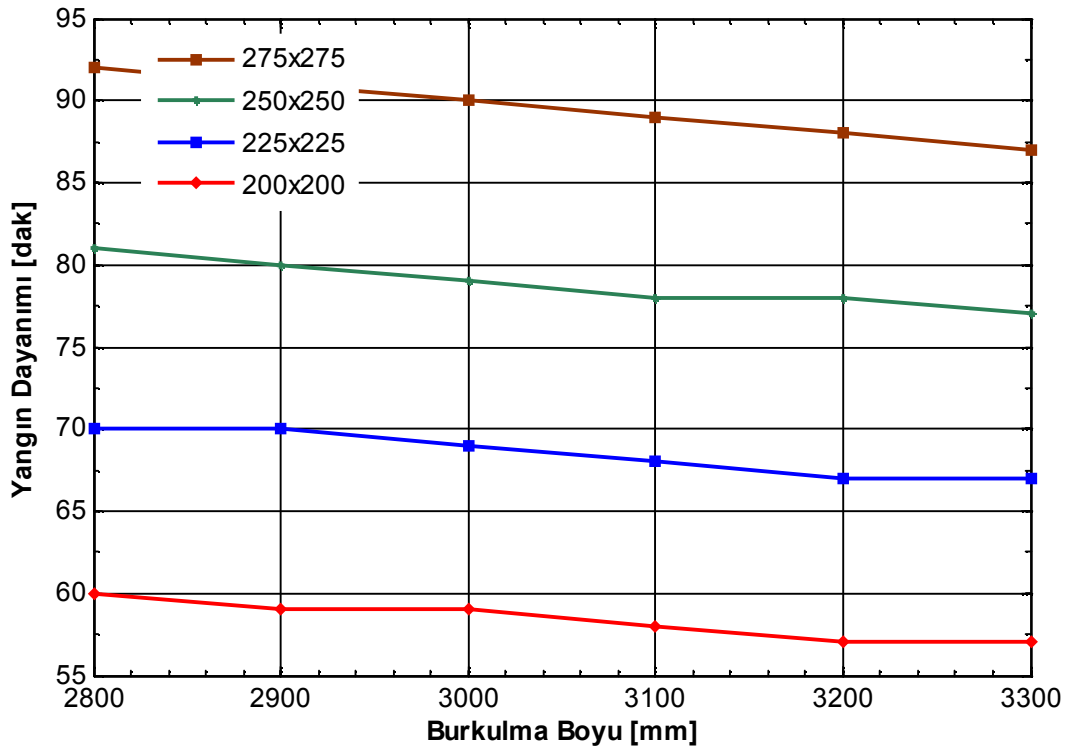
$$W_x = 2 \times \frac{J_x}{(b_{11} + 2 \times b_{10})}$$

$$W_y = 2 \times \frac{J_y}{(d_{11} + 2 \times d_{10})}$$

4.3. Ahşap Kolonun Yangın Dayanımının Burkulma Boyuna Bağlı Değişimi

Ahşap kolonların yangın dayanımının üzerinde etkin olan parametrelerden birinin de burkulma boyu olduğu daha önceden belirtilmişti. Kesit geometrisinden bağımsız olarak ahşap kolonun burkulma boyu arttıkça ahşap kolonun yangın dayanımının azalacağı ortadadır.

Şekil 4.10'da farklı kesit alanlarına sahip dört farklı dikdörtgen kolonun yangın dayanımının kolonun burkulma boyuna göre değişimi gösterilmiştir. Grafikte, artan burkulma boyuna bağlı olarak ahşap kolonların yangın dayanımının lineere yakın bir biçimde azaldığı gözükmemektedir.



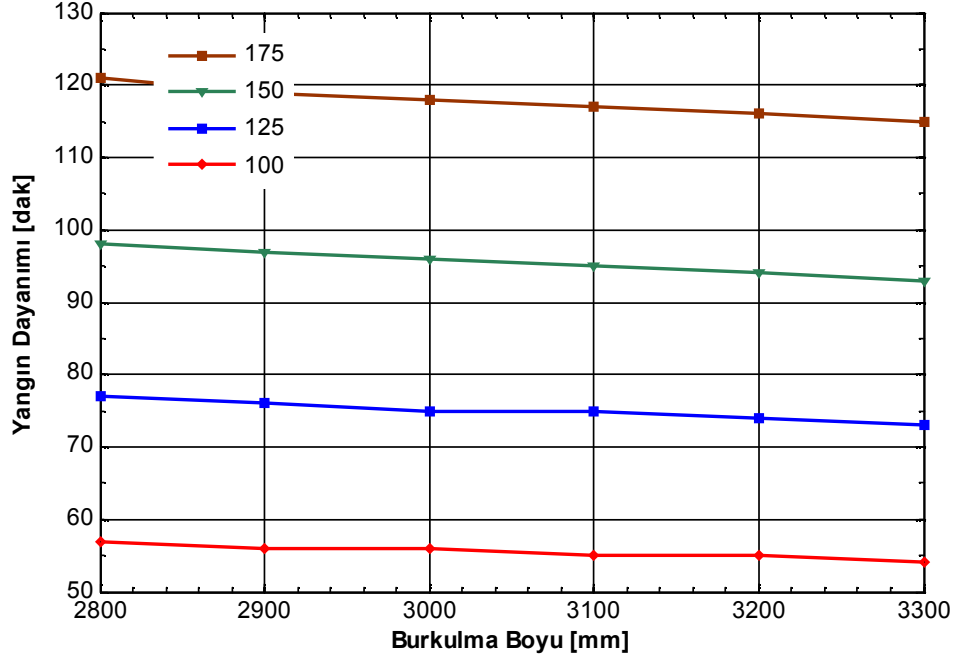
Şekil 4.10. Dikdörtgen kesitli ahşap kolonun yangın dayanımının burkulma boyuna göre değişimi

Çizelge 4.4'deki kesitlerin yangın dayanımının azalmasıyla birlikte kolonun göçme durumunda taşıyabileceği maksimum normal kuvvetin de (basınç) azalmaktadır.

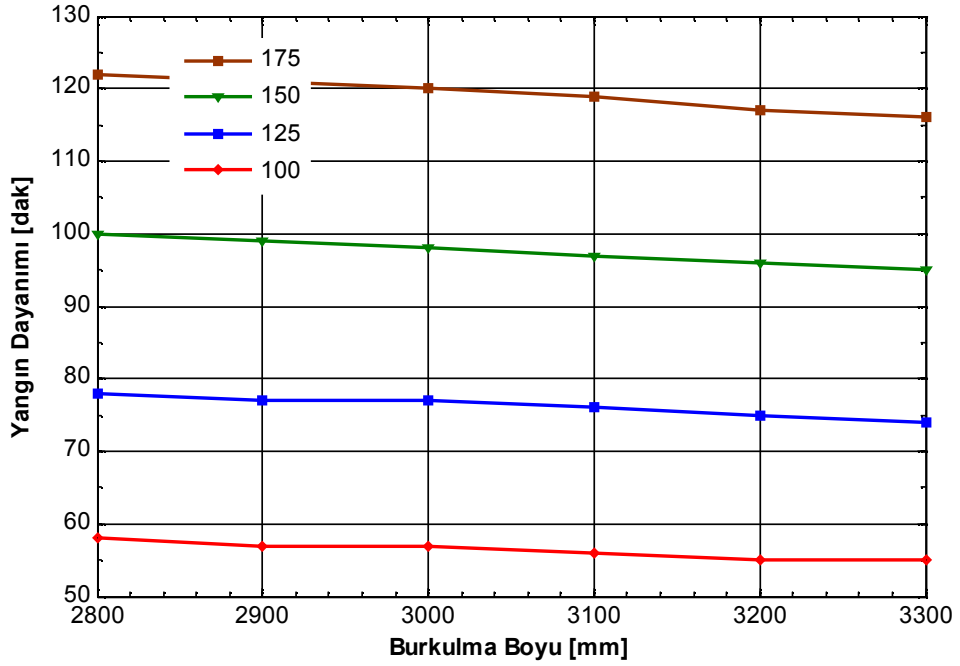
Çizelge 4.4. Farklı kesit alanlarına sahip dikdörtgen kesitli kolonların yangın dayanımının burkulma boyuna bağlı değişimi

Kesit Boyutları [mm]	Burkulma Boyu [mm]	Yangın Dayanımı [dak.]	Dayanım Yüğü [kN]	σ [N/mm ²]	σ_{kr} [N/mm ²]
200x200	2800	60	133.75	10.11	9.94
	2900	59	132.30	9.64	9.60
	3000	59	125.50	9.42	9.11
	3100	58	124.39	8.99	8.81
	3200	57	123.41	8.57	8.54
	3300	57	117.44	8.37	8.13
225x225	2800	70	184.08	11.44	11.41
	2900	70	174.90	11.22	10.84
	3000	69	172.88	10.76	10.49
	3100	68	171.01	10.32	10.15
	3200	67	169.29	9.90	9.84
	3300	67	161.43	9.70	9.38
250x250	2800	81	236.69	12.87	12.68
	2900	80	233.54	12.40	12.26
	3000	79	230.58	11.95	11.87
	3100	78	227.81	11.51	11.49
	3200	78	217.53	11.31	10.97
	3300	77	215.23	10.90	10.64
275x275	2800	81	297.68	14.17	13.93
	2900	80	293.63	13.70	13.48
	3000	79	289.80	13.25	13.05
	3100	78	286.16	12.81	12.65
	3200	78	282.73	12.38	12.27
	3300	77	279.49	11.97	11.91

Şekil 4.11 ve Şekil 4.12’de dairesel ve altıgen kesitli ahşap kolonlar için Pholz programı ile yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen farklı kesitlerdeki yangın dayanımının kolonun burkulma boyuna göre değişimi gösterilmiştir.



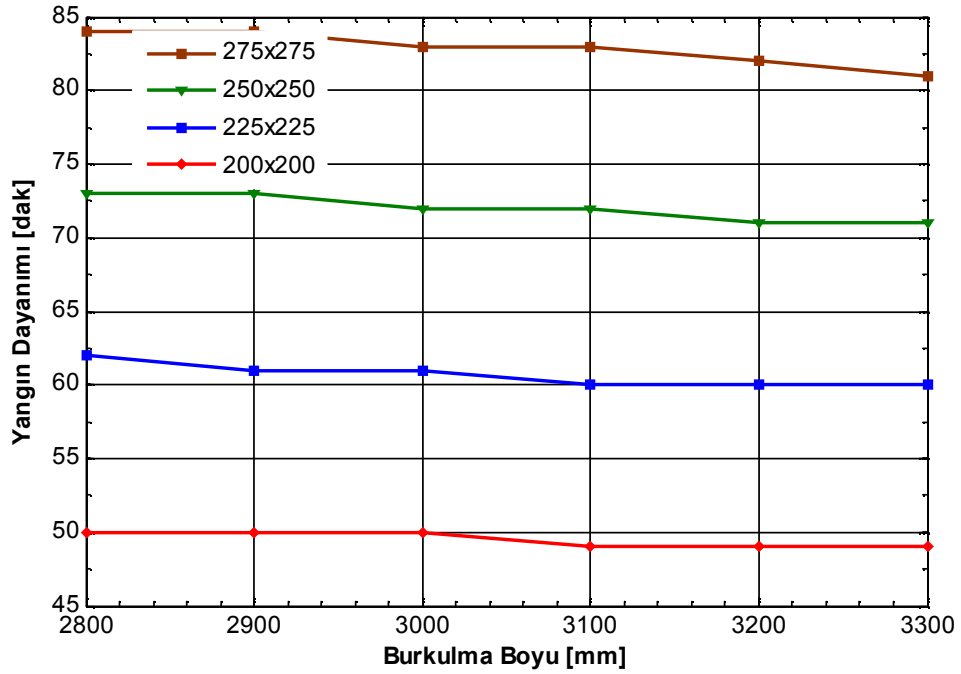
Şekil 4.11. Dairesel kesitli ahşap kolonun yangın dayanımının burkulma boyuna göre değişimi



Şekil 4.12. Altıgen kesitli ahşap kolonun yangın dayanımının burkulma boyuna göre değişimi

Şekil 4.11 ve Şekil 4.12'de gösterilen kesitlerin, yangın dayanım sürelerinin birbirine çok yakın olduğu ve dikdörtgen kesitlerde olduğu gibi burkulma boyu arttıkça kolonun yangın dayanım süresinin azaldığı gözükmektedir. İki grafikteki yangın dayanım sürelerinin birbirine çok yakın olması, dairesel ve altıgen kesit geometrisindeki ahşap kolonların aynı yarıçaptaki kesit alanlarının ve diğer kesit karakteristik değerlerinin birbirine çok yakın olmasından kaynaklanmaktadır.

Sandık kesit için ise burkulma boyuna bağlı yangın dayanım süresinin değişimi Şekil 4.13'de gösterilmiştir. Bu kesit için de diğer kesit geometrisindeki kolonlarda olduğu gibi kolonun yangın dayanımı artan burkulma boyu ile lineere yakın bir şekilde azalmaktadır.



Şekil 4.13. Sandık kesitli ahşap kolonun yangın dayanımının burkulma boyuna göre değişim grafiği

Çizelge 4.5'de ise Şekil 4.13'de kullanılan kesitlere ait diğer yangın dayanım parametrelerinin aldığı değerler gösterilmiştir. Çizelge 4.5'e göre 2800mm boyundaki 200x200mm'lik sandık kesitli ahşap kolon göçme durumunda 107.91kN'lik normal kuvvet taşımaktadır. Ancak, kolonun burkulma boyunun 500mm artırılması ile kolon, göçme durumunda 93.71kN'luk kuvvet taşıyabilmekte yani ahşap kolonun taşıma gücü kapasitesinde %13'lük bir azalma meydana gelmektedir.

Çizelge 4.5. Farklı kesit alanlarına sahip sandık kesitli kolonların yangın dayanımının burkulma boyuna bağlı değişimi

Kesit Boyutları [mm]	Burkulma Boyu [mm]	Yangın Dayanımı [dak.]	Dayanım Yüğü [kN]	σ [N/mm ²]	σ_{kr} [N/mm ²]
200x200	2800	50	107.91	15.8	15.64
	2900	50	103.62	15.49	15.02
	3000	50	99.49	15.18	14.42
	3100	49	101.52	14.13	13.97
	3200	49	97.48	13.84	13.42
	3300	49	93.62	13.56	12.89
225x225	2800	62	149.31	17.04	16.41
	2900	61	151.02	16.06	15.92
	3000	61	145.28	15.78	15.31
	3100	60	146.8	14.89	14.86
	3200	60	141.23	14.63	14.29
	3300	60	135.86	14.36	13.75
250x250	2800	73	204.82	17.6	17.29
	2900	73	197.46	17.34	16.67
	3000	72	198.54	16.5	16.19
	3100	72	191.33	16.24	15.61
	3200	71	192.27	15.46	15.16
	3300	71	185.28	15.22	14.61
275x275	2800	84	268.12	18.21	18.15
	2900	84	259.03	17.97	17.53
	3000	83	259.53	17.22	17.05
	3100	83	250.6	16.99	16.47
	3200	82	250.95	16.28	16.02
	3300	81	251.21	15.6	15.59

4.4. Kolon Mesnet Şartlarına Bağlı Yangın Dayanımı

Çalışmanın bir önceki kısmında ahşap kolonun burkulma boyunun ahşap kolonun yangın dayanımı üzerindeki etkisinden bahsedilmişti. Çalışmanın bu bölümünde ise, ahşap kolonun mesnetlenme durumunun ahşap kolonun yangın dayanımı üzerindeki etkisi açıklanacaktır. Ayrıca, Pholz programı ile yapılan analizler sonucu elde edilen yangın parametreleri, şekiller ve çizelgeler kullanılarak açıklanmaya çalışılacaktır.

Çizelge 4.6'da çubuk sistemler için mesnet şartlarına göre çubukların burkulma boylarının alacağı değerler gösterilmiştir.

Çizelge 4.6. Mesnetlenme durumuna göre burkulma boyu değerleri

Durum	Mesnet Şartı	Burkulma Boyu
1	Alt ve Üst Uç Ankastre	$S_k = 0.50 \times S_{k0}$
2	Üst Uç Mafsallı, Alt Uç Ankastre	$S_k = 0.70 \times S_{k0}$
3	Alt ve Üst Uç Mafsallı	$S_k = 1.00 \times S_{k0}$
4	Alt Uç Ankastre, Üst Uç Serbest	$S_k = 2.00 \times S_{k0}$

Tasarımcı, ahşap kolonun statik hesabını ve yangın dizaynını yaparken kolonun hesaplarda seçilen mesnetlenme durumuna uygun olarak imalatının yapılıp yapılamayacağını düşünerek uygun mesnetlenme şartını belirlemelidir. Aksi halde, hesaplamalarda göz önüne alınan mesnetlenme durumu ile kolonun teşkilindeki mesnetlenme durumları farklı olacaktır. Bunun neticesinde ise gerçekleştirilen statik hesap ve yangın dizayn hatalı olacaktır.

Çizelge 4.7'de farklı kesit alanlarındaki dikdörtgen kolonların, farklı mesnetlenme durumuna ait dayanım parametreleri verilmiştir. Uygulamadaki mesnet teşkilinin yangın dizaynında seçilenden farklı olması halinde uygulama ile tasarım yangın dayanımları arasında 19 dakikaya varan farklar oluşabilmektedir. Yani, ahşap yapı elemanı belirlenen süreden 19 dakika erken göçecek anlamına gelmektedir ki bu da oldukça geniş bir zaman aralığıdır.

Yukarıda belirtildiği üzere, ahşap kolonun mesnetlenme durumu nasıl ahşap yapı elemanının statik hesap ve tasarımında önem taşıyorsa aynı şekilde ahşap yapı elemanın yangın dayanımının belirlenmesinde de o kadar önem taşımaktadır.

Çizelge 4.7. Dikdörtgen kesit için, farklı mesnet teşkillerindeki yangın dayanım değerleri

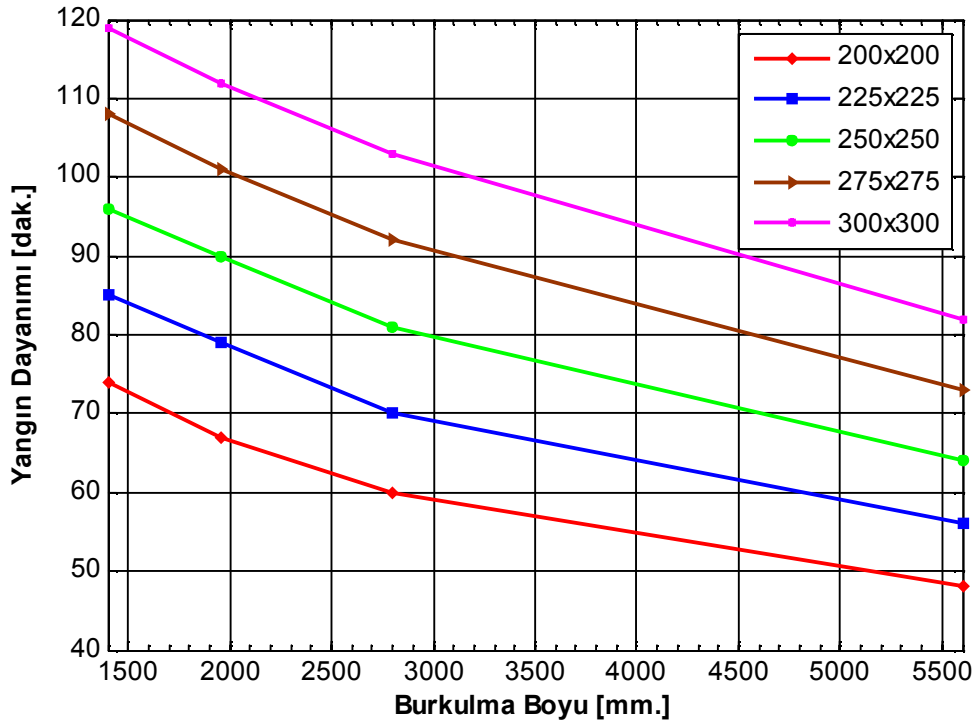
Kesit Boyutları [mm]	Mesnet Şartı	Y. Dayanımı [dak.]	Kritik Yük [kN]	σ [N/mm ²]	σ_{kr} [N/mm ²]
200x200	1	74	172.31	19.26	18.54
	2	67	162.21	14.41	14.38
	3	60	133.75	10.11	9.94
	4	48	68.56	3.94	3.89
225x225	1	85	226.62	20.61	20.17
	2	79	206.24	16.36	15.76
	3	70	184.08	11.44	11.41
	4	56	100.22	4.74	4.66
250x250	1	96	288.22	21.75	21.57
	2	90	265.39	17.71	17.26
	3	81	236.69	12.87	12.68
	4	64	141.26	5.51	5.49
275x275	1	108	346.47	23.23	22.61
	2	101	332.58	18.88	18.63
	3	92	297.68	14.17	13.93
	4	73	187.26	6.35	6.27
300x300	1	119	421.17	24.03	23.67
	2	112	407.63	19.91	19.88
	3	103	367.19	15.33	15.13
	4	82	242.96	7.14	7.08

Çizelge 4.8’de ise dairesel kesitli ahşap kolonların farklı mesnetlenme durumuna ait yangın dayanım parametreleri verilmiştir.

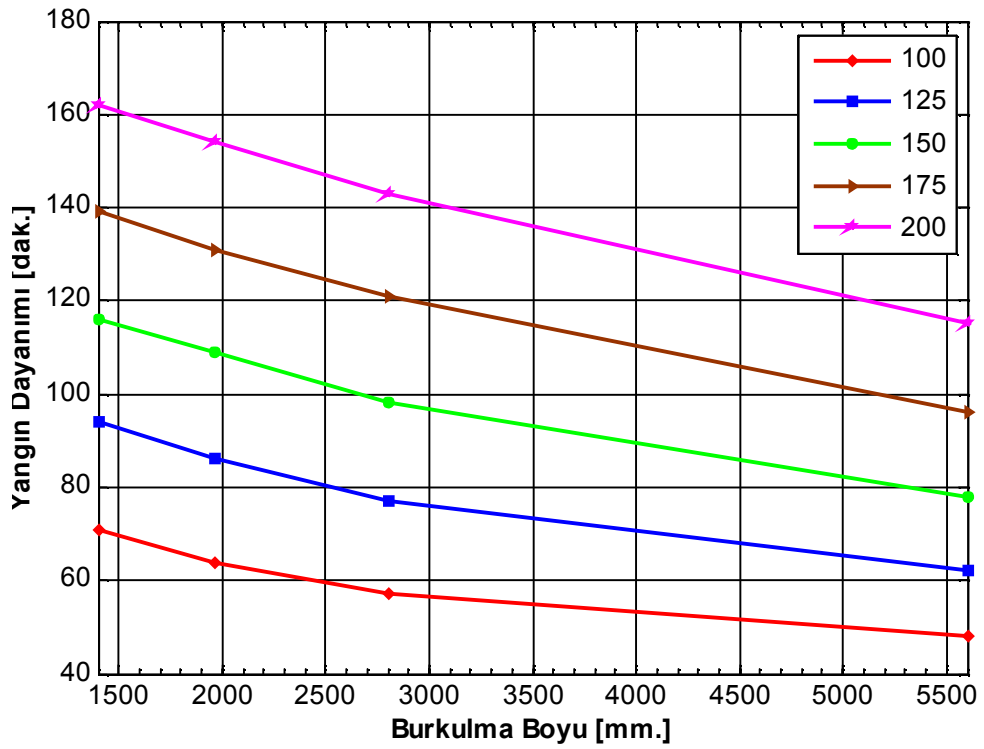
Çizelge 4.8. Dairesel kesit için, farklı mesnet teşkilleriindeki yangın dayanım değerleri

Kesit Boyutları [mm]	Mesnet Şartı	Y. Dayanımı [dak.]	Kritik Yük [kN]	σ [N/mm ²]	σ_{kr} [N/mm ²]
100	1	71	133.1	17.08	16.75
	2	64	119.73	12.55	12.51
	3	57	94.89	8.51	8.36
	4	48	41.19	3.01	2.97
125	1	94	216.11	20.26	19.63
	2	86	203.4	15.55	15.42
	3	77	173.25	11.03	10.91
	4	62	91.33	4.50	4.37
150	1	116	328.04	22.22	22.06
	2	109	304.04	18.22	17.82
	3	98	276.28	13.28	13.27
	4	78	165.79	5.84	5.80
175	1	139	451.73	24.13	23.82
	2	131	436.77	20.06	20.04
	3	121	389.92	15.59	15.22
	4	96	262.68	7.24	7.20
200	1	162	594.30	25.66	25.22
	2	154	581.43	21.85	21.77
	3	143	538.47	17.32	17.17
	4	115	385.12	8.610	8.58

Yangın etkisine maruz Çizelge 4.7'deki dairesel ve Çizelge 4.8'deki dikdörtgen kesitli ahşap kolonların farklı mesnetlenme durumlarına ait yangın dayanımlarının değişimi Şekil 4.14 ve Şekil 4.15'de gösterilmiştir. Şekil 4.14 ve Şekil 4.15'deki grafiklerde, yangın dayanımının mesnet şartına bağımlı olarak lineer bir biçimde azaldığı gözükmemektedir. Bunun başlıca nedeni değişen mesnet teşkili durumuna göre kolonun burkulma boyunun değişmesidir. Ahşap kolonun burkulma boyu arttıkça kesitin narinliği artacak bunun sonucunda ise hesaplarda kullanılan normal kuvvet büyütme katsayısı büyüyecektir. Normal kuvvet büyütme katsayısının büyümesi de kesite etkiyen normal kuvveti arttıracaktır.



