

**T.C.**  
**BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**ÇELİK ENDÜSTRİ TİPİ YAPILARDA KİRİŞ GUSELERİNİN**  
**PARAMETRİK İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**UĞUR KARAKAŞ**

**BALIKESİR, HAZİRAN-2014**

**T.C.**  
**BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**ÇELİK ENDÜSTRİ TİPİ YAPILARDA KİRİŞ GUSELERİNİN**  
**PARAMETRİK İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**UĞUR KARAKAŞ**

**BALIKESİR, HAZİRAN-2014**



## KABUL VE ONAY SAYFASI

UĞUR KARAKAŞ tarafından hazırlanan “ÇELİK ENDÜSTRİ TİPİ YAPILARDA KİRİŞ GUSELERİNİN PARAMETRİK İNCELENMESİ” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 02.06.2014 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman  
Yrd.Doç.Dr. Kaan TÜRKER

Üye  
Doç. Dr. Kasım Armağan KORKMAZ

Üye  
Yrd.Doç.Dr. Altuğ YAVAŞ



Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez BAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Prof.Dr. Cihan ÖZGÜR

.....

## ÖZET

### ÇELİK ENDÜSTRİ TİPİ YAPILARDA KİRİŞ GUSELERİNİN PARAMETRİK İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

UĞUR KARAKAŞ

BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

(YRD. DOÇ. DR. KAAAN TÜRKER)

BALIKESİR, HAZİRAN-2014

Büyük açıklıklı çelik çerçevelerden oluşan endüstri yapılarında kirişlerde oluşturulan guseler (kısmi değişken kesit) tasarım maliyetini etkileyen en önemli parametrelerden biridir. Bu guselerin geometrik özellikleri genellikle düşey yük moment dağılımı ile belirlenmektedir. Ancak tasarımda en etkin sonucu veren guse boyutu yapının birçok özelliğinden etkilenmektedir.

Bu çalışmada endüstri yapıları arasında yaygın olarak kullanılan tek katlı tek açıklıklı çelik portal çerçeve sistemlerin kirişlerinde oluşturulan guseler ile ilgili parametrik bir çalışma yapılmıştır. Çalışmada farklı özelliklerdeki endüstri yapılarında en etkin guse boyutlarının ve bunların sağladığı malzeme ekonomisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Bu amaçla çerçeve açıklığı, kaplama ağırlığı, çatı eğimi, kiriş guse yüksekliği ve çerçeve (kolon) yüksekliği bakımından farklı özelliklerde 23 adet çerçeve incelenmiştir. Her bir çerçeve gusesiz ve dört farklı kiriş gusesi boyutu için tasarlanmıştır. Tasarımlar TS648, TS498 ve Türkiye Deprem Yönetmeliği 2007'ye göre yapılmıştır.

Sonuç olarak etkin guse boyutlarının çelik çerçevenin, yüklemenin (zati yükler, deprem yükü, rüzgar yükü) özelliklerine göre değiştiği ve etkin guse boyunun çoğunlukla kiriş boyunun dörtte biri ve üçte biri uzunlukta olduğu belirlenmiştir. Guse kullanılması ile sağlanan malzeme ekonomisinin gusesiz kirişe göre %15-%65 arasında değişebildiği görülmüştür.

**ANAHTAR KELİMELER:** çelik guseli kirişler, etkin guse boyutları, tek katlı yapılar, çelik endüstri yapıları

## **ABSTRACT**

### **PARAMETRIC INVESTIGATIONS ON BEAM HAUNCHES OF STEEL INDUSTRIAL BUILDINGS**

**M. Sc. THESIS**

**UĞUR KARAKAŞ**

**BALIKESİR UNIVERSITY, INSTITUTE OF SCIENCE  
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING**

**(ASSIST. PROF. DR. KAAAN TÜRKER)**

**BALIKESİR, JUNE-2014**

Use of haunches (partial variable section) constructed on beams of big-spaced steel moment frames used in industrial structures is one of the most important parameters changing to cost of design. The geometrical properties of these haunches are generally determined by using vertical (gravity) load moment distribution. However the haunch properties providing the most effective solution for the design are affected by structural characteristics.

In this study, a parametric investigation has been conducted on the haunched beams in the single-storey and single-spaced steel moment frames representing the industrial structures in practice. The main goal of the study is to numerically explore the most effective beam haunch dimensions and material economy provided by the haunched beams on various types of the industrial structures.

In the research described in this study, 23 different frame systems changing to frame spaces, weight of covering, inclination of roof, height of haunch and height of frame were investigated. Turkish Standards (TS648, TS498) and Earthquake Code 2007 are used for the design of frames.

Results show that; most effective haunch dimension is changes depending upon to structural system and loading properties. However most effective haunch lengths are obtained as one-fourth or one-third of beam length. The material economy provided by the haunched beam is between %15-%65 in terms of weight of beam without haunch.

**KEYWORDS:** steel haunched beams, effective haunch dimensions, single storey buildings, steel industrial structures.

# İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	iv
TABLO LİSTESİ.....	x
SEMBOL LİSTESİ.....	xiii
ÖNSÖZ.....	xv
1. GİRİŞ.....	1
2. ÇALIŞMANIN AMACI VE KAPSAMI.....	7
3. ÇELİK ENDÜSTRİ BİNALARINDA PARAMETRİK İNCELEMELER...8	
3.1 Kirişlerde Etkin Guse Boyu.....	14
3.2 Boyutlandırma Örneği.....	15
3.3 Guse Yüksekliği Etkisinin İncelenmesi.....	28
3.4 Kaplama Ağırlığının Etkisinin İncelenmesi.....	56
3.5 Çatı Eğimi Etkisinin İncelenmesi.....	74
3.6 Çerçeve Yüksekliği Etkisinin İncelenmesi.....	85
3.7 Düşey Yük Moment Dağılımı İle Guse Boyu Tayininin Değerlendirilmesi.....	96
3.8 Genel Değerlendirmeler.....	98
4. SONUÇLAR.....	112
5. KAYNAKLAR.....	115

## ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1	: Tipik bir endüstri yapısı taşıyıcı sistemi.....1
Şekil 1.2	: Tek katlı tek açıklıklı endüstri yapısı örnekleri.....2
Şekil 1.3	: Guseli giriş içeren endüstri yapısı örnekleri.....4
Şekil 1.4	: Düşey yük eğilme momenti diyagramı ile giriş guse boyu belirlenmesi.....4
Şekil 1.5	: Ek levhalar ile guse örneği.....5
Şekil 1.6	: I profilin gövdesinden kesilmesi ile elde edilen guse uygulaması.....6
Şekil 3.1	:Tipik çatı planı.....10
Şekil 3.2	: Tipik çerçeve kesiti.....10
Şekil 3.3	: Çalışmada incelenen guse yükseklikleri.....12
Şekil 3.4	: Örnek çerçeve düşey kesiti.....15
Şekil 3.5	: Örnek çerçeve için sisteme etkileyen düşey yükler ve kütleler.....17
Şekil 3.6	: Örnek çerçeveye etkileyen eşdeğer deprem yükleri.....18
Şekil 3.7	: Aerodinamik yük katsayıları ve sisteme etkileyen rüzgar yükleri.....18
Şekil 3.8	: $C_b$ hesabında kullanılan momentlerin diyagram üzerinde gösterimi.....21
Şekil 3.9	: Yan cephe ve çatı çapraz yerleşimi.....24
Şekil 3.10	: Ç16-1’de guse boylarının giriş ağırlığına etkisi.....31
Şekil 3.11	: Ç16-1’de guse boyunun çerçeve ağırlığına etkisi.....31
Şekil 3.12	: Ç16-4’te guse boyunun giriş ağırlığına etkisi.....33
Şekil 3.13	: Ç16-4’te guse boyunun çerçeve ağırlığına etkisi.....33
Şekil 3.14	: Ç16’da guse yüksekliğinin giriş ağırlığına etkisi (Hafif kaplama) .....34
Şekil 3.15	: Ç16-8’de guse boyunun giriş ağırlığına etkisi.....35
Şekil 3.16	: Ç16-8’de guse boyunun çerçeve ağırlığına etkisi.....35
Şekil 3.17	: Ç16-9’da guse boyunun giriş ağırlığına etkisi.....37
Şekil 3.18	: Ç16-9’da guse boyunun çerçeve ağırlığına etkisi.....37



<b>Şekil 3.19</b>	: Ç16'da guse yüksekliğinin kiriş ağırlığına etkisi (Ağır kaplama) .....	38
<b>Şekil 3.20</b>	: Ç24-1'de guse boyunun kiriş ağırlığına etkisi.....	39
<b>Şekil 3.21</b>	: Ç24-1'de guse boyunun çerçeve ağırlığına etkisi.....	39
<b>Şekil 3.22</b>	: Ç24-4'te guse boyunun kiriş ağırlığına etkisi.....	41
<b>Şekil 3.23</b>	: Ç24-4'te guse boyunun çerçeve ağırlığına etkisi.....	41
<b>Şekil 3.24</b>	: Ç24'te guse yüksekliğinin kiriş ağırlığına etkisi (Hafif kaplamalı) .....	42
<b>Şekil 3.25</b>	: Ç24-2'de guse boyunun kiriş ağırlığına etkisi.....	43
<b>Şekil 3.26</b>	: Ç24-2'de guse boyunun çerçeve ağırlığına etkisi.....	43
<b>Şekil 3.27</b>	: Ç24-6'da guse boyunun kiriş ağırlığına etkisi.....	45
<b>Şekil 3.28</b>	: Ç24-6'da guse boyunun çerçeve ağırlığına etkisi.....	45
<b>Şekil 3.29</b>	: Ç24'te guse yüksekliğinin kiriş ağırlığına etkisi (Ağır kaplamalı) .....	46
<b>Şekil 3.30</b>	: Ç32-1'de guse boyunun kiriş ağırlığına etkisi.....	47
<b>Şekil 3.31</b>	: Ç32-1'de guse boyunun çerçeve ağırlığına etkisi.....	47
<b>Şekil 3.32</b>	: Ç32-4'te guse boyunun kiriş ağırlığına etkisi.....	49
<b>Şekil 3.33</b>	: Ç32-4'te guse boyunun çerçeve ağırlığına etkisi.....	49
<b>Şekil 3.34</b>	: Ç32'de guse yüksekliğinin kiriş ağırlığına etkisi(hafif kaplama).....	50
<b>Şekil 3.35</b>	: Guse boyunun kiriş ağırlığına etkisinin farklı çerçeve açıklıkları için karşılaştırılması(hafif kaplama).....	51
<b>Şekil 3.36</b>	: Ç32-8'de guse boyunun kiriş ağırlığına etkisi.....	52
<b>Şekil 3.37</b>	: Ç32-8'de guse boyunun çerçeve ağırlığına etkisi.....	52
<b>Şekil 3.38</b>	: Ç32-9'de guse boyunun kiriş ağırlığına etkisi.....	54
<b>Şekil 3.39</b>	: Ç32-9'da guse boyunun çerçeve ağırlığına etkisi.....	54
<b>Şekil 3.40</b>	: Ç32'de guse yüksekliğinin kiriş ağırlığına etkisi (Ağır kaplamalı) .....	55
<b>Şekil 3.41</b>	: Ç16-2'de guse boyunun kiriş ağırlığına etkisi.....	59
<b>Şekil 3.42</b>	: Ç16-2'de guse boyunun çerçeve ağırlığına etkisi.....	59
<b>Şekil 3.43</b>	: Ç16'da kaplama ağırlığının kiriş ağırlığına etkisi ( $h_g/h_k=3$ -%20 eğimli-H=6m).....	61

<b>Şekil 3.44</b>	: Ç16-10'da guse boyunun kiriş ağırlığına etkisi.....	62
<b>Şekil 3.45</b>	: Ç16-10'da guse boyunun çerçeve ağırlığına etkisi.....	62
<b>Şekil 3.46</b>	: Ç16'da kaplama ağırlığının kiriş ağırlığına etkisi ( $h_g/h_k=2\text{-}\%30$ eğimli- $H=6\text{m}$ ).....	63
<b>Şekil 3.47</b>	: Ç24'te kaplama ağırlığının kiriş ağırlığına etkisi ( $h_g/h_k=3\text{-}\%20$ eğimli- $H=6\text{m}$ ).....	64
<b>Şekil 3.48</b>	: Ç24-9'da guse boyunun kiriş ağırlığına etkisi.....	65
<b>Şekil 3.49</b>	: Ç24-9'da guse boyunun çerçeve ağırlığına etkisi.....	65
<b>Şekil 3.50</b>	: Ç24-10'da guse boyunun kiriş ağırlığına etkisi.....	67
<b>Şekil 3.51</b>	: Ç24-10'da guse boyunun çerçeve ağırlığına etkisi.....	67
<b>Şekil 3.52</b>	: Ç24'te kaplama ağırlığının kiriş ağırlığına etkisi ( $h_g/h_k=2\text{-}\%30$ eğimli- $H=6\text{m}$ ).....	69
<b>Şekil 3.53</b>	: Ç32-2'de guse boyunun kiriş ağırlığına etkisi.....	70
<b>Şekil 3.54</b>	: Ç32-2'de guse boyunun çerçeve ağırlığına etkisi.....	70
<b>Şekil 3.55</b>	: Ç32'de kaplama ağırlığının kiriş ağırlığına etkisi ( $h_g/h_k=3\text{-}\%20$ eğimli- $H=6\text{m}$ ).....	71
<b>Şekil 3.56</b>	: Ç32-10'da guse boyunun kiriş ağırlığına etkisi.....	72
<b>Şekil 3.57</b>	: Ç32-10'da guse boyunun çerçeve ağırlığına etkisi.....	72
<b>Şekil 3.58</b>	: Ç32'de kaplama ağırlığının kiriş ağırlığına etkisi ( $h_g/h_k=2\text{-}\%30$ eğimli- $H=6\text{m}$ ).....	73
<b>Şekil 3.59</b>	: Ç24-3'de guse boyunun kiriş ağırlığına etkisi.....	77
<b>Şekil 3.60</b>	: Ç24-3'te guse boyunun çerçeve ağırlığına etkisi.....	77
<b>Şekil 3.61</b>	: Ç24'de çatı eğiminin kiriş ağırlığına etkisi (Hafif- $h_g/h_k=3$ - $H=6\text{m}$ ).....	78
<b>Şekil 3.62</b>	: Ç16-8'de guse boyunun kiriş ağırlığına etkisi.....	79
<b>Şekil 3.63</b>	: Ç16-8'de guse boyunun çerçeve ağırlığına etkisi.....	79
<b>Şekil 3.64</b>	: Ç16'da çatı eğiminin kiriş ağırlığına etkisi (Ağır- $h_g/h_k=3$ - $H=6\text{m}$ ).....	80
<b>Şekil 3.65</b>	: Ç16'da çatı eğiminin kiriş ağırlığına etkisi (Hafif- $h_g/h_k=3$ - $H=6\text{m}$ ).....	81
<b>Şekil 3.66</b>	: Ç32-8'de guse boyunun kiriş ağırlığına etkisi.....	82
<b>Şekil 3.67</b>	: Ç32-8'de guse boyunun çerçeve ağırlığına etkisi.....	82

<b>Şekil 3.68</b>	: Ç32’de çatı eğiminin kiriş ağırlığına etkisi (Ağır- $h_g/h_k=3-H=6m$ ).....	83
<b>Şekil 3.69</b>	: Ç32’de çatı eğiminin kiriş ağırlığına etkisi (Hafif- $h_g/h_k=3-H=6m$ ).....	84
<b>Şekil 3.70</b>	: Ç24-5’te guse boyunun kiriş ağırlığına etkisi.....	87
<b>Şekil 3.71</b>	: Ç24-5’te guse boyunun toplam çerçeve ağırlığına etkisi.....	87
<b>Şekil 3.72</b>	: Ç24’te çerçeve yüksekliğinin kiriş ağırlığına etkisi (Hafif- $h_g/h_k=3-20$ eğimli).....	88
<b>Şekil 3.73</b>	: Ç24-7’de guse boyunun kiriş ağırlığına etkisi.....	89
<b>Şekil 3.74</b>	: Ç24-7’de guse boyunun toplam çerçeve ağırlığına etkisi.....	89
<b>Şekil 3.75</b>	: Ç24’te çerçeve yüksekliğinin kiriş ağırlığına etkisi (Ağır- $h_g/h_k=3-20$ eğimli).....	90
<b>Şekil 3.76</b>	: Ç16-5’te guse boyunun kiriş ağırlığına etkisi.....	91
<b>Şekil 3.77</b>	: Ç16-5’te guse boyunun toplam çerçeve ağırlığına etkisi.....	91
<b>Şekil 3.78</b>	: Ç16’da çerçeve yüksekliğinin kiriş ağırlığına etkisi (Ağır- $h_g/h_k=3-20$ eğimli).....	93
<b>Şekil 3.79</b>	: Ç16-11’de guse boyunun kiriş ağırlığına etkisi.....	94
<b>Şekil 3.80</b>	: Ç16-11’de guse boyunun toplam çerçeve ağırlığına etkisi.....	94
<b>Şekil 3.81</b>	: Ç16’da çerçeve yüksekliğinin kiriş ağırlığına etkisi (Hafif- $h_g/h_k=2-20$ eğimli).....	95
<b>Şekil 3.82</b>	: Ç24-1’de düşey yük moment dağılımı yaklaşımı ile guse boyu tayini .....	96
<b>Şekil 3.83</b>	: Ç16-2’de düşey yük moment dağılımı yaklaşımı ile guse boyu tayini .....	97
<b>Şekil 3.84</b>	: Ç32-1’de düşey yük moment dağılımı yaklaşımı ile guse boyu tayini .....	97
<b>Şekil 3.85</b>	: 16 m’lik çerçevelerde etkin guse boyu dağılımı.....	99
<b>Şekil 3.86</b>	: 16 m’lik çerçevelerde etkin guse boyu ile sağlanan malzeme ekonomisi.....	99
<b>Şekil 3.87</b>	: 16 m’lik çerçevelerde etkin guse boyu ile en küçük guse boyunda sağlanan malzeme ekonomisi farkları.....	99
<b>Şekil 3.88</b>	: 24 m’lik çerçevelerde etkin guse boyu dağılımı .....	100
<b>Şekil 3.89</b>	: 24 m’lik çerçevelerde etkin guse boyu ile sağlanan malzeme ekonomisi.....	100

<b>Şekil 3.90</b>	: 24 m'lik çerçevelerde etkin guse boyu ve en küçük guse boyunda sağlanan malzeme ekonomisi farkları.....	100
<b>Şekil 3.91</b>	: 32 m'lik çerçevelerde etkin guse boyu dağılımı.....	101
<b>Şekil 3.92</b>	: 32 m'lik çerçevelerde etkin guse boyu ile sağlanan malzeme ekonomisi.....	101
<b>Şekil 3.93</b>	: 32 m'lik çerçevelerde etkin guse boyu ve en küçük guse boyu ile sağlanan malzeme ekonomisi farkları .....	101
<b>Şekil 3.94</b>	: Hafif kaplamalı çerçevelerde etkin guse boyu dağılımı.....	102
<b>Şekil 3.95</b>	: Hafif kaplamalı çerçevelerde etkin guse boyu ile sağlanan malzeme ekonomisi.....	102
<b>Şekil 3.96</b>	: Hafif kaplamalı çerçevelerde etkin guse boyu ve en küçük guse ile sağlanan malzeme ekonomisi farkları.....	102
<b>Şekil 3.97</b>	: Ağır kaplamalı çerçevelerde etkin guse boyu dağılımı.....	103
<b>Şekil 3.98</b>	: Ağır kaplamalı çerçevelerde etkin guse boyu ile sağlanan malzeme ekonomisi.....	103
<b>Şekil 3.99</b>	: Ağır kaplamalı çerçevelerde etkin guse boyu ve en küçük guse boyu ile sağlanan malzeme ekonomisi farkları.....	103
<b>Şekil 3.100</b>	: %20 eğimli çerçevelerde etkin guse boyu dağılımı.....	104
<b>Şekil 3.101</b>	: %20 eğimli çerçevelerde etkin guse boyu ile sağlanan malzeme ekonomisi.....	104
<b>Şekil 3.102</b>	: %20 eğimli çerçevelerde etkin guse boyu ve en küçük guse boyu ile sağlanan malzeme ekonomisi farkları.....	104
<b>Şekil 3.103</b>	: %30 eğimli çerçevelerde etkin guse boyu dağılımı.....	105
<b>Şekil 3.104</b>	: %30 eğimli çerçevelerde etkin guse boyu ile sağlanan malzeme ekonomisi.....	105
<b>Şekil 3.105</b>	: %30 eğimli çerçevelerde etkin guse boyu ve en küçük guse boyu ile sağlanan malzeme ekonomisi farkları.....	105
<b>Şekil 3.106</b>	: $h_g=3h_k$ olan çerçevelerde etkin guse boyu dağılımı.....	106
<b>Şekil 3.107</b>	: $h_g=3h_k$ olan çerçevelerde etkin guse boyu ile sağlanan malzeme ekonomisi.....	106
<b>Şekil 3.108</b>	: $h_g=3h_k$ olan çerçevelerde etkin guse boyu ve en küçük guse boyu ile sağlanan malzeme ekonomisi farkları.....	106
<b>Şekil 3.109</b>	: $h_g=2h_k$ olan çerçevelerde etkin guse boyu dağılımı.....	107
<b>Şekil 3.110</b>	: $h_g=2h_k$ olan çerçevelerde etkin guse boyu ile sağlanan malzeme ekonomisi.....	107

<b>Şekil 3.111</b>	: $h_g=2h_k$ olan çerçevelerde etkin guse boyu ve en küçük guse boyu ile sağlanan malzeme ekonomisi farkları.....	107
<b>Şekil 3.112</b>	: $H=6$ m olan çerçevelerde etkin guse boyu dağılımı.....	108
<b>Şekil 3.113</b>	: $H=6$ m olan çerçevelerde etkin guse boyu ile sağlanan malzeme ekonomisi.....	108
<b>Şekil 3.114</b>	: $H=6$ m olan çerçevelerde etkin guse boyu ve en küçük guse boyu ile sağlanan malzeme ekonomisi farkları.....	108
<b>Şekil 3.115</b>	: $H=3$ m olan çerçevelerde etkin guse boyu dağılımı.....	109
<b>Şekil 3.116</b>	: $H=3$ m olan çerçevelerde etkin guse boyu ile sağlanan malzeme ekonomisi.....	109
<b>Şekil 3.117</b>	: $H=3$ m olan çerçevelerde etkin guse boyu ve en küçük guse boyu ile sağlanan malzeme ekonomisi farkları.....	109
<b>Şekil 3.118</b>	: Çerçevelere göre etkin guse boyu dağılımı.....	110
<b>Şekil 3.119</b>	: Çerçevelerde etkin guse boyu ile sağlanan malzeme ekonomisi...	111
<b>Şekil 3.120</b>	: Çerçevelerde etkin guse boyu ve en küçük guse boyu ile sağlanan malzeme ekonomisi farkları.....	111

## TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
<b>Tablo 3.1</b> : İncelenen çerçevelerin özellikleri.....	9
<b>Tablo 3.2</b> : Çalışmada incelenen guse boyları.....	11
<b>Tablo 3.3</b> : Göz önüne alınan düşey yükleme durumları.....	12
<b>Tablo 3.4</b> : Örnek çerçeve en kesit özellikleri.....	16
<b>Tablo 3.5</b> : Örnek çerçeveye ait kesit tesirleri ve yerdeğiştirmeler.....	19
<b>Tablo 3.6</b> : Örnek çerçeve için tasarım özeti.....	27
<b>Tablo 3.7</b> : Guse yüksekliğinin etkisi için incelenen çerçevelerin özellikleri.....	28
<b>Tablo 3.8</b> : Guse yüksekliğinin etkisi için incelenen çerçevelere ait ağırlık, periyot, deprem ve rüzgar taban kesme kuvvetleri oranları.....	29
<b>Tablo 3.9</b> : Ç16-1’de farklı guse boyları için elde edilen kiriş tasarım sonuçları.....	31
<b>Tablo 3.10</b> : Ç16-4’de farklı guse boyları için elde edilen kiriş tasarım sonuçları.....	33
<b>Tablo 3.11</b> : Ç16-8’de farklı guse boyları için elde edilen kiriş tasarım sonuçları.....	35
<b>Tablo 3.12</b> : Ç16-9’da farklı guse boyları için elde edilen kiriş tasarım sonuçları.....	37
<b>Tablo 3.13</b> : Ç24-1’de farklı guse boyları için elde edilen kiriş tasarım sonuçları.....	39
<b>Tablo 3.14</b> : Ç24-4’de farklı guse boyları için elde edilen kiriş tasarım sonuçları.....	41
<b>Tablo 3.15</b> : Ç24-2’de farklı guse boyları için elde edilen kiriş tasarım sonuçları.....	43
<b>Tablo 3.16</b> : Ç24-6’da farklı guse boyları için elde edilen kiriş tasarım sonuçları.....	45
<b>Tablo 3.17</b> : Ç32-1’de farklı guse boyları için elde edilen kiriş tasarım sonuçları.....	47
<b>Tablo 3.18</b> : Ç32-4’te farklı guse boyları için elde edilen kiriş tasarım sonuçları.....	49
<b>Tablo 3.19</b> : Ç32-8’de farklı guse boyları için elde edilen kiriş tasarım sonuçları.....	52

<b>Tablo 3.20</b>	: Ç32-9’da farklı guse boyları için elde edilen kiriş tasarım sonuçları .....	54
<b>Tablo 3.21</b>	: Kaplama ağırlığı etkisi için incelenen çerçevelerin özellikleri.....	56
<b>Tablo 3.22</b>	: Kaplama ağırlığı etkisi için incelenen çerçevelere ait ağırlık, periyot, deprem ve rüzgar taban kesme kuvveti oranları.....	57
<b>Tablo 3.23</b>	: Ç16-2’de farklı guse boyları için elde edilen kiriş tasarım sonuçları .....	59
<b>Tablo 3.24</b>	: Ç16-10’da farklı guse boyları için elde edilen kiriş tasarım sonuçları .....	62
<b>Tablo 3.25</b>	: Ç24-9’da farklı guse boyları için elde edilen kiriş tasarım sonuçları .....	65
<b>Tablo 3.26</b>	: Ç24-10’da farklı guse boyları için elde edilen kiriş tasarım sonuçları .....	67
<b>Tablo 3.27</b>	: Ç32-2’de farklı guse boyları için elde edilen kiriş tasarım sonuçları .....	70
<b>Tablo 3.28</b>	: Ç32-10’da farklı guse boyları için elde edilen kiriş tasarım sonuçları .....	72
<b>Tablo 3.29</b>	: Çatı eğiminin etkisi için incelenen çerçevelerin özellikleri.....	74
<b>Tablo 3.30</b>	: Çatı eğiminin etkisi için incelenen çerçevelere ait ağırlık, periyot, deprem ve rüzgar taban kesme kuvveti oranları.....	75
<b>Tablo 3.31</b>	: Ç24-3’te farklı guse boyları için elde edilen kiriş tasarım sonuçları .....	77
<b>Tablo 3.32</b>	: Ç16-8’de farklı guse boyları için elde edilen kiriş tasarım sonuçları .....	79
<b>Tablo 3.33</b>	: Ç32-8’de farklı guse boyları için elde edilen kiriş tasarım sonuçları .....	82
<b>Tablo 3.34</b>	: Çerçeve yüksekliğinin etkisi incelenen çerçevelerin özellikleri.....	85
<b>Tablo 3.35</b>	: Çerçeve yüksekliğinin etkisi incelenen çerçevelere ait ağırlık, periyot, deprem ve rüzgar taban kesme kuvveti oranları.....	86
<b>Tablo 3.36</b>	: Ç24-5’te farklı guse boyları için elde edilen kiriş tasarım sonuçları .....	87
<b>Tablo 3.37</b>	: Ç24-7’de farklı guse boyları için elde edilen kiriş tasarım sonuçları .....	89
<b>Tablo 3.38</b>	: Ç16-5’te farklı guse boyları için elde edilen kiriş tasarım sonuçları .....	91

<b>Tablo 3.39</b>	: Ç16-11’de farklı guse boyları için elde edilen kiriş tasarım sonuçları	94
-------------------	--	----



## SEMBOL LİSTESİ

$A_0$	: Etkin yer ivmesi katsayısı
$A(T_1)$	: $T_1$ periyot değerindeki spektral ivme katsayısı
$b_f$	: Başlık genişliği
$C_b$	: Elemanlardaki eğilme momenti diyagramına bağlı olarak belirlenen bir katsayı.
$C_{mx}$	: Birleşik eğilmeye maruz elemanlarda stabilite etkisini temsil eden bir katsayı
$d$	: Başlıklar arası dıştan dışa mesafe
$E_s$	: Çeliğin elastisite modülü
$E_x$	: Deprem yükü ( $x$ doğrultusu için)
$F$	: Eleman enkesit alanı
$F_b$	: Başlık alanı
$f$	: Sehim
$G$	: Sabit yük
$H$	: Çerçeve yüksekliği (kolon yüksekliği)
$h_g$	: Guse yüksekliği
$h_k$	: Kirişi oluşturan profilin yüksekliği
$I$	: Bina önem katsayısı
$I_x$	: $X$ asal eksenine göre enkesit atalet momenti
$L$	: Eleman boyu
$L_a$	: Çerçeve açıklığı
$L_o$	: Çerçeveler arası mesafe
$L_k$	: Kiriş boyu
$L_g$	: Guse boyu
$l_b$	: Yanal mesnetlenme mesafesi
$m_i$	: $i$ noktasına etkiyen kütle
$M_x$	: $X$ asal eksenine göre eğilme momenti
$N$	: Normal kuvvet
$N_{bp}$	: Plastik basınç kuvveti taşıma kapasitesi
$N_{çp}$	: Plastik çekme kuvveti taşıma kapasitesi
$P$	: Yük parametresi
$Q$	: Hareketli yük (Kar yükü)
$R$	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
$R_a(T_1)$	: $T_1$ periyoduna bağlı deprem yükü azaltma katsayısı
$S(T_1)$	: Spektral ivme katsayısı ( $T_1$ periyodu için)
$s$	: Kirişin basınç başlığının yanal burkulmaya karşı mesnetlendiği noktalar arasındaki uzaklık
$S_x$	: $X$ eksenine göre enkesit statik momenti
$T_y$	: Kesme kuvveti ( $y$ doğrultusunda)
$T_1$	: Yapının birinci doğal titreşim periyodu
$T_A, T_B$	: Zemin karakteristik periyotları
$t_f$	: Enkesit başlık kalınlığı
$t_w$	: Enkesit gövde kalınlığı
$V_t$	: Yapının tümüne etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü, taban kesme kuvveti
$W$	: Deprem hesabına esas olan yapının toplam ağırlığı

$W_x$	: Rüzgar yükü (x doğrultusu için)
$W_{ex}$	: X asal eksenine göre enkesit mukavemet momenti
$Z$	: Zemin sınıfı
$\alpha$	: Çatı kirişinin yatayla yaptığı açı
$\sigma_a$	: Akma gerilmesi
$\sigma_B$	: Yanal burkulma emniyet gerilmesi
$\sigma_b$	: Yalnız eğilme altında hesaplanan gerilme
$\sigma_{bem}$	: Basınç emniyet gerilmesi
$\sigma_{eb}$	: Yalnız basınç kuvveti altında hesaplanan gerilme
$\sigma_{em}$	: Emniyet gerilmesi
$\sigma_k$	: Kopma gerilmesi
$\lambda_x, \lambda_y$	: X ve Y eksenlerine dike leman narinliği
$\tau$	: Kayma gerilmesi

## ÖNSÖZ

Çalışmada amaç farklı özelliklerdeki endüstri yapılarında en etkin guse boyutlarının ve bunların sağladığı malzeme ekonomisinin belirlenmesidir.

Lisans, yüksek lisans öğrenimim ve tez çalışmam boyunca, engin bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım değerli tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Kaan TÜRKER'e, teşekkürü bir borç bilir, saygılarımı sunarım.

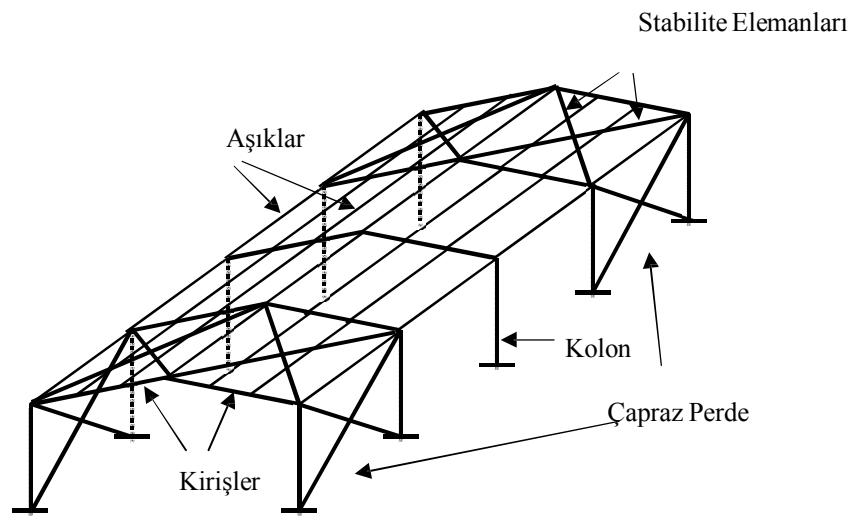
Her zaman benden desteğini esirgemeyen sevgili aileme, lisans ve yüksek lisans yolunda omuz omuza yürüdüğüm kardeşlerim Burak KILIÇ ve İbrahim LEKESİZ'e, bu zorlu ve uzun süreçte hep yanımda olan nişanlım Duygu ÖZYÜCEL'e yürekten teşekkür ederim.

## 1. GİRİŞ

Dayanım ve elastisite modülünün yüksek olması, buna bağlı olarak küçük kesitli hafif yapıların tasarımına imkan vermesi, inşasının basit ve hızlı olması gibi avantajları nedeniyle çeliğin yapı malzemesi olarak kullanılması her geçen gün yaygınlaşmaktadır.

Dünyadaki diğer birçok üldekine benzer olarak ülkemizde de çelik yapıların yaklaşık % 60'ını endüstriyel çelik yapılar oluşturmaktadır. Endüstriyel binaların da büyük bir kısmını atölye ve fabrika amacıyla kullanılan tek katlı veya bir ara katlı binalar oluşturmaktadır [1]. Tek katlı çelik binalar arasında aynı zamanda depo, hangar ve spor salonu kullanım amaçlı binalar yer almaktadır.

Tek katlı çelik binaların taşıyıcı sistemleri, genellikle kısa doğrultuda eğik kirişli (çatılı) portal çerçeve sistemlerden veya ankastre kolonlara oturan kafes kirişli sistemlerden, uzun doğrultuda ise çaprazlı perde sistemlerden teşkil edilmektedir. Ayrıca çatı düzleminde aşıklar ve stabilite bağlantıları teşkil edilerek sistemin bütünlüğü sağlanmaktadır. Tipik bir tek katlı çelik binaya ait taşıyıcı sistem birleşenleri Şekil 1.1'de gösterilmiştir.



Şekil 1.1: Tipik bir endüstri yapısı taşıyıcı sistemi

Bu tip sistemlerde çatı düzleminin açılı genellikle yağmur sularının damlalıklara aktarılması amacıyla 4-17 derece (%6-%30 eğimli) arasında seçilmektedir. Kolon yükseklikleri 6-15 m, çerçeve açıklıkları 15-40 m olarak teşkil edilmektedir. Kafes kirişli sistemlerde açıklıklar çok daha büyük değerlere çıkabilmektedir. Çerçeve aralıkları genellikle 6-7.5 m arasında değişmektedir. Bu tür binaların projelendirilmesinde, ekonomik çözümler verdiği için yaygın olarak hadde ürünü I tipi profiller kullanılmaktadır [2-3].



**Şekil 1.2:** Tek katlı tek açıklıklı endüstri yapısı örnekleri

Çelik yapılarda narin kesitler kullanılması nedeniyle oldukça hafif yapı sistemleri oluşturulması mümkün olmaktadır. Özellikle hafif çatı örtüsü ve cephe kaplaması bulunan tek katlı çelik endüstri binalarında bu durumla çok karşılaşmaktadır. Bu gibi durumlarda binaya etkiyen deprem yükleri çok düşük düzeyde kalmakta ve binanın tasarımında rüzgar yükleri deprem yüklerinden daha etkili olabilmektedir. Buna karşın Türkiye Deprem Yönetmeliği (TDY) 2007'deki, deprem yüklemesi ilgili tasarım koşullarının sağlanması

gerekmektedir [4]. Bununla birlikte yüksekliği fazla olmayan (tek veya en çok iki katlı) elik yapılar için TDY 2007’de bazı özel hafifletilmiş koşullara yer verilmiştir. Bu koşullar aşağıda kısaca verilmiştir.

- Bina önem katsayısı  $I=1.0$ ,  $I=1.2$  ve bina yüksekliği  $H_N < 16$  m olan elik yapılarda, birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde süneklik düzeyi normal ereve yapılabilir.
- Tersinir momentleri aktaran tek katlı elik ereve sistemlerde, maksimum göreli kat ötelemesi oranı 0.02 yerine %50 artırılarak 0.03 alınabilmektedir.

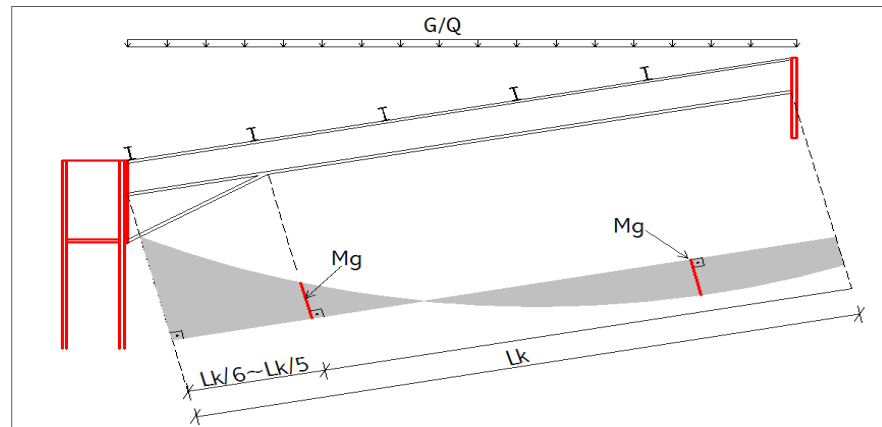
Eğik kirişli ereve sistemlerden oluşan endüstri yapılarında, kolon kiriş birleşimlerinde oluşan eğilme momenti kiriş boyutlarının belirlenmesinde çok etkili olmaktadır. Açıklıkların büyük olması nedeniyle, kirişlerin bu büyük eğilme momentine göre sabit en kesitli olarak tasarlanması ekonomik olmayan sonuçlara yol açabilmektedir.

Büyük açıklıklı endüstri yapılarında kirişler guseli (kısmi olarak değişken kesitli) yapılarak kiriş boyutlarında önemli azalmalar (tasarruflar) sağlanabilmektedir (şekil 1.3). Kirişlerde oluşturulan bu guseler aynı zamanda kiriş sehimine de olumlu katkılar sağlamaktadır. Ayrıca kolon kiriş birleşimi tasarımında da birleşim araçlarının yerleşimi ve miktarı bakımından kolaylık sağlamaktadır.



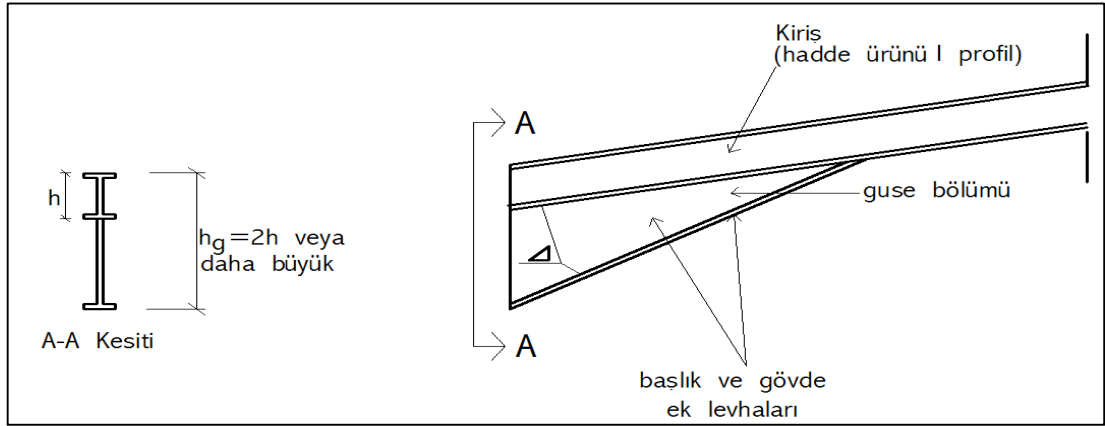
**Şekil 1.3:** Guseli kiriş içeren endüstri yapısı örnekleri

Kirişlerde oluşturulan guselerin boyları genellikle düşey yükler altında meydana gelen eğilme momenti diyagramından yararlanılarak belirlenmektedir (Şekil 1.4). Bu yaklaşımla genellikle  $L_k$  kiriş boyu olmak üzere  $L_k/6$  ve  $L_k/5$ 'lik guse boyları elde edilmektedir [5].



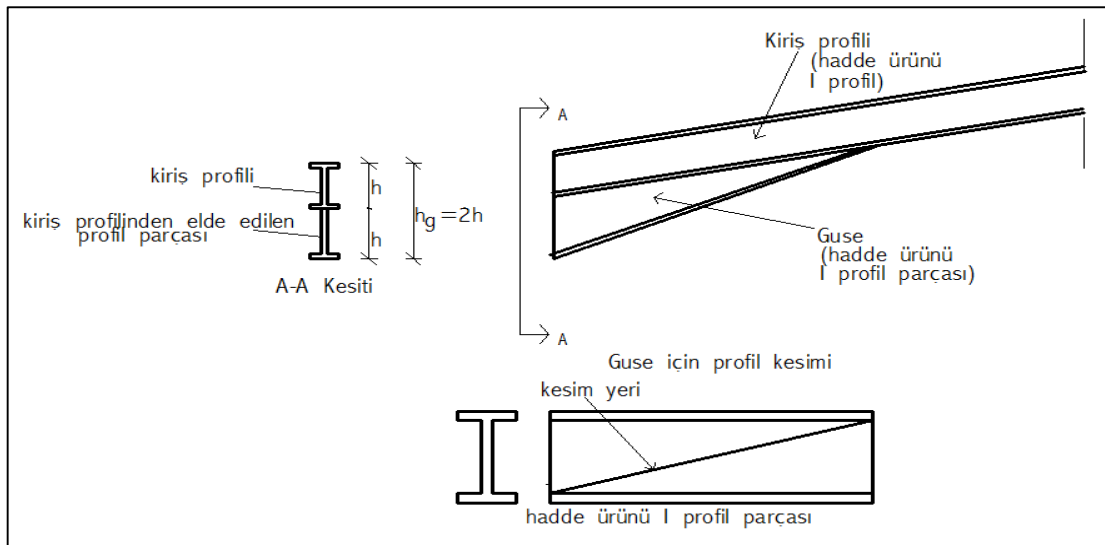
**Şekil 1.4:** Düşey yük eğilme momenti diyagramı ile kiriş guse boyunun belirlenmesi

Kirişlere uygulanan guseler iki farklı şekilde yapılabilmektedir. Bunlardan birisi, hadde ürünü olan I kirişlerin ucuna lamalardan oluşturulan bir başlık ve gövde levhası kaynaklanması ile elde edilen guse (değişken kesit) uygulamasıdır (Şekil 1.5). Bu uygulama genellikle büyük guse yüksekliklerine ihtiyaç olduğu zaman tercih edilir [5].



**Şekil 1.5:** Ek levhalar ile kiriş gusesi oluşturulması

Diğer bir guse uygulaması ise, yeterli uzunluktaki hadde ürünü parçasının I profil gövdesinden kesilmesi ve kiriş ucuna kaynaklanması sureti ile elde edilen guse uygulamasıdır (Şekil 1.6). Bu uygulama genellikle kiriş profili boyutlarında veya ona yakın profiller ile yapılır ve daha düşük guse yüksekliklerine ihtiyaç duyulduğuna tercih edilir.



**Şekil 1.6:** I profilin gövdesinden kesilmesi ile elde edilen guse uygulaması



Endüstri yapılarının kirişlerinde oluşturulan guselerin (kısmi değişken kesit) hangi boyutlarda yapılması gerektiği ve kiriş boyutlarında sağladığı ekonomi; kullanılan gusenin boyutlarına, yüksekliğine, çerçeve sistemin geometrik özelliklerine ve yükleme özelliklerine (düşey yük, deprem, rüzgar vb.) bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bu nedenle literatürde de bu konuda belirli bir ölçü bulunmamaktadır.

Bu çalışmada tek katlı tek açıklılı endüstri yapısı olarak kullanılan çerçeve sistemlerin kirişlerinde oluşturulan guseler ile ilgili parametrik bir çalışma yapılarak farklı özellikteki sistemlerde en etkin guse boyları ve bunların sağladığı malzeme ekonomisi araştırılmıştır. Böylece yapı sistemlerinin özelliklerine daha uygun guse boyutları seçimine olanak sağlanması amaçlanmıştır.

## 2. ÇALIŞMANIN AMACI VE KAPSAMI

Çalışmada endüstri yapısı olarak kullanılan tek katlı tek açıklıklı çelik portal çerçeve sistemlerin kirişlerinde oluşturulan guseler (kısmi değişken kesit) ile ilgili parametrik bir inceleme yapılarak, farklı özellikteki sistemlerde en etkin guse boyutları ve bunların sağladıkları malzeme ekonomisi araştırılmıştır. Böylece bu tip endüstri yapılarının daha ekonomik tasarımına olanak sağlanması amaçlanmıştır. Çalışmada ayrıca pratikte kullanılan guse boyu belirleme yöntemi ile de karşılaştırmalar yapılmıştır

Farklı özellikteki endüstri yapılarını temsil etmek amacı ile üç farklı çerçeve açıklığı (16 m, 24 m, 32 m), iki farklı çatı eğimi (%20 ve %30), iki farklı ağırlıkta kaplama malzemesi (hafif ve ağır), iki farklı guse yüksekliği ( $h_g=3h_k$  ve  $h_g=2h_k$ ) ve iki farklı çerçeve yüksekliği ( $H=6$  m ve  $H=3$  m) için toplam 23 adet düzlem çerçeve incelenmiştir. Herbir çerçeve gusesiz ve 4 farklı guse boyu için tasarlanmıştır. Tasarımlar TS648 [6], TDY2007 [4] ve TS498 [7]'e göre yapılmıştır.

### 3. ÇELİK ENDÜSTRİ BİNALARI ÜZERİNDE PARAMETRİK İNCELEMELER

Bu bölümde çerçeve açıklığı, ağırlığı, yüksekliği, çatı eğimi, maksimum guse boyu ve guse yüksekliği bakımından farklı özellikleri bulunan tek katlı, tek açıklıklı çelik çerçeveler üzerinde yapılan parametrik incelemeler yer almaktadır.

