

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KÖŞEBENT VE KUTU PROFİLLERİN ENKESİT
ÖZELLİKLERİNİN HESAPLANMASI

YAKUP KARAKUŞ

KOCAELİ 2022

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KÖŞEBENT VE KUTU PROFİLLERİN ENKESİT
ÖZELLİKLERİNİN HESAPLANMASI

YAKUP KARAKUŞ

Doç Dr. Fuad OKAY
Danışman, Kocaeli Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Erkan AKPINAR
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Melis GÖKOVA
Jüri Üyesi, Süleyman Demirel Üniversitesi

Tezin Savunulduğu Tarih: 19.01.2022

ETİK BEYAN VE ARAŞTIRMA FONU DESTEĞİ

Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez/proje çalışmada,

- Bu tezin/projenin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu,
- Çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı,
- Bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi,
- Bu çalışmanın Kocaeli Üniversitesi'nin abone olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun olduğunu,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Tezin/Projenin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez/proje çalışması olarak sunmadığımı,

beyan ederim.

☐ Bu tez/proje çalışmasının herhangi bir aşaması hiçbir kurum/kuruluş tarafından maddi/alt yapı desteği ile desteklenmemiştir.

☐ Bu tez/proje çalışması kapsamında üretilen veri ve bilgiler tarafından no'lu proje kapsamında maddi/alt yapı desteği alınarak gerçekleştirilmiştir.

Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

.....
(İmza)

.....
(Öğrencinin Adı Soyadı)

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI

Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/projemin tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda belirtilen koşullarla kullanıma açma izninin Kocaeli Üniversitesi'ne verdiğimi beyan ederim. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin/projemin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanımı bana ait olacaktır. Tezin/projenin kendi özgün çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin/projenin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim kurulu tarafından yayınlanan “**Lisanüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge**” kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricinde YÖK Ulusal Tez Merkezi/ Kocaeli Üniversitesi Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

☐ Enstitü yönetim kurulu kararı ile tezimin/projemin erişime açılması mezuniyet tarihinden itibaren 2 yıl ertelenmiştir.

☐ Enstitü yönetim kurulu gerekçeli kararı ile tezimin/projemin erişime açılması mezuniyet tarihinden itibaren 6 ay ertelenmiştir.

☐ Tezim/projem ile ilgili gizlilik kararı verilmemiştir.

.....
(İmza)

.....
(Öğrencinin Adı Soyadı)

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu çalışmada, eşit kollu ve farklı kollu köşebentler ile bu köşebentlerin sırtı sırtı getirilmesi ile oluşan T kesitli profiller, dikdörtgen ve kare kutu enkesitli çelik elemanlarının kesit özellikleri hesaplanarak tablolar oluşturulmuştur.

Lisans ve yüksek lisans eğitim dönemim boyunca desteğini ve bilgi birikimlerini esirgemeyen aynı zamanda tez danışmanım olan değerli hocam Doç. Dr. Fuad OKAY'a ve yine hiçbir zaman desteğini esirgemeyen değerli hocam Doç. Dr. Seval PINARBAŞI ÇUHADAROĞLU'na teşekkür ederim.

Ayrıca destekleriyle her zaman arkamda duran sevgili eşim Tuğba KARAKUŞ'a ve değerli aileme teşekkür ederim.

Ocak 2022

Yakup KARAKUŞ



İÇİNDEKİLER

ETİK BEYAN VE ARAŞTIRMA FONU DESTEĞİ.....	i
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI	ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
TABLolar DİZİNİ.....	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
ÖZET	xi
ABSTRACT	xii
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. KÖŞEBENT VE KUTU KESİTLİ ÇELİK PROFİLLER.....	4
2.1. L30x30x3 Eşit Kollu Köşebent Profile Ait Hesaplar	6
2.1.1. L30x30x3 Köşebentinin Kesit Alanın Hesaplanması.....	8
2.1.2. L30x30x3 Köşebentinin Birim Boy Ağırlığının Hesaplanması	10
2.1.3. L30x30x3 Köşebentinin Birim Boy Yüzey Alanının Hesaplanması.....	10
2.1.4. L30x30x3 Köşebentinin Birim Ağırlıktaki Boyama Yüzey Alanının Hesaplanması	11
2.1.5. L30x30x3 Köşebentinin Atalet Momentinin Hesaplanması.....	11
2.1.5.1. L30x30x3 Köşebentinin x Eksenine Göre Atalet Momentinin Hesaplanması.....	17
2.1.5.2. L30x30x3 Köşebentinin y Eksenine Göre Atalet Momentinin Hesaplanması.....	18
2.1.6. L30x30x3 Köşebentinin Atalet Yarıçapının Hesaplanması	19
2.1.7. L30x30x3 Köşebentinin Elastik Mukavemet Momentinin Hesaplanması.....	20
2.1.8. L30x30x3 Köşebentinin Çarpım Atalet Momentinin Hesaplanması.....	21
2.1.9. L30x30x3 Köşebentinin Mohr Çemberinde Kesit Özelliklerinin Hesaplanması.....	22
2.2. 2L30x30x3 Sırt Sırt Eşit Kollu Köşebent Profile Ait Hesaplar	25
2.2.1. 2L30x30x3 Köşebentinin Kesit Alanın Hesaplanması.....	27
2.2.2. 2L30x30x3 Köşebentinin Birim Boy Ağırlığının Hesaplanması	27
2.2.3. 2L30x30x3 Köşebentinin Atalet Momentinin Hesaplanması.....	27
2.2.3.1. 2L30x30x3 Köşebentinin x Eksenine Göre Atalet Momentinin Hesaplanması.....	28
2.2.3.2. 2L30x30x3 Köşebentinin y Eksenine Göre Atalet Momentinin Hesaplanması.....	28
2.2.4. 2L30x30x3 Köşebentinin Atalet Yarıçapının Hesaplanması	30
2.2.5. 2L30x30x3 Köşebentinin Elastik Mukavemet Momentinin Hesaplanması	30
2.3. L100x65x7 Farklı Kollu Köşebent Profile Ait Hesaplar	30
2.3.1. L100x65x7 Köşebentinin Kesit Alanın Hesaplanması.....	32
2.3.2. L100x65x7 Köşebentinin Birim Boy Ağırlığının Hesaplanması	33
2.3.3. L100x65x7 Köşebentinin Birim Boy Yüzey Alanının Hesaplanması.....	33

2.3.4. L100x65x7 Köşebentinin Birim Ağırlıktaki Boyama Yüzey Alanının Hesaplanması	34
2.3.5. L100x65x7 Köşebentinin Atalet Momentinin Hesaplanması.....	34
2.3.5.1. L100x65x7 Köşebentinin x Eksenine Göre Atalet Momentinin Hesaplanması.....	36
2.3.5.2. L30x30x3 Köşebentinin y Eksenine Göre Atalet Momentinin Hesaplanması.....	37
2.3.6. L100x65x7 Köşebentinin Atalet Yarıçapının Hesaplanması	38
2.3.7. L100x65x7 Köşebentinin Elastik Mukavemet Momentinin Hesaplanması	39
2.3.8. L100x65x7 Köşebentinin Çarpım Atalet Momentinin Hesaplanması	39
2.3.9. L100x65x7 Köşebentinin Mohr Çemberinde Özelliklerinin Hesaplanması	40
2.4. 2L100x65x7 Sırt Sırta Farklı Kollu Köşebent Profile Ait Hesaplar.....	46
2.4.1. 2L100x65x7 Köşebentinin Kesit Alanın Hesaplanması.....	47
2.4.2. 2L100x65x7 Köşebentinin Birim Boy Ağırlığının Hesaplanması	48
2.4.3. 2L100x65x7 Köşebentinin Atalet Momentinin Hesaplanması.....	48
2.4.3.1. 2L100x65x7 Köşebentinin x Eksenine Göre Atalet Momentinin Hesaplanması.....	48
2.4.3.2. 2L100x65x7 Köşebentinin y Eksenine Göre Atalet Momentinin hesaplanması.....	48
2.4.4. 2L100x65x7 Köşebentinin Atalet Yarıçapının Hesaplanması	50
2.4.5. 2L100x65x7 Köşebentinin Elastik Mukavemet Momentinin Hesaplanması	50
2.5. 40x40x3 Kare Kutu Profile Ait Hesapları	50
2.5.1. 40x40x3 Kare Kutu Profilin Kesit Alanının Hesaplanması	52
2.5.2. 40x40x3 Kare Kutu Profile Ait Birim Ağırlığın Hesaplanması	53
2.5.3. 40x40x3 Kare Kutu Profile Ait Birim Yüzey Alanının Hesaplanması.....	53
2.5.4. 40x40x3 Kare Kutu Profilin Birim Ağırlıktaki Boyama Yüzey Alanı 54	
2.5.5. 40x40x3 Kare Kutu Profilin Geometrik Merkezinin Yerinin Belirlenmesi	54
2.5.6. 40x40x3 Kare Kutu Profilin Atalet Momentinin Hesaplanması	54
2.5.7. 40x40x3 Kare Kutu Profilin Atalet Yarıçapının Hesaplanması	55
2.5.8. 40x40x3 Kare Kutu Profilin Elastik Mukavemet Momentinin Hesaplanması	55
2.5.9. 40x40x3 Kare Kutu Profilin Plastik Mukavemet Momentinin Hesaplanması	56
2.6. 40x60x3 Dikdörtgen Kutu Profile Ait Hesaplar	56
2.6.1 40x60x3 Dikdörtgen Kutu Profilin Kesit Alanının Hesaplanması	58
2.6.2. 40x60x3 Dikdörtgen Kutu Profilin Birim Ağırlığının Hesaplanması	59
2.6.3. 40x60x3 Dikdörtgen Kutu Profile Ait Birim Yüzey Alanının Hesaplanması	59

2.6.4. 40x60x3 Dikdörtgen Kutu Profilin Bir Ton Ağırlıktaki Uzunluğunun Hesaplanması	59
2.6.5. 40x60x3 Dikdörtgen Kutu Profilin Geometrik Merkezinin Yerinin Belirlenmesi.....	60
2.6.6. 40x60x3 Dikdörtgen Kutu Profilin Atalet Momentinin Hesaplanması.....	60
2.6.6.1. 40x60x3 Kutu profilin x Eksenine Göre Atalet Momentinin Hesaplanması.....	60
2.6.6.2. 40x60x3 Kutu profilin y Eksenine Göre Atalet Momentinin Hesaplanması.....	61
2.6.6.3. 40x60x3 Kare Kutu Profilin Atalet Yarıçapının Hesaplanması	62
2.6.6.4. 40x60x3 Kutu Profilin Elastik Mukavemet Momentinin Hesaplanması.....	62
2.6.6.5. 40x60x3 Kutu Profilin Plastik Mukavemet Momentinin Hesaplanması.....	62
3. GRAFİKLER VE ENKESİT TABLOLARI	64
3.1. Maliyet –Atalet Momenti Grafikleri	64
3.2. Enkesit Tabloları.....	70
3.2.1. Eşit Kollu Köşebent Tabloları	71
3.2.2. Farklı Kollu Köşebent Tabloları	71
3.2.3. Sırt Sırt Eşit ve Farklı Kollu Köşebent Tabloları.....	78
3.2.4. Kare ve Dikdörtgen Profil Tabloları.....	78
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	92
KAYNAKLAR.....	95
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER.....	97
ÖZGEÇMİŞ.....	98

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	Ham çelik üretimi	1
Şekil 2.1.	Çelik köşebentler	4
Şekil 2.2.	Çelik manto ile güçlendirme	5
Şekil 2.3.	Çelik kutu profiller	6
Şekil 2.4.	L30x30x3 profilinin kesit ölçüleri	7
Şekil 2.5.	Eşit kollu köşebentin bölgelere ayrılması	8
Şekil 2.6.	Birinci bölgenin geometrik merkezinin koordinatları	11
Şekil 2.7.	İkinci bölgenin geometrik merkezinin koordinatları	12
Şekil 2.8.	Üçüncü bölgenin geometrik merkezinin koordinatları	13
Şekil 2.9.	Dördüncü bölgenin geometrik merkezinin koordinatları	14
Şekil 2.10.	Beşinci bölgenin geometrik merkezinin koordinatları	14
Şekil 2.11.	Altıncı bölgenin geometrik merkezinin koordinatları	15
Şekil 2.12.	Yedinci bölgenin geometrik merkezinin koordinatları	16
Şekil 2.13.	Elastisite modülü	20
Şekil 2.14.	Eşit kollu köşebentin 45° döndürülmesi	23
Şekil 2.15.	Kesitin Mohr Çemberinde 45° döndürülmesi	23
Şekil 2.16.	Sırt sırta eşit kollu köşebentin kesit uzunlukları	26
Şekil 2.17.	Sırt sırta eşit kollu köşebentin bölgelere ayrılması	26
Şekil 2.18.	2L30x30x3 profilinin ağırlık merkezleri	28
Şekil 2.19.	L100x65x7 farklı kollu köşebentin kesit uzunlukları	31
Şekil 2.20.	L100x65x7 farklı kollu köşebentin bölgelere ayrılması	32
Şekil 2.21.	L100x65x7 farklı kollu köşebentinin α açısıyla döndürülmesi	41
Şekil 2.22.	L100x65x7 farklı kollu köşebentin harflendirilmesi	43
Şekil 2.23.	Sırt sırta farklı kollu köşebentin kesit uzunlukları	47
Şekil 2.24.	Sırt sırta farklı kollu köşebentin bölgelere ayrılması	47
Şekil 2.25.	Kare kutu profilin kesit uzunlukları	51
Şekil 2.26.	Kare kutu profilin bölgelere ayrılması	52
Şekil 2.27.	Dikdörtgen kutu profilin kesit uzunlukları	57
Şekil 2.28.	Dikdörtgen kutu profilin bölgelere ayrılması	58
Şekil 3.1.	Eşit kollu köşebentler için maliyet dayanım analizi	65
Şekil 3.2.	Kare kutu profiller için maliyet-dayanım grafiği	65
Şekil 3.3.	L25x25x4 köşebenti ile L30x30x3 köşebentinin kıyaslanması	66
Şekil 3.4.	L25x25x4 köşebenti ile L75x75x4 köşebentinin kıyaslanması	66
Şekil 3.5.	L70x70x5 köşebenti ile L70x70x10 köşebentinin kıyaslanması	67
Şekil 3.6.	L250x90x12 köşebenti ile L130x90x12 köşebentinin kıyaslanması	67
Şekil 3.7.	L100x65x7 köşebenti ile L100x65x12 köşebentinin kıyaslanması	68
Şekil 3.8.	L110x70x10 farklı kollu köşebent ile L70x70x10 eşit kollu köşebentinin kıyaslanması	68
Şekil 3.9.	100x100x3 kare kutu profil ile 100x100x10 kare kutu profilin kıyaslanması	69
Şekil 3.10.	250x250x5 kare kutu profil ile 200x200x10 kare kutu profilinin kıyaslanması	69
Şekil 3.11.	200x100x10 kare kutu profil ile 100x100x10 kare kutu profilin kıyaslanması	70

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 3.1.	Eşit kollu köşebent tablosu.....	72
Tablo 3.2.	Eşit kollu köşebent tablosu kıyaslama.....	74
Tablo 3.3.	Farklı kollu köşebent tablosu.....	76
Tablo 3.4.	Farklı kollu köşebent tablosu kıyaslama.....	77
Tablo 3.5.	Sırt Sırta Eşit kollu köşebent tablosu.....	79
Tablo 3.6.	Sırt Sırta Farklı kollu köşebent tablosu.....	81
Tablo 3.7.	Kare kutu profil tablosu.....	85
Tablo 3.8.	Kare kutu profil kıyaslama tablosu.....	87
Tablo 3.9.	Dikdörtgen kutu profil tablosu.....	88



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A	: Toplam kesit alanı, (mm^2)
A_G	: Birim ağırlıktaki boyama yüzey alanı, (m^2/t)
A_i	: i no'lu bölgenin alanı, (mm^2)
A_L	: Birim boy yüzey alanı, (m^2/m)
b	: Kesit genişliği, (mm)
BP	: B ve P noktaları arasındaki mesafe, (mm)
DF	: D ve F noktaları arasındaki mesafe, (mm)
d_{xi}	: i no'lu bölgenin geometrik merkezinin, x ekseninde, kesitin geometrik merkezinden y eksenine olan mesafesi, (mm)
d_{yi}	: i no'lu bölgenin geometrik merkezinin, y ekseninde, kesitin geometrik merkezinden x eksenine olan mesafesi, (mm)
EG	: E ve G noktaları arasındaki mesafe, (mm)
G	: Birim boy ağırlığı, (kg/m)
GA_i	: i no.lu bölgenin geometrik merkezi
GL	: G ve L noktaları arasındaki mesafe, (mm)
h	: Kesit yüksekliği, (mm)
I_{ave}	: Saat yönü tersine döndürülen kesitin ortalama atalet momenti, (mm^4)
I_u	: Kesitin u eksenine göre atalet momenti, (mm^4)
I_v	: Kesitin v eksenine göre atalet momenti, (mm^4)
I_x	: Kesitin x eksenine göre atalet momenti, (mm^4)
I_{xi}	: i no'lu bölgenin x eksenine göre atalet momenti, (mm^4)
I_{xy}	: Kesitin çarpım atalet momenti, (mm^4)
I_{xyi}	: i no'lu parçanın çarpım atalet momenti, (mm^4)
I_y	: Kesitin y eksenine göre atalet momenti, (mm^4)
I_{yi}	: i no'lu bölgenin y eksenine göre atalet momenti, (mm^4)
i_u	: u eksenine göre atalet yarıçapı, (mm)
i_v	: v eksenine göre atalet yarıçapı, (mm)
i_x	: x eksenine göre atalet yarıçapı, (mm)
i_y	: y eksenine göre atalet yarıçapı, (mm)
KM	: K ve M noktaları arasındaki mesafe, (mm)
LC	: L ve C noktaları arasındaki mesafe, (mm)
$L_{\text{çev}}$	: Çevre uzunluğu, (m)
NC	: N ve C noktaları arasındaki mesafe, (mm)
OG	: O ve G noktaları arasındaki mesafe, (mm)
OH	: O ve H noktaları arasındaki mesafe, (mm)
R	: Mohr çemberinin yarıçapı
r_1	: Köşebent birleşiminde bulunan daire diliminin yarıçapı, (mm)
R_1	: Kutu profilin dış köşesindeki daire diliminin yarıçapı, (mm)
r_2	: Köşebent uçlarında bulunan daire diliminin yarıçapı, (mm)
R_2	: Kutu profilin iç köşesindeki daire diliminin yarıçapı, (mm)
s	: İki sırt sırta köşebent arasındaki mesafe, (mm)
t	: Kalınlık, (mm)
t_w	: Düz gövde kalınlığı, (mm)
u	: En dış noktanın v eksenine mesafesi, (mm)
UV	: U ve V noktaları arasındaki mesafe, (mm)
v	: En dış noktanın u eksenine mesafesi, (mm)

VT	: V ve T noktaları arasındaki mesafe, (mm)
VY	: V ve Y noktaları arasındaki mesafe, (mm)
W_{ex}	: x eksenine göre elastik mukavemet momenti, (mm ³)
W_{ey}	: y eksenine göre elastik mukavemet momenti, (mm ³)
W_{px}	: x eksenine göre plastik mukavemet momenti, (mm ³)
W_{py}	: y eksenine göre plastik mukavemet momenti, (mm ³)
x_s	: x eksenini boyunca kesitin geometrik merkezinin mesafesi, (mm)
YD	: Y ve D noktaları arasındaki mesafe, (mm)
y_s	: y eksenini boyunca kesitin geometrik merkezinin mesafesi, (mm)
α	: Kesitin mohr çemberinde saat yönü tersine dönme açısı, (derece)
ρ_s	: Çeliğin birim boy ağırlığı, 7850 kg/m ³



KÖŞEBENT VE KUTU PROFİLLERİN ENKESİT ÖZELLİKLERİNİN HESAPLANMASI

ÖZET

Çelik, 19.yy’da buharlı makinelerin kullanılmasıyla birlikte seri şekilde üretilebilen ve dünya pazarında neredeyse her alanda kullanılan önemli bir malzeme haline gelmiştir. En çok tercih edildiği sektörlerden biri olan inşaat sektörünün hemen hemen her alanında kullanılmaktadır. Farklı şekil ve boyutta birçok çelik profil üretilmektedir. Çelik profil üreten fabrikalar, kendi ürettikleri profillerin tablolarını yayınlamaktadırlar. Bu çalışmanın amacı, elektronik profil tabloları oluşturmak ve bu tablolarda elde edilen profiller arasında kıyaslamalar yapmaktır. Bu çalışmada, bağlantı elemanı veya yardımcı taşıyıcı olarak kullanılan çelik köşebent profiller ve uzay çatı kafes sistemlerde sıklıkla kullanılan çelik kutu profiller ele alınmıştır. İlk olarak, eşit kollu köşebent profillerin en kesit özellikleri hesaplanmıştır. Ardından, elde edilen verilerden de faydalanılarak iki eşit kollu köşebentin sırt sırta getirilmesiyle oluşan sırt sırta eşit kollu köşebentler için en kesit özellikleri hesaplanmıştır. Aynı hesaplar farklı kollu köşebentler için de tekrarlanmıştır. Son olarak kare ve dikdörtgen kutu profillerin en kesit özellikleri hesaplanmıştır. Çalışma sırasında yapılan hesaplar, bilgisayarda formülize edilerek tablo haline getirilmiştir. Bu sayede, sürekli olarak güncellenebilen ve fabrikaların değişen profil ihtiyaçlarına göre yeniden oluşturulabilen tablolar elde edilmiştir. Bununla birlikte bu tablolar sayesinde profiller, birbirleriyle kolaylıkla kıyaslanmış ve maliyet-dayanım grafikleri oluşturulmuştur. Sonuç olarak, öğrenciler ve tasarım yapan mühendisler için faydalı olacağı düşünülen bir çalışma ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Çelik Köşebent Profiller, Çelik Kutu Profiller, Çelik Profil Tabloları, Enkesit Özellikleri, Sırt Sırta Çelik Köşebentler.

CALCULATION OF PROPERTIES OF ANGLE SECTIONS AND TUBE SECTIONS PROFILES

ABSTRACT

With the use of steam powered machines in the 19th century, steel has become an important material that can be produced serially and used in almost every field in the world market. It is used in almost every area of the construction sector, which is one of the main sectors where it is mostly preferred. Generally, many steel profiles are produced in different shapes and sizes. Factories which are producing steel profiles publish the tables of the profiles which they produce. The aim of this study, create electronic profile tables and make comparisons between profiles obtained in these tables. In this study, steel angle profiles used as fasteners or auxiliary bearers and steel box profiles frequently used in space roof truss systems are discussed. In the first instance, cross section properties of equal leg angle profiles are calculated. After then, by using the data obtained, cross-sectional properties were calculated for the back to back equal leg angle profiles which were formed by two equal angle profiles back to back. The same calculations are repeated for unequal leg angle profiles. Finally, the cross section properties of square and rectangular box profiles were calculated. The calculations made during the study were formulated on the computer and made into tables. With this way, tables which can be continuously updated and recreated according to the changing profile needs of the factories have been obtained. However, by the help of these tables, profiles were easily compared with each other and Cost-Strength graphics were created. As a result, this study that is thought to be beneficial for students and design engineers has been put forward.

Keywords: Steel Angle Section Profiles, Steel Tube Section Profiles, Steel Profile Tables, Cross Section Properties, Back to Back Steel Angle Sections.

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Çelik, demir cevherlerinin redüksiyon yoluyla sıvı metale dönüştürülmesi ve daha sonra elde edilen sıvı metalin, rafine edilerek dövülebilir demir haline getirilmesiyle elde edilir. Demirden bu şekilde çelik elde edilmesine 14.yüzyıl da başlanmıştır. Ancak seri çelik imalatı bundan yaklaşık 400 yıl sonra, 1856'da, İngiliz Henry Bessemer tarafından başlatılmıştır. 19. yüzyılda çeliğin seri şekilde üretilmeye başlanması, haddehane ve dövme teknolojisindeki gelişmelerin hızlanmasına yol açmıştır. Haddehane teknolojilerinde yaşanan önemli gelişmeler sayesinde yassı parçalar, raylar, kirişler, tel çubuklar, tüpler ve boruların üretimine yönelik sistemler inşa edilmiştir. Şekil 1.1'de çeliğin makineler kullanılarak işlenmesine bir örnek gösterilmiştir. Buharla çalışan makinelerin de icadıyla birlikte çelik, dünya pazarına hızlıca yayılmıştır. 18. yüzyılın sonlarında dünya genelinde yıllık 5 milyon ton olan çelik üretimi, günümüzde 1 milyar tonu geçmiştir (Bessemer, 1905, URL-1).



Şekil 1.1. Ham çelik üretimi (URL-2)

Günümüzde çeliğin en çok talep edildiği sektörlerden biri de inşaat sektörüdür. Çelik, inşaat sektöründeki hemen hemen her yapıda farklı şekillerde kullanılmaktadır. Bu kullanım tiplerinden biri ise sıcak şekil verilmiş çelik profillerdir. Bu profiller, yapılarda ana taşıyıcı veya bağlantı elemanı olarak kullanılabilir. Yapı sektöründe kullanılan gibi farklı şekil ve boyutlarda birçok çelik profil vardır. Bu profillerin yapılarda kullanabilmesi için en kesit özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir.

Çelik profil üreten fabrikalar, kendi ürettikleri çelik profillere ait tabloları, internet sitelerinde veya yayınladıkları kataloglarda müşterileriyle paylaşmaktadır. Bu durum, elimizde sınırlı sayıda profile ait hesapların olduğu anlamına gelmektedir. Bu sebeple, bu çalışmada elektronik profil tabloları oluşturulmuştur. Bu tablolarda profilin enkesit alanı, atalet momenti gibi kesit özellikleri formüller oluşturularak hesaplanmıştır. Bu sayede profilin boyutları girildiği zaman o profile ait en kesit özellikler hesaplanabilmektedir. Böylelikle, ihtiyacımız olan profili belirlerken, yayınlanmış sabit profil tablolarından daha fazla profil tablosu elde edilebilmektedir. Bununla birlikte oluşturulan profillerin kıyaslaması çok daha hızlı ve doğru şekilde yapılabilmektedir.

Bu çalışmanın amacı, köşebent ve kutu profillerin enkesit özelliklerini adım adım hesaplamak ve elektronik profil tablolarını oluşturmaktır. Yapılan hesaplamalar, çalışmamızda bir profil boyutu üzerinden gösterilmiş olsada, hesaplamalar formülize edilmiş ve karşılaştırılan profil tablolarında bulunan bütün profiller için enkesit değerleri elde edilmiştir. Bu sayede, elde edilen sonuçlar hazır profil tablolarıyla kıyaslanarak hata yüzdeleri çıkarılmıştır. Böylece yapılan hesapların doğruluğu teyit edilmiştir. Ardından elde edilen tablolardaki sonuçlar analiz edilerek profil boyutlarındaki değişimin, maliyet ve dayanıma olan etkileri kıyaslanmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde, köşebentlerin enkesit özellikleri hesaplanmıştır. Ardından elde edilen değerler kullanılarak sırt sırta birleştirilmiş köşebentlerin enkesit özellikleri hesaplanmıştır. Son olarak kare ve dikdörtgen kutu profillerin enkesit özellikleri ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Çalışmanın üçüncü bölümünde, yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen değerler kullanılarak profil tabloları oluşturulmuştur. Eşit ve farklı kollu köşebentlere ait profil tabloları, uluslararası geçerliliğe sahip bir çelik profil kataloğu (2016, ArcelorMittal) ile karşılaştırılmıştır. Profiller birbirleriyle kıyaslanarak maliyet-dayanım grafikleri oluşturulmuştur.

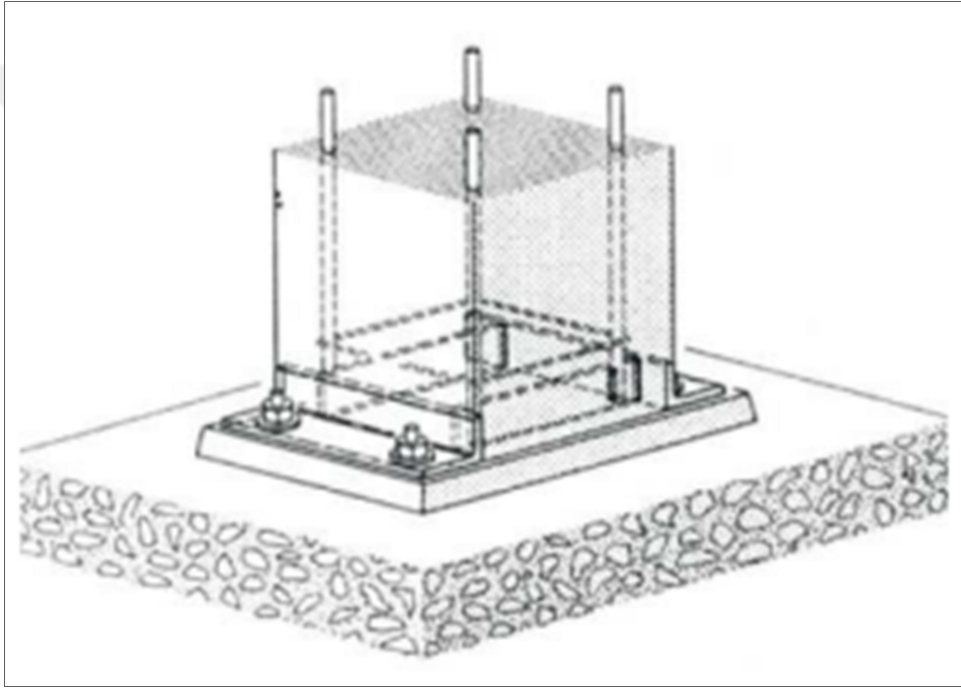
Çalışmanın dördüncü bölümünde, çalışmada elde edilen sonuçlar ortaya konulmuştur. Çalışma sonucunda oluşturulan tabloların tasarım yaparken sağlayacağı faydalardan bahsedilmiş ve maliyet-fayda analizleri yapılmıştır.