Şekil 4.14. Mesnet teşkiline bağlı dikdörtgen kolonun yangın dayanımının değişimi

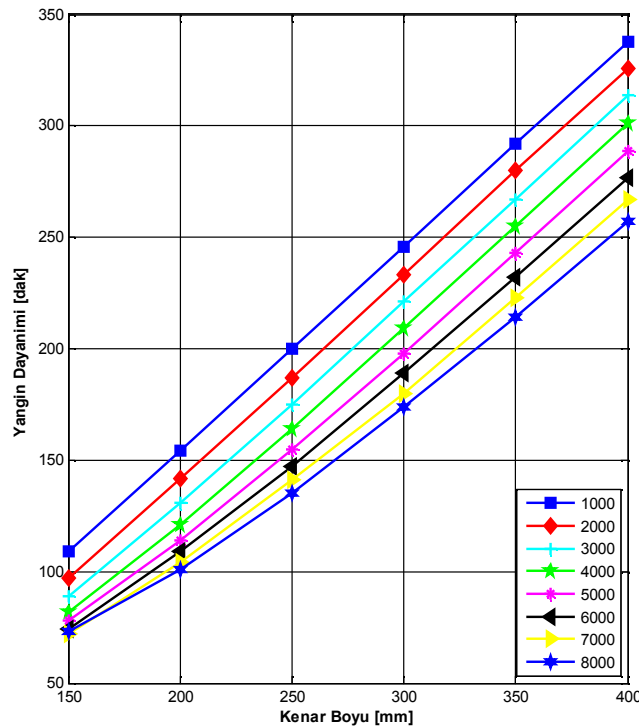


Şekil 4.15. Mesnet teşkiline bağlı dairesel kolonun yangın dayanımının değişimi

4.5. Pratikte Rastlanan Kesitlere Ait Taşıma Gücü Diyagramları

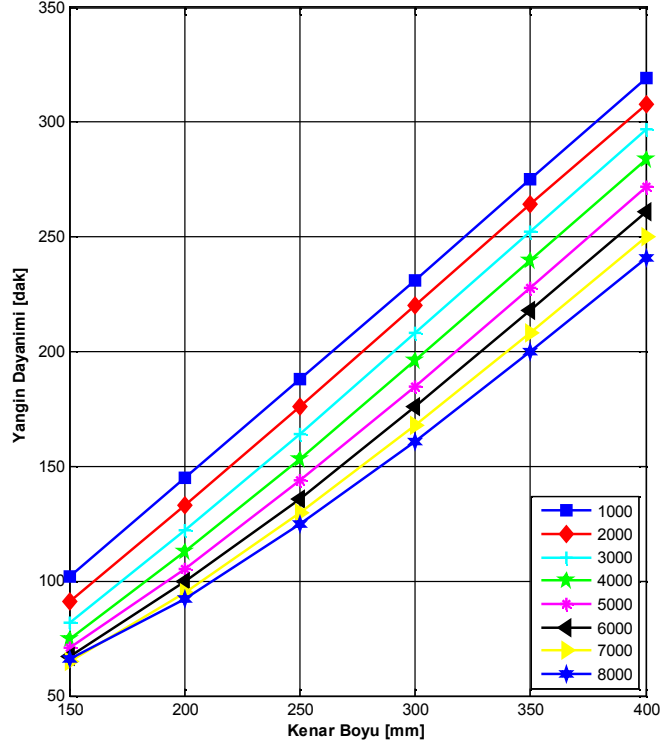
Bu bölümde, farklı kesit geometrisindeki ahşap kolonların yangın dayanımının uygulamadaki mühendisler tarafından pratik bir biçimde belirlenmesi için taşıma gücü diyagramları hazırlanmıştır. Hazırlanan diyagramlar, kolon kenar boyutunun 150-400mm ve kolon burkulma boyunun 1000-2000mm aralığındaki değerleri için kullanılabilir.

Herhangi bir kesit geometrisindeki ahşap kolonun yangın dayanımının taşıma gücü diyagramları kullanılarak belirlenmesi istendiğinde ilk olarak kesit geometrisine ve kesite etkiyen servis gerilmesine uygun taşıma gücü diyagramının seçilmesi gerekmektedir. Uygun taşıma gücü diyagramı belirlendikten sonra diyagramdan kolonun burkulma boyuna uygun eğri seçilir. Diyagramın yatay ekseninden kolonun kenar boyutuna karşı gelen değer seçilerek taşıma gücü eğrisini kestiği noktanın düşey bileşeni belirlenir. Belirlenen düşey bileşen kesitin yangın dayanımını göstermektedir. Kesitin burkulma boyuna ait kesin değerler diyagramdan okunamıyorsa, belirlenen iki burkulma boyuna göre interpolasyon yapılarak kesitin istenilen burkulma boyundaki yangın dayanımı bulunabilir. Aynı şekilde servis gerilmesi için de uygun değer bulunamıyorsa iki farklı diyagram arasında interpolasyon yapılabilir.



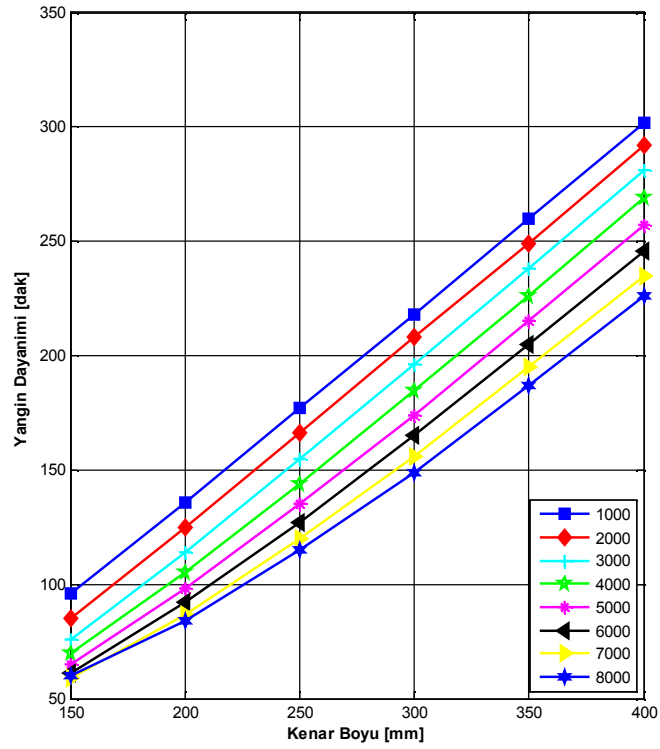
$$E = 11000 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_d = 42 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_g = 5 \text{ N/mm}^2 \quad u_1 = w_1 = 0.7 \text{ mm/dak.}$$

Şekil 4.16. Servis gerilmesi 5 N/mm^2 olan dikdörtgen kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı



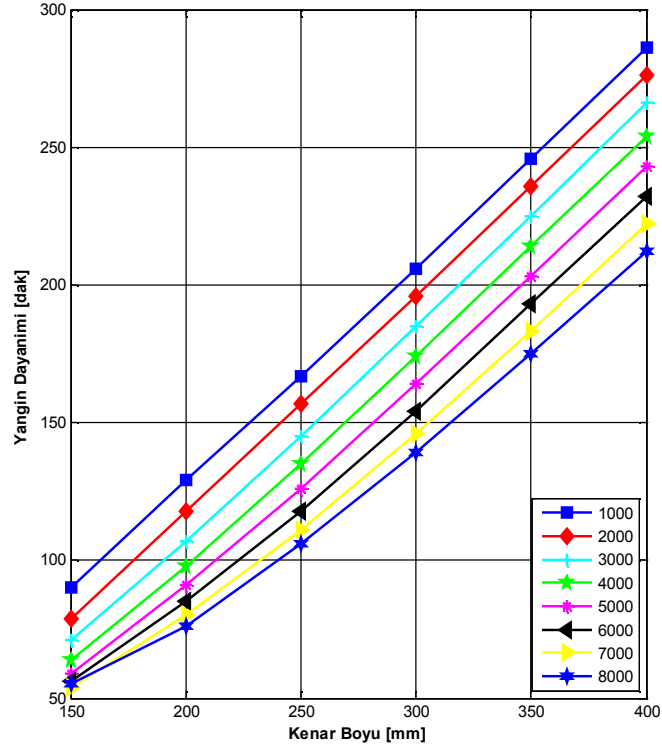
$$E = 11000 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_d = 42 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_g = 6 \text{ N/mm}^2 \quad u_1 = w_1 = 0.7 \text{ mm/dak.}$$

Şekil 4.17. Servis gerilmesi 6 N/mm^2 olan dikdörtgen kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı



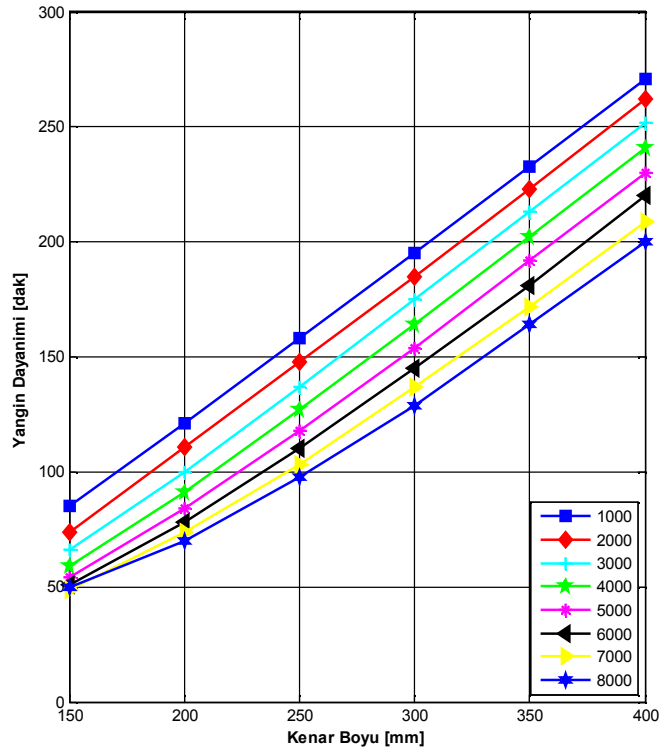
$$E = 11000 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_d = 42 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_g = 7 \text{ N/mm}^2 \quad u_1 = w_1 = 0.7 \text{ mm/dak.}$$

Şekil 4.18. Servis gerilmesi 7 N/mm^2 olan dikdörtgen kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı



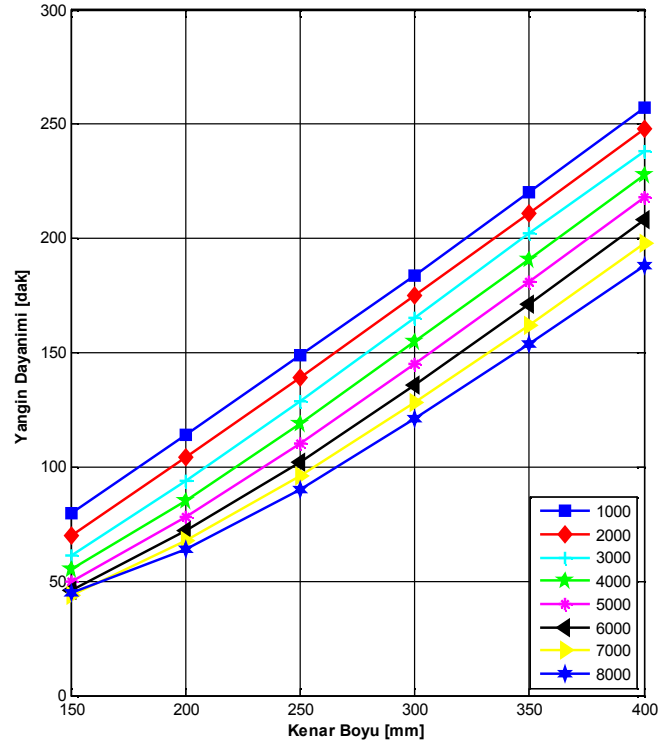
$$E = 11000 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_d = 42 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_g = 8 \text{ N/mm}^2 \quad u_1 = w_1 = 0.7 \text{ mm/dak.}$$

Şekil 4.19. Servis gerilmesi 8 N/mm^2 olan dikdörtgen kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı



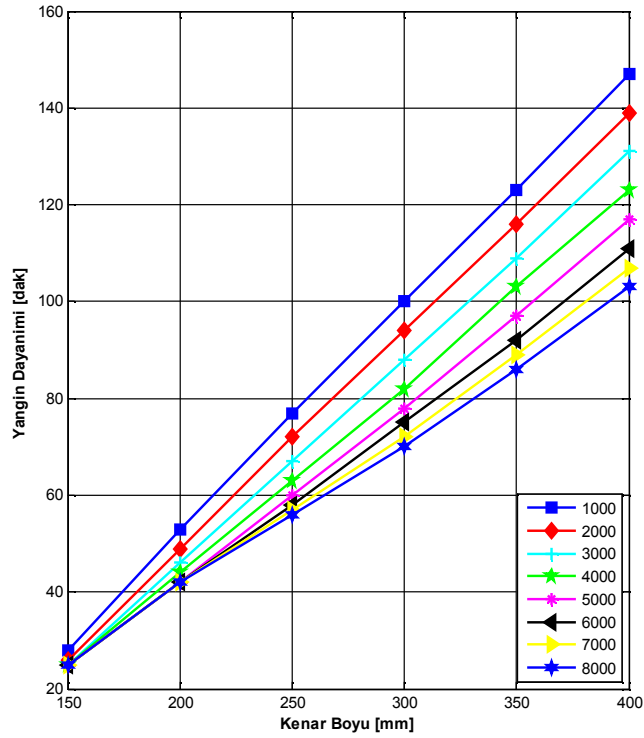
$$E = 11000 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_d = 42 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_g = 9 \text{ N/mm}^2 \quad u_1 = w_1 = 0.7 \text{ mm/dak.}$$

Şekil 4.20. Servis gerilmesi 9 N/mm^2 olan dikdörtgen kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı



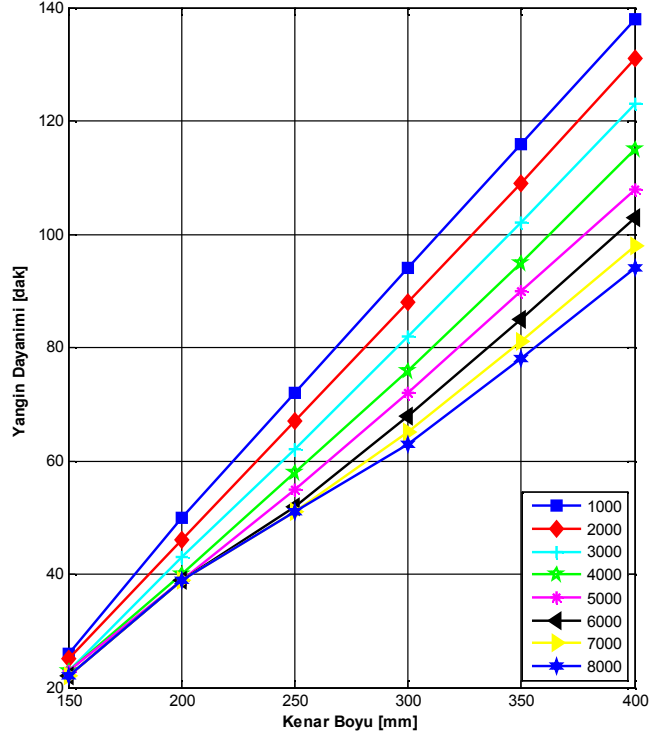
$$E = 11000 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_d = 42 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_g = 10 \text{ N/mm}^2 \quad u_1 = w_1 = 0.7 \text{ mm/dak.}$$

Şekil 4.21. Servis gerilmesi 10 N/mm^2 olan dikdörtgen kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı



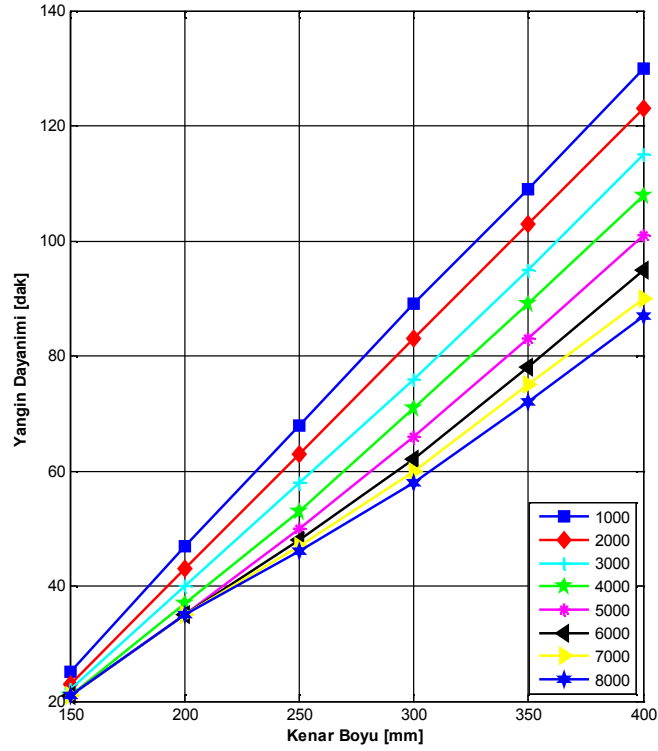
$$E = 11000 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_d = 42 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_g = 5 \text{ N/mm}^2 \quad u_1 = w_1 = 0.7 \text{ mm/dak.}$$

Şekil 4.22. Servis gerilmesi 5 N/mm^2 olan sandık kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı



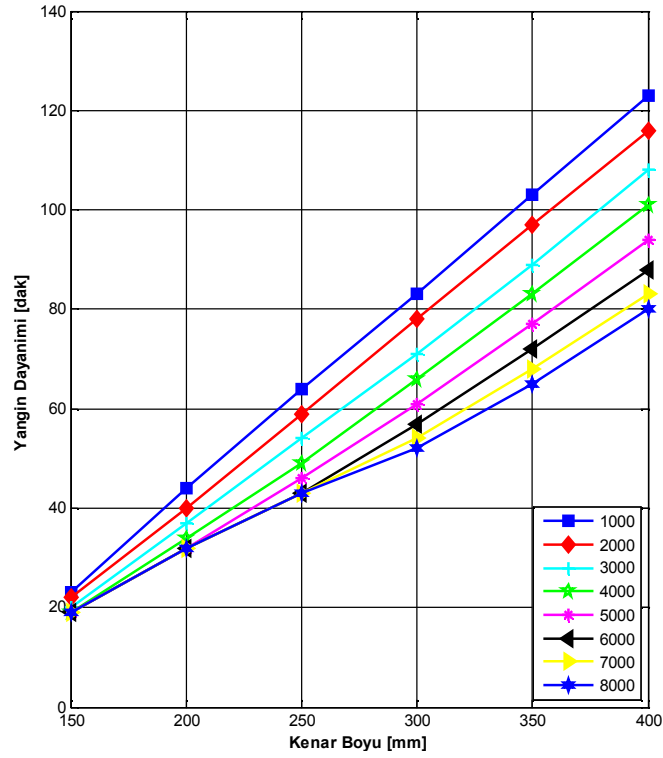
$$E = 11000 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_d = 42 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_g = 6 \text{ N/mm}^2 \quad u_1 = w_1 = 0.7 \text{ mm/dak.}$$

Şekil 4.23. Servis gerilmesi 6 N/mm^2 olan sandık kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı



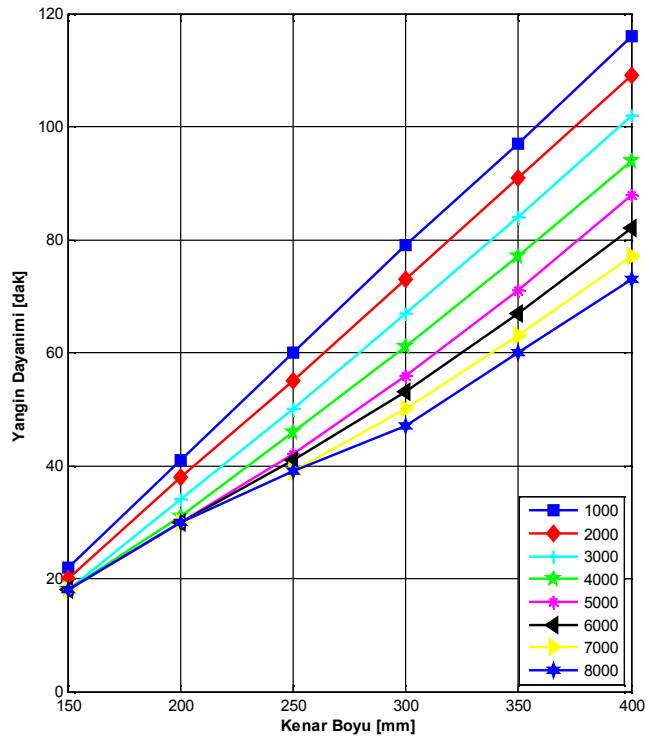
$$E = 11000 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_d = 42 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_g = 7 \text{ N/mm}^2 \quad u_1 = w_1 = 0.7 \text{ mm/dak.}$$

Şekil 4.24. Servis gerilmesi 7 N/mm^2 olan sandık kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı



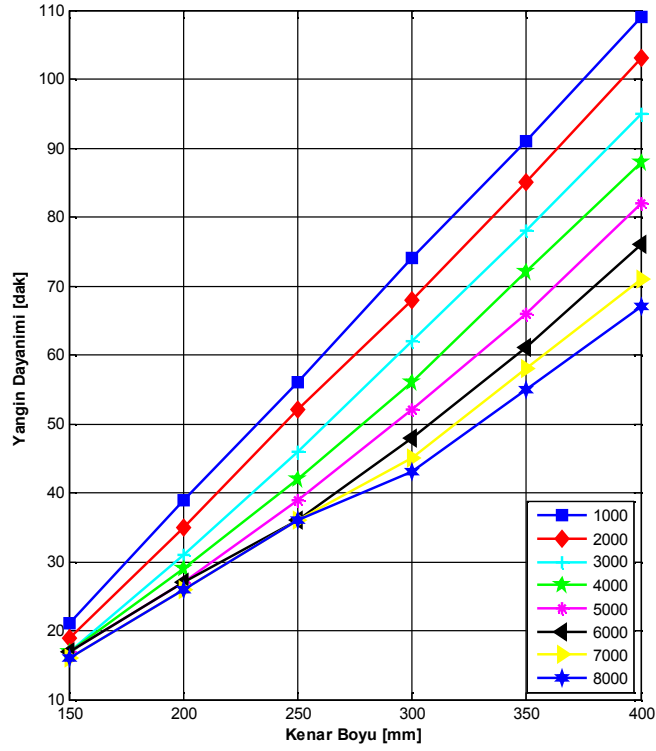
$$E = 11000 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_d = 42 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_g = 8 \text{ N/mm}^2 \quad u_1 = w_1 = 0.7 \text{ mm/dak.}$$