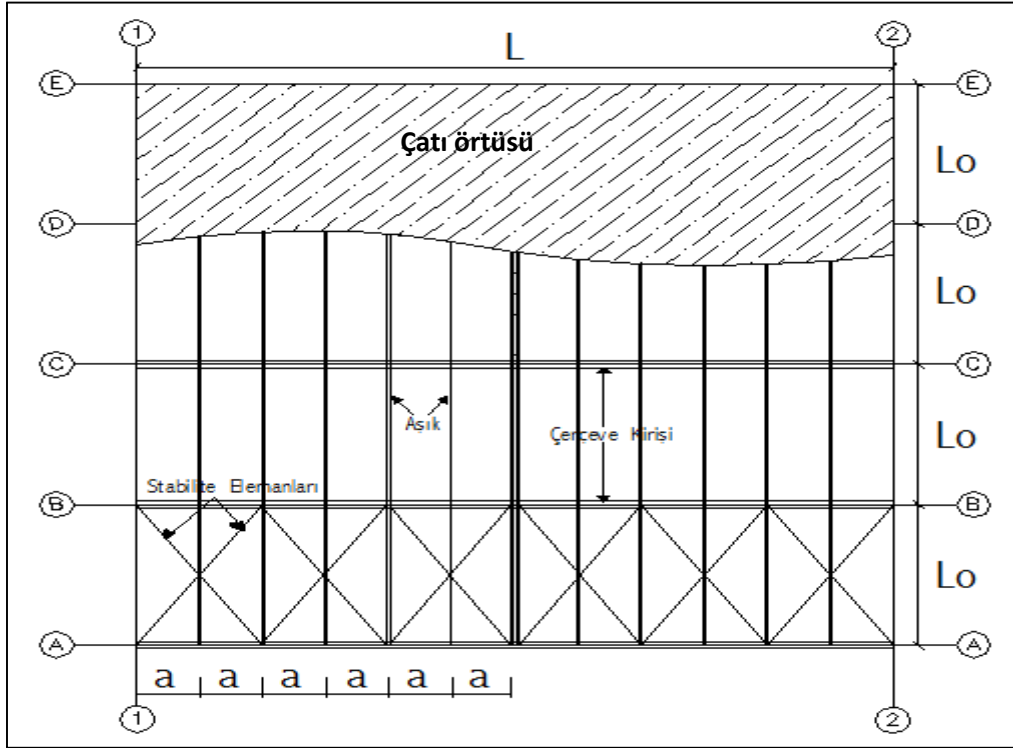
Farklı özellikteki endüstri yapılarını temsil etmek amacı ile üç farklı çerçeve açıklığı (16 m, 24 m, 32 m), iki farklı çatı eğimi (%20 ve %30), iki farklı ağırlıkta kaplama malzemesi (hafif ve ağır), iki farklı guse yüksekliği ( $h_g=3h_k$  ve  $h_g=2h_k$ ) ve iki farklı çerçeve yüksekliği ( $H=6$  m ve  $H=3$  m) için toplam 23 adet düzlem çerçeve incelenmiştir. Herbir endüstriyel sanayi yapısı örneği, gusesiz ve 4 farklı guse boyu için tasarlanmıştır. Tasarımlar TS648 [6], TDY2007 [4] ve TS498 [7]'e göre yapılmıştır.

İncelenen çerçevelerin özellikleri Tablo 3.1'de gösterilmiştir. Tablo 3.1'deki çerçeve sistemler için ilk sayı çerçeve açıklığını, ikinci sayı çerçevelerin diğer ortak özellikleri nedeniyle ait olduğu grubu ifade etmektedir. Örneğin, Ç24-1'de 24 çerçeve açıklığının 24 m olduğunu, 1 ise kolon yüksekliği 6m, çatı eğimi %20, kaplama malzemesi hafif ve maksimum guse yüksekliği  $h_g=3h_k$  olan grubu ifade etmektedir.

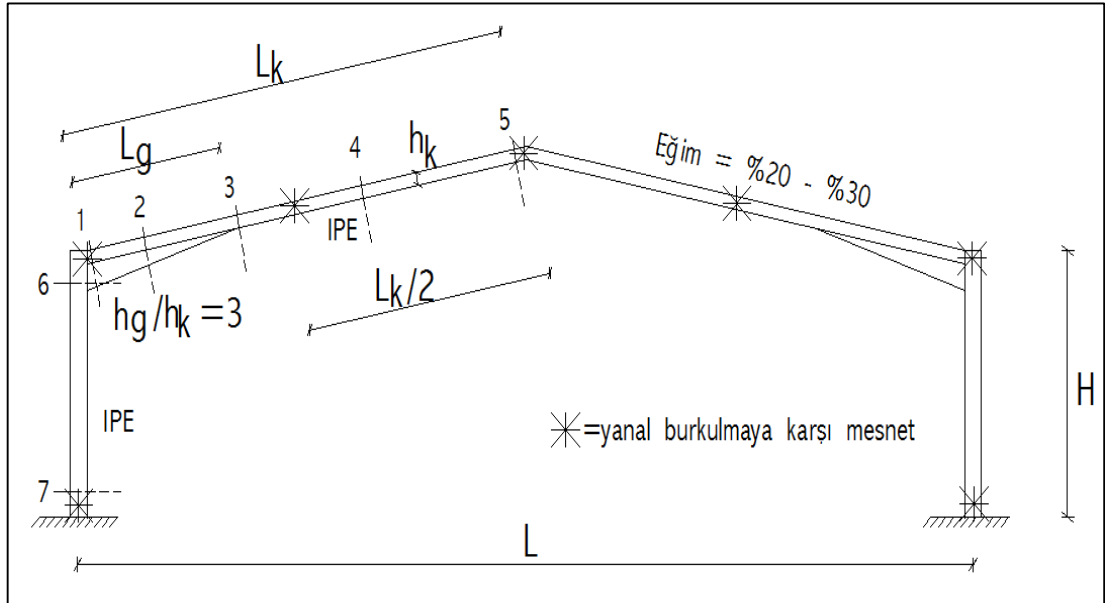
**Tablo 3.1:** İncelenen çerçevelerin özellikleri

Çerçeve Adı	Açıklık (m)	Çatı Eğimi (%)	Kolon Yüksekliği (m)	Kaplama Malzemesi	Maksimum Guse Yüksekliği/Gusesiz Kiriş Yüksekliği
Ç24-1	24	20	6	Hafif	3
Ç24-2	24	20	6	<i>Ağır</i>	3
Ç24-3	24	<b>30</b>	6	Hafif	3
Ç24-4	24	20	6	Hafif	<b>2</b>
Ç24-5	24	20	3	Hafif	3
Ç24-6	24	20	6	<i>Ağır</i>	<b>2</b>
Ç24-7	24	20	<b>3</b>	<i>Ağır</i>	3
Ç24-9	24	<b>30</b>	6	<i>Ağır</i>	<b>2</b>
Ç24-10	24	<b>30</b>	6	Hafif	<b>2</b>
Ç16-1	16	20	6	Hafif	3
Ç16-2	16	20	6	<i>Ağır</i>	3
Ç16-4	16	20	6	Hafif	<b>2</b>
Ç16-5	16	20	<b>3</b>	Hafif	3
Ç16-8	16	<b>30</b>	6	<i>Ağır</i>	3
Ç16-9	16	<b>30</b>	6	<i>Ağır</i>	<b>2</b>
Ç16-10	16	<b>30</b>	6	Hafif	<b>2</b>
Ç16-11	16	20	<b>3</b>	Hafif	<b>2</b>
Ç32-1	32	20	6	Hafif	3
Ç32-2	32	20	6	<i>Ağır</i>	3
Ç32-4	32	20	6	Hafif	<b>2</b>
Ç32-8	32	<b>30</b>	6	<i>Ağır</i>	3
Ç32-9	32	<b>30</b>	6	<i>Ağır</i>	<b>2</b>
Ç32-10	32	<b>30</b>	6	Hafif	<b>2</b>

*Çerçevelerin Geometrik Özellikleri:* Çalışma kapsamında incelenen çerçevelerin tipik çatı planı Şekil 3.1’de, tipik düşey kesiti Şekil 3.2’de verilmiştir.



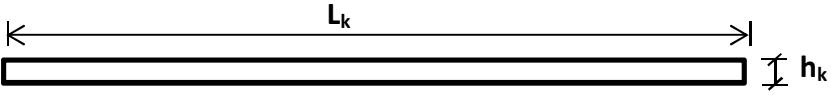
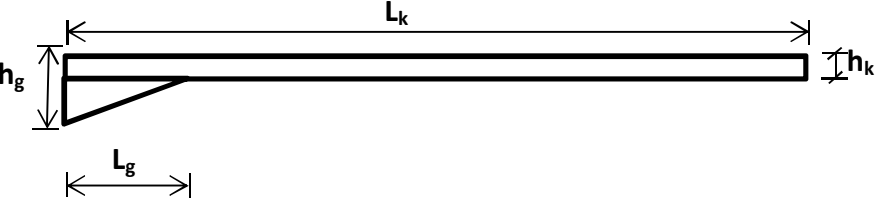
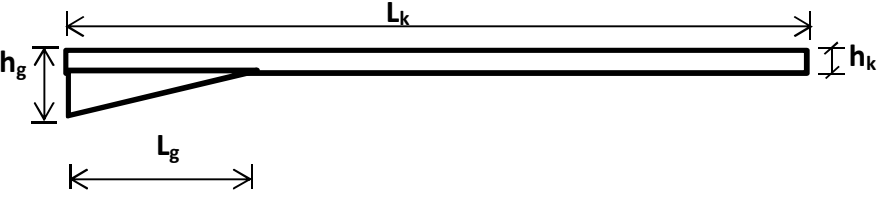
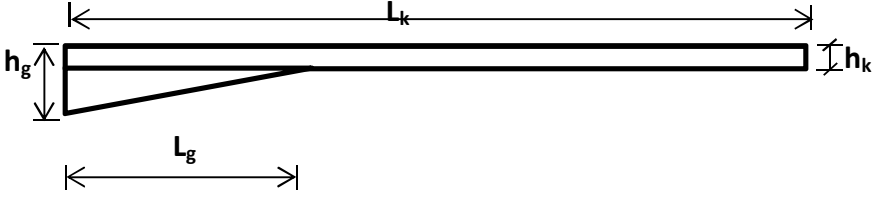
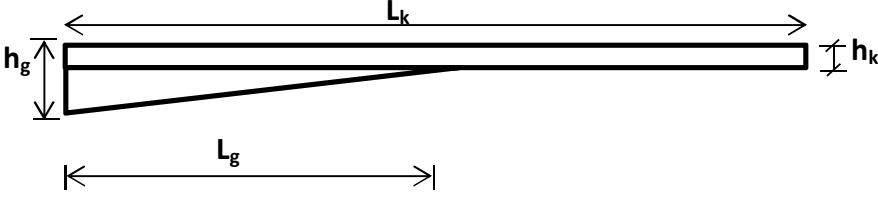
Şekil 3.1: Tipik çatı planı



Şekil 3.2: Tipik çerçeve kesiti

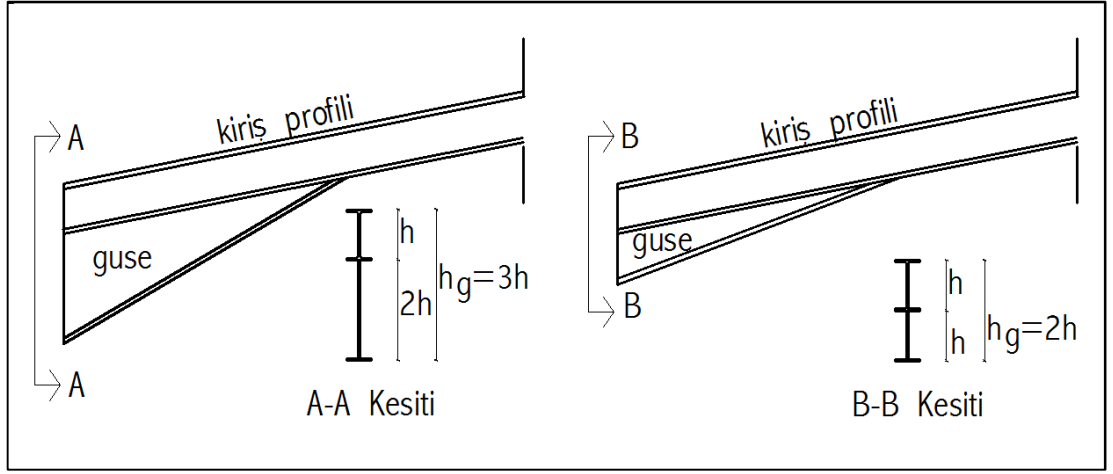
Çalışmada guse boyları kiriş boyuna ( $L_k$ ) göre ifade edilmiştir. Buna göre  $L_g=L_k/6$ ,  $L_k/4$ ,  $L_k/3$ ,  $L_k/2$  guse boyları tanımlanmış ve incelenen guse boyları ( $L_g$ ) Tablo 3.2’de verilmiştir.

**Tablo 3.2:** Çalışmada incelenen guse boyları

$L_g/L_k$	Kiriş Şekli
Gusesiz	
1/6	
1/4	
1/3	
1/2	
<b><math>h_k</math>: kiriş yüksekliği, <math>h_g</math>: maksimum guse yüksekliği</b>	

Bu çalışmada guseler, kiriş profilinin altına uygun kalınlıktaki lamalardan imal edilen gövde ve başlık elemanları ilave edilerek oluşturulmuştur. Çerçevelerde maksimum guse yüksekliği ( $h_g$ ) olarak, profil yüksekliğinin 2 ve 3 katı olarak farklı

iki durum için tasarım yapılmıştır. Çalışmada incelenen guse yükseklikleri Şekil 3.3'te gösterilmiştir.



**Şekil 3.3:** Çalışmada incelenen guse yükseklikleri

*Çerçevelerin Yükleme Özellikleri:* Çalışma kapsamında hafif ve ağır kaplamalı endüstri yapılarını temsil etmek üzere iki farklı yükleme durumu göz önüne alınmıştır (Tablo 3.3). Ağır kaplamalı yapıda çerçeve aralıkları yapının ağırlığını arttırmak amacı ile 8 m alınmıştır.

**Tablo 3.3:** Göz önüne alınan düşey yükleme durumları

	Yük	Hafif Kaplamalı Bina	Ağır Kaplamalı Bina
Sabit Yükleme (G) Çatı Yükleme	Çatı Kaplaması	0.054 kN/m <sup>2</sup> (Alüminyum Sandviç Panel)	0.72 kN/m <sup>2</sup> (Gaz Beton)
	Aşıklar	0.53 kN/m (Tek gergili IPN 140)	1.53 kN/m (Tek gergili IPN 180)
	Çelik Konstrüksiyon	0.422 kN/m	0.612 kN/m
Sabit Yükleme (G) Cephe Yükleme	Cephe Kaplaması	0.054 kN/m <sup>2</sup>	0.72 kN/m <sup>2</sup>
	Cephe Elemanları	0.416 kN/m	0.515 kN/m
	Çelik Konstrüksiyon	0.766 kN/m	0.811 kN/m
Hareketli Yükleme (Q)	Kar Yükleme	0.75 kN/m <sup>2</sup> (TS 498)	0.75 kN/m <sup>2</sup> (TS 498)

*Analizlerde Yapılan Genel Kabuller:* Çalışma kapsamındaki analizlerde yapılan genel kabuller aşağıda verilmiştir.

- Taşıyıcı sistemlerde birleşimlerin tam rijit, mesnetlerinin de ankastre olduğu varsayılmıştır.
- Hesaplar düzlem taşıyıcı sistemler üzerinde yapılmış, çerçeve düzlemine dik doğrultudaki etkiler ihmal edilmiştir.
- Kütlelerin kolon üst uçlarında toplandıkları varsayılmış ve eşdeğer deprem kuvvetleri bu noktalara etkiyen tekil kuvvetler şeklinde idealleştirilmiştir.
- Kirişlerin açıklık ortasında yanal burkulmaya karşı mesnetlendiği kabul edilmiştir. Stabilitate (yanal burkulma emniyet gerilmesi, eleman narinliği vb.) hesaplarında gusenin etkisi ihmal edilmiştir.
- Tüm çerçevelerde kirişlerin düzlemine dik doğrultuda çaprazlar ile eğilme burkulmasına karşı (2 m - 4 m aralıklarla) tutulduğu kabul edilmiştir. Tüm çerçevelerde kolonların düzlemine dik doğrultuda çelik çapraz elemanlar yardımıyla kolon ortasından eğilme burkulmasının engellendiği varsayılmıştır.
- Kolonlarda gusenin etkisi ihmal edilmiştir.

*Çerçevelerin Malzeme Özellikleri:* Kullanılan yapı çeliğinin sınıfı Fe 37'dir.

Akma Dayanımı :  $\sigma_a = 235 \text{ N/mm}^2$ ,

Çekme Dayanımı :  $\sigma_k = 363 \text{ N/mm}^2$ ,

Elastisite Modülü :  $E_s = 206181 \text{ N/mm}^2$ 'dir.

*Çerçevelerin Deprem Karakteristikleri:* Boyutlandırılması yapılacak olan tek katlı tek açıklıklı çelik endüstri binalarının birinci derece deprem bölgesinde, Z2 zemin sınıfı üzerinde inşa edileceği ve bina kullanım amacının fabrika olduğu kabul edilmiştir. Çerçevelerin süneklik düzeyleri '**normal**' olarak tasarlanmıştır. Buna göre kullanılan boyutlandırma parametreleri aşağıda verilmiştir.

Yapı Önem Katsayısı :  $I = 1.00$

Etkin Yer İvmesi Katsayısı :  $A_0 = 0.40$

Hareketli Yük Katılım Katsayısı :  $n = 0.30$  ( Çatı kar yükü için)



Spektrum Karakteristik Periyotları : Z2 Zemin Sınıfı için  $T_A=0.15$  sn,  $T_B=0.40$  sn  
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı : $R=5$

*Boyutlandırma Yöntemi ve Uygulanan Yük Birleşimleri:* Boyutlandırma yöntemi olarak *Emniyet Gerilmeleri Yöntemi* kullanılmıştır [8-9-10]. Bunun için TS648 [6] Çelik Yapılar Standardı ve Deprem Yönetmeliği'ne (TDY2007) [4] göre, yapılan kesit hesaplarında emniyet gerilmeleri düşey yük+rüzgar yüklemeleri için %15, düşey yük+deprem yüklemeleri için %33 arttırılmıştır. Yapı sistemlerinin düşey yükler, yatay deprem ve rüzgar yükleri altında analizi ile iç kuvvetlerin belirlenmesinde aşağıda verilen birleşimler göz önünde bulundurulmuştur [10].

Düşey yük birleşimleri (Esas Yükler) :  $G+Q$

Düşey yük+ deprem birleşimleri (Esas ve İlave Yükler) :  $G+Q\pm E_x$   
 $0.9G\pm E_x$

Düşey yük+ rüzgar birleşimleri (Esas ve İlave Yükler) :  $G+Q\pm W_x$   
 $0.9G\pm W_x$

Bu yük birleşimlerinde G sabit yükleri, Q hareketli yükleri, E deprem yüklerini ve W rüzgar yüklerini göstermektedir. Kar yükü hareketli yük olarak göz önüne alınmıştır.

### 3.1 Kirişlerde Etkin Guse Boyu

İncelenen tek katlı tek açıklıklı portal çerçeve sistemlerde kirişlere eklenen guseler (kısmi değişken kesit) için hangi boyun etkin olduğunu belirlemek amacı ile gusesiz ve 4 farklı guse boyu ( $L_k/6$ ,  $L_k/4$ ,  $L_k/3$ ,  $L_k/2$ ) için tasarımlar yapılmıştır. Çalışmada guse ve kirişin toplam ağırlığı bakımından en ekonomik sonucu veren guse boyu araştırılmıştır. Bunun için her bir guse boyu için elde edilen kiriş ağırlıkları, gusesiz kiriş ağırlığına oranlanmış ve böylece guseli kirişlerin gusesiz kirişe göre sağladığı malzeme ekonomisi oransal olarak elde edilmiştir.

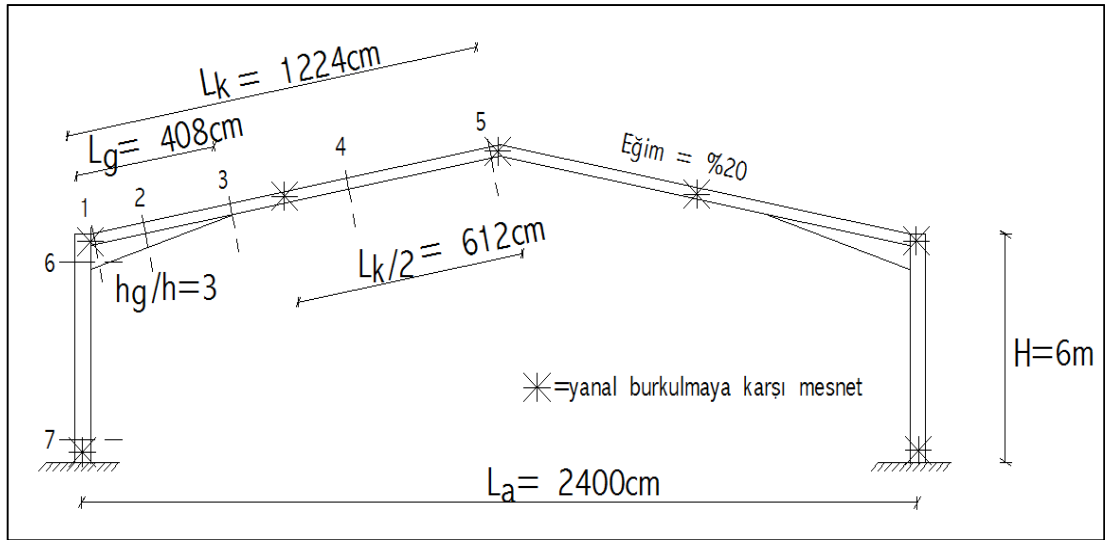
Bazı durumlarda belirli bir guse boyundan sonra sağlanan malzeme tasarrufu çok düşük değerde kalmıştır. Bu durumun düşük malzeme tasarrufu artışına karşılık,

işçilik ve zaiyatı arttırdığı düşünülerek, gusesiz kirişe göre toplam kiriş ağırlığında %5'in altında malzeme tasarrufu sağlayan guse boylarının etkin olmadığı kabul edilmiştir. Daha kısa guse boyuna göre %5'ten daha fazla malzeme ekonomisi sağlayan guse boyu ise '*etkin guse boyu*' olarak tanımlanmıştır. Çalışmada etkin guse boylarının gusesiz kirişe göre ne kadar malzeme tasarrufu sağladığı da oransal olarak belirtilmiştir.

Çalışmada incelenen en kısa guse boyu  $L_k/6$ 'dır. Bu guse boyu genellikle düşey yük moment dağılımından elde edilen guse boyuna karşılık gelmektedir (Şekil 1.4). Etkin guse boyu ile sağlanan malzeme ekonomisi bu guse boyu ile karşılaştırılarak daha büyük guse yapmanın gerekliliği de değerlendirilmiştir.

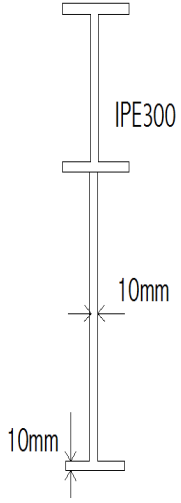
### 3.2 Boyutlandırma Örneği

Bu bölümde, açıklığı 24 m, çatı eğimi %20, guse boyu  $L_k/L_g=3$ , maksimum guse yüksekliği  $h_g=3h_k$  olan hafif kaplamalı çerçeveye (Ç 24-1) ait tasarım hesapları ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Çerçeveye ait düşey kesit Şekil 3.4'te verilmiştir. Kiriş, kolon ve guselerin enkesit boyutları ve özellikleri Tablo 3.4'de özetlenmiştir.

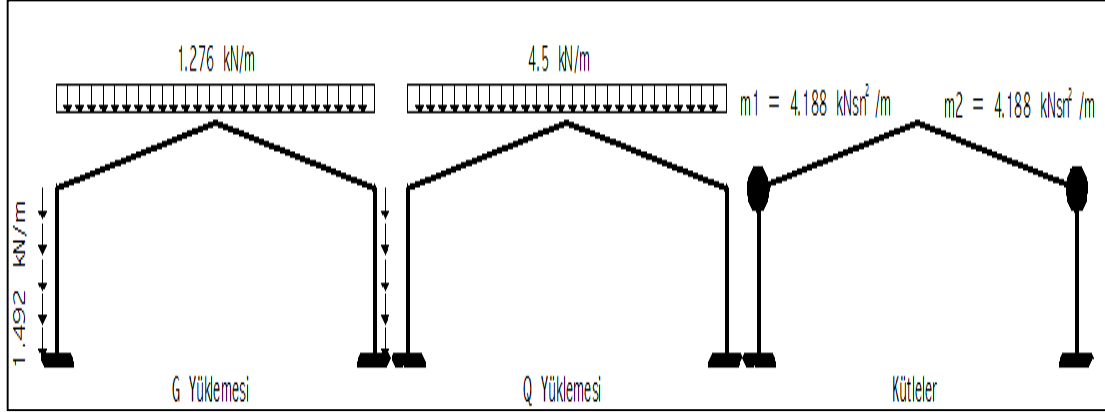


Şekil 3.4: Örnek çerçeve düşey kesiti

**Tablo 3.4:** Örnek çerçeve en kesit özellikleri

Terim	Maksimum Guse Yüksekliği		Kiriş IPE 300	Kolon IPE 450	Maks. Guse Kesiti
	$h_g=3h_k$	$h_g=2h_k$			
Başlık Genişliği $b_f$ (m)	0.15	0.15	0.15	0.19	
Başlık Kalınlığı $t_f$ (m)	0.0107	0.0107	0.0107	0.0146	
Profil Yüksekliği $h$ (m)	0.9	0.6	0.3	0.45	
Gövde Kalınlığı $t_w$ (m)	0.0071	0.0071	0.0071	0.0094	
Mukavemet Momenti $W_{ex}$ ( $m^3$ )	$3.288 \times 10^{-3}$	$1.640 \times 10^{-3}$	$5.57 \times 10^{-4}$	$1.500 \times 10^{-3}$	
Atalet Momenti $I_x$ ( $m^4$ )	$1.126 \times 10^{-3}$	$4.100 \times 10^{-4}$	$1.177 \times 10^{-4}$	$3.374 \times 10^{-4}$	
Profil Alanı $F$ ( $m^2$ )	0.0124	0.0096	0.0053	0.0098	
Başlık Alanı $F_b$ ( $m^2$ )	$1.605 \times 10^{-3}$	$1.605 \times 10^{-3}$	$1.605 \times 10^{-3}$	$2.77 \times 10^{-3}$	
Atalet Yarıçapı $i_x$ (m)	0.3101	0.206	0.125	0.185	
Atalet Yarıçapı $i_y$ (m)	0.0265	0.0302	0.0335	0.0412	

Sisteme etkiyen sabit ve hareketli yükler Şekil 3.5'te gösterildiği gibi idealleştirilmiştir. İncelenen çerçeve yapının G+0.3Q yük birleşimi için kütleleri hesaplanmıştır.



**Şekil 3.5:** Örnek çerçeve için sisteme etkiyen düşey yükler ve kütleler

*Deprem Yüklerinin Hesabı:* İncelenen çelik çerçeve yapının tasarımına esas teşkil edecek iç kuvvetlerin belirlenmesinde deprem yüklerinin hesabı için TDY 2007'deki[4] Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi uygulanmıştır. Modal analiz sonucunda çerçevenin periyodu  $T_{1x} = 0.403$  sn bulunmuştur.

Deprem Yönetmeliğine göre elastik spektral ivme  $S(T_1)$  (3.1) bağıntısı ile belirlenmiştir.

$$T_{1x} > T_B \text{ için; } S(T_1) = 2.5 \left( \frac{T_B}{T_1} \right)^{0.8} = 2.5 \left( \frac{0.40}{0.403} \right)^{0.8} = 2.485 \quad (3.1)$$

Deprem Yönetmeliğine göre spektral ivme katsayısı  $A(T_1)$  (3.2) bağıntısı ile hesaplanmıştır.

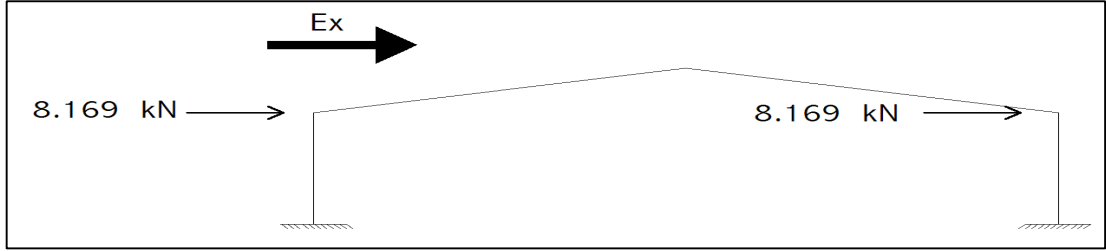
$$A(T_1) = A_0 I S(T_1) = 0.40 \times 1 \times 2.485 = 0.994 \quad (3.2)$$

Deprem Yönetmeliğine göre süneklik düzeyi normal sistem için deprem yükü azaltma katsayısı  $R_a$ , (3.3) bağıntısı ile hesaplanmıştır.

$$T_{1x} > T_A \text{ için; } R_a(T_1) = R = 5 \quad (3.3)$$

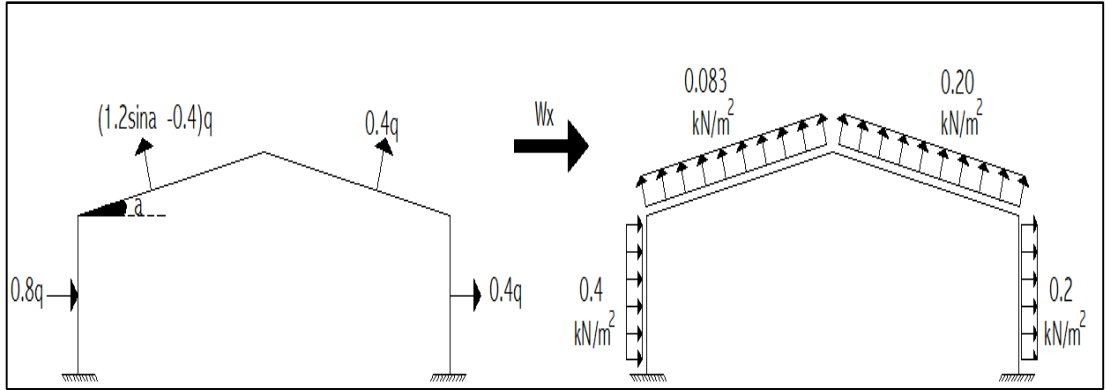
Deprem Yönetmeliğine göre, göz önüne alınan deprem doğrultusunda çerçevenin tümüne etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti)  $V_t$ , (3.4) bağıntısı ile belirlenmiştir. Sisteme etkiyen deprem yükleri Şekil 3.6’da gösterilmiştir.

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{R_a T_1} = \frac{82.176 \times 0.994}{5} = 16.337 \text{ kN} \geq 0.10 A_0 I W = 3.287 \text{ kN} \quad (3.4)$$



**Şekil 3.6:** Örnek çerçeveye etkiyen eşdeğer deprem yükleri

TS 498’e göre belirlenen rüzgar yükleri Şekil 3.7’de gösterilmiştir. Şekil (3.7)’de  $q$ , nominal rüzgar basıncını göstermektedir ve bina yüksekliğine bağlı olarak  $0 < H < 8.0$  m için  $q = 0.50 \text{ kN/m}^2$  alınmıştır.



**Şekil 3.7:** Aerodinamik yük katsayıları ve sisteme etkiyen rüzgar yükleri ( $W_x$ )

Çerçeve sistemin, düşey yükler ile deprem ve rüzgar yükleri altındaki statik analizi yapılmış, eleman iç kuvvetleri ve yerdeğiştirmeleri elde edilmiştir. Elde edilen kesit tesirleri ve yerdeğiştirmeler Tablo 3.5’te gösterilmiştir. İncelenen çelik

endüstri yapısının düşey ve yatay yükler altındaki statik analizleri SAP 2000 bilgisayar yazılımından yararlanılarak gerçekleştirilmiştir [11].

**Tablo 3.5:** Örnek çerçeveye ait kesit tesirleri ve yerdeğiştirmeler

Kesit Tesirleri	Yükleme	Kritik Kesitlerin Numaraları						
		1	2	3	4	5	6	7
$M_x$ [kNm]	G	-65.83	-36.95	-14.89	10.91	6.27	65.83	-53.96
	Q	-117.06	-98.85	-41.36	29.95	17.64	117.06	-146.16
	$E_x$	13.27	11.09	8.81	4.04	0.00	-13.82	47.45
	$W_x$	54.05	35.53	21.55	2.11	0.00	-54.06	109.36
N [kN]	G	-23.67	-22.87	-22.13	-20.50	-19.57	-20.90	-34.40
	Q	-63.41	-61.66	-59.85	-55.69	-52.82	-54.00	-54.00
	$E_x$	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	1.10	1.10
	$W_x$	17.95	17.95	17.95	17.95	17.95	12.99	12.99
$T_y$ [kN]	G	-16.56	-12.39	-14.18	0.00	3.91	-19.96	-19.96
	Q	-42.38	-33.45	-24.60	0.00	10.56	-53.87	-53.87
	$E_x$	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	10.12	10.12
	$W_x$	9.65	7.96	6.40	2.40	0.00	15.72	38.76
Yükleme	Kiriş İçin Maksimum Açıklık Momenti[kNm]			Yük Birleşimi		Yerdeğiştirme		
						Bileşeni	Değeri[m]	
G	10.91			G+Q+ $E_x$		$u_x$	0.07455	
Q	29.95			G+Q		$u_z$	0.02225	

*Kirişlerinin Boyutlandırılması:* Yapılan analizlerde çerçeve kirişleri için elverişsiz yüklemelerden biri olan (G+Q-E<sub>x</sub>) yüklemesine ve kesit 3'e ait boyutlandırma hesapları örnek olarak gösterilmiştir [8-9]. Bu yüklemeye ait iç kuvvetler aşağıda verilmiştir.

$$M_{G+Q-E_x} = 67.11 \text{ kNm}, T_{G+Q-E_x} = 34.76 \text{ kN}, N_{G+Q-E_x} = 86.40 \text{ kN}$$

*Enkesit Narinlik Tahkiki:* Deprem yönetmeliğine göre yerel burkulmanın önlenmesini amaçlayan enkesit koşulları (3.5) ve (3.6) bağıntıları ile kontrol edilmiş ve narinlik koşullarının sağlandığı belirlenmiştir [4].

$$\frac{b_f}{2t_f} = \frac{0.15}{2 \times 0.0107} = 7.009 \leq 0.5\sqrt{E_s/\sigma_a} = 0.5 \times \sqrt{206182 / 235} = 14.81 \quad (3.5)$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{0.30}{0.0071} = 42.253 \leq 5\sqrt{E_s/\sigma_a} = 5 \times \sqrt{206182 / 235} = 148.1 \quad (3.6)$$

*Normal Gerilme Tahkiki:* Normal gerilme tahkiki için öncelikle eksenel kuvvetten ve eğilmeden oluşan gerilme oranları ayrı ayrı belirlenmektedir. Daha sonra bunlar birleştirilmektedir.

Kiriş için yalnız basınç altında hesaplanan  $\sigma_{eb}$ , (3.7) bağıntısı ile elde edilmiştir.

$$\sigma_{eb} = \frac{N}{F} = \frac{86.40}{0.05381} = 16.056 \text{ N/mm}^2 \quad (3.7)$$

Çatı düzleminde, kiriş boyunca 4.08 m (Şekil 3.1) aralıklarla oluşturulan yanal doğrultuda mesnetlere (çatı stabilite çaprazları) bağlı olarak kirişin narinliği (3.8a) ve (3.8b) bağıntıları ile elde edilmiştir.

$$\lambda_x = \frac{12.24}{0.125} = 98 \quad (3.8a)$$

$$\lambda_y = \frac{4.08}{0.0335} = 122 \quad (3.8b)$$

$\lambda_{max}=122$  olarak bulunur. TS 648'e göre eksenel basınç emniyet gerilmesi;

$\sigma_{bem} = 55.66 \text{ N/mm}^2$  olarak belirlenmiştir.

Normal gerilme oranı;

$$\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} = \frac{16.056}{55.66} = 0.288 > 0.15 \quad (3.9)$$

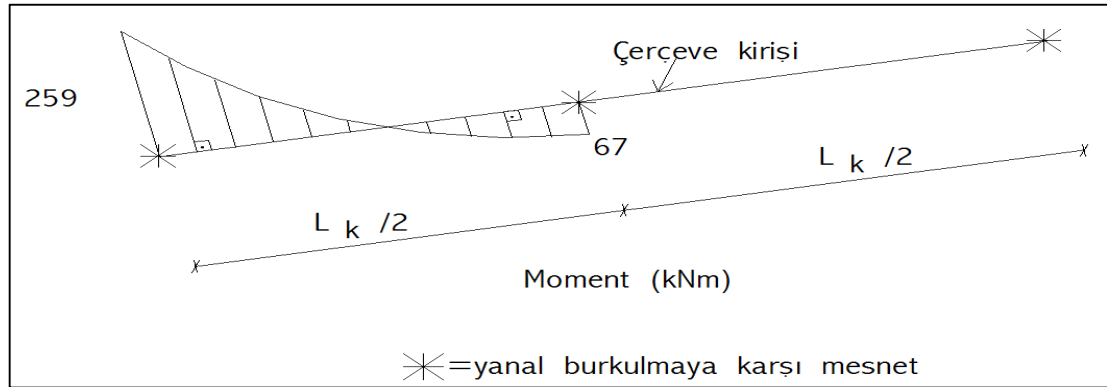
olduğundan, normal gerilme tahkiki (3.10) bağıntısı ile yapılacaktır.

$$\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} + \frac{C_m \times \sigma_{bX}}{\left(1 - \frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{ex}'}\right) \times \sigma_{Bx}} \quad (3.10)$$

Yalnız eğilme altında hesaplanan gerilme  $\sigma_{bx}$ , (3.11) bağıntısı ile hesaplanmıştır.

$$\sigma_{bx} = \frac{M_x}{W_{ex}} = \frac{67.110}{5.57 \times 10^{-4}} = 120.48 \text{ N/mm}^2 \quad (3.11)$$

$C_b$  katsayısı, kiriş basınç başlığında yanal burkulmaya karşı mesnetlenme mesafesinin iki ucundaki momentlerin (ilgili moment değerleri Şekil 3.8'de diyagram üzerinde gösterilmiştir.) oranına bağlı olarak (3.12) bağıntısı ile hesaplanmış ve  $C_b=2.040 < 2.30$  olduğundan  $C_b=2.040$  alınmıştır.



**Şekil 3.8:**  $C_b$  hesabında kullanılan momentlerin diyagramı üzerinde gösterimi

$$C_b = 1.75 + 1.05 \left(\frac{M_1}{M_2}\right) + 0.3 \left(\frac{M_1}{M_2}\right)^2 = 1.75 + 1.05 \times 0.258 + 0.3 \times (0.258)^2 = 2.040 \quad (3.12)$$

Yanal burkulma emniyet gerilmesi  $\sigma_{Bx}$ , (3.13) bağıntısı ile hesaplanmış ve  $\sigma_{Bx} = 146.901 \text{ N/mm}^2 > 141 \text{ N/mm}^2$  olduğundan,  $\sigma_{Bx} = 141 \text{ N/mm}^2$  seçilmiştir.

$$\sigma_{Bx} = \frac{840000 C_b}{sh/F_b} = \frac{840000 \times 2.040}{612 \times 90 / 16.05} = 1498 \text{ kg/cm}^2 = 146.901 \text{ N/mm}^2 \quad (3.13)$$



$\sigma_{ex'}$  (3.14) bağıntısı ile hesaplanmıştır.

$$\sigma_{ex'} = \frac{8290000}{\lambda_x^2} = 863.182 \text{ kg/cm}^2 = 84.648 \text{ N/mm}^2 \quad (3.14)$$

$C_{mx}$ , sistemin yanal ötelenmesi önlenmemiş olduğu için 0.85 alınmıştır.

Denklem (3.10)'dan;

$$\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} + \frac{C_m \times \sigma_{bX}}{\left(1 - \frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{ex'}}\right) \times \sigma_{Bx}} = 0.288 + \frac{0.85 \times 120.48}{\left(1 - \frac{16.056}{84.648}\right) \times 141} = 1.184 < 1.33$$

*Kayma gerilmesi tahkiki:* Kayma gerilmesi  $\tau$ , (3.15) bağıntısı ile hesaplanmış ve kesitin yeterli olduğu belirlenmiştir.

$$\tau = \frac{T_y S_x}{I_x t_w} = \frac{34.76 \times 0.00314}{0.00008360 \times 0.0071} = 17.994 \text{ N/mm}^2 < \tau_{em} = 109.06 \text{ N/mm}^2 \quad (3.15)$$

*Sehim tahkiki :* Analiz sonuçlarına göre tepe noktasının maksimum düşey yer değiştirmesi (G+Q yüklemesi için) (3.16) bağıntısı ile kontrol edilmiştir.

$$\frac{f_{\max}}{L_a} = \frac{0.0754}{24.00} = \frac{1}{318} < \frac{1}{300} \quad (3.16)$$

Diğer yükleme durumları ve kesitler için de benzer hesaplar yapılarak çerçeve kirişi için **IPE 300** profilinin uygun olduğu belirlenmiştir.

Gusenin bulunduğu kesitlerin (1,2) narinlik hesaplarında toplam kesit yüksekliği kullanılmış, kesit orta bölgesinde kalan kiriş alt başlığının etkisi ihmal edilmiştir.

*Çerçeve Kolonlarının Boyutlandırılması:* Yapılan analizlerde çerçeve kolonları için elverişsiz yüklemelerden biri olan (G+Q-E<sub>x</sub>) yüklemesine ait boyutlandırma hesapları örnek olarak gösterilmiştir [8-10]. Bu yüklemeye ait iç kuvvetler aşağıda verilmiştir. Kolonlar için ön boyut olarak IPE 450 seçilmiştir.

$$M_{G+Q-E_x} = 259.11 \text{ kNm (Üst uç)}, \quad M_{G+Q-E_x} = 247.58 \text{ kNm (Alt uç)},$$

$$T_{G+Q-E_x} = 83.96 \text{ kN}, \quad N_{G+Q-E_x} = 89.50 \text{ kN'dur.}$$

*Enkesit Narinlik Tahkiki:* Deprem yönetmeliğine göre yerel burkulmanın önlenmesini amaçlayan enkesit koşulları (3.5) ve (3.17) bağıntıları ile kontrol edilmiş ve sağlandığı belirlenmiştir.

Denklem (3.5)'ten;

$$\frac{b_f}{2t_f} = \frac{0.19}{2 \times 0.0146} = 6.509 \leq 0.5 \sqrt{E_s / \sigma_a} = 0.5 \times \sqrt{206182 / 235} = 14.81$$

$$\left| \frac{N_d}{\sigma_a F} \right| = \left| \frac{89.50}{235000 \times 0.00988} \right| = 0.038 \leq 0.10$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{0.45}{0.0094} = 47.872 \leq 5 \sqrt{E_s / \sigma_a} \left( 1 - 1.7 \left| \frac{N_d}{\sigma_a F} \right| \right) = \dots$$

$$\dots = 5 \times \sqrt{206182 / 235} \times 0.9354 = 138.532 \quad (3.17)$$

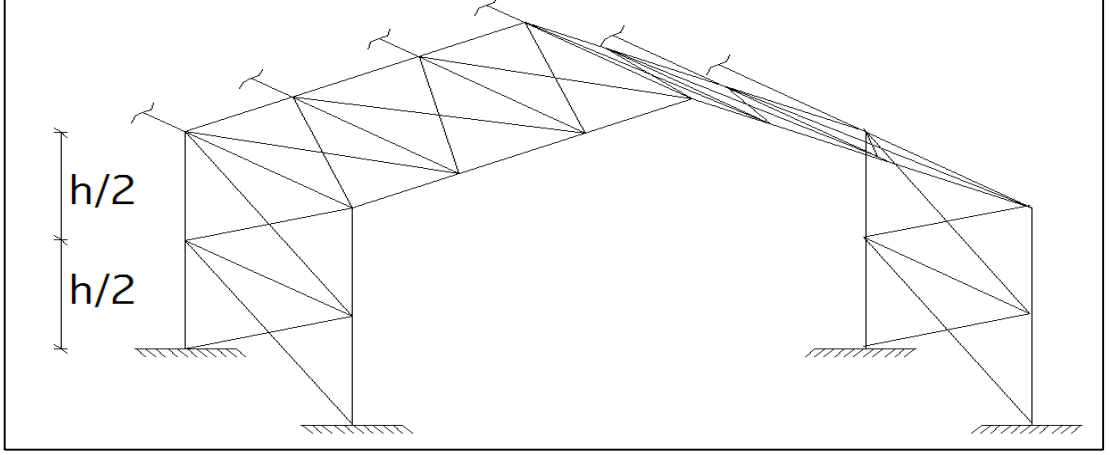
*Normal Gerilme Tahkiki:* Yalnız basınç altında hesaplanan  $\sigma_{eb}$ , (3.7) bağıntısı ile elde edilmiştir.

Denklem (3.7)'den;

$$\sigma_{eb} = \frac{N}{F} = \frac{89.50}{0.00988} = 9.058 \text{ N/mm}^2 \text{ olarak bulunur.}$$

Çerçeve kolonunun kuvvetli eksenini doğrultusunda yanal ötelenmesinin önlenmemiş olduğu, zayıf eksenini doğrultusunda ise, yanal ötelenmenin düşey düzlem çapraz sistemi tarafından önlendiği gözönünde tutulmuştur. Ayrıca kolonun zayıf eksen doğrultusunda diğer elemanlara mafsallı bağlandığı ve çaprazlar tarafından orta noktasından tutulu olduğu kabul edilmiştir (Şekil 3.9). Buna göre, çerçeve kolonunun eğilme rijitliği ve bu kolona bağlanan çerçeve kirişinin eğilme rijitliğine

bağlı olarak, TS648'deki nomogramda bulunan  $K_x$  ve  $K_y$  katsayıları kullanılarak  $S_{kx}$  ve  $S_{ky}$  burkulma boyları (3.18a) ve (3.18b) bağıntısıyla, ilgili narinlikler (3.8a) ve (3.8b) bağıntısı ile hesaplanmıştır.



**Şekil 3.9:** Yan cephe ve çatı çapraz yerleşimi

$$S_{kx} = K_x \times L_c = 1.30 \times 6.00 = 7.80 \text{ m} \quad (3.18a)$$

$$S_{ky} = K_y \times (L_c/2) = 1 \times 3.00 = 3.00 \text{ m} \quad (3.18b)$$

Denklem (3.8a) ve (3.8b)'den;

$$\lambda_x = \frac{7.80}{0.185} = 43$$

$$\lambda_y = \frac{3.00}{0.0412} = 73 \text{ olarak hesaplanır.}$$

$\lambda_{\max} = 73$  olarak bulunur. TS 648'e göre aksenal basınç emniyet gerilmesi;

$\sigma_{bem} = 95.19 \text{ N/mm}^2$  olarak belirlenmiştir.

Denklem (3.9)'dan, normal gerilme oranı;

$$\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} = \frac{9.058}{95.19} = 0.095 < 0.15$$

olduğundan normal gerilme tahkiki (3.10) bağıntısı ile yapılacaktır.

Yalnız eğilme altında hesaplanan gerilme  $\sigma_{bx}$ , (3.11) bağıntısı ile hesaplanmıştır.

Denklem (3.11)'den;

$$\sigma_{bx} = \frac{M_x}{W_{ex}} = \frac{259.211}{1.50 \cdot 10^{-3}} = 172.807 \text{ N/mm}^2$$

$C_b$  katsayısı, kiriş basınç başlığında yanal burkulmaya karşı mesnetlenme mesafesinin iki ucundaki momentlerin oranına bağlı olarak (3.12) bağıntısı ile hesaplanmış ve  $C_b=3.027 > 2.30$  olduğundan  $C_b=2.30$  alınmıştır.

Denklem (3.12)'den;

$$C_b = 1.75 + 1.05 \left( \frac{M_1}{M_2} \right) + 0.3 \left( \frac{M_1}{M_2} \right)^2 = 1.75 + 1.05 \times 0.955 + 0.3 \times (0.955)^2 = 3.027$$

Yanal burkulma emniyet gerilmesi  $\sigma_{Bx}$ , (3.13) bağıntısı ile hesaplanmış ve  $\sigma_{Bx} = 194.657 \text{ N/mm}^2 > 141 \text{ N/mm}^2$  olduğundan  $\sigma_{Bx} = 141 \text{ N/mm}^2$  seçilmiştir.

Denklem (3.13)'den;

$$\sigma_{Bx} = \frac{840000 C_b}{sh/F_b} = \frac{840000 \times 2.30}{600 \times 45 / 27.74} = 1984.95 \text{ kg/cm}^2 = 194.657 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{cb}}{\sigma_{bem}} + \frac{\sigma_{bx}}{\sigma_{Bx}} = 0.095 + \frac{172.807}{141} = 1.32 < 1.33 \quad (3.19)$$

*Kayma gerilmesi tahkiki:* Kayma gerilmesi  $\tau$ , (3.15) bağıntısı ile hesaplanmış ve kesitin yeterli olduğu belirlenmiştir.