Bu çalışmada, köşebent, sırt sırta köşebent ve kutu pofillerin hesabı yapılırken, her profilden birer adet örnek profil seçilmiş ve bu profile ait hesaplamalar el ile hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar elektronik tablolara işlenmiş ve yapılan işlemler tüm profiller için genellenerek profil tabloları oluşturulmuştur. Köşebentler için yapılan hesaplamalar uluslararası profil kataloğu (ArcelorMittal, 2016) ile karşılaştırılmış ve yapılan hesaplamalarda elde edilen değler kataloğa göre farklılık yüzdeleri hesaplanmıştır. Kare kutu profiller için ise hesaplanan değler ders notu olarak hazırlanan (Korashy, 2001) profil tablosu ile karşılaştırılmış ve yine aynı şekilde farklılık yüzdeleri hesaplanmıştır.

Yapı sektöründe oldukça yaygın olarak kullanılan köşebent, sırt sırta birleştirilmiş köşebent ve kutu profillere kesit özelliklerinin hesaplanmasından oluşan profil tablolarının çelik yapı tasarımı yapan mühendisler faydası olacağı düşünülmektedir.

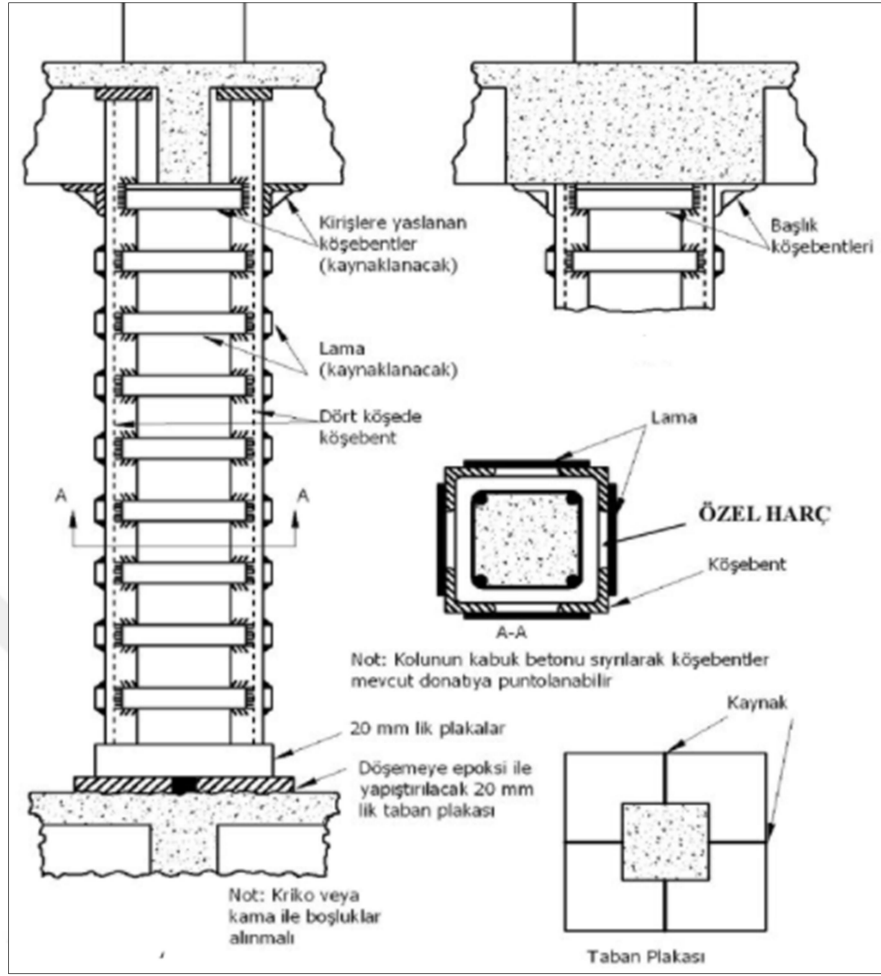
2. KÖŞEBENT VE KUTU KESİTLİ ÇELİK PROFİLLER

Çelik yapı elemanları farklı şekil ve özelliklere sahiptirler. Köşebentler de yapı sektöründe farklı amaçlar için sıklıkla kullanılan çelik yapı elemanıdır. Örneğin; köşebentler bağlantı elemanı olarak kullanılabilirler. Şekil 2.1’deki örnekte köşebent profil temel-kolon birleşiminde bağlantı elemanı olarak kullanılmıştır. Bu birleşimde, kolon tabanında karşılıklı bulunan iki adet köşebente kolonun içinden geçen çelik lama kaynaklanır. Çelik lamalara kolon boyuna köşe donatılara kaynatıldıktan sonra beton dökümü gerçekleştirilir(Seydioğlu, 2008).



Şekil 2.1.Çelik köşebentler (Seydioğlu, 2008)

Köşebentlerin bir diğer kullanım alanı binaların güçlendirilmesidir. Betonarme kolonların güçlendirilmesinde sıklıkla kullanılan yöntem, mantodur. Çelik manto yönteminde, kolonun dört köşesine oturtulan çelik köşebentlerin, belirli sıklıkta çelik lamalarla kaynaklanarak birleştirilir. Çelik manto, dört köşesine oturtulan çelik köşebentlerin sağladığı alanla kolonun aksenal yük kapasitesini artırır (Ersoy, 2007). Çelik manto ile güçlendirme Şekil 2.2’de gösterilmiştir.



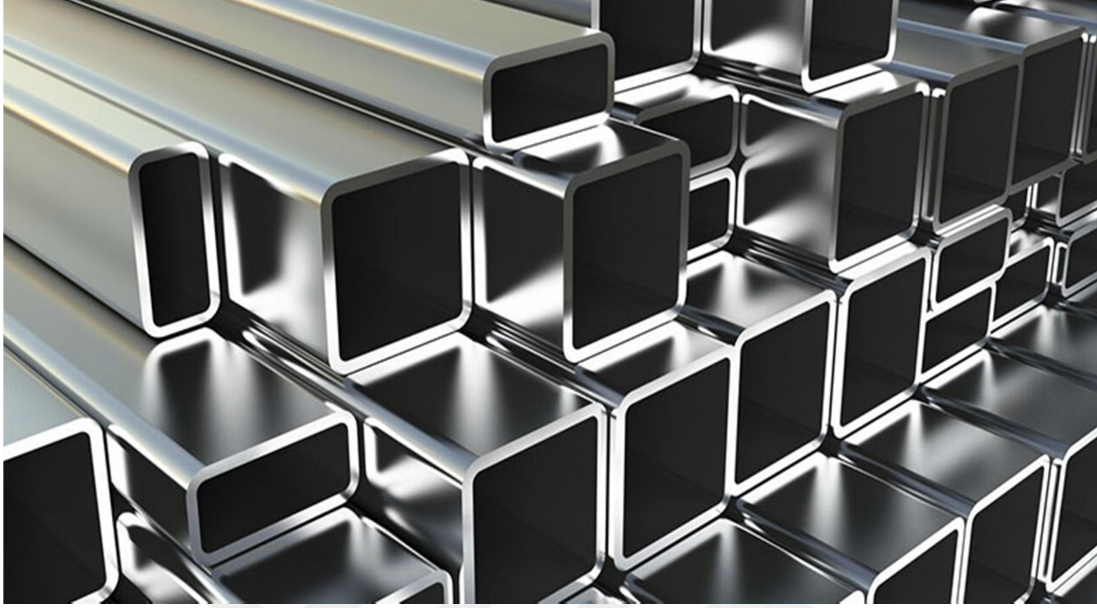
Şekil 2.2. Çelik manto ile güçlendirme (Ersoy, 2007)

Köşebentler, çatı makasında, aşıklarda da kullanılmaktadır. Köşebentin yaygın olarak kullanıldığı bir diğer alan ise elektrik direkleridir.

Köşebentler, eşit kollu ve farklı kollu olarak ikiye ayrılır. Tekil olarak kullanılabildikleri gibi, sırt sırta birleştirilerek de kullanılmaktadırlar.

Aynı şekilde, kutu profiller de yapılarda sıklıkla karşılaştığımız profil tiplerinden biridir. Yapılarda ana taşıyıcı kolon veya kiriş olarak karşımıza çıkarlar. Son yıllarda, içerisi beton ile doldurulmuş çelik kutu kesitli kolonlar yüksek katlı binalarda yaygın bir şekilde kullanım alanı bulmuştur (Uy, 1998). Bu şekilde kullanılan profiller betonarme elemanlarla karşılaştırıldığında, yanal deformasyonlar çelik kutu profil tarafından sınırlandırıldığı için beton dayanımı artar, çelik kutu kesit içerisinde betonun bulunması çelik kutu kesitin yerel burkulmasını geciktirir (Susantha v.d., 2001).

Kutu profiller kare veya dikdörtgen kutu profil olarak ikiye ayrılırlar. Şekil 2.3'te kare ve dikdörtgen kutu profillere ait örnekler gösterilmiştir.



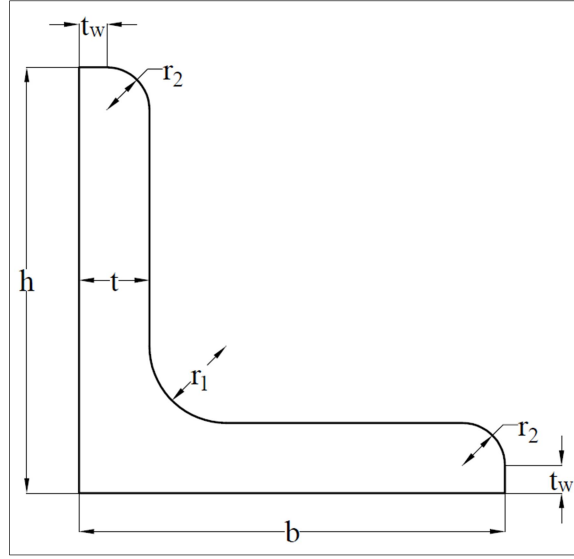
Şekil 2. 3. Çelik kutu profiller (URL-3)

Bu bölümde, önce eşit kollu köşebent olan $L30 \times 30 \times 3$ profilinin en kesit özellikleri hesaplanmıştır. Sonrasında ise iki adet $L30 \times 30 \times 3$ profilinin sırt sırta konulmasıyla oluşan $2L30 \times 30 \times 3$ profilinin kesit özellikleri hesaplanmıştır. Eşit kollu köşebent ve bu köşebentin sırt sırta birleştirilmesi ile oluşan T profilin kesit özellikleri hesaplandıktan sonra, farklı kollu köşebent hesabı için $L100 \times 65 \times 7$ profilinin en kesit özellikleri hesaplanmış, sonrasında iki adet $L100 \times 65 \times 7$ profilinin sırt sırta konulmasıyla oluşan $2L100 \times 65 \times 7$ profilinin enkesit özellikleri hesaplanmıştır. Son olarak dikdörtgen ve kare kutu profillerin en kesit özellikleri hesaplanarak bölüm tamamlanmıştır.

2.1. $L30 \times 30 \times 3$ Eşit Kollu Köşebent Profile Ait Hesaplar

Eşit kollu köşebentler, kesit yüksekliği kesit genişliğine eşit olan L profillerdir. Bu elemanlar, basınç ve çekme dayanımına sahiptir.

Bu bölümde, $L30 \times 30 \times 3$ eşit kollu köşebentine ait en kesit özellikleri hesaplanmıştır. $L30 \times 30 \times 3$ profilinin kesit özelliklerinin adlandırılması Şekil 2.4'te gösterilmiştir.



Şekil 2.4. L30x30x3 profilinin kesit ölçüleri

Şekil 2.4'te gösterilen eşit kollu L30x30x3 profilinin kesit boyutları uluslararası çelik kataloğundan alınmıştır(ArcelorMittal, 2016). Bu değerler aşağıda verilmiştir.

h: Kesit yüksekliği, 30 mm

b: Kesit genişliği, 30 mm

t: Kalınlık, 3 mm

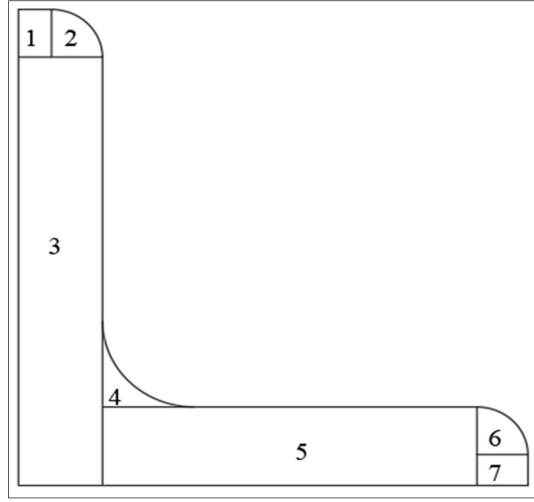
r_1 : Köşebent birleşiminde bulunan daire diliminin yarıçapı, 5 mm

r_2 : Köşebent uçlarında bulunan daire diliminin yarıçapı, 2,5 mm

Şekil 2.4'te de gösterilen köşebentin düz gövde kalınlığı t_w olarak tanımlanmıştır. Kesitin düz gövde kalınlığının hesaplanabilmesi için, profilin gövde kalınlığından köşebentin uç kısmında bulunan çeyrek dairenin yarıçapı çıkarılmıştır. Kesitin düz gövde kalınlığı Denklem 2.1'de hesaplanmıştır.

$$t_w = t - r_2 = 0,5 \text{ mm} \quad (2.1)$$

Eşit kollu köşebente ait kesit özellikleri belirlenirken, hesaplarda oluşabilecek hataları minimize etmek ve doğruya daha yakın sonuçlar elde etmek için eşit kollu köşebent çeşitli geometrik şekillerden oluşan 7 farklı bölgeye ayrılmıştır. Bu bölgeler Şekil 2.5'de gösterilmiştir.



Şekil 2.5. Eşit kollu köşebentini bölgeye ayırma

Kesit özellikleri hesaplanırken Şekil 2.5’de gösterilen bütün bölgeler ayrı ayrı hesaplanmış, elde edilen sonuçlar kullanılarak enkesit özellikleri hesaplanmıştır.

2.1.1. L30x30x3 Köşebentini Kesit Alanını Hesaplanması

Kesit alanı, katı cisimlerin herhangi bir noktadan bölünmesi sonucunda elde edilen yüzey alanını ifade eder. Bölünen yüzeydeki boşluklar, kesit alanına dâhil edilmez (URL-5).

Eşit kollu köşebentini kesit alanını hesaplayabilmek için, öncelikle, köşebentini bölündüğü bütün bölgelerin alanları tek tek hesaplanmıştır, ardından hesaplanan alanlar toplanarak eşit kollu köşebente ait kesit alanı değerine ulaşılmıştır.

Birinci bölge, Şekil 2.5’de de gösterildiği gibi, kesitin sol üstünde bulunan dikdörtgen şeklindeki bölgedir. Alan hesabı için kullanılacak kenar uzunluklarının biri düz gövde genişliği olan t_w değeri, diğeri ise birinci bölgenin yanında bulunan çeyrek dairenin yarıçapı olan r_2 değeridir. Birinci bölgeyi oluşturan dikdörtgenin alanı A_1 sembolü ile gösterilmiştir ve Denklem 2.2’de hesaplanmıştır.

$$A_1 = t_w \cdot r_2 = 1,25 \text{ mm}^2 \quad (2.2)$$

Kesitin sol üstünde birinci bölgenin yanında bulunan çeyrek daire şekline sahip ikinci bölgenin alanı A_2 sembolü ile gösterilmiştir ve Denklem 2.3’de hesaplanmıştır.

$$A_2 = \left(\frac{\pi \cdot r_2^2}{4} \right) = 4,909 \text{ mm}^2 \quad (2.3)$$

Birinci ve ikinci bölgenin altında bulunan ve dikdörtgen şekline sahip olan bölge üçüncü bölge olarak adlandırılmıştır. Bu bölgenin alanı A_3 sembolü ile gösterilmiştir ve Denklem 2.4’de hesaplanmıştır.

$$A_3 = (h - r_2) \cdot t = 82,50 \text{ mm}^2 \quad (2.4)$$

Kesiti oluşturan kolların birleştiği yerde bulunan ve spandrel şekline sahip bölge dördüncü bölge olarak adlandırılmıştır. Bu bölgenin alanı A_4 sembolü ile gösterilmiştir. Alan hesabı yapılırken r_1 kenar uzunluğuna sahip karenin alanından r_1 yarıçaplı çeyrek dairenin alanı çıkartılmıştır. Bu işlem Denklem 2.5’de hesaplanmıştır.

$$A_4 = r_1^2 - \left(\frac{\pi \cdot r_1^2}{4} \right) = 5,365 \text{ mm}^2 \quad (2.5)$$

Kesitin alt tarafında bulunan ve dikdörtgen şekline sahip olan bölge beşinci bölge olarak adlandırılmıştır. Bu bölgenin alanı A_5 sembolü ile gösterilmiştir ve Denklem 2.6’da hesaplanmıştır.

$$A_5 = (b - t - r_2) \cdot t = 73,50 \text{ mm}^2 \quad (2.6)$$

Kesitin sağ alt köşesinde bulunan çeyrek daire dilimi altıncı bölge olarak adlandırılmıştır. Altıncı bölgenin alanı A_6 sembolü ile gösterilmiştir ve Denklem 2.7’de hesaplanmıştır.

$$A_6 = \left(\frac{\pi \cdot r_2^2}{4} \right) = 4,909 \text{ mm}^2 \quad (2.7)$$

Kesitin sağ alt köşesinde çeyrek dairenin altında bulunan dikdörtgen şekline sahip alan yedinci bölge olarak adlandırılmıştır. Yedinci bölgenin alanı A_7 sembolü ile gösterilmiştir ve Denklem 2.8’de hesaplanmıştır.

$$A_7 = t_w \cdot r_2 = 1,25 \text{ mm}^2 \quad (2.8)$$

Kesitin toplam alanı A sembolü ile gösterilmiştir ve Denklem 2.9'daki gibi toplanarak kesitin enkesit alanı hesaplanmıştır.

$$A = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7 = 173,7 \text{ mm}^2 \quad (2.9)$$

2.1.2. L30x30x3 Köşebentinin Birim Boy Ağırlığının Hesaplanması

Birim boy ağırlığı, cisimlerin tek eksenli doğrusal yoğunluğunu ifade etmektedir (URL-6). Profile ait bu değerin bilinmesi, kullanılan profilin ağırlığını kolayca hesaplamamızı sağlar.

Denklem 2.10'da, köşebentini enkesit alanı çeliğin birim hacim ağırlığı ile çarpılarak köşebentini birim boy ağırlığı hesaplanmıştır.

$$G = A \cdot 7850 \text{ kg/m}^3 = 1,363 \text{ kg/m} \quad (2.10)$$

Elde edilen bu değer, bir metre uzunlukta L30x30x3 profilinin 1,363 kg geldiği anlamına gelmektedir. Kullanılan profilin ağırlığını bilmemiz, güncel çelik fiyatına göre profilin maliyetini hesaplayabilmemizi ve profilin ölü ağırlığını kolayca hesaplamamızı sağlar.

2.1.3. L30x30x3 Köşebentinin Birim Boy Yüzey Alanının Hesaplanması

Birim boy yüzey alanı, cismin bir birim uzunlukta sahip olduğu yüzey alanını ifade eder (ArcelorMittal Europe). Bu değeri bulabilmek için öncelikle kesitin çevre uzunluğu Denklem 2.11 ile hesaplanmış ve bulunan değer 1 m/m değeri ile çarpılarak kesitin birim boydaki yüzey alanı Denklem 2.12 hesaplanmıştır.

$$L_{\text{cev}} = 2 \cdot (h - t - r_1 - r_2) + h + b + 2 \cdot t_w + \pi \cdot r_2 + \frac{\pi \cdot r_1}{2} = 0,116 \text{ m} \quad (2.11)$$

$$A_L = L_{\text{cev}} \cdot 1 \cdot \frac{1}{\text{m}} = 0,116 \text{ m}^2/\text{m} \quad (2.12)$$

Bu sonuç bize L30x30x3 köşebentini bir metre uzunlukta 0,116 m² yüzey alanına sahip olduğunu gösterir.

2.1.4. L30x30x3 Köşebentinin Birim Ağırlıktaki Boyama Yüzey Alanının Hesaplanması

Denklem 2.13'te, köşebentin birim boy yüzey alanı, kesitin bir birim uzunluktaki ağırlığına bölünerek, köşebentin birim ağırlıktaki boyama yüzeyi elde edilmiştir.

$$A_G = \frac{A_L}{(A \cdot \rho_s)} = 84,867 \text{ m}^2/\text{t} \quad (2.13)$$

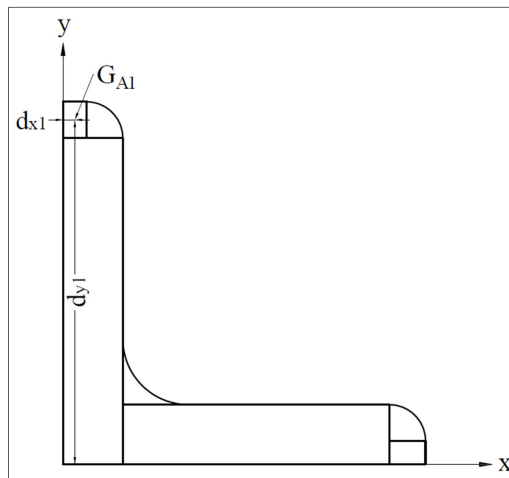
Sonuç olarak, 1 ton L30x30x3 köşebent, 84,867 m² boyama alanına sahiptir. Bu değerin bilinmesi, tasarımda kullanılan profilleri boyamak için gerekli boya miktarını kolayca hesaplayabilmemizi sağlar.

2.1.5. L30x30x3 Köşebentinin Atalet Momentinin Hesaplanması

Atalet sözcüğü durağanlık, eylemsizlik gibi anlamlara gelmektedir. Bir cismin atalet momenti, mühendislik elemanının geometrik dizaynında eğilme, burulma gibi zorlanmalara karşı direnci olarak karşılık bulmaktadır. Bir alanın atalet momenti, moment ekseninden itibaren lineer olarak değişen bir yayılı yükün momentini hesaplamak gerektiğinde ortaya çıkar(Yalçınkaya, 2017).

Köşebentin atalet momentini hesaplanamak için öncelikle, her bölgenin geometrik merkezi ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Birinci bölgenin geometrik merkezinin x ve y koordinatı Şekil 2.6'da gösterilmiştir.



Şekil 2.6. Birinci bölgenin geometrik merkezinin koordinatları

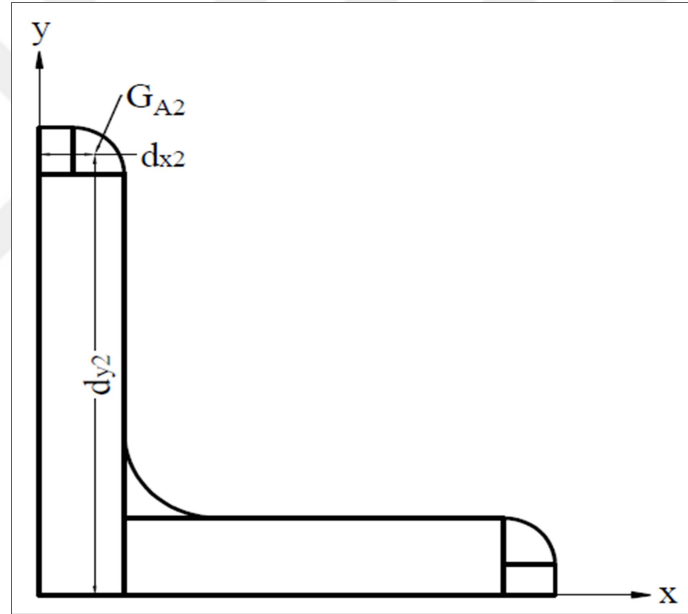
Köşebentin yükseliğinden, birinci bölgenin yüksekliğinin yarısı çıkarılarak Denklem 2.14’de gösterildiği gibi birinci bölgenin y eksenine göre konumu bulunmuştur.

$$d_{y1} = \left(h - \frac{r_2}{2} \right) \quad (2.14)$$

Birinci bölge sol kenarı asal eksen üzerinde olduğu için Denklem 2.15’de gösterildiği gibi birinci bölgenin genişliğinin yarısı, birinci bölgenin x eksenine göre konumu verir.

$$d_{x1} = \frac{t_w}{2} \quad (2.15)$$

İkinci bölgenin geometrik merkezinin x ve y koordinatı Şekil 2.7’de gösterilmiştir.



Şekil 2.7. İkinci bölgenin geometrik merkezinin koordinatları

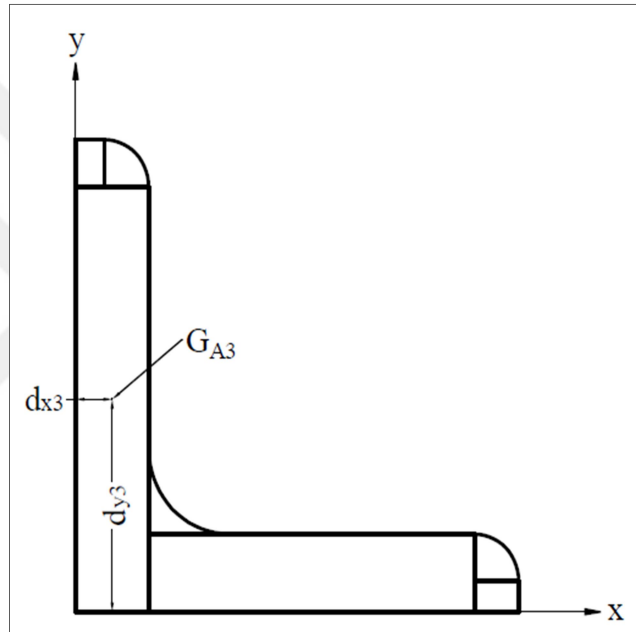
İkinci bölge olarak adlandırılan çeyrek dairenin geometrik merkezinin koordinatları $4r_2/3\pi$ formülü ile elde edilebilir. Şekil 2.7’de gösterilen d_{y2} ifadesini hesaplayabilmek için Kesit yüksekliğinden köşebent ucundaki çeyrek dairenin yarıçapı çıkarılmış ardından aynı çeyrek dairenin geometrik merkezi ile toplanmıştır. Bu sayede, çeyrek daire olan ikini bölgenin geometrik merkezinin y doğrultusunda, köşebentin tabanına uzaklığı elde edilmiştir. Yapılan işlemler Denklem 2.16’da gösterilmiştir.

$$d_{y2} = (h-r_2) + \frac{4.r_2}{3.\pi} \quad (2.16)$$

İkinci bölgenin geometrik merkezinin y eksenine olan dik uzaklığı olarak tanımlanan d_{x2} ifadesi, Denklem 2.17'deki gibi hesaplanmıştır.

$$d_{x2} = t_w + \frac{4.r_2}{3.\pi} \quad (2.17)$$

Üçüncü bölgenin geometrik merkezinin x ve y koordinatı Şekil 2.8'de gösterilmiştir.



Şekil 2.8. Üçüncü bölgenin geometrik merkezinin koordinatları

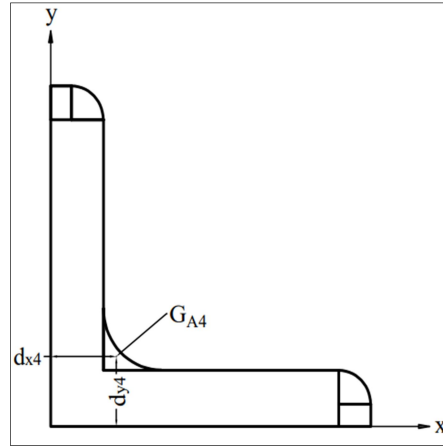
Üçüncü bölgenin yüksekliğinin yarısı, Denklem 2.18'de gösterildiği gibi üçüncü bölgenin y eksenine göre konumunu verir.

$$d_{y3} = \frac{(h-r_2)}{2} \quad (2.18)$$

Üçüncü bölgenin genişliğinin yarısı, Denklem 2.19'de gösterildiği gibi üçüncü bölgenin x eksenine göre konumunu verir.

$$d_{x3} = \frac{t}{2} \quad (2.19)$$

Dördüncü bölgenin geometrik merkezinin x ve y koordinatı Şekil 2.9’da gösterilmiştir.



Şekil 2.9. Dördüncü bölgenin geometrik merkezinin koordinatları

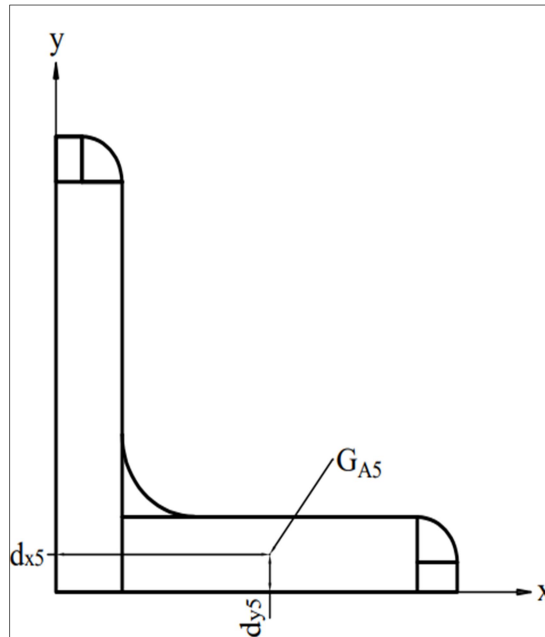
Denklem 2.20’de dördüncü bölgenin y eksenine göre konumu bulunmuştur.

$$d_{y4} = t + y_{\text{çs}} \quad (2.20)$$

Denklem 2.21’de dördüncü bölgenin x eksenine göre konumu bulunmuştur.

$$d_{x4} = t + y_{\text{çs}} \quad (2.21)$$

Beşinci bölgenin geometrik merkezinin x ve y koordinatı Şekil 2.10’da gösterilmiştir.