Şekil 4.25. Servis gerilmesi 8 N/mm^2 olan sandık kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı



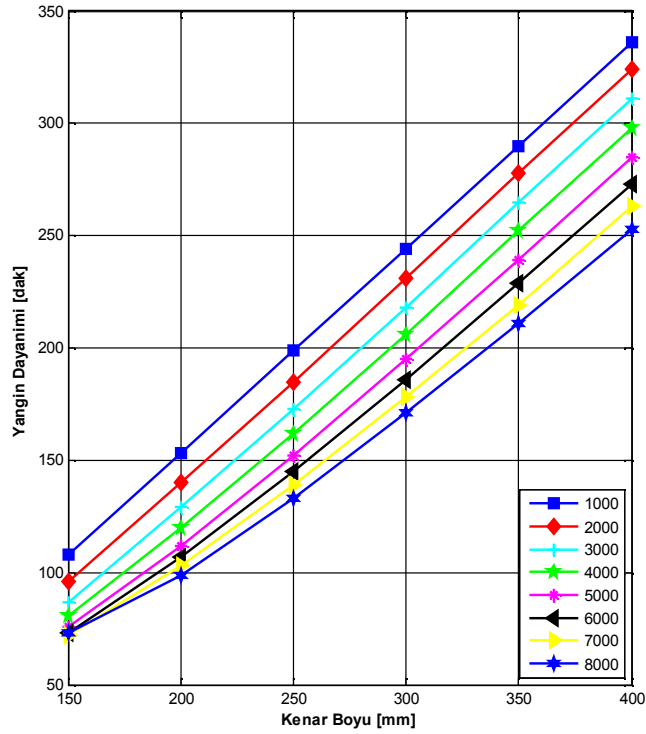
$$E = 11000 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_d = 42 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_g = 9 \text{ N/mm}^2 \quad u_1 = w_1 = 0.7 \text{ mm/dak.}$$

Şekil 4.26. Servis gerilmesi 9 N/mm^2 olan sandık kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı



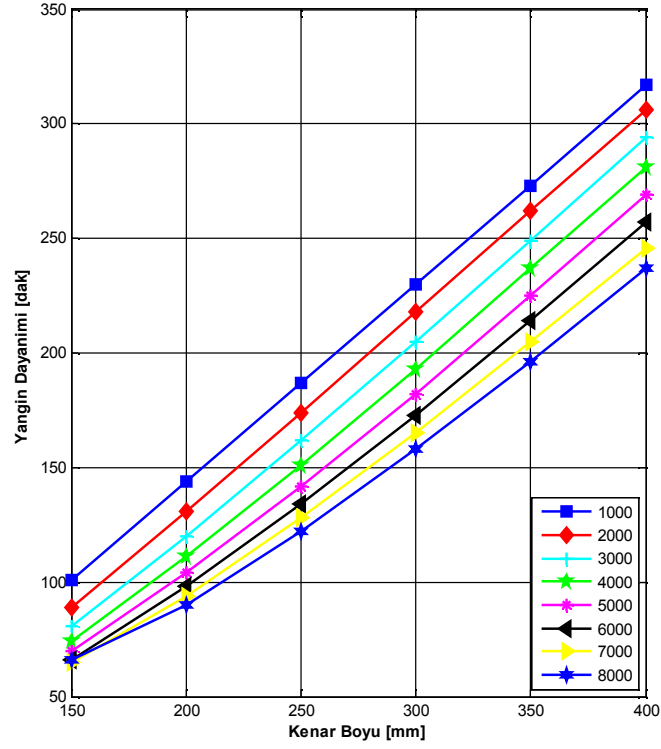
$$E = 11000 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_d = 42 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_g = 10 \text{ N/mm}^2 \quad u_1 = w_1 = 0.7 \text{ mm/dak.}$$

Şekil 4.27. Servis gerilmesi 10 N/mm^2 olan sandık kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı



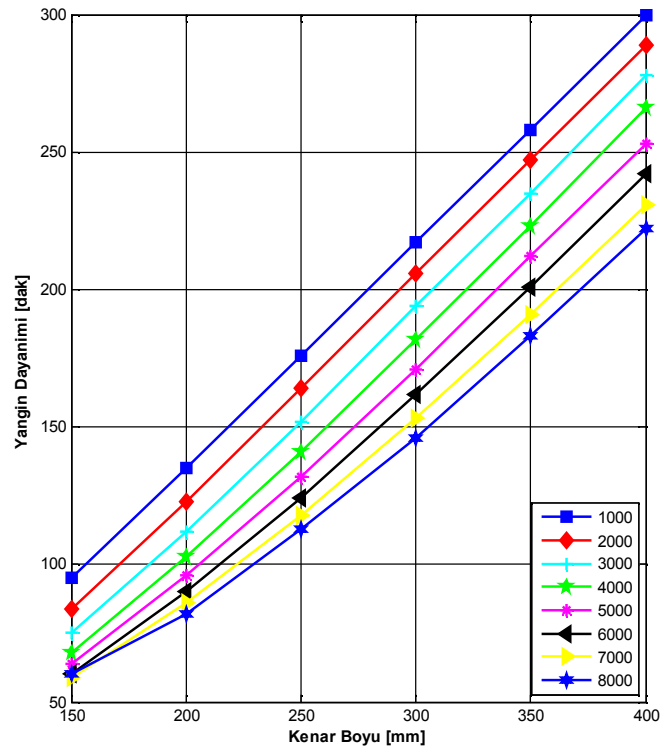
$$E = 11000 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_d = 42 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_g = 5 \text{ N/mm}^2 \quad u_1 = w_1 = 0.7 \text{ mm/dak.}$$

Şekil 4.28. Servis gerilmesi 5 N/mm^2 olan dairesel kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı



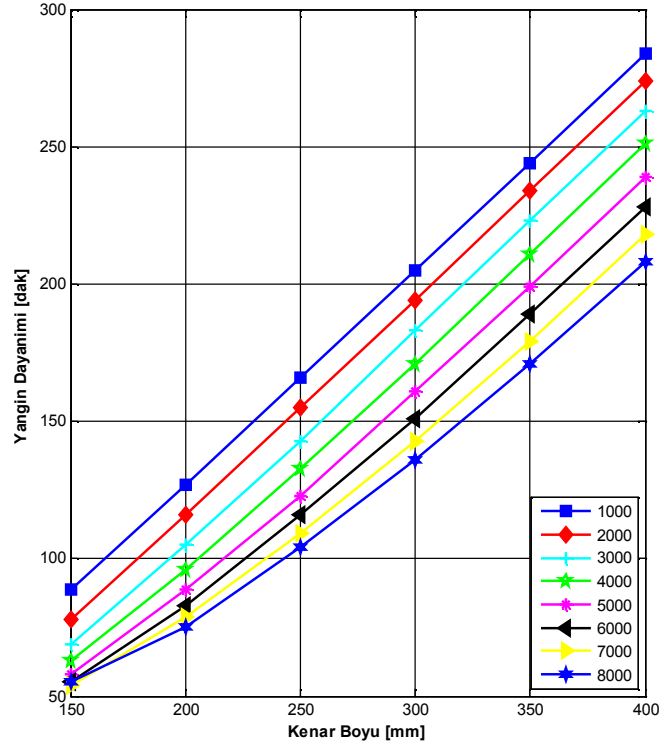
$$E = 11000 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_d = 42 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_g = 6 \text{ N/mm}^2 \quad u_1 = w_1 = 0.7 \text{ mm/dak.}$$

Şekil 4.29 Servis gerilmesi 6 N/mm^2 olan dairesel kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı



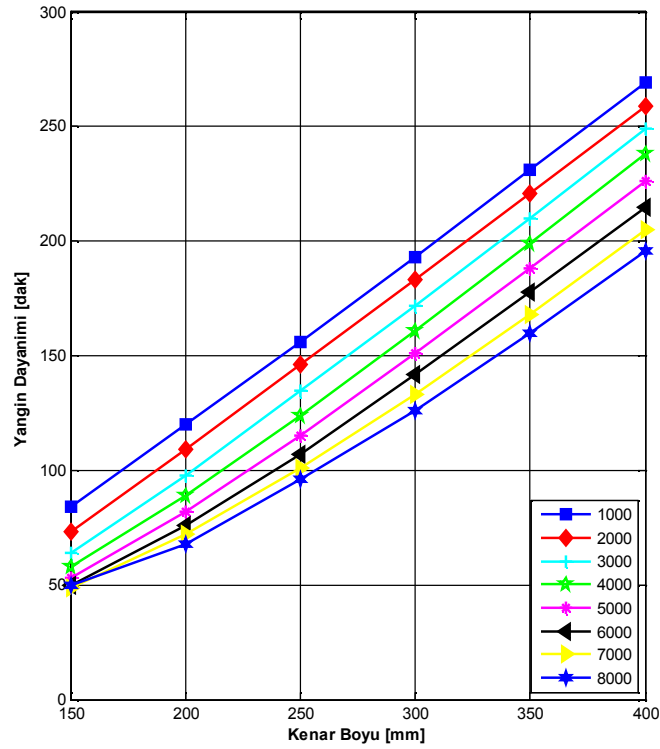
$$E = 11000 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_d = 42 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_g = 7 \text{ N/mm}^2 \quad u_1 = w_1 = 0.7 \text{ mm/dak.}$$

Şekil 4.30. Servis gerilmesi 7 N/mm^2 olan dairesel kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı



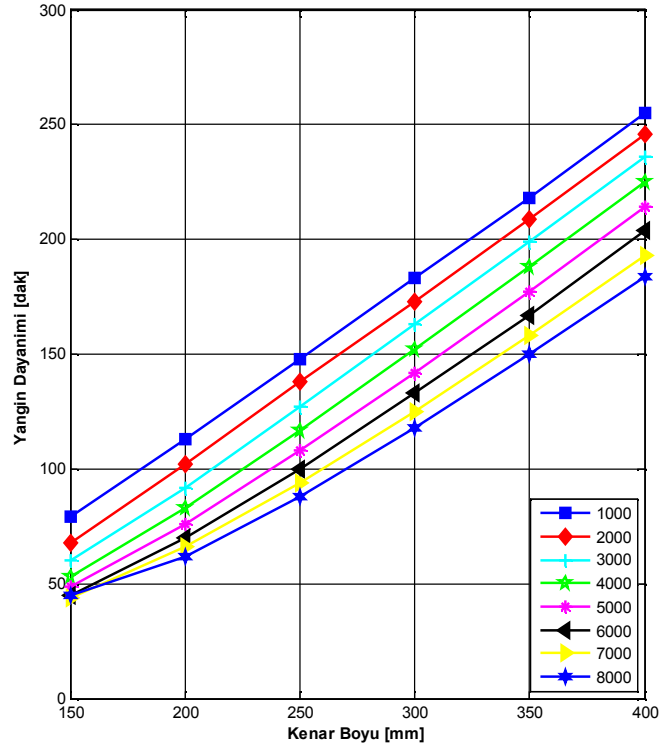
$$E = 11000 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_d = 42 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_g = 8 \text{ N/mm}^2 \quad u_1 = w_1 = 0.7 \text{ mm/dak.}$$

Şekil 4.31. Servis gerilmesi 8 N/mm^2 olan dairesel kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı



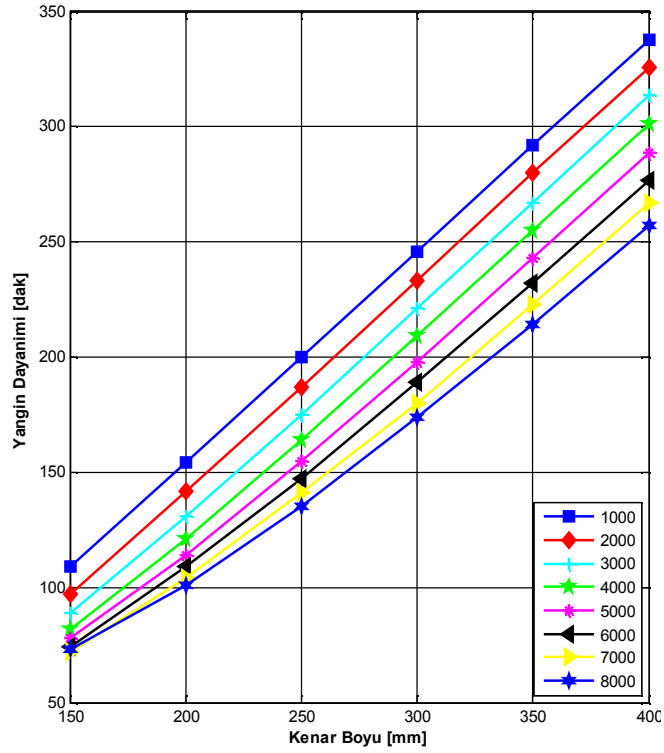
$$E = 11000 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_d = 42 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_g = 9 \text{ N/mm}^2 \quad u_1 = w_1 = 0.7 \text{ mm/dak.}$$

Şekil 4.32. Servis gerilmesi 9 N/mm^2 olan dairesel kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı



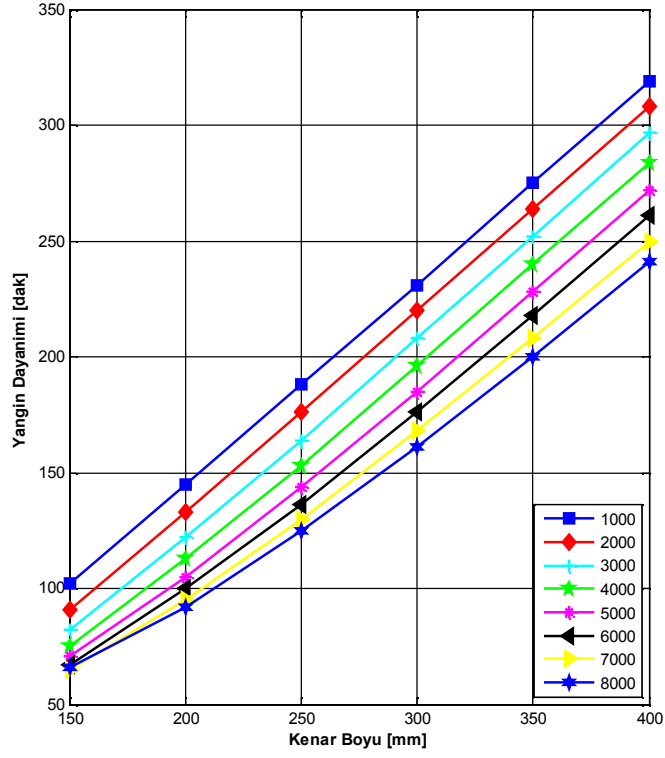
$$E = 11000 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_d = 42 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_g = 10 \text{ N/mm}^2 \quad u_1 = w_1 = 0.7 \text{ mm/dak.}$$

Şekil 4.33. Servis gerilmesi 10 N/mm^2 olan dairesel kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı



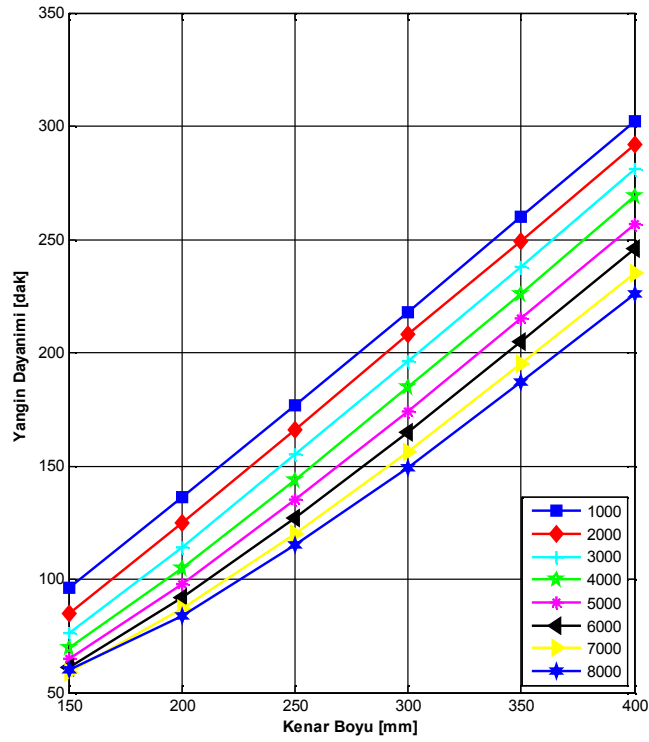
$$E = 11000 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_d = 42 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_g = 5 \text{ N/mm}^2 \quad u_1 = w_1 = 0.7 \text{ mm/dak.}$$

Şekil 4.34. Servis gerilmesi 5 N/mm^2 olan altgen kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı



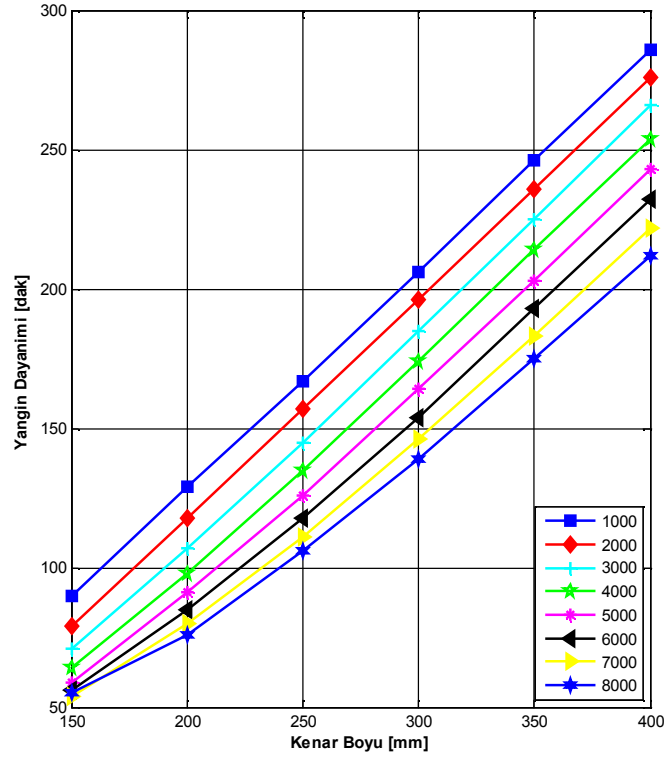
$$E = 11000 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_d = 42 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_g = 6 \text{ N/mm}^2 \quad u_1 = w_1 = 0.7 \text{ mm/dak.}$$

Şekil 4.35. Servis gerilmesi 6 N/mm^2 olan altıgen kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı



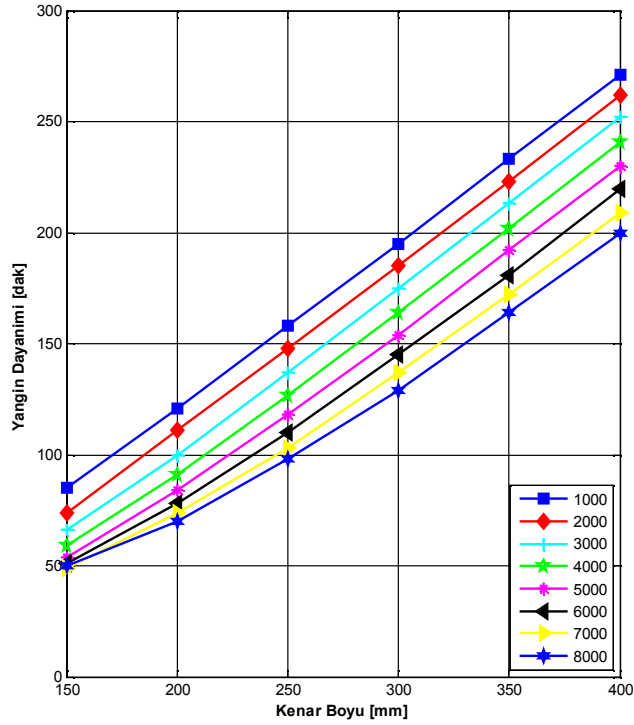
$$E = 11000 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_d = 42 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_g = 7 \text{ N/mm}^2 \quad u_1 = w_1 = 0.7 \text{ mm/dak.}$$

Şekil 4.36. Servis gerilmesi 7 N/mm^2 olan altıgen kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı



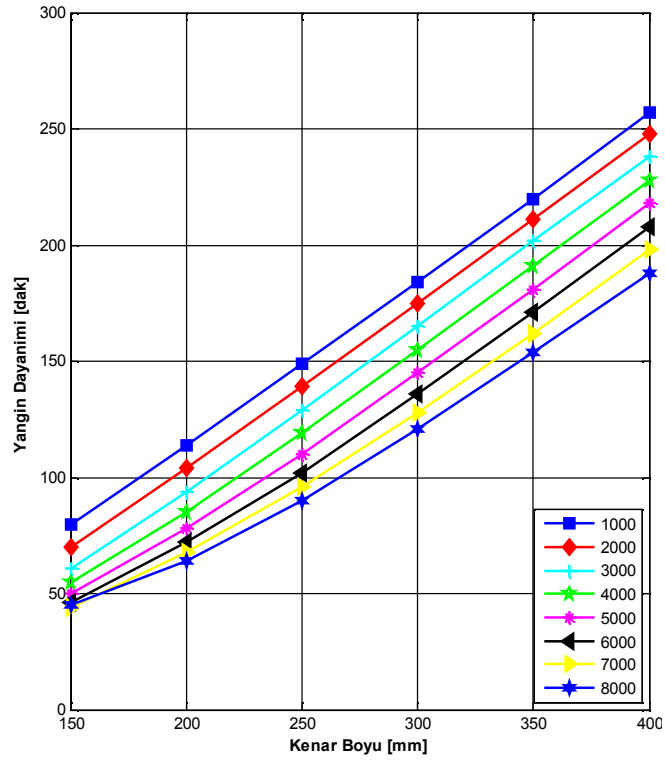
$$E = 11000 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_d = 42 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_g = 8 \text{ N/mm}^2 \quad u_1 = w_1 = 0.7 \text{ mm/dak.}$$

Şekil 4.37. Servis gerilmesi 8 N/mm^2 olan altıgen kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı



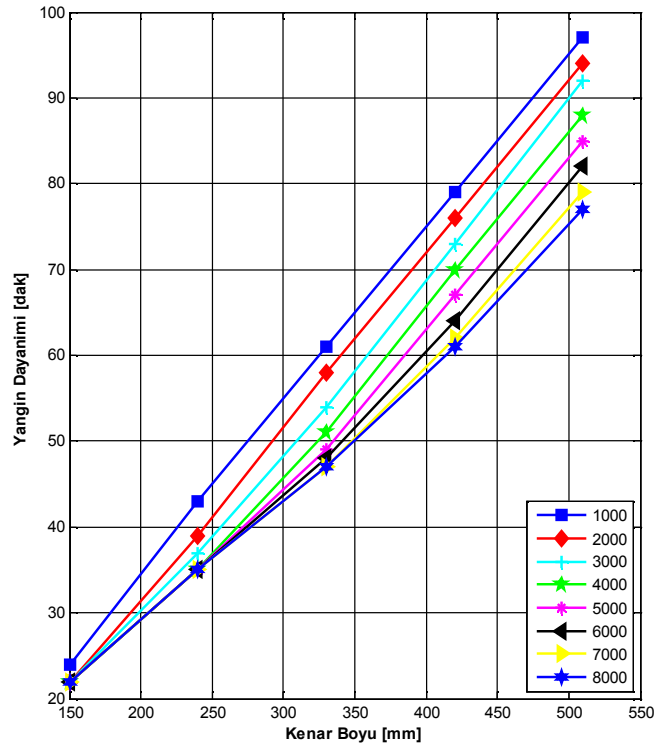
$$E = 11000 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_d = 42 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_g = 9 \text{ N/mm}^2 \quad u_1 = w_1 = 0.7 \text{ mm/dak.}$$