Denklem (3.15)'ten;

$$\tau = \frac{T_y S_x}{I_x t_w} = \frac{83.96 \times 0.000851}{0.0003374 \times 0.0094} = 22.747 \text{ N/mm}^2 < \tau_{em} = 109.06 \text{ N/mm}^2$$

*Kapasite kontrolleri;* TDY 2007[4]'e göre kolon iç kuvvet kapasiteleri (3.20), (3.21) bağıntıları ile elde edilmiştir.

$$N_{bp} = 1.7 \times \sigma_{bem} \times A = 1.7 \times 95.19 \times 9882 = 1599134 \text{ N} = 1599.134 \text{ kN} \quad (3.20)$$

$$N_{cp} = \sigma_a \times A_{net} = 235 \times 9882 = 2322270 \text{ N} = 2322.270 \text{ kN} \quad (3.21)$$

TDY 2007[4]'e göre arttırılmış deprem etkileri altında en elverişsiz normal kuvvet değeri;

$N_{G+Q-\Omega_{Ex}} = 90.61$  kN (basınç) olarak elde edilmiştir.

Bu değer  $N_{bp} = 1599.13$  kN'luk kapasite değerinin altında kalmıştır.

Diğer yükleme durumları için de benzer hesaplar yapılarak çerçeve kolonu için **IPE 450** profilinin uygun olduğu belirlenmiştir. Diğer kesitlere ait tasarım özeti Tablo 3.6'da verilmiştir.

**Tablo 3.6:** Örnek çerçeve için tasarım özeti

							<p>Çerçeve açıklığı=24 m</p> <p>Kolon IPE 450</p> <p>Kiriş IPE 300</p> <p>Guse boyu <math>L_k / L_g = 3</math></p> <p>Maks. Guse yüksekliği <math>h_g = 3h_k</math></p>
	Kesit No	( $h/t_w$ ) / Sınır Değer	( $b/2t$ ) / Sınır Değer	Maks. Narinlik/ Sınır Narinlik	Maks.Normal Gerilme Oranı / Sınır Gerilme Oranı (Deprem)	Maks.Normal Gerilme Oranı / Sınır Gerilme Oranı (Rüzgar)	Maks. Sehım (m) / Sınır Değer (m)
KİRİŞ	1	123.740 / 148.102	7.009 / 14.810	122 / 250	0.687 / 1.330	0.411 / 1.150	<b>0.0745 / 0.080</b>
	2	103.84 / 148.102	7.009 / 14.810	122 / 250	0.614 / 1.330	0.385 / 1.150	
	3	42.253 / 148.102	7.009 / 14.810	122 / 250	<b>1.184 / 1.330</b>	0.783 / 1.150	
	4	42.253 / 148.102	7.009 / 14.810	122 / 250	0.766 / 1.330	0.525 / 1.150	
	5	42.253 / 148.102	7.009 / 14.810	122 / 250	0.551 / 1.330	0.386 / 1.150	
KOLON	6	47.872 / 140.606	6.509 / 14.810	73 / 250	1.320 / 1.330	0.940 / 1.150	Maks. Göreli Öteleme / Sınır Değer
	7	47.872 / 140.606	6.509 / 14.810	73 / 250	1.220 / 1.330	0.900 / 1.150	0.017 / 0.020 (G+Q+-Ex) 0.0029 / 0.0040 (G+Q+-Wx)

### 3.3 Guse Yüksekliğinin ( $h_g$ ) Etkisinin İncelenmesi

Bu bölümde kirişlerde uygulanan guselerde yükseklik değişiminin tasarım sonuçlarına etkisi incelenmiştir. Bunun için  $L = 16$  m,  $L=24$  m ve  $L=32$  m'lik çerçevelerde guse yüksekliği  $h_g=2h_k$  ve  $h_g=3h_k$  olarak tasarımlar yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çerçevelerin diğer özellikleri Tablo 3.7'de verilmiştir.

**Tablo 3.7:** Guse yüksekliğinin etkisi için incelenen çerçevelerin özellikleri

Çerçeve Adı	Açıklık (m)			Kaplama Ağırlığı		Çatı Eğimi		Maks. Guse Yüksekliği		Çerçeve Yüksekliği	
	16	24	32	Hafif	Ağır	%20	%30	$h_g = 3 h_k$	$h_g = 2 h_k$	$H=6m$	$H=3m$
Ç16-1	X			X		X		X		X	
Ç16-4	X			X		X			X	X	
Ç16-8	X				X		X	X		X	
Ç16-9	X				X		X		X	X	
Ç24-1		X		X		X		X		X	
Ç24-4		X		X		X			X	X	
Ç24-2		X			X	X		X		X	
Ç24-6		X			X	X			X	X	
Ç32-1			X	X		X		X		X	
Ç32-4			X	X		X			X	X	
Ç32-8			X		X		X	X		X	
Ç32-9			X		X		X		X	X	

İncelenen çerçeveler için ağırlık, periyot, deprem taban kesme kuvveti, rüzgar taban kesme kuvveti oranları Tablo 3.8'de sunulmuştur.

**Tablo 3.8:** Guse yüksekliğinin etkisi için incelenen çerçevelere ait ağırlık, periyot, deprem ve rüzgar taban kesme kuvvetleri oranları

Çerçeve adı		Çerçeve Ağırlığı (kN)	Periyot (sn)	Deprem taban kesme kuvveti/ Çerçeve ağırlığı	Rüzgar taban kesme kuvveti/ Çerçeve ağırlığı
Ç16-1	a	14.86	0.401	0.199	0.412
	b	13.62	0.390	0.200	0.414
	c	14.05	0.378	0.200	0.413
	d	13.40	0.383	0.200	0.415
	e	13.25	0.377	0.200	0.415
Ç16-4	a	14.86	0.401	0.199	0.412
	b	14.38	0.370	0.200	0.413
	c	13.61	0.387	0.200	0.414
	d	13.90	0.379	0.200	0.414
	e	14.47	0.364	0.200	0.413
Ç16-8	a	23.84	0.401	0.199	0.079
	b	21.70	0.458	0.180	0.089
	c	20.71	0.470	0.174	0.092
	d	19.92	0.472	0.174	0.095
	e	18.69	0.497	0.169	0.099
Ç16-9	a	23.84	0.401	0.199	0.079
	b	21.06	0.465	0.177	0.091
	c	20.06	0.483	0.172	0.095
	d	19.23	0.488	0.170	0.099
	e	19.89	0.500	0.167	0.097
Ç24-1	a	28.79	0.330	0.200	0.275
	b	24.99	0.381	0.200	0.282
	c	23.67	0.380	0.200	0.283
	d	22.50	0.403	0.198	0.285
	e	22.55	0.397	0.200	0.285
Ç24-4	a	28.79	0.330	0.199	0.275
	b	27.40	0.326	0.200	0.278
	c	27.76	0.337	0.200	0.278
	d	25.82	0.331	0.200	0.281
	e	26.67	0.319	0.200	0.280



**Tablo 3.8**'in devamı;

Çerçeve adı		Çerçeve Ağırlığı (kN)	Periyot (sn)	Deprem taban kesme kuvveti/ Çerçeve ağırlığı	Rüzgar taban kesme kuvveti/ Çerçeve ağırlığı
Ç24-2	a	50,64	0.363	0.200	0.067
	b	38.54	0.396	0.200	0.074
	c	35.99	0.392	0.200	0.076
	d	33.72	0.403	0.199	0.078
	e	33.22	0.405	0.198	0.078
Ç24-6	a	50,64	0.363	0.200	0.067
	b	38.28	0.402	0.199	0.075
	c	39.00	0.393	0.200	0.074
	d	39.72	0.382	0.200	0.074
	e	37.01	0.389	0.200	0.075
Ç32-1	a	78.57	0.238	0.200	0.152
	b	53.62	0.244	0.200	0.195
	c	46.03	0.253	0.200	0.206
	d	41.37	0.263	0.200	0.210
	e	45.43	0.249	0.200	0.207
Ç32-4	a	78.57	0.238	0.200	0.152
	b	46.16	0.247	0.200	0.206
	c	42.64	0.248	0.200	0.210
	d	43.52	0.250	0.200	0.209
	e	45.29	0.251	0.200	0.207
Ç32-8	a	131.15	0.185	0.200	0.018
	b	69.04	0.322	0.200	0.053
	c	63.04	0.328	0.200	0.056
	d	59.50	0.332	0.200	0.060
	e	57.56	0.330	0.200	0.061
Ç32-9	a	131.15	0.185	0.200	0.018
	b	65.60	0.323	0.200	0.057
	c	66.74	0.319	0.200	0.056
	d	67.87	0.314	0.200	0.055
	e	70.15	0.310	0.200	0.052
<b>a:</b> gusesiz kirişi, <b>b:</b> $L_k/6$ guse boyunu, <b>c:</b> $L_k/4$ guse boyunu, <b>d:</b> $L_k/3$ guse boyunu, <b>e:</b> $L_k/2$ guse boyunu ifade etmektedir.					

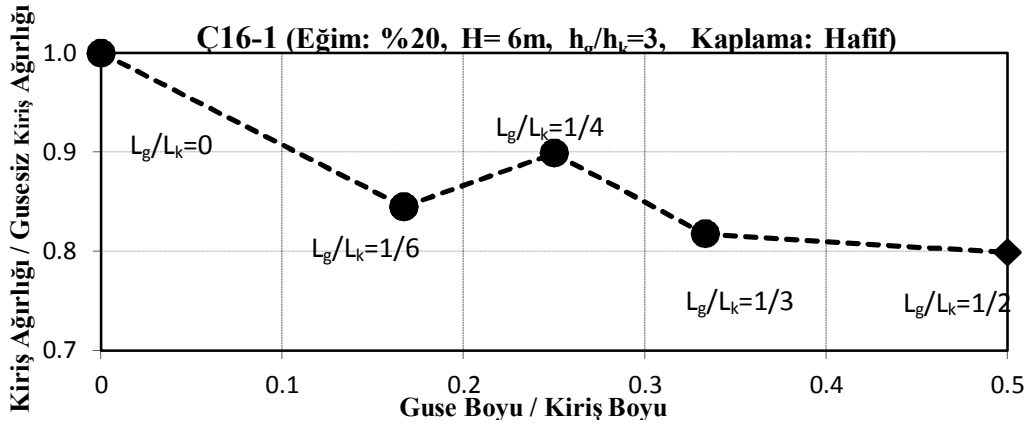
*Ç16'ya ait sonuçlar:* Ç16'da 2 farklı guse yüksekliği için yapılan tasarımlar sonucunda elde edilen kiriş profili boyutları, guse ağırlıkları ve tasarımda etkili

kriterler Tablo 3.9-3.12’de özetlenmiştir. Etkin guse boyunun belirlenebilmesi için herbir çerçevede guse boyunun kiriş ağırlığına etkisini ve çerçeve ağırlığına etkisini gösteren grafikler hazırlanmıştır (Şekil:3.10- 3.19).

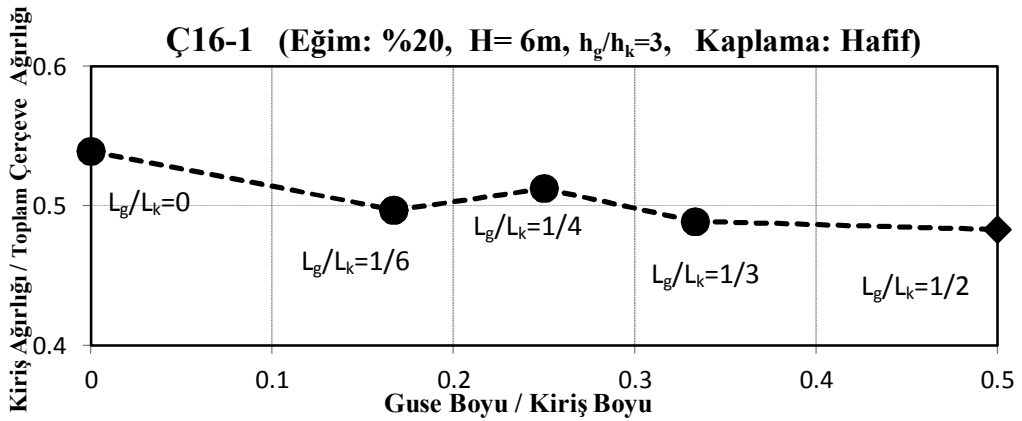
**Tablo 3.9:** Ç16-1’de farklı guse boyları için elde edilen kiriş tasarım sonuçları

Eğim = %20, Kaplama=hafif, $h_g/h_k = 3$ , H = 6 m, Kolon=IPE360						
$L_g/L_k$	Kiriş Profili	Gusesiz Kiriş Ağırlığı (kg)	Guse Ağırlığı (kg)	Kiriş Toplam Ağırlığı (kg)	Kiriş Toplam Ağırlığı / Gusesiz Kiriş Ağırlığı	Tasarımda Etkili Kriter
0	IPE330	801	0	801	1	Sehim
1 / 6	IPE270	590	87	677	1.15	Sehim
1 / 4	IPE270	590	130	720	1.22	Sehim
1 / 3	IPE240	501	154	655	1.31	Sehim
1 / 2	IPE220	428	212	640	1.50	Sehim

Guse için başlık kalınlığı  $t_f=10$  mm, gövde kalınlığı  $t_w=10$  mm



**Şekil 3.10:** Ç16-1’de guse boyunun kiriş ağırlığına etkisi



**Şekil 3.11:** Ç16-1’de guse boyunun çerçeve ağırlığına etkisi

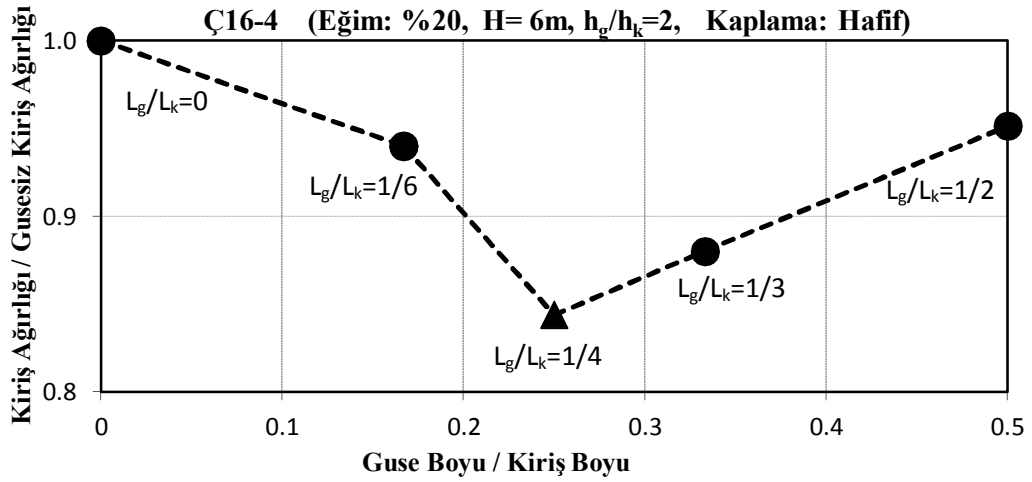
$h_g = 3h_k$  olan 16 m' lik çerçeveye (Ç16-1) ait sonuçlar incelendiğinde;

- Tüm guse boyları için sehim kriterinin tasarımda etkili olduğu görülmüştür.
- En büyük malzeme ekonomisi  $L_k/2$  lik guse boyunda elde edilmiştir. Bu durumda çerçevede kullanılan kiriş ağırlığı gusesiz kirişe göre %20 daha düşük elde edilmiştir. Toplam çerçeve ağırlığı bakımından karşılaştırıldığında bu oran %5 olarak elde edilmiştir.
- $L_k/6$ 'lık guseden daha büyük guse boyu kullanılması durumunda sağlanan malzeme tasarrufu %5'in altında kalmıştır. Buna göre **etkin guse boyunun  $L_k/6$**  olduğu söylenebilmektedir. Etkin guse boyu ile gusesiz kirişe göre %15 malzeme tasarrufu sağlanmıştır.

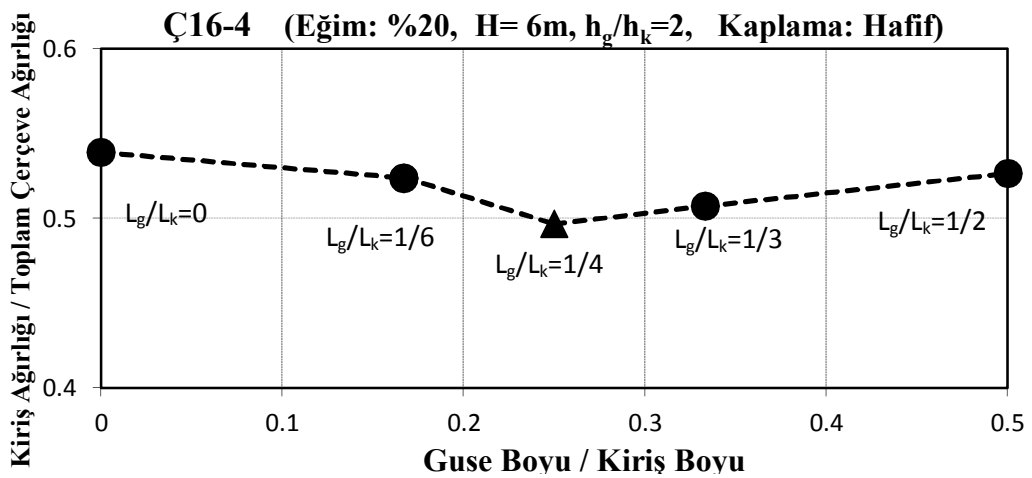
**Tablo 3.10:** Ç16-4’de farklı guse boyları için elde edilen kiriş tasarım sonuçları

Eğim = %20, Kaplama= hafif, $h_g/h_k=2$ , H=6 m, Kolon=IPE360						
$L_g/L_k$	Kiriş Profili	Gusesiz Kiriş Ağırlığı (kg)	Guse Ağırlığı (kg)	Kiriş Toplam Ağırlığı (kg)	Kiriş Toplam Ağırlığı / Gusesiz Kiriş Ağırlığı	Tasarımda Etkili Kriter
0	IPE330	801	0	801	1	Sehim
1 / 6	IPE300	689	87	677	1.09	Sehim
1 / 4	IPE270	590	130	720	1.15	Sehim
1 / 3	IPE270	590	154	655	1.20	Sehim
1 / 2	IPE270	590	212	640	1.29	Sehim

Guse için başlık kalınlığı  $t_f=10$  mm, gövde kalınlığı  $t_w=10$  mm



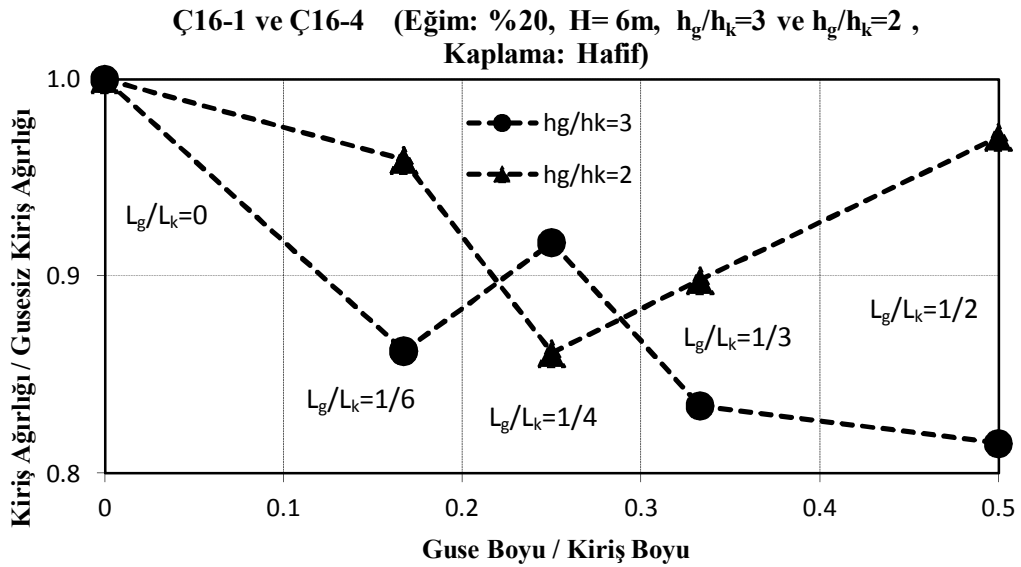
**Şekil 3.12:** Ç16-4’te guse boyunun kiriş ağırlığına etkisi



**Şekil 3.13:** Ç16-4’te guse boyunun çerçeve ağırlığına etkisi

$h_g = 2h_k$  olan 16 m'lik çerçeveye (Ç16-4) ait sonuçlar incelendiğinde;

- Tüm guse boyları için sehim kriterinin tasarımda etkili olduğu görülmüştür.
- En büyük malzeme ekonomisi  $L_k/4$  lik guse boyunda elde edilmiştir. Bu durumda çerçevede kullanılan kiriş ağırlığı gusesiz kirişe göre %15 daha düşük elde edilmiştir. Toplam çerçeve ağırlığı bakımından karşılaştırıldığında bu oran %4 olarak elde edilmiştir.
- $L_k/3$  ve  $L_k/2$  guse boyları için malzeme ekonomisinde azalma olmuştur. Buna göre **etkin guse boyunun  $L_k/4$**  olduğu söylenebilmektedir. Etkin guse boyu ile gusesiz kirişe göre %16 malzeme tasarrufu sağlanmıştır.
- En küçük guse boyu ( $L_k/6$ ) ile etkin guse boyunun ( $L_k/3$ ) ekonomisi farkı %10 olarak elde edilmiştir.



Şekil 3.14: Ç16'da guse yüksekliğinin kiriş ağırlığına etkisi(Hafif kaplama)

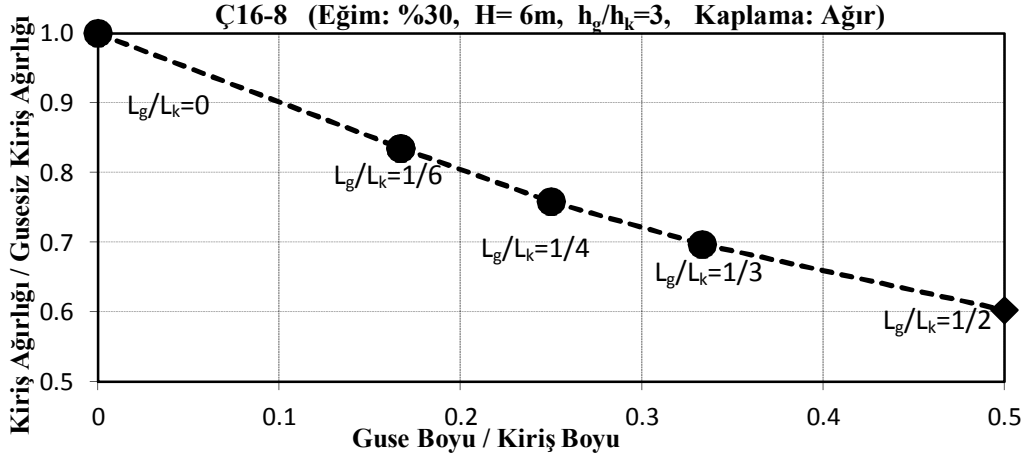
$h_g = 2h_k$  ve  $h_g = 3h_k$  olan 16 m'lik çerçevelere ait sonuçlar karşılaştırıldığında;

- Genel olarak  $h_g = 3h_k$  guse yüksekliği kullanılması durumunda daha fazla malzeme ekonomisi elde edilmiştir.
- Guse yüksekliği etkin guse boyunu değiştirmiştir.  $h_g = 3h_k$  olan çerçevede etkin guse boyu  $L_k/6$ ,  $h_g = 2h_k$  olan çerçevede  $L_k/4$  elde edilmiştir.

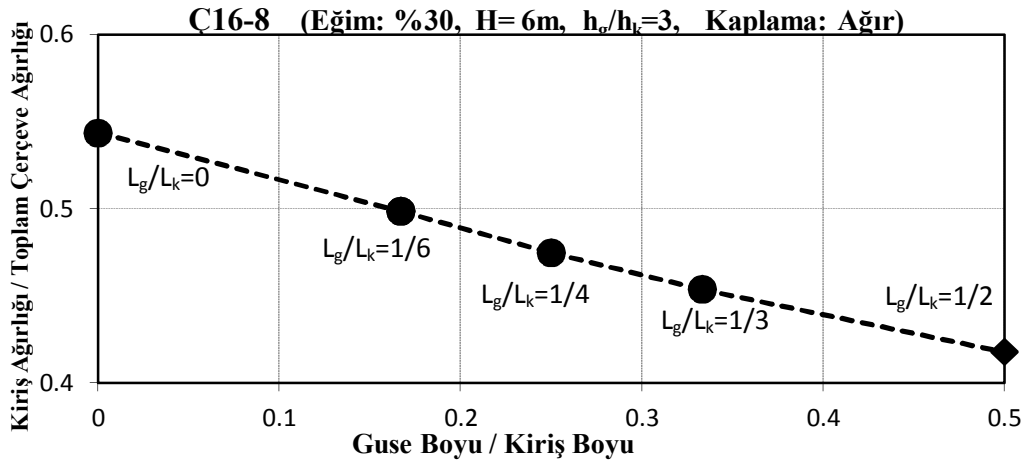
**Tablo 3.11:** Ç16-8’de farklı guse boyları için elde edilen kiriş tasarım sonuçları

Eğim = %30, Kaplama= ağır, $h_g/h_k=3$ , H=6 m, Kolon=IPE 500						
$L_g/L_k$	Kiriş Profili	Gusesiz Kiriş Ağırlığı (kg)	Guse Ağırlığı (kg)	Kiriş Toplam Ağırlığı (kg)	Kiriş Toplam Ağırlığı / Gusesiz Kiriş Ağırlığı	Tasarımda Etkili Kriter
0	IPE450	1296	0	1296	1	Gerilme
1 / 6	IPE360	953	129	1082	1.13	Gerilme
1 / 4	IPE330	820	163	983	1.20	Gerilme
1 / 3	IPE300	705	199	904	1.28	Gerilme
1 / 2	IPE240	513	268	781	1.52	Gerilme

Guse için başlık kalınlığı  $t_f=10$  mm, gövde kalınlığı  $t_w=10$  mm



**Şekil 3.15:** Ç16-8’de guse boyunun kiriş ağırlığına etkisi



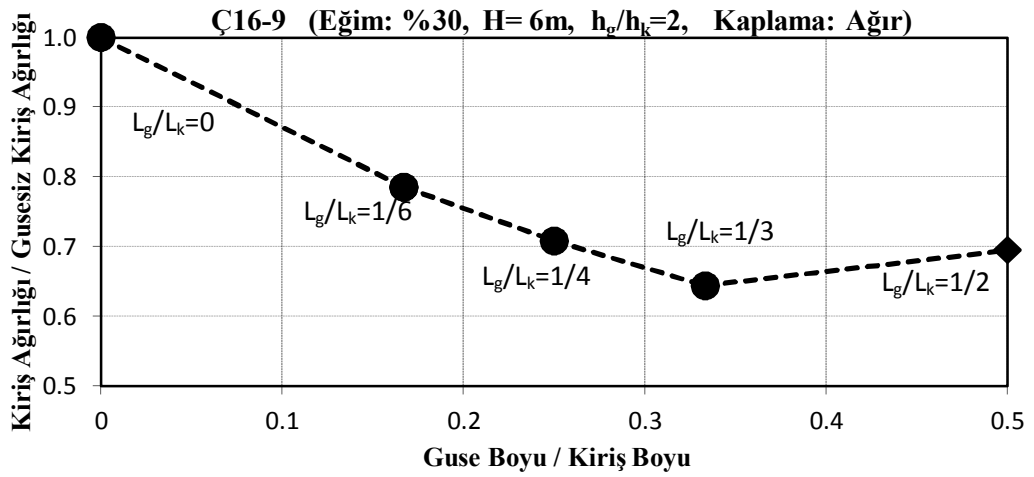
**Şekil 3.16:** Ç16-8’de guse boyunun çerçeve ağırlığına etkisi

$h_g = 3h_k$  olan 16 m'lik ağır kaplamalı çerçeveye (Ç16-8) ait sonuçlar incelendiğinde;

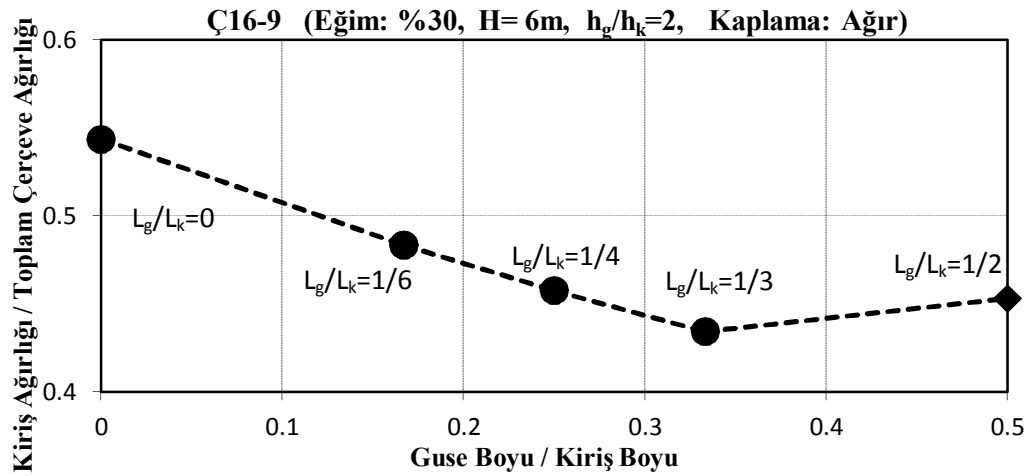
- Tüm guse boyları için gerilme kriterinin tasarımda etkili olduğu görülmüştür.
- En büyük malzeme ekonomisi  $L_k/2$  lik guse boyunda elde edilmiştir. Bu durumda çerçevede kullanılan kiriş ağırlığı gusesiz kirişe göre %41 daha düşük elde edilmiştir. Toplam çerçeve ağırlığı bakımından karşılaştırıldığında bu oran %13 olarak elde edilmiştir.
- **Etkin guse boyunun  $L_k/2$  olduğu** söylenebilmektedir.
- En küçük guse boyu ( $L_k/6$ ) ile etkin guse boyunun ( $L_k/2$ ) ekonomi farkı %23 olarak elde edilmiştir.

**Tablo 3.12:** Ç16-9’da farklı guse boyları için elde edilen kiriş tasarım sonuçları

Eğim = %30, Kaplama= ağır, $h_g/h_k=2$ , H=6 m, Kolon=IPE 500						
$L_g/L_k$	Kiriş Profili	Gusesiz Kiriş Ağırlığı (kg)	Guse Ağırlığı (kg)	Kiriş Toplam Ağırlığı (kg)	Kiriş Toplam Ağırlığı / Gusesiz Kiriş Ağırlığı	Tasarımda Etkili Kriter
0	IPE450	1296	0	1296	1	Gerilme
1 / 6	IPE360	953	65	1018	1.06	Gerilme
1 / 4	IPE330	820	98	918	1.12	Şehim ve Gerilme
1 / 3	IPE300	705	130	835	1.18	Gerilme
1 / 2	IPE300	705	196	901	1.28	Şehim
Guse için başlık kalınlığı $t_f=10$ mm, gövde kalınlığı $t_w=10$ mm						



**Şekil 3.17:** Ç16-9’da guse boyunun kiriş ağırlığına etkisi

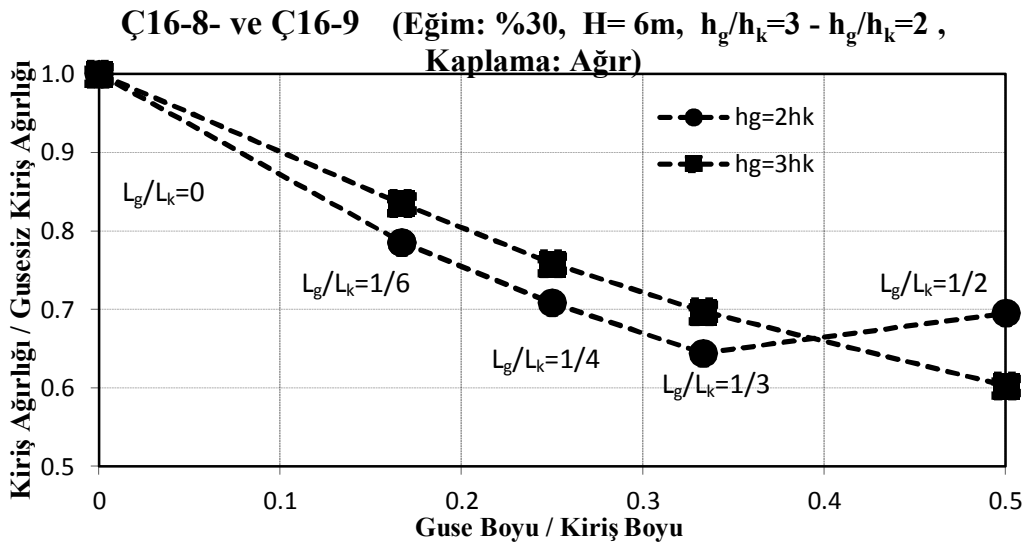


**Şekil 3.18:** Ç16-9’da guse boyunun çerçeve ağırlığına etkisi



$h_g=3h_k$  olan 16 m' lik ağır kaplamalı çerçeveye (Ç16-9) ait sonuçlar incelendiğinde;

- En büyük malzeme ekonomisi  $L_k/3$  lük guse boyunda elde edilmiştir. Bu durumda çerçevede kullanılan kiriş ağırlığı gusesiz kirişe göre %35 daha düşük elde edilmiştir. Toplam çerçeve ağırlığı bakımından karşılaştırıldığında bu oran %11 olarak elde edilmiştir.
- $L_k/2$  guse boyunda malzeme ekonomisinde azalma olmuştur. Buna göre **etkin guse boyunun  $L_k/3$  olduğu** söylenebilmektedir.
- En küçük guse boyu ( $L_k/6$ ) ile etkin guse boyunun ( $L_k/3$ ) ekonomi farkı %14 olarak elde edilmiştir.



Şekil 3.19: Ç16'da guse yüksekliğinin kiriş ağırlığına etkisi (Ağır kaplama)

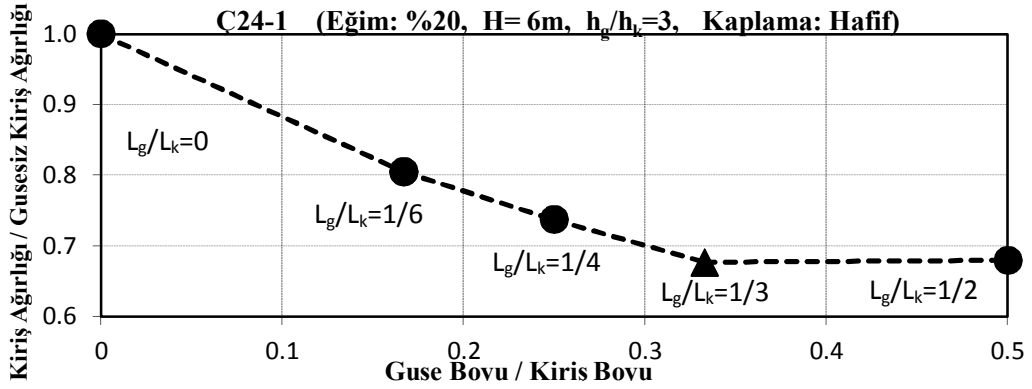
$h_g=2h_k$  ve  $h_g=3h_k$  olan 16 m' lik çerçevelere ait sonuçlar karşılaştırıldığında;

- Genel olarak  $h_g=2h_k$  guse yüksekliği kullanılması durumunda daha fazla malzeme ekonomisi elde edilmiştir.
- Guse yüksekliği etkin guse boyunu değiştirmiştir.  $h_g=3h_k$  olan çerçevede etkin guse boyu  $L_k/2$ ,  $h_g=2h_k$  olan çerçevede  $L_k/3$  elde edilmiştir.

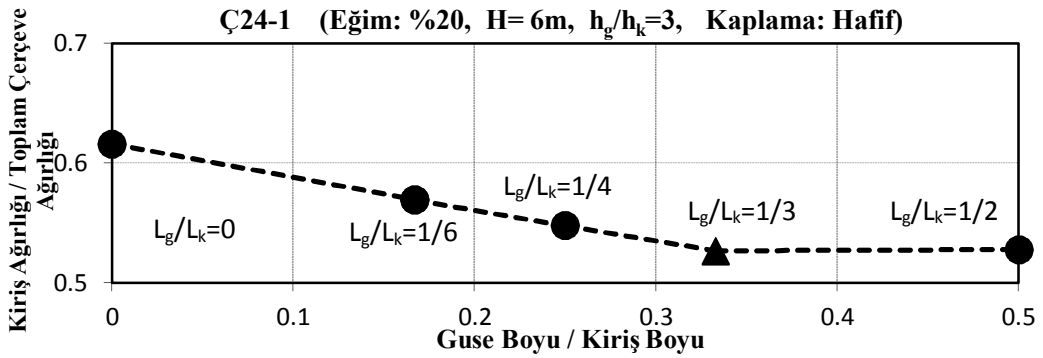
Çerçeve 24'ya ait sonuçlar: Ç24'te 2 farklı guse yüksekliği için yapılan tasarımlar sonucunda elde edilen kiriş profili boyutları, guse ağırlıkları ve tasarımda etkili kriterler Tablo 3.13-3.16'da özetlenmiştir. Ç24-1, Ç24-4, Ç24-2, Ç24-6'ya ait grafikler Şekil 3.20-3.29'da sunulmuştur.

**Tablo 3.13:** Ç24-1'de farklı guse boyları için elde edilen kiriş tasarım sonuçları

Eğim = %20, Kaplama= hafif, $h_g/h_k=3$ , H=6 m, Kolon=IPE450						
$L_g/L_k$	Kiriş Profili	Gusesiz Kiriş Ağırlığı (kg)	Guse Ağırlığı (kg)	Kiriş Toplam Ağırlığı (kg)	Kiriş Toplam Ağırlığı / Gusesiz Kiriş Ağırlığı	Tasarımda Etkili Kriter
0	IPE450	1900	0	1900	1	Sehim ve Gerilme
1/6	IPE360	1397	170	1567	1.12	Sehim
1/4	IPE330	1202	235	1437	1.20	Sehim
1/3	IPE300	1033	285	1318	1.27	Sehim
1/2	IPE270	884	440	1324	1.50	Sehim
Guse için başlık kalınlığı $t_f=10$ mm, gövde kalınlığı $t_w=10$ mm						



**Şekil 3.20:** Ç24-1'de guse boyunun kiriş ağırlığına etkisi



**Şekil 3.21:** Ç24-1'de guse boyunun çerçeve ağırlığına etkisi

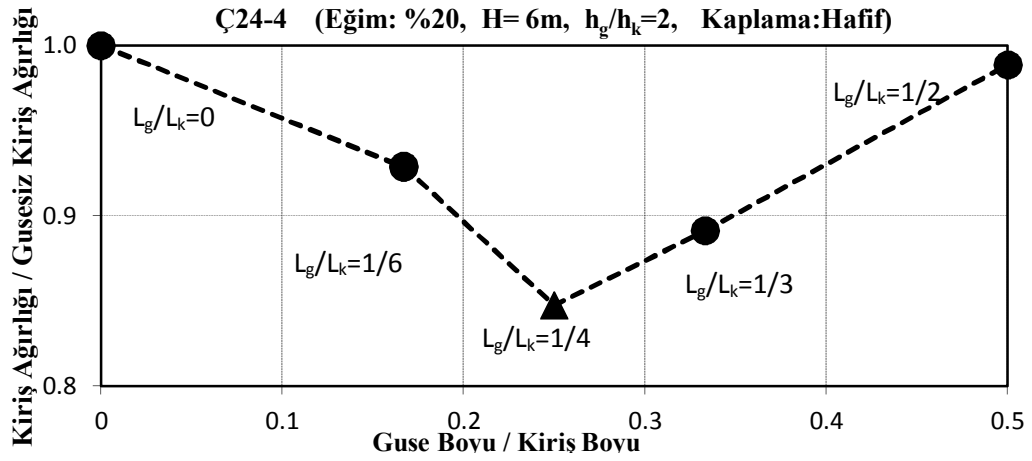
$h_g = 3h_k$  olan 24 m'lik çerçeveye (Ç24-1) ait sonuçlar incelendiğinde;

- Tüm guse boyları için sehim kriterinin tasarımda etkili olduğu görülmüştür.
- En büyük malzeme ekonomisi  $L_k/3$  lik guse boyunda elde edilmiştir. Bu durumda çerçevede kullanılan kiriş ağırlığı gusesiz kirişe göre %32 daha düşük elde edilmiştir. Toplam çerçeve ağırlığı bakımından karşılaştırıldığında bu oran %9 olarak elde edilmiştir.
- $L_k/2$  guse boyu için malzeme tasarrufu azalmıştır. Buna göre **etkin guse boyunun  $L_k/3$**  olduğu söylenebilmektedir.
- En küçük guse boyu ( $L_k/6$ ) ile etkin guse boyunun ( $L_k/3$ ) ekonomi farkı %13 olarak elde edilmiştir.

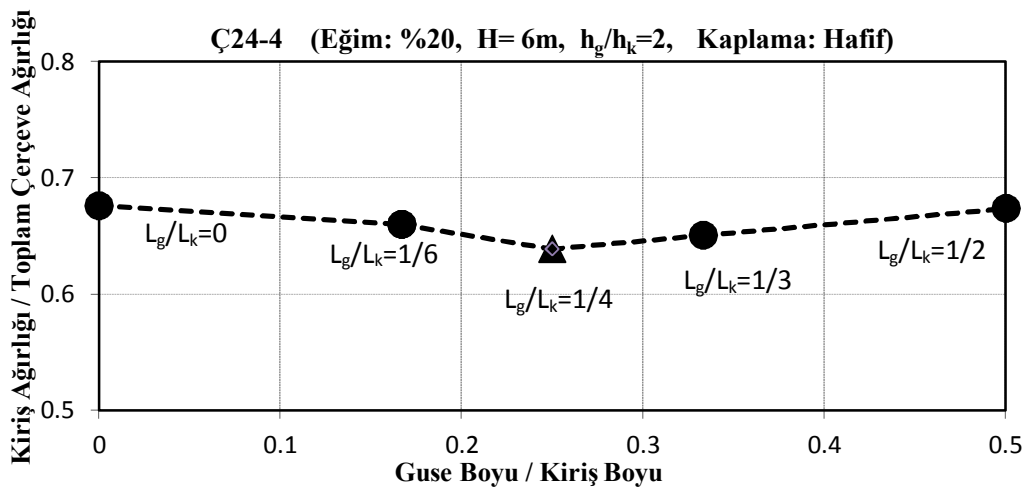
**Tablo 3.14:** Ç24-4’de farklı guse boyları için elde edilen kiriş tasarım sonuçları

Eğim = %20, Kaplama= hafif, $h_g/h_k=2$ , H=6 m, Kolon=IPE450						
$L_g/L_k$	Kiriş Profili	Gusesiz Kiriş Ağırlığı (kg)	Guse Ağırlığı (kg)	Kiriş Toplam Ağırlığı (kg)	Kiriş Toplam Ağırlığı / Gusesiz Kiriş Ağırlığı	Tasarımda Etkili Kriter
0	IPE450	1900	0	1900	1	Sehim ve Gerilme
1 / 6	IPE400	1623	185	1808	1.11	Sehim
1 / 4	IPE360	1397	253	1650	1.18	Sehim
1 / 3	IPE360	1397	338	1735	1.24	Sehim
1 / 2	IPE360	1397	528	1925	1.38	Sehim

Guse için başlık kalınlığı  $t_f=10$  mm, gövde kalınlığı  $t_w=10$  mm



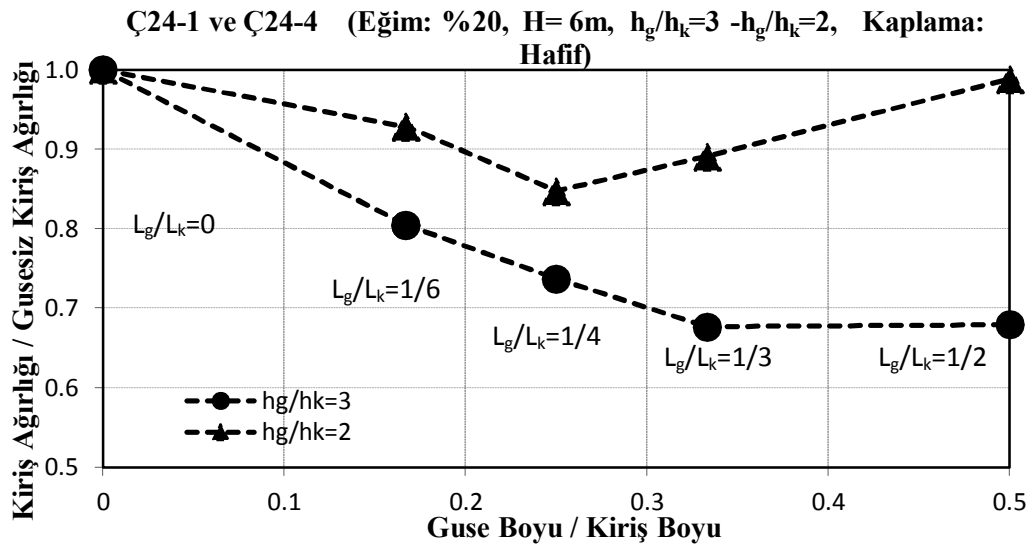
**Şekil 3.22:** Ç24-4’te guse boyunun kiriş ağırlığına etkisi



**Şekil 3.23:** Ç24-4’te guse boyunun çerçeve ağırlığına etkisi

$h_g = 2h_k$  olan 24 m'lik çerçeveye (Ç24-4) ait sonuçlar incelendiğinde;

- Tüm guse boyları için sehim kriterinin tasarımda etkili olduğu görülmüştür.
- En büyük malzeme ekonomisi  $L_k/4$  lik guse boyunda elde edilmiştir. Bu durumda çerçevede kullanılan kiriş ağırlığı gusesiz kirişe göre %15 daha düşük elde edilmiştir. Toplam çerçeve ağırlığı bakımından karşılaştırıldığında bu oran %4 olarak elde edilmiştir.
- $L_k/2$  ve  $L_k/3$  guse boyları için malzeme tasarrufu azalmıştır. Buna göre **etkin guse boyunun  $L_k/4$**  olduğu söylenebilmektedir. Etkin guse boyu ile gusesiz kirişe göre %15 malzeme tasarrufu sağlanmıştır.
- En küçük guse boyu ( $L_k/6$ ) ile etkin guse boyunun ( $L_k/2$ ) ekonomi farkı %8 olarak elde edilmiştir.



Şekil 3.24: Ç24'te guse yüksekliğinin kiriş ağırlığına etkisi (Hafif kaplamalı)

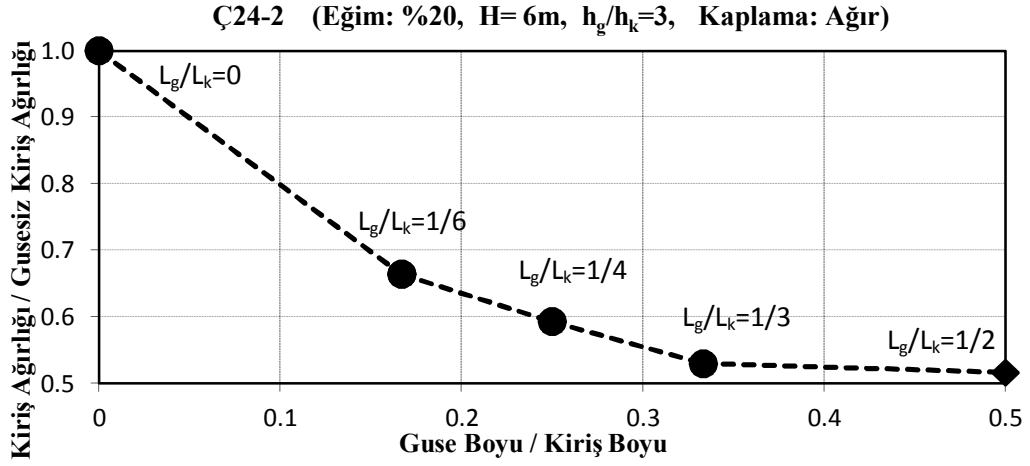
$h_g = 2h$  ve  $h_g = 3h$  olan 24 m'lik çerçevelere ait sonuçlar karşılaştırıldığında;

- Tüm guse boyları için  $h_g = 3h$  guse yüksekliği kullanılması durumunda daha fazla malzeme ekonomisi elde edilmiştir.
- Guse yüksekliği etkin guse boyunu değiştirmiştir.  $h_g = 3h_k$  olan çerçevede etkin guse boyu  $L_k/3$ ,  $h_g = 2h_k$  olan çerçevede  $L_k/4$  elde edilmiştir.