Şekil 2.10. Beşinci bölgenin geometrik merkezinin koordinatları

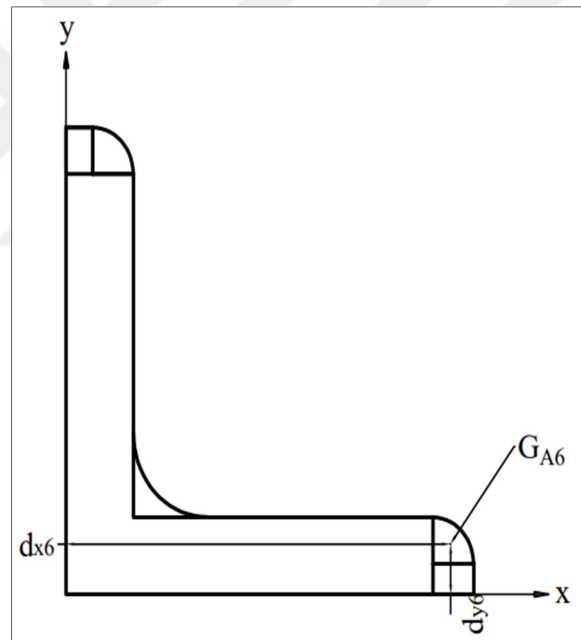
Beşinci bölgenin alt kenarı x asal eksenine bitişik olduğu için beşinci bölgenin yüksekliğinin yarısı, Denklem 2.22’de gösterildiği gibi beşinci bölgenin y eksenine göre konumuna eşittir.

$$d_{y5} = \frac{t}{2} \quad (2.22)$$

Beşinci bölgenin genişliğinin yarısının üçüncü bölgenin genişliği ile toplamı, Denklem 2.23’de gösterildiği gibi beşinci bölgenin x eksenine göre konumuna eşittir.

$$d_{x5} = t + \frac{(b - t - r_2)}{2} \quad (2.23)$$

Altıncı bölgenin geometrik merkezinin x ve y koordinatı Şekil 2.11’de gösterilmiştir.



Şekil 2.11. Altıncı bölgenin geometrik merkezinin koordinatları

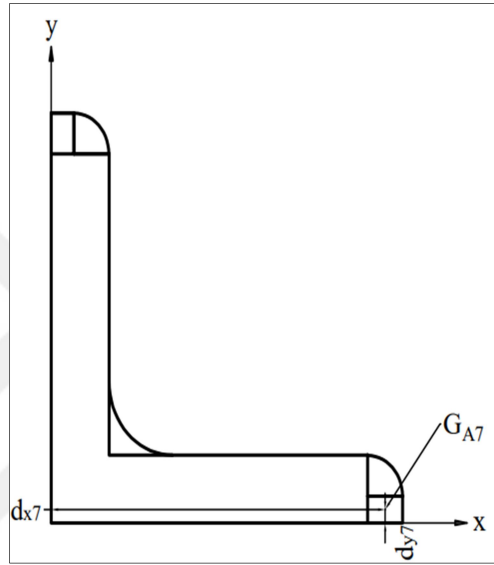
Altıncı bölgenin y eksenine doğrultusundaki düz kenarına uzaklığı, Denklem 2.24’de gösterildiği gibi yedinci bölgenin yüksekliği ile toplanarak ikinci bölgenin y eksenine göre konumu bulunmuştur.

$$d_{y6} = t_w + \frac{4 \cdot r_2}{3 \cdot \pi} \quad (2.24)$$

Denklem 2.25’da gösterildiği gibi beşinci bölgenin genişliği ile altıncı bölgenin x eksenine doğrultusundaki düz kenarına uzaklığının toplamı, ikinci bölgenin x eksenine göre konumunu verir.

$$d_{x6} = (b - r_2) + \frac{4 \cdot r_2}{3 \cdot \pi} \quad (2.25)$$

Yedinci bölgenin geometrik merkezinin x ve y koordinatı Şekil 2.12’de gösterilmiştir.



Şekil 2.12. Yedinci bölgenin geometrik merkezinin koordinatları

Yedinci bölgenin yüksekliğinin yarısı, Denklem 2.26’da gösterildiği gibi yedinci bölgenin y eksenine göre konumuna eşittir.

$$d_{y7} = \frac{t_w}{2} \quad (2.26)$$

Beşinci bölgenin genişliği ile yedinci bölgenin genişliğinin yarısı, Denklem 2.27’de gösterildiği gibi yedinci bölgenin x eksenine göre konumuna eşittir.

$$d_{x7} = b - \frac{r_2}{2} \quad (2.27)$$

Bulunan mesafeler, bölgelerin alanlarıyla çarpılarak toplanmıştır. Ardından tüm kesitin alanına bölünerek kesitin y ve x eksenlerine göre geometrik merkezinin yeri bulunmuştur. Bu işlemler, Denklem 2.28 ve 2.29’da gösterilmiştir.

Kesitin y eksenine göre geometrik merkezinin koordinatı olan y_s , Denklem 2.28’de, x eksenine göre geometrik merkezinin koordinatı olan x_s , Denklem 2.29’da hesaplanmıştır.

$$y_s = \frac{(A_1 \cdot d_{y1} + A_2 \cdot d_{y2} + A_3 \cdot d_{y3} + A_4 \cdot d_{y4} + A_5 \cdot d_{y5} + A_6 \cdot d_{y6} + A_7 \cdot d_{y7})}{A} = 8,353 \text{ mm} \quad (2.28)$$

$$x_s = \frac{(A_1 \cdot d_{x1} + A_2 \cdot d_{x2} + A_3 \cdot d_{x3} + A_4 \cdot d_{x4} + A_5 \cdot d_{x5} + A_6 \cdot d_{x6} + A_7 \cdot d_{x7})}{A} = 8,353 \text{ mm} \quad (2.29)$$

2.1.5.1. L30x30x3 Köşebentinin x Eksenine Göre Atalet Momentinin Hesaplanması

Kesitin x eksenine göre atalet momentinin bulunması için öncelikle her bir bölgenin kesitin geometrik merkezinden geçen x eksenine göre atalet momenti hesaplanmıştır.

Birinci bölgenin x eksenine göre atalet momenti Denklem 2.30’da hesaplanmıştır.

$$I_{x1} = \frac{t_w \cdot r_2^3}{12} + A_1 \cdot (d_{y1} - y_s)^2 = 520,682 \text{ mm}^4 \quad (2.30)$$

İkinci bölgenin x eksenine göre atalet momenti Denklem 2.31’de hesaplanmıştır.

$$I_{x2} = \left(\frac{\pi \cdot r_2^4}{16} - \left(\frac{\pi \cdot r_2^2}{4} \right) \cdot \left(\frac{4 \cdot r_2}{3 \cdot \pi} \right)^2 \right) + A_2 \cdot (d_{y2} - y_s)^2 = 2006,638 \text{ mm}^4 \quad (2.31)$$

Üçüncü bölgenin x eksenine göre atalet momenti Denklem 2.32’de hesaplanmıştır.

$$I_{x3} = \frac{t \cdot (h - r_2)^3}{12} + A_3 \cdot (d_{y3} - y_s)^2 = 7601,973 \text{ mm}^4 \quad (2.32)$$

Dördüncü bölgenin x eksenine göre atalet momenti Denklem 2.33’de hesaplanmıştır.

$$I_{x4} = \frac{r_1^4}{12} + r_1^2 \cdot \left(t + \frac{r_1}{2} - y_s \right)^2 - \left[\left(\frac{\pi \cdot r_1^4}{16} \right) - \left(\frac{\pi \cdot r_1^2}{4} \right) \cdot \left(\frac{4 \cdot r_1}{3 \cdot \pi} \right)^2 + \left(\frac{\pi \cdot r_1^2}{4} \right) \cdot \left(t + r_1 - \left(\frac{4 \cdot r_1}{3 \cdot \pi} \right) - y_s \right)^2 \right]$$

$$= 101,006 \text{ mm}^4 \quad (2.33)$$

Beşinci bölgenin x eksenine göre atalet momenti Denklem 2.34’de hesaplanmıştır.

$$I_{x5} = \frac{t^3 \cdot (b - r_2 - t)}{12} + A_5 \cdot (d_{y5} - y_s)^2 = 3507,259 \text{ mm}^4 \quad (2.34)$$

Altıncı bölgenin x eksenine göre atalet momenti Denklem 2.35’de hesaplanmıştır.

$$I_{x6} = \left(\frac{\pi \cdot r_2^4}{16} - \left(\frac{\pi \cdot r_2^2}{4} \right) \cdot \left(\frac{4 \cdot r_2}{3 \cdot \pi} \right)^2 \right) + A_6 \cdot (d_{y6} - y_s)^2 = 228,608 \text{ mm}^4 \quad (2.35)$$

Yedinci bölgenin x eksenine göre atalet momenti Denklem 2.36’da hesaplanmıştır.

$$I_{x7} = \frac{r_2 \cdot t_w^3}{12} + A_7 \cdot (d_{y7} - y_s)^2 = 82,105 \text{ mm}^4 \quad (2.36)$$

Köşebentin x eksenine göre atalet momenti, tüm bölgelerin x eksenine göre atalet momentlerinin toplanmasıyla, Denklem 2.37’deki gibi bulunmuştur.

$$I_x = I_{x1} + I_{x2} + I_{x3} + I_{x4} + I_{x5} + I_{x6} + I_{x7} = 14048,27 \text{ mm}^4 \quad (2.37)$$

2.1.5.2. L30x30x3 Köşebentinin y Eksenine Göre Atalet Momentinin Hesaplanması

Kesitin y eksenine göre atalet momenti hesabı yapılırken, öncelikle her bir bölgenin kesitin y eksenine göre atalet momenti hesaplanmıştır.

Birinci bölgenin y eksenine göre atalet momenti Denklem 2.38’de hesaplanmıştır.

$$I_{y1} = \frac{r_2 \cdot t_w^3}{12} + A_1 \cdot (d_{x1} - x_s)^2 = 82,105 \text{ mm}^4 \quad (2.38)$$

İkinci bölgenin y eksenine göre atalet momenti Denklem 2.39’da hesaplanmıştır.

$$I_{y2} = \left(\frac{\pi \cdot r_2^4}{16} - \left(\frac{\pi \cdot r_2^2}{4} \right) \cdot \left(\frac{4 \cdot r_2}{3 \cdot \pi} \right)^2 \right) + A_2 \cdot (d_{x2} - x_s)^2 = 228,608 \text{ mm}^4 \quad (2.39)$$

Üçüncü bölgenin y eksenine göre atalet momenti Denklem 2.40’da hesaplanmıştır.

$$I_{y3} = \frac{(h-r_2) \cdot t^3}{12} + A_3 \cdot (d_{x3} - x_s)^2 = 3936,72 \text{ mm}^4 \quad (2.40)$$

Dördüncü bölgenin y eksenine göre atalet momenti Denklem 2.41’de hesaplanmıştır.

$$I_{y4} = \frac{r_1^4}{12} + r_1^2 \cdot \left(t + \frac{r_1}{2} - x_s \right)^2 - \left[\left(\frac{\pi \cdot r_1^4}{16} \right) - \left(\frac{\pi \cdot r_1^2}{4} \right) \cdot \left(\frac{4 \cdot r_1}{3 \cdot \pi} \right)^2 + \left(\frac{\pi \cdot r_1^2}{4} \right) \cdot \left(t + r_1 - \left(\frac{4 \cdot r_1}{3 \cdot \pi} \right) - x_s \right)^2 \right]$$

$$= 101,006 \text{ mm}^4 \quad (2.41)$$

Beşinci bölgenin y eksenine göre atalet momenti Denklem 2.42’de hesaplanmıştır.

$$I_{y5} = \frac{(b-r_2-t)^3 \cdot t}{12} + A_5 \cdot (d_{x5} - x_s)^2 = 7172,513 \text{ mm}^4 \quad (2.42)$$

Altıncı bölgenin y eksenine göre atalet momenti Denklem 2.43’de hesaplanmıştır.

$$I_{y6} = \left(\frac{\pi \cdot r_2^4}{16} - \left(\frac{\pi \cdot r_2^2}{4} \right) \cdot \left(\frac{4 \cdot r_2}{3 \cdot \pi} \right)^2 \right) + A_6 \cdot (d_{x6} - x_s)^2 = 2006,638 \text{ mm}^4 \quad (2.43)$$

Yedinci bölgenin y eksenine göre atalet momenti Denklem 2.44’de hesaplanmıştır.

$$I_{y7} = \frac{t_w \cdot r_2^3}{12} + A_7 \cdot (d_{x7} - x_s)^2 = 520,682 \text{ mm}^4 \quad (2.44)$$

Köşebentin y eksenine göre atalet momenti, tüm bölgelerin y eksenine göre atalet momentlerinin toplanmasıyla, Denklem 2.45’deki gibi bulunmuştur.

$$I_y = I_{y1} + I_{y2} + I_{y3} + I_{y4} + I_{y5} + I_{y6} + I_{y7} = 14048,27 \text{ mm}^4 \quad (2.45)$$

2.1.6. L30x30x3 Köşebentinin Atalet Yarıçapının Hesaplanması

Bir cismin kendisi ile aynı atalet momentine sahip halkanın yarıçapına, atalet yarıçapı denir (URL-9).

Köşebentin atalet yarıçapını bulmak için, kesitin atalet momenti, alanına bölünmüştür. Elde edilen değerin karekökü, atalet yarıçapıdır. Denklem 2.46'da kesitin x eksenine göre atalet yarıçapı hesaplanmıştır.

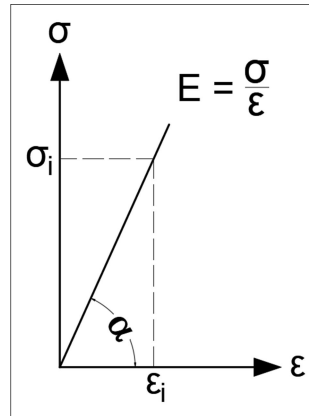
$$i_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = 8,993 \text{ mm} \quad (2.46)$$

Denklem 2.47'de kesitin y eksenine göre atalet yarıçapı hesaplanmıştır.

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = 8,993 \text{ mm} \quad (2.47)$$

2.1.7. L30x30x3 Köşebentinin Elastik Mukavemet Momentinin Hesaplanması

Elastik mukavemet momenti, en dışta bulunan lifin (en fazla kısalan ya da uzayan) akmaya başladığı anda sahip olduğu mukavemet momentine denir. Köşebentin alan atalet momenti, asal eksenin en dıştaki life uzaklığına bölünerek elastik mukavemet momenti bulunmuştur (URL-10). Elastik mukavemet momentinin, akma momentine bölünmesi ile akma gerilmesi elde edilir. Bu oran, lineer elastik cisimlerde sabittir ve bu sabite E, elastisite modülü denir. Bu sebeple, elastik mukavemet momenti ne kadar artarsa, akma gerilmesi değeri o kadar düşecektir. Şekil 2.13'de E sabit olduğu için akma gerilmesinin düştüğü durumda şekil değiştirmenin artması gerektiği görülmektedir. Bu durumda, Elastik mukavemet momenti ne kadar yüksekse, elastisite modülü değeri o kadar düşük olacaktır. Elastisite modülü değeri azaldıkça, kesit sünekliği artar(Bansal, (2007)).



Şekil 2.13. Elastisite modülü

Kesitin x eksenine göre elastik mukavemet momenti Denklem 2.48'deki gibi hesaplanmıştır.

$$W_{ex} = \frac{I_x}{(h-y_s)} = 648,98 \text{ mm}^3 \quad (2.48)$$

Kesitin y eksenine göre elastik mukavemet momenti Denklem 2.49'deki gibi hesaplanmıştır.

$$W_{ey} = \frac{I_y}{(h-x_s)} = 648,98 \text{ mm}^3 \quad (2.49)$$

2.1.8. L30x30x3 Köşebentinin Çarpım Atalet Momentinin Hesaplanması

Atalet momenti, bir nesneye bir eksen doğrultusunda moment uygulandığında aynı ekseninde nasıl döndüğünü gösterirken, bundan farklı olarak çarpım atalet momenti, farklı bir eksen etrafında moment uygulandığında bir nesnenin bir eksen etrafında nasıl döndüğünü gösterir (URL-11). Köşebentin çarpım atalet momentini hesaplayabilmek için öncelikle, tüm bölgelerin çarpım atalet momentleri ayrı ayrı hesaplanmıştır. Ardından elde edilen değerler toplanarak, köşebentin çarpım atalet momenti elde edilmiştir.

Birinci bölgenin alanı, bu bölgenin geometrik merkezinin x ve y eksenleri doğrultusundaki asal eksenlerle uzaklıkları ile çarpılarak birinci bölgenin çarpım atalet momenti hesaplanmıştır. Bu hesaplama Denklem 2.50'de gösterilmiştir.

$$I_{xy1} = A_1 \cdot (d_{x1} - x_s) \cdot (d_{y1} - y_s) = -206,601 \text{ mm}^4 \quad (2.50)$$

Denklem 2.51'de, ikinci bölgenin çarpım atalet momenti hesaplanmıştır.

$$I_{xy2} = (A_2 \cdot (d_{x2} - x_s) \cdot (d_{y2} - y_s)) = -668,873 \text{ mm}^4 \quad (2.51)$$

Denklem 2.52'de, üçüncü bölgenin çarpım atalet momenti hesaplanmıştır.

$$I_{xy3} = A_3 \cdot (d_{x3} - x_s) \cdot (d_{y3} - y_s) = -3051,28 \text{ mm}^4 \quad (2.52)$$

Denklem 2.53’de, dördüncü bölgenin çarpım atalet momenti hesaplanmıştır.

$$I_{xy4} = \left[r_1^2 \cdot \left(t + \frac{r_1}{2} - x_s \right) \right] \cdot \left[\left(t + \frac{r_1}{2} - y_s \right) \right] - \left[\frac{\pi r_1^2}{4} \cdot \left(t + r_1 - \frac{4 \cdot r_1}{3 \cdot \pi} - x_s \right) \cdot \left(t + r_1 - \frac{4 \cdot r_1}{3 \cdot \pi} - y_s \right) \right] = -208,221 \text{ mm}^4 \quad (2.53)$$

Denklem 2.54’de, beşinci bölgenin çarpım atalet momenti hesaplanmıştır.

$$I_{xy5} = A_5 \cdot (d_{x5} - x_s) \cdot (d_{y5} - y_s) = -3473,99 \text{ mm}^4 \quad (2.54)$$

Denklem 2.55’de altıncı bölgenin çarpım atalet momenti hesaplanmıştır.

$$I_{xy6} = A_6 \cdot (d_{x6} - x_s) \cdot (d_{y6} - y_s) = -668,873 \text{ mm}^4 \quad (2.55)$$

Denklem 2.56’de, yedinci bölgenin çarpım atalet momenti hesaplanmıştır.

$$I_{xy7} = A_7 \cdot (d_{x7} - x_s) \cdot (d_{y7} - y_s) = -206,601 \text{ mm}^4 \quad (2.56)$$

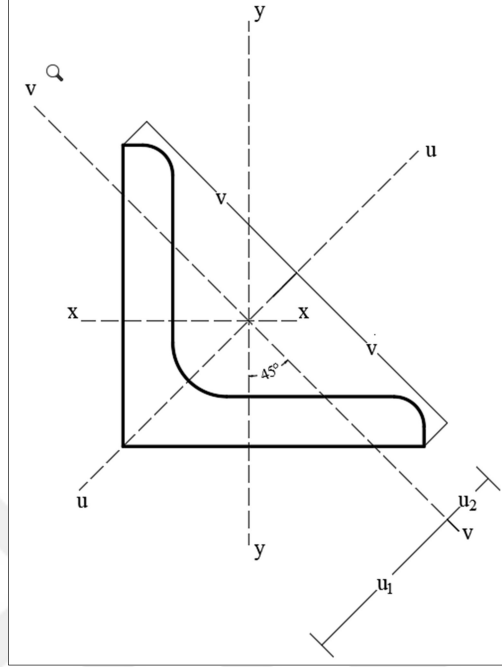
Denklem 2.27’de, tüm bölgelerin çarpım atalet momentleri toplanarak, köşebentin çarpım atalet momenti hesaplanmıştır.

$$I_{xy} = I_{xy1} + I_{xy2} + I_{xy3} + I_{xy4} + I_{xy5} + I_{xy6} + I_{xy7} = -8067,99 \text{ mm}^4 \quad (2.57)$$

2.1.9. L30x30x3 Köşebentinin Mohr Çemberinde Kesit Özelliklerinin Hesaplanması

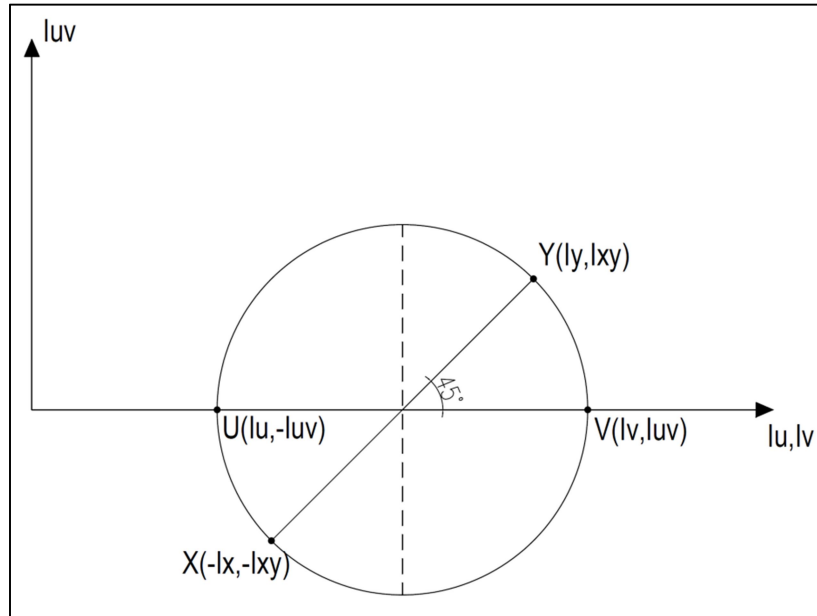
Eksenel dönüşümlere bağlı olarak gerilme değerlerinde meydana gelen değişimler, mohr çemberinin çapını gösteren çizginin yönelimiyle bulunabilir. Bu kısımda, L30x30x3 köşebentinin, saat yönü tersinde 45° açıyla döndürüldüğü durumda, geometrik merkezin en dış noktalara olan uzaklıkları u_1 , u_2 ve v mesafeleri, yeni oluşan u ve v eksenlerine göre atalet momentleri, çarpım atalet momentleri ve atalet yarıçapları hesaplanmıştır. Köşebentin geometrik merkezinin, u eksenini doğrultusunda köşebentin en dış noktasına uzaklıkları u_1 ve u_2 olarak, v eksenini doğrultusunda ise v olarak

isimlendirilmiştir. Şekil 2.14’de, eşit kollu köşebentin saat yönünün tersine 45° döndürülmesi gösterilmiştir.



Şekil 2.14. Eşit kollu köşebentin 45° döndürülmesi

Çemberin merkezi x ekseninde olduğu için, çapını oluşturan çizgi x eksenindeyken I_u ve I_v değerleri, olabilecek en yüksek değerine ulaşırken, I_{uv} değeri sıfırlanır (URL-14). Bu durum Şekil 2.15’de gösterilmiştir.



Şekil 2.15. Kesitin Mohr Çemberinde 45° döndürülmesi

Denklem 2.58’de, geometrik merkezin, x eksenini 45° döndüğü durumda, köşebent kollarının birleştiği en dış noktaya uzaklığı hesaplanmıştır.

$$u_1 = \frac{x_s}{\cos\left(\frac{\pi}{4}\right)} = 11,81 \text{ mm} \quad (2.58)$$

Denklem 2.59’da, geometrik merkezin, x eksenini 45 derece döndüğü durumda, köşebent kollarının en dış noktasına uzaklığı hesaplanmıştır.

$$u_2 = \frac{b}{\sqrt{2}} + \frac{t_w}{\sqrt{2}} + \left(r_2 - \left(\frac{r_2}{\sqrt{2}} \right) \right) - u_1 = 10,486 \text{ mm} \quad (2.59)$$

Denklem 2.60’da, geometrik merkezin, y eksenini 45° derece döndüğü durumda, köşebent kollarının en dış noktasına uzaklığı hesaplanmıştır.

$$v = b \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 21,21 \text{ mm} \quad (2.60)$$

Denklem 2.61’da, köşebentin, 45° derece döndüğü durumda, sahip olduğu ortalama atalet momenti hesaplanmıştır.

$$I_{ave} = \frac{I_x + I_y}{2} = 14048,27 \text{ mm}^4 \quad (2.61)$$

Mohr çemberinin merkezi x eksenini üzerinde olduğu için, çemberin çapını oluşturan çizgi x eksenine paralel olacak şekilde konumlandırıldığından, kesme gerilmesinin en yüksek değerine ulaştığı durumda mohr çemberinin yarıçapı, çarpım atalet momentine eşit olur (URL-12).

Mohr çemberinin yarıçapının, çarpım atalet momentine eşit olduğu Denklem 2.62’de gösterilmiştir.

$$R = I_{xy} \quad (2.62)$$

Köşebentin, 45° derece döndüğü durumda, x eksenine göre atalet momenti, Denklem 2.63’de hesaplanmıştır.

$$I_u = I_{ave} - r = 5980,279 \text{ mm}^4 \quad (2.63)$$

Köşebentin, 45° derece döndüğü durumda, y eksenine göre atalet momenti, Denklem 2.64'de hesaplanmıştır.

$$I_v = I_{ave} + r = 22116,27 \text{ mm}^4 \quad (2.64)$$

Köşebentin, 45° derece döndüğü durumda, x eksenine göre atalet yarıçapı, Denklem 2.65'de hesaplanmıştır.

$$i_u = \sqrt{\frac{I_u}{A}} = 5,868 \text{ mm} \quad (2.65)$$

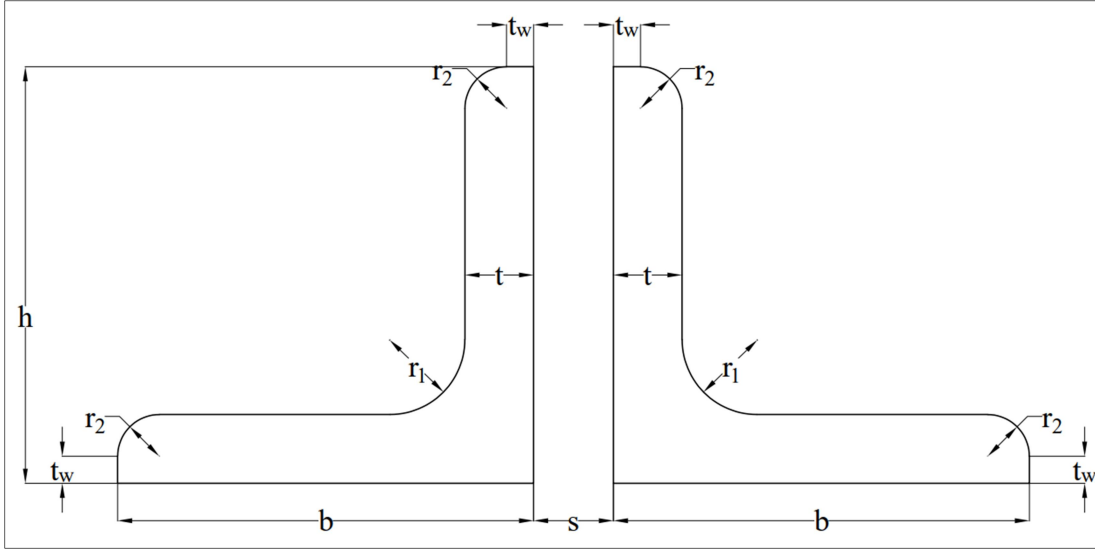
Köşebentin, 45° derece döndüğü durumda, y eksenine göre atalet yarıçapı, Denklem 2.66'de hesaplanmıştır.

$$i_v = \sqrt{\frac{I_v}{A}} = 11,284 \text{ mm} \quad (2.66)$$

2.2. 2L30x30x3 Sırt Sırt Eşit Kollu Köşebent Profile Ait Hesaplar

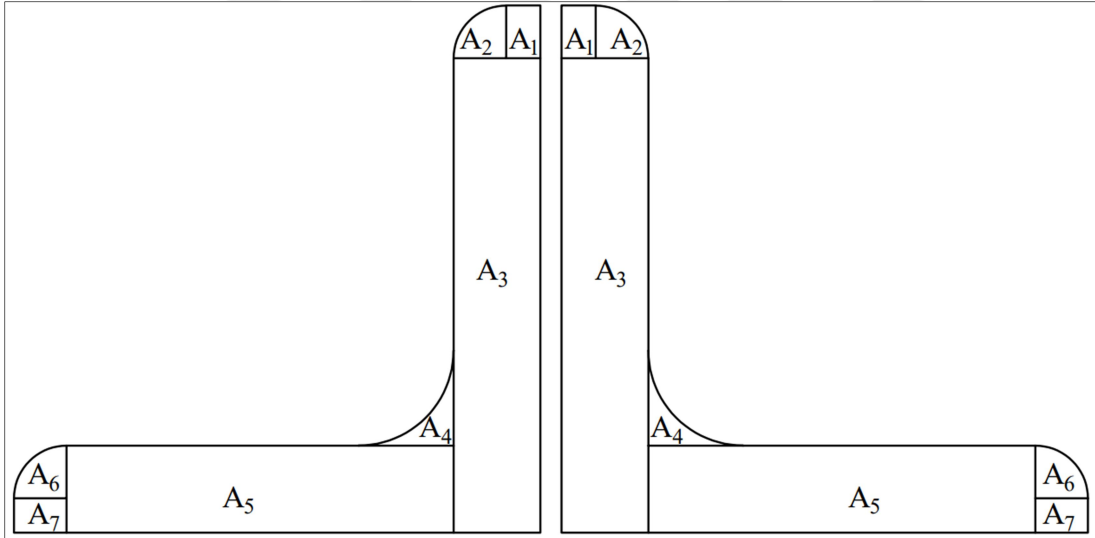
Çelik yapı tasarımında basit birleşimlerin güçlü ve sünek olması çok önemlidir. Birleşim bölgesinin kesme dayanımı, kirişten kolona uygulanan yüke dayanabilecek yeterlilikte olmalıdır. Ancak, rijit birleşimlerin aksine basit birleşimler, oluşan yüksek momentleri kolona aktarmayacak kadar sünek olmalıdır. Sırt sırt birleştirilmiş köşebentlerle oluşturulan basit birleşimler, diğer basit birleşimlere oranla daha dayanıklı ve sünek birleşimler elde etmemizi sağlar (URL-13). Önceki bölümlerde kesit özellikleri hesaplanan L30x30x3 profilinin Şekil 2.16'daki gibi sırt sırt birleştirilmesi ile elde edilen 2L30x30x3 profiline ait kesit özellikleri, bu bölümde hesaplanmıştır.