Şekil 4.38. Servis gerilmesi 9 N/mm^2 olan altıgen kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı



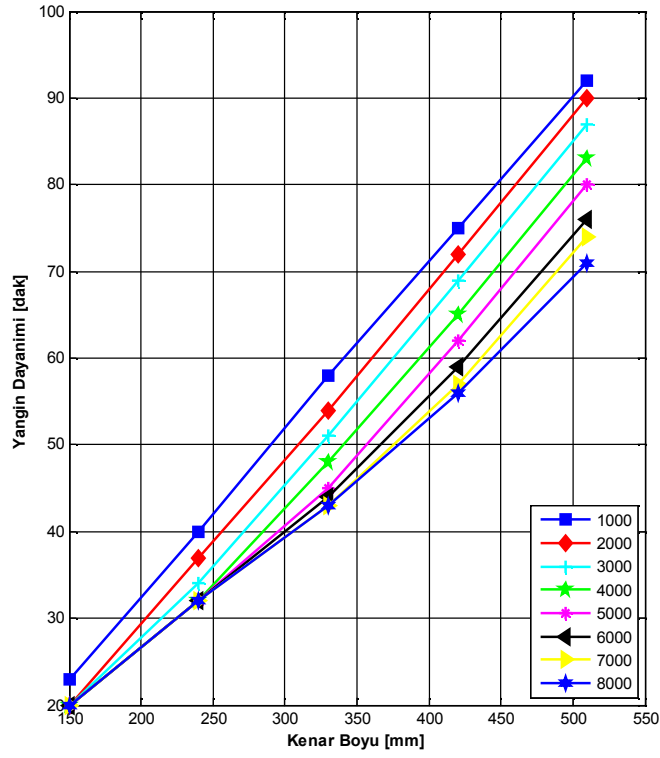
$$E = 11000 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_d = 42 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_g = 10 \text{ N/mm}^2 \quad u_1 = w_1 = 0.7 \text{ mm/dak.}$$

Şekil 4.39. Servis gerilmesi 10 N/mm^2 olan altıgen kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı



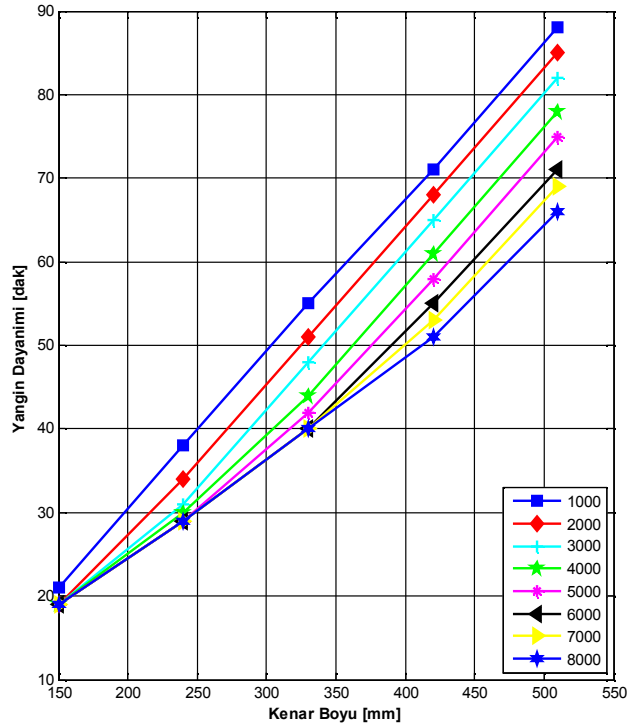
$$E = 11000 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_d = 42 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_g = 5 \text{ N/mm}^2 \quad u_1 = w_1 = 0.7 \text{ mm/dak.}$$

Şekil 4.40. Servis gerilmesi 5 N/mm^2 olan artı kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı



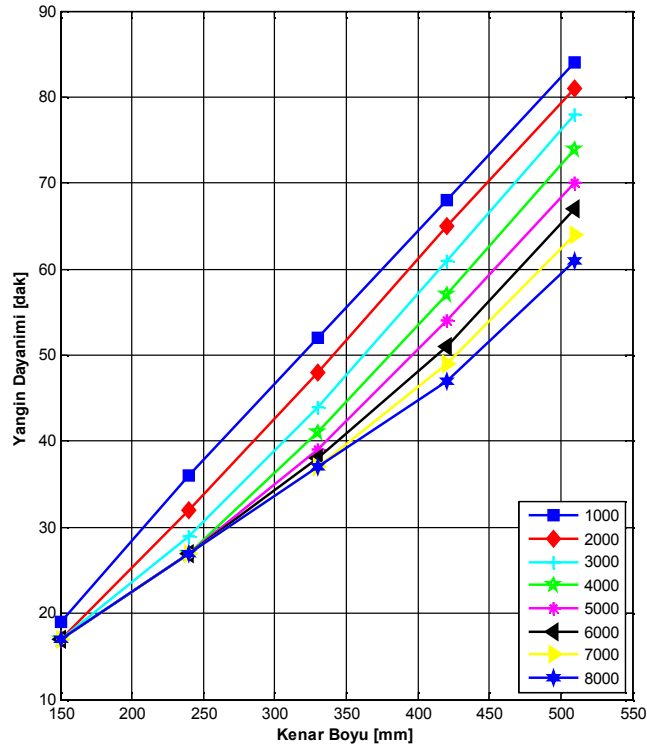
$$E = 11000 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_d = 42 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_g = 6 \text{ N/mm}^2 \quad u_1 = w_1 = 0.7 \text{ mm/dak.}$$

Şekil 4.41. Servis gerilmesi 6 N/mm^2 olan artı kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı



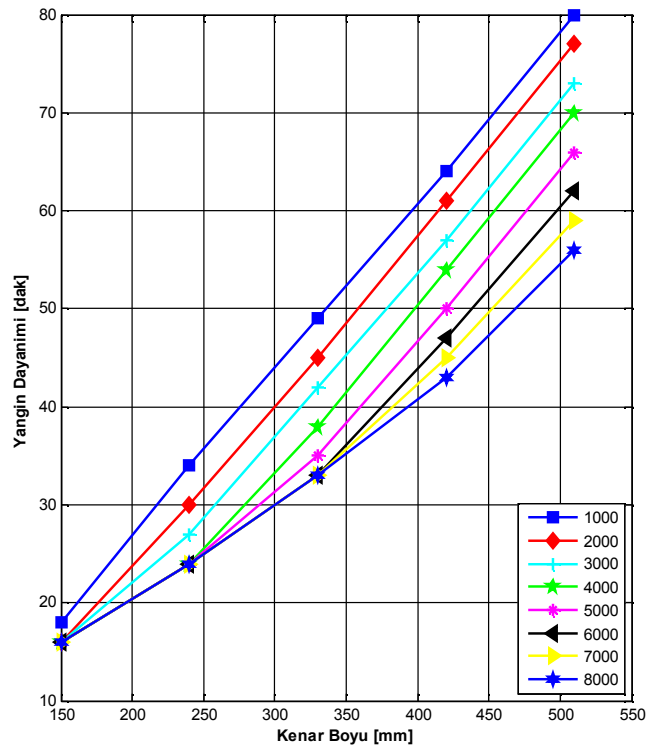
$$E = 11000 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_d = 42 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_g = 7 \text{ N/mm}^2 \quad u_1 = w_1 = 0.7 \text{ mm/dak.}$$

Şekil 4.42. Servis gerilmesi 7 N/mm^2 olan artı kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı



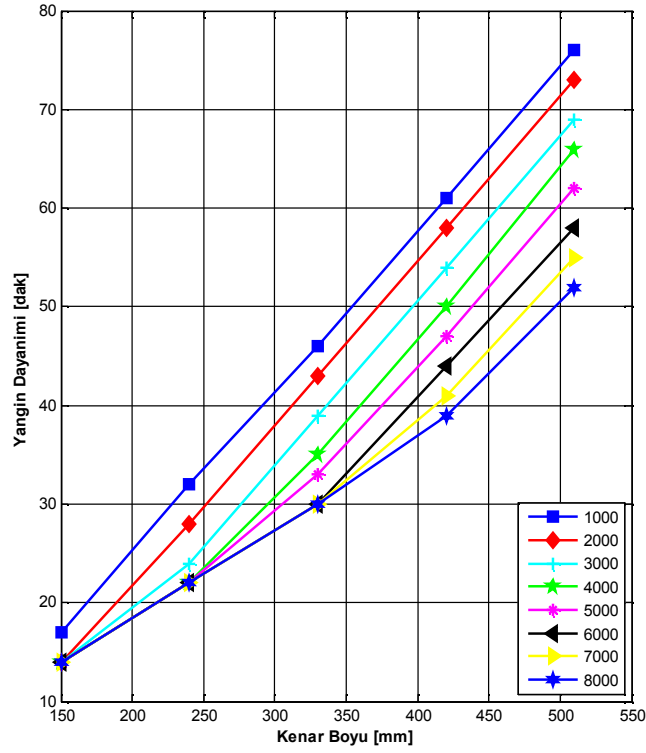
$$E = 11000 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_d = 42 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_g = 8 \text{ N/mm}^2 \quad u_1 = w_1 = 0.7 \text{ mm/dak.}$$

Şekil 4.43. Servis gerilmesi 8 N/mm^2 olan artı kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı



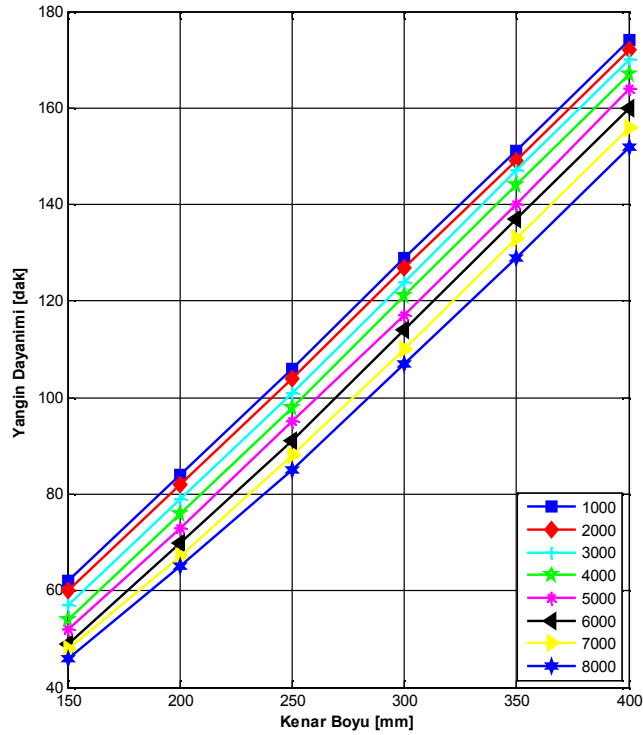
$$E = 11000 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_d = 42 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_g = 9 \text{ N/mm}^2 \quad u_1 = w_1 = 0.7 \text{ mm/dak.}$$

Şekil 4.44. Servis gerilmesi 9 N/mm^2 olan artı kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı



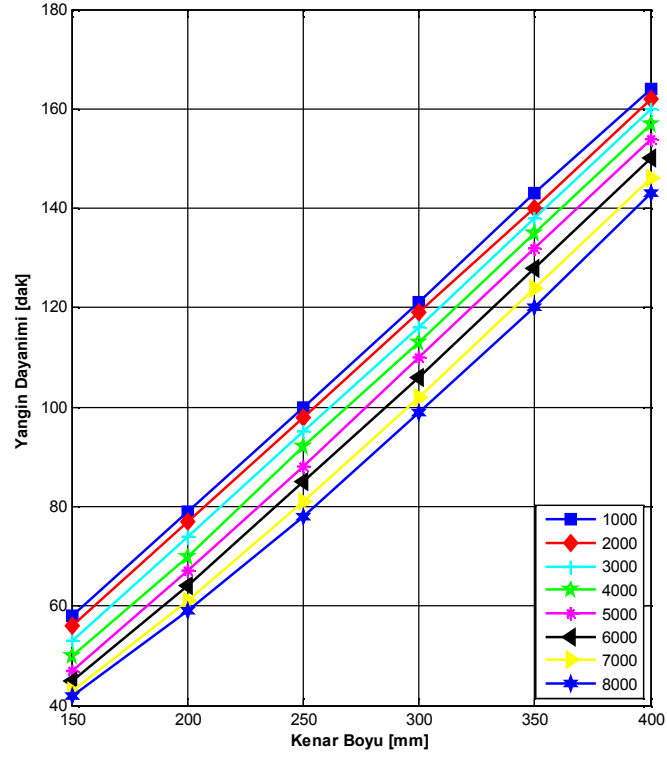
$$E = 11000 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_d = 42 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_g = 10 \text{ N/mm}^2 \quad u_1 = w_1 = 0.7 \text{ mm/dak.}$$

Şekil 4.45. Servis gerilmesi 10 N/mm^2 olan artı kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı



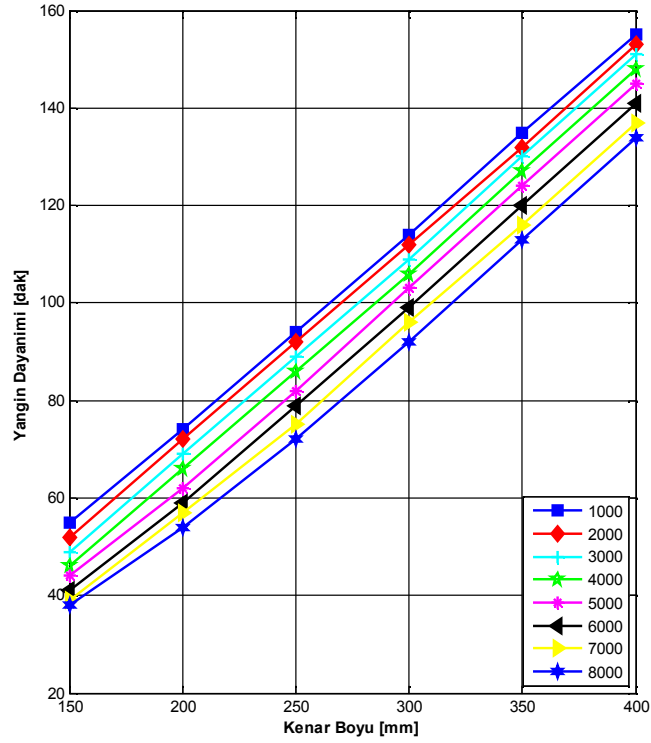
$$E = 11000 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_d = 42 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_g = 5 \text{ N/mm}^2 \quad u_1 = w_1 = 0.7 \text{ mm/dak.}$$

Şekil 4.46. Servis gerilmesi 5 N/mm^2 olan parçalı kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı



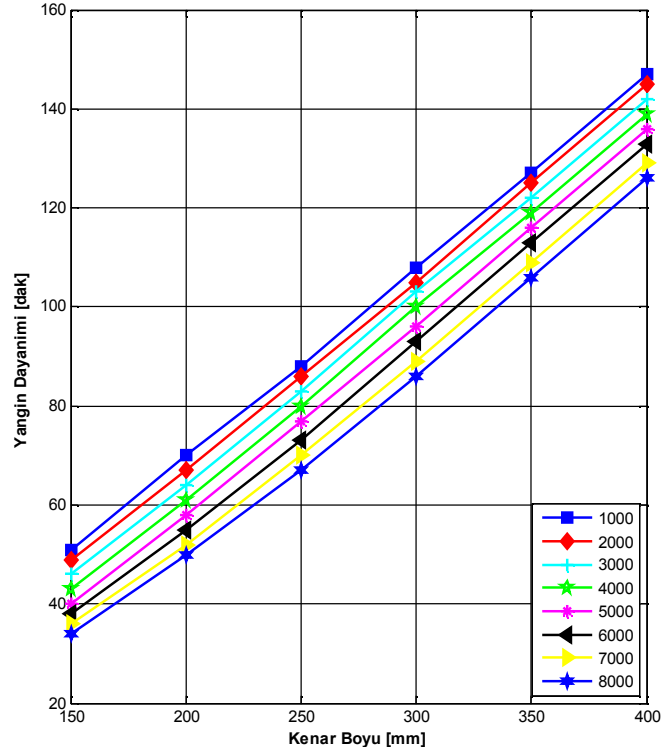
$$E = 11000 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_d = 42 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_g = 6 \text{ N/mm}^2 \quad u_1 = w_1 = 0.7 \text{ mm/dak.}$$

Şekil 4.47. Servis gerilmesi 6 N/mm^2 olan parçalı kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı



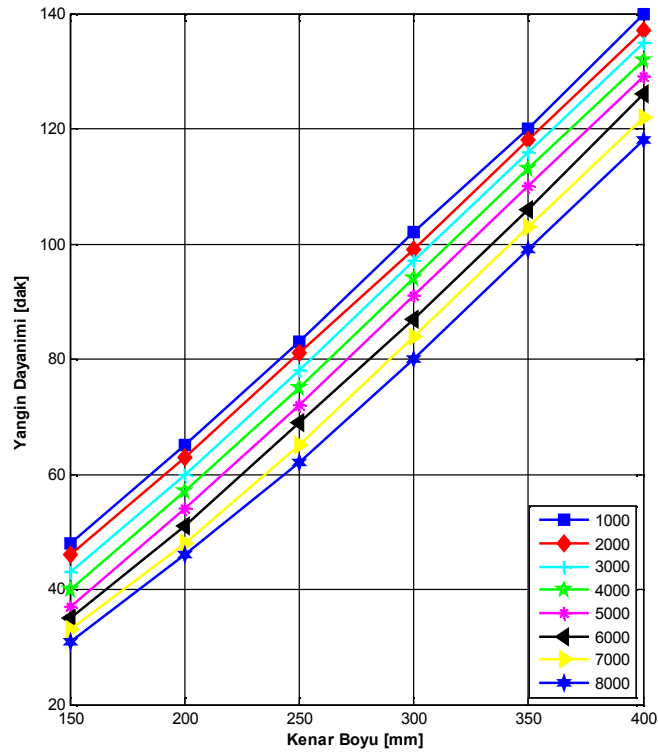
$$E = 11000 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_d = 42 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_g = 7 \text{ N/mm}^2 \quad u_1 = w_1 = 0.7 \text{ mm/dak.}$$

Şekil 4.48. Servis gerilmesi 7 N/mm^2 olan parçalı kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı



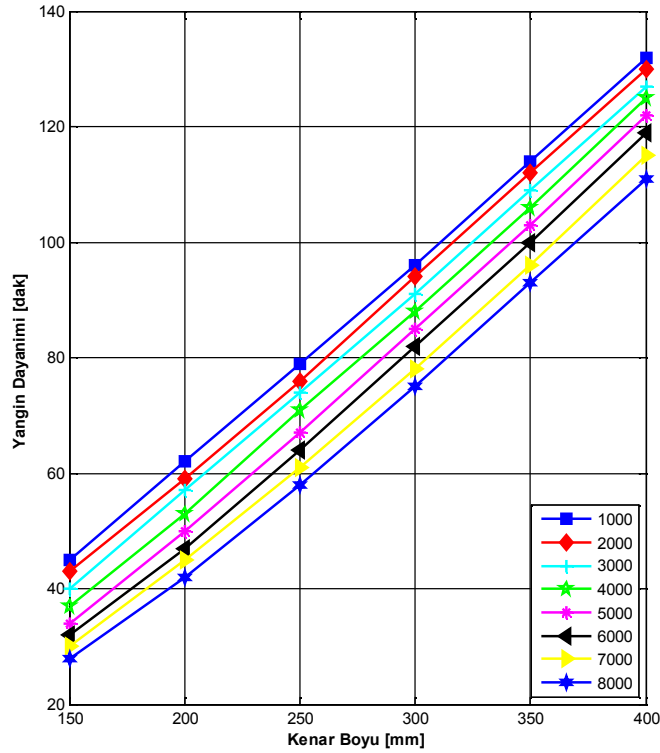
$$E = 11000 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_d = 42 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_g = 8 \text{ N/mm}^2 \quad u_1 = w_1 = 0.7 \text{ mm/dak.}$$

Şekil 4.49. Servis gerilmesi 8 N/mm^2 olan parçalı kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı



$$E = 11000 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_d = 42 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_g = 9 \text{ N/mm}^2 \quad u_1 = w_1 = 0.7 \text{ mm/dak.}$$

Şekil 4.50. Servis gerilmesi 9 N/mm^2 olan parçalı kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı



$$E = 11000 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_d = 42 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_g = 10 \text{ N/mm}^2 \quad u_1 = w_1 = 0.7 \text{ mm/dak.}$$

Şekil 4.51. Servis gerilmesi 10 N/mm^2 olan parçalı kesitli kolonun taşıma gücü diyagramı

4.6. Basitleştirilmiş Yangın Dayanım Formülleri

Bu bölümde, farklı geometrik kesitlerdeki ahşap kolonların yangın dayanımının belirlenmesi için basitleştirilmiş yangın dayanım formülleri oluşturulacak ve oluşturulan formüllerden elde edilen sonuçlar grafik üzerinde gösterilecektir. Daha sonra, basitleştirilmiş dayanım formülleri kullanılarak hesaplanan sonuçlar Pholz programından elde edilen sonuçlarla karşılaştırılacaktır.

Dikdörtgen Kesit İçin Basitleştirilmiş Yangın Dayanım Formüllerinin Çıkarılması:

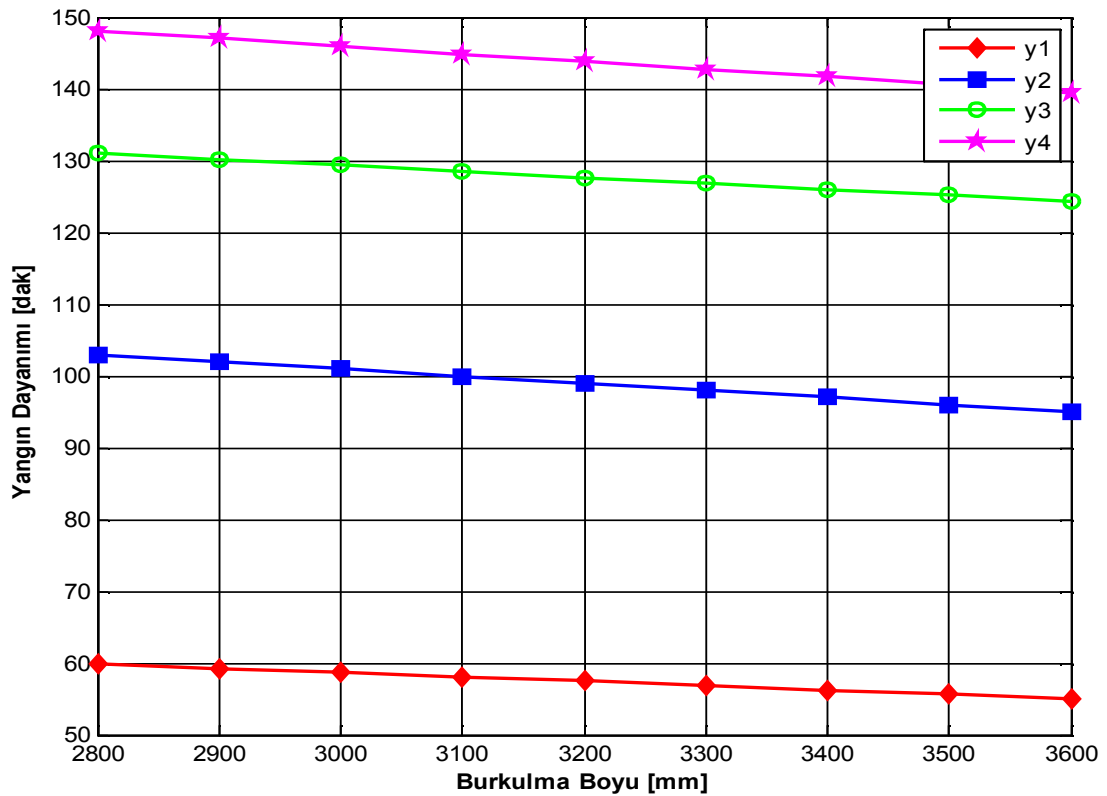
Bölüm 4.3'de açıklandığı üzere ahşap kolonun burkulma boyu arttıkça kolonun narinliği de artmaktadır. Bu durum, ahşap kolonun yangın etkisi altında belirlenen süreden daha erken göçmesine neden olmaktadır.