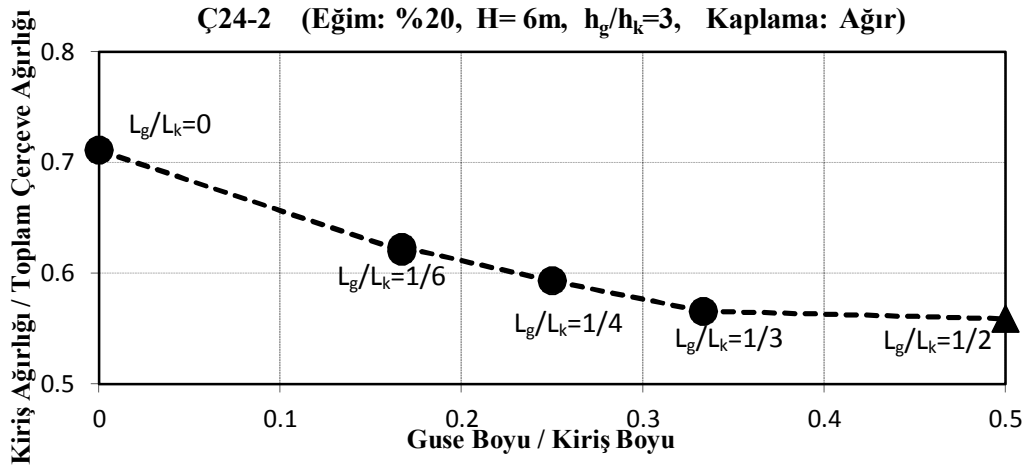
**Tablo 3.15:** Ç24-2’de farklı guse boyları için elde edilen kiriş tasarım sonuçları

Eğim = %20, Kaplama= ağır, $h_g/h_k=3$ , H=6 m, Kolon=IPE600						
$L_g/L_k$	Kiriş Profili	Gusesiz Kiriş Ağırlığı (kg)	Guse Ağırlığı (kg)	Kiriş Toplam Ağırlığı (kg)	Kiriş Toplam Ağırlığı / Gusesiz Kiriş Ağırlığı	Tasarımda Etkili Kriter
0	YIPE750	3600	0	3600	1	Gerilme
1 / 6	IPE50	2220	170	2390	1.08	Gerilme
1 / 4	IPE450	1900	235	2135	1.12	Gerilme
1 / 3	IPE400	1623	285	1908	1.18	Gerilme
1 / 2	IPE360	1398	460	1858	1.33	Gerilme

Guse için başlık kalınlığı  $t_f=10$  mm, gövde kalınlığı  $t_w=10$  mm  
 YIPE: Standart profiller yetersiz olduğu için kullanılan yapma profilleri göstermektedir.  
 Yapma profil başlık kalınlığı=20mm ve gövde kalınlığı 15mm, başlık genişliği 35cm



**Şekil 3.25:** Ç24-2’de guse boyunun kiriş ağırlığına etkisi



**Şekil 3.26:** Ç24-2’de guse boyunun çerçeve ağırlığına etkisi

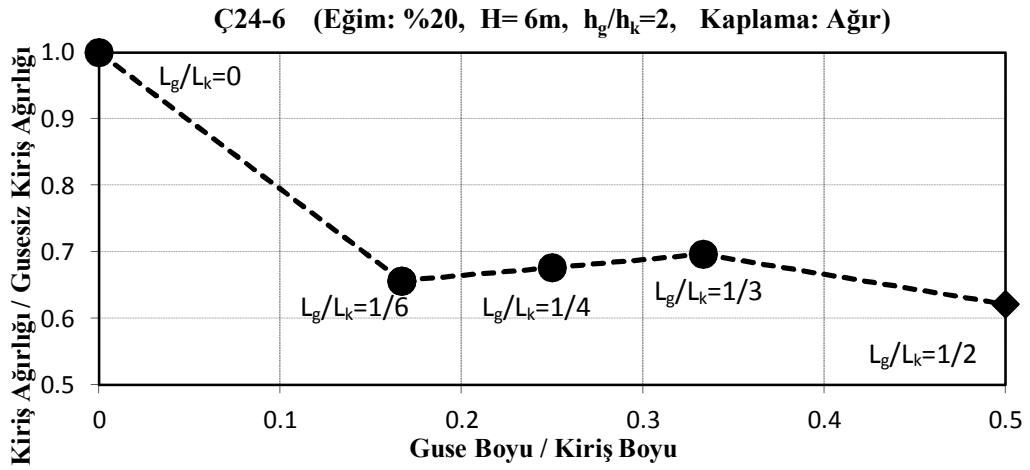
$h_g = 3h_k$  olan 24 m'lik çerçeveye (Ç24-2) ait sonuçlar incelendiğinde;

- Tüm guse boyları için gerilme kriterinin tasarımda etkili olduğu görülmüştür.
- En büyük malzeme ekonomisi  $L_k/2$  lik guse boyunda elde edilmiştir. Bu durumda çerçevede kullanılan kiriş ağırlığı gusesiz kirişe göre %48 daha düşük elde edilmiştir. Toplam çerçeve ağırlığı bakımından karşılaştırıldığında bu oran %15 olarak elde edilmiştir.
- $L_k/3$  guse boyundan sonraki guse boyunda sağlanan malzeme tasarrufu %5'in altında kalmıştır. Buna göre **etkin guse boyunun  $L_k/3$**  olduğu söylenebilmektedir. Etkin guse boyu ile gusesiz kirişe göre %47 malzeme tasarrufu sağlanmıştır.
- En küçük guse boyu ( $L_k/6$ ) ile etkin guse boyunun ( $L_k/3$ ) ekonomi farkı %14 olarak elde edilmiştir.

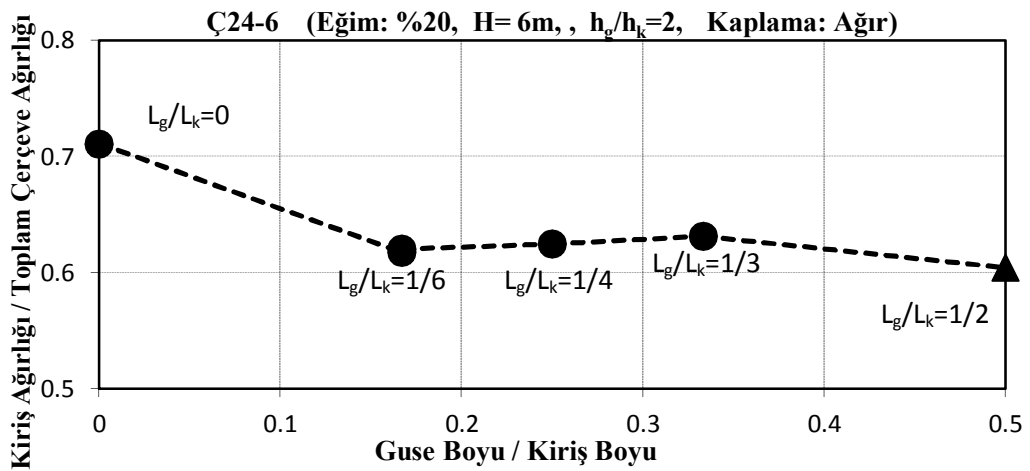
**Tablo 3.16:** Ç24-6’da farklı guse boyları için elde edilen kiriş tasarım sonuçları

Eğim = %20, Kaplama= ağır, $h_g/h_k=2$ , H=6 m, Kolon=IPE600						
$L_g/L_k$	Kiriş Profili	Gusesiz Kiriş Ağırlığı (kg)	Guse Ağırlığı (kg)	Kiriş Toplam Ağırlığı (kg)	Kiriş Toplam Ağırlığı / Gusesiz Kiriş Ağırlığı	Tasarımda Etkili Kriter
0	IPE750	3600	0	3600	1	Gerilme
1 / 6	IPE500	2220	144	2364	1.06	Gerilme
1 / 4	IPE500	2220	216	2436	1.10	Gerilme
1 / 3	IPE500	2220	288	2508	1.13	Gerilme
1 / 2	IPE450	1900	337	2237	1.18	Gerilme

Guse için başlık kalınlığı  $t_f=10$  mm, gövde kalınlığı  $t_w=10$  mm



**Şekil 3.27:** Ç24-6’da guse boyunun kiriş ağırlığına etkisi

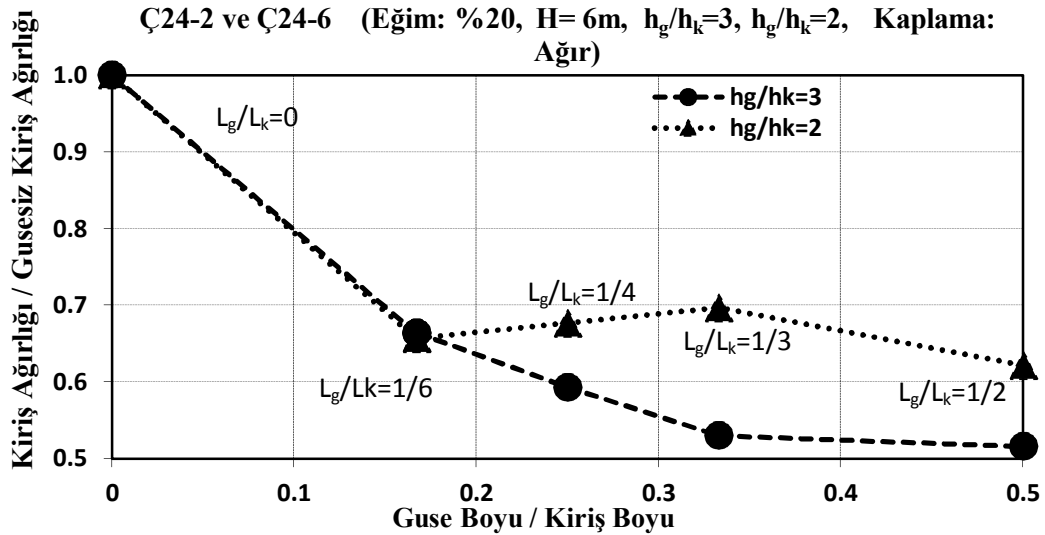


**Şekil 3.28:** Ç24-6’da guse boyunun çerçeve ağırlığına etkisi



$h_g=2h_k$  olan 24 m'lik çerçeveye (Ç24-6) ait sonuçlar incelendiğinde;

- Tüm guse boyları için gerilme kriterinin tasarımda etkili olduğu görülmüştür.
- En büyük malzeme ekonomisi  $L_k/2$  lik guse boyunda elde edilmiştir. Bu durumda çerçevede kullanılan kiriş ağırlığı gusesiz kirişe göre %38 daha düşük elde edilmiştir. Toplam çerçeve ağırlığı bakımından karşılaştırıldığında bu oran %11 olarak elde edilmiştir.
- $L_k/4$  ve  $L_k/3$  guse boyları için malzeme tasarrufu azalmıştır.  $L_k/2$  guse boyu kullanılması durumunda malzeme tasarrufu %5'in altında kalmıştır. Buna göre **etkin guse boyunun  $L_k/6$**  olduğu söylenebilmektedir. Etkin guse boyu ile gusesiz kirişe göre %34 malzeme tasarrufu sağlanmıştır.



Şekil 3.29: Ç24'te guse yüksekliğinin kiriş ağırlığına etkisi (Ağır kaplamalı)

$h_g=2h_k$  ve  $h_g=3h_k$  olan 24 m'lik çerçevelere ait sonuçlar karşılaştırıldığında;

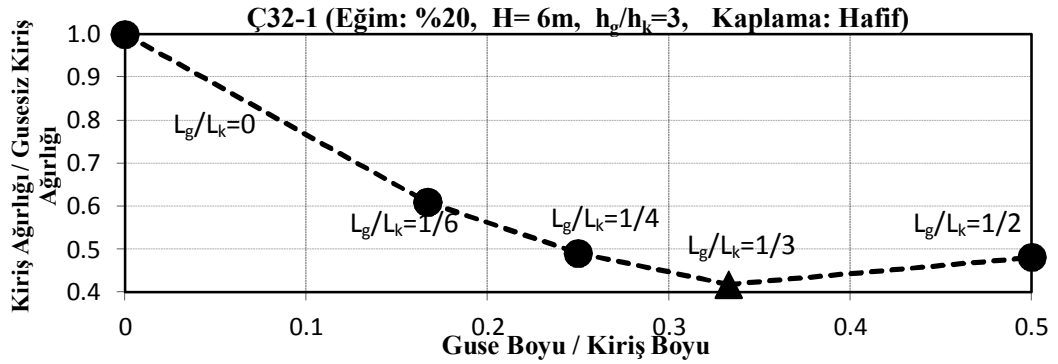
- Genel olarak  $h_g=3h_k$  guse yüksekliği kullanılması durumunda daha fazla malzeme ekonomisi elde edilmiştir.
- Guse yüksekliği etkin guse boyunu değiştirmiştir.  $h_g=3h_k$  olan ağır kaplamalı çerçevede etkin guse boyu  $L_k/3$ ,  $h_g=2h_k$  olan ağır kaplamalı çerçevede  $L_k/6$  guse boyunda elde edilmiştir.

Çerçeve 32'ye ait sonuçlar: Ç32'de 2 farklı guse yüksekliği için yapılan tasarımlar sonucunda elde edilen kiriş profili boyutları, guse ağırlıkları ve tasarımda etkili kriterler Tablo 3.17-3.20'de özetlenmiştir. Ç32-1, Ç32-4, Ç32-8, Ç32-9'a ait grafikler Şekil 3.30-3.40'ta sunulmuştur.

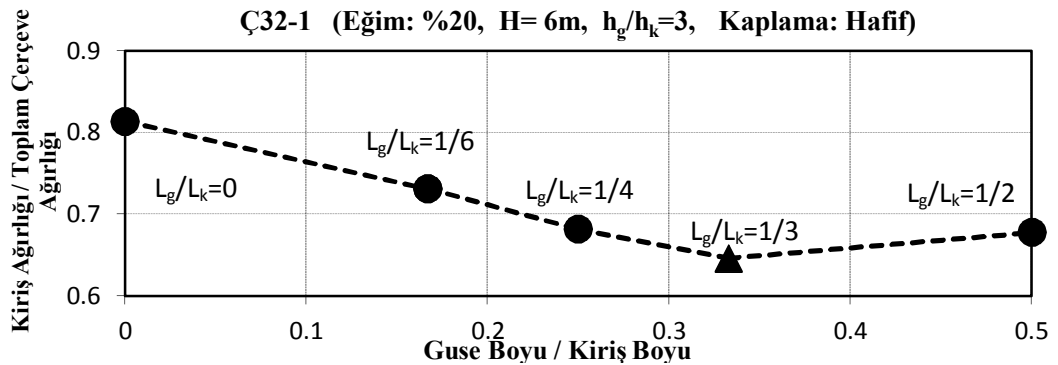
**Tablo 3.17:** Ç32-1'de farklı guse boyları için elde edilen kiriş tasarım sonuçları

Eğim = %20, Kaplama= hafif, $h_g/h_k=3$ , H=6 m, Kolon=IPE600						
$L_g/L_k$	Kiriş Profili	Gusesiz Kiriş Ağırlığı (kg)	Guse Ağırlığı (kg)	Kiriş Toplam Ağırlığı (kg)	Kiriş Toplam Ağırlığı / Gusesiz Kiriş Ağırlığı	Tasarımda Etkili Kriter
0	YIPE750	6393	0	6393	1	Gerilme
1 / 6	IPE550	3457	441	3898	1.13	Gerilme
1 / 4	IPE450	2532	607	3139	1.24	Gerilme
1 / 3	IPE360	1863	810	2673	1.43	Gerilme
1 / 2	IPE360	1863	1216	3079	1.65	Gerilme

$L_g/L_k=1/6$  lık guse için başlık kalınlığı  $t_f=15$  mm, gövde kalınlığı  $t_w=15$  mm, diğer guseler için başlık kalınlığı  $t_f=10$  mm, gövde kalınlığı  $t_w=10$  mm  
YIPE: Standart profiller yetersiz olduğu için kullanılan yapma profilleri göstermektedir.  
Yapma profil başlık kalınlığı=20mm ve gövde kalınlığı 15mm, başlık genişliği 35cm



**Şekil 3.30:** Ç32-1'de guse boyunun kiriş ağırlığına etkisi



**Şekil 3.31:** Ç32-1'de guse boyunun çerçeve ağırlığına etkisi

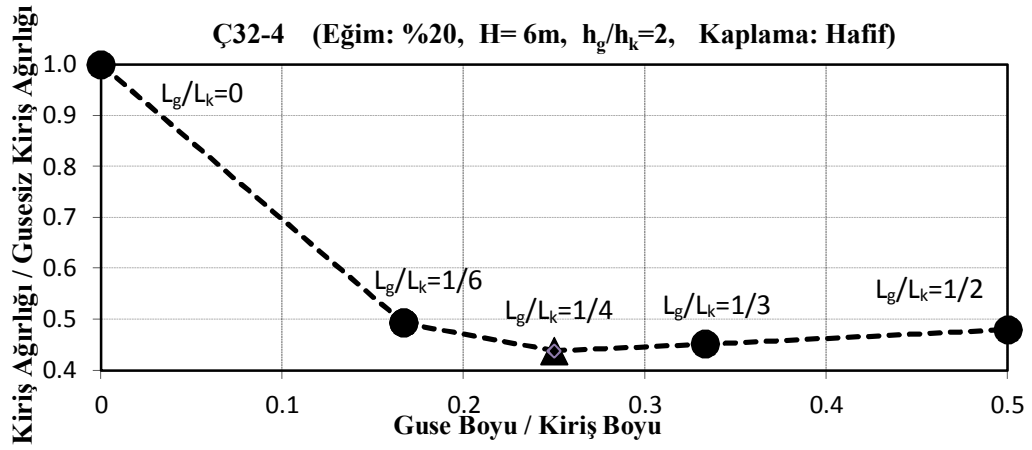
$h_g = 3h_k$  olan 32m'lik çerçeveye (Ç32-1) ait sonuçlar incelendiğinde;

- Tüm guse boyları için gerilme kriterinin tasarımda etkili olduğu görülmüştür.
- En büyük malzeme ekonomisi  $L_k/3$  lik guse boyunda elde edilmiştir. Bu durumda çerçevede kullanılan kiriş ağırlığı gusesiz kirişe göre %58 daha düşük elde edilmiştir. Toplam çerçeve ağırlığı bakımından karşılaştırıldığında bu oran %17 olarak elde edilmiştir.
- $L_k/2$  guse boyu için malzeme tasarrufu azalmıştır. Buna göre **etkin guse boyunun  $L_k/3$**  olduğu söylenebilmektedir.
- En küçük guse boyu ( $L_k/6$ ) ile etkin guse boyunun ( $L_k/3$ ) ekonomi farkı %19 olarak elde edilmiştir.

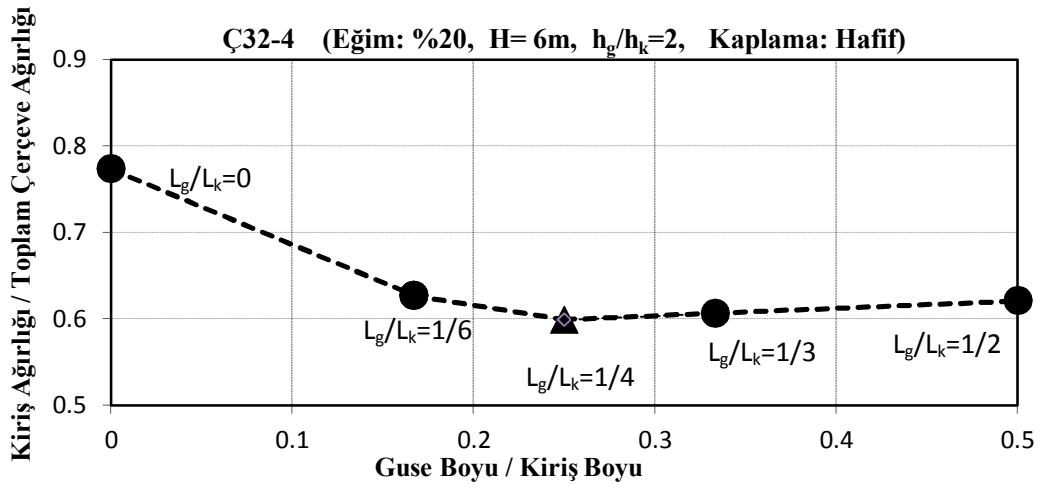
**Tablo 3.18:** Ç32-4'te farklı guse boyları için elde edilen kiriş tasarım sonuçları

Eğim = %20, Kaplama=ağır, $h_g/h_k=2$ , H=6 m, Kolon=IPE600						
$L_g/L_k$	Kiriş Profili	Gusesiz Kiriş Ağırlığı (kg)	Guse Ağırlığı (kg)	Kiriş Toplam Ağırlığı (kg)	Kiriş Toplam Ağırlığı / Gusesiz Kiriş Ağırlığı	Tasarımda Etkili Kriter
0	YIPE750	6393	0	6393	1	Gerilme
1 / 6	IPE500	2960	192	3152	1.06	Gerilme
1 / 4	IPE450	2533	267	2800	1.10	Gerilme
1 / 3	IPE450	2533	355	2888	1.13	Gerilme
1 / 2	IPE450	2533	532	3065	1.21	Gerilme

Guse için başlık kalınlığı  $t_f=10$  mm, gövde kalınlığı  $t_w=10$  mm  
 YIPE: Standart profiller yetersiz olduğu için kullanılan yapma profilleri göstermektedir.  
 Yapma profil başlık kalınlığı=20mm ve gövde kalınlığı 15mm, başlık genişliği 35cm



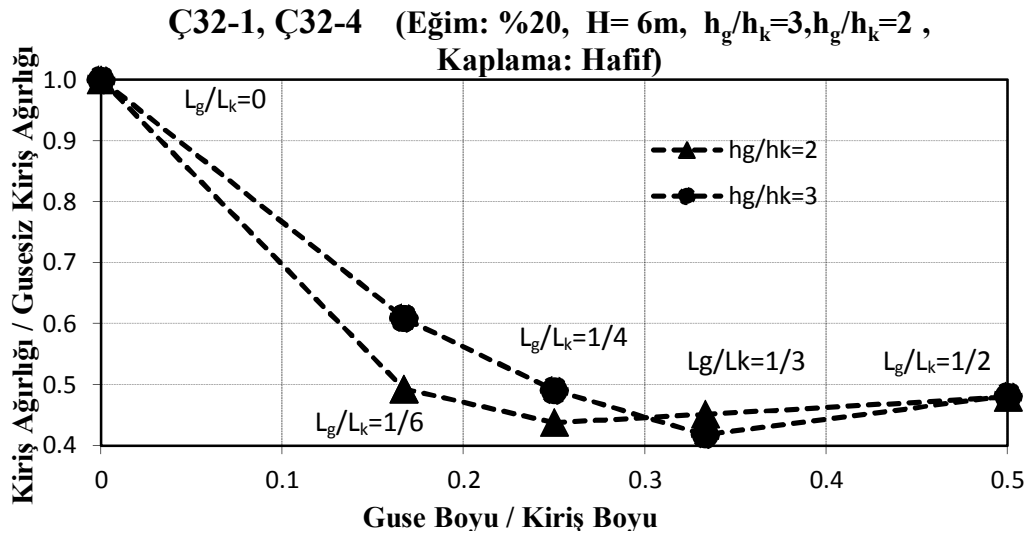
**Şekil 3.32:** Ç32-4'te guse boyunun kiriş ağırlığına etkisi



**Şekil 3.33:** Ç32-4'te guse boyunun çerçeve ağırlığına etkisi

$h_g=2h_k$  olan 32 m'lik çerçeveye (Ç32-4) ait sonuçlar incelendiğinde;

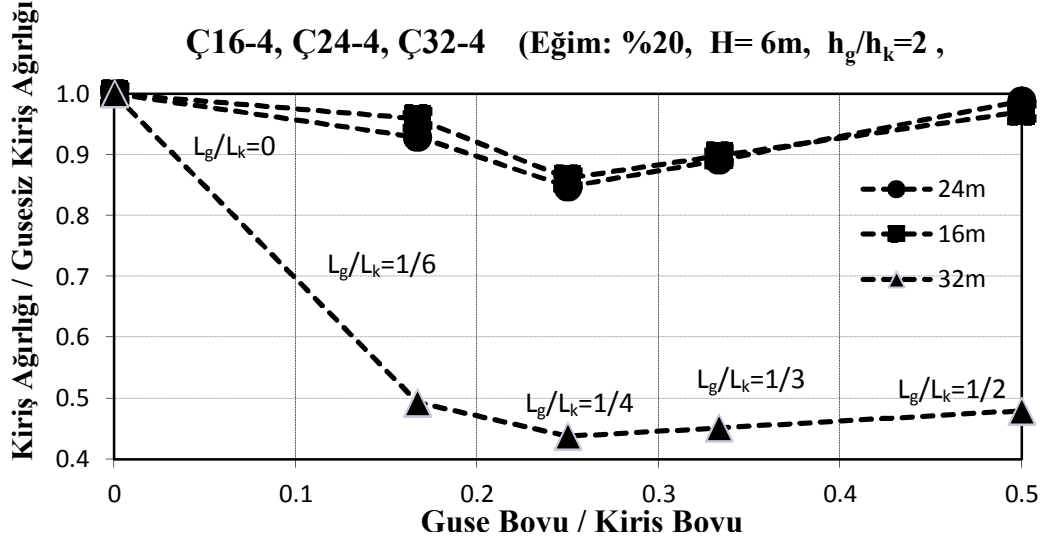
- Tüm guse boyları için gerilme kriterinin tasarımda etkili olduğu görülmüştür.
- En büyük malzeme ekonomisi  $L_k/4$  lük guse boyunda elde edilmiştir. Bu durumda çerçevede kullanılan kiriş ağırlığı gusesiz kirişe göre %56 daha düşük elde edilmiştir. Toplam çerçeve ağırlığı bakımından karşılaştırıldığında bu oran %17 olarak elde edilmiştir.
- $L_k/3$  ve  $L_k/2$  guse boyları için malzeme tasarrufu azalmıştır. Buna göre **etkin guse boyunun  $L_k/4$**  olduğu söylenebilmektedir.
- En küçük guse boyu ( $L_k/6$ ) ile etkin guse boyunun ( $L_k/6$ ) ekonomi farkı %5 olarak elde edilmiştir.



Şekil 3.34: Ç32'de guse yüksekliğinin kiriş ağırlığına etkisi(hafif kaplama)

$h_g=2h$  ve  $h_g=3h$  olan 32 m'lik çerçevelere ait sonuçlar karşılaştırıldığında;

- Genel olarak  $h_g=2h_k$  guse yüksekliği kullanılması durumunda daha fazla malzeme ekonomisi elde edilmiştir.
- Guse yüksekliği etkin guse boyunu değiştirmiştir.  $h_g=3h_k$  olan çerçevede etkin guse boyu  $L_k/3$ ,  $h_g=2h_k$  olan ağır kaplamalı çerçevede  $L_k/4$  elde edilmiştir.



**Şekil 3.35:** Guse boyunun kiriş ağırlığına etkisinin farklı çerçeve açıklıkları için karşılaştırılması(Hafif kaplama)

$h_g=2h_k$  olan 16, 24, 32 m'lik çerçevelere ait sonuçlar karşılaştırıldığında;

- Tüm guse boyları için 32 m'lik çerçevede daha fazla malzeme ekonomisi elde edilmiştir. 16m ve 24m'lik çerçevelerde elde edilen ekonomi birbirine çok yakın elde edilmiştir.
- Tüm çerçeveler için etkin guse boyu  $L_k/4$ 'tür.

$h_g=3h_k$  olan 16, 24, 32 m'lik çerçevelere ait sonuçlar karşılaştırıldığında;

- Tüm guse boyları için 32 m'lik çerçevede daha fazla malzeme ekonomisi elde edilmiştir.
- 16m'lik çerçeve için etkin guse boyu  $L_k/6$ , 24m ve 32m'lik çerçeve için etkin guse boyu  $L_k/3$ 'tür.

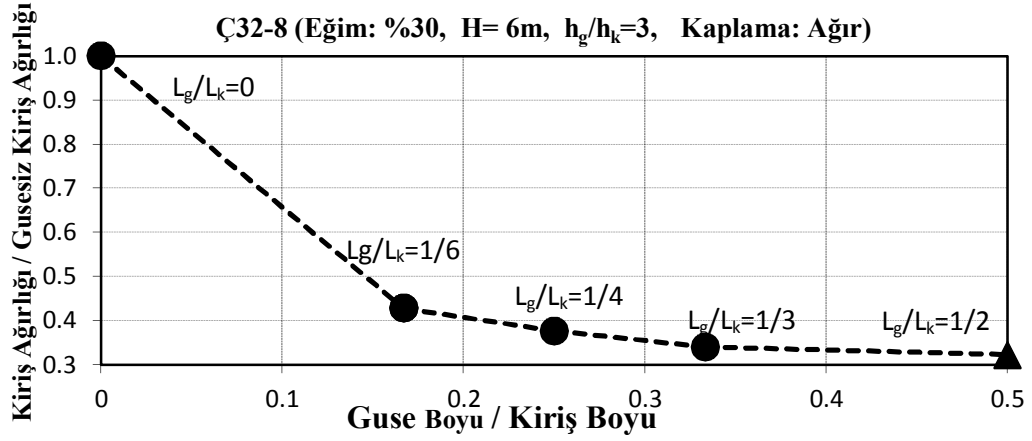
Kaplaması ağır olan 16, 24, 32 m'lik çerçevelere ait sonuçlar karşılaştırıldığında;

- Tüm guse boyları için 32 m'lik çerçevede daha fazla malzeme ekonomisi elde edilmiştir.
- Tüm çerçeveler için etkin guse boyu  $L_k/3$ 'tür.

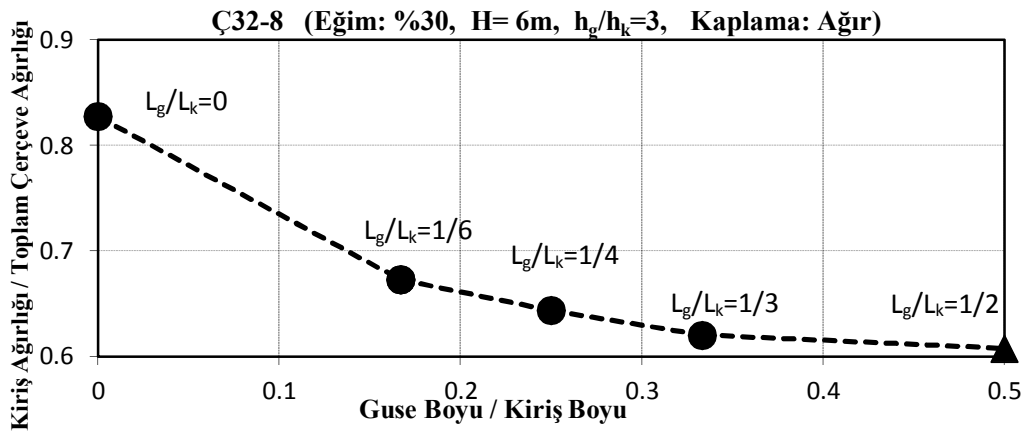
**Tablo 3.19:** Ç32-8’de farklı guse boyları için elde edilen kiriş tasarım sonuçları

Eğim = %30, Kaplama= ağır, $h_g/h_k=3$ , H=6 m, Kolon=IPE 750						
$L_g/L_k$	Kiriş Profili	Gusesiz Kiriş Ağırlığı (kg)	Guse Ağırlığı (kg)	Kiriş Toplam Ağırlığı (kg)	Kiriş Toplam Ağırlığı / Gusesiz Kiriş Ağırlığı	Tasarımda Etkili Kriter
0	YIPE850	10855	0	10855	0	Gerilme
1 / 6	IPE600	4074	570	4644	1.14	Gerilme
1 / 4	IPE550	3540	540	4080	1.16	Gerilme
1 / 3	IPE500	3030	660	3690	1.22	Gerilme
1 / 2	IPE450	2592	905	3496	1.35	Gerilme

$L_g/L_k=1/6$  ve  $L_g/L_k=1/4$ ’lük guseler için başlık kalınlığı  $t_f=15$  mm, gövde kalınlığı  $t_w=15$  mm, diğer guseler için başlık kalınlığı  $t_f=10$  mm, gövde kalınlığı  $t_w=10$  mm  
 YIPE: Standart profiller yetersiz olduğu için kullanılan yapma profilleri göstermektedir.  
 Yapma profil başlık ve gövde kalınlığı 25mm, başlık genişliği 40cm



**Şekil 3.36:** Ç32-8’de guse boyunun kiriş ağırlığına etkisi



**Şekil 3.37:** Ç32-8’de guse boyunun çerçeve ağırlığına etkisi

*Çatı eğimi %30 olan 32 m'lik  $h_g=3h_k$  olan çerçeveye (Ç32-8) ait sonuçlar incelendiğinde;*

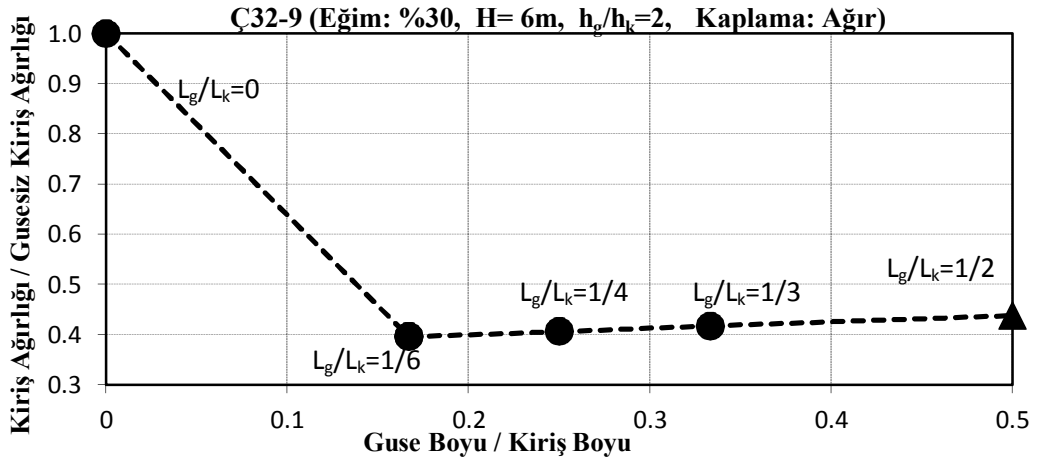
- Tüm guse boyları için gerilme kriterinin tasarımda etkili olduğu görülmüştür.
- En büyük malzeme ekonomisi  $L_k/2$  lik guse boyunda elde edilmiştir. Bu durumda çerçevede kullanılan kiriş ağırlığı gusesiz kirişe göre %68 daha düşük elde edilmiştir. Toplam çerçeve ağırlığı bakımından karşılaştırıldığında bu oran %22 olarak elde edilmiştir.
- $L_k/2$  guse boyu kullanılması durumunda malzeme tasarrufu %5'in altında kalmıştır. Buna göre **etkin guse boyunun  $L_k/3$**  olduğu söylenebilmektedir. Etkin guse boyu ile gusesiz kirişe göre %66 malzeme tasarrufu sağlanmıştır.
- En küçük guse boyu ( $L_k/6$ ) ile etkin guse boyunun ( $L_k/3$ ) ekonomi farkı %8 olarak elde edilmiştir.



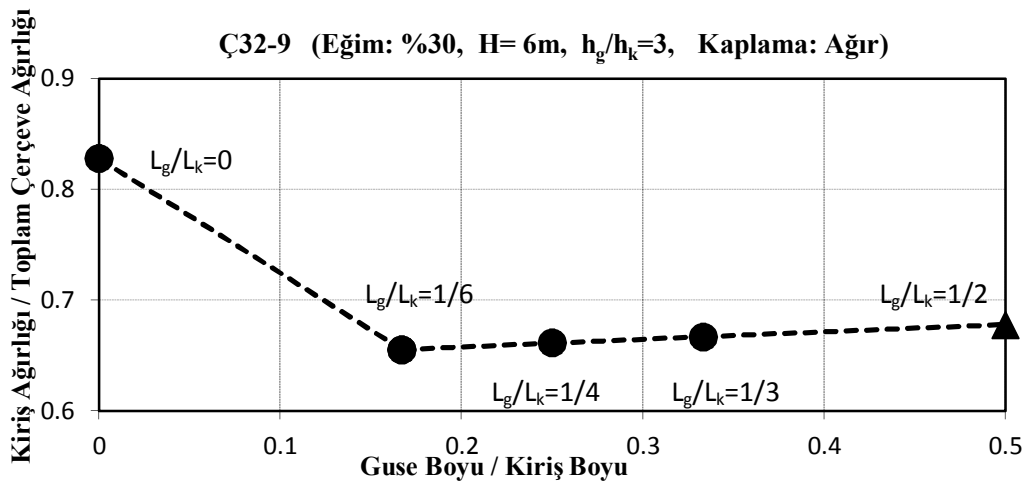
**Tablo 3.20:** Ç32-9’da farklı guse boyları için elde edilen kiriş tasarım sonuçları

Eğim = %30, Kaplama= ağır, $h_g/h_k=2$ , H=6 m, Kolon=IPE 750						
$L_g/L_k$	Kiriş Profili	Gusesiz Kiriş Ağırlığı (kg)	Guse Ağırlığı (kg)	Kiriş Toplam Ağırlığı (kg)	Kiriş Toplam Ağırlığı / Gusesiz Kiriş Ağırlığı	Tasarımda Etkili Kriter
0	YIPE850	10855	0	10855	0	Gerilme
1 / 6	IPE600	4074	226	4300	1.06	Gerilme
1 / 4	IPE600	4074	340	4414	1.08	Gerilme
1 / 3	IPE600	4074	453	4527	1.11	Gerilme
1 / 2	IPE600	4074	681	4755	1.17	Gerilme

Guse için başlık kalınlığı  $t_f=15$  mm, gövde kalınlığı  $t_w=15$  mm  
 YIPE: Standart profiller yetersiz olduğu için kullanılan yapma profilleri göstermektedir.  
 Yapma profil başlık ve gövde kalınlığı 25mm, başlık genişliği 40cm



**Şekil 3.38:** Ç32-9’de guse boyunun kiriş ağırlığına etkisi

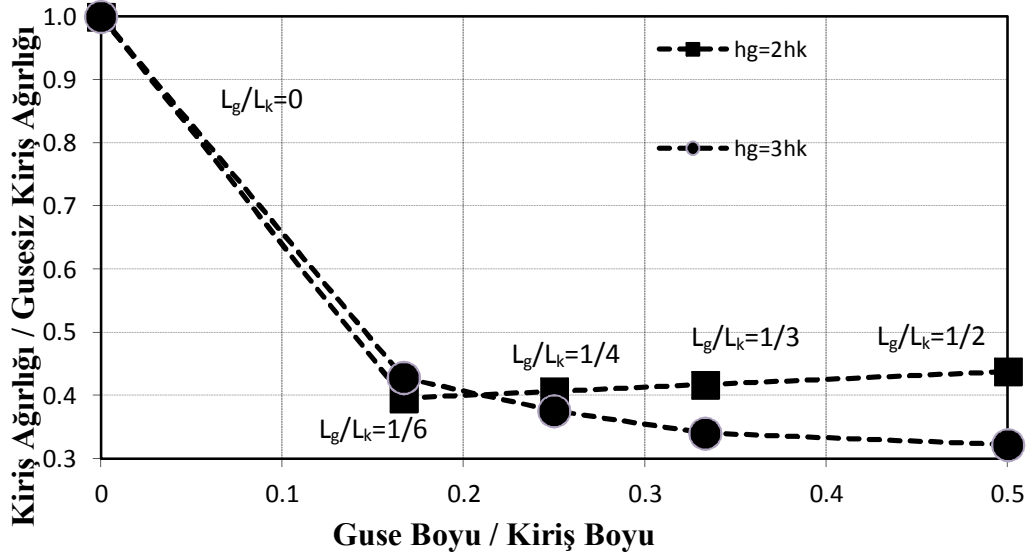


**Şekil 3.39:** Ç32-9’da guse boyunun çerçeve ağırlığına etkisi

Çatı eğimi %30 olan 32 m'lik  $h_g=2h_k$  olan çerçeveye (Ç32-9) ait sonuçlar incelendiğinde;

- Tüm guse boyları için gerilme kriterinin tasarımda etkili olduğu görülmüştür.
- En büyük malzeme ekonomisi  $L_k/6$  lık guse boyunda elde edilmiştir. Daha büyük guse boyları için malzeme ekonomisi azaldığından **etkin guse boyunun  $L_k/6$ 'dır**. Bu durumda çerçevede kullanılan kiriş ağırlığı gusesiz kirişe göre %60 daha düşük elde edilmiştir. Toplam çerçeve ağırlığı bakımından karşılaştırıldığında bu oran %17 olarak elde edilmiştir.

Ç32-8 ve Ç32-9 (Eğim: %30, H= 6m,  $h_g/h_k=3-h_g/h_k=2$ ,  
Kaplama: Ağır)



Şekil 3.40: Ç32'de guse yüksekliğinin kiriş ağırlığına etkisi (Ağır kaplamalı)

$h_g=2h$  ve  $h_g=3h$  olan 32 m'lik çerçevelere ait sonuçlar karşılaştırıldığında;

- Genel olarak  $h_g=3h_k$  guse yüksekliği kullanılması durumunda daha fazla malzeme ekonomisi elde edilmiştir.
- Guse yüksekliği etkin guse boyunu değiştirmiştir.  $h_g=3h_k$  olan çerçevede etkin guse boyu  $L_k/3$ ,  $h_g=2h_k$  olan ağır kaplamalı çerçevede  $L_k/6$  elde edilmiştir.

### 3.4 Kaplama Ağırlığının Etkisinin İncelenmesi

Bu bölümde çatı ve cephe kaplama ağırlıklarının tasarım sonuçlarına etkisi incelenmiştir. Bunun için L=16 m, L=24 m ve L=32 m'lik çerçevelerde çatı ve cephe kaplamaları için ağır ve hafif malzemeler kullanılarak (Tablo 3.3) tasarımlar yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çerçevelerin diğer ortak özellikleri Tablo 3.21'de verilmiştir. Kaplama ağırlığı etkisi için incelenen çerçevelere ait ağırlık, periyot, deprem ve rüzgar taban kesme kuvvetleri Tablo3.22'de verilmiştir.

**Tablo 3.21:** Kaplama ağırlığı etkisi için incelenen çerçevelerin özellikleri

Çerçeve Adı	Açıklık (m)			Kaplama Ağırlığı		Çatı Eğimi		Maks. Guse Yüksekliği		Çerçeve Yüksekliği	
	16	24	32	Hafif	Ağır	%20	%30	$h_g = 3 h_k$	$h_g = 2 h_k$	H=6m	H=3m
Ç16-1	X			X		X		X		X	
Ç16-2	X				X	X		X		X	
Ç16-9	X				X		X		X	X	
Ç16-10	X			X			X		X	X	
Ç24-1		X		X		X		X		X	
Ç24-2		X			X	X		X		X	
Ç24-9		X			X		X		X	X	
Ç24-10		X		X			X		X	X	
Ç32-1			X	X		X		X		X	
Ç32-2			X		X	X		X		X	
Ç32-9			X		X		X		X	X	
Ç32-10			X	X			X		X	X	

**Tablo 3.22:** Kaplama ağırlığı etkisi için incelenen çerçevelere ait ağırlık, periyot, deprem ve rüzgar taban kesme kuvveti oranları

Çerçeve adı		Çerçeve Ağırlığı (kN)	Periyot (sn)	Deprem taban kesme kuvveti/ Çerçeve ağırlığı	Rüzgar taban kesme kuvveti/ Çerçeve ağırlığı
Ç16-1	a	14.86	0.401	0.199	0.412
	b	13.62	0.390	0.200	0.414
	c	14.05	0.378	0.200	0.413
	d	13.40	0.383	0.200	0.415
	e	13.25	0.377	0.200	0.415
Ç16-2	a	23.54	0.401	0.199	0.079
	b	22.94	0.4397	0.183	0.087
	c	20.46	0.470	0.174	0.092
	d	19.69	0.471	0.174	0.095
	e	19.38	0.467	0.179	0.096
Ç16-9	a	23.84	0.401	0.199	0.079
	b	21.06	0.465	0.177	0.091
	c	20.06	0.483	0.172	0.095
	d	19.23	0.488	0.170	0.099
	e	19.89	0.500	0.167	0.097
Ç16-10	a	13.89	0.402	0.199	0.421
	b	13.48	0.397	0.200	0.423
	c	12.68	0.411	0.195	0.432
	d	13.02	0.403	0.199	0.424
	e	12.66	0.400	0.200	0.432
Ç24-1	a	28.79	0.330	0.200	0.275
	b	24.99	0.381	0.200	0.282
	c	23.67	0.380	0.200	0.283
	d	22.50	0.403	0.198	0.285
	e	22.55	0.397	0.200	0.285
Ç24-2	a	50,64	0.363	0.200	0.067
	b	38.54	0.396	0.200	0.074
	c	35.99	0.392	0.200	0.076
	d	33.72	0.403	0.199	0.078
	e	33.22	0.405	0.198	0.078

**Tablo 3.22**'nin devamı

Çerçeve adı	Çerçeve Ağırlığı (kN)	Periyot (sn)	Deprem taban kesme kuvveti/	Rüzgar taban kesme kuvveti/ Çerçeve ağırlığı	Çerçeve adı
Ç24-9	a	50.64	0.363	0.200	0.067
	b	38.84	0.396	0.200	0.073
	c	39.54	0.394	0.200	0.071
	d	40.59	0.383	0.200	0.070
	e	37.54	0.391	0.200	0.075
Ç24-10	a	28.75	0.367	0.200	0.260
	b	22.70	0.359	0.200	0.262
	c	21.37	0.387	0.200	0.255
	d	21.85	0.381	0.200	0.258
	e	22.84	0.367	0.200	0.260
Ç32-1	a	78.57	0.238	0.200	0.152
	b	53.62	0.244	0.200	0.195
	c	46.03	0.253	0.200	0.206
	d	41.37	0.263	0.200	0.210
	e	45.43	0.249	0.200	0.207
Ç32-2	a	137.81	0.198	0.200	0.015
	b	84.85	0.304	0.200	0.033
	c	67.67	0.316	0.200	0.044
	d	63.70	0.320	0.200	0.049
	e	61.16	0.330	0.200	0.051
Ç32-9	a	78.57	0.195	0.200	0.043
	b	65.60	0.322	0.200	0.055
	c	66.74	0.328	0.200	0.053
	d	67.87	0.332	0.200	0.052
	e	70.15	0.310	0.200	0.048
Ç32-10	a	78.57	0.235	0.200	0.152
	b	42.36	0.258	0.200	0.196
	c	39.27	0.276	0.200	0.206
	d	40.09	0.273	0.200	0.204
	e	46.00	0.252	0.200	0.190

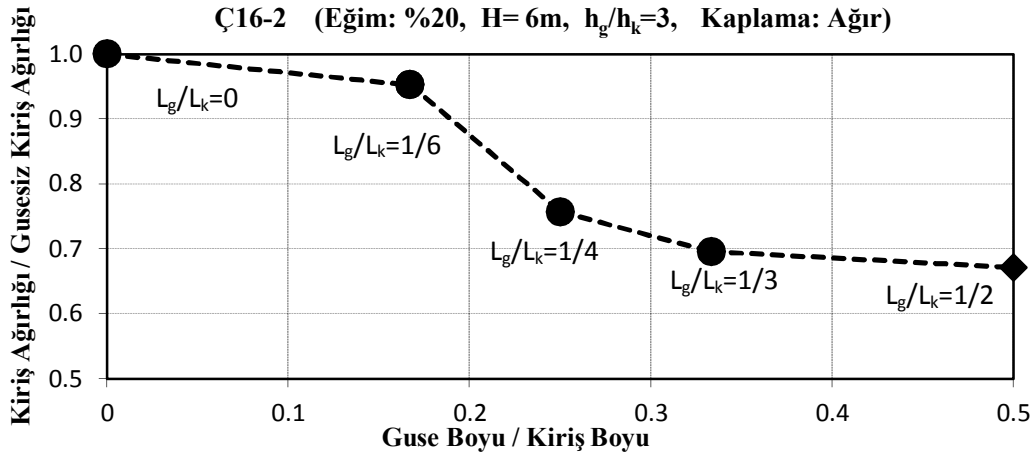
*Ç16'ya ait sonuçlar:* Ç16'da 2 farklı kaplama ağırlığı için yapılan tasarımlar sonucunda elde edilen kiriş profili boyutları, guse ağırlıkları ve tasarımda etkili kriterler

Tablo 3.23, 3.24'te özetlenmiştir. Ç16-2, Ç16-9, Ç16-10'a ait grafikler Şekil 3.41-3.46'da sunulmuştur.