İki adet L30x30x3 köşebentin Şekil 2.16'daki gibi birleştirilmesiyle, 2L30x30x3 köşebenti elde edilir. L30x30x3 profilinin ölçülerine ilave olarak iki köşebent arasındaki uzaklık, $s=8 \text{ mm}$ olarak alınmıştır. İki köşebent arasındaki uzaklık, tablo oluşturulurken 8 cm, 10 cm ve 12 cm olarak alınarak, herbir s mesafesi için köşebent kesit özellikleri hesaplanmış ve tablo haline getirilmiştir.



Şekil 2.16. Sırt sırta eşit kollu köşebentini kesit uzunlukları

2L30x30x3 köşebentini enkesit özellikleri hesaplanırken, L30x30x3 köşebentinde olduğu gibi enkesit bölgelere ayrılmıştır. Enkesit üzerindeki bölgeler Şekil 2.17’de gösterilmiştir.



Şekil 2.17. Sırt sırta eşit kollu köşebentini bölgelere ayrılması

Şekil 2.17’de görüldüğü üzere 2L30x30x3 köşebentini, L30x30x3 köşebentini ile aynı şekilde bölünmüştür. Bundan dolayı, 2L30x30x3 köşebentini enkesit özellikleri hesaplanırken bu durumdan faydalanılmıştır.

2.2.1. 2L30x30x3 Köşebentinin Kesit Alanın Hesaplanması

Tüm bölgenin alanı hesaplanırken L30x30x3 profili için hesaplanan bölgelerin alan değerleri kullanılmıştır. Kullanılan değerler aşağıda gösterilmiştir.

A_1 : Birinci bölgenin alanı, 1,25 mm²

A_2 : İkinci bölgenin alanı, 4,909 mm²

A_3 : Üçüncü bölgenin alanı, 82,5 mm²

A_4 : Dördüncü bölgenin alanı, 5,365 mm²

A_5 : Beşinci bölgenin alanı, 73,5 mm²

A_6 : Altıncı bölgenin alanı, 4,909 mm²

A_7 : Yedinci bölgenin alanı, 1,25 mm²

2 L30x30x3 kesitinin alanı Denklem 2.67’de hesaplanmıştır.

$$A = 2.(A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7) = 347,365 \text{ mm}^2 \quad (2.67)$$

2.2.2. 2L30x30x3 Köşebentinin Birim Boy Ağırlığının Hesaplanması

Denklem 2.68’de, köşebentin enkesit alanı çeliğin birim hacim ağırlığı ile çarpılarak, köşebentin birim boy ağırlığı hesaplanmıştır.

$$G = A \cdot 7850 = 2,726 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad (2.68)$$

2.2.3. 2L30x30x3 Köşebentinin Atalet Momentinin Hesaplanması

Köşebentin atalet momentinin bulunabilmesi için öncelikle, geometrik merkezin yerinin tespit edilmesi gerekmektedir. Denklem 2.69’da kesitin x eksenine göre geometrik yeri belirtilmiştir.

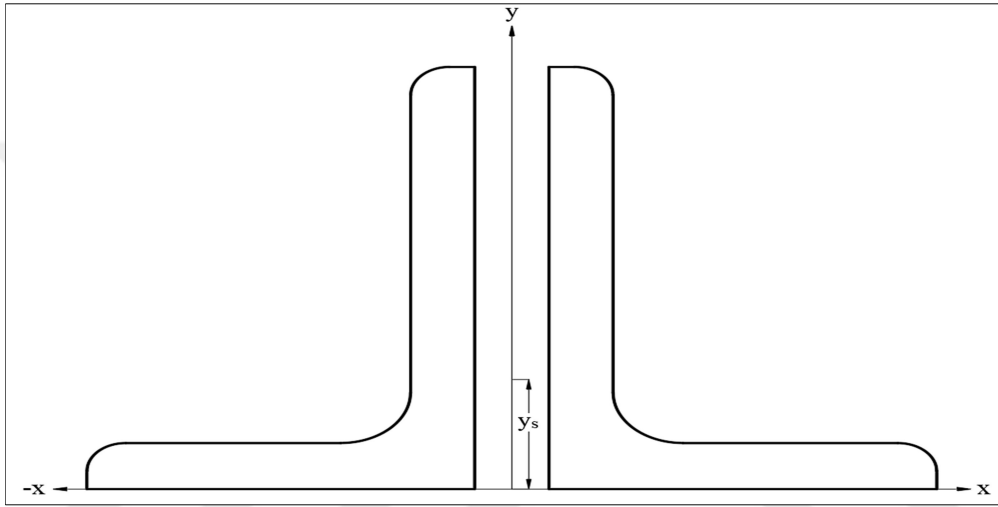
$$x_s = 0 \quad (2.69)$$

2L30x30x3 profili y eksenine göre simetrik olduğu için kesitin x eksenine göre geometrik ağırlık merkezi orjinden geçmektedir.

2.70’de y eksenine göre köşebentın geometrik merkezinin yeri hesaplanmıştır.

$$y_s = \frac{2 \cdot (A_1 \cdot d_{y1} + A_2 \cdot d_{y2} + A_3 \cdot d_{y3} + A_4 \cdot d_{y4} + A_5 \cdot d_{y5} + A_6 \cdot d_{y6} + A_7 \cdot d_{y7})}{A} = 8,353 \text{ mm} \quad (2.70)$$

2L30x30x3 profilinin ağırlık merkezleri Şekli 2.18’de gösterilmiştir.



Şekil 2.18. 2L30x30x3 profilinin ağırlık merkezleri

2.2.3.1. 2L30x30x3 Köşebentinin x Eksenine Göre Atalet Momentinin Hesaplanması

2Lx30x30x3 kesiti y eksenine göre simetrik bir kesit olduğu için, Bölüm 2.1.5.1’de hesaplanan L30x30x3 kesitinin atalet momenti değerleri kullanılarak hesaplanmıştır. Bu hesaplama Denklem 2.71 ‘de gösterilmiştir.

$$I_x = 2 \cdot (I_{x1} + I_{x2} + I_{x3} + I_{x4} + I_{x5} + I_{x6} + I_{x7}) = 28096,5 \text{ mm}^4 \quad (2.71)$$

2.2.3.2. 2L30x30x3 Köşebentinin y Eksenine Göre Atalet Momentinin Hesaplanması

Kesitin y eksenine göre atalet momenti, herbir bölgenin 2Lx30x30x3 kesitinin tam ortasından geçerek kesiti iki eşit parçaya ayıran y eksenine göre hesaplanan atalet momenti değerleri kullanılarak hesaplanmıştır.

Birinci bölgenin y eksenine göre atalet momenti Denklem 2.72’de hesaplanmıştır.

$$I_{y1} = \frac{t_w \cdot r_2^3}{12} + A_1 \cdot \left(d_{x1} + \frac{s}{2} \right)^2 = 65,729 \text{ mm}^4 \quad (2.72)$$

İkinci bölgenin y eksenine göre atalet momenti Denklem 2.73’de hesaplanmıştır.

$$I_{y2} = \left(\frac{\pi \cdot r_2^4}{16} - \left(\frac{\pi \cdot r_2^2}{4} \right) \cdot \left(\frac{4 \cdot r_2}{3 \cdot \pi} \right)^2 \right) + A_2 \cdot \left(d_{x2} + \frac{s}{2} \right)^2 = 361,911 \text{ mm}^4 \quad (2.73)$$

Üçüncü bölgenin y eksenine göre atalet momenti Denklem 2.74’de hesaplanmıştır.

$$I_{y3} = \frac{t \cdot (h - r_2)^3}{12} + A_3 \cdot \left(d_{x3} + \frac{s}{2} \right)^2 = 6022,5 \text{ mm}^4 \quad (2.74)$$

Dördüncü bölgenin x eksenine göre atalet momenti Denklem 2.75’de hesaplanmıştır.

$$I_{y4} = \frac{r_1^4}{12} + r_1^2 \cdot \left(t + \frac{r_1}{2} + s \right)^2 - \left[\left(\frac{\pi \cdot r_1^4}{16} \right) - \left(\frac{\pi \cdot r_1^2}{4} \right) \cdot \left(\frac{4 \cdot r_1}{3 \cdot \pi} \right)^2 + \left(\frac{\pi \cdot r_1^2}{4} \right) \cdot \left(t + r_1 - \left(\frac{4 \cdot r_1}{3 \cdot \pi} \right) + \frac{s}{2} \right)^2 \right] \quad (2.75)$$

$$= 667,75 \text{ mm}^4$$

Beşinci bölgenin y eksenine göre atalet momenti Denklem 2.76’da hesaplanmıştır.

$$I_{y5} = \frac{t^3 \cdot (b - r_2 - t)}{12} + A_5 \cdot \left(d_{x5} + \frac{s}{2} \right)^2 = 3,320 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 \quad (2.76)$$

Altıncı bölgenin y eksenine göre atalet momenti Denklem 2.77’de hesaplanmıştır.

$$I_{y6} = \left(\frac{\pi \cdot r_2^4}{16} - \left(\frac{\pi \cdot r_2^2}{4} \right) \cdot \left(\frac{4 \cdot r_2}{3 \cdot \pi} \right)^2 \right) + A_6 \cdot \left(d_{x6} + \frac{s}{2} \right)^2 = 6209,67 \text{ mm}^4 \quad (2.77)$$

Yedinci bölgenin y eksenine göre atalet momenti Denklem 2.78’de hesaplanmıştır.

$$I_{y7} = \frac{r_2 \cdot t_w^3}{12} + A_7 \cdot \left(d_{x7} + \frac{s}{2} \right)^2 = 1598,23 \text{ mm}^4 \quad (2.78)$$

Köşebentin y eksenine göre atalet momenti, tüm bölgelerin y eksenine göre atalet momentlerinin toplanmasıyla, Denklem 2.79’da hesaplanmıştır.

$$I_y = 2 \cdot (I_{y1} + I_{y2} + I_{y3} + I_{y4} + I_{y5} + I_{y6} + I_{y7}) = 109979 \text{ mm}^4 \quad (2.79)$$

2.2.4. 2L30x30x3 Köşebentinin Atalet Yarıçapının Hesaplanması

Köşebentin atalet yarıçapını bulmak için, kesitin atalet momenti, kesitin alanına bölünür. Elde edilen değerin karekökü, atalet yarıçapıdır. Denklem 2.80 ve 2.81’de, x ve y eksenlerine göre atalet yarıçapı hesaplanmıştır.

$$i_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = 8,994 \text{ mm} \quad (2.80)$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = 17,793 \text{ mm} \quad (2.81)$$

2.2.5. 2L30x30x3 Köşebentinin Elastik Mukavemet Momentinin Hesaplanması

Köşebentin atalet momenti, geometrik merkez üzerinde kalan uzunluğa bölünerek elastik mukavemet momenti bulunur. Aşağıda, x ve y eksenlerine göre elastik mukavemet momenti denklem 2.82 ve 2.83’deki gibi hesaplanmıştır.

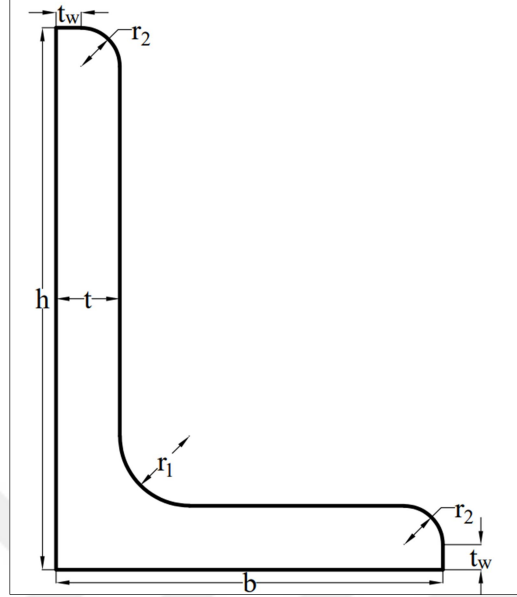
$$W_{ex} = \frac{I_x}{(h-y_s)} = 1297,96 \text{ mm}^3 \quad (2.82)$$

$$W_{ey} = \frac{I_y}{(h-x_s)} = 5080,63 \text{ mm}^3 \quad (2.83)$$

2.3. L100x65x7 Farklı Kollu Köşebent Profile Ait Hesaplar

Kollarının uzunlukları birbirinden farklı olan köşebentler, farklı kollu köşebent olarak isimlendirilir. Genellikle kolların uzunluklarının farklı olduğu çıplak gözle anlaşılabilir. Bu köşebentler çeşitli uygulamalarda tercih edilir. Büyük projelerde yaygın olarak kullanılır. Atölyeler, köprüler ve araçlar da farklı kollu köşebentler belirli alanlarda sıklıkla tercih edilir. Farklı kollu köşebentler aynı zamanda temel yapı bileşeni olarak ve yapıların belirli bölümlerinde kullanılabilirler (URL-4). Farklı kollu köşebente ait kesit

özelliklerinin hesaplanması için seçilen L100x65x7 profilinin kesit özelliklerinin adlandırılması Şekil 2.19’da gösterilmiştir.



Şekil 2.19. L100x65x7 farklı kollu köşebentinin kesit uzunlukları

Şekil 2.19’da gösterilen farklı kollu profilin kesit uzunlukları uluslararası bir profil kataloğundan alınmıştır. (2016, ArcelorMittal) Bu değerler aşağıdaki gibidir.

h : Kesit yüksekliği, 100 mm

b : Kesit genişliği, 65 mm

t : Kesit kalınlığı, 7 mm

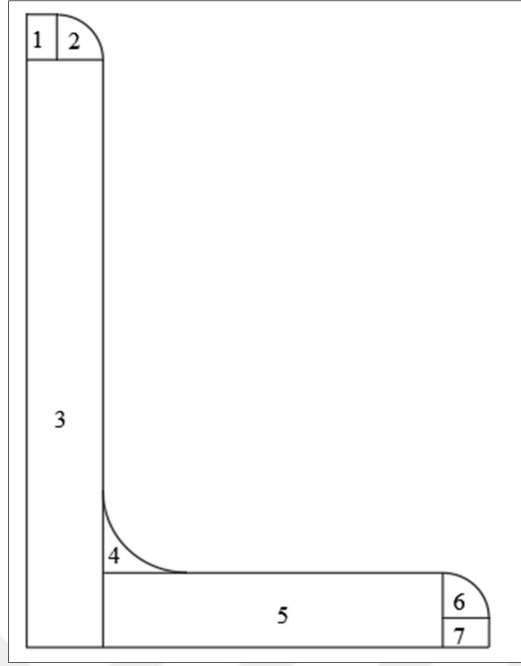
r_1 : Köşebent birleşiminde bulunan daire diliminin yarıçapı, 10 mm

r_2 : Köşebent uçlarında bulunan daire diliminin yarıçapı, 5 mm

Denklem 2.84’de, köşebentin gövde kalınlığından köşebentin uç kısmında bulunan çeyrek dairenin yarıçapı çıkarılarak, köşebentin düz gövde kalınlığı hesaplanmıştır.

$$t_w = t - r_2 = 2 \text{ mm} \quad (2.84)$$

L100x65x7 köşebenti, eşit kollu köşebentte olduğu gibi 7 bölgeye ayrılmıştır. Bu bölgeler Şekil 2.20’de gösterilmiştir.



Şekil 2.20. L100x65x7 farklı kollu köşebentini bölgelere ayrılması

Şekil 2.20’de görüldüğü üzere L100x65x7 köşebentini 7 bölgeye ayrılmıştır. Hesap yapılırken bütün bölgeler ayrı ayrı hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar toplanarak elemana ait enkesit özellikleri elde edilmiştir. Burada amaç kesiti, geometrik özellikleri bilinen ve hesaplamaları daha kolay şekilde bulunabilen parçalar üzerinden işlem yaparak, hesaplardaki hata payının azalmasını sağlamaktır.

2.3.1. L100x65x7 Köşebentini Kesit Alanını Hesaplanması

Birinci bölgenin alanı Denklem 2.85’de,

$$A_1 = t_w \cdot r_2 = 10 \text{ mm}^2 \quad (2.85)$$

İkinci bölgenin alanı ikinci bölgenin alanı Denklem 2.86’da,

$$A_2 = \left(\frac{\pi \cdot r_2^2}{4} \right) = 19,635 \text{ mm}^2 \quad (2.86)$$

Üçüncü bölgenin alanı ikinci bölgenin alanı Denklem 2.87’de,

$$A_3 = (h - r_2) \cdot t = 665 \text{ mm}^2 \quad (2.87)$$

Dördüncü bölgenin alanı Denklem 2.88’de,

$$A_4 = r_1^2 - \left(\frac{\pi \cdot r_1^2}{4} \right) = 21,46 \text{ mm}^2 \quad (2.88)$$

Beşinci bölgenin alanı Denklem 2.89’da,

$$A_5 = (b - t - r_2) \cdot t = 371 \text{ mm}^2 \quad (2.89)$$

Altıncı bölgenin alanı Denklem 2.90’da,

$$A_6 = \left(\frac{\pi \cdot r_2^2}{4} \right) = 19,635 \text{ mm}^2 \quad (2.90)$$

Yedinci bölgenin alanı Denklem 2.91’de hesaplanmıştır.

$$A_7 = t_w \cdot r_2 = 10 \text{ mm}^2 \quad (2.91)$$

Tüm bölgelerin alanları Denklem 2.92’deki gibi toplanarak elemanın enkesit alanı elde edilmiştir.

$$A = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7 = 1116,73 \text{ mm}^2 \quad (2.92)$$

2.3.2. L100x65x7 Köşebentinin Birim Boy Ağırlığının Hesaplanması

Denklem 2.93’de köşebentini enkesit alanı, bir birim mesafe ve çeliğin birim hacim ağırlığı ile çarpılarak, köşebentini birim boy ağırlığı hesaplanmıştır.

$$G = A \cdot 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 8,766 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad (2.93)$$

2.3.3. L100x65x7 Köşebentinin Birim Boy Yüzey Alanının Hesaplanması

Denklem 2.94’de köşebentini çevre uzunluğu hesaplanmıştır.

$$L_{\text{cev}} = 2 \cdot (h - t - r_1 - r_2) + h + b + 2 \cdot t_w + \pi \cdot r_2 + \frac{\pi \cdot r_1}{2} = 321,416 \text{ mm} \quad (2.94)$$

Denklem 2.95’de köşebentin çevre uzunluğu, bir birim uzunluk ile çarpılarak köşebentin birim boy yüzey alanı elde edilmiştir.

$$A_L = L_{\text{çev}} \cdot 1.m. \frac{1}{m} = 321,416 \text{ mm}^2/\text{mm} \quad (2.95)$$

2.3.4. L100x65x7 Köşebentinin Birim Ağırlıktaki Boyama Yüzey Alanının Hesaplanması

Denklem 2.96’da, köşebentin yüzey alanı, kesitin bir birim uzunluktaki ağırlığına bölünerek, köşebentin birim ağırlıktaki boyama yüzeyi elde edilmiştir.

$$A_G = \frac{A_s}{(A \cdot \rho_s)} = 36,665 \text{ m}^2/\text{t} \quad (2.96)$$

2.3.5. L100x65x7 Köşebentinin Atalet Momentinin Hesaplanması

Köşebentin atalet momentini hesaplanamak için öncelikle, her bölgenin merkezi ayrı ayrı bulunmuştur.

Denklem 2.97 ve 2.98’de, birinci bölgenin y ve x eksenlerine göre konumu bulunmuştur.

$$d_{x_1} = \left(h - \frac{r_2}{2} \right) \quad (2.97)$$

$$d_{y_1} = \frac{t_w}{2} \quad (2.98)$$

Denklem 2.99 ve 2.100’de, ikinci bölgenin y ve x eksenlerine göre konumu bulunmuştur.

$$d_{x_2} = (h - r_2) + \frac{4 \cdot r_2}{3 \cdot \pi} \quad (2.99)$$

$$d_{y_2} = t_w + \frac{4 \cdot r_2}{3 \cdot \pi} \quad (2.100)$$

Denklem 2.101 ve 2.102’de, üçüncü bölgenin y ve x eksenlerine göre konumu bulunmuştur.

$$d_{x3} = \frac{(h-r_2)}{2} \quad (2.101)$$

$$d_{y3} = \frac{t}{2} \quad (2.102)$$

Denklem 2.103 ve 2.104’de, dördüncü bölgenin y ve x eksenlerine göre konumu bulunmuştur.

$$d_{x4} = t + y_{\varphi s} \quad (2.103)$$

$$d_{y4} = t + y_{\varphi s} \quad (2.104)$$

Denklem 2.105 ve 2.106’da, beşinci bölgenin y ve x eksenlerine göre konumu bulunmuştur.

$$d_{x5} = \frac{t}{2} \quad (2.105)$$

$$d_{y5} = t + \frac{(b-t-r_2)}{2} \quad (2.106)$$

Denklem 2.107 ve 2.108’de, altıncı bölgenin y ve x eksenlerine göre konumu bulunmuştur.

$$d_{x6} = t_w + \frac{4.r_2}{3.\pi} \quad (2.107)$$

$$d_{y6} = (b-r_2) + \frac{4.r_2}{3.\pi} \quad (2.108)$$

Denklem 2.109 ve 2.110’da, yedinci bölgenin y ve x eksenlerine göre konumu bulunmuştur.

$$d_{x7} = \frac{t_w}{2} \quad (2.109)$$

$$d_{y7} = b - \frac{r_2}{2} \quad (2.110)$$

Bulunan mesafeler, bölgelerin alanlarıyla çarpılarak toplanmıştır. Ardından tüm kesitin alanına bölünerek kesitin y ve x eksenlerine göre geometrik merkezinin yeri bulunmuştur. Bu işlemler, Denklem 2.111 ve 2.112’de gösterilmiştir.

$$x_s = \frac{(A_1 \cdot d_{y1} + A_2 \cdot d_{y2} + A_3 \cdot d_{y3} + A_4 \cdot d_{y4} + A_5 \cdot d_{y5} + A_6 \cdot d_{y6} + A_7 \cdot d_{y7})}{A} = 32,288 \text{ mm} \quad (2.111)$$

$$y_s = \frac{(A_1 \cdot d_{x1} + A_2 \cdot d_{x2} + A_3 \cdot d_{x3} + A_4 \cdot d_{x4} + A_5 \cdot d_{x5} + A_6 \cdot d_{x6} + A_7 \cdot d_{x7})}{A} = 15,124 \text{ mm} \quad (2.112)$$

2.3.5.1. L100x65x7 Köşebentinin x Eksenine Göre Atalet Momentinin Hesaplanması

Birinci bölgenin x eksenine göre atalet momenti Denklem 2.113’de hesaplanmıştır.

$$I_{x1} = \frac{t_w \cdot r_2^3}{12} + A_1 \cdot (d_{y1} - y_s)^2 = 42546,8 \text{ mm}^4 \quad (2.113)$$

İkinci bölgenin x eksenine göre atalet momenti Denklem 2.114’de hesaplanmıştır.

$$I_{x2} = \left(\frac{\pi \cdot r_2^4}{16} - \left(\frac{\pi \cdot r_2^2}{4} \right) \cdot \left(\frac{4 \cdot r_2}{3 \cdot \pi} \right)^2 \right) + A_2 \cdot (d_{y2} - y_s)^2 = 82568,7 \text{ mm}^4 \quad (2.114)$$

Üçüncü bölgenin x eksenine göre atalet momenti Denklem 2.115’de hesaplanmıştır.

$$I_{x3} = \frac{t \cdot (h - r_2)^3}{12} + A_3 \cdot (d_{y3} - y_s)^2 = 654018 \text{ mm}^4 \quad (2.115)$$

Dördüncü bölgenin x eksenine göre atalet momenti Denklem 2.116’da hesaplanmıştır.

$$I_{x4} = \frac{r_1^4}{12} + r_1^2 \cdot \left(t + \frac{r_1}{2} - y_s \right)^2 - \left[\left(\frac{\pi \cdot r_1^4}{16} \right) - \left(\frac{\pi \cdot r_1^2}{4} \right) \cdot \left(\frac{4 \cdot r_1}{3 \cdot \pi} \right)^2 + \left(\frac{\pi \cdot r_1^2}{4} \right) \cdot \left(t + r_1 - \left(\frac{4 \cdot r_1}{3 \cdot \pi} \right) - y_s \right)^2 \right] = \quad (2.116)$$

$$= 11481,7 \text{ mm}^4$$

Beşinci bölgenin x eksenine göre atalet momenti Denklem 2.117’de hesaplanmıştır.

$$I_{x5} = \frac{t^3 \cdot (b - r_2 - t)}{12} + A_5 \cdot (d_{y5} - y_s)^2 = 308983 \text{ mm}^4 \quad (2.117)$$

Altıncı bölgenin x eksenine göre atalet momenti Denklem 2.118’de hesaplanmıştır.

$$I_{x6} = \left(\frac{\pi \cdot r_2^4}{16} - \left(\frac{\pi \cdot r_2^2}{4} \right) \cdot \left(\frac{4 \cdot r_2}{3 \cdot \pi} \right)^2 \right) + A_6 \cdot (d_{y6} - y_s)^2 = 15611,2 \text{ mm}^4 \quad (2.118)$$

Yedinci bölgenin x eksenine göre atalet momenti Denklem 2.119’da hesaplanmıştır.

$$I_{x7} = \frac{r_2 \cdot t_w^3}{12} + A_7 \cdot (d_{y7} - y_s)^2 = 9792,78 \text{ mm}^4 \quad (2.119)$$

Köşebentin x eksenine göre atalet momenti, tüm bölgelerin x eksenine göre atalet momentlerinin toplanmasıyla, Denklem 2.120’deki gibi bulunmuştur.

$$I_x = I_{x1} + I_{x2} + I_{x3} + I_{x4} + I_{x5} + I_{x6} + I_{x7} = 1125002 \text{ mm}^4 \quad (2.120)$$

2.3.5.2. L30x30x3 Köşebentinin y Eksenine Göre Atalet Momentinin Hesaplanması

Birinci bölgenin y eksenine göre atalet momenti Denklem 2.121’de hesaplanmıştır.

$$I_{y1} = \frac{r_2 \cdot t_w^3}{12} + A_1 \cdot (d_{x1} - x_s)^2 = 1998,32 \text{ mm}^4 \quad (2.121)$$

İkinci bölgenin y eksenine göre atalet momenti Denklem 2.122’de hesaplanmıştır.

$$I_{y2} = \left(\frac{\pi \cdot r_2^4}{16} - \left(\frac{\pi \cdot r_2^2}{4} \right) \cdot \left(\frac{4 \cdot r_2}{3 \cdot \pi} \right)^2 \right) + A_2 \cdot (d_{x2} - x_s)^2 = 2411,13 \text{ mm}^4 \quad (2.122)$$

Üçüncü bölgenin y eksenine göre atalet momenti Denklem 2.123’da hesaplanmıştır.

$$I_{y3} = \frac{(h-r_2) \cdot t^3}{12} + A_3 \cdot (d_{x3} - x_s)^2 = 92574,4 \text{ mm}^4 \quad (2.123)$$

Dördüncü bölgenin y eksenine göre atalet momenti Denklem 2.124’de hesaplanmıştır.

$$I_{y4} = \frac{r_1^4}{12} + r_1^2 \cdot \left(t + \frac{r_1}{2} - x_s \right)^2 - \left[\left(\frac{\pi \cdot r_1^4}{16} \right) - \left(\frac{\pi \cdot r_1^2}{4} \right) + \left(\frac{4 \cdot r_1}{3 \cdot \pi} \right)^2 \cdot \left(\frac{\pi \cdot r_1^2}{4} \right) \cdot \left(t + r_1 - \left(\frac{4 \cdot r_1}{3 \cdot \pi} \right) - x_s \right)^2 \right] = 820,129 \text{ mm}^4 \quad (2.124)$$

Beşinci bölgenin y eksenine göre atalet momenti Denklem 2.125’de hesaplanmıştır.

$$I_{y5} = \frac{(b-r_2-t)^3 \cdot t}{12} + A_5 \cdot (d_{x5} - x_s)^2 = 212118 \text{ mm}^4 \quad (2.125)$$

Altıncı bölgenin y eksenine göre atalet momenti Denklem 2.126’da hesaplanmıştır.

$$I_{y6} = \left(\frac{\pi \cdot r_2^4}{16} - \left(\frac{\pi \cdot r_2^2}{4} \right) \cdot \left(\frac{4 \cdot r_2}{3 \cdot \pi} \right)^2 \right) + A_6 \cdot (d_{x6} - x_s)^2 = 43403,6 \text{ mm}^4 \quad (2.126)$$

Yedinci bölgenin y eksenine göre atalet momenti Denklem 2.127’de hesaplanmıştır.

$$I_{y7} = \frac{t_w \cdot r_2^3}{12} + A_7 \cdot (d_{x7} - x_s)^2 = 22465,3 \text{ mm}^4 \quad (2.127)$$

Köşebentin y eksenine göre atalet momenti, tüm bölgelerin y eksenine göre atalet momentlerinin toplanmasıyla, Denklem 2.128’deki gibi bulunmuştur.

$$I_y = I_{y1} + I_{y2} + I_{y3} + I_{y4} + I_{y5} + I_{y6} + I_{y7} = 375791 \text{ mm}^4 \quad (2.128)$$

2.3.6. L100x65x7 Köşebentinin Atalet Yarıçapının Hesaplanması

Köşebentin atalet yarıçapını bulmak için, kesitin atalet momenti, kesitin alanına bölünür. Elde edilen değerin karekökü, atalet yarıçapıdır. Denklem 2.129 ve 2.130’da x ve y eksenlerine göre atalet yarıçapı hesaplanmıştır.

$$i_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = 31,74 \text{ mm} \quad (2.129)$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = 18,344 \text{ mm} \quad (2.130)$$

2.3.7. L100x65x7 Köşebentinin Elastik Mukavemet Momentinin Hesaplanması

Köşebent in atalet momenti, geometrik merkez üzerinde kalan uzunluğa bölünerek elastik mukavemet momenti bulunur. Aşağıda, x ve y eksenlerine göre elastik mukavemet momenti denklem 2.131 ve 2.132'deki gibi hesaplanmıştır.

$$W_{ex} = \frac{I_x}{(h-x_s)} = 16614,5 \text{ mm}^3 \quad (2.131)$$

$$W_{ey} = \frac{I_y}{(h-y_s)} = 7534,56 \text{ mm}^3 \quad (2.132)$$

2.3.8. L100x65x7 Köşebentinin Çarpım Atalet Momentinin Hesaplanması

Köşebent in çarpım atalet momentini hesaplayabilmek için öncelikle, tüm bölgelerin çarpım atalet momentleri ayrı ayrı hesaplanmıştır. Ardında elde edilen değerler toplanarak, köşebent in çarpım atalet momenti elde edilmiştir.