Şekil 4.52'de, Çizelge 4.9'da gösterilen dikdörtgen kesitlerin Pholz programıyla elde edilen yangın dayanım değerlerinin burkulma boyuna bağlı değişimi gösterilmiştir. Grafikteki eğrilerinin birbirlerine göre değişimi lineere yakın olmaktadır. Bu eğrilerin lineer veya lineere yakın olarak değişmesinden yola çıkılarak kesitlerin yangın dayanımının belirlenmesi için basitleştirilmiş dayanım formülleri oluşturulabilir.

Basitleştirilmiş yangın dayanımlarının oluşturulmasında ayrıca MathCAD R14 programı da kullanılmıştır.

Çizelge 4.9. Dikdörtgen kesit için basitleştirilmiş dayanım formüllerinin elde edilmesinde kullanılan kesitlere ait parametreler.

Kesit No	Kesit Ebatları (mm)	Diğer Parametreler	
I. Kesit	$b_{10} \times d_{10} = 400 \times 400$	Yanma Hızı	$u_1 = w_1 = 0.70 \text{ mm / dak.}$
II. Kesit	$b_{10} \times d_{10} = 300 \times 400$	Ahşap Mlz. E Sabiti	$E = 11000 \text{ N / mm}^2$
III. Kesit	$b_{10} \times d_{10} = 300 \times 300$	Başlangıç Gerilmesi	$\sigma_d = 42.9 \text{ N / mm}^2$
IV. Kesit	$b_{10} \times d_{10} = 200 \times 200$	Servis Gerilmesi	$\sigma_g = 5 \text{ N / mm}^2$



Şekil 4.52. Farklı kesitlerdeki dikdörtgen kolonların yangın dayanımının burkulma boyuna bağlı değişimi

Şekil 4.52’de gösterilen dayanım eğrileri, burkulma boyunun birinciden fonksiyonu olarak aşağıdaki şekilde tanımlanır:

- $200 \times 200 \text{ mm}$ 'lik dikdörtgen ahşap kolonun $y_1(s_k)$ eğrisi:

$$y_1(s_k) = 76.6444 - 0.006 \times s_k$$

- $300 \times 300 \text{ mm}$ 'lik dikdörtgen ahşap kolonun $y_2(s_k)$ eğrisi:

$$y_2(s_k) = 131.0000 - 0.0100 \times s_k$$

- $300 \times 400 \text{ mm}$ 'lik dikdörtgen ahşap kolonun $y_3(s_k)$ eğrisi:

$$y_3(s_k) = 154.2222 - 0.0083 \times s_k$$

- $400 \times 400 \text{ mm}$ 'lik dikdörtgen ahşap kolonun $y_4(s_k)$ eğrisi:

$$y_4(s_k) = 178.0222 - 0.0107 \times s_k$$

Yukarıdaki denklemlerle tanımlanan yangın dayanım eğrileri, sadece eğrilerin çıkarılmasında kullanılan kesitlerin farklı burkulma boylarına ait yangın dayanım değerlerini vermektedir. Bu sebeple, $y_i(s_k)$ fonksiyonu $f(s_k)$ fonksiyonu ile çarpılarak dikdörtgen kesitli ahşap kolonların yangın dayanımını diğer yangın parametrelerini de $(E, F, w_1, u_1, \sigma, \sigma_d)$ içine alan formül geliştirilebilir.

$$t_f(s_k) = y(v) \times f(s_k)$$

Basitleştirilmiş yangın dayanım formülünde; yangın dayanımını arttıran değişkenler denklemin pozitif kısımlarına, yangın dayanımını azaltan değerler ise fonksiyonun negatif kısımlarına yazılmalıdır. Buna göre, dikdörtgen kesitli kolonlar için kullanılabilecek basitleştirilmiş yangın dayanım formülü aşağıdaki gibi olmaktadır.

$$t_f(s_k) = (E \times Z_1 - s_k \times w_1 \times Z_2) \times (y_1(s_k))_{k2} + \sigma_d \times Z_3 \times F - \sigma \times Z_4 \times F^2$$

Şekil 4.52'deki $y_i(s_k)$ eğrilerinin referans eğrisine göre oranları belirlenir. Referans eğrisi olarak ise, genellikle birinci kesitin yangın dayanımının burkulma boyuna göre değişimini tanımlayan eğri kullanılmaktadır.

$$\rho_{11} = \frac{y_1(s_k)}{y_1(s_k)} = 1 \quad \rho_{21} = \frac{y_2(s_k)}{y_1(s_k)} = 1.7234 \quad \rho_{31} = \frac{y_3(s_k)}{y_1(s_k)} = 2.2218 \quad \rho_{41} = \frac{y_4(s_k)}{y_1(s_k)} = 2.5025$$

Yangın dayanım formülündeki Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 sırasıyla aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$Z_1 = \frac{y_1(s_k)_{k1}}{11000} \quad Z_2 = \frac{y_1(s_k)_{k2}}{0.70} \quad Z_3 = \frac{k_1}{42.9} \quad Z_4 = \frac{k_2}{5}$$

$y_1(s_k)_{k1}$ ve $y_1(s_k)_{k2}$ katsayıları sırasıyla referans alınan kesitin, yangın dayanımının burkulma boyuna göre değişimini tanımlayan eğrinin birinci ve ikinci katsayılarıdır.

$$y_1(s_k)_{k1} = 76.6444$$

$$y_1(s_k)_{k2} = 0.0060$$

k_1 ve k_2 katsayıları ise, farklı yangın parametrelerindeki $(E, F, w_1, u_1, \sigma, \sigma_d)$ ahşap kolonlarda, basitleştirilmiş yangın dayanım formülünün $(t_f(s_k))$ kullanılabilmesi amacıyla kullanılan katsayılarıdır. k_1 ve k_2 katsayıları aşağıdaki şekilde bulunur.

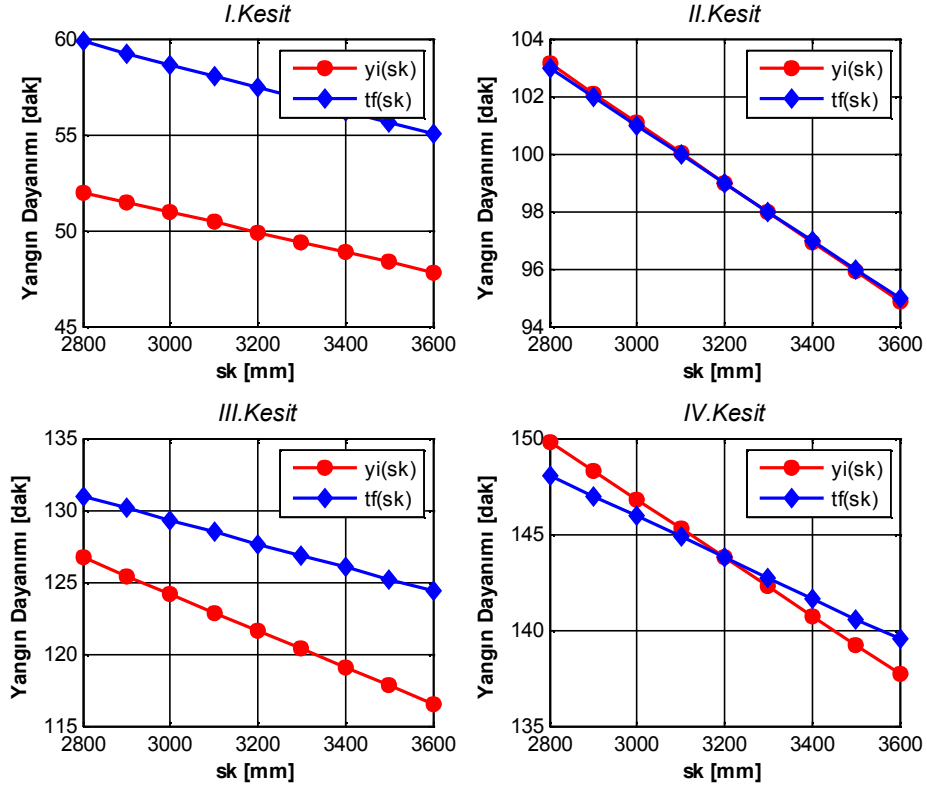
$$\begin{pmatrix} \kappa_1 \\ \kappa_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -A_2^2 & A_2 \\ -A_4^2 & A_4 \end{pmatrix}^{-1} \times \begin{pmatrix} \rho_{21} - y1_k2 \\ \rho_{41} - y1_k2 \end{pmatrix} \rightarrow \begin{matrix} \kappa_1 = 2.355 \times 10^{-05} \\ \kappa_2 = 4.970 \times 10^{-11} \end{matrix}$$

Yukarıda belirlenen değerler $t_f(s_k)$ fonksiyonunda yerine yazılırsa dikdörtgen kesitli ahşap kolonların basitleştirilmiş yangın dayanım formülü aşağıdaki gibi olur.

$$t_f(s_k) = (76.644 - 0.006) \times (0.011 + 2.355 \times 10^{-05} \times F - 4.970 \times 10^{-11} \times F^2)$$

Şekil 4.53'de ise, Çizelge 4.9'daki kesitlerin $y_i(s_k)$ ve $t_f(s_k)$ denklemleri kullanılarak elde edilen yangın dayanımlarının değişimi gösterilmiştir. İki denklem kullanılarak elde edilen yangın dayanım değerleri arasındaki fark; I.kesit için $6 \approx 7 \text{ dak.}$, II. kesit için $< 1 \text{ dak.}$, III. kesit için $4 \approx 5 \text{ dak.}$ ve IV. kesit için ise $< 2 \text{ dak.}$ olmaktadır.

Sonuç olarak, dikdörtgen kesitli ahşap kolonlar için basitleştirilmiş yangın dayanım formülü kullanılarak hesaplanan yangın dayanım değerleri ana programdan elde edilen sonuçlara yakın olmaktadır.



Şekil 4.53. Dört farklı dikdörtgen kesitin $y_i(s_k)$ ve $t_f(i)$ bağıntılarına göre hesaplanan yangın dayanımlarının karşılaştırılması

Dikdörtgen kesit için basitleştirilmiş yangın dayanım formüllerin belirlenmesinde, ahşap kolonun yangın dayanımının burkulma boyuna bağlı birinci dereceden fonksiyonu kullanılmıştır. Ahşap kolonun yangın dayanımının burkulma boyunun birinci dereceden daha yüksek dereceli bir fonksiyonunun kullanıp kullanılmamasının gerekliliğinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla dikdörtgen kesitli ahşap kolonun yangın dayanımının burkulma boyunun ikinci dereceden bir fonksiyonu kullanılması durumundaki $y_i(s_k)$ eğrilerinin değişimi Şekil 4.54’de gösterilmiştir. Yangın dayanımının burkulma boyunun ikinci dereceden bir fonksiyonu olması durumundaki eğrilerin denklemi aşağıda gösterilmiştir.

- $200 \times 200 \text{ mm}$ ’lük dikdörtgen ahşap kolonun $y_1(s_k)$ eğrisi:

$$y_1(s_k) = 87.654 - 0.0129 \times s_k + 1.082 \times 10^{-6} \times s_k^2$$

- $300 \times 300 \text{ mm}$ ’lük dikdörtgen ahşap kolonun $y_2(s_k)$ eğrisi:

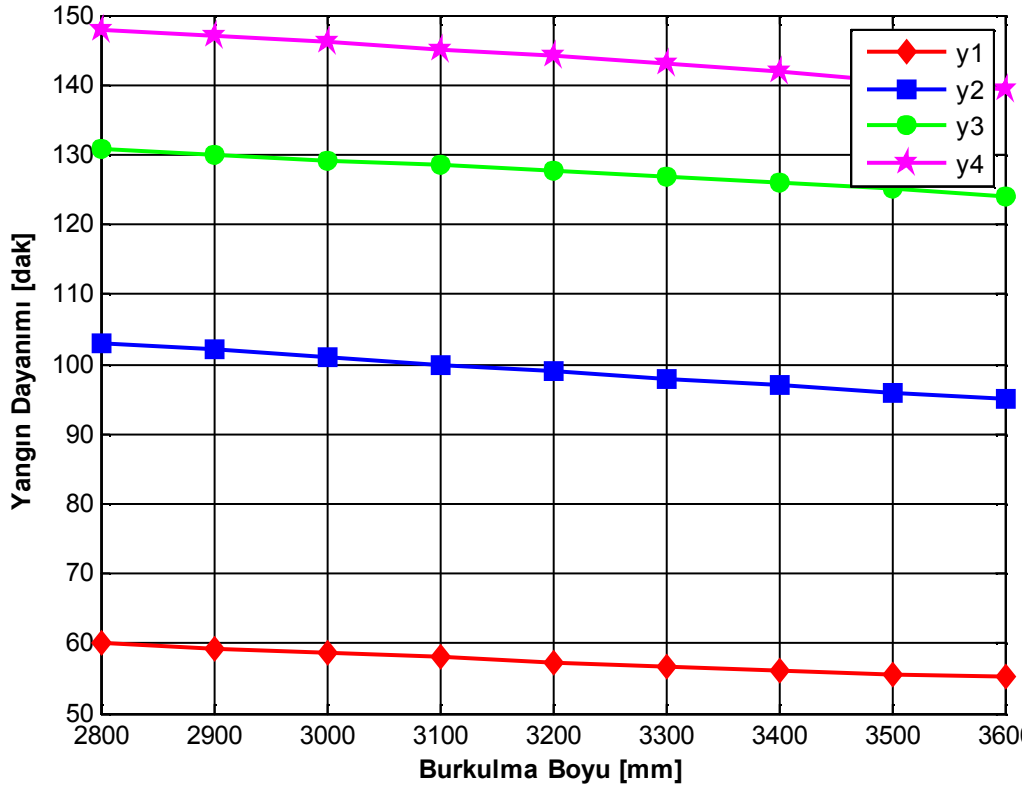
$$y_2(s_k) = 131 - 0.01 \times s_k - 1.9468 \times 10^{-19} \times s_k^2$$

- $300 \times 400 \text{ mm}$ 'lük dikdörtgen ahşap kolonun $y_3(s_k)$ eğrisi:

$$y_3(s_k) = 143.212 - 0.00141 \times s_k - 1.0823 \times 10^{-6} \times s_k^2$$

- $400 \times 400 \text{ mm}$ 'lük dikdörtgen ahşap kolonun $y_4(s_k)$ eğrisi:

$$y_4(s_k) = 147.19 + 0.0087 \times s_k - 3.0303 \times 10^{-6} \times s_k^2$$



Şekil 4.54. Farklı kesitlerdeki dikdörtgen kolonların yangın dayanımının burkulma boyunun ikinci dereceden fonksiyonuna bağlı değişimi

Şekil 4.54'deki dikdörtgen kesitli ahşap kolonunun yangın dayanımının burkulma boyuna bağlı ikinci dereceden fonksiyonu kullanılması durumundaki yangın dayanım eğrilerinin değişimi, birinci dereceden fonksiyon kullanılması durumundaki eğrilerin değişimine çok benzemektedir. Bu nedenle, yangın dayanımının burkulma boyuna göre değişimini tanımlayan fonksiyonunun birinci dereceden olması daha uygun olmaktadır.

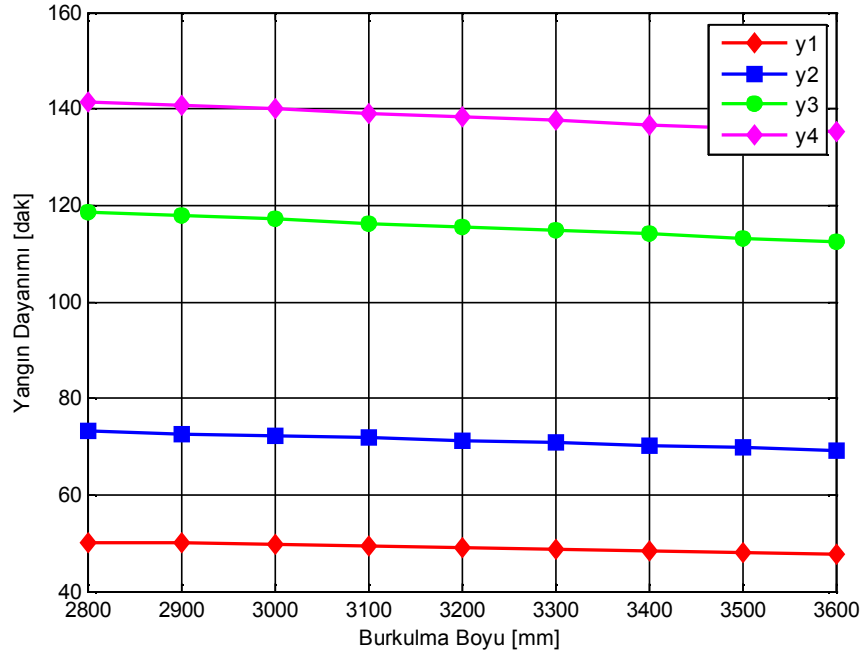
Sandık Kesit İçin Basitleştirilmiş Yangın Dayanım Formüllerinin Çıkarılması:

Sandık kesitli ahşap kolonların yangın dayanımının basitleştirilmiş yangın dayanım formülleri kullanılarak belirlenmesinde, dikdörtgen kesit için uygulanmış hesap modeli kullanılmıştır. Kullanılan hesap modelinin geçerli olabilmesi için Çizelge 4.10'daki her kesit tipi için çizilen $y_i(s_k)$ eğrilerinin değişiminin birbirine lineer veya lineere yakın olması gerekmektedir.

Çizelge 4.10. Sandık kesit için basitleştirilmiş dayanım formüllerinin elde edilmesinde kullanılan kesitlere ait parametreler

Kesit No	Kesit Boyutları (mm)	Diğer Parametreler	
I. Kesit	$b_{10} \times d_{10} = 200 \times 200$ $b_{11} \times d_{11} = 100 \times 100$	Yanma Hızı	$u_1 = w_1 = 0.70 \text{ mm / dak.}$
II. Kesit	$b_{10} \times d_{10} = 250 \times 250$ $b_{11} \times d_{11} = 100 \times 100$	Ahşap Mlz. E Sabiti	$E = 11000 \text{ N / mm}^2$
III. Kesit	$b_{10} \times d_{10} = 300 \times 300$ $b_{11} \times d_{11} = 100 \times 100$	Başlangıç Gerilmesi	$\sigma_d = 42.9 \text{ N / mm}^2$
IV. Kesit	$b_{10} \times d_{10} = 350 \times 350$ $b_{11} \times d_{11} = 100 \times 100$	Servis Gerilmesi	$\sigma_g = 5 \text{ N / mm}^2$

Şekil 4.55'de, farklı kesit alanlarına sahip sandık kolonların yangın dayanımının burkulma boyuna bağlı değişimini gösteren eğrilerin birbirlerine göre lineere yakın bir şekilde değiştiği görülmektedir. Bu değişimin, lineere çok yakın olmasından dolayı dikdörtgen kesitlerin yangın dayanımının hesaplanmasında, basitleştirilmiş yangın dayanım formüllerinin oluşturulmasında kullanılan hesap modeli kullanılabilir.



Şekil 4.55. Farklı kesitlerdeki sandık kolonların yangın dayanımının burkulma boyuna bağlı değişimi

Şekil 4.55’de gösterilen dayanım eğrileri, burkulma boyunun birinci dereceden fonksiyonu olarak aşağıdaki şekilde tanımlanır:

- $b_1 \times d_1 = 200 \times 200mm$ ’lik sandık kolonun $y_1(s_k)$ eğrisi:

$$y_1(s_k) = 58.6000 - 0.0030 \times s_k$$

- $b_1 \times d_1 = 250 \times 250mm$ ’lik sandık kolonun $y_2(s_k)$ eğrisi:

$$y_2(s_k) = 87.2222 - 0.0050 \times s_k$$

- $b_1 \times d_1 = 300 \times 300mm$ ’lik sandık kolonun $y_3(s_k)$ eğrisi:

$$y_3(s_k) = 140.2000 - 0.0077 \times s_k$$

- $b_1 \times d_1 = 350 \times 350mm$ ’lik sandık kolonun $y_4(s_k)$ eğrisi:

$$y_4(s_k) = 163.2889 - 0.0078 \times s_k$$

Şekil 4.55'deki $y_i(s_k)$ eğrilerinin referans eğrisine ($y_1(s_k)$) oranı belirlenir.

$$\rho_{11} = \frac{y_1(s_k)}{y_1(s_k)} = 1 \quad \rho_{21} = \frac{y_2(s_k)}{y_1(s_k)} = 1.4536 \quad \rho_{31} = \frac{y_3(s_k)}{y_1(s_k)} = 2.3584 \quad \rho_{41} = \frac{y_4(s_k)}{y_1(s_k)} = 2.8230$$

Yangın dayanım formülündeki Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 sırasıyla aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$Z_1 = \frac{y(i)_{k1}}{11000} \quad Z_2 = \frac{y(i)_{k2}}{0.70} \quad Z_3 = \frac{k_1}{42.9} \quad Z_4 = \frac{k_2}{5}$$

$y_1(s_k)_{k1}$ ve $y_1(s_k)_{k2}$ katsayıları sırasıyla referans alınan kesitin, yangın dayanımının burkulma boyuna göre değişimini tanımlayan eğrinin birinci ve ikinci katsayılarıdır.

$$y_1(s_k)_{k1} = 58.6000$$

$$y_1(s_k)_{k2} = 0.0030$$

k_1 ve k_2 katsayıları aşağıdaki şekilde hesaplanır.