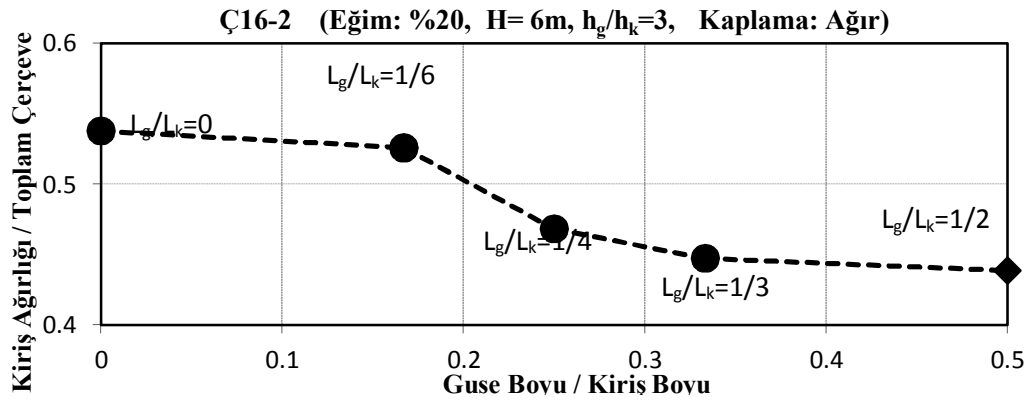
**Tablo 3.23:** Ç16-2'de farklı guse boyları için elde edilen kiriş tasarım sonuçları

Eğim = %20, Kaplama=ağır, $h_g/h_k=3$ , H=6 m, Kolon=IPE 500						
$L_g/L_k$	Kiriş Profili	Gusesiz Kiriş Ağırlığı (kg)	Guse Ağırlığı (kg)	Kiriş Toplam Ağırlığı (kg)	Kiriş Toplam Ağırlığı / Gusesiz Kiriş Ağırlığı	Tasarımda Etkili Kriter
0	IPE450	1266	0	1266	1	Gerilme
1 / 6	IPE400	1082	124	1206	1.11	Şehim ve Gerilme
1 / 4	IPE330	801	157	958	1.19	Şehim ve Gerilme
1 / 3	IPE300	689	192	881	1.28	Gerilme
1 / 2	IPE270	590	260	850	1.44	Gerilme

Guse için başlık kalınlığı  $t_f=10$  mm, gövde kalınlığı  $t_w=10$  mm



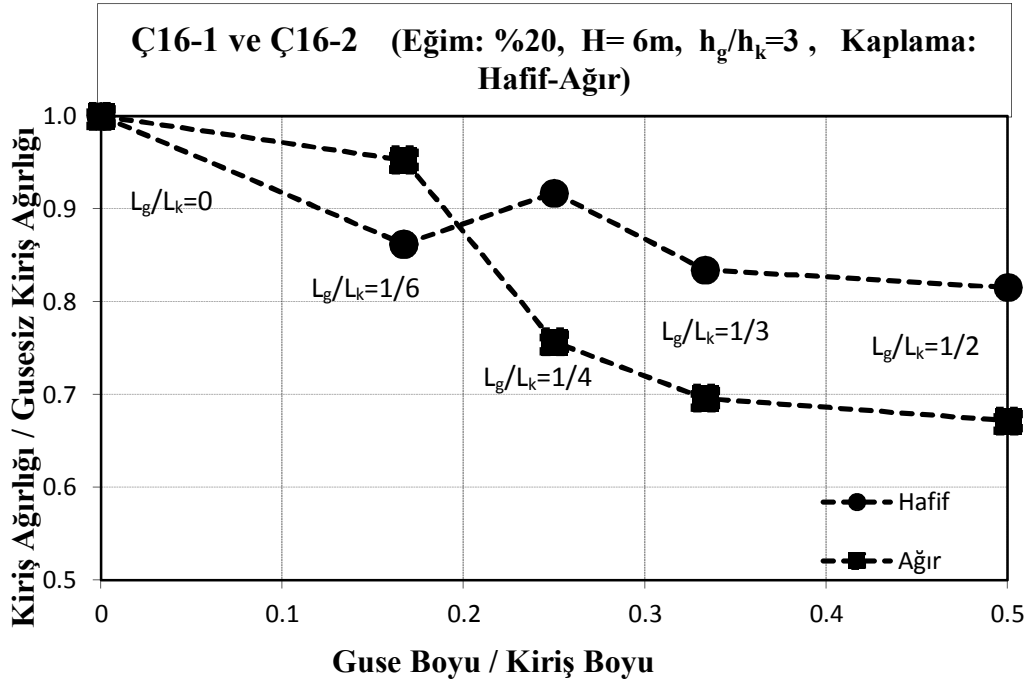
Şekil 3.41: Ç16-2'de guse boyunun kiriş ağırlığına etkisi



Şekil 3.42: Ç16-2'de guse boyunun çerçeve ağırlığına etkisi

*Kaplaması ağır olan 16 m'lik çerçeveye (Ç16-2) ait sonuçlar incelendiğinde;*

- $L_k/6$  ve  $L_k/4$  guse boyları için sehim ve gerilme kriteri aynı anda etkili olurken, diğer tüm guse boyları için gerilme kriterinin tasarımda etkili olduğu görülmüştür.
- En büyük malzeme ekonomisi  $L_k/2$ 'lik guse boyunda elde edilmiştir. Bu durumda çerçevede kullanılan kiriş ağırlığı gusesiz kirişe göre %33 daha düşük elde edilmiştir. Toplam çerçeve ağırlığı bakımından karşılaştırıldığında bu oran %10 olarak elde edilmiştir.
- $L_k/2$ 'lik guse boyu kullanılması durumunda sağlanan malzeme tasarrufu %5'in altında kalmıştır. Buna göre **etkin guse boyunun  $L_k/3$**  olduğu söylenebilmektedir. Etkin guse boyu ile gusesiz kirişe göre %31 malzeme tasarrufu sağlanmıştır.
- En küçük guse boyu ( $L_k/6$ ) ile etkin guse boyunun ( $L_k/3$ ) ekonomi farkı %26 olarak elde edilmiştir.



**Şekil 3.43:** Ç16’da kaplama ağırlığının kirişi ağırlığına etkisi ( $h_g/h_k=3$ -%20 eğimli-  
H=6m)

*Kaplaması ağır ve hafif olan 16 m’lik çerçevelere ait sonuçlar karşılaştırıldığında;*

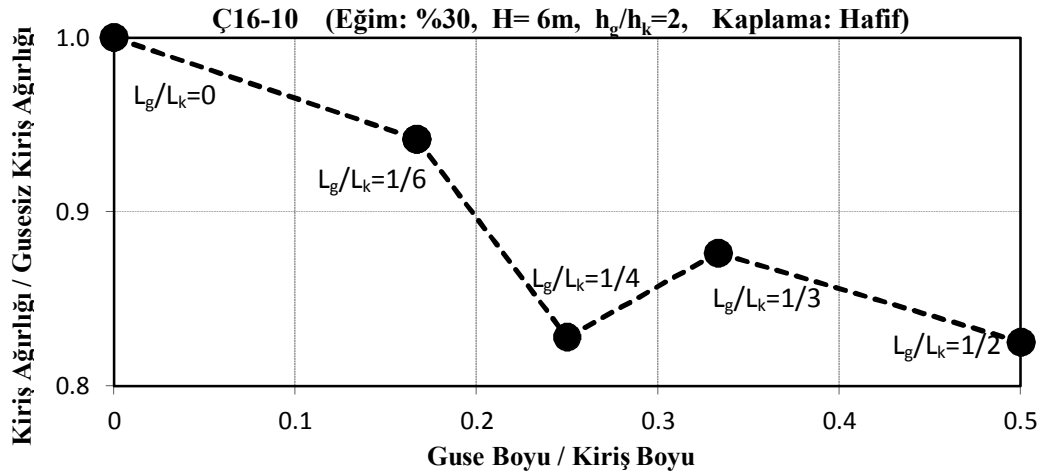
- Genel olarak ağır çatı örtüsü kullanılması durumunda daha fazla malzeme ekonomisi elde edilmiştir.
- Kaplama ağırlığı etkin guse boyunu değiştirmiştir. Ağır kaplama kullanılan çerçevede etkin guse boyu  $L_k/3$ , hafif kaplama kullanılan çerçevede  $L_k/6$  elde edilmiştir.



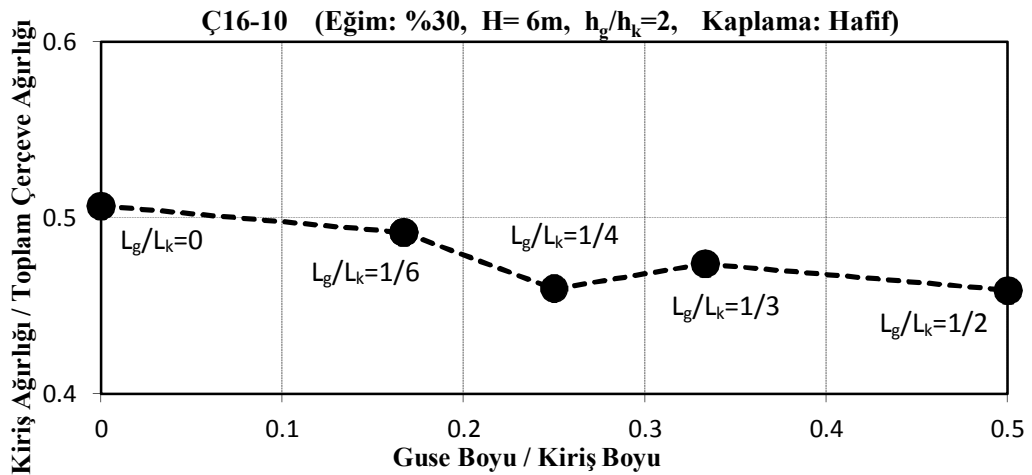
**Tablo 3.24:** Ç16-10'da farklı guse boyları için elde edilen kiriş tasarım sonuçları

Eğim = %30, Kaplama= hafif, $h_g/h_k=2$ , H=6 m, Kolon=IPE 360						
$L_g/L_k$	Kiriş Profili	Gusesiz Kiriş Ağırlığı (kg)	Guse Ağırlığı (kg)	Kiriş Toplam Ağırlığı (kg)	Kiriş Toplam Ağırlığı / Gusesiz Kiriş Ağırlığı	Tasarımda Etkili Kriter
0	IPE300	704	0	704	1	Sehim
1 / 6	IPE270	603	60	663	1.09	Sehim ve Gerilme
1 / 4	IPE240	513	70	583	1.13	Sehim
1 / 3	IPE240	513	104	617	1.20	Sehim
1 / 2	IPE220	437	144	581	1.33	Sehim

Guse için başlık kalınlığı  $t_f=10$  mm, gövde kalınlığı  $t_w=10$  mm



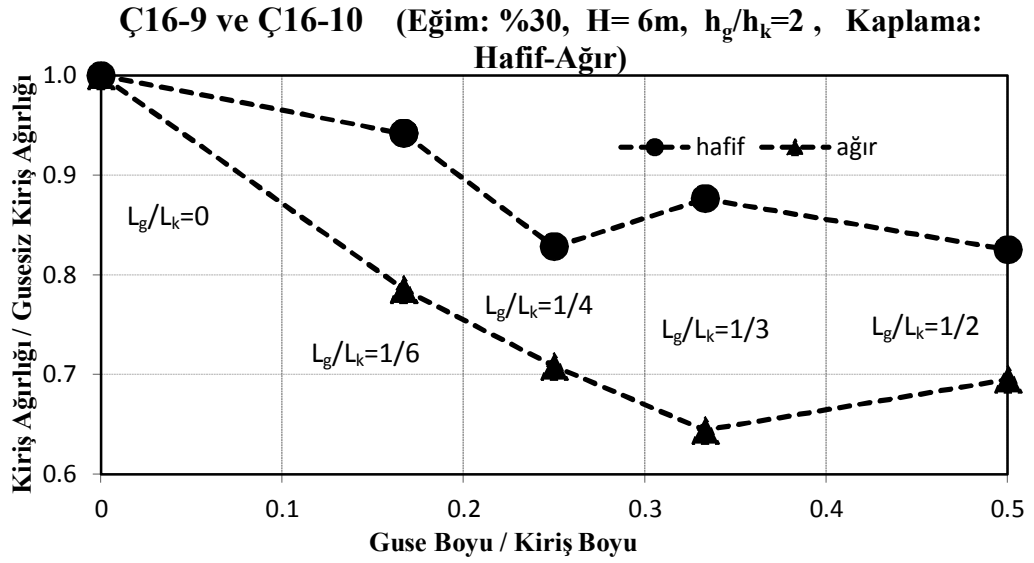
**Şekil 3.44:** Ç16-10'da guse boyunun kiriş ağırlığına etkisi



**Şekil 3.45:** Ç16-10'da guse boyunun çerçeve ağırlığına etkisi

Kaplaması hafif olan 16 m'lik çerçeveye (Ç16-10) ait sonuçlar incelendiğinde;

- Tüm guse boyları için sehim kriterinin tasarımda etkili olduğu görülmüştür.
- En büyük malzeme ekonomisi  $L_k/4$  lük guse boyunda elde edilmiştir. Bu durumda çerçevede kullanılan kiriş ağırlığı gusesiz kirişe göre %17 daha düşük elde edilmiştir. Toplam çerçeve ağırlığı bakımından karşılaştırıldığında bu oran %4 olarak elde edilmiştir.
- $L_k/4$ 'ten daha büyük guse boyu kullanılması durumunda sağlanan malzeme tasarrufu %5'in altında kalmıştır. Buna göre **etkin guse boyunun  $L_k/4$**  olduğu söylenebilmektedir.
- En küçük guse boyu ( $L_k/6$ ) ile etkin guse boyunun ( $L_k/4$ ) ekonomi farkı %11 olarak elde edilmiştir.

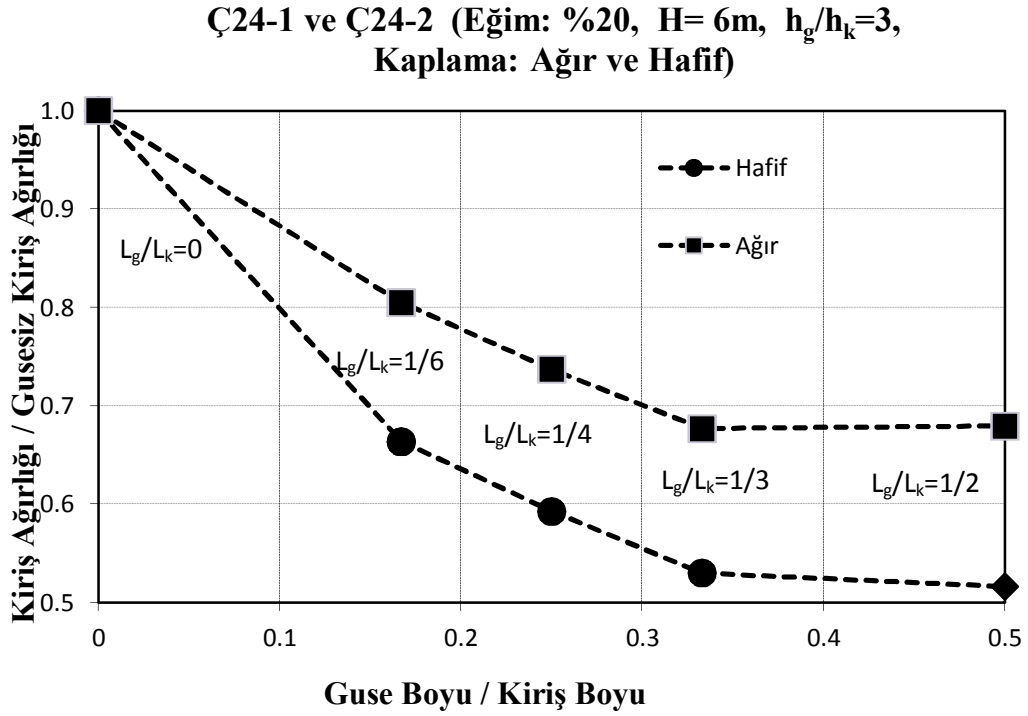


Şekil 3.46: Ç16'da kaplama ağırlığının kiriş ağırlığına etkisi ( $h_g/h_k=2$ -%30 eğimli-H=6m)

Kaplaması ağır ve hafif olan 16 m'lik çerçevelere ait sonuçlar karşılaştırıldığında;

- Ağır çatı örtüsü kullanılması durumunda daha fazla malzeme ekonomisi elde edilmiştir.
- Kaplama ağırlığı etkin guse boyunu değiştirmiştir. Ağır kaplama kullanılan çerçevede etkin guse boyu  $L_k/3$ , hafif kaplama kullanılan çerçevede  $L_k/4$  guse boyunda elde edilmiştir.

Ç24'e ait sonuçlar: Ç24'te 2 farklı kaplama ağırlığı için yapılan tasarımlar sonucunda elde edilen kiriş profili boyutları, guse ağırlıkları ve tasarımda etkili kriterler Tablo 3.25-3.26'da özetlenmiştir. Ç24-9, Ç24-10, Ç24-1, Ç24-2'ye ait grafikler Şekil 3.47-3.52'de sunulmuştur.



Şekil 3.47: Ç24'te kaplama ağırlığının kirişi ağırlığına etkisi ( $h_g/h_k=3$ -%20 eğimli-  
H=6m)

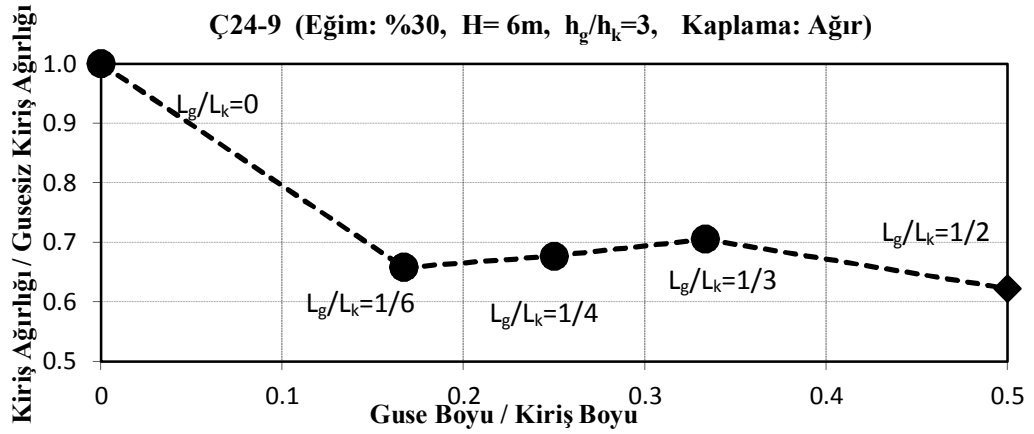
Kaplaması ağır ve hafif olan 24 m'lik çerçevelere ait sonuçlar karşılaştırıldığında;

- Tüm guse boyları için, ağır çatı örtüsü kullanılması durumunda, guse etkisi ile daha fazla malzeme ekonomisi elde edilmiştir.
- Kaplama ağırlığı etkin guse boyunu değiştirmemiştir. Her iki çerçeve için de etkin guse boyu  $L_k/3$ 'tür.

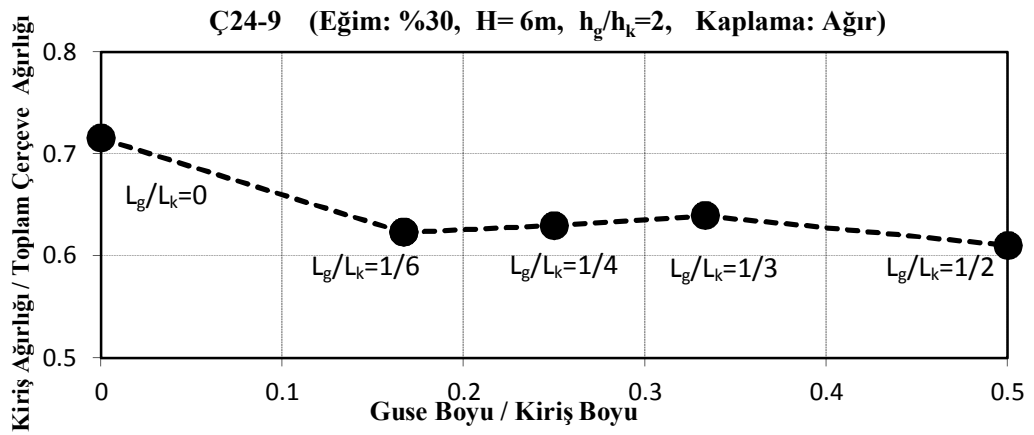
**Tablo 3.25:** Ç24-9’da farklı guse boyları için elde edilen kiriş tasarım sonuçları

Eğim = %30, Kaplama=ağır, $h_g/h_k=2$ , H=6 m, Kolon=IPE 600						
$L_g/L_k$	Kiriş Profili	Gusesiz Kiriş Ağırlığı (kg)	Guse Ağırlığı (kg)	Kiriş Toplam Ağırlığı (kg)	Kiriş Toplam Ağırlığı / Gusesiz Kiriş Ağırlığı	Tasarımda Etkili Kriter
0	YIPE750	3600	0	3680	0	Gerilme
1 / 6	IPE500	2270	150	2420	1.06	Gerilme
1 / 4	IPE500	2270	220	2490	1.09	Gerilme
1 / 3	IPE500	2270	295	2595	1.14	Gerilme
1 / 2	IPE450	1944	346	2290	1.17	Gerilme

Guse için başlık kalınlığı  $t_f=10$  mm, gövde kalınlığı  $t_w=10$  mm  
 YIPE: Standart profiller yetersiz olduğu için kullanılan yapma profilleri göstermektedir.



**Şekil 3.48:** Ç24-9’da guse boyunun kiriş ağırlığına etkisi



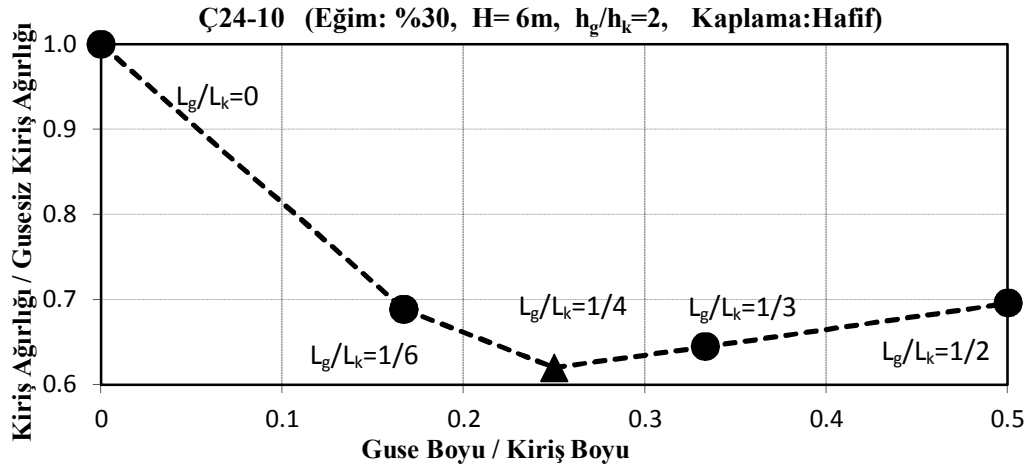
**Şekil 3.49:** Ç24-9’da guse boyunun çerçeve ağırlığına etkisi

*Kaplaması hafif olan 24 m'lik çerçeveye (Ç24-9) ait sonuçlar incelendiğinde;*

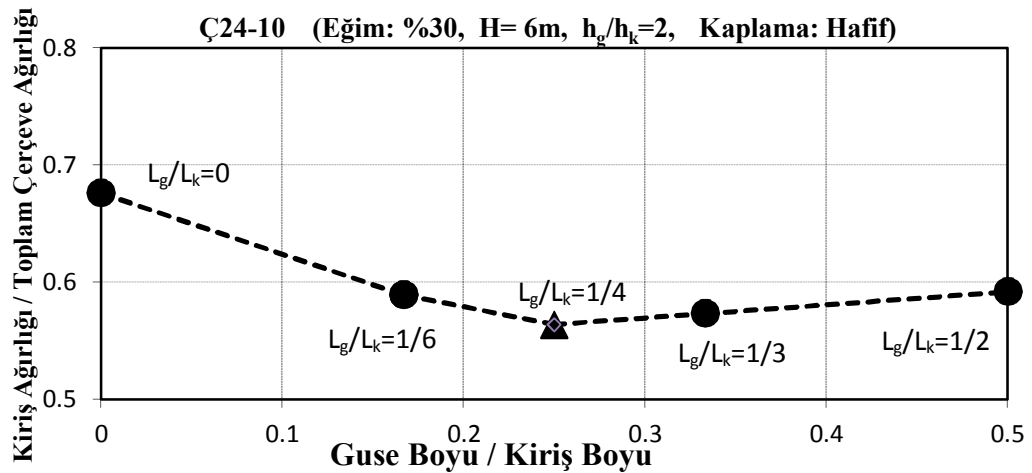
- Tüm guse boyları için gerilme kriterinin tasarımda etkili olduğu görülmüştür.
- En büyük malzeme ekonomisi  $L_k/2$  lük guse boyunda elde edilmiştir. Bu durumda çerçevede kullanılan kiriş ağırlığı gusesiz kirişe göre %38 daha düşük elde edilmiştir. Toplam çerçeve ağırlığı bakımından karşılaştırıldığında bu oran %10 olarak elde edilmiştir.
- En fazla malzeme ekonomisi  $L_k/6$  guse boyunda elde edilmiştir.  $L_k/2$  guse boyu kullanılması durumunda sağlanan malzeme tasarrufu %5'in altında kalmıştır. Buna göre **etkin guse boyunun  $L_k/6$**  olduğu söylenebilmektedir. Etkin guse boyu kullanılması durumunda çerçevede kullanılan kiriş ağırlığı gusesiz kirişe göre %34 daha düşük elde edilmiştir.

**Tablo 3.26:** Ç24-10'da farklı guse boyları için elde edilen kiriş tasarım sonuçları

Eğim = %30, Kaplama=hafif, $h_g/h_k=2$ , H=6 m, Kolon=IPE 450						
$L_g/L_k$	Kiriş Profili	Gusesiz Kiriş Ağırlığı (kg)	Guse Ağırlığı (kg)	Kiriş Toplam Ağırlığı (kg)	Kiriş Toplam Ağırlığı / Gusesiz Kiriş Ağırlığı	Tasarımda Etkili Kriter
0	IPE450	1943	0	1943	0	Sehim ve Gerilme
1 / 6	IPE330	1230	108	1338	1.09	Sehim ve Gerilme
1 / 4	IPE300	1057	148	1205	1.14	Sehim
1 / 3	IPE300	1057	196	1253	1.18	Sehim
1 / 2	IPE300	1057	295	1352	1.28	Sehim
Guse için başlık kalınlığı $t_f=10$ mm, gövde kalınlığı $t_w=10$ mm						



**Şekil 3.50:** Ç24-10'da guse boyunun kiriş ağırlığına etkisi

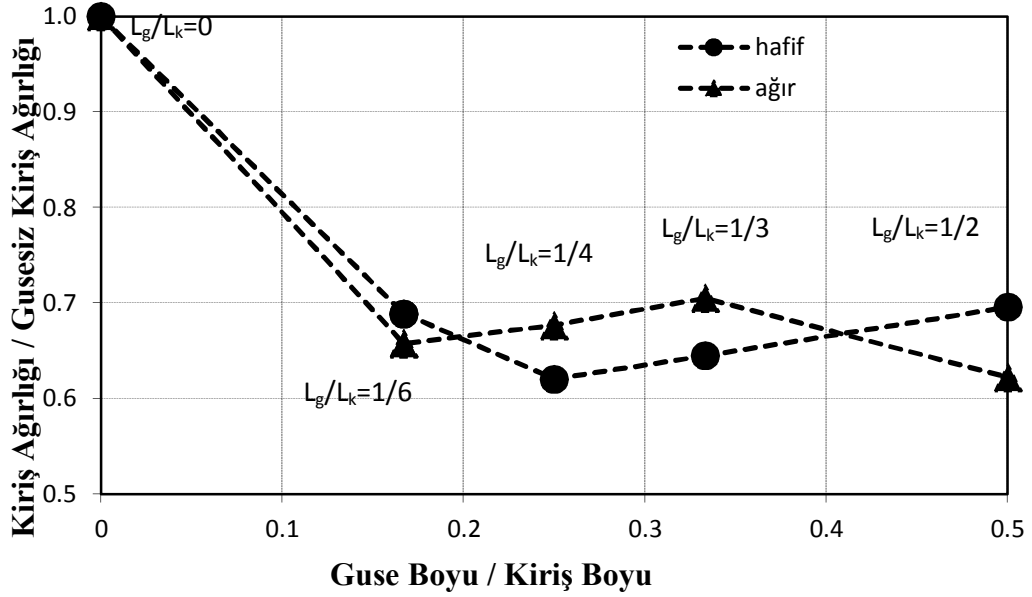


**Şekil 3.51:** Ç24-10'da guse boyunun çerçeve ağırlığına etkisi

*Kaplaması hafif olan 24 m'lik çerçeveye (Ç24-10) ait sonuçlar incelendiğinde;*

- Tüm guse boyları için sehim kriterinin tasarımda etkili olduğu görülmüştür.
- En büyük malzeme ekonomisi  $L_k/4$  lük guse boyunda elde edilmiştir. Bu durumda çerçevede kullanılan kiriş ağırlığı gusesiz kirişe göre %38 daha düşük elde edilmiştir. Toplam çerçeve ağırlığı bakımından karşılaştırıldığında bu oran %11 olarak elde edilmiştir.
- $L_k/4$ 'ten daha büyük guse boyu kullanılması durumunda sağlanan malzeme tasarrufu %5'in altında kalmıştır. Buna göre **etkin guse boyunun  $L_k/4$**  olduğu söylenebilmektedir.
- En küçük guse boyu ( $L_k/6$ ) ile etkin guse boyunun ( $L_k/4$ ) ekonomi farkı %7 olarak elde edilmiştir.

**Ç24-9-Ç24-10 (Eğim: %30, H= 6m,  $h_g/h_k=2$ , Kaplama: Hafif-Ağır)**



**Şekil 3.52:** Ç24’te kaplama ağırlığının kirişi ağırlığına etkisi ( $h_g/h_k=2$ -%30 eğimli-  
H=6m)

*Kaplaması ağır ve hafif olan 24 m’lik çerçevelere ait sonuçlar karşılaştırıldığında;*

- Sonuçlar birbirine oldukça yakındır. Guse boyuna göre ekonomik sonuç veren çerçeve değişmektedir.
- Kaplama ağırlığı etkin guse boyunu değiştirmiştir. Ağır kaplama kullanılan çerçevede etkin guse boyu  $L_k/6$ , hafif kaplama kullanılan çerçevede  $L_k/4$  elde edilmiştir.

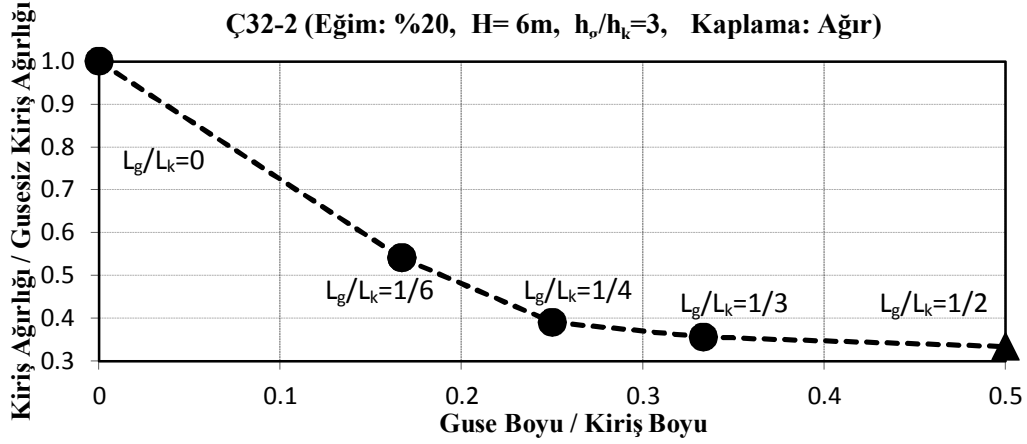
*Ç32’ye ait sonuçlar:* Ç32’de 2 farklı kaplama ağırlığı için yapılan tasarımlar sonucunda elde edilen kiriş profili boyutları, guse ağırlıkları ve tasarımda etkili kriterler Tablo 3.27-3.28’de özetlenmiştir. Ç32-1, Ç32-2, Ç32-9, Ç32-10’a ait grafikler Şekil 3.53-3.58’de sunulmuştur.



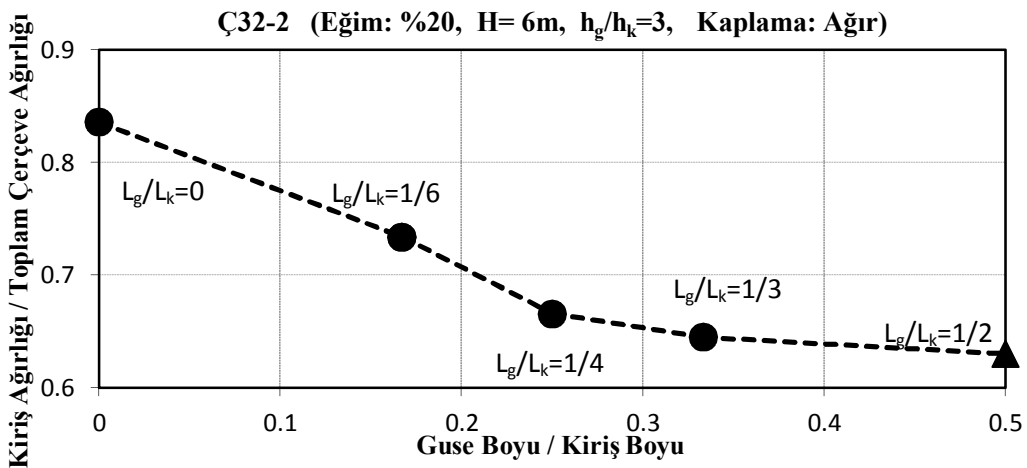
**Tablo 3.27:** 32-2’de farklı guse boyları için elde edilen kiriş tasarım sonuçları

Eğim = %20, Kaplama=ağır, $h_g/h_k=3$ , H=6 m, Kolon=IPE 750						
$L_g/L_k$	Kiriş Profili	Gusesiz Kiriş Ağırlığı (kg)	Guse Ağırlığı (kg)	Kiriş Toplam Ağırlığı (kg)	Kiriş Toplam Ağırlığı / Gusesiz Kiriş Ağırlığı	Tasarımda Etkili Kriter
0	YIPE900	11521	0	11521	1	Gerilme
1 / 6	YIPE650	5679	556	6235	1.10	Gerilme
1 / 4	IPE600	3982	525	4507	1.13	Gerilme
1 / 3	IPE550	3460	650	4110	1.19	Gerilme
1 / 2	IPE500	2960	896	3856	1.30	Gerilme

YIPE: Standart profiller yetersiz olduğu için kullanılan yapma profilleri göstermektedir.  
 $L_g/L_k=1/2$  lik guse için başlık kalınlığı  $t_f=10$  mm, gövde kalınlığı  $t_w=10$  mm, diğer guseler için başlık kalınlığı  $t_f=15$  mm, gövde kalınlığı  $t_w=15$  mm  
 Yapma profil başlık kalınlığı=30mm ve gövde kalınlığı 25mm, başlık genişliği 40cm



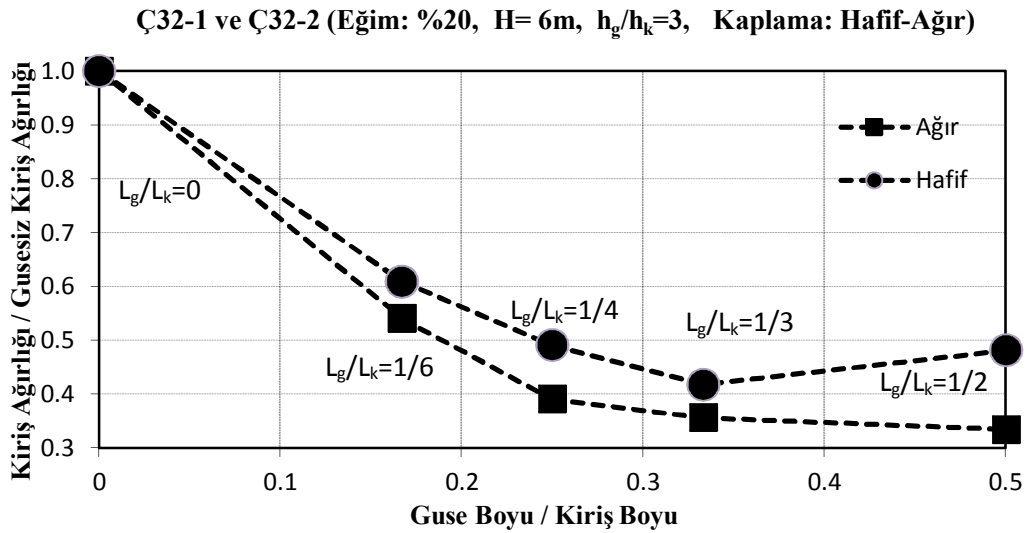
**Şekil 3.53:** Ç32-2’de guse boyunun kiriş ağırlığına etkisi



**Şekil 3.54:** Ç32-2’de guse boyunun çerçeve ağırlığına etkisi

Kaplaması ağır olan 32 m'lik çerçeveye (Ç32-2) ait sonuçlar incelendiğinde;

- Tüm guse boyları için sehim kriterinin tasarımda etkili olduğu görülmüştür.
- En büyük malzeme ekonomisi  $L_k/2$  lik guse boyunda elde edilmiştir. Bu durumda çerçevede kullanılan kiriş ağırlığı gusesiz kirişe göre %66 daha düşük elde edilmiştir. Toplam çerçeve ağırlığı bakımından karşılaştırıldığında bu oran %21 olarak elde edilmiştir.
- $L_k/2$  guse boyu kullanılması durumunda malzeme tasarrufu artışı %5'in altında kalmıştır. Buna göre **etkin guse boyunun  $L_k/3$**  olduğu söylenebilmektedir. Etkin guse boyu ile gusesiz kirişe göre %65 malzeme tasarrufu sağlanmıştır.
- En küçük guse boyu ( $L_k/6$ ) ile etkin guse boyunun ( $L_k/3$ ) ekonomi farkı %18 olarak elde edilmiştir.



Şekil 3.55: Ç32'de kaplama ağırlığının kirişi ağırlığına etkisi ( $h_g/h_k=3$ -%20 eğimli-  
H=6m)

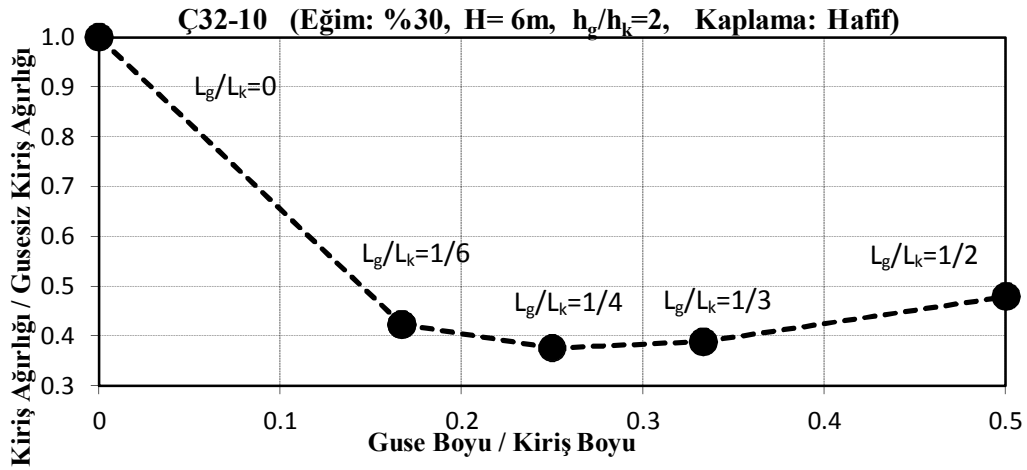
Kaplaması ağır ve hafif olan 32 m'lik çerçevelere ait sonuçlar karşılaştırıldığında;

- Tüm guse boyları için ağır çatı örtüsü kullanılması durumunda, guse etkisi ile daha fazla malzeme ekonomisi elde edilmiştir.
- Kaplama ağırlığı etkin guse boyunu değiştirmemiştir. Her iki çerçeve için de etkin guse boyu  $L_k/3$ 'tür.

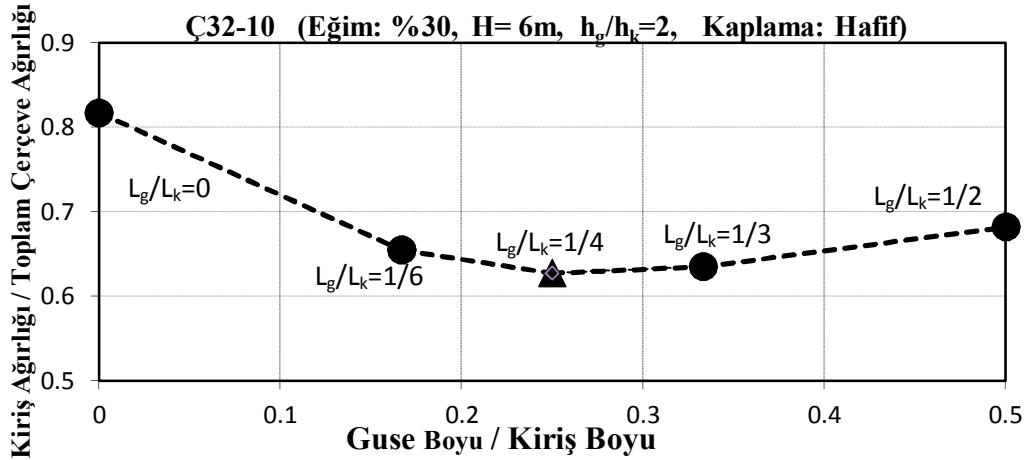
**Tablo 3.28:** Ç32-10’da farklı guse boyları için elde edilen kiriş tasarım sonuçları

Eğim = %30, Kaplama= hafif, $h_g/h_k=2$ , H=6 m, Kolon=IPE 600						
$L_g/L_k$	Kiriş Profili	Gusesiz Kiriş Ağırlığı (kg)	Guse Ağırlığı (kg)	Kiriş Toplam Ağırlığı (kg)	Kiriş Toplam Ağırlığı / Gusesiz Kiriş Ağırlığı	Tasarımda Etkili Kriter
0	YIPE750	6546	0	6546	0	Gerilme
1 / 6	IPE450	2592	180	2772	1.07	Gerilme
1 / 4	IPE400	2214	249	2463	1.11	Gerilme
1 / 3	IPE400	2214	331	2545	1.15	Gerilme
1 / 2	IPE450	2592	544	3136	1.21	Gerilme

Guse için başlık kalınlığı  $t_f=10$  mm, gövde kalınlığı  $t_w=10$  mm  
 YIPE: Standart profiller yetersiz olduğu için kullanılan yapma profilleri göstermektedir.  
 Yapma profil başlık kalınlığı=20mm ve gövde kalınlığı 15mm, başlık genişliği 35cm



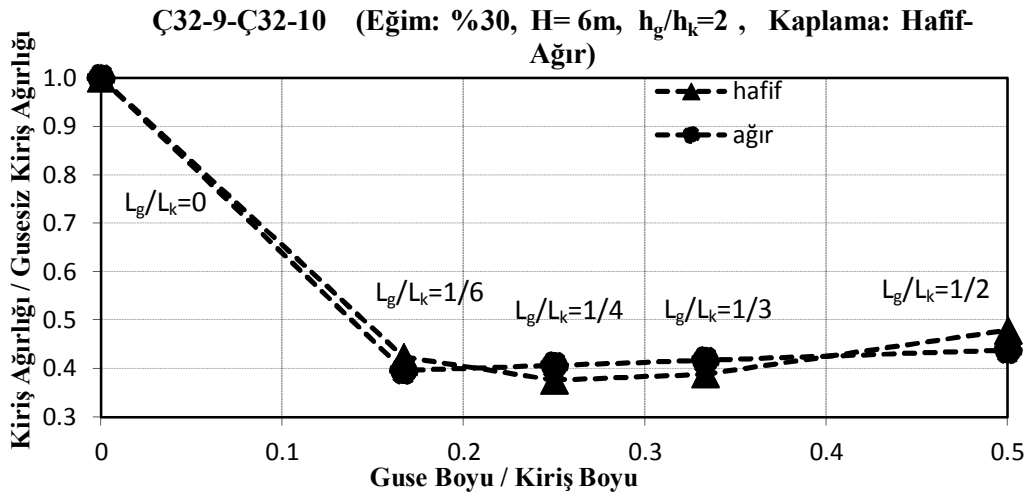
**Şekil 3.56:** Ç32-10’da guse boyunun kiriş ağırlığına etkisi



**Şekil 3.57:** Ç32-10’da guse boyunun çerçeve ağırlığına etkisi

Kaplaması hafif olan 32 m'lik çerçeveye (Ç32-10) ait sonuçlar incelendiğinde;

- Tüm guse boyları için gerilme kriterinin tasarımda etkili olduğu görülmüştür.
- En büyük malzeme ekonomisi  $L_k/4$  lik guse boyunda elde edilmiştir. Bu durumda çerçevede kullanılan kiriş ağırlığı gusesiz kirişe göre %63 daha düşük elde edilmiştir. Toplam çerçeve ağırlığı bakımından karşılaştırıldığında bu oran %19 olarak elde edilmiştir.
- $L_k/4$  guse boyunda daha büyük guse boyları kullanılması durumunda malzeme tasarrufu azalmıştır. Buna göre **etkin guse boyunun  $L_k/4$**  olduğu söylenebilmektedir.
- En küçük guse boyu ( $L_k/6$ ) ile etkin guse boyunun ( $L_k/4$ ) ekonomi farkı %6 olarak elde edilmiştir.



Şekil 3.58: Ç32’de kaplama ağırlığının kirişi ağırlığına etkisi ( $h_g/h_k=2$ -%30 eğimli-  
H=6m)

Kaplaması ağır ve hafif olan 32 m'lik çerçevelere ait sonuçlar karşılaştırıldığında;

- Sonuçlar birbirine çok yakın olmakla birlikte; genellikle ağır çatı örtüsü kullanılması durumunda, guse etkisi ile daha fazla malzeme ekonomisi elde edilmiştir.
- Kaplama ağırlığı etkin guse boyunu değiştirmiştir. Etkin guse boyu ağır çerçevede  $L_k/6$ , hafif çerçevede  $L_k/4$ 'tür.

### 3.5 Çatı Eğimi Etkisinin İncelenmesi

Bu bölümde çatı eğiminin tasarım sonuçlarına etkisi incelenmiştir. Bunun için L=16 m, L=24 m, L=32 m'lik çerçevelerde çatı eğimi %20 ve %30 alınarak, kaplama ağırlığı hafif ve ağır seçilerek tasarımlar yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çerçevelerin diğer ortak özellikleri Tablo 3.29'da, çatı eğiminin etkisi için incelenen çerçevelere ait ağırlık, periyot, deprem ve rüzgar taban kesme kuvvetleri Tablo 3.30'da verilmiştir.