Denklem 2.133'de, birinci bölgenin çarpım atalet momenti hesaplanmıştır.

$$I_{xy1} = A_1 \cdot (d_{x1} - x_s) \cdot (d_{y1} - y_s) = -9210,78 \text{ mm}^4 \quad (2.133)$$

Denklem 2.134'de, ikinci bölgenin çarpım atalet momenti hesaplanmıştır.

$$I_{xy2} = (A_2 \cdot (d_{x2} - x_s) \cdot (d_{y2} - y_s)) = -13928 \text{ mm}^4 \quad (2.134)$$

Denklem 2.135'de, üçüncü bölgenin çarpım atalet momenti hesaplanmıştır.

$$I_{xy3} = A_3 \cdot (d_{x3} - x_s) \cdot (d_{y3} - y_s) = -117591 \text{ mm}^4 \quad (2.135)$$

Denklem 2.136'da, dördüncü bölgenin çarpım atalet momenti hesaplanmıştır.

$$I_{xy4} = \left[r_1^2 \cdot \left(t + \frac{r_1}{2} - x_s \right) \right] \cdot \left[\left(t + \frac{r_1}{2} - y_s \right) \right] - \left[\left(\frac{\pi r_1^2}{4} \cdot \left(t + r_1 - \frac{4 \cdot r_1}{3 \cdot \pi} - x_s \right) \cdot \left(t + r_1 - \frac{4 \cdot r_1}{3 \cdot \pi} - y_s \right) \right) \right] = -4705,34 \text{ mm}^4 \quad (2.136)$$

Denklem 2.137’de, beşinci bölgenin çarpım atalet momenti hesaplanmıştır.

$$I_{xy5} = A_5 \cdot (d_{x5} - x_s) \cdot (d_{y5} - y_s) = -196259 \text{ mm}^4 \quad (2.137)$$

Denklem 2.138’de altıncı bölgenin çarpım atalet momenti hesaplanmıştır.

$$I_{xy6} = A_6 \cdot (d_{x6} - x_s) \cdot (d_{y6} - y_s) = -25913,4 \text{ mm}^4 \quad (2.138)$$

Denklem 2.139’da, yedinci bölgenin çarpım atalet momenti hesaplanmıştır.

$$I_{xy7} = A_7 \cdot (d_{x7} - x_s) \cdot (d_{y7} - y_s) = -14822,9 \text{ mm}^4 \quad (2.139)$$

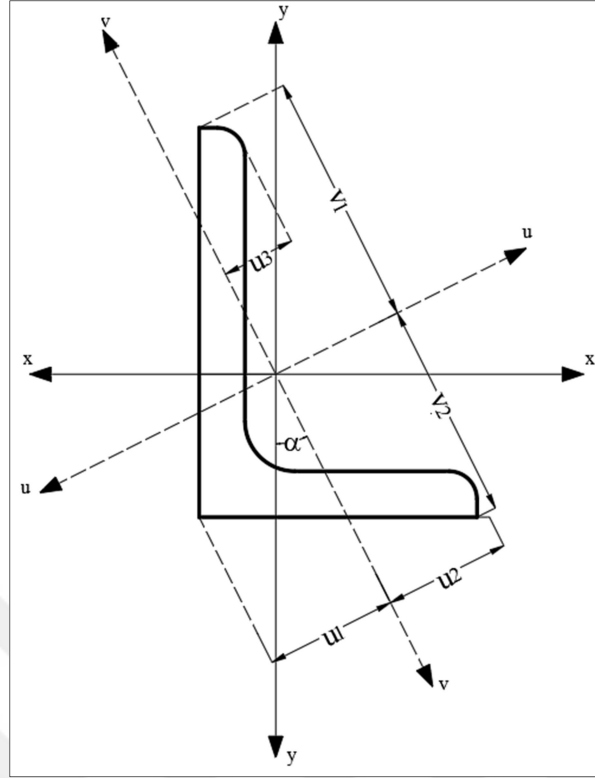
Denklem 2.140’da, tüm bölgelerin çarpım atalet momentleri toplanarak, köşebentini çarpım atalet momenti hesaplanmıştır.

$$I_{xy} = I_{xy1} + I_{xy2} + I_{xy3} + I_{xy4} + I_{xy5} + I_{xy6} + I_{xy7} = -373020 \text{ mm}^4 \quad (2.140)$$

2.3.9. L100x65x7 Köşebentinin Mohr Çemberinde Özelliklerinin Hesaplanması

Bu kısımda, L100x65x7 farklı kollu köşebentinin, saat yönü tersinde α derece açıyla döndürüldüğü durumda, geometrik merkezin en dış noktalara olan uzaklıkları u_1 , u_2 , u_3 , v_1 ve v_2 mesafeleri, yeni oluşan u ve v eksenlerine göre atalet momentleri, çarpım atalet momenti ve atalet yarıçapları hesaplanmıştır.

L100x65x7 farklı kollu köşebentinin α açısıyla döndürüldüğü durum Şekil 2.21’de gösterilmiştir. Bu dönme açısına göre oluşan yeni u ve v eksenleri de Şekil 2.21’de görülmektedir. Bu bölümde yapılan bütün hesaplamalar, yeni oluşan eksenler ile α açısı arasındaki açı dikkate alınarak yapılmıştır.



Şekil 2.21. L100x65x7 farklı kollu köşebentinin α açısıyla döndürülmesi

Denklem 2.141’de, geometrik merkezin, x eksenine α açısıyla döndüğü durumda, köşebentin sahip olduğu ortalama atalet momenti hesaplanmıştır.

$$I_{ave} = \frac{I_x + I_y}{2} = 750396 \text{ mm}^4 \quad (2.141)$$

Mohr çemberinin yarıçapının, çarpım atalet momentine eşit olduğu Denklem 2.142’de gösterilmiştir.

$$R = \sqrt{I_{xy}^2 + (I_x - I_{ave})^2} = 528,652 \text{ mm} \quad (2.142)$$

Köşebentin, α açısıyla döndüğü durumda, u eksenine göre atalet momenti, Denklem 2.143’de hesaplanmıştır.

$$I_u = I_{ave} + R^2 = 127,905 \text{ mm}^4 \quad (2.143)$$

Köşebentin, α açısıyla döndüğü durumda, y eksenine göre atalet momenti, Denklem 2.144’de hesaplanmıştır.

$$I_v = I_{ave} - r = 22,174 \text{ mm}^4 \quad (2.144)$$

Köşebentin, α açısıyla döndüğü durumda, x eksenine göre atalet yarıçapı, Denklem 2.145’de hesaplanmıştır.

$$i_u = \sqrt{\frac{I_u}{A}} = 33,84 \text{ mm} \quad (2.145)$$

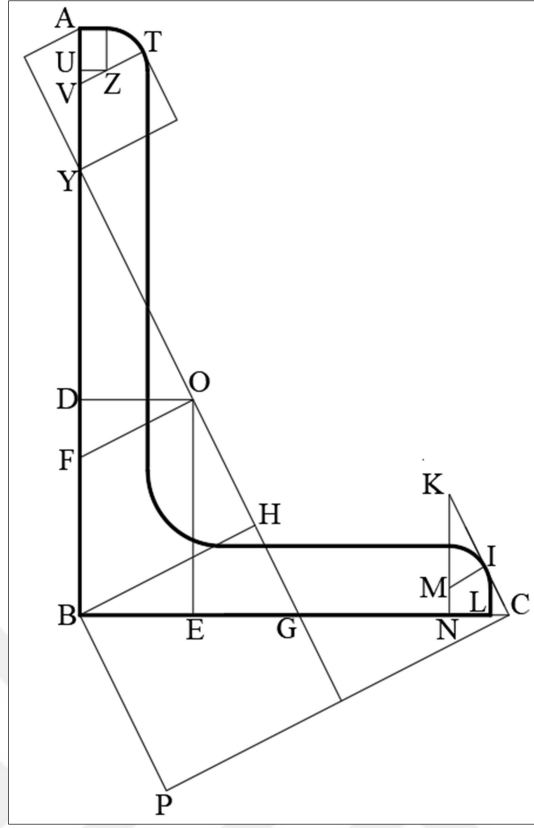
Köşebentin, α açısıyla döndüğü durumda, y eksenine göre atalet yarıçapı, Denklem 2.146’de hesaplanmıştır.

$$i_v = \sqrt{\frac{I_v}{A}} = 14,09 \text{ mm} \quad (2.146)$$

Köşebentin sahip olduğu dönme açısı, z ve y eksenlerine göre çarpım atalet momenti, y eksenine göre atalet momentinden ortalama atalet momentinin çıkarılmasıyla elde edilen değere bölünmüş ve arkatanjantı alınmıştır. Sonrasında elde edilen değer 2’ye bölünerek α açısı elde edilmiş ve bu işlemler Denklem 2.147’de hesaplanmıştır.

$$\alpha = \frac{\left(\tan^{-1} \left(\frac{|I_{zy}|}{(I_y - I_{ave})} \right) \right)}{2} = 22,439^\circ \quad (2.147)$$

L100x65x7 köşebentinin geometrik merkezinin en dış noktalara uzaklıkları, geometrik hesaplamalardan faydalanılarak bulunmuştur. Hesaplamalar sırasında ihtiyaç duyulan çizgiler ve uzunlukları tanımlayabilmek için yapılan harflendirmeler, Şekil 2.22’de gösterilmiştir. Şekil 2.22 oluşturulurken köşebentin merkezinden geçen ve dönme açısı doğrultusundaki doğruya paralel olan doğrular, en dış noktalardan teğet geçecek şekilde çizilmiştir. Sonrasında bu paralel doğrular arasındaki benzerlik ve oran orantı kurallarından faydalanılarak, bir kenarının açısı, dönme açısına eşit olan dik üçgenler çizilmiştir. Çizilen bu dik üçgenlerden faydalanılarak köşebentin merkezinin en dış noktalarına uzaklıkları adım adım hesaplanarak bulunmuştur.



Şekil 2.22. L100x65x7 farklı kollu köşebentin harflendirilmesi

OG uzunluğunun, kosinüs α ile çarpımı, köşebentin geometrik merkezinin y eksenini doğrultusundaki uzunluğu olan y_s 'ye eşittir. Bu sebeple Denklem 2.148'de, y_s uzunluğu kosinüs α değerine bölünerek OG uzunluğu bulunmuştur.

$$OG = \frac{y_s}{\cos \alpha} = 34,933 \text{ mm} \quad (2.148)$$

EG uzunluğunu hesaplayabilmek için Pisagor bağıntısı kullanılmıştır. Hipotenüs olan OG uzunluğunun karesinden, üçgenin kenarlarından biri olan y_s uzunluğunun karesi çıkarılmış ve sonucun karekökü alınarak Denklem 2.149'da gösterildiği gibi EG uzunluğu bulunmuştur.

$$EG = \sqrt{(OG^2 - y_s^2)} = 13,334 \text{ mm} \quad (2.149)$$

u_1 uzunluğu, Şekil 2.21 ve Şekil 2.22 kıyaslandığında görüldüğü üzere BH uzunluğuna eşittir. BHG üçgeninin hipotenüsü, x_s uzunluğu ile EG uzunluğunun toplamına eşittir.

BHG üçgeninin hipotenüsünün, kosinüs α ile çarpımı BH uzunluğuna yani Denklem 2.150’de gösterildiği gibi u_1 uzunluğuna eşittir.

$$u_1 = (x_s + EG) \cdot \cos \alpha = 26,304 \text{ mm} \quad (2.150)$$

KMI üçgeninin hipotenüsünün sinüs α ile çarpımı r_2 uzunluğuna eşittir. Bu denklemden faydalanılarak Denklem 2.151’de gösterildiği gibi KM uzunluğu bulunmuştur.

$$KM = \frac{r_2}{\sin \alpha} = 13,099 \text{ mm} \quad (2.151)$$

OEG üçgeni ile KNC üçgeni aynı kenar açılarına sahip oldukları için aralarında benzerlik kurulabilir. Bu sebeple, NC uzunluğunun KN uzunluğuna oranı, EG uzunluğunun y_s uzunluğuna oranına eşit olmak zorundadır. Bu bağıntıdan faydalanılarak Denklem 2.152’de gösterildiği gibi NC uzunluğu hesaplanmıştır.

$$NC = EG \cdot \frac{KM + t_w}{y_s} = 6,236 \text{ mm} \quad (2.152)$$

LC uzunluğu, Denklem 2.153’de gösterildiği gibi NC uzunluğundan r_2 uzunluğu çıkarılarak elde edilmiştir.

$$LC = NC - r_2 = 1,236 \text{ mm} \quad (2.153)$$

GL uzunluğu, Denklem 2.154’de gösterildiği gibi köşebentin taban uzunluğundan EG uzunluğu ve x_s uzunluğu çıkarılarak elde edilmiştir.

$$GL = b - EG - x_s = 36,542 \text{ mm} \quad (2.154)$$

u_2 uzunluğunun bulabilmek için üçgen benzerliğinden faydalanılmıştır. u_2 değerinin u_1 değerine oranı, GL uzunluğu ile LC uzunluğunun toplamının, EG uzunluğu ile x_s uzunluğunun toplamına oranı ile eşit olmak zorundadır. Bu bağıntıdan faydalanılarak Denklem 2.155’de gösterildiği gibi u_2 hesaplanmıştır.

$$u_2 = u_1 \cdot \frac{GL + LC}{EG + x_s} = 34,917 \text{ mm} \quad (2.155)$$

DF uzunluğunun x_s uzunluğuna oranı tanjant α 'ya eşittir. Bu bağıntıdan faydalanılarak Denklem 2.156'da gösterildiği gibi DF uzunluğu hesaplanmıştır.

$$DF = x_s \cdot \tan \alpha = 6,246 \text{ mm} \quad (2.156)$$

F noktasından BH doğrusuna indirilen dikme OH uzunluğuna eşittir. BF uzunluğunun kosinüs α ile çarpımı OH uzunluğuna eşittir. Denklem 2.157'de gösterildiği gibi BF uzunluğu, y_s uzunluğundan DF uzunluğunun çıkarılması ile bulunur. BF uzunluğu kosinüs α ile çarpılarak OH uzunluğu elde edilir.

$$OH = (y_s - DF) \cos \alpha = 24,07 \text{ mm} \quad (2.157)$$

v_2 uzunluğunu bulabilmek için L noktasından BH doğrusuna indirilen dikmenin uzunluğu ile OH uzunluğu toplanarak Denklem 2.158'de gösterildiği gibi v_2 değeri elde edilir.

$$v_2 = OH + b \cdot \sin \alpha = 48,881 \text{ m} \quad (2.158)$$

A noktasından FO doğrusuna indirilen dikmenin uzunluğu v_1 uzunluğuna eşittir. Bu sebeple AF uzunluğunun kosinüs α ile çarpımı v_1 'e eşittir. AF uzunluğu, köşebentin yükseliği ile DF uzunluğunun toplamından y_s çıkarılarak hesaplanmış ve Denklem 2.159'de gösterildiği gibi kosinüs α ile çarpılarak v_1 uzunluğuna hesaplanmıştır.

$$v_1 = (h - y_s + DF) \cdot \cos \alpha = 68,358 \text{ mm} \quad (2.159)$$

VZ uzunluğunun kosinüs α ile çarpımı t_w değerine eşittir. VZ ve r_2 uzunluklarının toplamı VT uzunluğunu verir. Yapılan işlemler Denklem 2.160'da gösterilmiştir.

$$VT = \frac{t_w}{\cos \alpha} + r_2 = 7,164 \text{ mm} \quad (2.160)$$

UV uzunluğunun, t_w uzunluğuna oranı tanjant α 'ya eşittir. Bu bağıntıdan faydalanılarak Denklem 2.161'de UV uzunluğu hesaplanmıştır.

$$UV = t_w \cdot \tan \alpha = 0,826 \text{ mm} \quad (2.161)$$

YD uzunluğu, Denklem 2.162’de gösterildiği gibi x_s ’ nin kotanjant α ile çarpımına eşittir.

$$YD = x_s \cdot \cot \alpha = 36,623 \text{ mm} \quad (2.162)$$

VY uzunluğu, Denklem 2.163’de gösterildiği gibi köşebentin yüksekliğinden YD, UV, r_2 ve x_s uzunluklarının çıkarılması ile elde edilmiştir.

$$VY = h - YD - UV - r_2 - x_s = 25,263 \text{ mm} \quad (2.163)$$

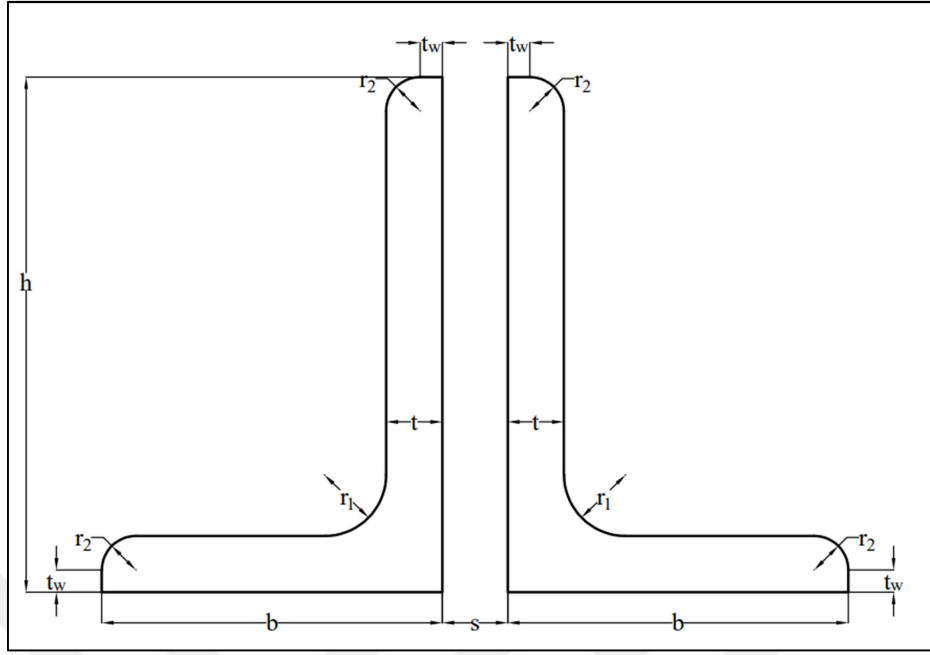
Elde edilen VY değerinin sinüs α ile çarpılarak VT uzunluğu ile toplanması ile u_3 uzunluğu, Denklem 2.164’deki gibi hesaplanmıştır.

$$u_3 = VY \cdot \sin \alpha + VT = 16,807 \text{ mm} \quad (2.164)$$

Sonuç olarak, Mohr çemberinde döndürülen köşebentin sahip olduğu yeni geometrik merkezin köşebentin en dış noktalarına uzaklıkları u_1 , u_2 , u_3 , v_1 ve v_2 değerleri hesaplanmıştır. Ve bununla birlikte yeni asal eksenlere göre hesaplanan I_u , I_v atalet momentleri ve i_u , i_v atalet yarıçapları, yeni oluşan eksenlerin α açısı kadar döndürüldüğü durum için hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar sayesinde kesit üzerine uygulanan çekme, basınç ve kayma gerilmelerinin bileşkesinin hangi ekseninde etkin olduğu kolaylıkla anlaşılabilir. (URL-17)

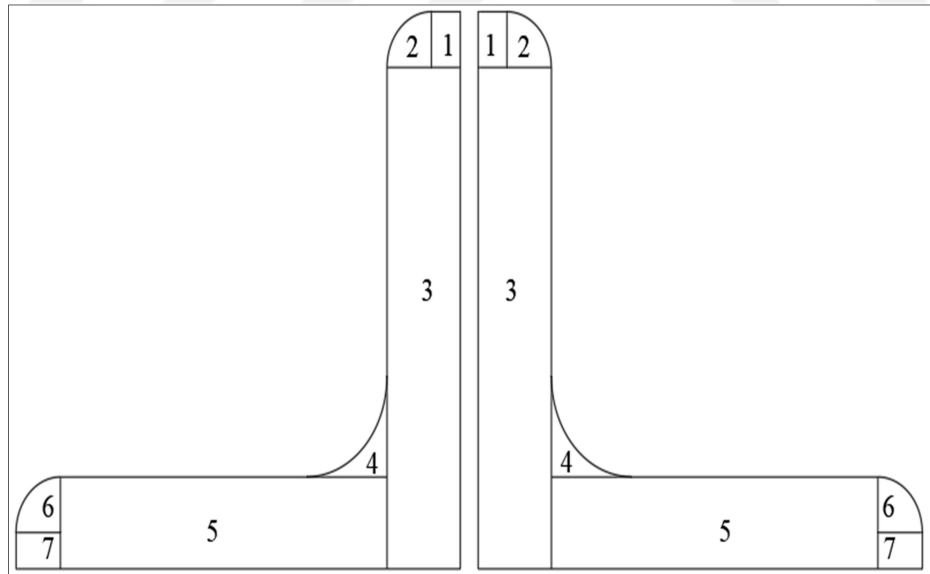
2.4. 2L100x65x7 Sırt Sırta Farklı Kollu Köşebent Profile Ait Hesaplar

İki adet L100x65x7 köşebentinin sırt sırta birleştirilmesi sonu oluşan profilin kesit özellikleri Şekil 2.23’de gösterilmiştir. İki adet L100x65x7 köşebentin Şekil 2.24’deki gibi birleştirilmesiyle, 2L100x65x7 köşebenti elde edilir. L100x65x7 profilinin ölçülerine ilave olarak iki köşebent arasındaki uzaklık $s = 8 \text{ mm}$ alınmıştır. Eşit kollu sırt sırta köşebete benzer şekilde sırt sırta farklı kollu köşebentlerde de iki köşebent arasındaki uzaklık, tablo oluşturulurken 8 cm, 10 cm ve 12 cm olarak alınarak, herbir s mesafesi için köşebent kesit özellikleri hesaplanmış ve tablo haline getirilmiştir.



Şekil 2.23. Sırt sırta farklı kollu köşebentini kesit uzunlukları

Şekil 2.24’de 2L100x65x7 köşebentini, L100x65x7 köşebentini ile aynı şekilde bölünmüştür. Bundan dolayı, 2L100x65x7 köşebentini enkesit özellikleri hesaplanırken, bu durumdan faydalanılmıştır.



Şekil 2.24. Sırt sırta farklı kollu köşebentini bölgelere ayrılması

2.4.1. 2L100x65x7 Köşebentini Kesit Alanını Hesaplanması

Tüm bölgelerin alanları Denklem 2.165’de toplanarak köşebentini enkesit alanı hesaplanmıştır.

$$A = 2 \cdot (A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7) = 2233,5 \text{ mm}^2 \quad (2.165)$$

2.4.2. 2L100x65x7 Köşebentinin Birim Boy Ağırlığının Hesaplanması

Denklem 2.166’da, köşebent in enkesit alanı çeliğin birim hacim ağırlığı ile çarpılarak, köşebent in birim boy ağırlığı hesaplanmıştır.

$$G = A \cdot 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 17,533 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad (2.166)$$

2.4.3. 2L100x65x7 Köşebentinin Atalet Momentinin Hesaplanması

Köşebent in atalet momentinin bulunabilmesi için öncelikle, geometrik merkezin yerinin tespit edilmesi gerekmektedir. Denklem 2.167 ve 2.168’de, x ve y eksenlerine göre köşebent in geometrik merkezinin yeri bulunmuştur.

$$x_s = 0 \quad (2.167)$$

$$y_s = \frac{2 \cdot (A_1 \cdot d_{y1} + A_2 \cdot d_{y2} + A_3 \cdot d_{y3} + A_4 \cdot d_{y4} + A_5 \cdot d_{y5} + A_6 \cdot d_{y6} + A_7 \cdot d_{y7})}{A} = 32,288 \text{ mm} \quad (2.168)$$

2.4.3.1. 2L100x65x7 Köşebentinin x Eksenine Göre Atalet Momentinin Hesaplanması

Tüm bölgelerin atalet momentleri, Denklem 2.169’da gösterildiği gibi toplanarak, köşebent in x eksenine göre atalet momenti elde edilir.

$$I_x = 2 \cdot (I_{x1} + I_{x2} + I_{x3} + I_{x4} + I_{x5} + I_{x6} + I_{x7}) = 2250004,449 \text{ mm}^4 \quad (2.169)$$

2.4.3.2. 2L100x65x7 Köşebentinin y Eksenine Göre Atalet Momentinin hesaplanması

Birinci bölgenin x eksenine göre atalet momenti Denklem 2.170’de hesaplanmıştır.

$$I_{y1} = \frac{t_w \cdot I_2^3}{12} + A_1 \cdot (d_{x1} + s)^2 = 253,333 \text{ mm}^4 \quad (2.170)$$

İkinci bölgenin x eksenine göre atalet momenti Denklem 2.171’de hesaplanmıştır.

$$I_{y2} = \left(\frac{\pi \cdot r_2^4}{16} - \left(\frac{\pi \cdot r_2^2}{4} \right) \cdot \left(\frac{4 \cdot r_2}{3 \cdot \pi} \right)^2 \right) + A_2 \cdot (d_{x2} + s)^2 = 1329,58 \text{ mm}^4 \quad (2.171)$$

Üçüncü bölgenin x eksenine göre atalet momenti Denklem 2.172’de hesaplanmıştır.

$$I_{y3} = \frac{t \cdot (h - r_2)^3}{12} + A_3 \cdot (d_{x3} + s)^2 = 40121,7 \text{ mm}^4 \quad (2.172)$$

Dördüncü bölgenin x eksenine göre atalet momenti Denklem 2.173’de hesaplanmıştır.

$$I_{y4} = \frac{r_1^4}{12} + r_1^2 \cdot \left(t + \frac{r_1}{2} + s \right)^2 - \left[\left(\frac{\pi \cdot r_1^4}{16} \right) - \left(\frac{\pi \cdot r_1^2}{4} \right) \cdot \left(\frac{4 \cdot r_1}{3 \cdot \pi} \right)^2 + \left(\frac{\pi \cdot r_1^2}{4} \right) \cdot \left(t + r_1 - \left(\frac{4 \cdot r_1}{3 \cdot \pi} \right) + \frac{s}{2} \right)^2 \right] = 3833,78 \text{ mm}^4 \quad (2.173)$$

Beşinci bölgenin x eksenine göre atalet momenti Denklem 2.174’de hesaplanmıştır.

$$I_{y5} = \frac{t^3 \cdot (b - r_2 - t)}{12} + A_5 \cdot (d_{x5} + s)^2 = 608564 \text{ mm}^4 \quad (2.174)$$

Altıncı bölgenin x eksenine göre atalet momenti Denklem 2.175’de hesaplanmıştır.

$$I_{y6} = \left(\frac{\pi \cdot r_2^4}{16} - \left(\frac{\pi \cdot r_2^2}{4} \right) \cdot \left(\frac{4 \cdot r_2}{3 \cdot \pi} \right)^2 \right) + A_6 \cdot (d_{x6} + s)^2 = 85880,8 \text{ mm}^4 \quad (2.175)$$

Yedinci bölgenin x eksenine göre atalet momenti Denklem 2.176’da hesaplanmıştır.

$$I_{y7} = \frac{r_2 \cdot t_w^3}{12} + A_7 \cdot (d_{x7} + s)^2 = 44243,3 \text{ mm}^4 \quad (2.176)$$

Köşebentin x eksenine göre atalet momenti, tüm bölgelerin x eksenine göre atalet momentlerinin toplanmasıyla, Denklem 2.177’deki gibi bulunmuştur.

$$I_y = 2 \cdot (I_{y1} + I_{y2} + I_{y3} + I_{y4} + I_{y5} + I_{y6} + I_{y7}) = 1568452,359 \text{ mm}^4 \quad (2.177)$$

2.4.4. 2L100x65x7 Köşebentinin Atalet Yarıçapının Hesaplanması

Köşebent in atalet yarıçapını bulmak için, kesitin atalet momenti, kesitin alanına bölünür. Elde edilen değerin karekökü, atalet yarıçapıdır. Denklem 2.178 ve 2.179’da, x ve y eksenlerine göre atalet yarıçapı hesaplanmıştır.

$$i_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = 26,5 \text{ mm} \quad (2.178)$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = 31,74 \text{ mm} \quad (2.179)$$

2.4.5. 2L100x65x7 Köşebentinin Elastik Mukavemet Momentinin Hesaplanması

Köşebent in atalet momenti, geometrik merkez üzerinde kalan uzunluğa bölünerek elastik mukavemet momenti bulunur.

x eksenine göre elastik mukavemet momenti Denklem 2.180 ile hesaplanmıştır.

$$W_{ex} = \frac{I_x}{(h-y_s)} = 24130 \text{ mm}^3 \quad (2.180)$$

y eksenine göre elastik mukavemet momenti Denklem 2.181 ile hesaplanmıştır.

$$W_{ey} = \frac{I_y}{(b-x_s)} = 33229,1 \text{ mm}^3 \quad (2.181)$$

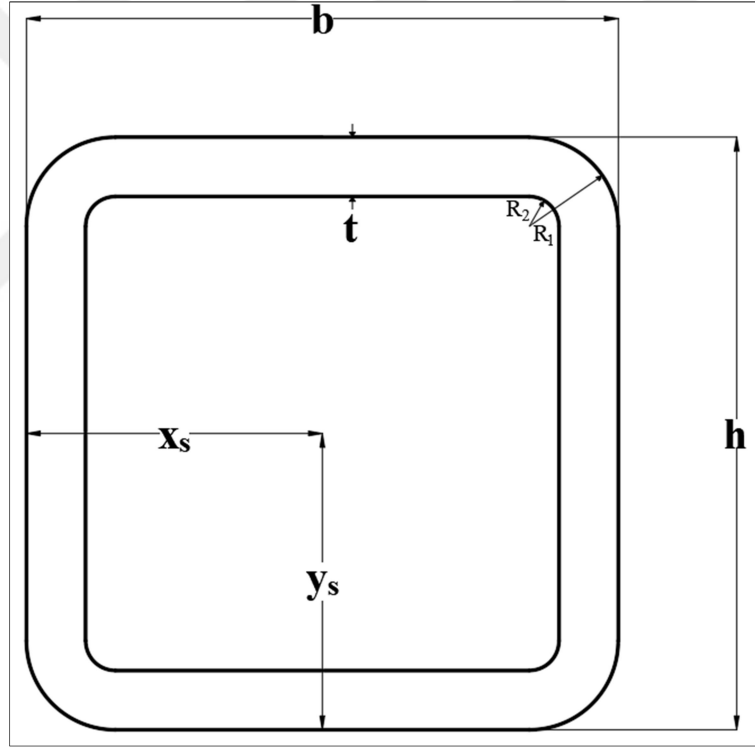
2.5. 40x40x3 Kare Kutu Profile Ait Hesapları

Kare kutu profiller, bütün kenarları eşit boyda olan ve çeşitli ölçülerde üretilebilen çelik profillerdir. Cephe kaplamalarında, ıslak hacimlerde, asma tavanlarda, alçıpan duvarlarda, dekorasyon imalatlarında, çelik konstrüksiyonlarda ve farklı inşaat projelerinde sıklıkla kullanılmaktadır. İnşaat sektörü dışında otomotiv ve makine imalatlarında da kullanılmaktadır. Standart olarak bir kare kutu profil 6 metre olarak üretilir. Boyasız veya antipas boyalı olarak piyasada bulunabilir.