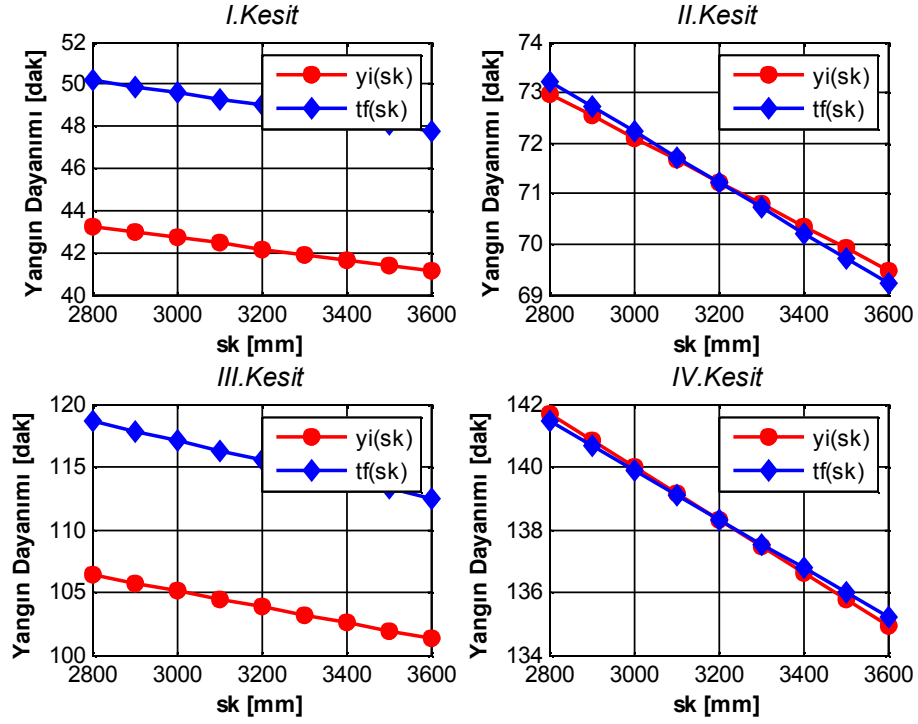
$$\begin{pmatrix} \kappa_1 \\ \kappa_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -A_2^2 & A_2 \\ -A_4^2 & A_4 \end{pmatrix}^{-1} \times \begin{pmatrix} \rho_{21} - y1_{k2} \\ \rho_{41} - y1_{k2} \end{pmatrix} \rightarrow \begin{matrix} \kappa_1 = 2.9873 \times 10^{-05} \\ \kappa_2 = 4.2722 \times 10^{-11} \end{matrix}$$

Tüm bilinmeyen değişkenler hesaplandıktan sonra, $t_f(sk)$ fonksiyonunda yerine yazılırlarsa elde edilecek basitleştirilmiş yangın dayanımı aşağıdaki şekilde olmaktadır.

$$t_f(sk) = (58.6000 - 0.006) \times (0.006 + 2.9873 \times 10^{-05} \times F - 4.2722 \times 10^{-11} \times F^2)$$

Şekil 4.56'da ise, Çizelge 4.10'da gösterilen kesitlerin $y_i(s_k)$ ve $t_f(s_k)$ denklemleri kullanılarak elde edilen yangın dayanımlarının değişimi gösterilmiştir. İki denklem kullanılarak elde edilen yangın dayanım değerleri arasındaki fark; I.kesit için yaklaşık $6 \approx 7 \text{ dak.}$, II. kesit için $<1 \text{ dak.}$, III. kesit için $10 \approx 11 \text{ dak.}$ ve IV. kesit için ise $<1 \text{ dak.}$ olmaktadır.

Sonuç olarak, sandık kesitli ahşap kolonlar için basitleştirilmiş yangın dayanım formülü kullanılarak hesaplanan yangın dayanım değerleri ana programdan elde edilen sonuçlara yakın olmaktadır.



Şekil 4.56. Dört farklı sandık kesitin $y(i)$ ve $t_f(i)$ bağıntılarına göre hesaplanan yangın dayanımlarının karşılaştırılması

Sandık şeklindeki kolonlar için iki denklem kullanılarak elde edilen yangın dayanım değerleri arasındaki farkın diğer kesitlere göre daha fazla olmasının nedeni, sandık kesitin yangın dayanımında iç çekirdek alanının da etkin olmasıdır.

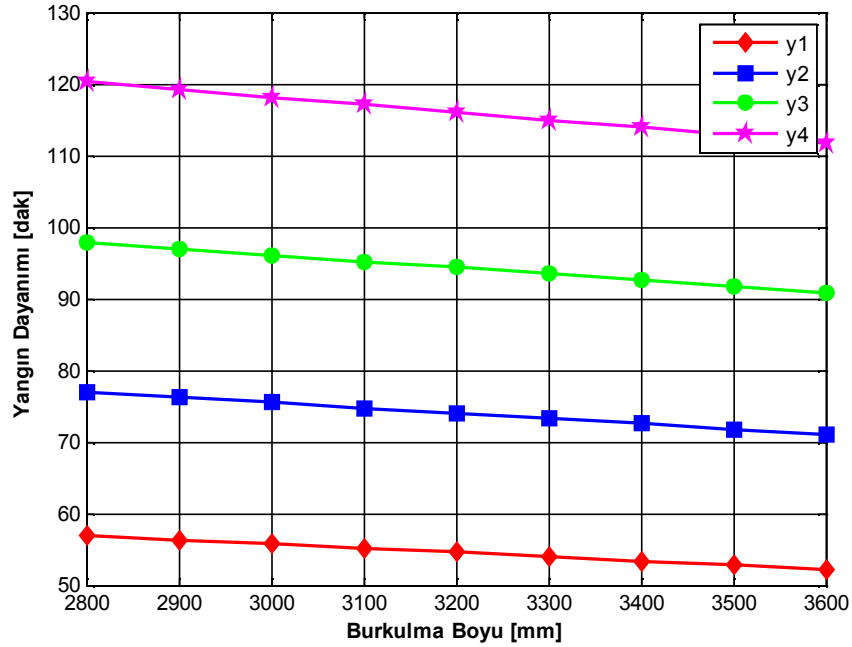
Dairesel Kesit İçin Basitleştirilmiş Yangın Dayanım Formüllerinin Çıkarılması

Dairesel kesitli ahşap kolonların yangın dayanımının basitleştirilmiş yangın dayanım formülleri kullanılarak belirlenmesinde dikdörtgen kesit için uygulanmış hesap modeli kullanılmıştır. Kullanılan hesap modelinin geçerli olabilmesi için Çizelge 4.11'deki her kesit tipi için çizilen $y_i(sk)$ eğrilerinin değişiminin birbirine lineer veya lineere yakın olması gerekmektedir.

Çizelge 4.11. Dairesel kesit için basitleştirilmiş dayanım formüllerinin elde edilmesinde kullanılan kesitlere ait parametreler

Kesit No	Kesit Yarıçapı (mm)	Diğer Parametreler	
I. Kesit	$r = 100$	Yanma Hızı	$u_1 = w_1 = 0.70mm / dak.$
II. Kesit	$r = 125$	Ahşap Mlz. E Sabiti	$E = 11000N / mm^2$
III. Kesit	$r = 150$	Başlangıç Gerilmesi	$\sigma_d = 42.9N / mm^2$
IV. Kesit	$r = 175$	Servis Gerilmesi	$\sigma_g = 5 N / mm^2$

Şekil 4.57’de, farklı kesit alanlarına sahip dairesel kolonların yangın dayanımının burkulma boyuna bağlı değişimini gösteren eğrilerin birbirlerine göre lineere çok yakın bir şekilde değiştiği görülmektedir. Değişimin lineere çok yakın olmasından dolayı dikdörtgen kesitlerin yangın dayanımının hesaplanmasında, basitleştirilmiş yangın dayanım formüllerinin oluşturulmasında kullanılan hesap modeli kullanılabilir.



Şekil 4.57. Farklı kesitlerdeki dairesel kolonların yangın dayanımının burkulma boyuna bağlı değişimi

Şekil 4.57’de gösterilen dayanım eğrileri, burkulma boyunun birinci dereceden fonksiyonu olarak aşağıdaki şekilde tanımlanır:

- $r_1 = 100mm$ ’lik dairesel ahşap kolonun $y_1(s_k)$ eğrisi:

$$y_1(s_k) = 73.7556 - 0.0060 \times s_k$$

- $r_2 = 125mm$ ’lik dairesel ahşap kolonun $y_2(s_k)$ eğrisi:

$$y_2(s_k) = 97.3556 - 0.0073 \times s_k$$

- $r_3 = 150mm$ ’lik dairesel ahşap kolonun $y_3(s_k)$ eğrisi:

$$y_3(s_k) = 122.4889 - 0.0088 \times s_k$$

- $r_4 = 175mm$ ’lik dairesel ahşap kolonun $y_4(s_k)$ eğrisi:

$$y_4(s_k) = 150.2444 - 0.0107 \times s_k$$

Şekil 4.57’deki $y_i(s_k)$ eğrilerinin referans eğrisine göre oranları belirlenir.

$$\rho_{11} = \frac{y_1(s_k)}{y_1(s_k)} = 1 \quad \rho_{21} = \frac{y_2(s_k)}{y_1(s_k)} = 1.3562 \quad \rho_{31} = \frac{y_3(s_k)}{y_1(s_k)} = 1.7288 \quad \rho_{41} = \frac{y_4(s_k)}{y_1(s_k)} = 2.1261$$

Yangın dayanım formülündeki Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 sırasıyla aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$Z_1 = \frac{y(i)_{k1}}{11000} \quad Z_2 = \frac{y(i)_{k2}}{0.70} \quad Z_3 = \frac{k_1}{42.9} \quad Z_4 = \frac{k_2}{5}$$

$y_1(s_k)_{k1}$ ve $y_1(s_k)_{k2}$ katsayıları sırasıyla referans alınan kesitin, yangın dayanımının burkulma boyuna göre değişimini tanımlayan eğrinin birinci ve ikinci katsayılarıdır.

$$y_1(s_k)_{k1} = 73.7556$$

$$y_1(s_k)_{k2} = 0.0060$$

k_1 ve k_2 katsayıları aşağıdaki şekilde hesaplanır.

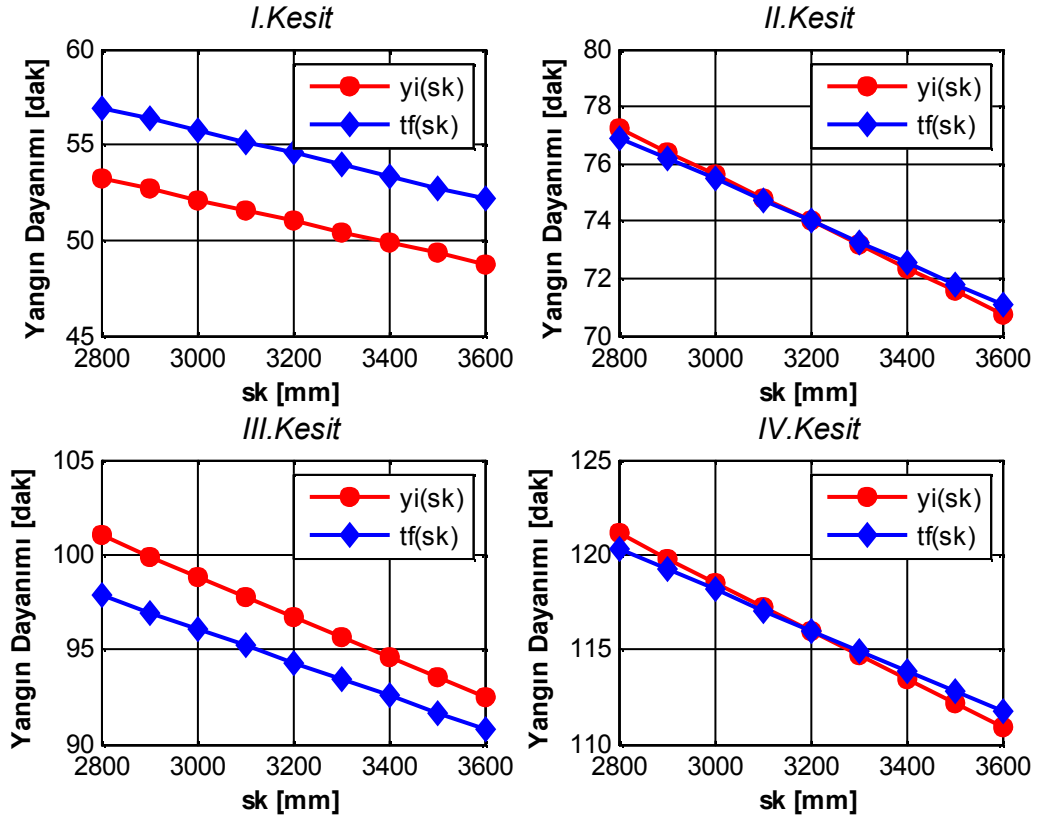
$$\begin{pmatrix} \kappa_1 \\ \kappa_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -A_2^2 & A_2 \\ -A_4^2 & A_4 \end{pmatrix}^{-1} \times \begin{pmatrix} \rho_{21} - y_1 - k_2 \\ \rho_{41} - y_1 - k_2 \end{pmatrix} \rightarrow \begin{matrix} \kappa_1 = 3.3205 \times 10^{-05} \\ \kappa_2 = 1.1610 \times 10^{-11} \end{matrix}$$

Tüm bilinmeyen değişkenler hesaplandıktan sonra, $t_f(s_k)$ fonksiyonunda yerine yazılırlarsa elde edilecek basitleştirilmiş yangın dayanımı aşağıdaki şekilde olmaktadır.

$$t_f(s_k) = (73.7556 - 0.006) \times (0.006 + 3.3205 \times 10^{-05} \times F - 1.1610 \times 10^{-11} \times F^2)$$

Şekil 4.58’de ise, Çizelge 4.11’de gösterilen kesitlerin $y_i(s_k)$ ve $t_f(s_k)$ denklemleri kullanılarak elde edilen yangın dayanımlarının değişimi gösterilmiştir. İki denklem kullanılarak elde edilen yangın dayanım değerleri arasındaki fark; I.kesit için yaklaşık $3 \approx 4$ dak., II. kesit için < 1 dak., III. kesit için $2 \approx 3$ dak. ve IV. kesit için ise < 2 dak. olmaktadır.

Sonuç olarak, dairesel kesitli ahşap kolonlar için basitleştirilmiş yangın dayanım formülü hesaplanan yangın dayanım değerleri ana programdan elde edilen sonuçlara yakın olmaktadır.



Şekil 4.58. Dört farklı dairesel kesitin $y(i)$ ve $t_f(i)$ bağıntılarına göre hesaplanan yangın dayanımlarının karşılaştırılması

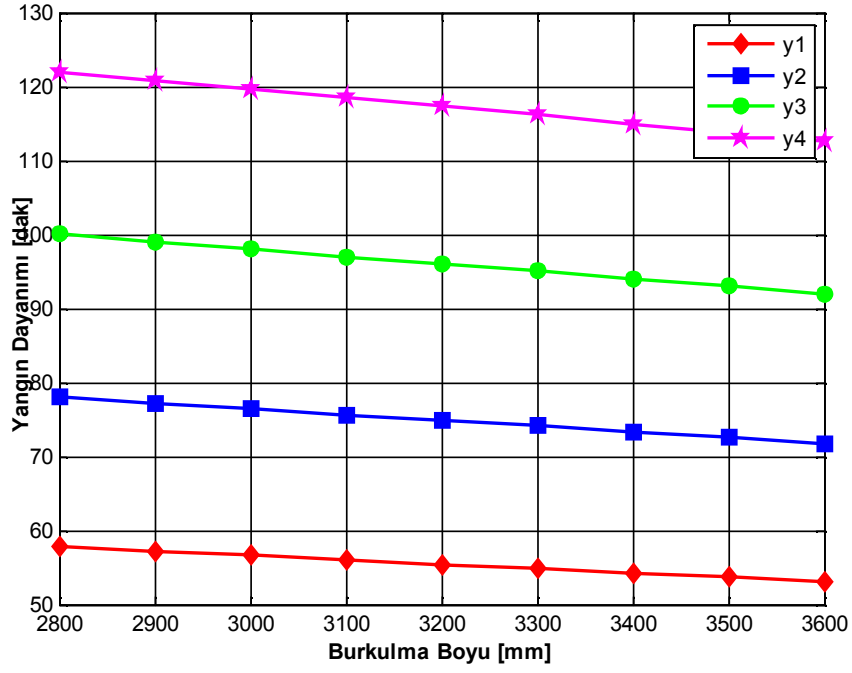
Altıgen Kesit İçin Basitleştirilmiş Yangın Dayanım Formüllerinin Çıkarılması

Altıgen kesitli ahşap kolonların yangın dayanımının basitleştirilmiş yangın dayanım formülleri kullanılarak belirlenmesinde dikdörtgen kesit için uygulanmış hesap modeli kullanılmıştır. Kullanılan hesap modelinin geçerli olabilmesi için Çizelge 4.12'deki her kesit tipi için çizilen $y_i(s_k)$ eğrilerinin değişiminin birbirine lineer veya lineere yakın olması gerekmektedir.

Çizelge 4.12. Altıgen kesit için basitleştirilmiş dayanım formüllerinin elde edilmesinde kullanılan kesitlere ait parametreler

Kesit No	Kesit Yarıçapı (<i>mm.</i>)	Diğer Parametreler	
I. Kesit	$r = 100$	Yanma Hızı	$u_1 = w_1 = 0.70 \text{ mm / dak.}$
II. Kesit	$r = 125$	Ahşap Mlz. E Sabiti	$E = 11000 \text{ N / mm}^2$
III. Kesit	$r = 150$	Başlangıç Gerilmesi	$\sigma_d = 42.9 \text{ N / mm}^2$
IV. Kesit	$r = 175$	Servis Gerilmesi	$\sigma_g = 5 \text{ N / mm}^2$

Şekil 4.59'da, farklı kesit alanlarına sahip altıgen kolonların yangın dayanımının burkulma boyuna bağlı değişimini gösteren eğrilerin birbirlerine göre lineere çok yakın bir şekilde değiştiği görülmektedir. Değişimin lineere çok yakın olmasından dolayı dikdörtgen kesitlerin yangın dayanımının hesaplanmasında, basitleştirilmiş yangın dayanım formüllerinin oluşturulmasında kullanılan hesap modeli kullanılabilir.



Şekil 4.59. Farklı kesitlerdeki altıgen kolonların yangın dayanımının burkulma boyuna bağlı değişimi

Şekil 4.59'da gösterilen dayanım eğrileri, burkulma boyunun birinciden fonksiyonu olarak aşağıdaki şekilde tanımlanır:

- $r_1 = 100mm$ 'lik altıgen ahşap kolonun $y_1(s_k)$ eğrisi:

$$y_1(s_k) = 74.6444 - 0.0060 \times s_k$$

- $r_2 = 125mm$ 'lik altıgen ahşap kolonun $y_2(s_k)$ eğrisi:

$$y_2(s_k) = 99.5333 - 0.0077 \times s_k$$

- $r_3 = 150mm$ 'lik altıgen ahşap kolonun $y_3(s_k)$ eğrisi:

$$y_3(s_k) = 128.0000 - 0.0100 \times s_k$$

- $r_4 = 175mm$ 'lik altıgen ahşap kolonun $y_4(s_k)$ eğrisi:

$$y_4(s_k) = 154.7778 - 0.0117 \times s_k$$

Şekil 4.59'deki $y_i(s_k)$ eğrilerinin referans eğrisine ($y_1(s_k)$) oranları belirlenir.

$$\rho_{11} = \frac{y_1(sk)}{y_1(sk)} = 1 \quad \rho_{21} = \frac{y_2(sk)}{y_1(sk)} = 1.3507 \quad \rho_{31} = \frac{y_3(sk)}{y_1(sk)} = 1.7314 \quad \rho_{41} = \frac{y_4(sk)}{y_1(sk)} = 2.1162$$

Yangın dayanım formülündeki Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 sırasıyla aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$Z_1 = \frac{y(i)_{k1}}{11000} \quad Z_2 = \frac{y(i)_{k2}}{0.70} \quad Z_3 = \frac{k_1}{42.9} \quad Z_4 = \frac{k_2}{5}$$

$y_1(s_k)_{k1}$ ve $y_1(s_k)_{k2}$ katsayıları sırasıyla referans alınan kesitin, yangın dayanımının burkulma boyuna göre değişimini tanımlayan eğrinin birinci ve ikinci katsayılarıdır.

$$y_1(s_k)_{k1} = 74.6444$$

$$y_1(s_k)_{k2} = 0.0060$$

k_1 ve k_2 katsayıları aşağıdaki şekilde hesaplanır.

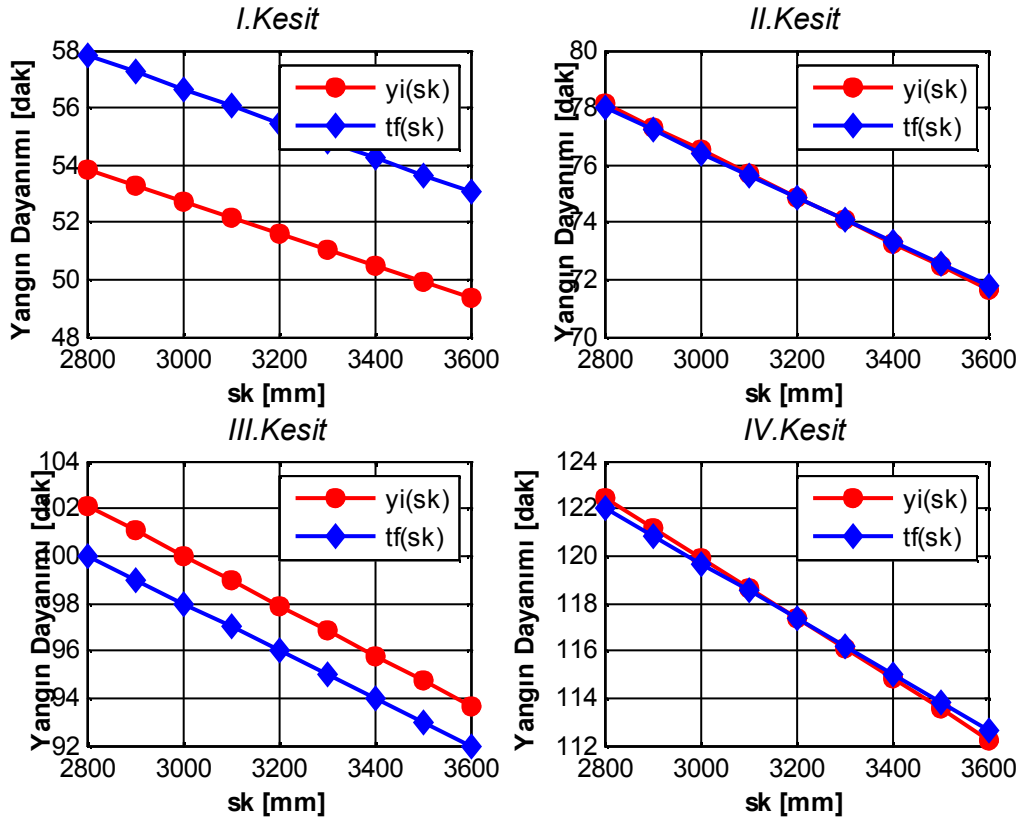
$$\begin{pmatrix} \kappa_1 \\ \kappa_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -A_2^2 & A_2 \\ -A_4^2 & A_4 \end{pmatrix}^{-1} \times \begin{pmatrix} \rho_{21} - y_1 - k_2 \\ \rho_{41} - y_1 - k_2 \end{pmatrix} \rightarrow \begin{matrix} \kappa_1 = 2.9307 \times 10^{-05} \\ \kappa_2 = 9.0953 \times 10^{-11} \end{matrix}$$

Tüm bilinmeyen değişkenler hesaplandıktan sonra, $t_f(s_k)$ fonksiyonunda yerine yazılırlarsa elde edilecek basitleştirilmiş yangın dayanımı aşağıdaki şekilde olmaktadır.

$$t_f(s_k) = (74.6444 - 0.006) \times (0.006 + 2.9307 \times 10^{-05} \times F - 9.0953 \times 10^{-11} \times F^2)$$

Şekil 4.60'da ise, Çizelge 4.12'de gösterilen kesitlerin $y_i(s_k)$ ve $t_f(s_k)$ denklemleri kullanılarak elde edilen yangın dayanımlarının değişimi gösterilmiştir. İki denklem kullanılarak elde edilen yangın dayanım değerleri arasındaki fark; I.kesit için yaklaşık $4 \approx 5$ dak., II. kesit için < 1 dak., III. kesit için < 2 dak. ve IV. kesit için ise < 1 dak. olmaktadır.

Sonuç olarak, altıgen kesitli ahşap kolonlar için basitleştirilmiş yangın dayanım formülü kullanılarak hesaplanan yangın dayanım değerleri ana programdan elde edilen sonuçlara yakın olmaktadır.