**Tablo 3.29:** Çatı eğiminin etkisi için incelenen çerçevelerin özellikleri

Çerçeve Adı	Açıklık (m)			Kaplama Ağırlığı		Çatı Eğimi		Maks. Guse Yüksekliği		Çerçeve Yüksekliği	
	16	24	32	Hafif	Ağır	%20	%30	$h_g = 3 h_k$	$h_g = 2 h_k$	H=6m	H=3m
Ç16-2	X				X	X		X		X	
Ç16-8	X				X		X	X		X	
Ç16-4	X			X		X			X	X	
Ç16-10	X			X			X		X	X	
Ç24-4		X		X		X			X	X	
Ç24-10		X		X			X		X	X	
Ç24-1		X		X		X		X		X	
Ç24-3		X		X			X	X		X	
Ç32-2			X		X	X		X		X	
Ç32-8			X		X		X	X		X	
Ç32-4			X	X		X			X	X	
Ç32-10			X	X			X		X	X	

**Tablo 3.30:** Çatı eğiminin etkisi için incelenen çerçevelere ait ağırlık, periyot, deprem ve rüzgar taban kesme kuvveti oranları

Çerçeve adı		Çerçeve Ağırlığı (kN)	Periyot (sn)	Deprem taban kesme kuvveti/ Çerçeve ağırlığı	Rüzgar taban kesme kuvveti/ Çerçeve ağırlığı
Ç16-2	a	23.54	0.401	0.199	0.079
	b	22.94	0.439	0.183	0.087
	c	20.46	0.470	0.174	0.092
	d	19.69	0.471	0.174	0.095
	e	19.38	0.467	0.179	0.096
Ç16-8	a	23.84	0.401	0.199	0.079
	b	21.70	0.458	0.180	0.089
	c	20.71	0.470	0.174	0.092
	d	19.92	0.472	0.174	0.095
	e	18.69	0.497	0.170	0.099
Ç16-4	a	14.86	0.401	0.199	0.412
	b	14.38	0.370	0.200	0.413
	c	13.61	0.387	0.200	0.414
	d	13.90	0.379	0.200	0.414
	e	14.47	0.364	0.200	0.413
Ç16-10	a	13.89	0.402	0.199	0.421
	b	13.48	0.397	0.200	0.423
	c	12.68	0.411	0.195	0.432
	d	13.02	0.403	0.199	0.424
	e	12.66	0.400	0.200	0.432
Ç24-4	a	28.79	0.330	0.199	0.275
	b	27.40	0.326	0.200	0.278
	c	27.76	0.337	0.200	0.278
	d	25.82	0.331	0.200	0.281
	e	26.67	0.319	0.200	0.280
Ç24-10	a	28.75	0.367	0.200	0.260
	b	22.70	0.359	0.200	0.262
	c	21.37	0.387	0.200	0.255
	d	21.85	0.381	0.200	0.258
	e	22.84	0.367	0.200	0.260
Ç24-1	a	28.79	0.330	0.200	0.275
	b	24.99	0.381	0.200	0.282
	c	23.67	0.380	0.200	0.283
	d	22.50	0.403	0.198	0.285
	e	22.55	0.397	0.200	0.285

**Tablo 3.30**'un devamı

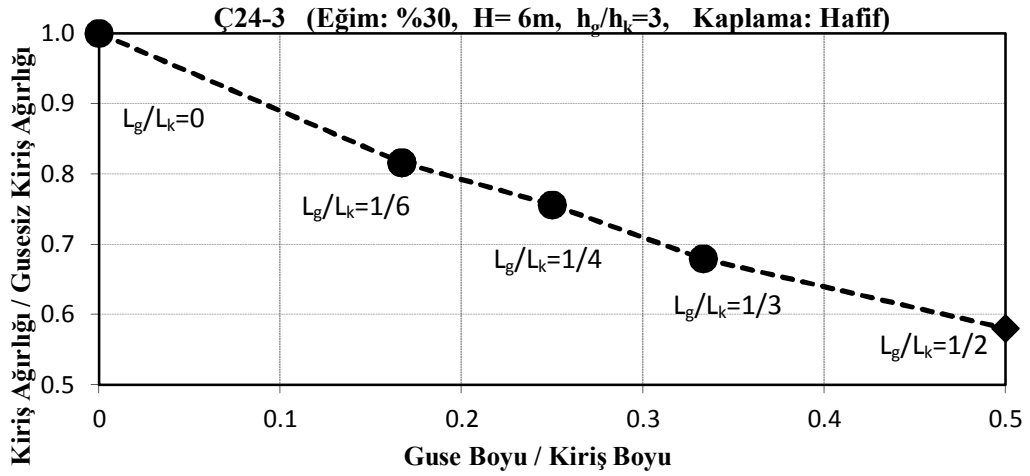
Çerçeve adı	Çerçeve Ağırlığı (kN)	Periyot (sn)	Deprem taban kesme kuvveti/ Çerçeve ağırlığı	Rüzgar taban kesme kuvveti/ Çerçeve ağırlığı	
Ç24-3	a	28.79	0.330	0.200	0.275
	b	25.85	0.373	0.200	0.279
	c	24.04	0.385	0.200	0.281
	d	22.55	0.403	0.198	0.285
	e	18.69	0.497	0.170	0.099
Ç32-2	a	137.81	0.198	0.200	0.015
	b	84.85	0.304	0.200	0.033
	c	67.67	0.316	0.200	0.044
	d	63.70	0.320	0.200	0.049
	e	61.16	0.330	0.200	0.051
Ç32-8	a	117.87	0.185	0.200	0.018
	b	55.76	0.322	0.200	0.053
	c	50.12	0.328	0.200	0.056
	d	46.22	0.332	0.200	0.060
	e	44.28	0.330	0.200	0.061
Ç32-4	a	78.57	0.238	0.200	0.152
	b	46.16	0.247	0.200	0.206
	c	42.64	0.248	0.200	0.210
	d	43.52	0.250	0.200	0.209
	e	45.29	0.251	0.200	0.207
Ç32-10	a	78.57	0.235	0.200	0.152
	b	42.36	0.258	0.200	0.196
	c	39.27	0.276	0.200	0.206
	d	40.09	0.273	0.200	0.204
	e	46.00	0.252	0.200	0.190

*Ç24'e ait sonuçlar:* %30 eğimli çerçeveler için (Ç24-3) yapılan tasarımlar sonucunda elde edilen kiriş profili boyutları, guse ağırlıkları ve tasarımda etkili kriterler Tablo 3.31'de özetlenmiştir. %20 eğimli çerçeveye ait sonuçlar Bölüm 3.3'de verilmiştir. İlgili grafikler Şekil 3.58-3.61'de sunulmuştur.

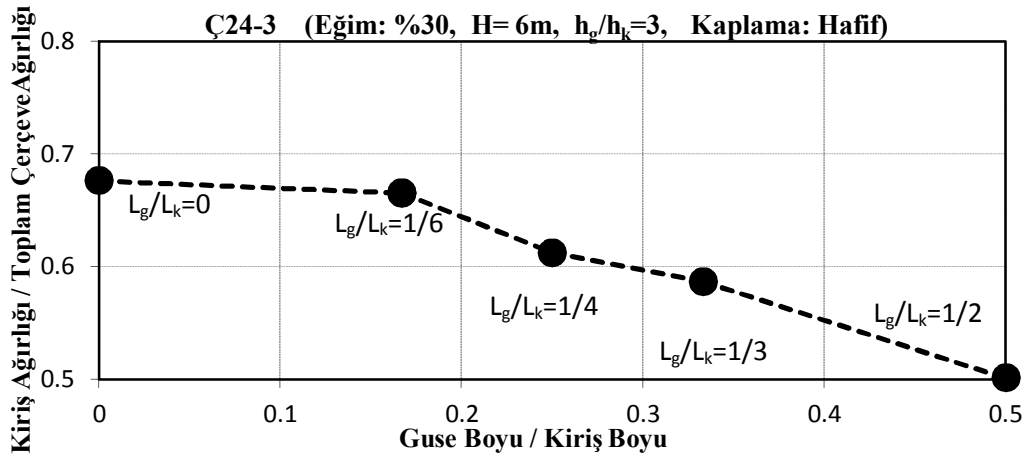
**Tablo 3.31:** Ç24-3'te farklı guse boyları için elde edilen kiriş tasarım sonuçları

Eğim = %30, Kaplama= hafif, $h_g/h_k=3$ , H=6 m, Kolon=IPE 450						
$L_g/L_k$	Kiriş Profili	Gusesiz Kiriş Ağırlığı (kg)	Guse Ağırlığı (kg)	Kiriş Toplam Ağırlığı (kg)	Kiriş Toplam Ağırlığı / Gusesiz Kiriş Ağırlığı	Tasarımda Etkili Kriter
0	IPE450	1947	0	1947	1	Gerilme
1 / 6	IPE360	1400	190	1590	1.13	Gerilme
1 / 4	IPE330	1231	241	1472	1.20	Gerilme
1 / 3	IPE300	1058	295	1323	1.25	Gerilme
1 / 2	IPE240	770	360	1130	1.47	Gerilme

Guse için başlık kalınlığı  $t_f=10$  mm, gövde kalınlığı  $t_w=10$  mm



**Şekil 3.59:** Ç24-3'de guse boyunun kiriş ağırlığına etkisi

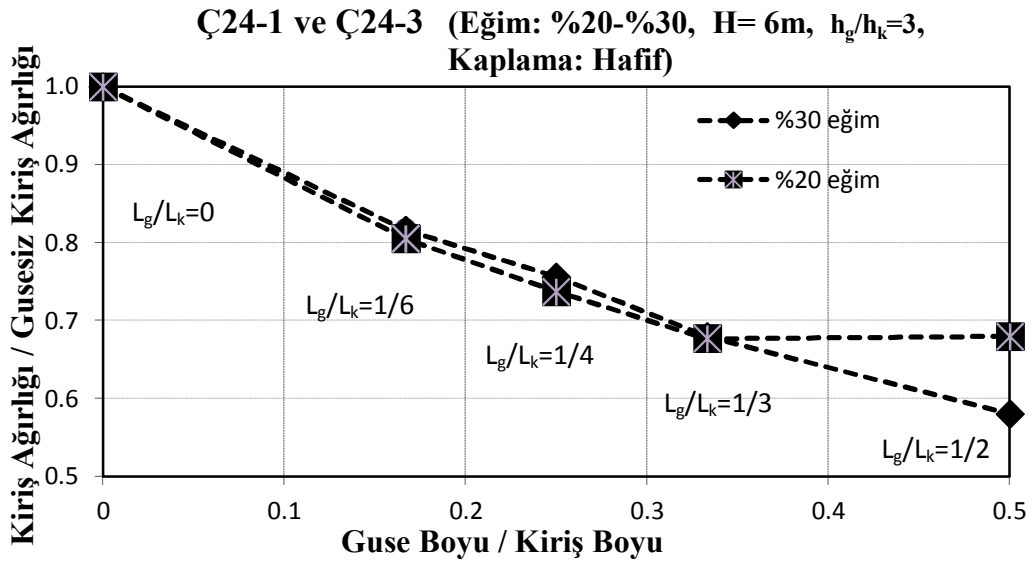


**Şekil 3.60:** Ç24-3'te guse boyunun çerçeve ağırlığına etkisi



Çatı eğimi %30 olan 24 m'lik çerçeveye (Ç24-3) ait sonuçlar incelendiğinde;

- Tüm guse boyları için gerilme kriterinin tasarımda etkili olduğu görülmüştür.
- En büyük malzeme ekonomisi  $L_k/2$  lik guse boyunda elde edilmiştir. Bu durumda çerçevede kullanılan kiriş ağırlığı gusesiz kirişe göre %42 daha düşük elde edilmiştir. Toplam çerçeve ağırlığı bakımından karşılaştırıldığında bu oran %18 olarak elde edilmiştir.
- **Etkin guse boyunun  $L_k/2$  olduğu** söylenebilmektedir.
- En küçük guse boyu ( $L_k/6$ ) ile etkin guse boyunun ( $L_k/2$ ) ekonomi farkı %23 olarak elde edilmiştir.



**Şekil 3.61:** Ç24'te çatı eğiminin kiriş ağırlığına etkisi (Hafif- $h_g/h_k=3$ -H=6m)

Çatı eğimi %20 ve %30 olan 24 m'lik çerçevelere ait sonuçlar karşılaştırıldığında;

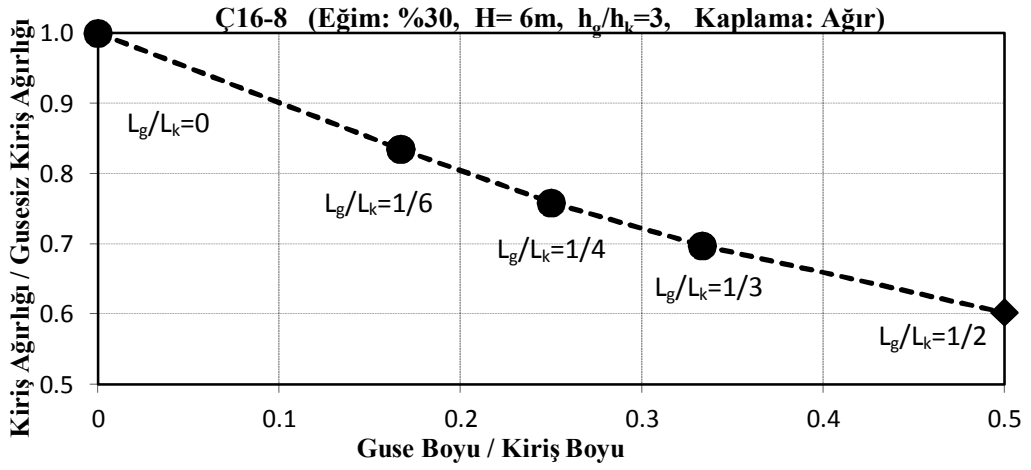
- Genel olarak sonuçlar birbirine çok yakındır.  $L_k/2$  guse boyu için %30 eğim daha fazla malzeme tasarrufu sağlamıştır.
- Çatı eğimi etkin guse boyunu değiştirmiştir. %20 eğim için  $L_k/3$ , %30 eğim için etkin guse boyu  $L_k/2$ 'dir.

Ç16'ya ait sonuçlar: Ç16'da 2 farklı çatı eğimi için yapılan tasarımlar sonucunda elde edilen kiriş profili boyutları, guse ağırlıkları ve tasarımda etkili kriterler Tablo 3.32'de özetlenmiştir. Ç16-2, Ç16-8, Ç16-4, Ç16-10'a ait grafikler Şekil 3.61-3.65'te sunulmuştur.

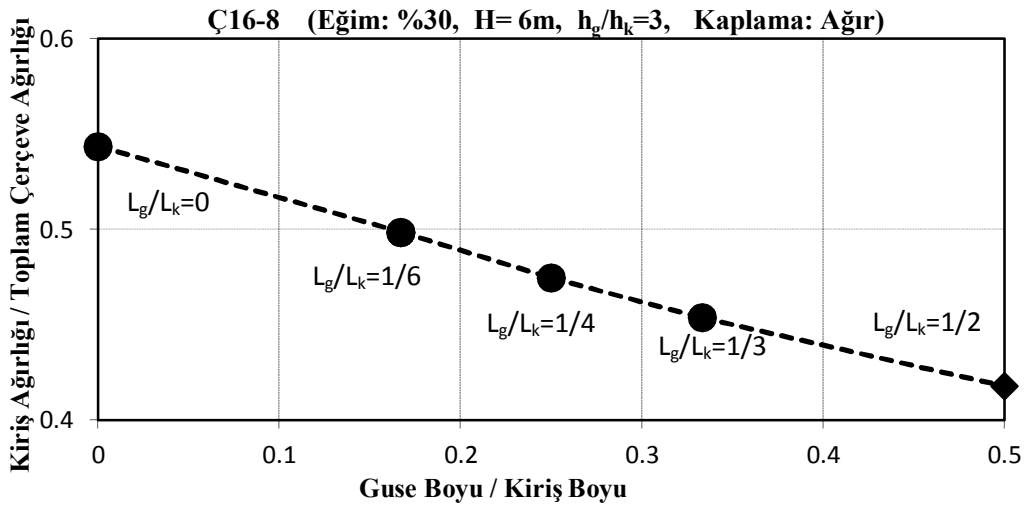
**Tablo 3.32:** Ç16-8’de farklı guse boyları için elde edilen kiriş tasarım sonuçları

Eğim = %30, Kaplama=ağır, $h_g/h_k=3$ , H=6 m, Kolon=IPE 500						
$L_g/L_k$	Kiriş Profili	Gusesiz Kiriş Ağırlığı (kg)	Guse Ağırlığı (kg)	Kiriş Toplam Ağırlığı (kg)	Kiriş Toplam Ağırlığı / Gusesiz Kiriş Ağırlığı	Tasarımda Etkili Kriter
0	IPE450	1296	0	1296	1	Gerilme
1 / 6	IPE360	953	129	1082	1.13	Gerilme
1 / 4	IPE330	820	163	983	1.20	Gerilme
1 / 3	IPE300	705	199	904	1.28	Gerilme
1 / 2	IPE240	513	268	781	1.52	Gerilme

Guse için başlık kalınlığı  $t_f=10$  mm, gövde kalınlığı  $t_w=10$  mm



**Şekil 3.62:** Ç16-8’de guse boyunun kiriş ağırlığına etkisi

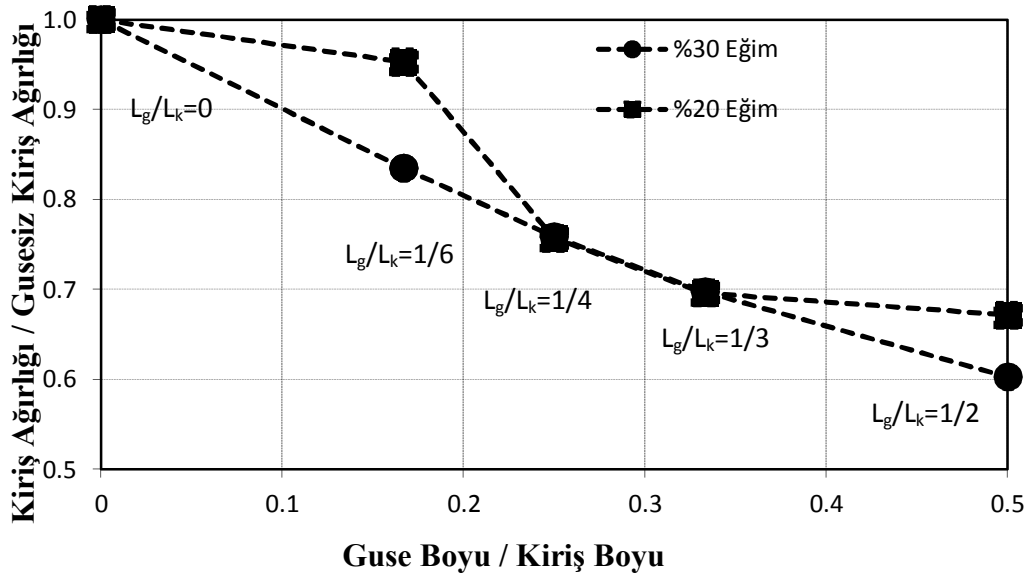


**Şekil 3.63:** Ç16-8’de guse boyunun çerçeve ağırlığına etkisi

Çatı eğimi %30 olan 16 m'lik ağır kaplamalı çerçeveye (Ç16-8) ait sonuçlar incelendiğinde;

- Tüm guse boyları için gerilme kriterinin tasarımda etkili olduğu görülmüştür.
- En büyük malzeme ekonomisi  $L_k/2$  lik guse boyunda elde edilmiştir. Bu durumda çerçevede kullanılan kiriş ağırlığı gusesiz kirişe göre %41 daha düşük elde edilmiştir. Toplam çerçeve ağırlığı bakımından karşılaştırıldığında bu oran %13 olarak elde edilmiştir.
- **Etkin guse boyunun  $L_k/2$  olduğu** söylenebilmektedir.
- En küçük guse boyu ( $L_k/6$ ) ile etkin guse boyunun ( $L_k/2$ ) ekonomi farkı %23 olarak elde edilmiştir.

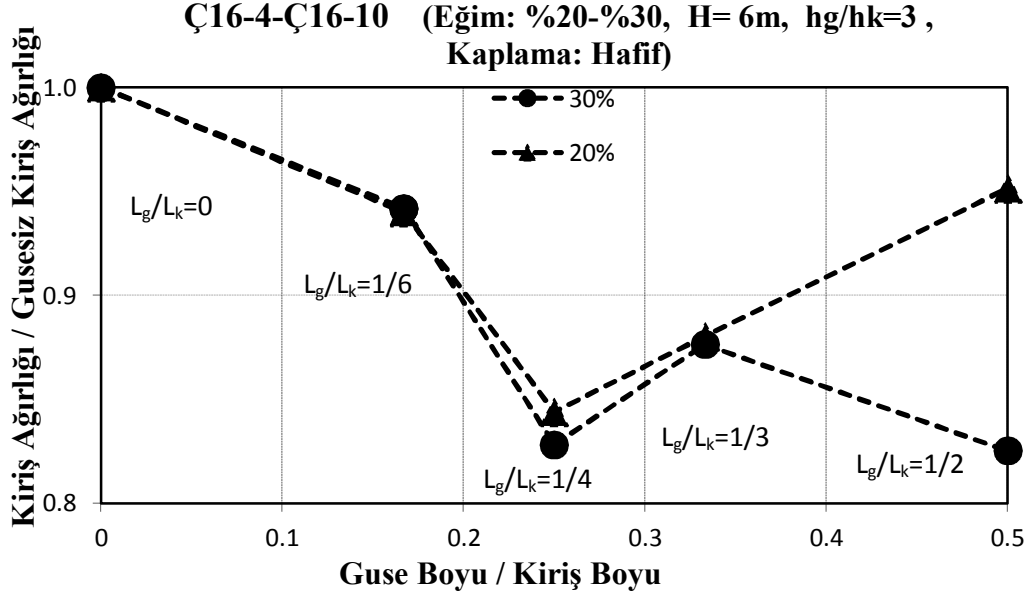
Ç16-2 ve Ç16-8 (Eğim: %20-%30, H= 6m,  $h_g/h_k=3$ ,  
Kaplama: Ağır)



Şekil 3.64: Ç16'da çatı eğiminin kiriş ağırlığına etkisi (Ağır- $h_g/h_k=3$ -H=6m)

Çatı eğimi %20 ve %30 olan 16 m'lik ağır kaplamalı çerçevelere ait sonuçlar karşılaştırıldığında;

- Genel olarak %30 eğimli çerçeve daha ekonomik sonuç vermiştir ve sonuçlar birbirine çok yakındır.
- Çatı eğimi etkin guse boyunu değiştirmiştir. %20 eğim için  $L_k/3$ , %30 eğim için etkin guse boyu  $L_k/2$ 'dir.



**Şekil 3.65:** Ç16'da çatı eğiminin kiriş ağırlığına etkisi (Hafif- $h_g/h_k=3$ - $H=6$ m)

*Çatı eğimi %20 ve %30 olan 16 m'lik çerçevelere ait sonuçlar karşılaştırıldığında;*

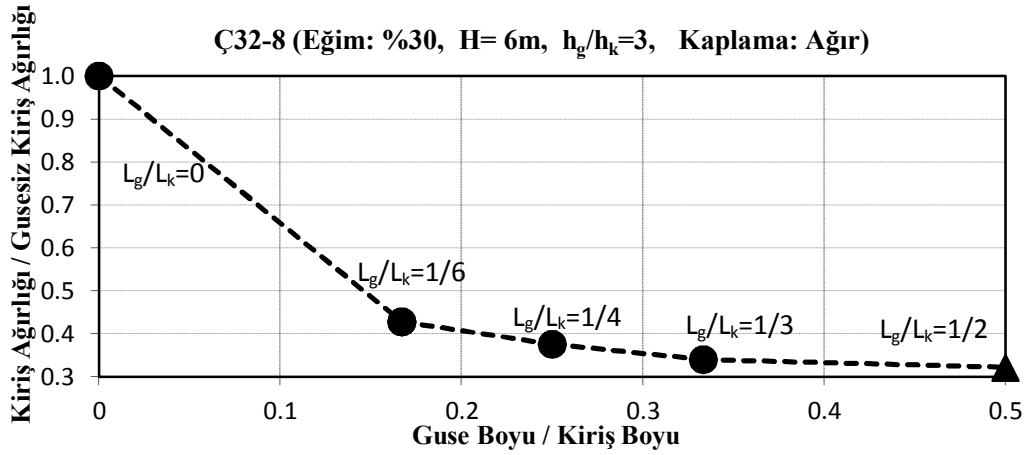
- Genel olarak sonuçlar birbirine çok yakındır.  $L_k/2$  guse boyu için %30 eğim daha fazla malzeme tasarrufu sağlamıştır.
- Çatı eğimi etkin guse boyunu değiştirmemiştir. Her iki eğim için de etkin guse boyu  $L_k/4$  tür.

*Ç32'ye ait sonuçlar:* 2 farklı çatı eğimi için yapılan tasarımlar sonucunda elde edilen kiriş profili boyutları, guse ağırlıkları ve tasarımda etkili kriterler Tablo3.3'te özetlenmiştir. Ç32-2, Ç32-8. Ç32-4, Ç32-10'a ait grafikler Şekil 3.66-3.69'da sunulmuştur.

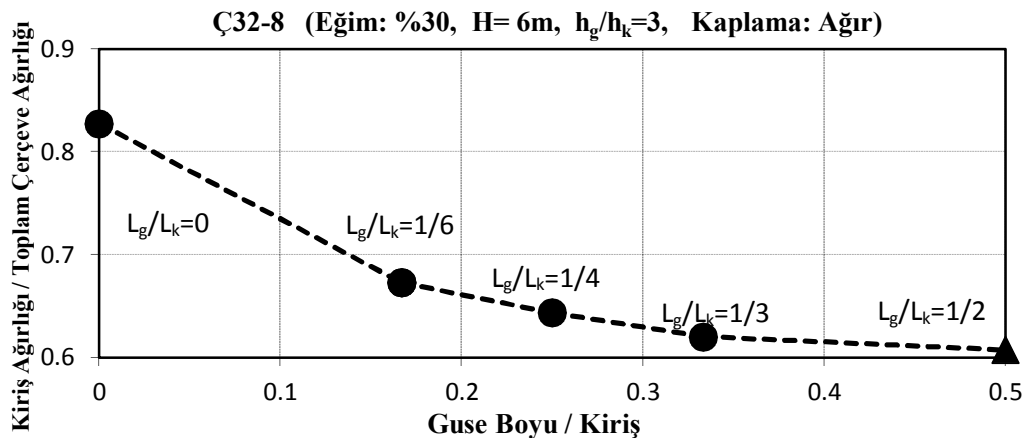
**Tablo 3.33:** Ç32-8’de farklı guse boyları için elde edilen kiriş tasarım sonuçları

Eğim = %30, Kaplama= ağır, $h_g/h_k=3$ , H=6 m, Kolon=IPE 500						
$L_g/L_k$	Kiriş Profili	Gusesiz Kiriş Ağırlığı (kg)	Guse Ağırlığı (kg)	Kiriş Toplam Ağırlığı (kg)	Kiriş Toplam Ağırlığı / Gusesiz Kiriş Ağırlığı	Tasarımda Etkili Kriter
0	YIPE800	10855	0	10855	0	Gerilme
1 / 6	IPE600	4074	570	4644	1.14	Gerilme
1 / 4	IPE550	3540	540	4080	1.16	Gerilme
1 / 3	IPE500	3030	660	3690	1.22	Gerilme
1 / 2	IPE450	2592	905	3496	1.35	Gerilme

$L_g/L_k=1/6$  ve  $L_g/L_k=1/4$  guseleri için başlık kalınlığı  $t_f=15$  mm, gövde kalınlığı  $t_w=15$  mm, diğer guseler için başlık kalınlığı  $t_f=10$ mm, gövde kalınlığı  $t_w=10$  mm  
 YIPE: Standart profiller yetersiz olduğu için kullanılan yapma profilleri göstermektedir.  
 Yapma profil başlık ve gövde kalınlığı 25mm, başlık genişliği 40cm



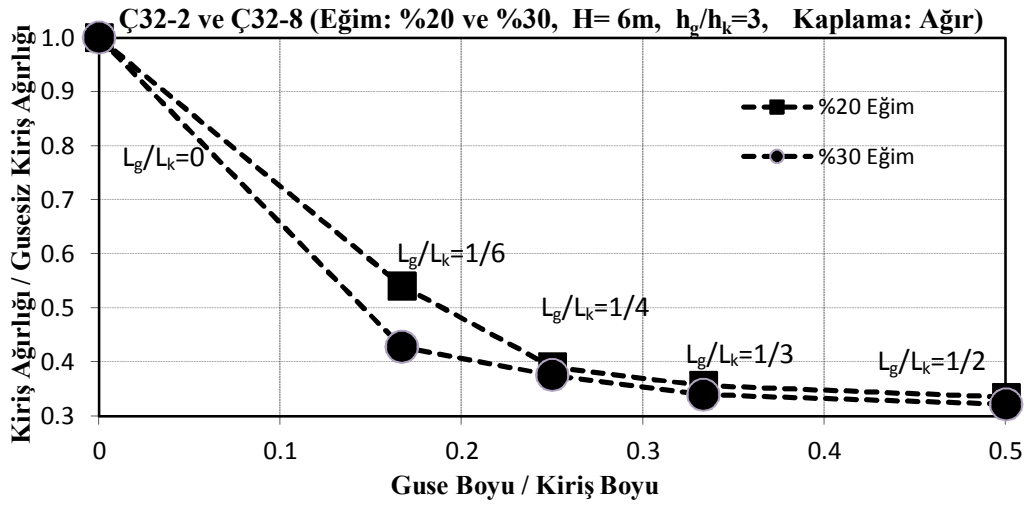
**Şekil 3.66:** Ç32-8’de guse boyunun kiriş ağırlığına etkisi



**Şekil 3.67:** Ç32-8’de guse boyunun çerçeve ağırlığına etkisi

Çatı eğimi %30 olan 32 m'lik ağır kaplamalı çerçeveye (Ç32-8) ait sonuçlar incelendiğinde;

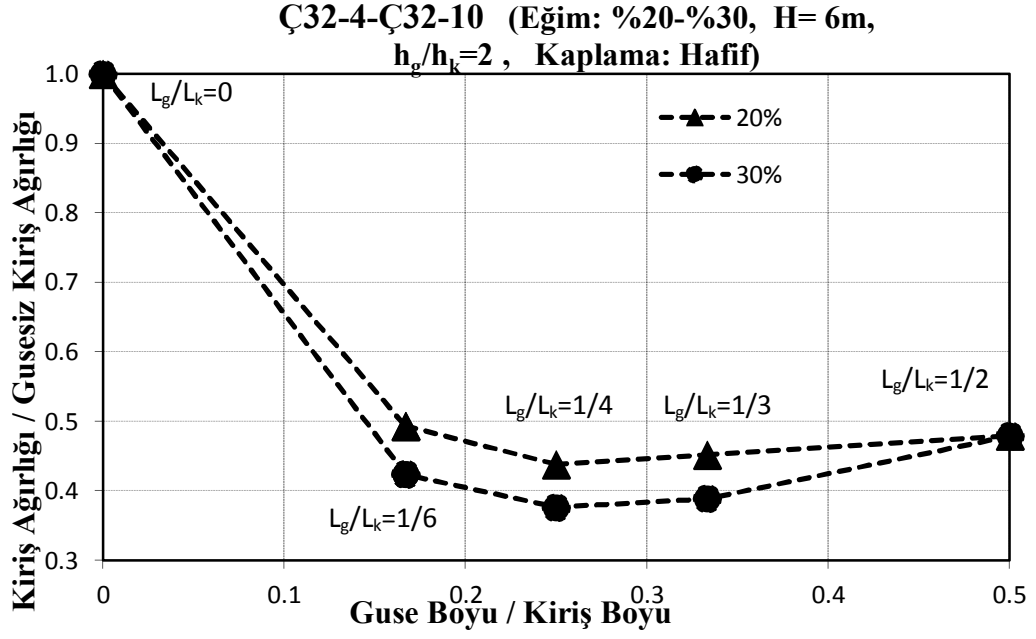
- Tüm guse boyları için gerilme kriterinin tasarımda etkili olduğu görülmüştür.
- En büyük malzeme ekonomisi  $L_k/2$  lik guse boyunda elde edilmiştir. Bu durumda çerçevede kullanılan kiriş ağırlığı gusesiz kirişe göre %68 daha düşük elde edilmiştir. Toplam çerçeve ağırlığı bakımından karşılaştırıldığında bu oran %22 olarak elde edilmiştir.
- $L_k/2$  guse boyu kullanılması durumunda malzeme tasarrufu artışı %5'in altında kalmıştır. Buna göre **etkin guse boyunun  $L_k/3$**  olduğu söylenebilmektedir. Etkin guse boyu ile gusesiz kirişe göre %66 malzeme tasarrufu sağlanmıştır.
- En küçük guse boyu ( $L_k/6$ ) ile etkin guse boyunun ( $L_k/3$ ) ekonomi farkı %8 olarak elde edilmiştir.



Şekil 3.68: Ç32'de çatı eğiminin kiriş ağırlığına etkisi (Ağır- $h_g/h_k=3$ -H=6m)

Çatı eğimi %20 ve %30 olan 32 m'lik ağır kaplamalı çerçevelere ait sonuçlar karşılaştırıldığında;

- Tüm guse boylarında %30 eğimli çerçeve daha ekonomik sonuç vermiştir ve sonuçlar birbirine çok yakındır.
- Çatı eğimi etkin guse boyunu değiştirmemiştir. Her iki eğim için de etkin guse boyu  $L_k/3$ 'tür.



**Şekil 3.69:** Ç32’de çatı eğiminin kiriş ağırlığına etkisi (Hafif-h<sub>g</sub>/h<sub>k</sub>=3-H=6m)

Çatı eğimi %20 ve %30 olan 32 m’lik ağır kaplamalı çerçevelere ait sonuçlar karşılaştırıldığında;

- Tüm guse boylarında %30 eğimli çerçeve daha ekonomik sonuç vermiştir ve sonuçlar birbirine çok yakındır.
- Çatı eğimi etkin guse boyunu değiştirmemiştir. Her iki eğim için de etkin guse boyu  $L_k/4$ ’tür.

### 3.6 Çerçeve Yüksekliği Etkisinin İncelenmesi

Bu bölümde çerçeve yüksekliğinin tasarım sonuçlarına etkisi incelenmiştir. Bunun için L=16 m ve L=24 m'lik hafif ve ağır kaplamalı çerçevelerde yapı yüksekliği 3 m ve 6 m olarak tasarımlar yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çerçevelerin diğer ortak özellikleri Tablo 3.34'te, çerçeve yüksekliğinin etkisi incelenen çerçevelere ait ağırlık, periyot, deprem ve rüzgar taban kesme kuvvetleri Tablo 3.35'te verilmiştir.

**Tablo 3.34:** Çerçeve yüksekliğinin etkisi incelenen çerçevelerin özellikleri

Çerçeve Adı	Açıklık (m)			Kaplama Ağırlığı		Çatı Eğimi		Maks. Guse Yüksekliği		Çerçeve Yüksekliği	
	16	24	32	Hafif	Ağır	%20	%30	$h_g = 3 h_k$	$h_g = 2 h_k$	H=6m	H=3m
Ç24-1		X		X		X		X		X	
Ç24-5		X		X		X		X			X
Ç24-2		X			X	X		X		X	
Ç24-7		X			X	X		X			X
Ç16-1	X			X		X		X		X	
Ç16-5	X			X		X		X			X
Ç16-4	X			X		X			X	X	
Ç16-11	X			X		X			X		X



**Tablo 3.35:** Çerçeve yüksekliğinin etkisi incelenen çerçevelere ait ağırlık, periyot, deprem ve rüzgar taban kesme kuvveti oranları

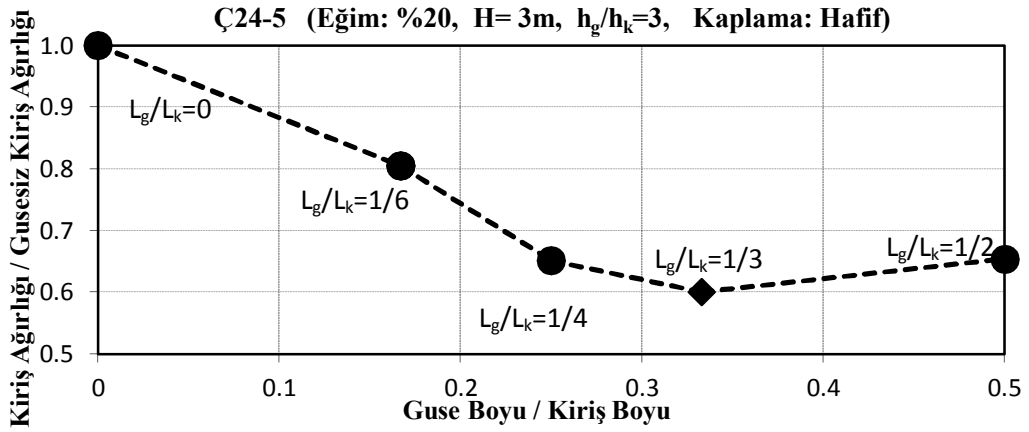
Çerçeve adı		Çerçeve Ağırlığı (kN)	Periyot (sn)	Deprem taban kesme kuvveti/ Çerçeve ağırlığı	Rüzgar taban kesme kuvveti/ Çerçeve ağırlığı
Ç24-1	a	28.79	0.330	0.200	0.275
	b	24.99	0.381	0.200	0.282
	c	23.67	0.380	0.200	0.283
	d	22.50	0.403	0.198	0.285
	e	22.55	0.397	0.200	0.285
Ç24-5	a	23.45	0.139	0.205	0.305
	b	19.65	0.145	0.203	0.315
	c	16.66	0.159	0.200	0.320
	d	15.66	0.159	0.200	0.322
	e	16.71	0.152	0.200	0.320
Ç24-2	a	50.64	0.363	0.200	0.067
	b	38.54	0.396	0.200	0.074
	c	35.99	0.392	0.200	0.076
	d	33.72	0.403	0.199	0.078
	e	33.22	0.405	0.198	0.078
Ç24-7	a	42.36	0.158	0.200	0.075
	b	30.62	0.168	0.200	0.080
	c	27.71	0.171	0.200	0.085
	d	25.44	0.170	0.200	0.087
	e	22.78	0.177	0.200	0.092
Ç16-1	a	14.86	0.401	0.199	0.412
	b	13.62	0.390	0.200	0.414
	c	14.05	0.378	0.200	0.413
	d	13.40	0.383	0.200	0.415
	e	13.25	0.377	0.200	0.415
Ç16-5	a	12.27	0.159	0.200	0.230
	b	10.80	0.153	0.200	0.240
	c	10.15	0.154	0.200	0.241
	d	8.63	0.164	0.200	0.250
	e	8.53	0.174	0.200	0.251
Ç16-4	a	14.86	0.401	0.199	0.412
	b	14.38	0.370	0.200	0.413
	c	13.61	0.387	0.200	0.414
	d	13.90	0.379	0.200	0.414
	e	14.47	0.364	0.200	0.413
Ç16-11	a	12.27	0.159	0.200	0.230
	b	9.48	0.167	0.200	0.242
	c	8.73	0.165	0.200	0.253
	d	8.93	0.163	0.200	0.250
	e	7.89	0.182	0.200	0.255

*Ç24'e ait sonuçlar:* Ç24'te 2 farklı çerçeve yüksekliği için yapılan tasarımlar sonucunda elde edilen kiriş profili boyutları, guse ağırlıkları ve tasarımda etkili kriterler Tablo 3.36- 3.37'de özetlenmiştir. Ç24-1, Ç24-5, Ç24-2, Ç24-7'e ait grafikler Şekil 3.70-3.75'te sunulmuştur.

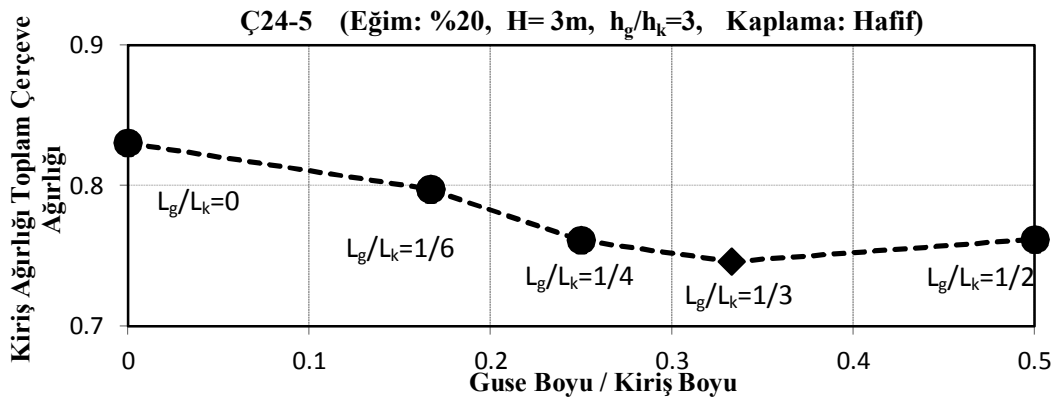
**Tablo 3.36:** Ç24-5'te farklı guse boyları için elde edilen kiriş tasarım sonuçları

Eğim = %20, Kaplama= hafif, $h_g/h_k=3$ , H=3m, Kolon=IPE 450						
$L_g/L_k$	Kiriş Profili	Gusesiz Kiriş Ağırlığı (kg)	Guse Ağırlığı (kg)	Kiriş Toplam Ağırlığı (kg)	Kiriş Toplam Ağırlığı / Gusesiz Kiriş Ağırlığı	Tasarımda Etkili Kriter
0	IPE450	1900	0	1900	1	Gerilme
1 / 6	IPE360	1397	170	1567	1.12	Gerilme
1 / 4	IPE300	1033	235	1268	1.22	Gerilme
1 / 3	IPE270	883	285	1168	1.32	Gerilme
1 / 2	IPE270	883	440	1273	1.44	Gerilme

Guse için başlık kalınlığı  $t_f=10$  mm, gövde kalınlığı  $t_w=10$  mm



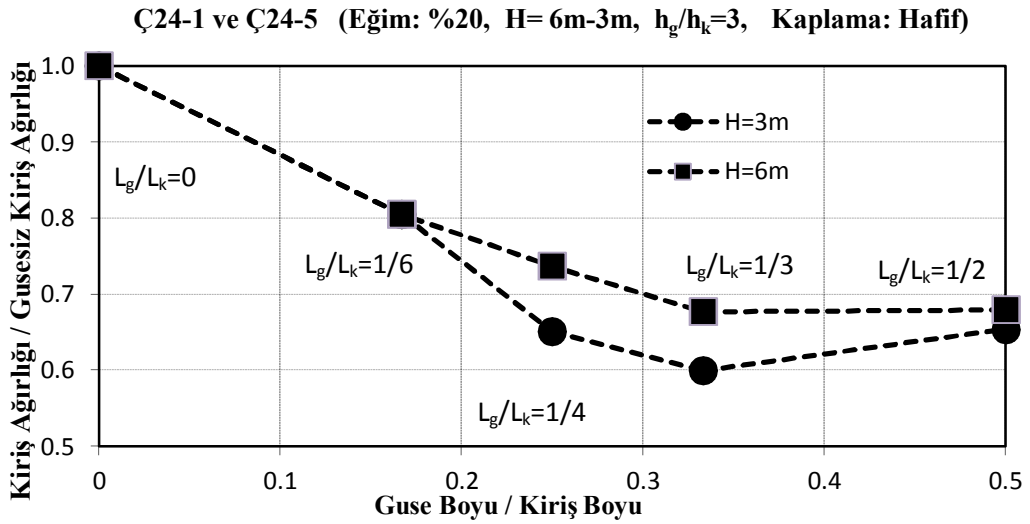
**Şekil 3.70:** Ç24-5'te guse boyunun kiriş ağırlığına etkisi



**Şekil 3.71:** Ç24-5'te guse boyunun toplam çerçeve ağırlığına etkisi

Çerçeve yüksekliği 3 m olan 24 m'lik çerçeveye (Ç24-5) ait sonuçlar incelendiğinde;

- Tüm guse boyları için gerilme kriterinin tasarımda etkili olduğu görülmüştür.
- En büyük malzeme ekonomisi  $L_k/3$  lik guse boyunda elde edilmiştir. Bu durumda çerçevede kullanılan kiriş ağırlığı gusesiz kirişe göre %35 daha düşük elde edilmiştir. Toplam çerçeve ağırlığı bakımından karşılaştırıldığında bu oran %7 olarak elde edilmiştir.
- $L_k/2$  guse boyu kullanılması durumunda malzeme tasarrufu azalmıştır. Buna göre **etkin guse boyunun  $L_k/3$**  olduğu söylenebilmektedir.
- En küçük guse boyu ( $L_k/6$ ) ile etkin guse boyunun ( $L_k/6$ ) ekonomi farkı %20 olarak elde edilmiştir.



Şekil 3.72: Ç24'te çerçeve yüksekliğinin kiriş ağırlığına etkisi (Hafif- $h_g/h_k=3$ -%20 eğimli)

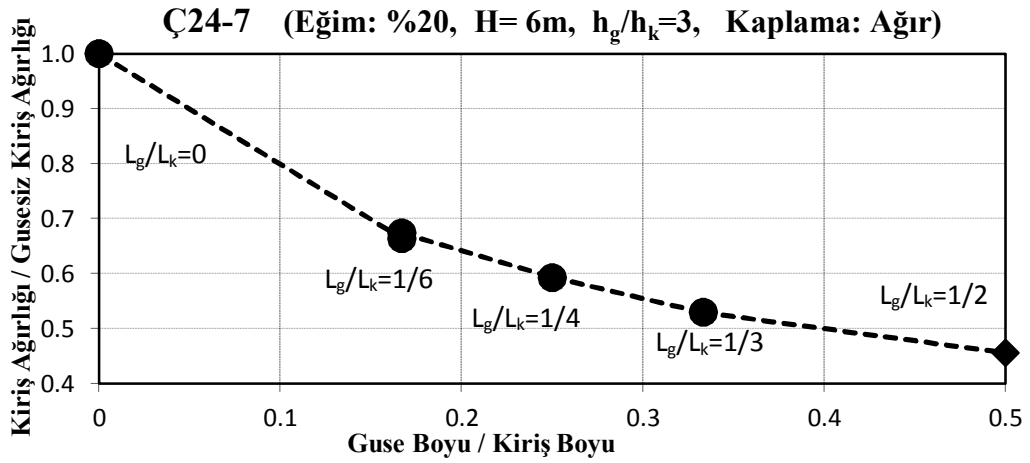
Çerçeve yüksekliği 3 m ve 6 m olan 24 m'lik çerçevelere ait sonuçlar karşılaştırıldığında;

- Tüm guse boyları için 3 m çerçeve yüksekliğinde guse etkisi ile daha fazla malzeme ekonomisi elde edilmiştir.
- Çerçeve yüksekliği etkin guse boyunu değiştirmemiştir. Her iki çerçeve için de etkin guse boyu  $L_k/3$ 'tür.