İnşaat sektöründe kare kutu profil imalatlarının metrajları ve birim fiyatları kilogram ile hesaplanmaktadır(URL-18).

Kutu profiller hafif çelik elemanları oldukları için, yapıya ekstra ağırlık getirmediklerinden tercih edilirler. İşçilikleri kolaydır. Ekonomiktirler. Farklı ölçülerde ve kalınlıklarda üretilebilirler. Bu sebeple, birçok alanda kolaylıkla kullanılabilirler. Paslanmaya karşı dayanıklı oldukları için uzun ömürlü olurlar (URL-15).

Bu kısımda, 40x40x3 kutu profilinin en kesit özellikleri hesaplanmıştır. Öncelikle, 40x40x3 kare kutu profilinin kesit uzunlukları Şekil 2.25’de gösterilmiştir.



Şekil 2. 25. Kare kutu profilin kesit uzunlukları

Şekil 2. 26’da gösterilen uzunlukların açıklamaları ve değerleri aşağıdaki gibidir. (Korashy, 2001)

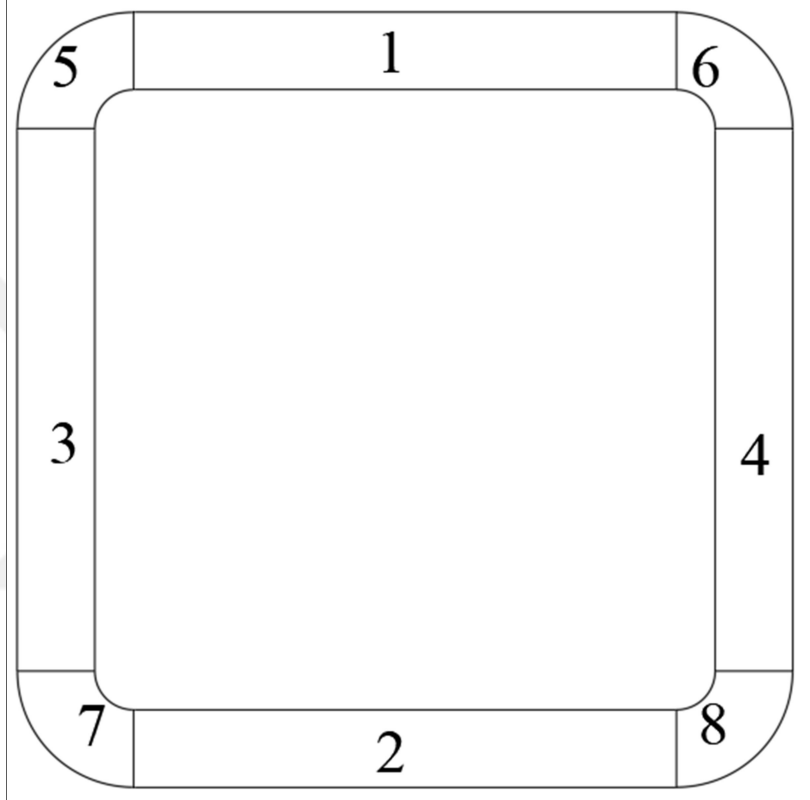
h: Kesit yüksekliği, 40 mm

b: Kesit genişliği, 40 mm

t: Kesit kalınlığı, 3 mm

R_2 : Kutu profilin iç köşesindeki daire diliminin yarıçapı, 1,5 mm

R_1 : Kutu profilin dış köşesindeki daire diliminin yarıçapı, $R_2 + t = 4,5$ mm



Şekil 2. 26. Kare kutu profilin bölgelere ayrılması

Şekil 2.26’da görüldüğü üzere 40x40x3 kutu profili, 8 bölgeye ayrılmıştır. Hesap yapılırken bütün bölgeler ayrı ayrı hesaplanacaktır. Ardından elde edilen sonuçlar toplanarak kesite ait enkesit özellikleri elde edilecektir. Burada amaç, enkesit özellikleri kolay bulunan parçalar üzerinde işlem yaparak, hesapların daha kolay yapılmasını sağlamaktır.

2.5.1. 40x40x3 Kare Kutu Profilin Kesit Alanının Hesaplanması

Denklem 2.182’de, A_1 bölgesinin alanı hesaplanmıştır. A_1 bölgesi, A_2 , A_3 ve A_4 bölgelerine eş olduğu için, alanları birbirlerine eşittir.

$$A_1=A_2=A_3=A_4=t.(b-2.R_1)=93 \text{ mm}^2 \quad (2.182)$$

Kare kutu profilin köşeleri simetrik ve birbirlerine eşittir. Bu sebeple, A5 bölgesinin alanı A6, A7 ve A8 alanına eşittir ve Denklem 2.183'deki gibi hesaplanmıştır.

$$A_5=A_6=A_7=A_8=\frac{\pi R_1^2}{4}-\frac{\pi R_2^2}{4}=14,137 \text{ mm}^2 \quad (2.183)$$

Hesaplanan alanlar, Denklem 2.184'deki gibi toplanarak, 40x40x3 kutu profilin enkesit alanını elde edilmiştir.

$$A=A_1+A_2+A_3+A_4+A_5+A_6+A_7+A_8=428,549 \text{ mm}^2 \quad (2.184)$$

2.5.2. 40x40x3 Kare Kutu Profile Ait Birim Ağırlığın Hesaplanması

40x40x3 kare kutu profilin birim ağırlığını hesaplamak için, profilin en kesit alanı, çeliğin birim hacim ağırlığı ile Denklem 2.185'deki gibi çarpılır.

$$G= A.7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}=3,364 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad (2.185)$$

2.5.3. 40x40x3 Kare Kutu Profile Ait Birim Yüzey Alanının Hesaplanması

Profilin birim yüzey alanın hesaplanması için öncelikle enkestin çevre uzunluğu Denklem 2.186'deki gibi hesaplanmıştır.

$$L_{\text{çev}}=4.(h-2.R_1)+4.\pi.\frac{R_1}{2}=152,274 \text{ mm} \quad (2.186)$$

Elde edilen çevre uzunluğu, bir birim uzunluk ile çarpılarak, birim yüzey alanı Denklem 2.187'deki gibi elde edilir.

$$A_L=L_{\text{çev}}.1 \frac{\text{mm}}{\text{mm}}=152,274 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}} \quad (2.187)$$

2.5.4. 40x40x3 Kare Kutu Profilin Birim Ağırlıktaki Boyama Yüzey Alanı

Profilin bir ton ağırlıktaki uzunluğunu bulabilmek için, birim hacim ağırlığının tersi, enkesit alanına Denklem 2.188'deki gibi bölünmüştür.

$$A_G = \frac{A_s}{(A \cdot \rho_s)} = 297,256 \text{ m}^2 / t \quad (2.188)$$

2.5.5. 40x40x3 Kare Kutu Profilin Geometrik Merkezinin Yerinin Belirlenmesi

40x40x3 kare kutu profil, x ve y yönlerinde simetriktir. Bu sebeple enkesitin geometrik merkezi, profilin ortasında yer almaktadır. Buna göre profilin geometrik merkezinin x ve y eksenlerindeki koordinatları, Denklem 2.189'deki gibi hesaplanır.

$$x_s = y_s = \frac{h}{2} = 20 \text{ mm} \quad (2.189)$$

2.5.6. 40x40x3 Kare Kutu Profilin Atalet Momentinin Hesaplanması

40x40x3 kare kutu profilin atalet momentini hesaplamak için, öncelikle ayırdığımız 8 bölgenin ayrı ayrı atalet momentleri hesaplanmıştır.

Birinci ve ikinci bölgenin atalet momentleri birbirine eşittir. Bu bölgelerin atalet momentleri Denklem 2.190'deki gibi hesaplanmıştır.

$$I_{y1} = I_{y2} = (b - 2 \cdot R_1) \cdot \frac{t^3}{12} + A_1 \cdot \left(\frac{h}{2} - \frac{t}{2} \right)^2 = 31899 \text{ mm}^4 \quad (2.190)$$

Üçüncü ve dördüncü bölgenin atalet momentleri birbirine eşittir. Bu bölgelerin atalet momentleri Denklem 2.191'deki gibi hesaplanmıştır.

$$I_{y3} = I_{y4} = t \cdot \frac{(h - 2 \cdot R_1)^3}{12} = 7447,75 \text{ mm}^4 \quad (2.191)$$

Beşinci bölgenin atalet momentleri Denklem 2.192'deki gibi hesaplanmıştır. Enkesitteki bütün çeyrek daireler, simetrik ve eşit büyüklüktedir. Bu sebeple, hepsinin atalet momentleri birbirine eşittir.

$$I_{y5} = \pi \cdot \frac{R_1^4}{16} + \pi \cdot \frac{R_1^2}{4} \cdot \left(\frac{h-2 \cdot R_1}{2} + 4 \cdot \frac{R_1}{3 \cdot \pi} \right)^2 - \pi \cdot \frac{R_2^4}{16} - \pi \cdot \frac{R_2^2}{4} \cdot \left(\frac{h-2 \cdot R_2}{2} + 4 \cdot \frac{R_2}{3 \cdot \pi} \right)^2 = 4440,022 \text{ mm}^4 \quad (2.192)$$

Beşinci, altıncı, yedinci ve sekizinci bölgelerin y eksenine göre atalet momentleri birbirine eşittir. Bu nedenle Denklem 2.192’de hesaplanan beşinci bölgenin y eksenine göre atalet momenti değeri yukarıda belirtilen bölgeler için de kullanılmıştır.

Tüm bölgelerin atalet momentleri Denklem 2.191’deki gibi toplanarak, 40x40x3 kare kutu profilin atalet momenti, elde edilmiştir.

$$I_y = I_{y1} + I_{y2} + I_{y3} + I_{y4} + I_{y5} + I_{y6} + I_{y7} + I_{y8} = 96453,59 \text{ mm}^4 \quad (2.193)$$

Ayrıca, enkesit simetrik olduğu için x ve y eksenlerine göre atalet momentleri birbirine eşittir. Bu eşitlik denklem 2.194’de gösterilmiştir.

$$I_x = I_y = 96453,59 \text{ mm}^4 \quad (2.194)$$

2.5.7. 40x40x3 Kare Kutu Profilin Atalet Yarıçapının Hesaplanması

Kutu profilin atalet yarıçapını bulmak için, kesitin atalet momenti, kesitin alanına bölünür. Elde edilen değer karekökü, atalet yarıçapıdır. Denklem 2.195 ve 2.196’da x ve y eksenlerine göre atalet yarıçapı hesaplanmıştır.

$$i_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = 15,002 \text{ mm} \quad (2.195)$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = 15,002 \text{ mm} \quad (2.196)$$

2.5.8. 40x40x3 Kare Kutu Profilin Elastik Mukavemet Momentinin Hesaplanması

Kutu profilin atalet momenti, geometrik merkez üzerinde kalan uzunluğa bölünerek elastik mukavemet momenti bulunur. Aşağıda, x ve y eksenlerine göre elastik mukavemet momenti denklem 2.197 ve 2.198’deki gibi hesaplanmıştır.

$$W_{ex} = \frac{I_x}{h-y_s} = 4822,679 \text{ mm}^3 \quad (2.197)$$

$$W_{ey} = \frac{I_y}{b-x_s} = 4822,679 \text{ mm}^3 \quad (2.198)$$

2.5.9. 40x40x3 Kare Kutu Profilin Plastik Mukavemet Momentinin Hesaplanması

Plastik mukavemet momenti, kesitin akma gerilmesi altındaki maksimum eğilme momenti değeridir ve malzemenin bu plastik momente dayanımını gösteren meteryal özelliğidir. Yapılar dizayn edilirken bu özellik kullanılır.

Kutu profilin x eksenine göre plastik mukavemet momenti Denklem 2.199'daki gibi hesaplanmıştır.

$$W_{px} = 2.A_1 \cdot \left(\frac{h}{2} - \frac{t}{2} \right) + 4 \cdot \left(\frac{A_3}{2} \right) \cdot \frac{(h-2.R_1)}{4} + 4.A_5 \cdot \left(\frac{h}{2} - R_1 + \frac{4.R_1}{3.\pi} \right) - 4 \cdot \left(4 \cdot \frac{R_2^2}{4} \right) \cdot \left(\frac{h}{2} - R_2 + \frac{4.R_2}{3.\pi} \right) = 5694,775 \text{ mm}^3 \quad (2.199)$$

Kutu profilin y eksenine göre plastik mukavemet momenti Denklem 2.200'deki gibi hesaplanmıştır.

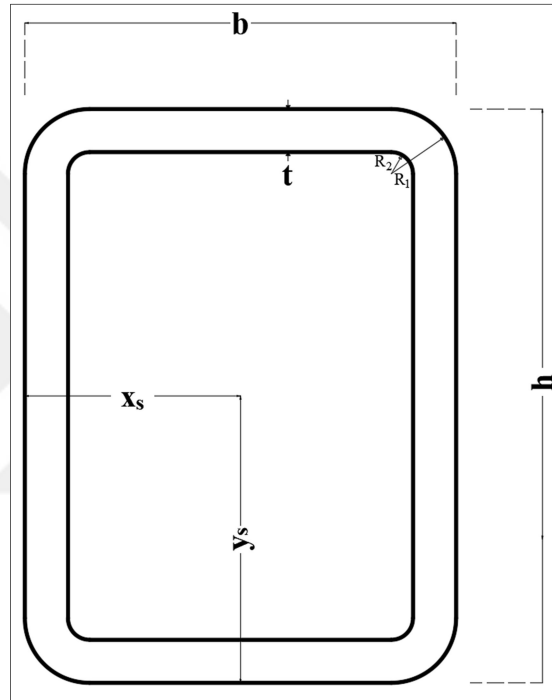
$$W_{py} = 2.A_1 \cdot \left(\frac{b}{2} - \frac{t}{2} \right) + 4 \cdot \left(\frac{A_3}{2} \right) \cdot \frac{(b-2.R_1)}{4} + 4.A_5 \cdot \left(\frac{b}{2} - R_1 + \frac{4.R_1}{3.\pi} \right) - 4 \cdot \left(4 \cdot \frac{R_2^2}{4} \right) \cdot \left(\frac{b}{2} - R_2 + \frac{4.R_2}{3.\pi} \right) = 5694,775 \text{ mm}^3 \quad (2.200)$$

2.6. 40x60x3 Dikdörtgen Kutu Profile Ait Hesaplar

Dikdörtgen şeklinde üretilen kutu profillere, dikdörtgen kutu profil olarak isimlendirilmektedir. Farklı ölçü ve kalınlıklarda üretilebilirler. Birçok sektöre uygun şekilde üretilebilir olması sayesinde bu profiller, piyasada en çok tercih edilen profil tiplerinden biri olmuştur. Yaygın bir biçimde yapı ve sanayi alanlarında kullanılan kutu profil modelleri, içi boş olması sayesinde de diğer profil türlerine göre çok daha hafif ve ihtiyacı karşılar niteliktedir. Çeşitli yerlerde kullanıldığını gördüğümüz dikdörtgen kutu

profiller, birçok proje içinde yer almaktadır. Çatılarda sıklıkla tercih edilirler. Farklı alanlarda da kullanımı yaygın olan dikdörtgen kutu profiller, beyaz aşıya ve mobilyaların üretim aşamalarında taşıyıcı ve sabitleme amacıyla kullanıldığı gibi, kutu profil olarak da kullanılmaktadır. Aynı şekilde ağır sanayi alanında da sabitleyici ya da taşıyıcı olarak kullanılır (URL-16).

Bu kısımda, 40x60x3 kutu profilinin en kesit özellikleri hesaplanmıştır. 40x60x3 dikdörtgen kutu profile ait kesit uzunlukları Şekil 2.27’de gösterilmiştir.



Şekil 2.27. Dikdörtgen kutu profilin kesit uzunluklar

Şekil 2. 28’de gösterilen uzunlukların açıklamaları ve değerleri aşağıdaki gibidir(korashy, 2001).

h: Kesit yüksekliği, 40 mm

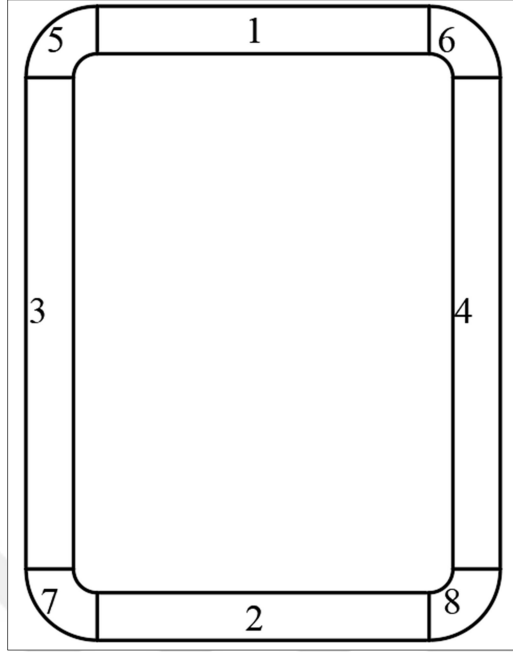
b: Kesit genişliği, 60 mm

t: Kesit kalınlığı, 3 mm

R_2 : Kutu profilin iç köşesindeki daire diliminin yarıçapı, 1,5 mm

R_1 : Kutu profilin dış köşesindeki daire diliminin yarıçapı, $R_2 + t = 4,5$ mm

Dikdörtgen kutu profilin bölgelere ayrılması Şekil 2.28’de gösterilmiştir.



Şekil 2.28. Dikdörtgen kutu profilin bölgelere ayrılması

Şekil 2.28’de görüldüğü üzere 40x60x3 kutu profili, 8 bölgeye ayrılmıştır. Hesap yapılırken bütün bölgeler ayrı ayrı hesaplanacaktır. Ardından elde edilen sonuçlar toplanarak kesite ait enkesit özellikleri elde edilecektir. Burada amaç, enkesit özellikleri kolay bulunan parçalar üzerinde işlem yaparak, hesapların daha kolay yapılmasını sağlamaktır.

2.6.1 40x60x3 Dikdörtgen Kutu Profilin Kesit Alanının Hesaplanması

Denklem 2.201’de, A_1 bölgesinin alanı hesaplanmıştır. A_1 bölgesi, A_2 bölgesine eş olduğu için, alanları birbirlerine eşittir.

$$A_1 = A_2 = t \cdot (b - 2 \cdot R_1) = 153 \text{ mm}^2 \quad (2.201)$$

Denklem 2.202’de, A_3 bölgesinin alanı hesaplanmıştır. A_3 bölgesi, A_4 bölgesine eş olduğu için, alanları birbirlerine eşittir.

$$A_3 = A_4 = t \cdot (h - 2 \cdot R_1) = 93 \text{ mm}^2 \quad (2.202)$$

Kare kutu profilin köşeleri simetrik ve birbirlerine eşittir. Bu sebeple, A5 bölgesinin alanı A6, A7 ve A8 alanına eşittir ve Denklem 2.203'deki gibi hesaplanmıştır.

$$A_5=A_6=A_7=A_8=\frac{\pi R_1^2}{4}-\frac{\pi R_2^2}{4}=14,1372 \text{ mm}^2 \quad (2.203)$$

Hesaplanan alanlar, Denklem 2.204'deki gibi toplanarak, 40x40x3 kutu profilin enkesit alanını elde edilmiştir.

$$A=A_1+A_2+A_3+A_4+A_5+A_6+A_7+A_8=548,549 \text{ mm}^2 \quad (2.204)$$

2.6.2. 40x60x3 Dikdörtgen Kutu Profilin Birim Ağırlığının Hesaplanması

40x60x3 profilinin birim ağırlığını hesaplamak için, profilin en kesit alanı, çeliğin birim hacim ağırlığı ile Denklem 2.205'deki gibi çarpılır.

$$=A.7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}=4,306 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad (2.205)$$

2.6.3. 40x60x3 Dikdörtgen Kutu Profile Ait Birim Yüzey Alanının Hesaplanması

Profilin birim yüzey alanının hesaplanması için öncelikle enkestin çevre uzunluğu Denklem 2.206'da hesaplanmıştır.

$$L_{\text{çev}}=2.(h-2.R_1)+2.(b-2.R_2)+4.\pi.\frac{R_1}{2}=192,274 \text{ mm} \quad (2.206)$$

Elde edilen çevre uzunluğu, bir birim uzunluk ile çarpılarak, birim yüzey alanı Denklem 2.207'deki gibi hesaplanmıştır.

$$A_L=L_{\text{çev}}.1 \frac{\text{mm}}{\text{mm}}=192,274 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}} \quad (2.207)$$

2.6.4. 40x60x3 Dikdörtgen Kutu Profilin Bir Ton Ağırlıktaki Uzunluğunun Hesaplanması

Profilin bir ton ağırlıktaki uzunluğunu bulabilmek için, birim hacim ağırlığın tersi ile enkesit alanının tersi birbirleri ile Denklem 2.208'deki gibi çarpılmıştır.

$$A_G = \frac{A_s}{(A \cdot \rho_s)} = 232,228 \text{ m}^2 / \text{t} \quad (2.208)$$

2.6.5. 40x60x3 Dikdörtgen Kutu Profilin Geometrik Merkezinin Yerinin Belirlenmesi

40x60x3 profilinin geometrik merkezinin x koordinatı Denklem 2.209 ile hesaplanmıştır.

$$x_s = \frac{b}{2} = 30 \text{ mm} \quad (2.209)$$

40x60x3 profilinin geometrik merkezinin y koordinatı Denklem 2.210 ile hesaplanmıştır.

$$y_s = \frac{h}{2} = 20 \text{ mm} \quad (2.210)$$

2.6.6. 40x60x3 Dikdörtgen Kutu Profilin Atalet Momentinin Hesaplanması

40x60x3 profilinin atalet momentini hesaplamak için, öncelikle ayırdığımız 8 bölgenin ayrı ayrı atalet momentleri hesaplanmıştır.

2.6.6.1. 40x60x3 Kutu profilin x Eksenine Göre Atalet Momentinin Hesaplanması

Birinci ve ikinci bölgenin atalet momentleri birbirine eşittir. Bu bölgelerin atalet momenti, Denklem 2.211'deki gibi hesaplanmıştır.

$$I_{x1} = I_{x2} = (b - 2 \cdot R_1) \cdot \frac{t^3}{12} + A_1 \cdot \left(\frac{h}{2} - \frac{t}{2} \right)^2 = 52479 \text{ mm}^4 \quad (2.211)$$

Üçüncü ve dördüncü bölgenin atalet momentleri birbirine eşittir. Bu bölgelerin atalet momenti, Denklem 2.212'deki gibi hesaplanmıştır.

$$I_{x3} = I_{x4} = t \cdot \frac{(h - 2 \cdot R_1)^3}{12} = 7447,75 \text{ mm}^4 \quad (2.212)$$

Beşinci bölgenin atalet momenti, Denklem 2.213'deki gibi hesaplanmıştır.

$$I_{x5} = \pi \cdot \frac{R_1^4}{16} + \pi \cdot \frac{R_1^2}{4} \cdot \left(\frac{h-2.R_1}{2} + 4 \cdot \frac{R_1}{3.\pi} \right) - \pi \cdot \frac{R_2^4}{16} + \pi \cdot \frac{R_2^2}{4} \cdot \left(\frac{h-2.R_2}{2} + 4 \cdot \frac{R_2}{3.\pi} \right) =$$

$$= 4440,022 \text{ mm}^4 \quad (2.213)$$

Enkesitteki bütün çeyrek daireler, simetrik ve eşit büyüklüktedir. Bu sebeple, beşinci, altıncı, yedinci ve sekizinci bölgelerin x eksenine göre atalet momenti Denklem 2.213’de hesaplanan değere eşittir.

Tüm bölgelerin atalet momentleri, Denklem 2.214’deki gibi toplanarak, 40x40x3 kare kutu profilin atalet momenti elde edilmiştir.

$$I_x = I_{x1} + I_{x2} + I_{x3} + I_{x4} + I_{x5} + I_{x6} + I_{x7} + I_{x8} = 137,61.10^3 \text{ mm}^4 \quad (2.214)$$

2.6.6.2. 40x60x3 Kutu profilin y Eksenine Göre Atalet Momentinin Hesaplanması

Birinci ve ikinci bölgenin atalet momentleri birbirine eşittir. Bu bölgelerin atalet momenti, Denklem 2.215’deki gibi hesaplanmıştır.

$$I_{y1} = I_{y2} = \frac{t.(b-2.R_1)^3}{12} + A_1 \cdot \left(\frac{h}{2} - \frac{t}{2} \right)^2 = 33162,75 \text{ mm}^4 \quad (2.215)$$

Üçüncü ve dördüncü bölgenin atalet momentleri birbirine eşittir. Bu bölgelerin atalet momenti, Denklem 2.216’daki gibi hesaplanmıştır.

$$I_{y3} = I_{y4} = \frac{(h-2.R_1).t^3}{12} = 76376,25 \text{ mm}^4 \quad (2.216)$$

Beşinci bölgenin atalet momenti, Denklem 2.217’deki gibi hesaplanmıştır.

$$I_{y5} = \pi \cdot \frac{R_1^4}{16} + \pi \cdot \frac{R_1^2}{4} \cdot \left(\frac{h-2.R_1}{2} + 4 \cdot \frac{R_1}{3.\pi} \right)^2 - \pi \cdot \frac{R_2^4}{16} - \pi \cdot \frac{R_2^2}{4} \cdot \left(\frac{h-2.R_2}{2} + 4 \cdot \frac{R_2}{3.\pi} \right)^2 =$$

$$= 11568,29 \text{ mm}^4 \quad (2.217)$$

Enkesitteki bütün çeyrek daireler, simetrik ve eşit büyüklüktedir. Bu sebeple, beşinci, altıncı, yedinci ve sekizinci bölgelerin y eksenine göre atalet momenti Denklem 2.217’de hesaplanan değere eşittir.

Tüm bölgelerin atalet momentleri, Denklem 2.218'deki gibi toplanarak, 40x60x3 dikdörtgen kutu profilin atalet momenti elde edilmiştir.

$$I_y = I_{y1} + I_{y2} + I_{y3} + I_{y4} + I_{y5} + I_{y6} + I_{y7} + I_{y8} = 265,35 \cdot 10^3 \text{ mm}^4 \quad (2.218)$$

2.6.6.3. 40x60x3 Kare Kutu Profilin Atalet Yarıçapının Hesaplanması

Kutu profilin atalet yarıçapını bulmak için, kesitin atalet momenti, kesitin alanına bölünür. Elde edilen değerin karekökü, atalet yarıçapıdır. Kesitin x eksenine göre atalet yarıçapı Denklem 2.219 ile hesaplanmıştır.

$$i_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = 15,84 \text{ mm} \quad (2.219)$$

Kesitin y eksenine göre atalet yarıçapı Denklem 2.220 ile hesaplanmıştır.

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = 21,99 \text{ mm} \quad (2.220)$$

2.6.6.4. 40x60x3 Kutu Profilin Elastik Mukavemet Momentinin Hesaplanması

Kutu profilin atalet momenti, geometrik merkez üzerinde kalan uzunluğa bölünerek elastik mukavemet momenti bulunur. Kesitin x eksenine göre elastik mukavemet momenti Denklem 2.221 ile hesaplanmıştır.

$$W_{ex} = \frac{I_x}{h-y_s} = 6880,679 \text{ mm}^3 \quad (2.221)$$

Kesitin y eksenine göre elastik mukavemet momenti Denklem 2.222 ile hesaplanmıştır.

$$W_{ey} = \frac{I_y}{b-x_s} = 8845,039 \text{ mm}^3 \quad (2.222)$$

2.6.6.5. 40x60x3 Kutu Profilin Plastik Mukavemet Momentinin Hesaplanması

Plastik mukavemet momenti, kesitin akma gerilmesi altındaki maksimum eğilme momenti değeridir.

Plastik mukavemet momenti, malzemenin plastik momente dayanımını gösteren meteryal özelliğidir. Yapılar dizayn edilirken kullanılır.