Şekil 4.60. Dört farklı altıgen kesitin $y(i)$ ve $t_f(i)$ bağıntılarına göre hesaplanan yangın dayanımlarının karşılaştırılması

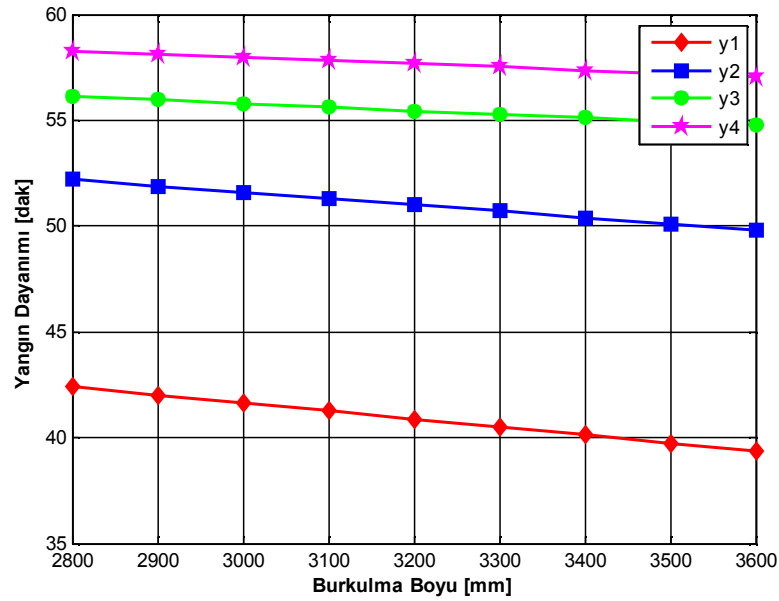
Artı Kesit İçin Basitleştirilmiş Yangın Dayanım Formüllerinin Çıkarılması

Artı kesitli ahşap kolonların yangın dayanımının basitleştirilmiş yangın dayanım formülleri kullanılarak belirlenmesinde dikdörtgen kesit için uygulanmış hesap modeli kullanılmıştır. Kullanılan hesap modelinin geçerli olabilmesi için Çizelge 4.13'deki her kesit tipi için çizilen $y_i(sk)$ eğrilerinin değişiminin birbirine lineer veya lineere yakın olması gerekmektedir.

Çizelge 4.13. Artı kesit için basitleştirilmiş dayanım formüllerinin elde edilmesinde kullanılan kesitlere ait parametreler

Kesit No	Kesit Ebatları (mm)	Diğer Parametreler	
I. Kesit	$b_{kol} \times h_{kol} = 200 \times 200$ $b_{ara} \times h_{ara} = 100 \times 100$	Yanma Hızı	$u_1 = w_1 = 0.70 mm / dak.$
II. Kesit	$b_{kol} \times h_{kol} = 300 \times 300$ $b_{ara} \times h_{ara} = 100 \times 100$	Ahşap Mlz. E Sabiti	$E = 1100 N / mm^2$
III. Kesit	$b_{kol} \times h_{kol} = 400 \times 400$ $b_{ara} \times h_{ara} = 100 \times 100$	Başlangıç Gerilmesi	$\sigma_d = 42.9 N / mm^2$
IV. Kesit	$b_{kol} \times h_{kol} = 500 \times 500$ $b_{ara} \times h_{ara} = 100 \times 100$	Servis Gerilmesi	$\sigma_g = 5 N / mm^2$

Şekil 4.61’de, farklı kesit alanlarına sahip artı kesitli kolonların yangın dayanımının burkulma boyuna bağlı değişimini gösteren eğrilerin birbirlerine göre lineere çok yakın bir şekilde değiştiği görülmektedir. Değişimin lineere yakın bir şekilde olmasından dolayı dikdörtgen kesitlerin yangın dayanımının hesaplanmasında, basitleştirilmiş yangın dayanım formüllerinin oluşturulmasında kullanılan hesap modeli kullanılabilir.



Şekil 4.61. Farklı kesitlerdeki artı şeklindeki ahşap kolonların yangın dayanımının burkulma boyuna bağlı değişimi

Şekil 4.61’de gösterilen dayanım eğrileri, burkulma boyunun birinci dereceden fonksiyonu olarak aşağıdaki şekilde tanımlanır:

- $b_{kol} \times h_{kol} = 200 \times 200mm$ 'lik artı şeklindeki ahşap kolonun $y_1(s_k)$ eğrisi:

$$y_1(s_k) = 53.0444 - 0.0038 \times s_k$$

- $b_{kol} \times h_{kol} = 300 \times 300mm$ 'lik artı şeklindeki ahşap kolonun $y_2(s_k)$ eğrisi:

$$y_2(s_k) = 53.0444 - 0.0038 \times s_k$$

- $b_{kol} \times h_{kol} = 400 \times 400mm$ 'lik artı şeklindeki ahşap kolonun $y_3(s_k)$ eğrisi:

$$y_3(s_k) = 60.8889 - 0.0017 \times s_k$$

- $b_{kol} \times h_{kol} = 500 \times 500mm$ 'lik artı şeklindeki ahşap kolonun $y_4(s_k)$ eğrisi:

$$y_4(s_k) = 62.4667 - 0.0015 \times s_k$$

Şekil 4.61’deki $y_i(s_k)$ eğrilerinin referans eğrisine ($y_1(s_k)$) oranı belirlenir.

$$\rho_{11} = \frac{y_1(s_k)}{y_1(s_k)} = 1 \quad \rho_{21} = \frac{y_2(s_k)}{y_1(s_k)} = 1.2472 \quad \rho_{31} = \frac{y_3(s_k)}{y_1(s_k)} = 1.3557 \quad \rho_{41} = \frac{y_4(s_k)}{y_1(s_k)} = 1.4099$$

Yangın dayanım formülündeki Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 sırasıyla aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$Z_1 = \frac{y(i)_{k1}}{11000} \quad Z_2 = \frac{y(i)_{k2}}{0.70} \quad Z_3 = \frac{k_1}{42.9} \quad Z_4 = \frac{k_2}{5}$$

$y_1(s_k)_{k1}$ ve $y_1(s_k)_{k2}$ katsayıları sırasıyla referans alınan kesitin, yangın dayanımının burkulma boyuna göre değişimini tanımlayan eğrinin birinci ve ikinci katsayılarıdır.

$$y_1(s_k)_{k1} = 53.0444$$

$$y_1(s_k)_{k2} = 0.0038$$

k_1 ve k_2 katsayıları aşağıdaki şekilde hesaplanır.

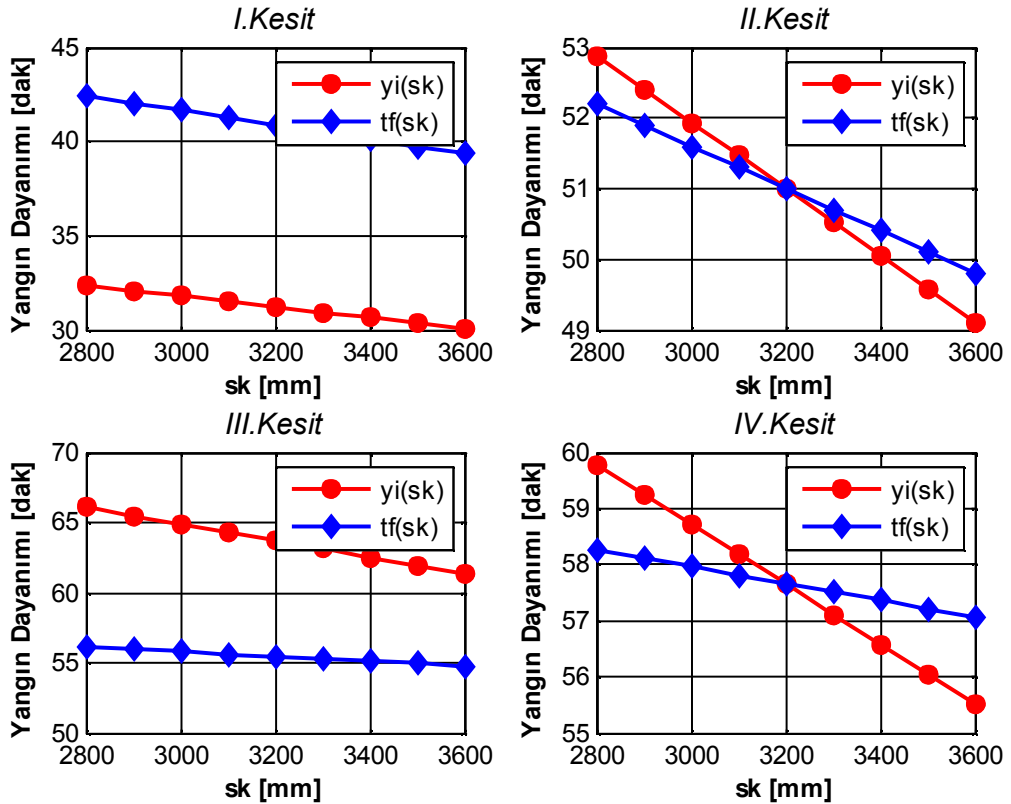
$$\begin{pmatrix} \kappa_1 \\ \kappa_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -A_2^2 & A_2 \\ -A_4^2 & A_4 \end{pmatrix}^{-1} \times \begin{pmatrix} \rho_{21} - y_1 - k_2 \\ \rho_{41} - y_1 - k_2 \end{pmatrix} \rightarrow \begin{matrix} \kappa_1 = 1.0960 \times 10^{-05} \\ \kappa_2 = 1.9090 \times 10^{-11} \end{matrix}$$

Tüm bilinmeyen değişkenler hesaplandıktan sonra, $t_f(s_k)$ fonksiyonunda yerine yazılırlarsa elde edilecek basitleştirilmiş yangın dayanımı aşağıdaki şekilde olmaktadır.

$$t_f(s_k) = (53.0444 - 0.0038) \times (0.0038 + 1.0960 \times 10^{-05} \times F - 1.9090 \times 10^{-11} \times F^2)$$

Şekil 4.62’de ise, Çizelge 4.13’de gösterilen kesitlerin $y_i(s_k)$ ve $t_f(s_k)$ denklemleri kullanılarak elde edilen yangın dayanımlarının değişimi gösterilmiştir. İki denklem kullanılarak elde edilen yangın dayanım değerleri arasındaki fark; I.kesit için yaklaşık $9 \approx 10$ dak., II. kesit için ≤ 1 dak., III. kesit için $9 \approx 10$ dak. ve IV. kesit için ise $2 \approx 3$ dak. olmaktadır.

Sonuç olarak, artı şeklindeki kesitli ahşap kolonlar için basitleştirilmiş yangın dayanım formülü kullanılarak hesaplanan yangın dayanım değerleri ana programdan elde edilen sonuçlara yakın olmaktadır.



Şekil 4.62. Dört farklı artı şeklindeki kesitin $y(i)$ ve $t_f(i)$ bağıntılarına göre hesaplanan yangın dayanımlarının karşılaştırılması

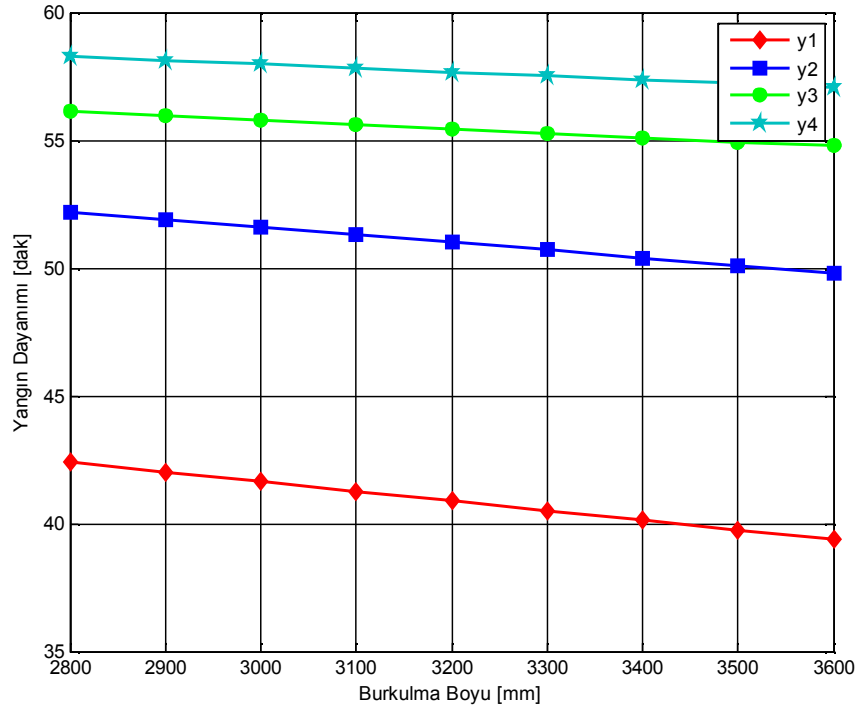
Parçalı Kesit İçin Basitleştirilmiş Yangın Dayanım Formüllerinin Çıkarılması

Parçalı ahşap kolonların yangın dayanımının basitleştirilmiş yangın dayanım formülleri kullanılarak belirlenmesinde dikdörtgen kesit için uygulanmış hesap modeli kullanılmıştır. Kullanılan hesap modelinin geçerli olabilmesi için Çizelge 4.14'deki her kesit tipi için çizilen $y_i(sk)$ eğrilerinin değişiminin birbirine lineer veya lineere yakın olması gerekmektedir.

Çizelge 4.14. Parçalı kesit için basitleştirilmiş dayanım formüllerinin elde edilmesinde kullanılan kesitlere ait parametreler

Kesit No	Kesit Ebatları (mm.)	Diğer Parametreler	
I. Kesit	$b_{10} \times d_{10} = 100 \times 100$ $b_{11} \times d_{11} = 300 \times 300$	Yanma Hızı	$u_1 = w_1 = 0.70 \text{ mm / dak.}$
II. Kesit	$b_{10} \times d_{10} = 125 \times 125$ $b_{11} \times d_{11} = 300 \times 300$	Ahşap Mlz. E Sabiti	$E = 11000 \text{ N / mm}^2$
III. Kesit	$b_{10} \times d_{10} = 150 \times 150$ $b_{11} \times d_{11} = 300 \times 300$	Başlangıç Gerilmesi	$\sigma_d = 42.9 \text{ N / mm}^2$
IV. Kesit	$b_{10} \times d_{10} = 175 \times 175$ $b_{11} \times d_{11} = 300 \times 300$	Servis Gerilmesi	$\sigma_g = 5 \text{ N / mm}^2$

Şekil 4.63'de, farklı kesit alanlarına sahip parçalı kolonların yangın dayanımının burkulma boyuna bağlı değişimini gösteren eğrilerin birbirlerine göre lineere çok yakın bir şekilde değiştiği görülmektedir. Değişimin lineere çok yakın olmasından dolayı dikdörtgen kesitlerin yangın dayanımının hesaplanmasında, basitleştirilmiş yangın dayanım formüllerinin oluşturulmasında kullanılan hesap modeli kullanılabilir.



Şekil 4.63. Farklı kesitlerdeki parçalı kolonların yangın dayanımının burkulma boyuna bağlı değişim grafiği

Şekil 4.63’de gösterilen dayanım eğrileri, burkulma boyunun birinciden fonksiyonu olarak aşağıdaki şekilde tanımlanır:

- $b_1 \times d_1 = 100 \times 100 \text{ mm}$ 'lik parçalı ahşap kolonun $y_1(s_k)$ eğrisi:

$$y_1(s_k) = 43.0000 - 0.0000 \times s_k$$

- $b_1 \times d_1 = 125 \times 125 \text{ mm}$ 'lik parçalı ahşap kolonun $y_2(s_k)$ eğrisi:

$$y_2(s_k) = 57.5111 - 0.0012 \times s_k$$

- $b_1 \times d_1 = 150 \times 150$ 'lik parçalı ahşap kolonun $y_3(s_k)$ eğrisi:

$$y_3(s_k) = 57.5111 - 0.0012 \times s_k$$

- $b_1 \times d_1 = 175 \times 175 \text{ mm}$ 'lik parçalı ahşap kolonun $y_4(s_k)$ eğrisi:

$$y_4(s_k) = 79.4667 - 0.0015 \times s_k$$

Şekil 4.63'deki $y_i(s_k)$ eğrilerinin referans eğrisine ($y_1(s_k)$) oranı belirlenir.

$$\rho_{11} = \frac{y_1(s_k)}{y_1(s_k)} = 1 \quad \rho_{21} = \frac{y_2(s_k)}{y_1(s_k)} = 1.2482 \quad \rho_{31} = \frac{y_3(s_k)}{y_1(s_k)} = 1.2482 \quad \rho_{41} = \frac{y_4(s_k)}{y_1(s_k)} = 1.7364$$

Yangın dayanım formülündeki Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 sırasıyla aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$Z_1 = \frac{y(i)_{k1}}{11000} \quad Z_2 = \frac{y(i)_{k2}}{0.70} \quad Z_3 = \frac{k_1}{42.9} \quad Z_4 = \frac{k_2}{5}$$

$y_1(s_k)_{k1}$ ve $y_1(s_k)_{k2}$ katsayıları sırasıyla referans alınan kesitin, yangın dayanımının burkulma boyuna göre değişimini tanımlayan eğrinin birinci ve ikinci katsayılarıdır.

$$y_1(s_k)_{k1} = 43.0000$$

$$y_1(s_k)_{k2} = 0.0000$$

k_1 ve k_2 katsayıları aşağıdaki şekilde hesaplanır.

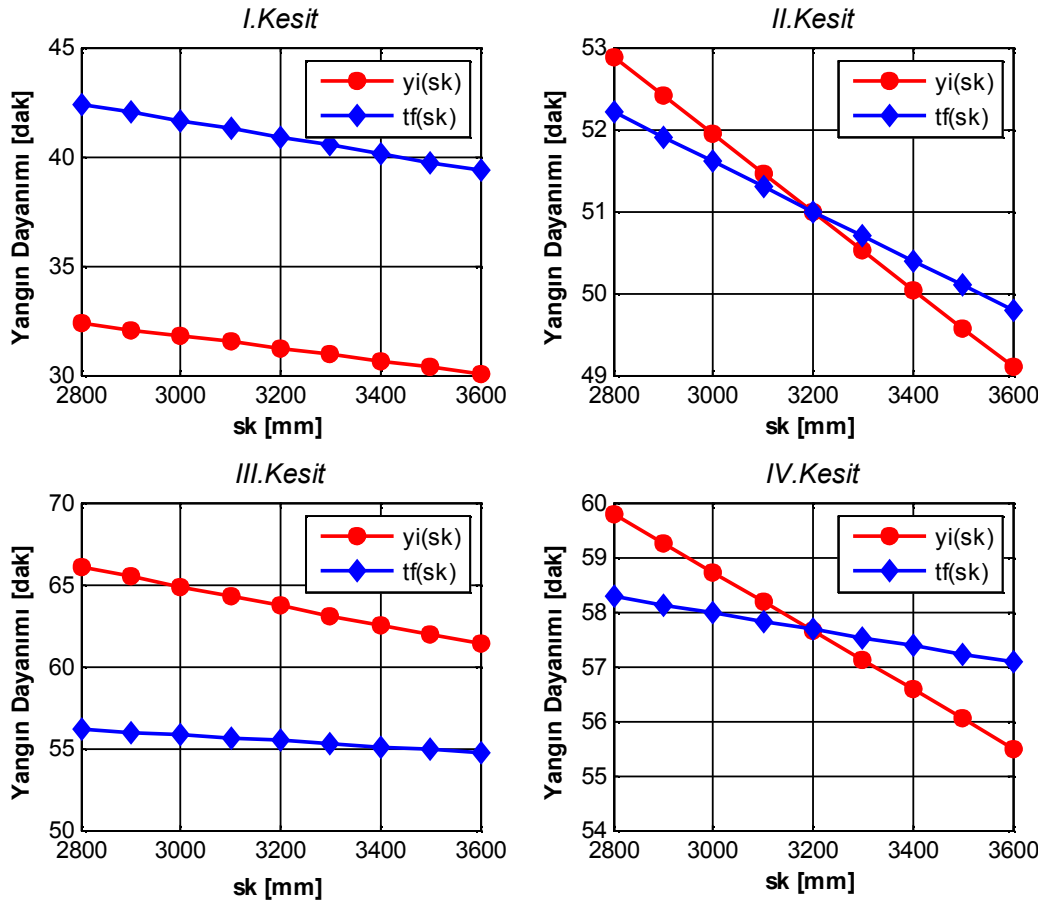
$$\begin{pmatrix} \kappa_1 \\ \kappa_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -A_2^2 & A_2 \\ -A_4^2 & A_4 \end{pmatrix}^{-1} \times \begin{pmatrix} \rho_{21} - y_1 - k_2 \\ \rho_{41} - y_1 - k_2 \end{pmatrix} \rightarrow \begin{matrix} \kappa_1 = 2.6008 \times 10^{-05} \\ \kappa_2 = 9.6594 \times 10^{-11} \end{matrix}$$

Tüm bilinmeyen değişkenler hesaplandıktan sonra, $t_f(s_k)$ fonksiyonunda yerine yazılırlarsa elde edilecek basitleştirilmiş yangın dayanımı aşağıdaki şekilde olmaktadır.

$$t_f(s_k) = (43.0000 - 0.0000) \times (0.0000 + 2.6008 \times 10^{-05} \times F - 9.6594 \times 10^{-11} \times F^2)$$

Şekil 4.64'de ise, Çizelge 4.14'de gösterilen kesitlerin $y_i(s_k)$ ve $t_f(s_k)$ denklemleri kullanılarak elde edilen yangın dayanımlarının değişimi gösterilmiştir. İki denklem kullanılarak elde edilen yangın dayanım değerleri arasındaki fark; I.kesit için yaklaşık $9 \approx 10 \text{ dak.}$, II. kesit için $< 1 \text{ dak.}$, III. kesit için $9 \approx 10 \text{ dak.}$ ve IV. kesit için ise $2 \approx 3 \text{ dak.}$ olmaktadır.

Sonuç olarak, parçalı kesitli ahşap kolonlar için basitleştirilmiş yangın dayanım formülü kullanılarak hesaplanan yangın dayanım değerleri ana programdan elde edilen sonuçlara yakın olmaktadır.



Şekil 4.64. Dört farklı parçalı kesitin $y(i)$ ve $t_f(i)$ bağıntılarına göre hesaplanan yangın dayanımlarının karşılaştırılması

4.7. Dikdörtgen Kesitli Ahşap Kolonların Yangın Dayanımının Yapay Sinir Ağları İle Bulunması

Çalışmanın bu bölümünde dikdörtgen kesitli ahşap kolonların yangın dayanımı yapay zekâ kullanarak hesaplanacaktır. Yapay zekâ kullanılarak hesaplanan sonuçların Pholz programı ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırılması yapılacaktır.

Yapay Zekâ biliminin alt bilim dalı olan Yapay Sinir Ağları (YSA) lineer veya lineer olmayan problemleri girdiler ile çıktılar arasındaki ilişkiyi mevcut örneklerden genelleme yaparak belirleyen, daha sonra ise hiç görmediği örneklere kabul edilebilir çözümler üreten sistemlerdir. YSA sistemleri, biyolojik sinir ağlarının yapısının taklit edilmesiyle ortaya çıkmış yöntemlerdir.

Günümüzde YSA'nın mevcut örneklerden yararlanarak genelleme yapabilmesi, paralel yapılarda hızlı çalışabilmesi ve en önemlisi eksik bilgi ile çalışabilme yeteneği (eksik-bozuk

fotoğrafların tanımlanması) gibi pek çok konuda diğer yapay zekâ yöntemlerine göre avantajlardan dolayı YSA mühendisliğin birçok alanında başarıyla kullanılmaktadır. YSA'nın sahip olduğu birçok avantaja rağmen, çok yeni bir konu olması farklı tipteki problemlere uygulanabilirliğindeki zorluk YSA'nın olumsuz yanını teşkil etmektedir.