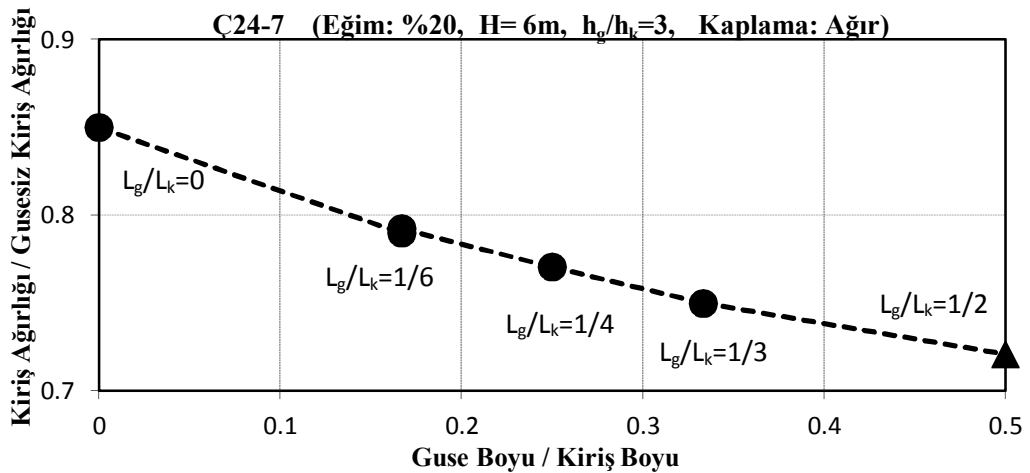
**Tablo 3.37:** Ç24-7’de farklı guse boyları için elde edilen kiriş tasarım sonuçları

Eğim = %20, Kaplama= ağır, $h_g/h_k=3$ , H=3 m, Kolon=IPE 550						
$L_g/L_k$	Kiriş Profili	Gusesiz Kiriş Ağırlığı (kg)	Guse Ağırlığı (kg)	Kiriş Toplam Ağırlığı (kg)	Kiriş Toplam Ağırlığı / Gusesiz Kiriş Ağırlığı	Tasarımda Etkili Kriter
0	YIPE750	3600	0	3600	1	Gerilme
1 / 6	IPE500	2220	206	2426	1.09	Gerilme
1 / 4	IPE450	1900	235	2135	1.12	Gerilme
1 / 3	IPE400	1623	285	1908	1.18	Gerilme
1 / 2	IPE330	1202	440	1642	1.36	Gerilme

YIPE: Standart profiller yetersiz olduğu için kullanılan yapma profilleri göstermektedir.  
Guse için başlık kalınlığı  $t_f=10$  mm, gövde kalınlığı  $t_w=10$  mm



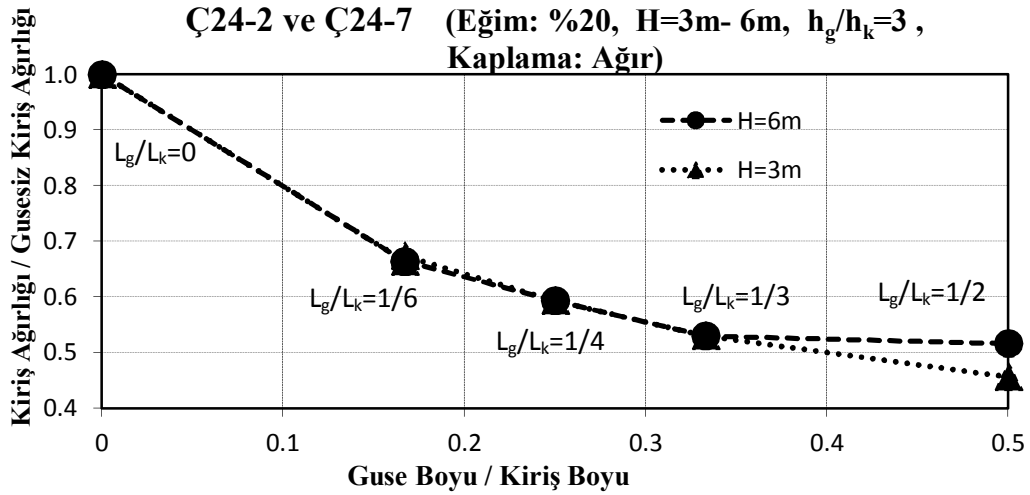
**Şekil 3.73:** Ç24-7’de guse boyunun kiriş ağırlığına etkisi



**Şekil 3.74:** Ç24-7’de guse boyunun toplam çerçeve ağırlığına etkisi

Çerçeve yüksekliği 3 m olan 24 m'lik ağır kaplamalı çerçeveye (Ç24-7) ait sonuçlar incelendiğinde;

- Tüm guse boyları için gerilme kriterinin tasarımda etkili olduğu görülmüştür.
- En büyük malzeme ekonomisi  $L_k/2$  lik guse boyunda elde edilmiştir. Bu durumda çerçevede kullanılan kiriş ağırlığı gusesiz kirişe göre %55 daha düşük elde edilmiştir. Toplam çerçeve ağırlığı bakımından karşılaştırıldığında bu oran %13 olarak elde edilmiştir.
- **Etkin guse boyunun  $L_k/2$  olduğu** söylenebilmektedir.
- En küçük guse boyu ( $L_k/6$ ) ile etkin guse boyunun ( $L_k/2$ ) ekonomi farkı %20 olarak elde edilmiştir.



**Şekil 3.75:** Ç24'te çerçeve yüksekliğinin kiriş ağırlığına etkisi (Ağır- $h_g/h_k=3$ -%20 eğimli)

Çerçeve yüksekliği 3 m ve 6 m olan 24 m'lik ağır kaplamalı çerçevelere ait sonuçlar karşılaştırıldığında;

- Tüm guse boyları için çerçeveler çok yakın sonuçlar vermiştir.
- Çerçeve yüksekliği etkin guse boyunu değiştirmiştir. 6 m'lik çerçevede etkin guse boyu  $L_k/3$ , 3 m'lik çerçevede etkin guse boyu  $L_k/2$ 'dir.

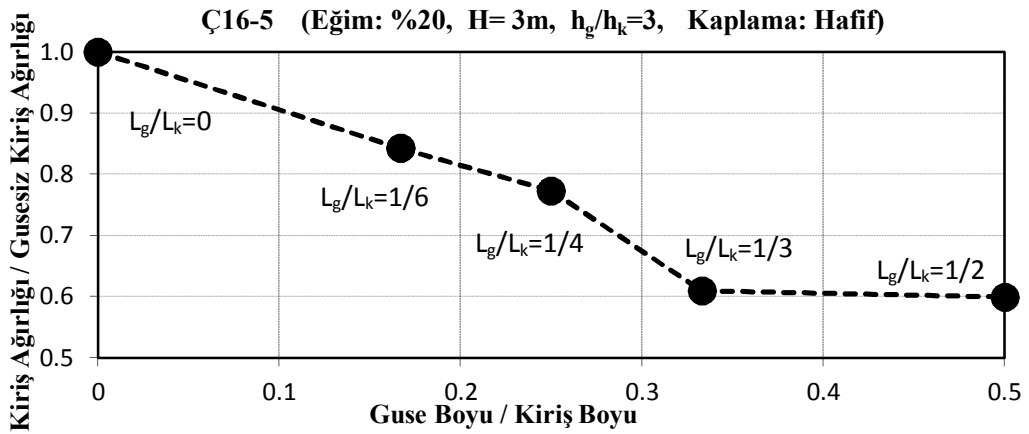
Ç16'e ait sonuçlar: Ç16'da 2 farklı çerçeve yüksekliği için yapılan tasarımlar sonucunda elde edilen kiriş profili boyutları, guse ağırlıkları ve tasarımda etkili

kriterler Tablo 3.38- 3.39’da özetlenmiştir. Ç16-1, Ç16-5, Ç16-10, Ç16-11’e ait grafikler Şekil 3.76- 3.77- 3.78- 3.79’da sunulmuştur.

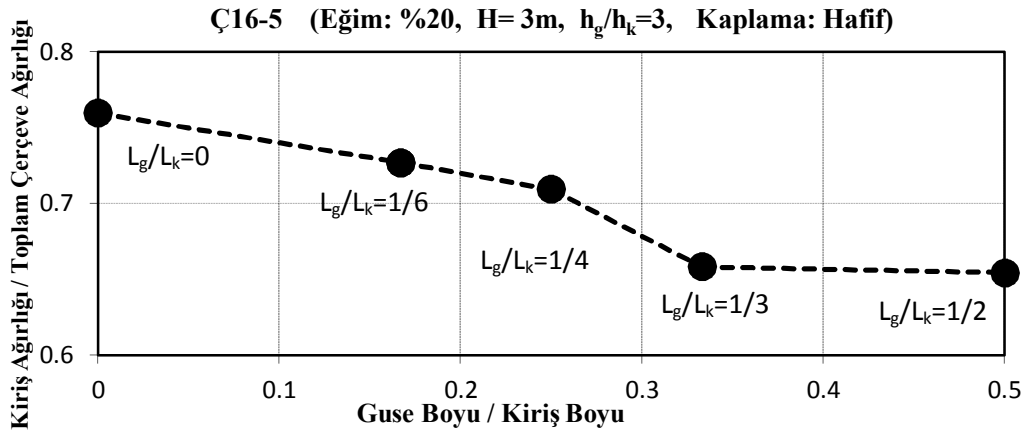
**Tablo 3.38:** Ç16-5’te farklı guse boyları için elde edilen kiriş tasarım sonuçları

Eğim = %20, Kaplama= hafif, $h_g/h_k=3$ , H=3 m, Kolon=IPE 330						
$L_g/L_k$	Kiriş Profili	Gusesiz Kiriş Ağırlığı (kg)	Guse Ağırlığı (kg)	Kiriş Toplam Ağırlığı (kg)	Kiriş Toplam Ağırlığı / Gusesiz Kiriş Ağırlığı	Tasarımda Etkili Kriter
0	IPE360	932	0	932	1	Gerilme
1 / 6	IPE300	689	96	785	1.14	Gerilme
1 / 4	IPE270	590	130	720	1.22	Gerilme
1 / 3	IPE220	428	140	568	1.33	Gerilme
1 / 2	IPE200	366	192	558	1.52	Gerilme

Guse için başlık kalınlığı  $t_f=10$  mm, gövde kalınlığı  $t_w=10$  mm



**Şekil 3.76:** Ç16-5’te guse boyunun kiriş ağırlığına etkisi

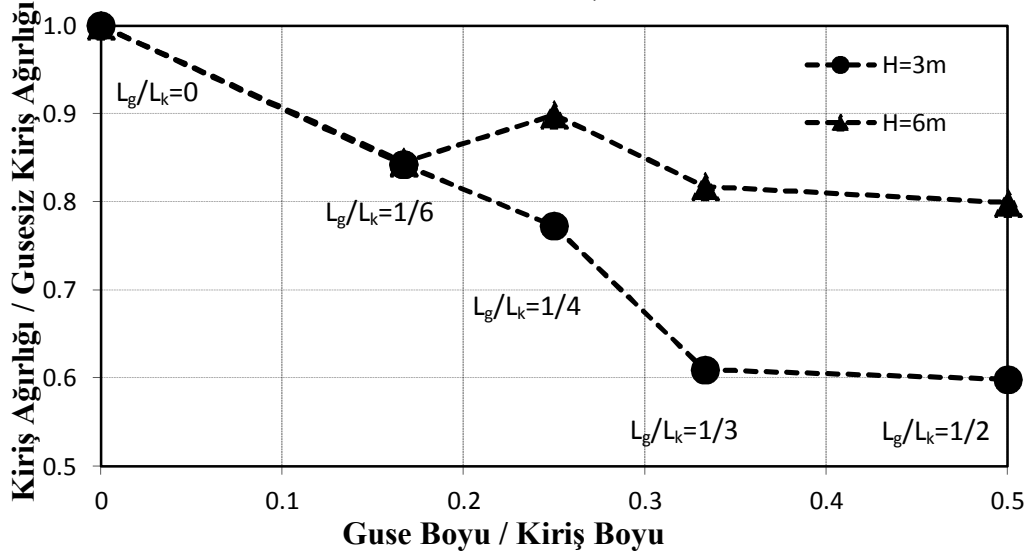


**Şekil 3.77:** Ç16-5’te guse boyunun toplam çerçeve ağırlığına etkisi

*Çerçeve yüksekliği 3 m olan 16 m'lik çerçeveye (Ç16-5) ait sonuçlar incelendiğinde;*

- Tüm guse boyları için gerilme kriterinin tasarımda etkili olduğu görülmüştür.
- En büyük malzeme ekonomisi  $L_k/2$  lik guse boyunda elde edilmiştir. Bu durumda çerçevede kullanılan kiriş ağırlığı gusesiz kirişe göre %40 daha düşük elde edilmiştir. Toplam çerçeve ağırlığı bakımından karşılaştırıldığında bu oran %11 olarak elde edilmiştir.
- $L_k/3$ 'ten daha büyük guse boyu kullanılması durumunda sağlanan malzeme tasarrufu artışı %5'in altında kalmıştır. Buna göre **etkin guse boyunun  $L_k/3$**  olduğu söylenebilmektedir. Etkin guse boyu ile gusesiz kirişe göre %39 malzeme tasarrufu sağlanmıştır.
- En küçük guse boyu ( $L_k/6$ ) ile etkin guse boyunun ( $L_k/3$ ) ekonomi farkı %24 olarak elde edilmiştir.

Ç16-1-Ç16-5 (Eğim: %20, H= 6m-3m,  $h_g/h_k=3$ , Kaplama: Hafif)



Şekil 3.78: Ç16'da çerçeve yüksekliğinin kiriş ağırlığına etkisi (Hafif- $h_g/h_k=3$ -%20 eğimli)

Çerçeve yüksekliği 3 m ve 6 m olan 16 m'lik çerçevelere ait sonuçlar karşılaştırıldığında;

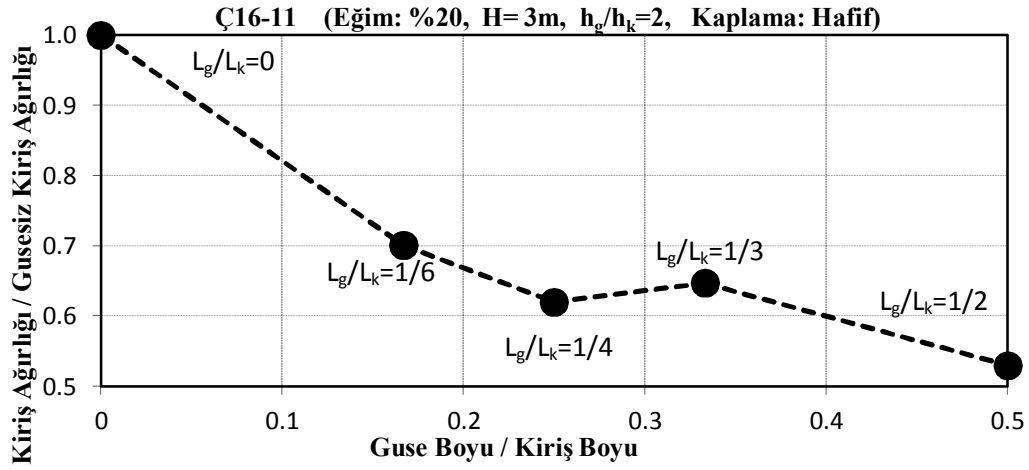
- Tüm guse boyları için 3 m çerçeve yüksekliğinde guse etkisi ile daha fazla malzeme ekonomisi elde edilmiştir.
- Çerçeve yüksekliği etkin guse boyunu değiştirmiştir. Yüksekliği 3 m olan çerçevede etkin guse boyu  $L_k/3$ , yüksekliği 6m olanda etkin guse boyu  $L_k/6$ 'dır.



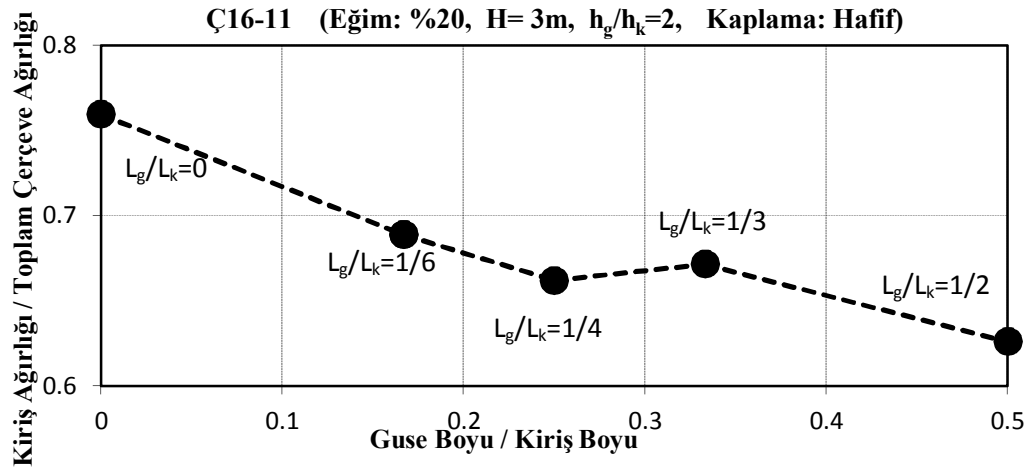
**Tablo 3.39:** Ç16-11’de farklı guse boyları için elde edilen kiriş tasarım sonuçları

Eğim = %20, Kaplama=hafif, $h_g/h_k=2$ , H=3m, Kolon=IPE 330						
$L_g/L_k$	Kiriş Profili	Gusesiz Kiriş Ağırlığı (kg)	Guse Ağırlığı (kg)	Kiriş Toplam Ağırlığı (kg)	Kiriş Toplam Ağırlığı / Gusesiz Kiriş Ağırlığı	Tasarımda Etkili Kriter
0	IPE360	932	0	932	1	Gerilme
1 / 6	IPE270	590	58	653	1.11	Gerilme
1 / 4	IPE240	501	77	578	1.15	Gerilme
1 / 3	IPE240	501	102	603	1.20	Gerilme
1 / 2	IPE200	366	128	494	1.35	Gerilme

Guse için başlık kalınlığı  $t_f=10$  mm, gövde kalınlığı  $t_w=10$  mm



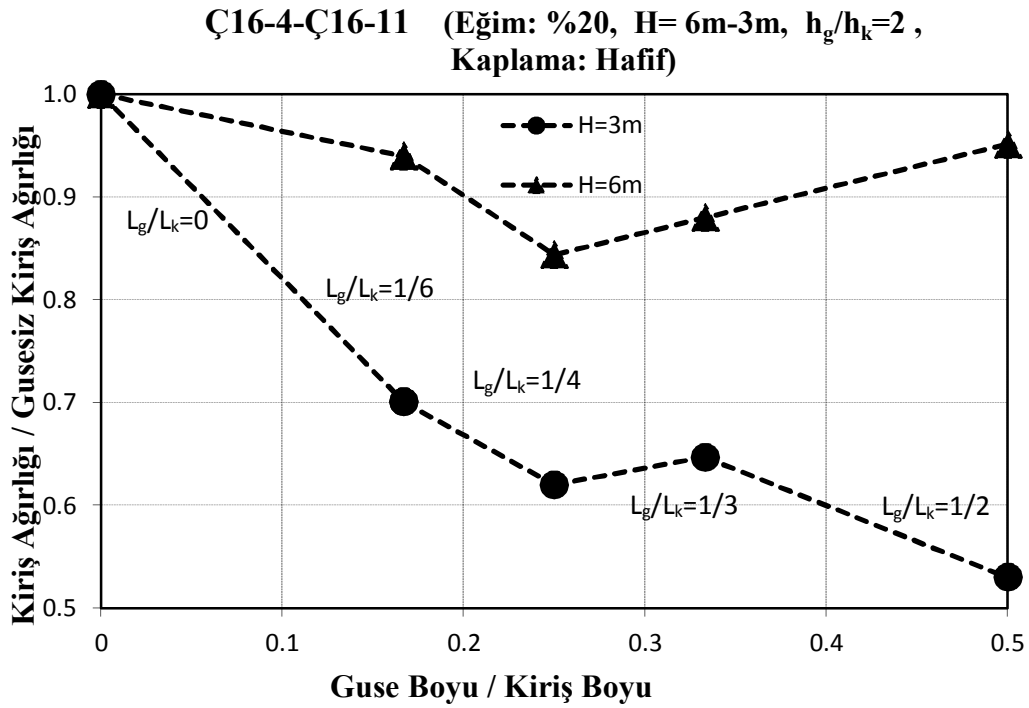
**Şekil 3.79:** Ç16-11’de guse boyunun kiriş ağırlığına etkisi



**Şekil 3.80:** Ç16-11’de guse boyunun toplam çerçeve ağırlığına etkisi

Çerçeve yüksekliği 3 m olan 16 m'lik çerçeveye (Ç16-11) ait sonuçlar incelendiğinde;

- Tüm guse boyları için gerilme kriterinin tasarımda etkili olduğu görülmüştür.
- En büyük malzeme ekonomisi  $L_k/2$  lik guse boyunda elde edilmiştir. Bu durumda çerçevede kullanılan kiriş ağırlığı gusesiz kirişe göre %57 daha düşük elde edilmiştir. Toplam çerçeve ağırlığı bakımından karşılaştırıldığında bu oran %14 olarak elde edilmiştir.
- **Etkin guse boyunun  $L_k/2$  olduğu** söylenebilmektedir.
- En küçük guse boyu ( $L_k/6$ ) ile etkin guse boyunun ( $L_k/2$ ) ekonomi farkı %17 olarak elde edilmiştir.



**Şekil 3-81:** Ç16'da çerçeve yüksekliğinin kiriş ağırlığına etkisi (Hafif- $h_g/h_k=2$ -%20 eğimli)

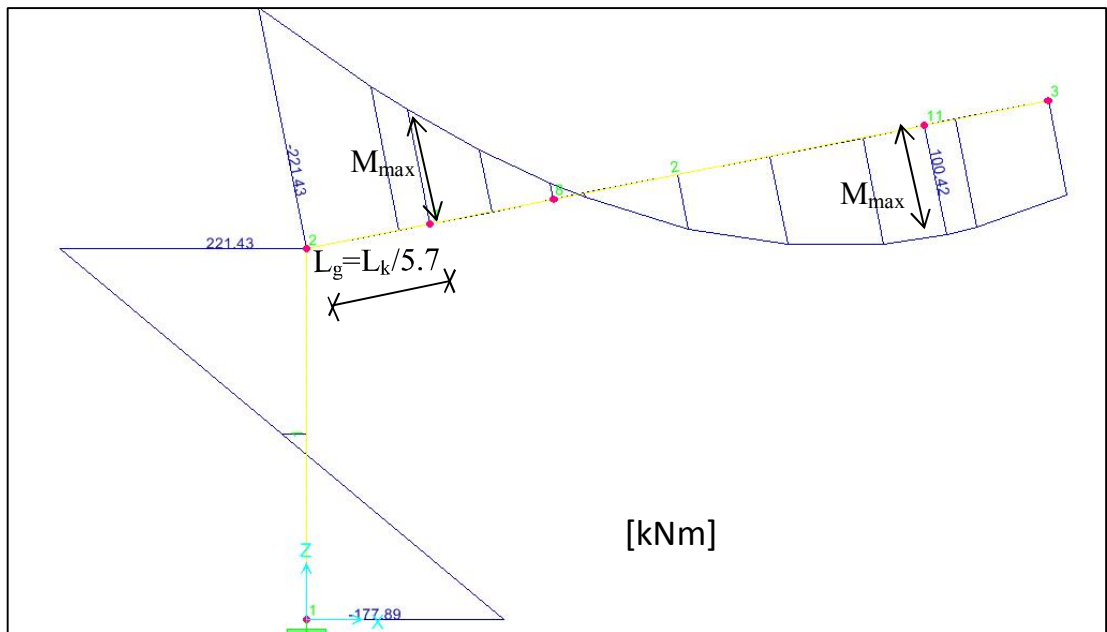
Çerçeve yüksekliği 3 m ve 6 m olan 16 m'lik çerçevelere ait sonuçlar karşılaştırıldığında;

- Tüm guse boyları için 3 m çerçeve yüksekliğinde guse etkisi ile daha fazla malzeme ekonomisi elde edilmiştir.

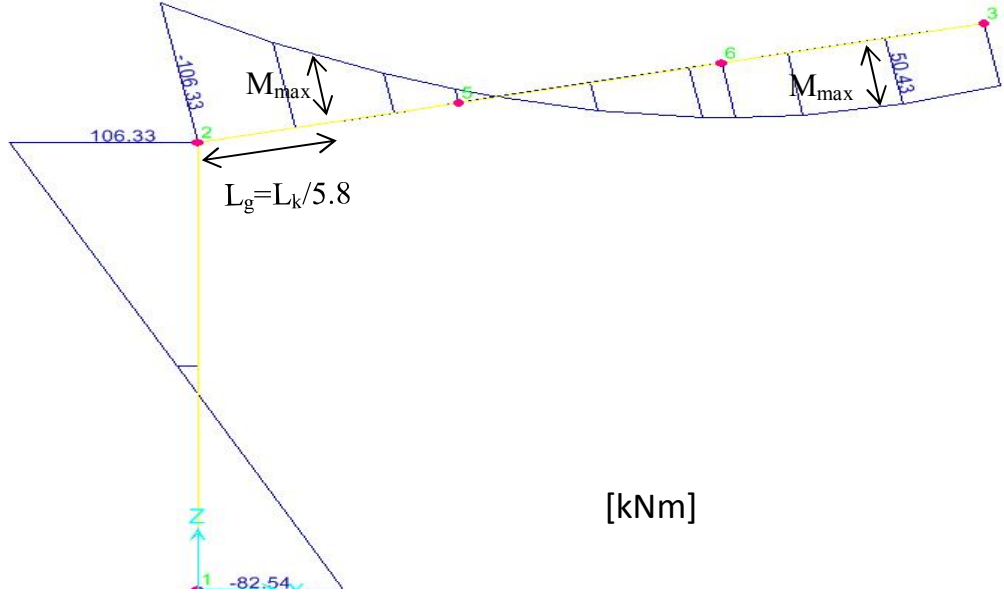
- Çerçeve yüksekliği etkin guse boyunu değiştirmiştir. Yüksekliği 3 m olan çerçevede etkin guse boyu  $L_k/2$ , yüksekliği 6m olanda etkin guse boyu  $L_k/4$ 'tür.

### 3.7 Düşey Yük Moment Dağılımı İle Guse Boyu Tayininin Değerlendirilmesi

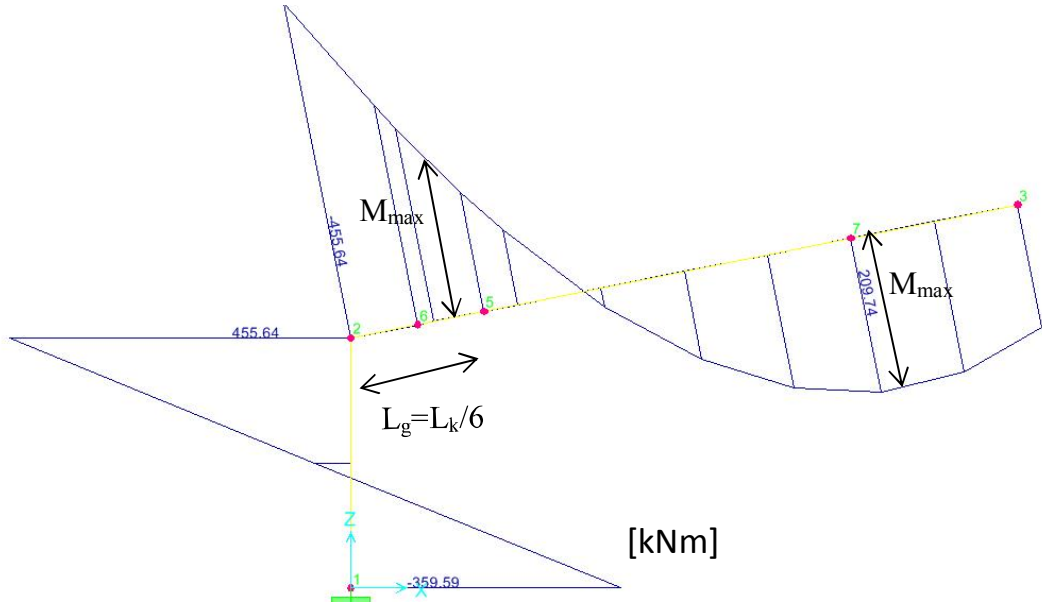
Ç24-1, Ç16-2, Ç32-1 için etkin guse boyları  $L_k/3$  olarak belirlenmiştir. Aynı çerçeveler için düşey yük moment dağılımı ile giriş guse boyu hesaplandığında [12] sonuçlar sırası ile  $L_k/5.7$ ,  $L_k/5.8$ ,  $L_k/5.7$  olarak elde edilmiştir.(Şekil 3.82-3.84) Buna göre düşey yük moment dağılımı yaklaşımı ile guse boyu belirleme yönteminin en ekonomik sonucu vermede yeterli olmadığı görülmüştür.



Şekil 3.82: Ç24-1'de düşey yük moment dağılımı yaklaşımı ile guse boyu tayini



Şekil 3.83: Ç16-2’de düşey yük moment dağılımı yaklaşımı ile guse boyu tayini



Şekil 3.84: Ç32-1’de düşey yük moment dağılımı yaklaşımı ile guse boyu tayini

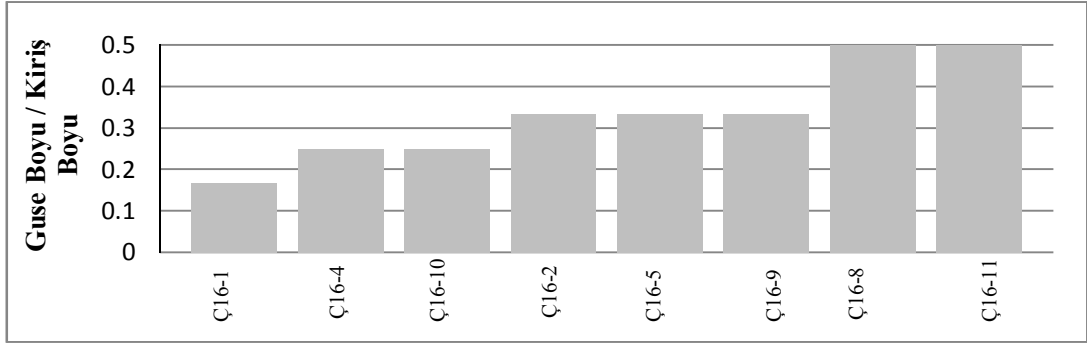
### 3.8 Genel Değerlendirmeler

Bu bölümde çalışmada incelenen tüm çerçevelere ait

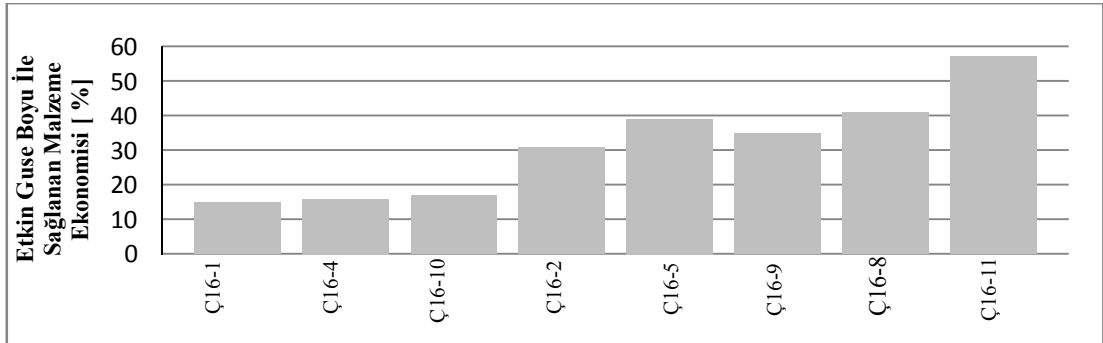
- Etkin guse boyları,
- Etkin guse boyları ile sağlanan malzeme ekonomisi değerleri ve
- Etkin guse boyu ile çalışmada incelenen en küçük guse boylarının sağladıkları ekonomi farkları

herbir parametre için ayrı ayrı gruplandırılarak değerlendirilmiştir. Ayrıca çalışmada incelenen tüm çerçevelerden elde edilen sonuçlar için de genel değerlendirmeler yapılmıştır.

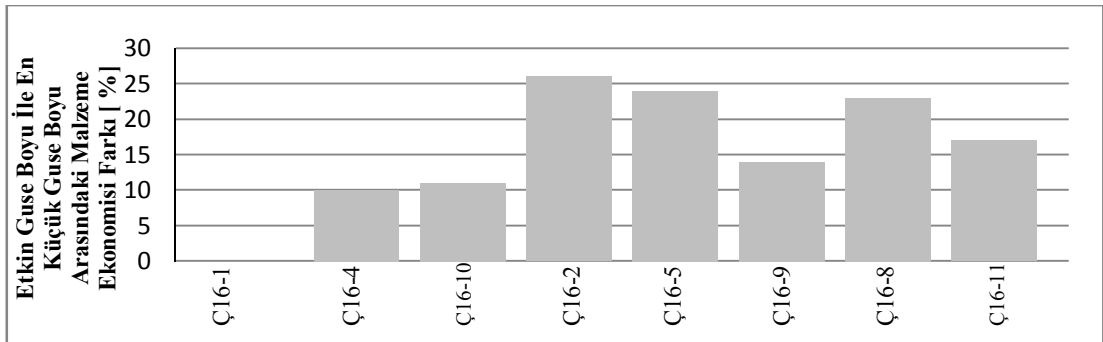
16 m'lik çerçevelerin sonuçları değerlendirildiğinde; öne çıkan bir etkin guse boyunun olmadığı, tüm guse boylarının çerçeve özelliklerine bağlı olarak etkili olduğu görülmüştür. Etkin guse boyu ile gusesiz kirişe göre %15 ile %57 arasında malzeme ekonomisi sağlanmıştır. Etkin guse boyu ile en küçük guse boyuna göre %10 ile %26 arasında daha fazla malzeme ekonomisi sağlanmıştır (Şekil 3.85- 3.86- 3.87).



Şekil 3.85: 16 m'lik çerçevelerde etkin guse boyu dağılımı

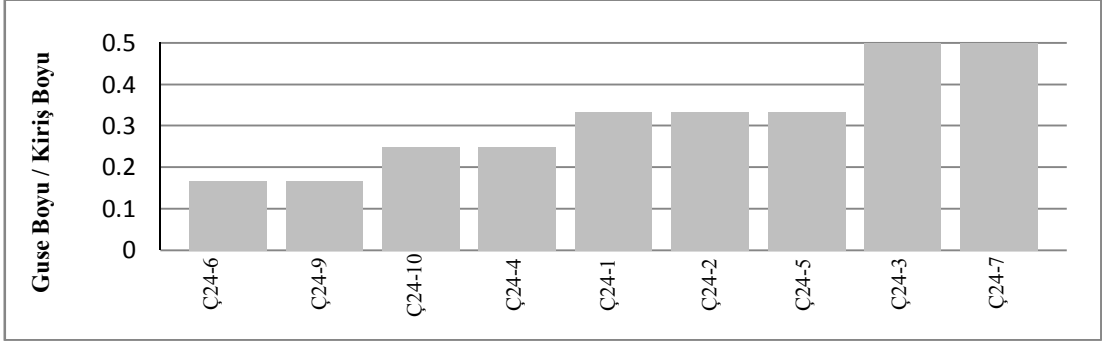


Şekil 3.86: 16 m'lik çerçevelerde etkin guse boyu ile sağlanan malzeme ekonomisi

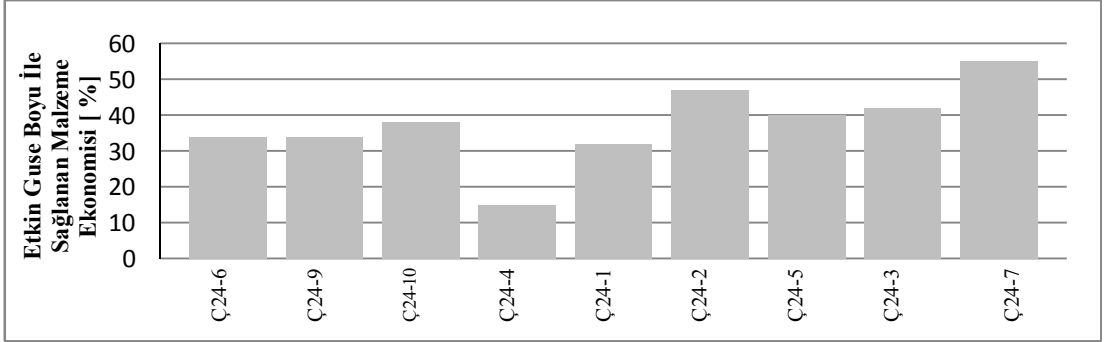


Şekil 3.87: 16 m'lik çerçevelerde etkin guse boyu ile en küçük guse boyunda sağlanan malzeme ekonomisi farkları

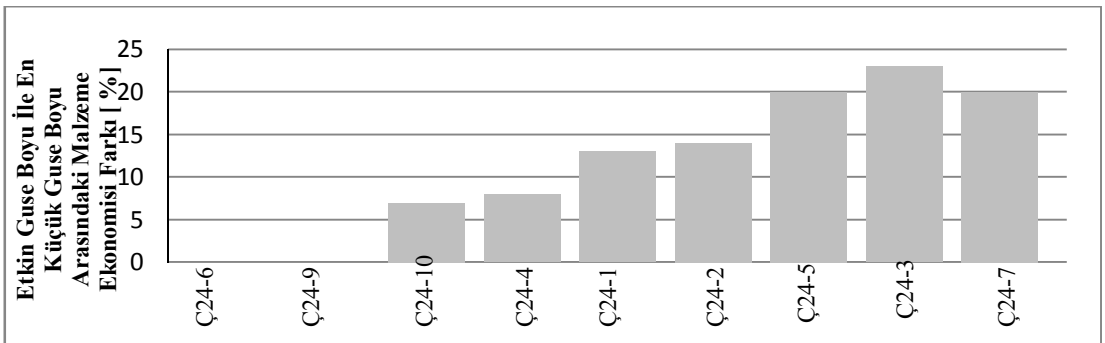
24 m'lik çerçevelerin sonuçları değerlendirildiğinde; öne çıkan bir etkin guse boyunun olmadığı, tüm guse boylarının çerçeve özelliklerine bağlı olarak etkili olduğu görülmüştür. Etkin guse boyu ile gusesiz kirişe göre %15 ile %55 arasında malzeme ekonomisi sağlanmıştır. Etkin guse boyu ile en küçük guse boyuna göre %8 ile %23 arasında daha fazla malzeme ekonomisi sağlanmıştır (Şekil 3.88- 3.89- 3.90).



Şekil 3.88: 24 m'lik çerçevelerde etkin guse boyu dağılımı

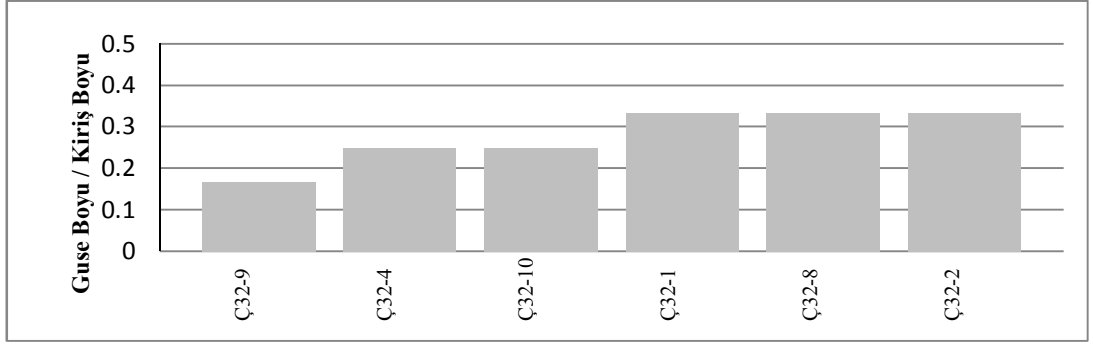


Şekil 3.89: 24 m'lik çerçevelerde etkin guse boyu ile sağlanan malzeme ekonomisi

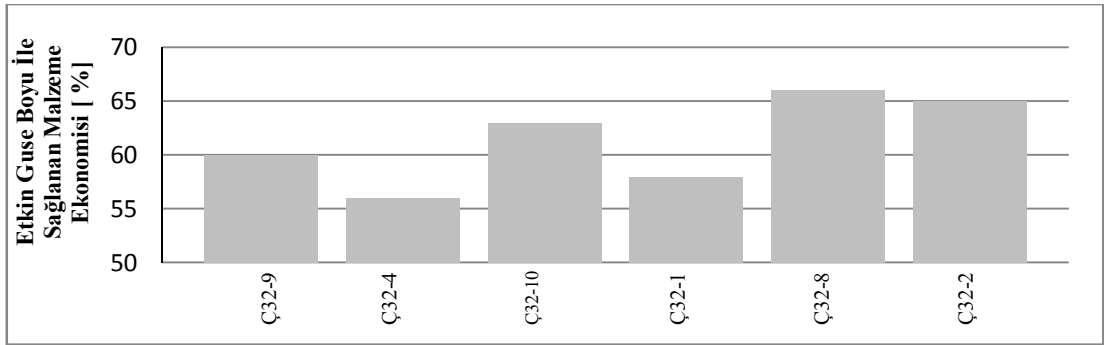


Şekil 3.90: 24 m'lik çerçevelerde etkin guse boyu ile en küçük guse boyunda sağlanan malzeme ekonomisi farkları

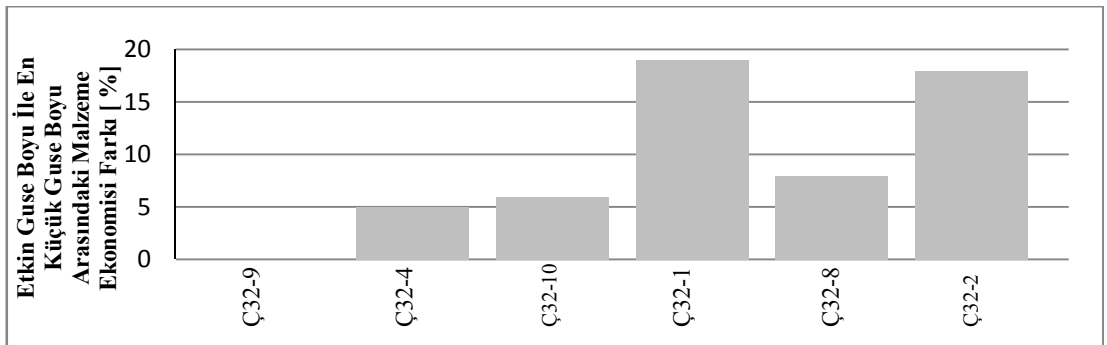
32 m'lik çerçevelerin sonuçları değerlendirildiğinde;  $L_k/2$  guse boyunun hiç etkin olmadığı, diğer guse boylarının çerçeve özelliklerine bağlı olarak etkili olduğu görülmüştür. Etkin guse boyu ile gusesiz kirişe göre %56 ile %66 arasında malzeme ekonomisi sağlanmıştır. Etkin guse boyu ile en küçük guse boyuna göre %6 ile %19 arasında daha fazla malzeme ekonomisi sağlanmıştır (Şekil 3.91- 3.92-3.93).



Şekil 3.91: 32 m'lik çerçevelerde etkin guse boyu dağılımı



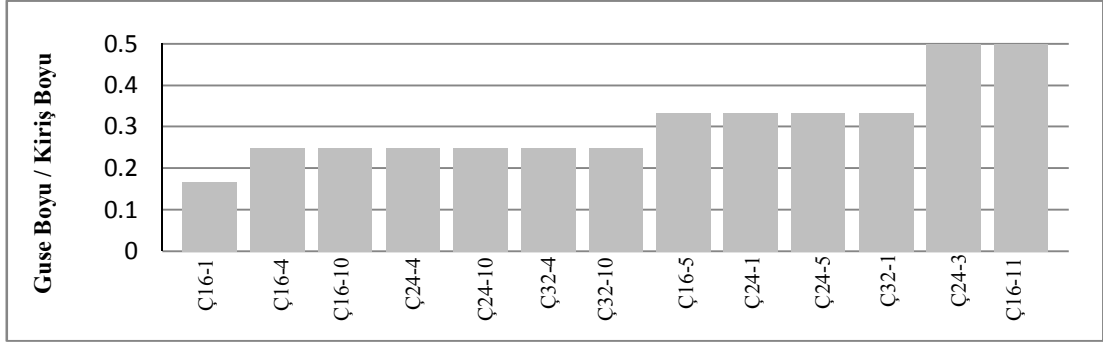
Şekil 3.92: 32 m'lik çerçevelerde etkin guse boyu ile sağlanan malzeme ekonomisi



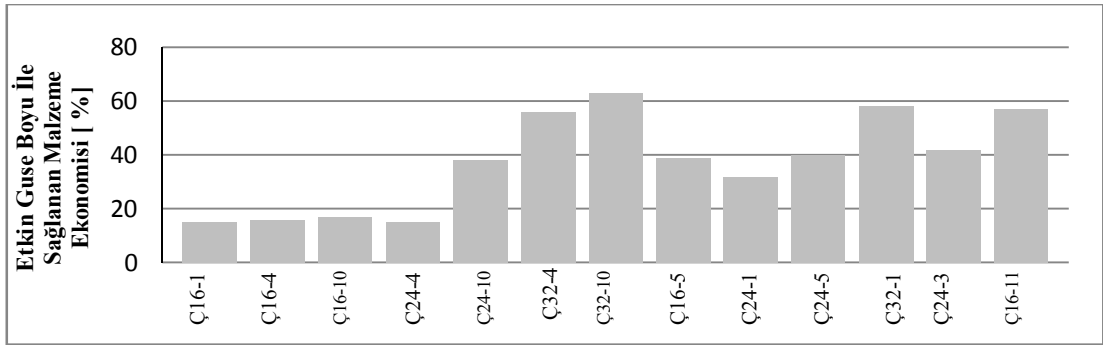
Şekil 3.93: 32 m'lik çerçevelerde etkin guse boyu ve en küçük guse boyu ile sağlanan malzeme ekonomisi farkları



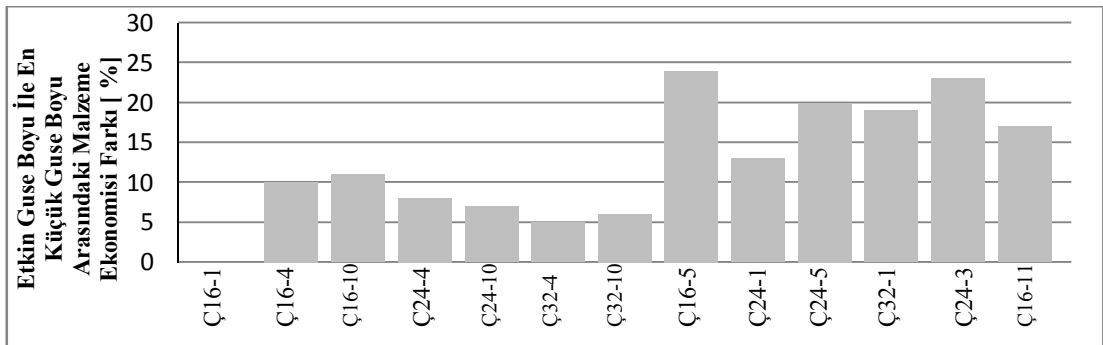
Hafif kaplamalı çerçevelerin sonuçları değerlendirildiğinde etkin guse boyunun genellikle  $L_k/4$  ve  $L_k/3$  olduğu görülmüştür. Etkin guse boyu ile gusesiz kirişe göre %15 ile %63 arasında malzeme ekonomisi sağlanmıştır. Etkin guse boyu ile en küçük guse boyuna göre %5 ile %23 arasında daha fazla malzeme ekonomisi sağlanmıştır (Şekil 3.94- 3.95- 3.96).