Kesitin x eksenine göre plastik mukavemet momenti Denklem 2.223 ile hesaplanmıştır.

$$W_{px} = 2.A_1 \cdot \left(\frac{h}{2} - \frac{t}{2} \right) + 4 \cdot \left(\frac{A_3}{2} \right) \cdot \frac{(h-2.R_1)}{4} + 4.A_5 \cdot \left(\frac{h}{2} - R_1 + 4 \cdot \frac{R_1}{3.\pi} \right) - 4 \cdot \left(4 \cdot \frac{R_2^2}{4} \right) \cdot \left(\frac{h}{2} - R_2 + 4 \cdot \frac{R_2}{3.\pi} \right) = 7914,77 \text{ mm}^3 \quad (2.223)$$

Kesitin y eksenine göre plastik mukavemet momenti Denklem 2.224 ile hesaplanmıştır.

$$W_{py} = 2.A_1 \cdot \left(\frac{b}{2} - \frac{t}{2} \right) + 4 \cdot \left(\frac{A_3}{2} \right) \cdot \frac{(b-2.R_1)}{4} + 4.A_5 \cdot \left(\frac{b}{2} - R_1 + 4 \cdot \frac{R_1}{3.\pi} \right) - 4 \cdot \left(4 \cdot \frac{R_2^2}{4} \right) \cdot \left(\frac{b}{2} - R_2 + 4 \cdot \frac{R_2}{3.\pi} \right) = 10490,3 \text{ mm}^3 \quad (2.224)$$

3. GRAFİKLER VE ENKESİT TABLOLARI

Bu çalışmada hesaplanan kesitlere ait profil tabloları oluşturulurken, öncelikle eşit kollu köşebente ait hesaplamalar yapıldı ve profil tabloları oluşturuldu. Oluşturulan tablolar uluslararası geçerliliğe sahip bir çelik profil kataloğu ile karşılaştırıldı (ArcelorMittal Europe). Karşılaştırma sonucu her iki tablodaki değerlerin arasındaki farklılık yüzdeleri hesaplandı. Yapılan hesaplamalarda farklılık yüzdelerinin kabul edilebilir seviyelerde çıkması yapılan hesaplamaların doğruluğunu kanıtlamaktadır.

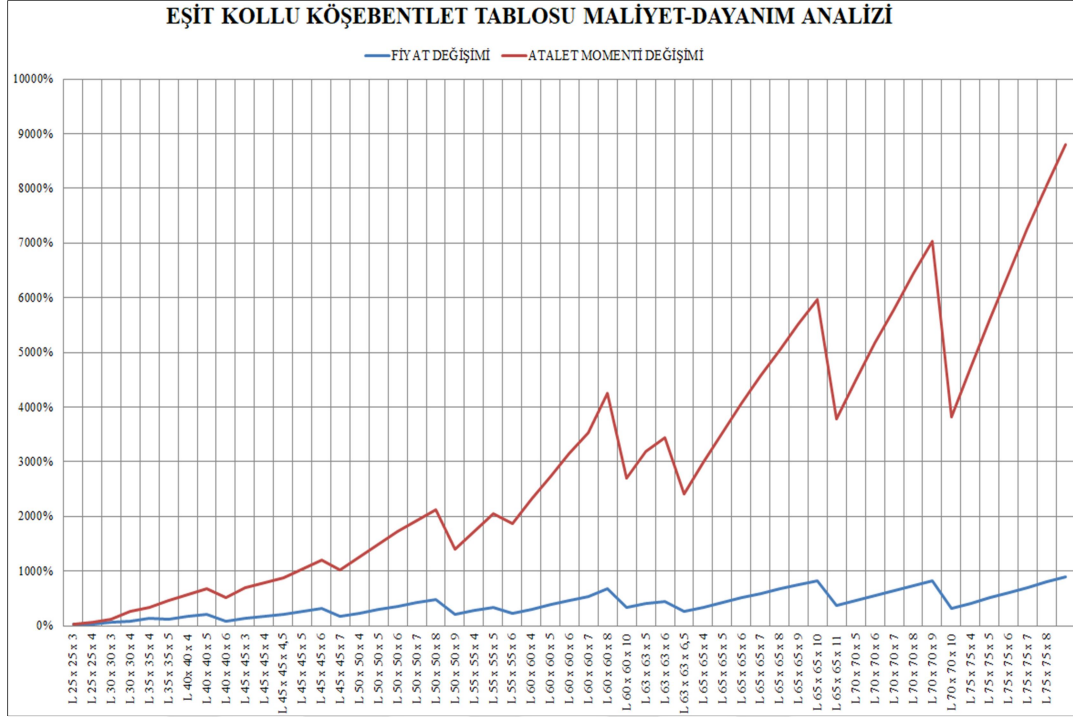
Eşit kollu köşebente ait hesaplamalar yapıldıktan sonra, iki adet eşit kollu köşebentin sırt sırta getirilmesiyle elde edilen eşit kollu sırt sırta köşebente ait profil tabloları oluşturuldu. Yapılan hesaplamalar uluslararası geçerliliğe sahip bir çelik profil kataloğu ile karşılaştırıldı (Korashy, 2001).

Eşit kollu köşebentin sırt sırta getirilmesiyle oluşan profil için yapılan hesaplama ve karşılaştırmaların aynısı farklı kollu sırt sırta köşebent ve kutu profiller için de yapıldı ve hesaplanan sonuçlar uluslararası geçerliliğe sahip bir çelik profil kataloğu ile karşılaştırıldı (Korashy, 2001).

3.1. Maliyet –Atalet Momenti Grafikleri

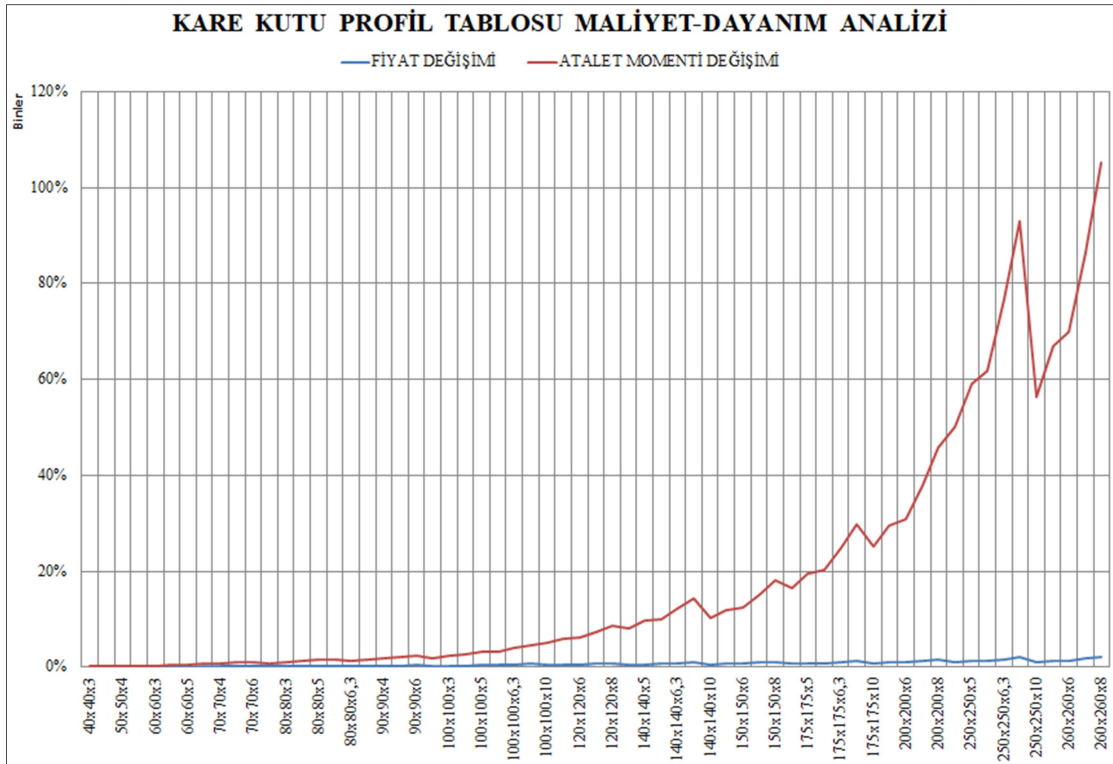
Elde edilen profil tabloları birbirleriyle karşılaştırılarak maliyet-atalet momenti grafikleri oluşturuldu. Maliyet artışı ile birlikte, atalet momentinde oluşan değişimler incelendi.

Eşit kollu köşebent tablosunda bulunan profillerin maliyet-atalet momenti analizi Şekil 3.1’de yapılmıştır. Oluşan tabloyu incelediğimizde, atalet momentinin maliyete oranla çok daha fazla arttığı görülmektedir. Maliyetin maksimum değere ulaştığı üç tepe noktası birbirine oldukça yakın olmasına rağmen, bu tepe noktalarına karşılık gelen atalet momenti değerleri arasında ciddi farklar olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar, kesit belirlenirken profillere ait en kesit özelliklerinin bilinmesinin ve en kesit özellikleri dikkate alınarak profil seçiminin, maliyeti önemli ölçüde azaltabileceğini göstermektedir.



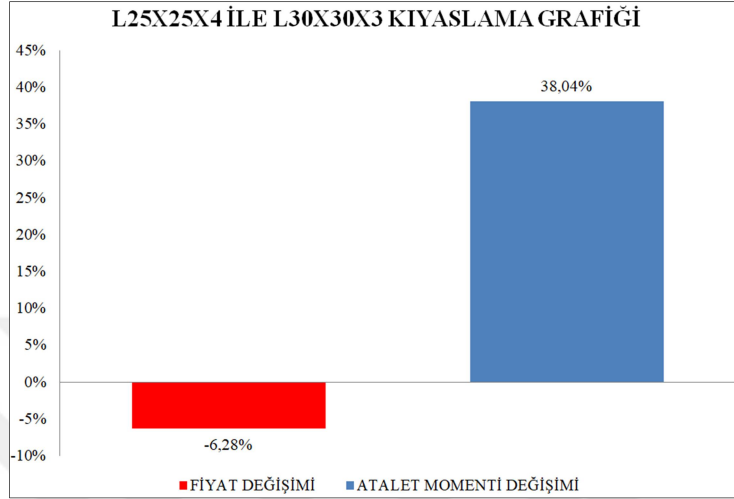
Şekil 3.1. Eşit kollu köşebentler için maliyet dayanım analizi

Kara kutu profil tablosunda bulunan profillerin maliyet-dayanım analizi yapıldığında, maliyete oranla atalet momentinin çok daha dramatik bir biçimde arttığı görülmektedir.



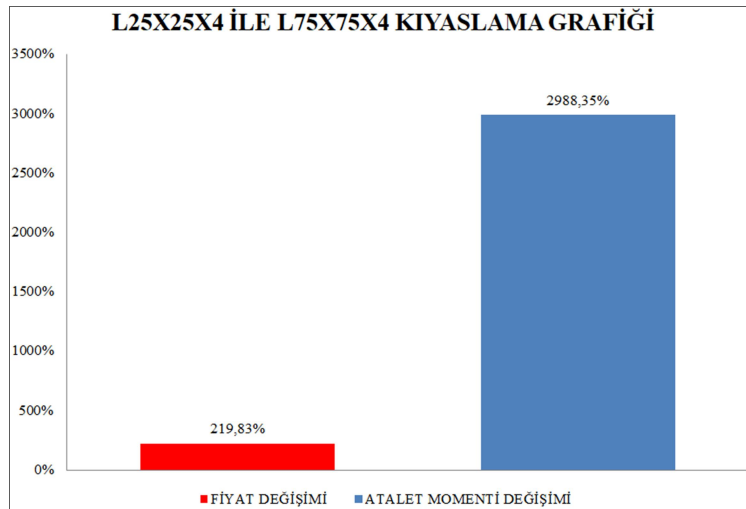
Şekil 3.2. kare kutu profiller için maliyet-dayanım grafiği

L25x25x4 köşebenti ile L30x30x3 köşebenti Şekil 3.3'teki gibi kıyaslanmıştır. L30x30x3 köşebenti %6,28 daha ucuz olmasına rağmen, %38,04 daha fazla atalet momentine sahiptir. Bu kıyaslama, daha az maliyetle daha dayanıklı yapı tasarımı için güzel bir örnektir.



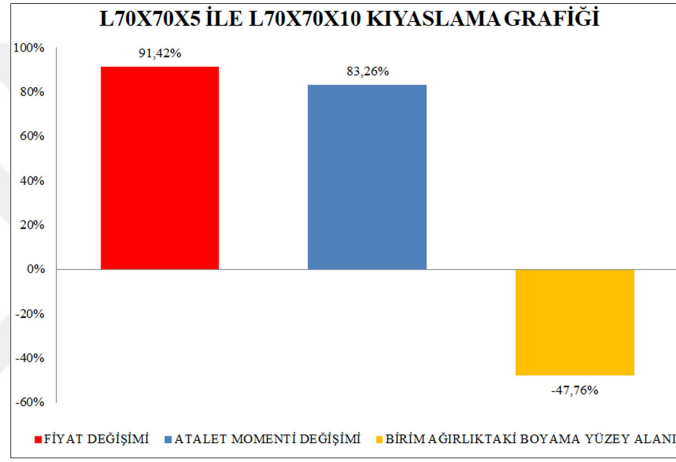
Şekil 3.3. L25x25x4 köşebenti ile L30x30x3 köşebentinin kıyaslaması

L25x25x4 köşebenti ile L75x75x4 köşebenti Şekil 3.4'deki gibi kıyaslanmıştır. İki köşebent aynı kalınlığa sahiptir. Ancak L75x75x4 köşebentinin kol uzunlukları, L25x25x4 köşebentinin kol uzunluklarından üç kat fazladır. Şekil 3.4 incelendiğinde, L75x75x4 köşebentinin maliyeti %219,83 daha fazla olmasına rağmen atalet momenti %2988,35 artmıştır. Sonuç olarak, Atalet momenti, maliyetten yaklaşık 14 kat fazla artmıştır.



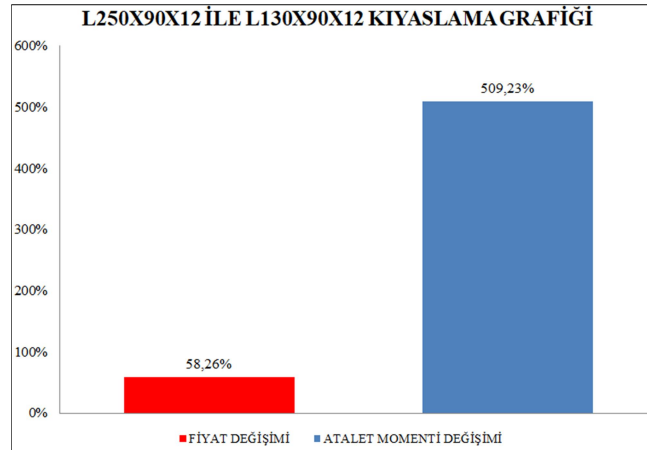
Şekil 3.4. L25x25x4 köşebenti ile L75x75x4 köşebentinin kıyaslanması

L70x70x5 köşebenti ile L70x70x10 köşebenti Şekil 3.5 deki gibi kıyaslanmıştır. İki köşebentin aynı kol uzunluklarına sahip olduğu görülmektedir. Ancak L70x70x10 köşebenti 5 mm daha fazla kalınlığa sahiptir. Bu durumda elde etmiş olduğumuz veriler incelendiğinde, L70x70x10 köşebent maliyetinin %91,42 daha fazla olduğu görülmektedir. Bununla birlikte %83,26 daha fazla atalet momentine sahiptir. Ayrıca ton başına boyama yüzey alanı %47,76 azalmıştır. Sonuç olarak köşebent profil kalınlığını arttırmak, atalet momentini maliyete göre yeterince arttırmamış olsada, ton başına boyama yüzey alanını ciddi şekilde azatmıştır. Boyama yüzey alanının azalması, boya ve işçilik masraflarını azaltır.



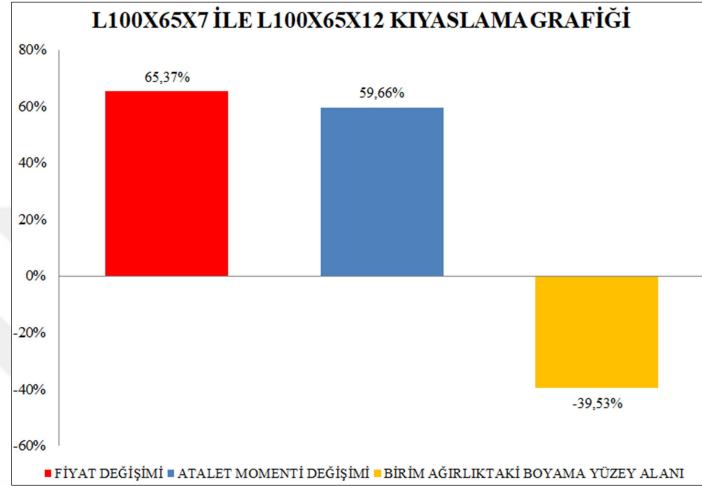
Şekil 3.5. L70x70x5 köşebenti ile L70x70x10 köşebentinin kıyaslanması

L250x90x12 köşebenti ile L130x90x12 köşebenti Şekil 3.6' daki gibi kıyaslanmıştır. L250x90x12 köşebenti %58,26 daha fazla maliyetli olmasına karşın atalet momenti %509,23 artmıştır. Atalet momenti, maliyete oranla yaklaşık 9 kat artmıştır.



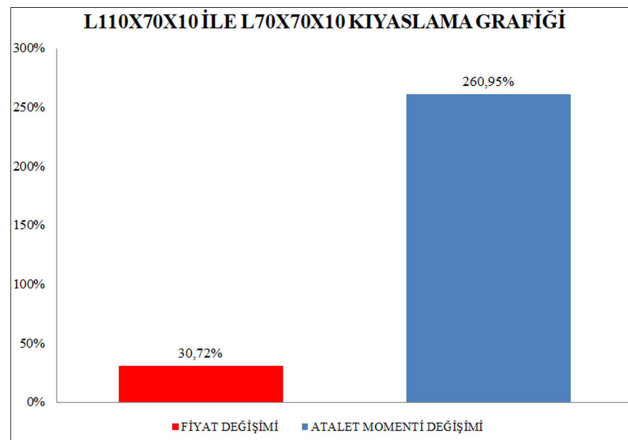
Şekil 3.6. L250x90x12 köşebenti ile L130x90x12 köşebentinin kıyaslanması

L100x65x7 köşebenti ile L100x65x12 köşebenti Şekil 3.7’deki gibi kıyaslanmıştır. Köşebentlerden birinin kalınlığı 5 cm arttırıldığında, Kalın olan köşebentin maliyeti %65,37 artarken, atalet momenti %59,66 artmıştır. Bunun yanında birim ağırlıktaki boyama yüzey alanı %39,53 azalmıştır. Önceki kıyaslamada olduğu gibi kalınlık artışı birim ağırlıktaki boyama yüzey alanını azaltmaktadır. Bu durumda, profilin kalınlığının arttırılmasının birim ağırlıktaki boyama yüzey alanını azalttığı söylenebilir.



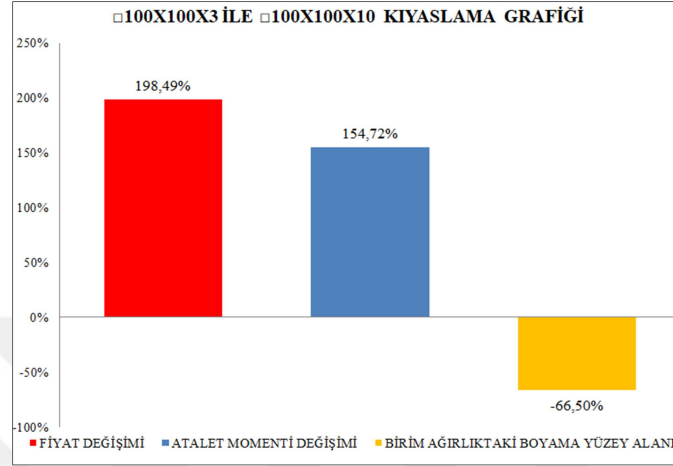
Şekil 3.7.L100x65x7 köşebenti ile L100x65x12 köşebentinin kıyaslanması

L110x70x10 farklı kollu köşebent ile L70x70x10 eşit kollu köşebent Şekil 3.8’deki gibi kıyaslanmıştır. L110x70x10 köşebentinin yüksekliği, L70x70x10 köşebentinin yüksekliğinden 40 mm fazladır. Bu durmda L110x70x10 köşebentinin maliyeti %30,72, atalet momenti ise %260,95 artmaktadır. Atalet momenti, maliyete oranla yaklaşık 9 kat artmıştır.



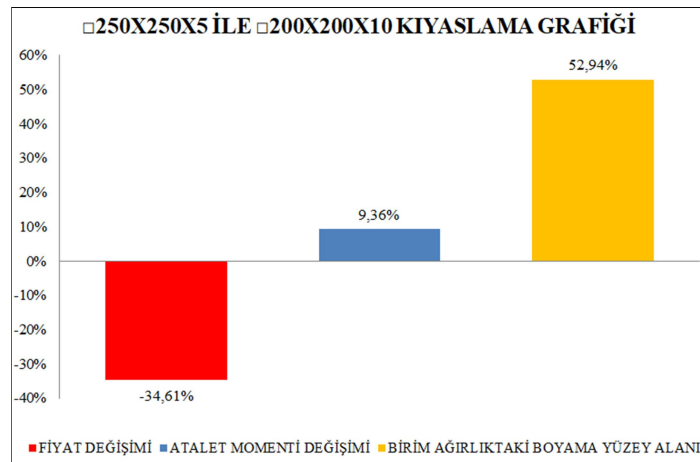
Şekil 3.8. L110x70x10 farklı kollu köşebent ile L70x70x10 eşit kollu köşebentinin kıyaslanması

100x100x3 kare kutu profil ile 100x100x10 kare kutu profil Şekil 3.9'daki gibi kıyaslanmıştır. Köşebentin boyutları aynı bırakılarak kalınlığı arttırıldığında, Kalınlığı fazla olan köşebentin maliyeti %198,49 artarken, atalet momenti %154,72 artmıştır. Birim ağırlıktaki boyama alanı ise %66,50 azalmıştır.



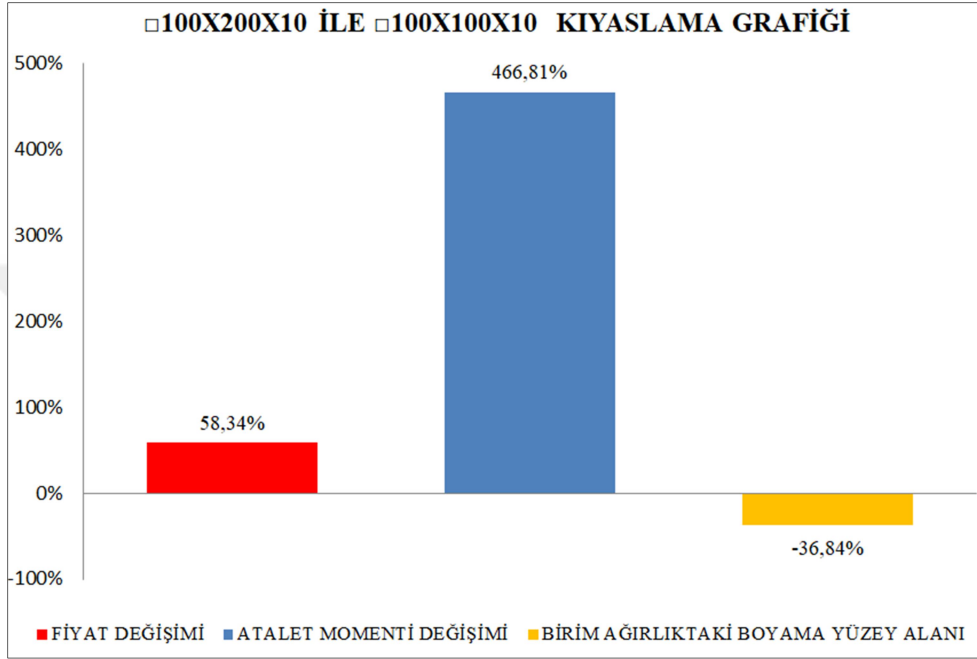
Şekil 3.9. 100x100x3 kare kutu profil ile 100x100x10 kare kutu profilin kıyaslanması

250x250x5 kare kutu profil ile 200x200x10 kare kutu profil Şekil 3.10 deki gibi kıyaslandığında, 250x250x5 kutu profilin maliyeti, 200x200x10 kutu profilin maliyetinden %34,61 az, atalet moneti %9,36 fazla ve birim ağırlıktaki boyama yüzey alanı %52,94 fazladır. Maliyet azalmasına rağmen atalet momenti artmıştır. Ancak bu durumda, boyama yüzey alanını ciddi şekilde artması dikkate alınmalıdır. Bu kıyaslama profillerin, yapılan tasarımın ihtiyacına göre seçilmesinin ne kadar önemli olduğunu gösteren güzel bir örnektir.



Şekil 3.10. 250x250x5 kare kutu profil ile 200x200x10 kare kutu profilinin kıyaslanması

200x100x10 kare kutu profil ile 100x100x10 kare kutu profil Şekil 3.11'deki gibi kıyaslanmıştır. 200x100x10 köşebentinin yüksekliği, 100x100x10 köşebentinin yüksekliğinden 100 mm fazladır. Bu durumda 200x100x10 köşebentinin maliyeti, 100x100x10 köşebentine göre %58,34 artarken, atalet momenti %466,81 artmıştır. Birim ağırlıktaki yüzey boyama alanı ise %36,84 azalmıştır.



Şekil 3.11. 200x100x10 kare kutu profil ile 100x100x10 kare kutu profilin kıyaslanması

Yapılan kıyaslamalardan görüldüğü üzere, profil boyutlarının değişimi ciddi dayanım ve maliyet farklarına sebep olmaktadır. Daha maliyetli fakat boyutu yanlış seçilmiş bir profil, maliyeti arttırmanın yanı sıra, daha az dayanıma sahip olabilmektedir.

3.2. Enkesit Tabloları

Bu çalışmada, köşebent, sırt sırta köşebent ve kutu pofillerin hesabı yapılırken, her profilden birer adet örnek profil seçilerek, bu profillere ait hesaplamalar el ile hesaplandı. Yapılan hesaplamalarda kullanılan formüller elektronik tablolara işlenerek profil tabloları oluşturuldu. Yapılan hesapların formülize edilmesi sayesinde, köşebent ve kutu profillerin en kesit özellikleri tekrar hesaplama yapmaya ihtiyaç duyulmadan elde edildi. Bu durum, profil tabloları hızlı bir şekilde oluşturulmasını sağladı.

3.2.1. Eşit Kollu Köşebent Tabloları

Eşit kollu köşebentler için L30x30x3 profili seçilerek bu profile ait enkesit özellikler el ile tek tek hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar elektronik tablolara işlenerek eşit kollu köşebentlerin genelini kapsayan enkesit tabloları oluşturulmuştur. Eşit kollu köşebentler için oluşturulan enkesit tabloları Tablo 3.1’de gösterilmiştir. Yapılan hesapların doğruluğundan emin olmak için bulunan değerler uluslararası profil kataloğu (2016, ArcelorMittal) ile karşılaştırılmış ve yapılan hesaplamalarda elde edilen değerlerin kataloğa göre farklılık yüzdeleri hesaplanmıştır. Hesaplanan farklılık yüzdeleri Tablo 3.2’de gösterilmiştir. Farklılık yüzdeleri tablosu incelendiğinde, bulunan maksimum farklılık yüzdesinin kesitin çarpım atalet momentinde bulunan %13,27 olduğu görülmüştür. Diğer kesit özelliklerinin hesabında ise bulunan farklılık yüzdesi genel olarak %1’in altındadır. Farklılık yüzdelerinin az olması nedeniyle hesapların doğru olduğu düşünülmektedir.

3.2.2. Farklı Kollu Köşebent Tabloları

Farklı kollu köşebentler için L100x65x7 profili seçilerek bu profile ait enkesit özellikleri el ile tek tek hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar elektronik tablolara işlenerek farklı kollu köşebentlerin genelini kapsayan enkesit tabloları oluşturulmuştur. Farklı kollu köşebentler için oluşturulan enkesit tabloları Tablo 3.3’te gösterilmiştir. Yapılan hesapların doğruluğundan emin olmak için bulunan değerler uluslararası profil kataloğu (2016, ArcelorMittal) ile karşılaştırılmış ve yapılan hesaplamalarda elde edilen değerlerin kataloğa göre farklılık yüzdeleri hesaplanmıştır. Hesaplanan farklılık yüzdeleri Tablo 3.4’de gösterilmiştir. Farklılık yüzdeleri tablosu incelendiğinde, bulunan maksimum farklılık yüzdesinin kesitin mohr çemberi ile hesaplanan u_2 değeri olduğu görülmüştür. Diğer kesit özelliklerinin hesabında ise bulunan farklılık yüzdesi genel olarak %1’in altındadır. Farklılık yüzdelerinin az olması nedeniyle hesapların doğru olduğu düşünülmektedir.