YSA uygulamalarının inşaat mühendisliğinde kullanılmış bazı örnekleri şunlardır: Kang ve Yoog (1994), basit bir kafes kiriş sistemini YSA yaklaşımıyla çözmüş ve diğer yöntemlerle karşılaştırarak oldukça iyi sonuçlar elde etmişlerdir. Civelek (1997), YSA tekniğini betonarme elemanlardaki zamana bağlı etkilerin analizine başarıyla uygulamıştır. Elde edilen bazı sonuçlar, çeşitli yazarlar tarafından verilen teorik ve deneysel sonuçlara çok yakın çıkmıştır. Ghaboussi ve ark. (1991), betonun farklı yüklemeler altındaki gerilme-şekil değiştirme bağıntılarının belirlenmesinde başarıyla uygulanmıştır. Keleşoğlu ve Fırat (2006), yalıtımlı duvarlarda ve tesisat borularındaki yalıtım hesaplarında YSA uygulamıştır. Civelek ve Çatal (2004), Elastik kirişlerin tekil ve yayılı yük altında yapmış oldukları deplasman problemleri YSA kullanılarak çözülmüştür. Hani ve Ghaboussi (1998), yapay sinir ağlarını boyutlandırma problemlerine başarıyla uygulamış, elde edilen sonuçların klasik optimizasyon teknikleri kullanılarak elde edilen sonuçlardan daha elverişli olduğu gösterilmiştir. Heikki K (2006), yapay sinir ağları ve bulanık mantık problemlerinin Matlab programının kullanılarak çözümü ile ilgili pratik olarak kullanılabilir çalışmaları hazırlamıştır.

Aşağıdaki çizelgede, sayısal bilgisayarlardaki klasik çözüm yöntemi ile YSA'nın genel hatları karşılaştırılmıştır.

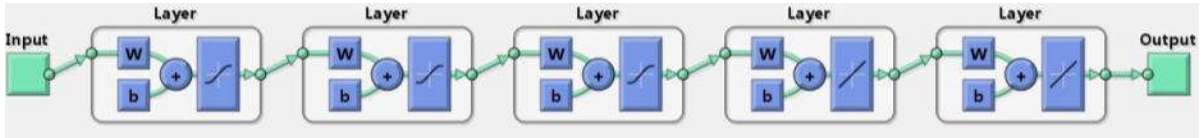
Çizelge 4.15. Yapay Sinir Ağları ile sayısal bilgisayarların karşılaştırılması

Sayısal Bilgisayarlar	Yapay Sinir Ağları
Tümdengelimli savunma: Çıkış üretmek için giriş bilgilerine bilinen kurallar uygulanır.	Tümevarımlı savunma: Giriş ve çıkış bilgileri (eğitilen örnekler) verilir, kuralları biz koyarız.
Hesaplama merkezi, eş zamanlı ve ardışıldır.	Hesaplama toplu, eşzamansız ve öğrenmeden sonra paraleldir.
Bellek paketlenmiş, hazır bilgi depolanmış ve yer adreslenebilir.	Bellek ayrılmıştır, dâhilidir ve içerik adreslenebilir.
Hata toleransı yoktur.	Eğer bilgi, gürültülü veya kısmi ise kurallar bilinmiyorsa ya da karışıkça, hata toleransı uygulanabilir.
Hızlıdır.	Yavaşdır.
Bilgiler ve algoritmalar kesindir.	Yapay sinir sistemleri deneyimlerden yararlanır.

Çizelge 4.15'deki karşılaştırmadaki en önemli madde YSA'nın eksik bilgi ile çalışabilme yeteneğidir. Sahip olduğu bu yetenek ile YSA özellikle, askeri alanda uydu fotoğraflarının değerlendirilmesinde, düşük çözünürlüklü fotoğrafların çözünürlüğünün artırılması ve gürültü analizlerinde kullanılmaktadır. Tabii ki eksik bilgi ile çalışan YSA'nın vereceği performans eksik bilginin önemine göre değişmektedir (Elmas 2003).

Dikdörtgen kesitli ahşap kolonların yangın dayanımlarının belirlenmesi probleminin klasik yöntemle çözümü (Pholz kullanılarak) için; ahşabın oda sıcaklığındaki elastisite modülü $E_0 = 11000 N / mm^2$ olarak seçilmiştir. Ahşap kolonun mesnetlenme durumu ise alt ve üst uçtan mafsallı ($S_k = 1.00 \times S_{k0}$) olarak kabul edilmiştir. Kolona etkiyen başlangıç gerilmesi $\sigma_d = 42 N / mm^2$, kolon üzerindeki servis gerilmesi $\sigma_g = 5 N / mm^2$ 'dir. Yükün, kolon ekseninde doğrultusunda bir dış merkezliğe sebep vermeyecek şekilde etkidiği kabul edilmiştir. Ancak uygulamada, mutlaka dış merkezlik olacağından yapılan hesaplamalarda yüke minimum dış merkezlik uygulanmıştır.

Problemin yapay sinir ağı ile çözümü için ise geri yayımlı YSA (Backpropagation) kullanılmıştır. Şekil 4.65'de, seçilen ağda 1 giriş katmanı, 5 ara (gizli) katman ve 1 çıkış katmanı bulunduğu gösterilmiştir.



Şekil 4.65. Hazırlanan yapay sinir ağı katman yapısı

Hazırlanan yapay sinir ağının giriş katmanında 3 işlem elemanı (nöron) bulunmaktadır. Bunlar sırasıyla; ahşap kolonun boyu, kolonun genişliği ve burkulma boyudur. Ara katmanı oluşturan her gizli katmanda ise 40 nöron kullanılmıştır. Ağın çıkış katmanını ise ahşap kolonunun yangın dayanım süresini verecek şekilde bir çıkış elemanı oluşturmaktadır.

Yapay sinir ağının eğitimini gerçekleştirmek üzere 3 giriş ve bir çıkış verisini içeren 171 adet örnek veri içeren eğitim seti Pholz programı kullanılarak hazırlanmıştır. Eğitim setinde kullanılan verilerin aralıkları Çizelge 4.16'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.16. Örnek setleri için veri aralıkları

Giriş ve Çıkış Parametreleri		Eğitimde Kullanılan Değerler
b_{10}	Kolon Genişliği	100 – 500mm
d_{10}	Kolon Boyu	100 – 500mm
S_k	Kolon Burkulma Boyu	2800 – 4600mm
t_f	Yangın Dayanımı	0 – 200dak.

YSA ile elde edilecek sonuçların Pholz programının verdiği sonuçlarla karşılaştırmak için eğitim kümesinde bulunmayan 5 test verisi hazırlanmıştır (Çizelge 4.17). Eğitim kümesinde bulunmayan verilerin seçilmesindeki amaç, YSA'nın hiç görmediği örneklere vereceği cevabın belirlenmesidir.

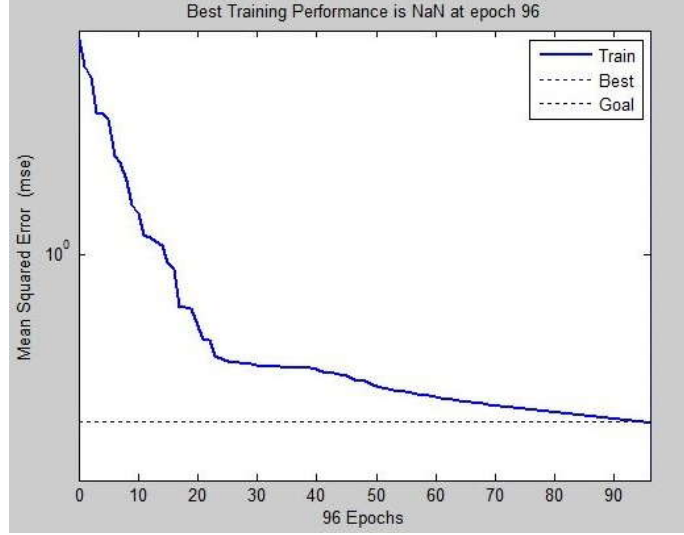
Çizelge 4.17. Hazırlanan YSA test veri kümesi

Kesit No	b_{10} (mm)	d_{10} (mm)	S_k (mm)
1	223	223	3125
2	310	310	3249
3	345	345	3450
4	421	421	3756
5	434	434	3001

Ağın eğitilmesinde ise danışmanlı öğrenme metodu kullanılmıştır. Ağın ilk üç ara katmanında transfer fonksiyonu olarak lineer olmayan olayların YSA ile modellenmesinde tercih edilen Tansig fonksiyonu diğer katmanlarda ise Purelin fonksiyonu seçilmiştir.

Yapay sinir ağına ait parametreler belirlendikten sonra hazırlanan ağ, Matlab programındaki Neural Network Toolbox v.6 (nntool) araç kutusu kullanılarak eğitime sokulur (Mathworks 2008). Ağın eğitimi performans noktasına (1×10^{-3}) erişilince program tarafından otomatik olarak sonlandırılır. Ağın performans noktasına erişene kadarki performansının değişimi Şekil 4.66'da gösterilmiştir. Şekil 4.66'ya göre problemin çözümü için hazırlanan yapay sinir ağının performans noktasına 96. adımda erişilmiştir. Yapay sinir ağlarının paralel yapıda

alışmasından dolayı çift çekirdekli işlemcilerle sahip kişisel bilgisayarlar kullanılarak gerçekleştirilen analizler uzun sürmektedir. Bu sebeple, yapılan çalışma için de, yapay sinir ağında çok fazla veri bulunmamasına rağmen yapay sinir ağının eğitimi 3762 saniye sürmüştür.



Şekil 4.66. Hazırlanan yapay sinir ağıının performansının değişimi

Hazırlanan yapay sinir ağıının eğitimi tamamlandıktan sonra, ağı daha önceden hazırlanmış olan test verileri gösterilerek ağıın bu örneklere vereceği cevaplar belirlenmiştir. Yapay sinir ağıının test verilerine verdiği cevaplar belirlenerek Pholz ve YSA kullanılarak yangın dayanım değerlerinin karşılaştırması yapılmıştır. Karşılaştırma sonucu yapay sinir ağı kullanılarak elde edilen dayanım değerleri, Pholz programı ile elde edilen değerden en fazla 1.35 dakikalık sapma göstermektedir. Tablo 4.18 incelendiğinde, iki hesap yöntemi kullanılarak elde edilen yangın dayanım değerlerinin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir.

Sonuç olarak, dikdörtgen kesitli ahşap kolonların yangın dayanımının belirlenmesinde yapay zekânın alt bilim dalı olan YSA başarıyla uygulanmıştır.

Çizelge 4.18. Hazırlan YSA ile hesaplanan sonuçların karşılaştırılması

Kesit No	Giriş (mm)			Çıkış (dak.)		Fark (dak.)
	b_{10}	d_{10}	S_k	Pholz	YSA	
1	223	223	3125	48	46.65	1.35
2	310	310	3249	74	73.16	0.84
3	345	345	3450	84	83.71	0.29
4	421	421	3756	108	107.19	0.81
5	434	434	3001	119	120.28	-0.72

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

SONUÇ

Binalardaki yangınlarda $1200^{\circ}C$ 'ye kadar yükselen sıcaklıkların oluştuğu ve bu sıcaklıklarda önemli yapı malzemelerinden ahşabın kömürleştiği, çeliğin yumuşayıp aktığı, beton ve taşların ise parçalanıp döküldüğü bilinmektedir. Ahşap yapıların, buna bağlı olarak ise ahşap taşıyıcı yapı elemanlarının yangın etkisinde ne zaman göçme durumuna erişeceğini belirlemek gerekmektedir. Gerçekleştirilen tez çalışması kapsamında ahşap kolonların yangın davranışı incelenerek farklı geometrideki kesitlerin yangın dayanımının belirlenmesi için deneysel çalışmalarla desteklenen bilgisayar programı geliştirilmiştir. Gerçekleştirilen teorik ve deneysel çalışmalar sonucunda çıkartılabilecek başlıca sonuçlar şunlardır:

— Yangın etkisine maruz artı kesitli ahşap kolonlarda eş olmayan kömürleşme etkisinin belirlenmesi için yapılan deneysel çalışma sonucunda, artı kesitli ahşap kolon kesitinde oluşan kömürleşmenin homotetik olmadığı yani kesitteki daralmanın tüm yüzeylerinde eş bir biçimde oluşmadığı belirlenmiştir. Yangın deneyine tabi tutulan artı kesitli deney numunelerinin daha önceden belirlenen referans noktalarında oluşan kömürleşme tabakasının kalınlığı ölçülerek, artı kesitli ahşap kolonun iç köşelerindeki yanma hızının kesitin dış köşesindeki yanma hızına oranının 0.42 katı olduğu belirlenmiştir.

— Farklı kesit geometrisindeki ahşap kolonların; yangın dayanımını, göçme durumunda taşıyabileceği maksimum normal kuvvet değerini, ahşap kolon kesitin kömürleşmemiş kısmındaki sıcaklığı ve göçme durumundaki kesitteki kritik gerilmeyi hesaplayan bilgisayar programı Matlab ve Fortran programlama dilleri kullanılarak hazırlanmıştır. Hazırlanan bilgisayar programının hesap yapabildiği kesit geometrileri şunlardır:

- Dikdörtgen kesit
- Sandık kesit
- Dairesel kesit
- Altıgen kesit
- Parçalı kesit
- Artı kesit

- Parçalı kesit geometrisindeki ahşap kolonların atalet momentinin hesaplanmasında DIN 1052'de tariflenen etkin atalet momenti hesap yöntemi geliştirilen bilgisayar programında kullanılmıştır.
- Gerçekleştirilen deneyler sonucunda ahşap kolonların mesnetlenme durumunun doğru şekilde belirlenememesinin ahşap kolonun yangın dayanım değerleri arasında büyük farklar oluşturduğu belirlenmiştir. Bu durum, ahşap kolonun yangın etkisi altında belirlenen süreden çok daha erken veya geç göçme durumuna erişmesine neden olabilmektedir. Bu sebeple tasarımcı, ahşap kolonun yangın dayanımının belirlenmesinde kullandığı mesnetlenme durumunun ahşap kolonun teşkili sırasında mümkün olup olmayacağını düşünmek zorundadır.
- Ahşap kolonların yangın dayanımlarının belirlenmesi için $E, A, w_1, u_1, \sigma, \sigma_d$ parametrelerini içeren basitleştirilmiş yangın dayanım formülleri her bir kesit geometrisindeki ahşap kolon için oluşturulmuştur. Basitleştirilmiş yangın dayanım formülleri kullanılarak hesaplanan dayanım değerleri geliştirilen bilgisayar programıyla hesaplanan dayanım değerleri ile karşılaştırılarak aradaki farkın kabul edilebilir bir seviyede olduğu belirlenmiştir.
- Her bir kesit geometrisindeki ahşap kolonların yangın dayanımlarını, kolon boyunun $2800-3600mm$ ve servis gerilmesinin $5-10N/mm^2$ değerleri için gösteren taşıma gücü diyagramları hazırlanmıştır.
- Gerçekleştirilen tez çalışmasında ayrıca dikdörtgen kesitli ahşap kolonların yangın dayanımının belirlenmesinde yapay zekânın alt bilim dalı olan yapay sinir ağları başarıyla uygulanmış ve ileriye dönük yapılabilecek diğer çalışmalar belirlenmiştir. Yapay sinir ağları ve Pholz kullanılarak hesaplanan dayanım değerleri arasında en fazla 1.35 dakikalık fark oluşmuştur. İki hesap modeli kullanılarak hesaplanan yangın dayanımları arasındaki farkın bu düzeyde olması yapay zekanın bu konu üzerindeki uygulanabilirliğinin başarısının bir göstergesidir.

ÖNERİLER

Çalışmanın ileriye dönük yapılabilecek önerilerini içeren bu bölümünde yapay zekânın ahşap kolonların yangın dayanımının yapay zekâ kullanılarak belirlenmesi ile ilgili ileriye dönük yapılabilecek çalışmalar aşağıda gösterilmiştir:

- Dikdörtgen kesitli kolonlar için hazırlanan YSA, diğer kesit geometrisindeki ahşap kolonlar için de hazırlanabilir.
- Yapılan çalışmada, problemin çözümünde kullanılan giriş verisi olarak üç değişken parametre kullanılmıştır. Bunlar sırasıyla dikdörtgen kolonun kısa kenarı, uzun kenarı ve ahşap kolonun burkulma boyudur. İleriki çalışmalarda, bu giriş verilerine ahşap malzemenin E sabiti, yanma (kömürleşme) hızı, servis gerilmesi ve başlangıç gerilmesi ilave edilebilir.
- Problemin YSA ile çözümünün gerçekleştirilmesi için gerekli olan eğitim veri kümesinde 171 adet örnek veri bulunmaktadır. Bu örnek veri sayısı bir üst maddede sunulan değişkenleri de içine alacak şekilde büyütülmelidir.
- 171 veri kullanılarak ağın eğitilmesi 3762 saniye sürmektedir. Ağın eğitimini daha hızlı gerçekleştirmek için farklı ağ eğitim algoritmaları denenebilir.
- Problemin çözümünde, ağ yapısı olarak ileri beslemeli geri yayımlı yapay sinir ağı kullanılmıştır. Farklı yapılardaki ağlar kullanılarak hazırlanarak bu ağların performans seviyeleri değerlendirilmelidir.
- Hazırlanan YSA, çalıştırılabilir uygulama dosyası haline getirilebilir (.exe).

6. KAYNAKLAR

- Anonim (2001). Güneş Sigorta 2001 Faaliyet Raporu. Güneş Sigorta Anonim Şirketi, http://www.gunessigorta.com.tr/popup.php?name=faaliyet_raporlari_2001 (erişim tarihi, 11.08.2008).
- Anonim (2006a). İstanbul İli 1996-2005 Yangın İstatistik Değerleri. İstanbul Büyükşehir Belediyesi Fatih İtfaiye Müdürlüğü, İstanbul.
- Anonim (2006b). Güneş Sigorta 2006 Faaliyet Raporu. Güneş Sigorta Anonim Şirketi, http://www.gunessigorta.com.tr/popup.php?name=faaliyet_raporlari_2006 (erişim tarihi, 11.08.2008).
- Beton Kalender (1967).Verlag Wilhelm Ernst&Sohn., Berlin, München, 187-189.
- Bechtold R ve ark (1977). Brandversuche an einen zum Abbruch bestimmten, viergeschossigen modernen Wohnhaus in Lehrte. Bericht des Instituts für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der Technischen Universita Braunschweig.
- Budak A, Can İ (2005). Betonarme Kolon Kesitlerinin Hesabi için Yapay Sinir Ağları ile Geliştirilen Yeni Formüller. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 11(2):183-191.
- Civelek Ö (1997). The Analysis of time Dependent Deformation In R.C Members by Artificial Neural Networks. Journal of Pamukkale University Engineering Sci, 3(2):331-335.
- Civelek Ö, Çatal J. H (2004). Geri Yayılma Yapay Sinir Ağı Kullanılarak Elastik Kirişlerin Statik ve Dinamik Analizi. DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 6(1):1-16.
- DIN 4102 (1977). Fire behaviour of building materials and building components. Deutsches Institut für Normung.
- Dorn H, Egner K (1961). Brandversuche an geleimten Holzbauteilen. Holzzentralblatt, Nr. 28.
- Elmas C (2003). Yapay Sinir Ağları (Kuram, Mimari, Uygulama), Seçkin Yayıncılık, 192s İstanbul.

- Fredlund B (1988). A model for heat and mass transfer in timber structures during fire. Lund University, Report LUTVDG.
- Ghaboussi J ve ark. (1991). Knowledge – Based Modelling of Material Behavior with Neural Networks. Journal of Structural Engineering, ASCE, 117(1):132-153.
- Haksever A , Meyer-Ottens (1979). Brandverhalten von brett-schichtverleimten Holzstützen. Beitrag in: Forschungsbeiträge für die Baupraxis, Karl Kordina zum 60. Geburtstag gewidmet. Verlag W. Ernst & Sohn, Berlin, München, Düsseldorf.
- Haksever A (1981). Prüfungszeugnis Nr. 81 1605 vom 02. 11. 1981 des Instituts für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der T.U. Braunschweig über die Prüfung von unbekleideten Balken aus Brett-schichtholz mit Aussparungen, aufgestellt für: Entwicklungsgemeinschaft Holzbau (EGH), Schwanthaler Str. 79/11, 8000 München.
- Haksever A (1982). Brandverhalten von brett-schichtverleimten Holzstützen und Holzbalken. Bauingenieur,57:19-26.
- Haksever A (2005a). Fire Tests On Concrete Frameworks - Analysis Of The Results. Trakya Univ J Sci, 6(2):75-82.
- Haksever A, Savaş S (2005b). Gerçek Yangın Etkisi Altında Ahşap Kolonların Dizaynı. İMO Teknik Dergi, 2005:3713-3738.
- Hani K.B, Ghaboussi J (1998). Neural Networks for Structural Control of a Benchmark Problem. Active Tendon System. Earthquake Eng. & Structural Dynamics, 27:1225-1245.
- Heikki K (2006). Basic Using Matlab Neural Network Toolbox. Systeemiteknikaan Lab., www.control.hut.fi/Kurssit/AS-74.3115/2008/Material/NN_Basics_2006.pdf (erişim tarihi 11.08.2008).
- ISO 834 (1975). Fire resistance tests – elements of building construction. International Organization for Standardization, Geneva.
- Kang H.T, Yoon C.J (1994). Neural Network Approaches to Simple Truss Design Problems. Microcomputes in Civil Engineering, 9:211-218.
- Keleşoğlu Ö, Fırat A (2006). Tuğla Duvardaki ve Tesisattaki Isı Kaybının Yapay Sinir Ağları İle Belirlenmesi. Science and Eng. J. of Fırat Univ., 18 (1):133-141.

- King, E.G, Glowinsky R.W (1988). A rationalized model for calculating the fire endurance of wood beams. Forest Products Journal, October:31-35.
- Kordina K, Meyer-Ottens C (1977). Feuerwiderstandsklassen von Bauteilen aus Holz und Holzwerkstoffen. Informationsdienst Holz. Herausgegeben von der Entwicklungsgemeinschaft Holz (EGH) in der München, in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgemeinschaft Holz e.V., Düsseldorf.
- Kordina K, Meyer-Ottens C (1983). Holz Brandschutz Handbuch. Deutsche Gesellschaft für Holzforschung e.V., München.
- Majamaa J (1991). Calculaton models of wooden beams exposed to fire. Valtion Technical Research Centre of Finland.
- Matworks (2008). Neural Network Toolbox User's Guide. MathWorks Inc., http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/pdf_doc/nnet/nnet.pdf (erişim tarihi, 11.08.2008).
- Nyman C (1980). The effect of temperature and moisture on the strength of wood and gluelines. Technical Research Centre of Finland. Forest Products Laboratory, Report 6.
- Ödeen K (1970). Fire resistance of glued laminated timber structures. Symposium Nr. 3, Fire and structural use of timber in buildings. Proceedings of the Symposium held at the Fire Research Station Boreham Wood, Herts., London.
- Rudolphi R (1979). Zur rechnerischen Übertragbarkelt der Ergebnisse von Brandprüfungen am Beispiel von Stahlund Holzstützen. Dissertation, Techn. Universitat Berlin.
- Savaş S (1994). Ahşap yapı elemanlarının yangın dizaynı. Y. Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Seekamp H, Stanke J (1969). Das Brandverhalten von belasteten Holzstiitzen. Bauen mit Holz, Heft 5, Karlsruhe.
- Stanke J ve ark. (1973). Das Brandverhalten von Holzstützen unter Druckbeanspruchung, BAM-Berichte Nr. 24, Berlin.
- Tenning K (1970). Glued laminated timber beams, fire tests and experience in practice. Symposium No. 3, Fire and structural use of timber in buildings. Proceedings of the Symposium held at the Fire Research Station Boreham Wood, Herts, London.

ÖZGEÇMİŞ

Erbil ÖZÜM, 11.08.1983 tarihinde İzmit'te doğdu. İlk ve ortaöğrenimini İzmit'te tamamladı. 2000-2001 öğretim yılında Trakya Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde lisans öğrenimine başladı. 2005 yılında lisans eğitimini tamamlayarak aynı yıl Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı.

Bekar olan Erbil ÖZÜM, Namık Kemal Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Anabilim Dalı'nda araştırma görevlisi olarak çalışmakta olup, iyi derecede İngilizce ve bilgisayar bilgisine sahiptir.