Şekil 3.94: Hafif kaplamalı çerçevelerde etkin guse boyu dağılımı

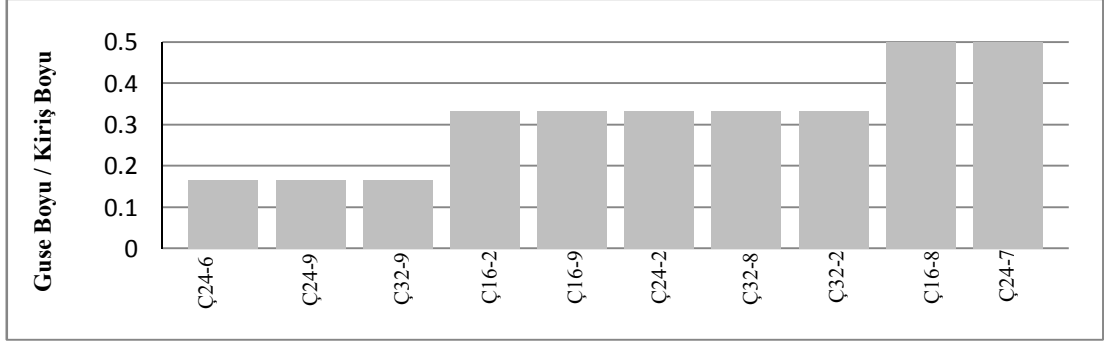


Şekil 3.95: Hafif kaplamalı çerçevelerde etkin guse boyu ile sağlanan malzeme ekonomisi

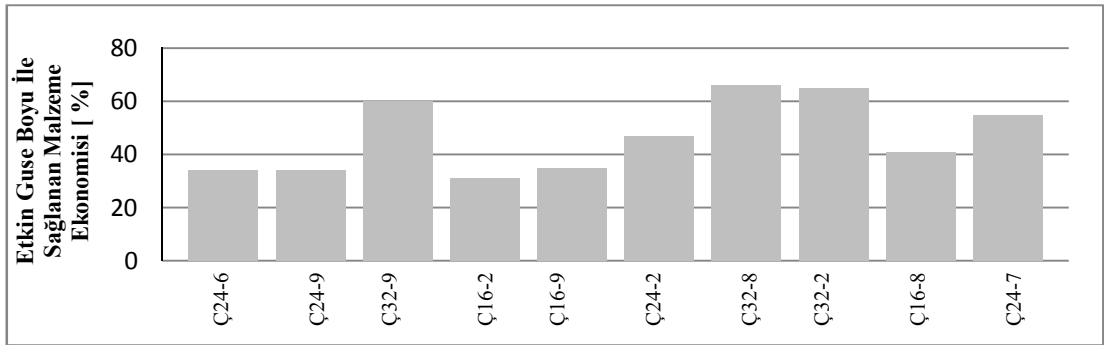


Şekil 3.96: Hafif kaplamalı çerçevelerde etkin guse boyu ve en küçük guse ile sağlanan malzeme ekonomisi farkları

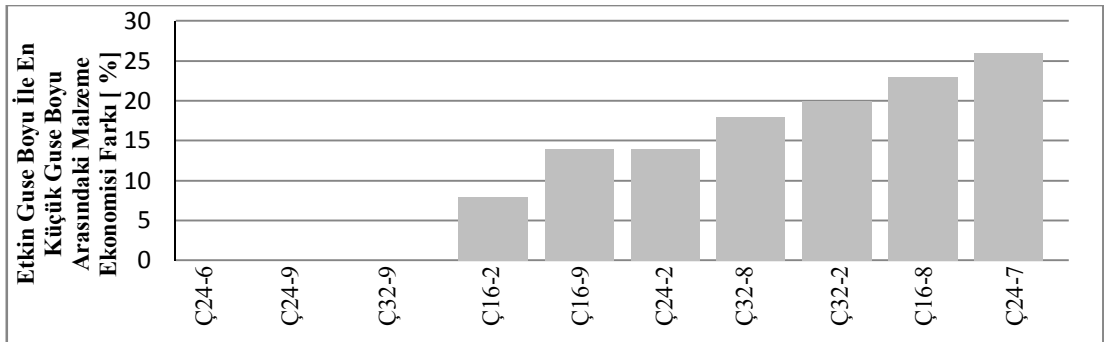
Ağır kaplamalı çerçeveslerin sonuçları değeriendirildiğinde;  $L_k/4$  guse boyunun hiç etkin olmadığı, genellikle  $L_k/3$  guse boyunun etkin olduğu gürülmüştür. Etkin guse boyu ile gusesiz kirişe göre %30 ile %63 arasında malzeme ekonomisi sağlanmıştır. Etkin guse boyu ile en küçük guse boyuna göre %7 ile %26 arasında daha fazla malzeme ekonomisi sağlanmıştır (Şekil 3.97- 3.98- 3.99).



Şekil 3.97: Ağır kaplamalı çerçeveslerde etkin guse boyu dağılımı

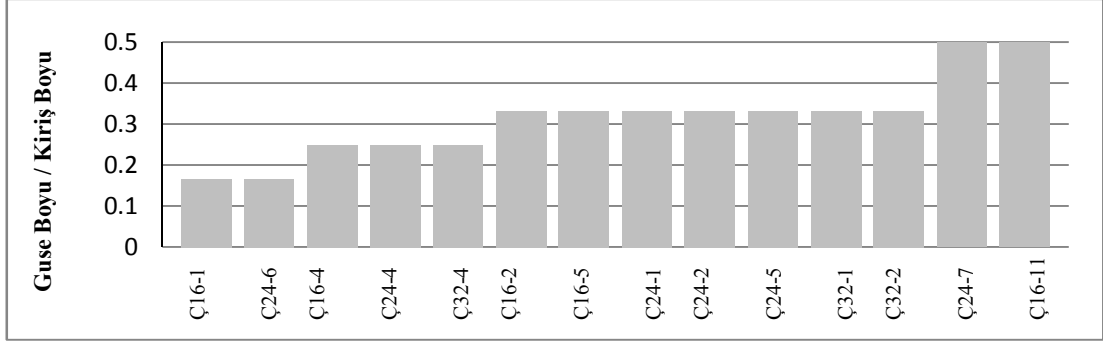


Şekil 3.98: Ağır kaplamalı çerçeveslerde etkin guse boyu ile sağlanan malzeme ekonomisi

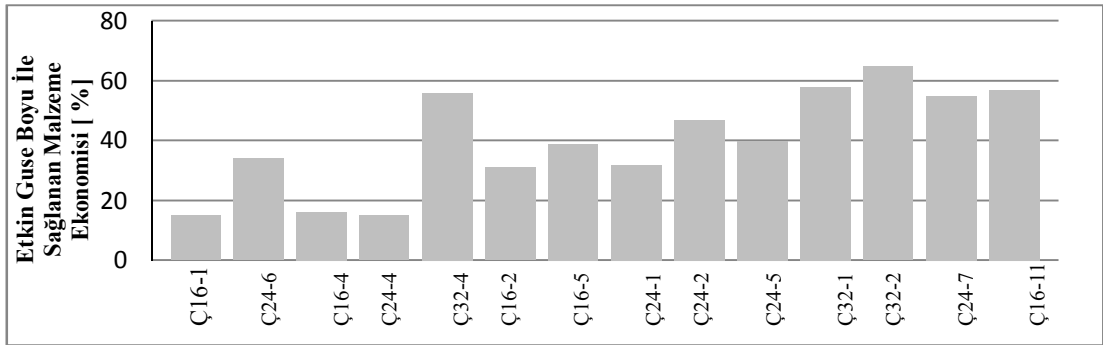


Şekil 3.99: Ağır kaplamalı çerçeveslerde etkin guse boyu ve en küçük guse boyu ile sağlanan malzeme ekonomisi farkları

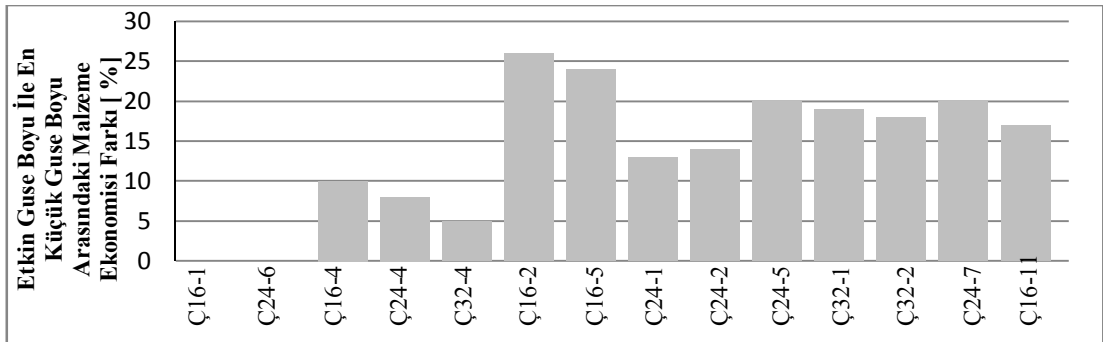
%20 eğimli çerçevelerin sonuçları değerlendirildiğinde etkin guse boyunun genellikle  $L_k/3$  olduğu görülmüştür. Etkin guse boyu ile gusesiz kirişe göre %15 ile %65 arasında malzeme ekonomisi sağlanmıştır. Etkin guse boyu ile en küçük guse boyuna göre %5 ile %26 arasında daha fazla malzeme ekonomisi sağlanmıştır (Şekil 3.100- 3.101- 3.102).



Şekil 3.100: %20 eğimli çerçevelerde etkin guse boyu dağılımı

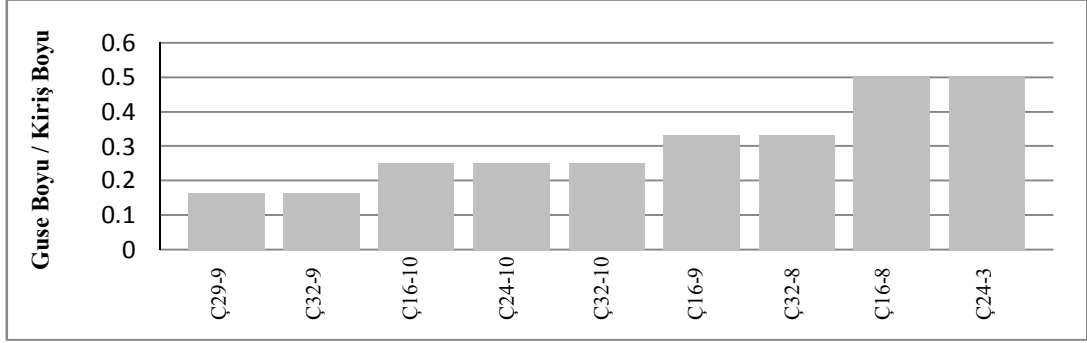


Şekil 3.101: %20 eğimli çerçevelerde etkin guse boyu ile sağlanan malzeme ekonomisi

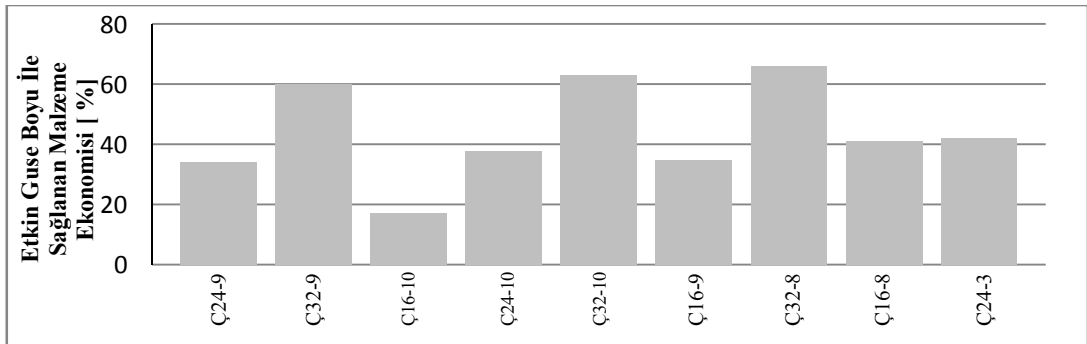


Şekil 3.102: %20 eğimli çerçevelerde etkin guse boyu ve en küçük guse boyu ile sağlanan malzeme ekonomisi farkları

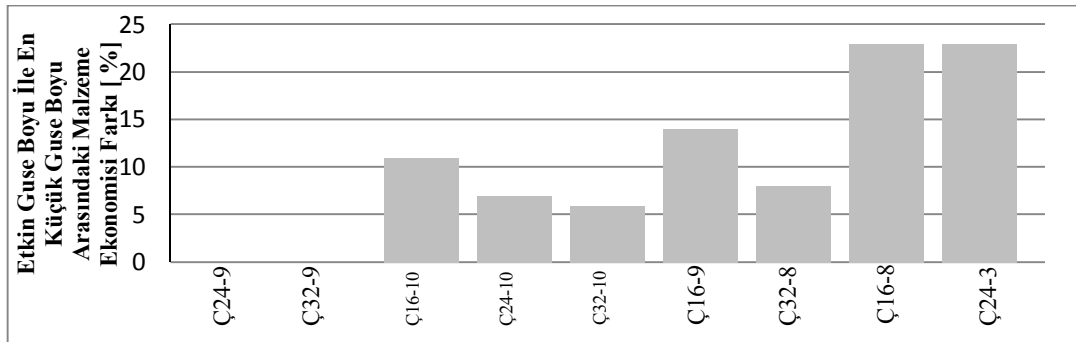
%30 eğimli çerçevelerin sonuçları değerlendirildiğinde öne çıkan bir etkin guse boyunun olmadığı, tüm guse boylarının çerçeve özelliklerine bağlı olarak etkili olduğu görülmüştür. Etkin guse boyu ile gusesiz kirişe göre %15 ile %57 arasında malzeme ekonomisi sağlanmıştır. Etkin guse boyu ile en küçük guse boyuna göre %7 ile %23 arasında daha fazla malzeme ekonomisi sağlanmıştır (Şekil 3.103- 3.104- 3.105).



Şekil 3.103: %30 eğimli çerçevelerde etkin guse boyu dağılımı

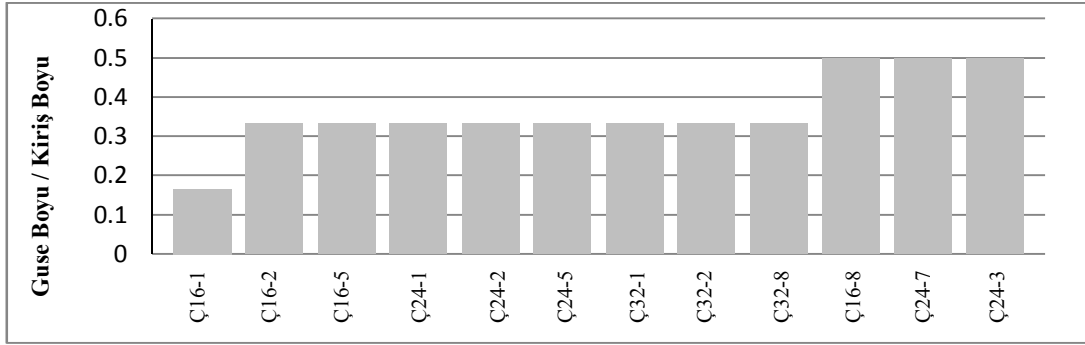


Şekil 3.104: %30 eğimli çerçevelerde etkin guse boyu ile sağlanan malzeme ekonomisi

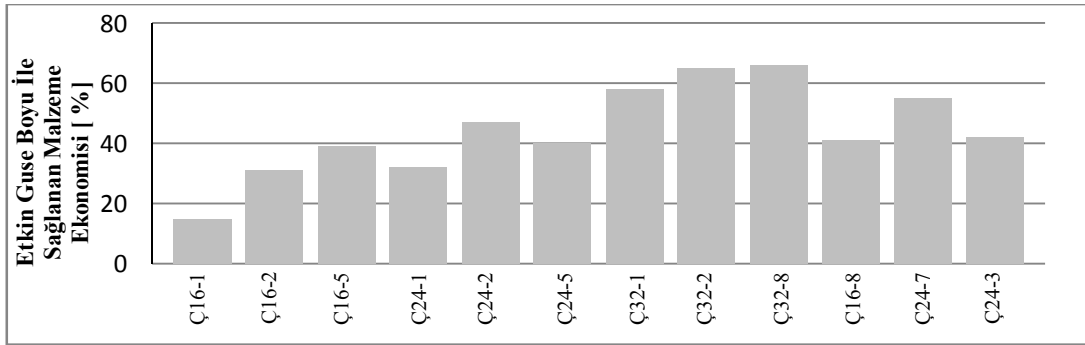


Şekil 3.105: %30 eğimli çerçevelerde etkin guse boyu ve en küçük guse boyu ile sağlanan malzeme ekonomisi farkları

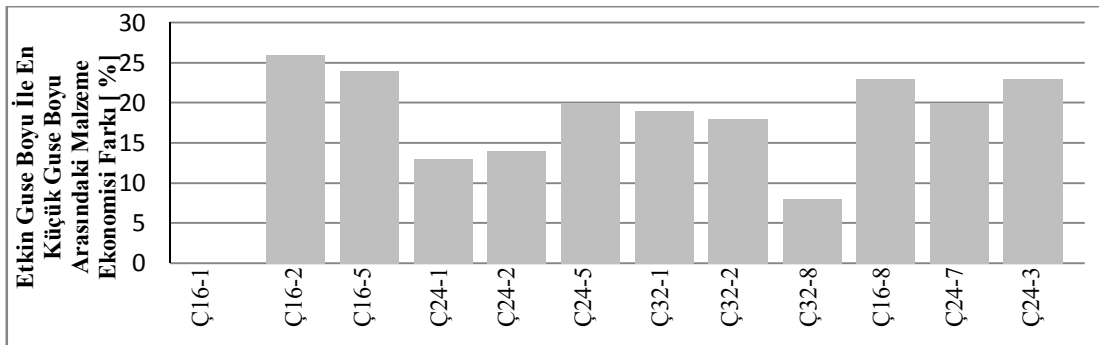
$h_g=3h_k$  olan çerçevelerin sonuçları değerlendirildiğinde;  $L_k/4$  guse boyunun hiç etkin olmadığı, etkin guse boyunun büyük çoğunlukla  $L_k/3$  olduğu görülmüştür. Etkin guse boyu ile gusesiz kirişe göre %15 ile %66 arasında malzeme ekonomisi sağlanmıştır. Etkin guse boyu ile en küçük guse boyuna göre %7 ile %26 arasında daha fazla malzeme ekonomisi sağlanmıştır (Şekil 3.106-3.107-3.108).



Şekil 3.106:  $h_g=3h_k$  olan çerçevelerde etkin guse boyu dağılımı

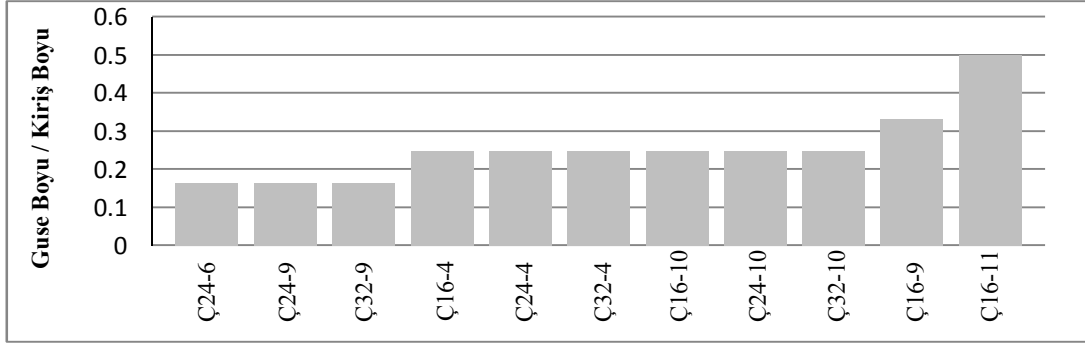


Şekil 3.107:  $h_g=3h_k$  olan çerçevelerde etkin guse boyu ile sağlanan malzeme ekonomisi

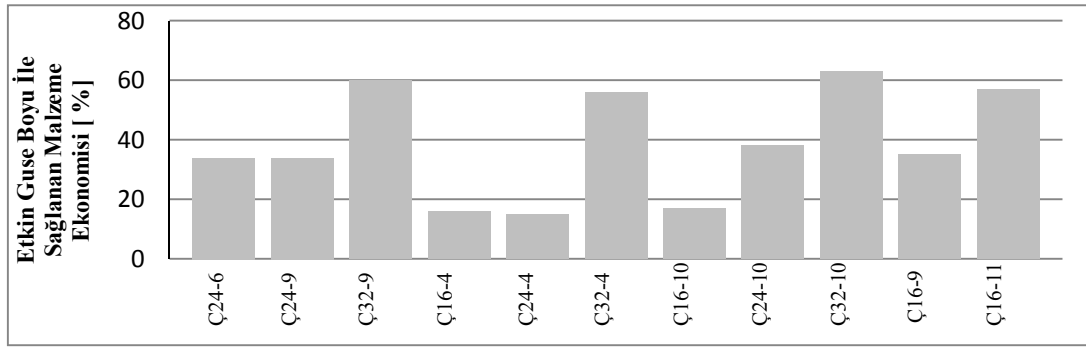


Şekil 3.108:  $h_g=3h_k$  olan çerçevelerde etkin guse boyu ve en küçük guse boyu ile sağlanan malzeme ekonomisi farkları

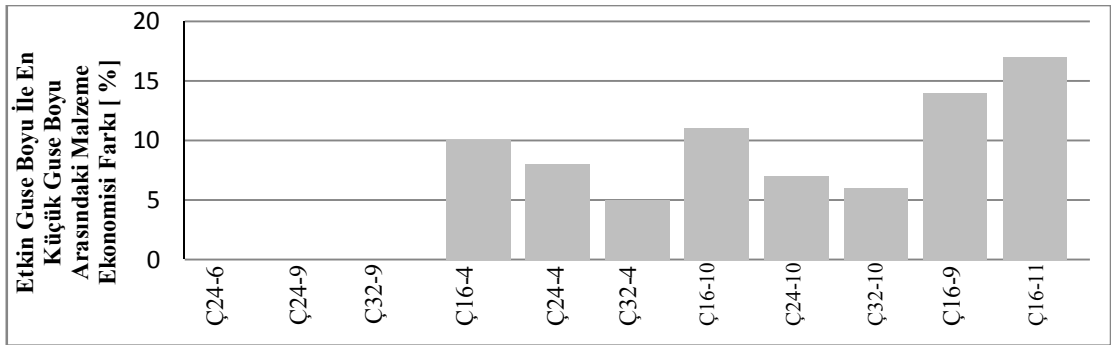
$h_g=2h_k$  olan çerçevelerin sonuçları değerlendirildiğinde etkin guse boyunun büyük çoğunlukla  $L_k/4$  olduğu görülmüştür. Etkin guse boyu ile gusesiz kirişe göre %15 ile %63 arasında malzeme ekonomisi sağlanmıştır. Etkin guse boyu ile en küçük guse boyuna göre %5 ile %15 arasında daha fazla malzeme ekonomisi sağlanmıştır (Şekil 3.109- 3.110- 3.111).



Şekil 3.109:  $h_g=2h_k$  olan çerçevelerde etkin guse boyu dağılımı

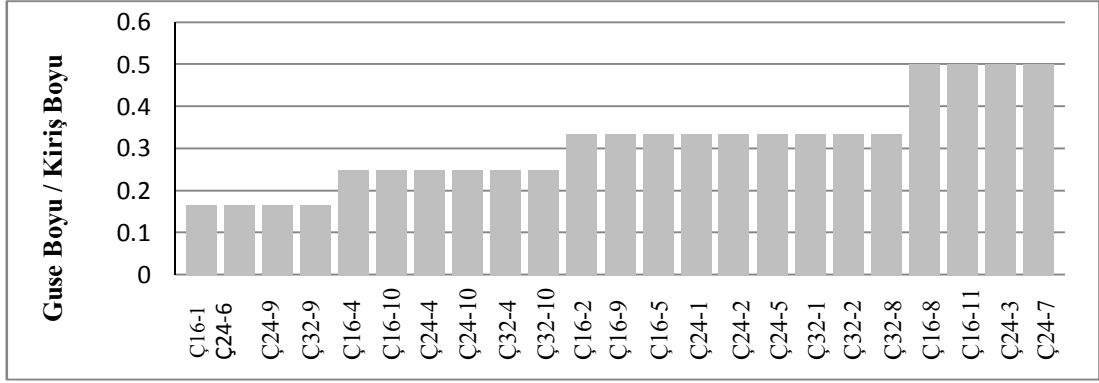


Şekil 3.110:  $h_g=2h_k$  olan çerçevelerde etkin guse boyu ile sağlanan malzeme ekonomisi

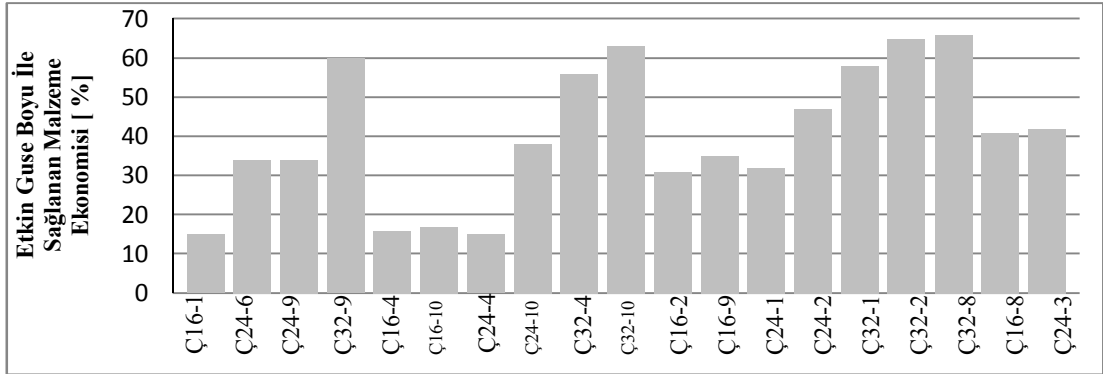


Şekil 3.111:  $h_g=2h_k$  olan çerçevelerde etkin guse boyu ve en küçük guse boyu ile sağlanan malzeme ekonomisi farkları

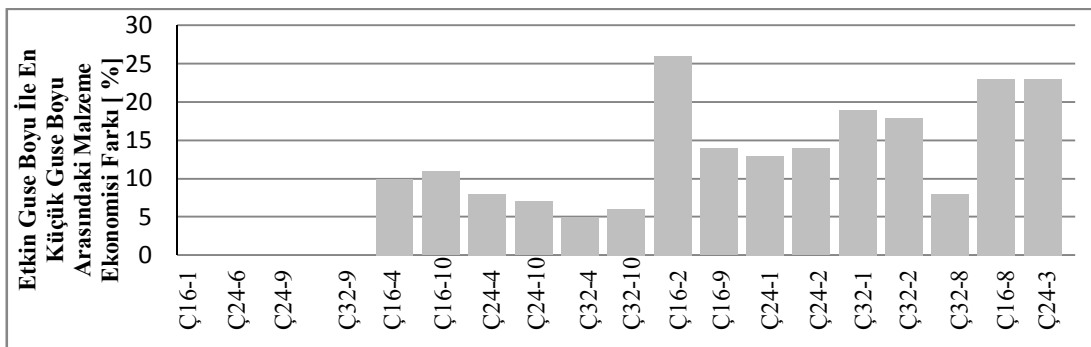
H=6 m olan çerçevelerin sonuçları değerlendirildiğinde etkin guse boyunun büyük çoğunlukla  $L_k/3$  olduğu görülmüştür. Etkin guse boyu ile gusesiz kirişe göre %15 ile %65 arasında malzeme ekonomisi sağlanmıştır. Etkin guse boyu ile en küçük guse boyuna göre %5 ile %26 arasında daha fazla malzeme ekonomisi sağlanmıştır (Şekil 3.112- 3.113- 3.114).



Şekil 3.112: H=6 m olan çerçevelerde etkin guse boyu dağılımı

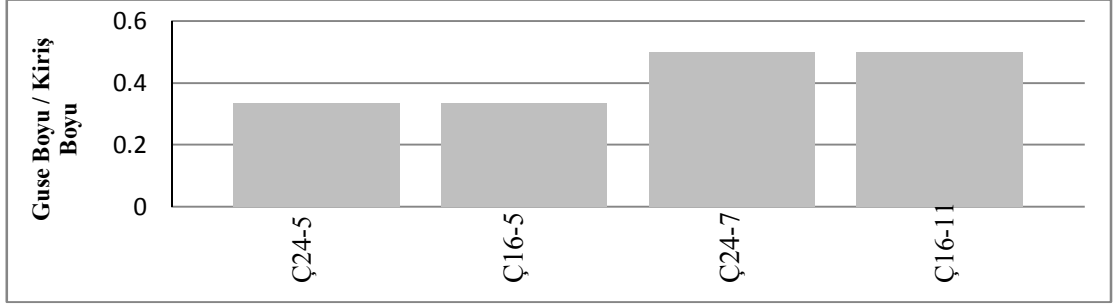


Şekil 3.113: H=6 m olan çerçevelerde etkin guse boyu ile sağlanan malzeme ekonomisi

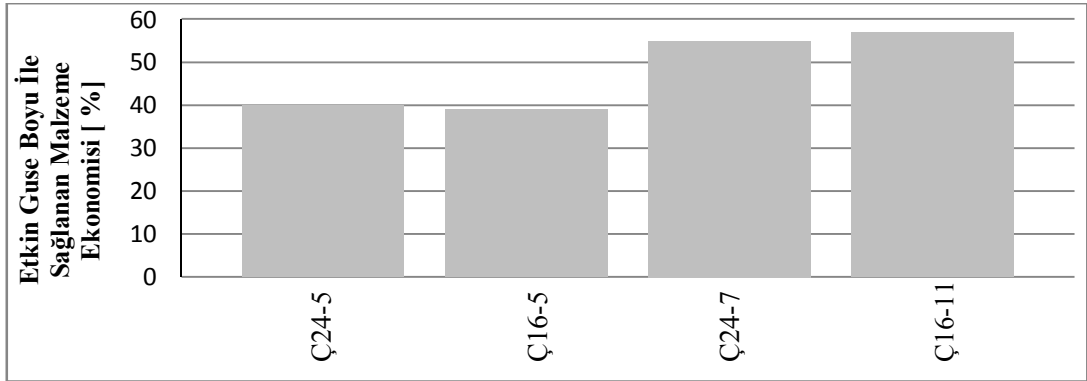


Şekil 3.114: H=6 m olan çerçevelerde etkin guse boyu ve en küçük guse boyu ile sağlanan malzeme ekonomisi farkları

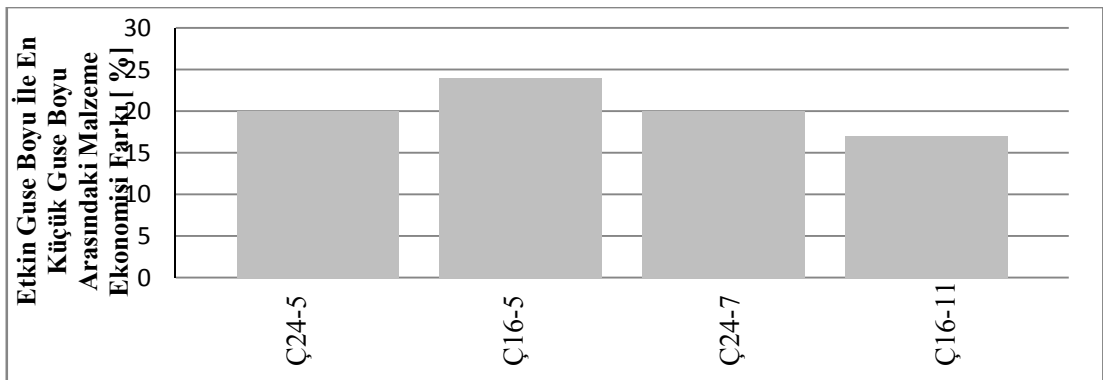
H=3 m olan çerçevelerin sonuçları değerlendirildiğinde etkin guse boyunun büyük çoğunlukla  $L_k/3$ -  $L_k/2$  olduğu görülmüştür. Etkin guse boyu ile gusesiz kirişe göre %40 ile %56 arasında malzeme ekonomisi sağlanmıştır. Etkin guse boyu ile en küçük guse boyuna göre %17 ile %24 arasında daha fazla malzeme ekonomisi sağlanmıştır (Şekil 3.112- 3.113- 3.114).



Şekil 3.115: H=3 m olan çerçevelerde etkin guse boyu dağılımı



Şekil 3.116: H=3 m olan çerçevelerde etkin guse boyu ile sağlanan malzeme ekonomisi

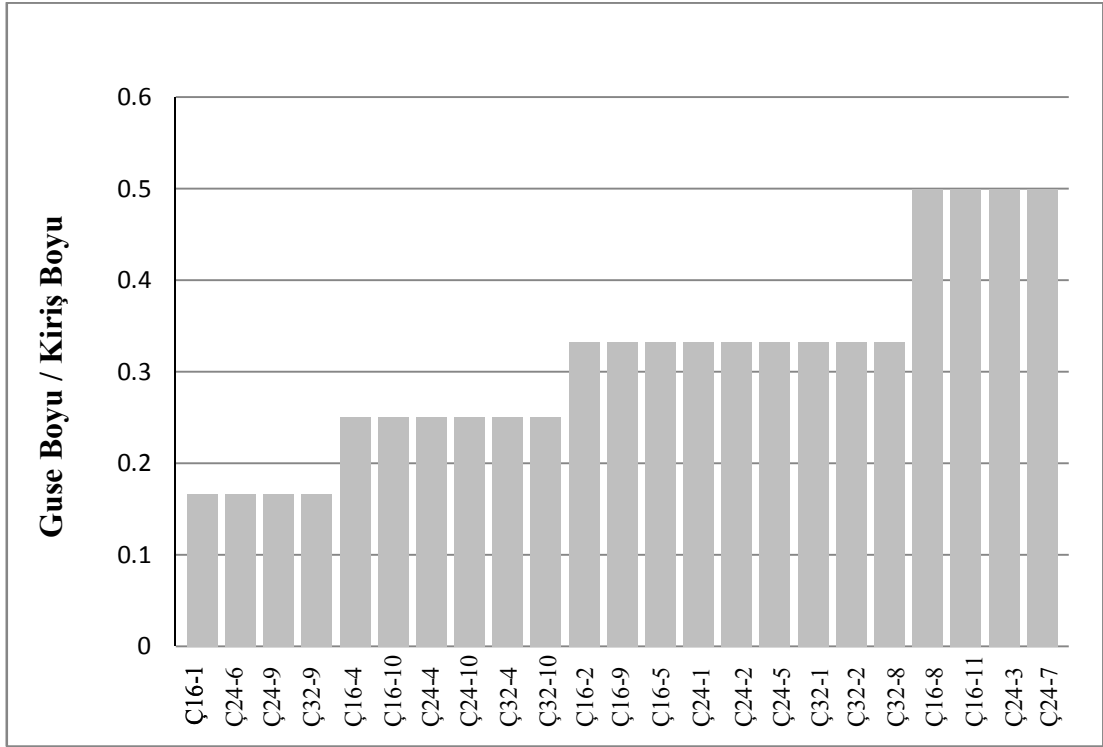


Şekil 3.117: H=3 m olan çerçevelerde etkin guse boyu ve en küçük guse boyu ile sağlanan malzeme ekonomisi farkları

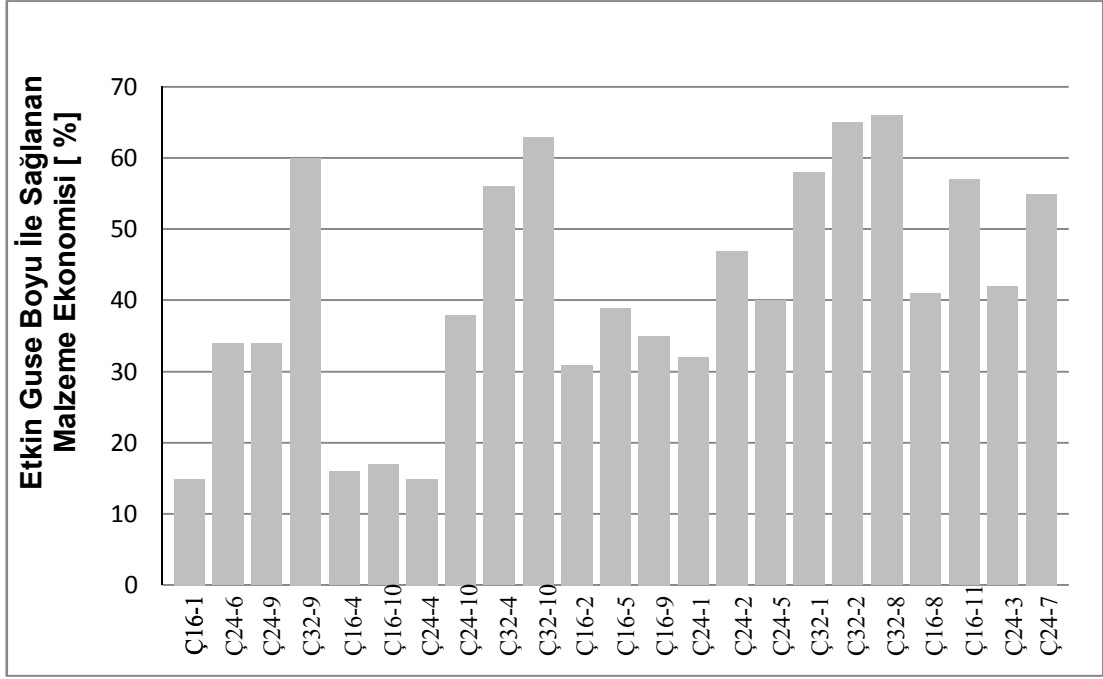


Çalışmada incelenen tüm çerçeveler beraber değerlendirildiğinde;

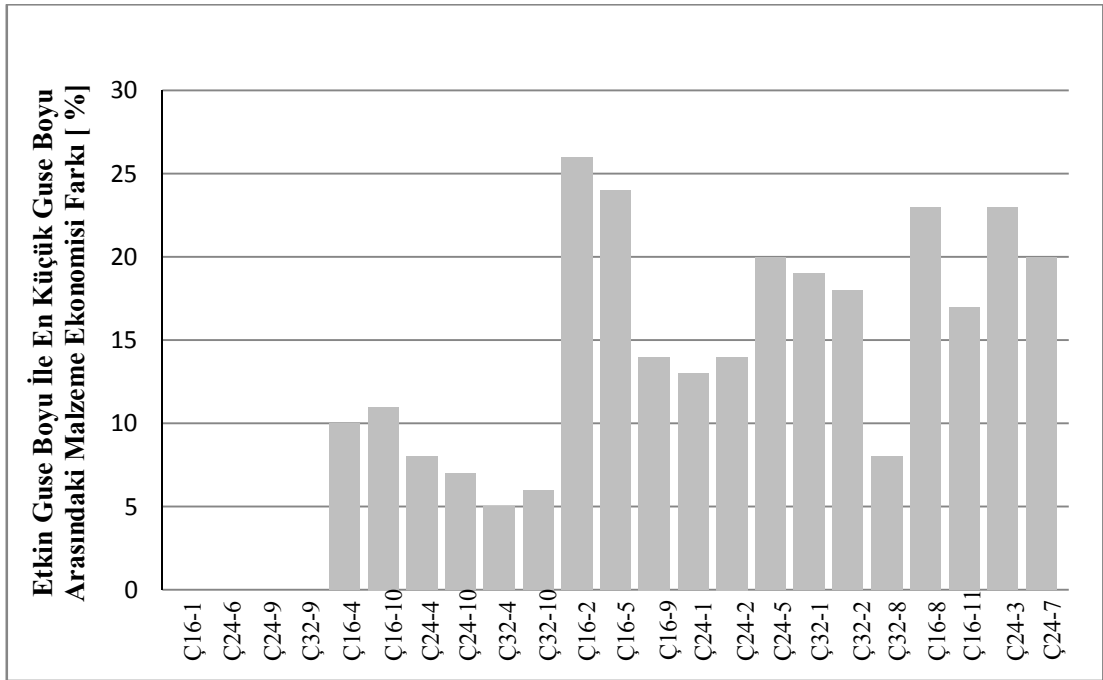
Genel olarak  $L_k/3$  ve  $L_k/4$  guse boyunun etkin olduğu görülmüştür. Etkin guse boyu ile gusesiz kirişe göre **%15 ile %66** arasında malzeme ekonomisi sağlanmıştır. Etkin guse boyu ile en küçük guse boyuna göre **%5 ile %26** arasında daha fazla malzeme ekonomisi sağlanmıştır.(Şekil 3.118-3.120)



**Şekil 3.118:** Çerçevelere göre etkin guse boyu dağılımı



Şekil 3.119: Çerçevelerde etkin guse boyu ile sağlanan malzeme ekonomisi



Şekil 3.120: Çerçevelerde etkin guse boyu ve en küçük guse boyu ile sağlanan malzeme ekonomisi farkları

## 4. SONUÇLAR

Çalışmada endüstri yapısı olarak kullanılan tek katlı tek açıklıklı çelik portal çerçeve sistemlerin kirişlerinde oluşturulan guseler (kısmi değişken kesit) ile ilgili parametrik bir inceleme yapılarak, farklı özellikteki sistemlerde en etkin guse boyutları ve bunların sağladıkları malzeme ekonomisi araştırılmıştır. Böylece bu tip endüstri yapılarının daha ekonomik tasarımına olanak sağlanması amaçlanmıştır.

Farklı özellikteki endüstri yapılarını temsil etmek amacı ile üç farklı çerçeve açıklığı (16 m, 24 m, 32 m) iki farklı çatı eğimi (%20 ve %30), iki farklı ağırlıkta kaplama malzemesi (hafif ve ağır), iki farklı guse yüksekliği ( $h_g=3h_k$  ve  $h_g=2h_k$ ) ve iki farklı çerçeve yüksekliği ( $H=6$  m ve  $H=3$  m) için toplam 23 adet düzlem çerçeve incelenmiştir. Herbir çerçeve gusesiz ve 4 farklı guse boyu için tasarlanmıştır. Tasarımlar TS648, TDY2007 ve TS498'e göre yapılmıştır.

Tasarımlar sonucunda gusesiz kirişe göre en fazla malzeme ekonomisi (tasarrufu) sağlayan etkin guse boyu ve bu kiriş guseleri ile elde edilen malzeme ekonomileri oransal olarak belirlenmiştir. Ayrıca pratikte düşey yük moment dağılımı yaklaşımı ile belirlenen guse boyu da değerlendirilmiştir.

İncelenen çerçevelerden elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir;

- Kirişlerde oluşturulan guse (kısmi değişken kesit) ile gusesiz kirişe göre ağırlık bakımından en az **%15** en fazla **%66** oranında ekonomi sağlanabilmektedir. Bu oranlar kolon ağırlığını da içeren çerçeve toplam ağırlığı bakımından hesaplandığında; en az **%4** en fazla **%22** oranında malzeme ekonomisi sağlanabildiği belirlenmiştir.
- 16 m, 24 m ve 32 m'lik çerçevelerde düşey yük moment dağılımı esas alınarak kiriş guse boyları belirlenmiş ve herbirinde yaklaşık kiriş açıklığının 1/6'sı elde edilmiştir. Aynı çerçeveler için etkin guse boyu araştırıldığında kiriş açıklığının 1/3'ü kadarlık guse boyu elde edilmiştir. Buradan düşey yük moment dağılımı yaklaşımı kullanmanın etkin guse boyunu belirlemede yeterli olmadığı söylenebilmektedir.
- Tasarımların çoğunda etkin guse boyunun, düşey yük moment dağılımı ile belirlenen guse boyuna göre daha ekonomik sonuçlar verdiği görülmüştür. İkisi arasındaki fark **%5** ile **%26** arasındadır.

- Kirişlerde oluşturulan etkin guse boyu çerçeve özelliklerine bağlı olarak değişmekle birlikte çoğunlukla  $L_k/4$  ve  $L_k/3$  olarak elde edilmiştir.
- Tasarım sonuçları guse yüksekliği bakımından incelendiğinde;  $h_g=3h_k$  olan çerçevelerde;  $L_k/4$  guse boyunun hiç etkin olmadığı, etkin guse boyu çoğunlukla  $L_k/3$ ,  $h_g=2h_k$  olan çerçevelerde etkin guse boyu çoğunlukla  $L_k/4$  olduğu görülmüştür. Guse yüksekliği dışındaki özellikleri aynı olan çerçeveler karşılaştırıldığında  $h_g=3h_k$  olan çerçevelerde kirişte yapılan guse ile daha fazla malzeme ekonomisi sağlanmıştır.  $h_g=2h_k$  olan çerçevelerde en küçük guse boyu ile etkin guse boyu arasındaki malzeme tasarrufu farkı  $h_g=3h_k$  olan çerçevelere göre daha azdır.  $h_g=3h_k$  olan çerçevelerde büyük guse boyu kullanmak,  $h_g=2h_k$  olan çerçevelere göre daha fazla malzeme ekonomisi sağlamaktadır.
- Tasarım sonuçları kaplama ağırlığı bakımından incelendiğinde; hafif kaplamalı olan çerçevelerde etkin guse boyu çoğunlukla  $L_k/4$  ve  $L_k/3$ , ağır kaplamalı olan çerçevelerde etkin guse boyu çoğunlukla  $L_k/3$  olarak elde edilmiş, ağır kaplamalı olan çerçevelerde  $L_k/4$  guse boyu hiç etkin olmamıştır. Kaplama ağırlığı dışındaki özellikleri aynı olan çerçeveler karşılaştırıldığında ağır kaplama kullanılan çerçevede sağlanan malzeme ekonomisinin daha fazla olduğu görülmüştür.
- Tasarım sonuçları çatı eğimi bakımından incelendiğinde; eğimi %20 olan çerçevelerde etkin guse boyu çoğunlukla  $L_k/3$  olduğu, %30 olan çerçevelerde tüm guse boylarının çerçeve özelliklerine bağlı olarak etkin olabildiği görülmüştür. Çatı eğimi dışındaki özellikleri aynı olan çerçeveler karşılaştırıldığında sonuçların birbirine çok yakın olduğu görülmüştür.
- Tasarım sonuçları çerçeve yüksekliği bakımından incelendiğinde;  $H=6$  m olan çerçevelerde etkin guse boyu çoğunlukla  $L_k/3$ ,  $H=3$  m olan çerçevelerde  $L_k/2$ -  $L_k/3$  guse boylarının çerçeve özelliklerine bağlı olarak etkin olduğu,  $L_k/6$ -  $L_k/4$  guse boylarının hiç etkin olmadığı görülmüştür. Çerçeve yüksekliği dışındaki özellikleri aynı olan çerçeveler karşılaştırıldığında  $H=3$  m olan çerçevelerde kirişte yapılan guse ile daha fazla malzeme ekonomisi sağlanmıştır.
- Tasarım sonuçları çerçeve açıklığı bakımından incelendiğinde; Etkin guse boyu ile gusesiz kirişe göre 16m açıklıktaki çerçevelerde %15-%57, 24m

açıklıktaki çerçevelerde %15-%55, 32m açıklıktaki çerçevelerde %56-% 66 arasında malzeme ekonomisi sağlanabildiği görülmüştür.

- Tasarımda etkili kriterin gerilme olduğu çerçevelerde, kirişlerde oluşturulan guselerin sağladığı malzeme ekonomisi, sehim kriterinin etkili olduğu çerçevelere göre daha fazla elde edilmiştir.
- Çalışmada incelenen çerçeveler için elde edilen etkin giriş guse boyları, yine çalışmada incelenen en küçük guse boyuna göre genellikle daha büyük elde edilmiştir. Buradan, bir çok endüstri yapısı için etkin guse boyunun araştırılmasının önemli olduğu söylenebilmektedir. Bu bağlamda, çalışmada sunulan verilerin, benzer endüstri yapılarının daha ekonomik tasarımları için yararlı olacağı düşünülmektedir.

## 5. KAYNAKLAR

- [1] Altay, G. ve Güneyisi, E. M., *Türkiye'de Yapısal Çelik Sektörü ve Yeni Gelişimleri*, (ed: A. Koçak), *Antalya Yöresinin İnşaat Mühendisleri Sorunları Kongresi*, Antalya, (2005).
- [2] Davision, B., Steel Construction Institute and Owens, G. W., *Steel Designers' Manual*, vol 6, England: Blackwell Publishing - John Wiley and Sons Inc, (2003).
- [3] Martin, L. H. and Purkiss, J. A., *Structural Design of Steelwork*, vol 3, United Kingdom: Elsevier Ltd: Butterworth-Heinemann, (2007).
- [4] DBYBHY, *Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik*, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara, (2007).
- [5] Economical Structural Steelwork, Australian Institute of Steel Construction, (2004).
- [6] TS 648, *Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, (1980).
- [7] TS 498, *Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, (1980).
- [8] Deren, H., Uzgider, E., Piroğlu, F. ve Çağlayan, Ö., *Çelik Yapılar*, İstanbul: Çağlayan Basımevi, (2008).
- [9] Odabaşı, Y., *Ahşap ve Çelik Yapı Elemanları*, İstanbul: Beta Basım A.Ş., (2000).
- [10] Aydınoglu, M.N., Celep, Z., Özer, E. ve Sucuoğlu, H. *Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik Açıklamalar ve Örnekler Kitabı*, IPKB, (2012).

- [11] SAP 2000, *Structural Analysis User's Manual*, Computers and Structures Inc., Berkeley, California, (2002).
- [12] Steel Buildings In Europe, Single Storey Steel Buildings, by Arcelor Mittal, (2000).