Tablo 3.1. Eşit kollu köşebent tablosu

KESİT	ENKESİT ÖLÇÜLERİ						KESİT ALANI	ERKEN ÖLÇÜLERİ										STATİK DEĞERLER										YÜZEY ALANI			
	G	h	b	t	r ₁	A		y _s	x _s	u ₁	u ₂	v	I _x	I _y	i _x	i _y	W _x	W _y	I _{xx}	I _{yy}	I _{xy}	I _x	I _y	I _{xy}	A _x	A _y					
kg/m	mm	mm	mm	mm	mm	mm ² x 10	mm x 10	mm x 10	mm x 10	mm x 10	mm x 10	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ⁴ x 10 ⁴	mm x 10	mm x 10	mm ³ x 10 ³	mm ³ x 10 ³	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ⁴ x 10 ⁴	mm x 10	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ⁴ x 10 ⁴	mm x 10	mm ² /m	m ² /m					
L.25 x 25 x 3	1.117	25	25	3	3,5	1.423	0.723	0.723	1.022	0.885	1.768	0.803	0.803	0.751	0.751	0.452	0.452	-0.466	0.337	0.486	1.268	0.944	0.097	86,823							
L.25 x 25 x 4	1.455	25	25	4	3,5	1.853	0.762	0.762	1.078	0.901	1.768	1.018	1.018	0.741	0.741	0.586	0.586	-0.585	0.433	0.483	1.603	0.930	0.097	66,677							
L.30 x 30 x 3	1.263	30	30	3	5	1.737	0.835	0.835	1.181	1.049	2.121	1.405	1.405	0.899	0.899	0.649	0.649	-0.807	0.598	0.587	2.212	1.128	0.116	84,867							
L.30 x 30 x 4	1.779	30	30	4	5	2.267	0.878	0.878	1.242	1.058	2.121	1.803	1.803	0.892	0.892	0.850	0.850	-1.037	0.766	0.581	2.839	1.119	0.116	65,024							
L.35 x 35 x 4	2.093	35	35	4	5	2.667	1.003	1.003	1.418	1.236	2.475	2.954	2.954	1.052	1.052	1.183	1.183	-1.714	1.240	0.682	4.668	1.323	0.136	64,825							
L.35 x 35 x 5	2.572	35	35	5	5	3.277	1.043	1.043	1.475	1.250	2.475	3.564	3.564	1.043	1.043	1.451	1.451	-2.059	1.505	0.678	5.623	1.310	0.136	52,557							
L.40x 40 x 4	2.417	40	40	4	6	3.079	1.120	1.120	1.583	1.404	2.828	4.473	4.473	1.205	1.205	1.553	1.553	-2.589	1.884	0.782	7.062	1.515	0.155	64,074							
L.40 x 40 x 5	2.974	40	40	5	6	3.789	1.162	1.162	1.643	1.414	2.828	5.427	5.427	1.197	1.197	1.912	1.912	-3.140	2.287	0.777	8.567	1.504	0.155	52,066							
L.40 x 40 x 6	3.516	40	40	6	6	4.479	1.202	1.202	1.700	1.429	2.828	6.314	6.314	1.187	1.187	2.257	2.257	-3.635	2.680	0.773	9.949	1.490	0.155	44,045							
L.45 x 45 x 3	2.090	45	45	3	7	2.663	1.184	1.184	1.674	1.575	3.182	4.926	4.926	1.360	1.360	1.486	1.486	-2.805	2.121	0.892	7.732	1.704	0.174	83,244							
L.45 x 45 x 4	2.742	45	45	4	7	3.493	1.235	1.235	1.746	1.574	3.182	6.432	6.432	1.357	1.357	1.970	1.970	-3.704	2.727	0.884	10.136	1.704	0.174	63,462							
L.45 x 45 x 4,5	3.062	45	45	4,5	7	3.900	1.257	1.257	1.778	1.577	3.182	7.148	7.148	1.354	1.354	2.204	2.204	-4.127	3.021	0.880	11.275	1.700	0.174	56,831							
L.45 x 45 x 5	3.378	45	45	5	7	4.303	1.279	1.279	1.809	1.581	3.182	7.841	7.841	1.350	1.350	2.435	2.435	-4.531	3.310	0.877	12.372	1.696	0.174	51,514							
L.45 x 45 x 6	3.998	45	45	6	7	5.093	1.321	1.321	1.868	1.593	3.182	9.162	9.162	1.341	1.341	2.882	2.882	-5.286	3.875	0.872	14.448	1.684	0.174	43,523							
L.45 x 45 x 7	4.602	45	45	7	7	5.863	1.360	1.360	1.924	1.608	3.182	10.400	10.400	1.332	1.332	3.313	3.313	-5.970	4.430	0.869	16.370	1.671	0.174	37,807							
L.50 x 50 x 4	3.056	50	50	4	7	3.893	1.359	1.359	1.921	1.752	3.536	8.974	8.974	1.518	1.518	2.464	2.464	-5.195	3.779	0.985	14.169	1.908	0.194	63,486							
L.50 x 50 x 5	3.770	50	50	5	7	4.803	1.404	1.404	1.985	1.759	3.536	10.964	10.964	1.511	1.511	3.049	3.049	-6.369	4.595	0.978	17.333	1.900	0.194	51,456							
L.50 x 50 x 6	4.469	50	50	6	7	5.693	1.445	1.445	2.044	1.771	3.536	12.841	12.841	1.502	1.502	3.612	3.612	-7.454	5.387	0.973	20.294	1.888	0.194	43,411							
L.50 x 50 x 7	5.152	50	50	7	7	6.563	1.485	1.485	2.101	1.785	3.536	14.611	14.611	1.492	1.492	4.157	4.157	-8.450	6.160	0.969	23.061	1.875	0.194	37,656							
L.50 x 50 x 8	5.819	50	50	8	7	7.413	1.524	1.524	2.155	1.801	3.536	16.283	16.283	1.482	1.482	4.684	4.684	-9.360	6.923	0.966	25.643	1.860	0.194	33,338							
L.50 x 50 x 9	6.470	50	50	9	7	8.243	1.561	1.561	2.208	1.819	3.536	17.864	17.864	1.472	1.472	5.195	5.195	-10.184	7.679	0.965	28.048	1.845	0.194	29,981							
L.55 x 55 x 4	3.382	55	55	4	8	4.309	1.472	1.472	2.081	1.925	3.889	12.000	12.000	1.669	1.669	2.979	2.979	-6.907	5.093	1.087	18.907	2.095	0.213	63,014							
L.55 x 55 x 5	4.175	55	55	5	8	5.319	1.519	1.519	2.149	1.928	3.889	14.715	14.715	1.663	1.663	3.697	3.697	-8.520	6.195	1.079	23.235	2.090	0.213	51,048							
L.55 x 55 x 6	4.952	55	55	6	8	6.309	1.563	1.563	2.210	1.937	3.889	17.287	17.287	1.655	1.655	4.391	4.391	-10.025	7.262	1.073	27.313	2.081	0.213	43,037							
L.60 x 60 x 4	3.696	60	60	4	8	4.709	1.596	1.596	2.257	2.103	4.243	15.775	15.775	1.830	1.830	3.582	3.582	-9.116	6.659	1.189	24.891	2.299	0.233	63,072							
L.60 x 60 x 5	4.568	60	60	5	8	5.819	1.644	1.644	2.324	2.106	4.243	19.371	19.371	1.825	1.825	4.447	4.447	-11.257	8.114	1.181	30.628	2.294	0.233	51,040							
L.60 x 60 x 6	5.423	60	60	6	8	6.909	1.688	1.688	2.387	2.115	4.243	22.792	22.792	1.816	1.816	5.285	5.285	-13.269	9.523	1.174	36.062	2.285	0.233	42,987							

Tablo 3.1. (Devam) Eşit kollu köşebent tablosu

KESİT	ENKESİT ÖLÇÜLERİ						KESİT ALANI	ERKEN ÖLÇÜLERİ						STATİK DEĞERLER										YÜZEY ALANI						
	G	h	b	t	r ₁	A		Y _x	Y _y	X _x	u ₁	u ₂	v	I _x	I _y	I _{xy}	W _x	W _y	I _{xx}	I _{yy}	I _{xy}	I _x	I _y	I _{xy}	I _x	I _y	I _{xy}	A ₁	A ₂	
L 60 x 60 x 7	6,263	60	60	7	8	7,979	1,729	1,729	1,729	2,445	2,127	4,243	26,050	26,050	0	6,999	6,999	-15,153	10,897	1,169	41,203	2,272	0,233	37,222	0,233	37,222	0,233	37,222	0,233	37,222
L 60 x 60 x 8	7,088	60	60	8	8	9,029	1,769	1,769	1,769	2,502	2,141	4,243	29,153	29,153	0	6,890	6,890	-16,910	12,243	1,164	46,063	2,259	0,233	32,893	0,233	32,893	0,233	32,893	0,233	32,893
L 60 x 60 x 10	8,689	60	60	10	8	11,069	1,846	1,846	1,846	2,610	2,174	4,243	34,932	34,932	0	8,408	8,408	-20,048	14,884	1,160	54,980	2,229	0,233	26,831	0,233	26,831	0,233	26,831	0,233	26,831
L 63 x 63 x 5	4,817	63	63	5	9	6,137	1,708	1,708	1,708	2,416	2,206	4,455	22,423	22,423	0	4,883	4,883	-12,960	9,463	1,242	35,384	2,401	0,244	50,706	0,244	50,706	0,244	50,706	0,244	50,706
L 63 x 63 x 6	5,720	63	63	6	9	7,287	1,754	1,754	1,754	2,481	2,212	4,455	26,437	26,437	0	5,815	5,815	-15,334	11,103	1,234	41,771	2,394	0,244	42,700	0,244	42,700	0,244	42,700	0,244	42,700
L 63 x 63 x 6,5	6,166	63	63	6,5	9	7,854	1,776	1,776	1,776	2,511	2,217	4,455	28,374	28,374	0	6,271	6,271	-16,468	11,906	1,231	44,842	2,389	0,244	39,618	0,244	39,618	0,244	39,618	0,244	39,618
L 65 x 65 x 4	4,025	65	65	4	9	5,127	1,707	1,707	1,707	2,414	2,279	4,596	20,092	20,092	0	4,192	4,192	-11,539	8,553	1,292	31,631	2,484	0,252	62,683	0,252	62,683	0,252	62,683	0,252	62,683
L 65 x 65 x 5	4,974	65	65	5	9	6,337	1,758	1,758	1,758	2,486	2,277	4,596	24,744	24,744	0	5,218	5,218	-14,321	10,423	1,282	39,066	2,483	0,252	50,714	0,252	50,714	0,252	50,714	0,252	50,714
L 65 x 65 x 6	5,909	65	65	6	9	7,527	1,804	1,804	1,804	2,551	2,283	4,596	29,187	29,187	0	6,215	6,215	-16,952	12,235	1,275	46,139	2,476	0,252	42,696	0,252	42,696	0,252	42,696	0,252	42,696
L 65 x 65 x 7	6,827	65	65	7	9	8,697	1,847	1,847	1,847	2,612	2,293	4,596	33,432	33,432	0	7,185	7,185	-19,432	14,000	1,269	52,864	2,465	0,252	36,952	0,252	36,952	0,252	36,952	0,252	36,952
L 65 x 65 x 8	7,730	65	65	8	9	9,847	1,888	1,888	1,888	2,670	2,306	4,596	37,489	37,489	0	8,128	8,128	-21,762	15,727	1,264	59,251	2,453	0,252	32,636	0,252	32,636	0,252	32,636	0,252	32,636
L 65 x 65 x 9	8,617	65	65	9	9	10,977	1,928	1,928	1,928	2,726	2,320	4,596	41,370	41,370	0	9,048	9,048	-23,943	17,426	1,260	65,313	2,439	0,252	29,277	0,252	29,277	0,252	29,277	0,252	29,277
L 65 x 65 x 10	9,488	65	65	10	9	12,087	1,966	1,966	1,966	2,781	2,336	4,596	45,083	45,083	0	9,944	9,944	-25,977	19,105	1,257	71,060	2,425	0,252	26,588	0,252	26,588	0,252	26,588	0,252	26,588
L 65 x 65 x 11	10,344	65	65	11	9	13,177	2,004	2,004	2,004	2,834	2,353	4,596	48,638	48,638	0	10,819	10,819	-27,866	20,772	1,256	76,504	2,410	0,252	24,389	0,252	24,389	0,252	24,389	0,252	24,389
L 70 x 70 x 5	5,367	70	70	5	9	6,837	1,882	1,882	1,882	2,662	2,455	4,950	31,235	31,235	0	6,103	6,103	-18,131	13,104	1,384	49,367	2,687	0,272	50,731	0,272	50,731	0,272	50,731	0,272	50,731
L 70 x 70 x 6	6,380	70	70	6	9	8,127	1,928	1,928	1,928	2,727	2,461	4,950	36,884	36,884	0	7,272	7,272	-21,484	15,400	1,377	58,368	2,680	0,272	42,679	0,272	42,679	0,272	42,679	0,272	42,679
L 70 x 70 x 7	7,377	70	70	7	9	9,397	1,971	1,971	1,971	2,788	2,470	4,950	42,298	42,298	0	8,411	8,411	-24,661	17,637	1,370	66,959	2,669	0,272	36,911	0,272	36,911	0,272	36,911	0,272	36,911
L 70 x 70 x 8	8,374	70	70	8	10	10,667	2,006	2,006	2,006	2,837	2,472	4,950	47,265	47,265	0	9,464	9,464	-27,429	19,837	1,364	74,694	2,646	0,271	32,412	0,271	32,412	0,271	32,412	0,271	32,412
L 70 x 70 x 9	9,323	70	70	9	9	11,877	2,052	2,052	2,052	2,903	2,497	4,950	52,467	52,467	0	10,605	10,605	-30,493	21,974	1,360	82,959	2,643	0,272	29,203	0,272	29,203	0,272	29,203	0,272	29,203
L 70 x 70 x 10	10,273	70	70	10	9	13,087	2,091	2,091	2,091	2,958	2,513	4,950	57,244	57,244	0	11,662	11,662	-33,150	24,093	1,357	90,394	2,628	0,272	26,503	0,272	26,503	0,272	26,503	0,272	26,503
L 75 x 75 x 4	4,653	75	75	4	9	5,927	1,955	1,955	1,955	2,765	2,635	5,303	31,429	31,429	0	5,668	5,668	-18,163	13,267	1,496	49,992	2,893	0,292	62,819	0,292	62,819	0,292	62,819	0,292	62,819
L 75 x 75 x 5	5,759	75	75	5	9	7,137	2,006	2,006	2,006	2,837	2,633	5,303	38,773	38,773	0	7,058	7,058	-22,561	16,212	1,487	61,334	2,891	0,292	50,747	0,292	50,747	0,292	50,747	0,292	50,747
L 75 x 75 x 6	6,851	75	75	6	9	8,227	2,053	2,053	2,053	2,903	2,638	5,303	45,829	45,829	0	8,413	8,413	-26,756	19,073	1,478	72,585	2,884	0,292	42,664	0,292	42,664	0,292	42,664	0,292	42,664
L 75 x 75 x 7	7,926	75	75	7	9	10,097	2,096	2,096	2,096	2,964	2,648	5,303	52,610	52,610	0	9,735	9,735	-30,749	21,861	1,471	83,359	2,873	0,292	36,875	0,292	36,875	0,292	36,875	0,292	36,875
L 75 x 75 x 8	8,986	75	75	8	9	11,447	2,137	2,137	2,137	3,023	2,660	5,303	59,129	59,129	0	11,026	11,026	-34,541	24,588	1,466	93,670	2,861	0,292	32,526	0,292	32,526	0,292	32,526	0,292	32,526
L 75 x 75 x 9	10,030	75	75	9	9	12,777	2,177	2,177	2,177	3,079	2,674	5,303	65,397	65,397	0	12,287	12,287	-38,134	27,264	1,461	103,531	2,847	0,292	29,140	0,292	29,140	0,292	29,140	0,292	29,140
L 75 x 75 x 10	11,058	75	75	10	9	14,087	2,216	2,216	2,216	3,135	2,689	5,303	71,427	71,427	0	13,519	13,519	-41,528	29,899	1,457	112,955	2,832	0,292	26,430	0,292	26,430	0,292	26,430	0,292	26,430

Tablo 3.2. Eşit kollu köşebent tablosu kıyaslama

KESİT	ENKESİT ÖLÇÜLERİ						KESİT ALANI		EKSEN ÖLÇÜLERİ										STATİK DEĞERLER										YÜZEY ALANI			
	G	h	b	t	r _t	A	y _s	x _s	u ₁	u ₂	v	I _x	I _y	i _x	i _y	W _{xx}	W _{xy}	I _{xx}	I _{yy}	I _{xy}	EKSEN u - u				EKSEN v - v				A ₁	A ₂	A ₃	
																					I _x	I _y	i _x	i _y	W _{xx}	W _{xy}	I _{xx}	I _{yy}				I _{xy}
kg/m	mm	mm	mm	mm	mm	mm ² x 10	mm x 10	mm x 10	mm x 10	mm x 10	mm x 10	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ⁴ x 10 ⁴	mm x 10	mm x 10	mm ³ x 10 ³	mm ³ x 10 ³	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ³ x 10 ³	mm ³ x 10 ³	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ³ x 10 ³	mm ³ x 10 ³	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ² /m	mm ² /m	mm ² /m
L 25 x 25 x 3	0.25%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	-0.22%	-0.24%	-0.24%	-0.21%	-0.95%	0.13%	-0.82%	-0.82%	-0.26%	-0.26%	-0.79%	-0.79%	0.24%	-0.61%	-0.57%	-2.55%	-0.01%	0.00%	0.00%	0.07%							
L 25 x 25 x 4	-0.33%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	-0.17%	-0.13%	-0.13%	0.22%	-0.96%	0.13%	-0.76%	-0.76%	-0.14%	-0.14%	-0.61%	-0.61%	0.34%	-0.48%	-0.45%	-0.63%	0.01%	0.00%	0.00%	-0.01%							
L 30 x 30 x 3	-0.25%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.18%	-0.04%	-0.04%	-0.11%	0.14%	-0.06%	-0.34%	-0.34%	-0.04%	-0.04%	0.00%	0.00%	2.21%	-0.85%	-0.78%	3.17%	0.27%	0.25%	0.00%	0.00%							
L 30 x 30 x 4	0.03%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.14%	-0.05%	-0.05%	-0.19%	0.16%	-0.06%	-0.15%	-0.15%	0.03%	0.03%	0.03%	0.03%	1.28%	-0.60%	-0.57%	2.77%	0.14%	0.25%	-0.01%	-0.01%							
L 35 x 35 x 4	-0.17%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.12%	-0.29%	-0.29%	0.12%	0.34%	-0.20%	-0.14%	-0.14%	-0.24%	-0.24%	-0.26%	-0.26%	0.91%	-0.42%	-0.14%	1.77%	1.02%	0.21%	-0.01%	-0.01%							
L 35 x 35 x 5	-0.09%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.10%	-0.30%	-0.30%	0.32%	0.03%	-0.20%	-0.11%	-0.11%	-0.28%	-0.28%	-0.04%	-0.04%	1.03%	-0.27%	-0.59%	1.17%	0.01%	0.21%	0.01%	0.01%							
L 40 x 40 x 4	0.14%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.04%	0.03%	0.03%	-0.21%	-0.26%	0.06%	-0.07%	-0.07%	0.38%	0.38%	-0.19%	-0.19%	1.58%	-0.63%	-0.81%	2.09%	0.71%	0.10%	-0.01%	-0.01%							
L 40 x 40 x 5	-0.14%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.04%	-0.17%	-0.17%	-0.20%	-0.32%	0.06%	0.06%	0.06%	0.26%	0.26%	-0.12%	-0.12%	1.26%	-0.43%	-0.46%	1.92%	0.81%	0.10%	0.01%	0.01%							
L 40 x 40 x 6	0.12%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.03%	-0.15%	-0.15%	0.02%	0.08%	0.06%	-0.07%	-0.07%	0.22%	0.22%	0.15%	0.15%	0.96%	-0.40%	-0.23%	1.55%	-0.06%	0.10%	-0.01%	-0.01%							
L 45 x 45 x 3	-0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	-0.10%	-0.34%	-0.34%	-0.26%	-0.30%	-0.06%	0.08%	0.08%	-0.01%	-0.01%	0.30%	0.30%	2.59%	-1.03%	-0.73%	3.85%	0.68%	0.01%	-0.01%	-0.01%							
L 45 x 45 x 4	-0.06%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	-0.07%	-0.37%	-0.37%	0.23%	-0.25%	-0.06%	-0.03%	-0.03%	0.22%	0.22%	0.02%	0.02%	2.00%	-0.76%	-0.80%	2.79%	0.74%	0.01%	0.00%	0.00%							
L 45 x 45 x 4.5	-0.05%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.20%	0.20%	0.10%	0.19%	-0.06%	0.03%	0.03%	-0.28%	-0.28%	-0.20%	-0.20%	1.74%	-0.63%	-0.59%	2.55%	1.12%	0.01%	0.00%	0.00%							
L 45 x 45 x 5	0.07%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	-0.06%	0.06%	0.06%	0.05%	-0.09%	-0.06%	-0.01%	-0.01%	0.00%	0.00%	-0.19%	-0.19%	1.50%	-0.56%	-0.42%	2.40%	0.49%	0.01%	-0.01%	-0.01%							
L 45 x 45 x 6	0.06%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	-0.05%	-0.07%	-0.07%	0.11%	-0.21%	-0.06%	-0.02%	-0.02%	-0.09%	-0.09%	-0.06%	-0.06%	1.38%	-0.45%	-0.73%	1.90%	0.66%	0.01%	-0.01%	-0.01%							
L 45 x 45 x 7	-0.05%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	-0.04%	-0.04%	-0.04%	-0.21%	0.13%	-0.06%	0.00%	0.00%	-0.14%	-0.14%	-0.08%	-0.08%	1.16%	-0.43%	-0.56%	1.60%	-0.12%	0.01%	0.01%	0.01%							
L 50 x 50 x 4	0.14%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	-0.07%	0.10%	0.10%	-0.07%	-0.11%	0.13%	-0.04%	-0.04%	0.11%	0.11%	-0.18%	-0.18%	1.61%	-0.55%	-0.80%	2.19%	0.22%	0.00%	0.01%	0.01%							
L 50 x 50 x 5	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	-0.05%	-0.26%	-0.26%	0.25%	0.05%	0.13%	-0.04%	-0.04%	-0.06%	-0.06%	0.04%	0.04%	1.26%	-0.43%	-0.43%	1.70%	0.02%	0.00%	0.01%	0.01%							
L 50 x 50 x 6	0.03%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	-0.05%	0.31%	0.31%	-0.21%	-0.04%	0.13%	0.00%	0.00%	-0.13%	-0.13%	-0.07%	-0.07%	1.01%	-0.38%	-0.15%	1.42%	0.19%	0.00%	0.00%	0.00%							
L 50 x 50 x 7	-0.03%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	-0.04%	0.31%	0.31%	-0.03%	-0.28%	0.13%	-0.01%	-0.01%	-0.14%	-0.14%	0.07%	0.07%	0.82%	-0.30%	-0.47%	1.29%	0.56%	0.00%	0.01%	0.01%							
L 50 x 50 x 8	0.02%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	-0.03%	-0.26%	-0.26%	0.22%	-0.06%	0.13%	-0.02%	-0.02%	-0.14%	-0.14%	-0.09%	-0.09%	0.74%	-0.28%	-0.34%	0.98%	0.01%	0.00%	0.01%	0.01%							
L 50 x 50 x 9	-0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	-0.03%	-0.09%	-0.09%	0.08%	0.07%	0.13%	-0.02%	-0.02%	-0.15%	-0.15%	0.09%	0.09%	0.64%	-0.25%	-0.28%	0.82%	0.56%	0.00%	0.00%	0.00%							
L 55 x 55 x 4	-0.07%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.03%	-0.11%	-0.11%	-0.06%	-0.26%	0.02%	0.00%	0.00%	0.07%	0.07%	0.03%	0.03%	2.03%	-0.75%	-0.82%	2.88%	0.49%	-0.06%	-0.01%	-0.01%							
L 55 x 55 x 5	0.12%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.02%	0.04%	0.04%	0.06%	0.09%	0.02%	-0.03%	-0.03%	-0.20%	-0.20%	0.09%	0.09%	1.61%	-0.58%	-0.44%	2.22%	0.92%	-0.06%	0.00%	0.00%							
L 55 x 55 x 6	-0.05%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.02%	-0.19%	-0.19%	-0.02%	0.14%	0.02%	0.02%	0.02%	0.28%	0.28%	-0.02%	-0.02%	1.32%	-0.48%	-0.62%	1.79%	0.88%	-0.06%	0.01%	0.01%							
L 60 x 60 x 4	0.10%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.03%	0.27%	0.27%	0.14%	-0.15%	-0.06%	0.03%	0.03%	-0.02%	-0.02%	-0.05%	-0.05%	1.56%	-0.60%	-0.40%	2.29%	0.92%	-0.06%	0.00%	0.00%							
L 60 x 60 x 5	0.05%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.02%	-0.22%	-0.22%	-0.19%	0.19%	-0.06%	0.00%	0.00%	-0.25%	-0.25%	0.08%	0.08%	1.25%	-0.47%	-0.47%	1.78%	0.49%	-0.06%	0.00%	0.00%							
L 60 x 60 x 6	-0.06%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.02%	0.15%	0.15%	0.15%	-0.22%	-0.06%	-0.01%	-0.01%	0.20%	0.20%	0.09%	0.09%	1.05%	-0.40%	-0.18%	1.47%	0.45%	-0.06%	0.01%	0.01%							

Tablo 3.2. (Devam) Eşit kollu köşebent tablosu kıyaslama

KESİT	ENKESİT ÖLÇÜLERİ						KESİT ALANI	EKSEN ÖLÇÜLERİ						STATİK DEĞERLER										YÜZEY ALANI				
	G	h	b	t	r _f	A		y _x	x _x	u _x	u _y	v	EKSEN x - x / y - y						EKSEN u - u				EKSEN v - v		A _x	A _y	A _z	
													I _x	I _y	i _x	i _y	w _x	w _y	I _{xy}	I _u	i _u	I _v	i _v					
L 60 x 60 x 7	-0,05%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,02%	0,06%	0,06%	0,20%	0,15%	-0,06%	0,00%	0,00%	0,17%	0,17%	0,01%	0,01%	0,50%	73,64%	48,74%	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ² x 10 ⁴	mm ² x 10 ⁴	mm x 10 ⁴	mm x 10 ⁴	-0,06%	-0,01%
L 60 x 60 x 8	0,04%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%	0,06%	0,06%	-0,07%	-0,05%	-0,06%	-0,01%	-0,01%	0,17%	0,17%	0,00%	0,00%	0,76%	73,49%	48,47%	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ² x 10 ⁴	mm ² x 10 ⁴	mm x 10 ⁴	mm x 10 ⁴	-0,06%	-0,01%
L 60 x 60 x 10	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,28%	0,24%	0,24%	0,00%	-0,19%	-0,06%	-0,01%	-0,01%	0,20%	0,20%	0,02%	0,02%	0,60%	72,99%	48,00%	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ² x 10 ⁴	mm ² x 10 ⁴	mm x 10 ⁴	mm x 10 ⁴	-0,06%	0,00%
L 63 x 63 x 5	0,05%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,05%	0,11%	0,11%	0,18%	0,17%	-0,11%	-0,01%	-0,01%	-0,08%	-0,08%	-0,07%	-0,07%	1,67%	73,43%	48,47%	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ² x 10 ⁴	mm ² x 10 ⁴	mm x 10 ⁴	mm x 10 ⁴	-0,11%	0,01%
L 63 x 63 x 6	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,04%	-0,23%	-0,23%	-0,02%	-0,10%	-0,11%	0,01%	0,01%	-0,25%	-0,25%	0,08%	0,08%	1,39%	73,56%	48,57%	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ² x 10 ⁴	mm ² x 10 ⁴	mm x 10 ⁴	mm x 10 ⁴	-0,11%	-0,01%
L 63 x 63 x 6,5	0,07%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	-0,06%	0,24%	0,24%	-0,05%	0,15%	-0,11%	-0,01%	-0,01%	-0,03%	-0,03%	-0,02%	-0,02%	1,27%	73,58%	48,70%	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ² x 10 ⁴	mm ² x 10 ⁴	mm x 10 ⁴	mm x 10 ⁴	-0,11%	0,00%
L 65 x 65 x 4	-0,12%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,06%	0,18%	0,18%	-0,17%	0,06%	0,08%	-0,01%	-0,01%	0,02%	0,02%	-0,05%	-0,05%	1,96%	73,15%	48,13%	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ² x 10 ⁴	mm ² x 10 ⁴	mm x 10 ⁴	mm x 10 ⁴	-0,11%	0,00%
L 65 x 65 x 5	-0,09%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,05%	0,13%	0,13%	0,17%	0,11%	0,08%	-0,02%	-0,02%	0,20%	0,20%	0,04%	0,04%	1,57%	73,47%	48,49%	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ² x 10 ⁴	mm ² x 10 ⁴	mm x 10 ⁴	mm x 10 ⁴	-0,11%	-0,01%
L 65 x 65 x 6	0,02%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,04%	-0,21%	-0,21%	-0,03%	-0,14%	0,08%	0,01%	0,01%	0,04%	0,04%	-0,08%	-0,08%	1,27%	73,61%	48,59%	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ² x 10 ⁴	mm ² x 10 ⁴	mm x 10 ⁴	mm x 10 ⁴	-0,11%	0,01%
L 65 x 65 x 7	0,04%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,04%	0,18%	0,18%	-0,06%	-0,13%	0,08%	-0,01%	-0,01%	-0,03%	-0,03%	-0,06%	-0,06%	1,11%	73,63%	48,63%	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ² x 10 ⁴	mm ² x 10 ⁴	mm x 10 ⁴	mm x 10 ⁴	-0,11%	-0,01%
L 65 x 65 x 8	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,03%	0,11%	0,11%	0,01%	0,19%	0,08%	0,00%	0,00%	-0,06%	-0,06%	0,02%	0,02%	0,95%	73,55%	48,63%	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ² x 10 ⁴	mm ² x 10 ⁴	mm x 10 ⁴	mm x 10 ⁴	-0,11%	0,01%
L 65 x 65 x 9	0,04%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,21%	0,12%	0,12%	0,15%	-0,01%	0,08%	0,00%	0,00%	-0,07%	-0,07%	0,03%	0,03%	0,86%	73,40%	48,36%	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ² x 10 ⁴	mm ² x 10 ⁴	mm x 10 ⁴	mm x 10 ⁴	-0,11%	0,01%
L 65 x 65 x 10	0,02%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,11%	0,19%	0,19%	-0,03%	0,17%	0,08%	-0,01%	-0,01%	-0,07%	-0,07%	-0,04%	-0,04%	0,74%	73,19%	48,26%	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ² x 10 ⁴	mm ² x 10 ⁴	mm x 10 ⁴	mm x 10 ⁴	-0,11%	0,01%
L 65 x 65 x 11	-0,43%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,17%	-0,21%	-0,21%	-0,15%	-0,14%	0,08%	0,00%	0,00%	-0,06%	-0,06%	0,01%	0,01%	0,69%	72,91%	47,90%	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ² x 10 ⁴	mm ² x 10 ⁴	mm x 10 ⁴	mm x 10 ⁴	-0,11%	0,01%
L 70 x 70 x 5	0,06%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,05%	-0,11%	-0,11%	-0,06%	0,19%	0,01%	0,01%	0,01%	0,12%	0,12%	-0,05%	-0,05%	1,30%	73,59%	48,53%	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ² x 10 ⁴	mm ² x 10 ⁴	mm x 10 ⁴	mm x 10 ⁴	-0,10%	0,00%
L 70 x 70 x 6	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,04%	0,10%	0,10%	0,12%	-0,03%	0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,02%	-0,02%	-0,03%	-0,03%	1,09%	73,72%	48,83%	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ² x 10 ⁴	mm ² x 10 ⁴	mm x 10 ⁴	mm x 10 ⁴	-0,10%	0,00%
L 70 x 70 x 7	0,05%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,03%	-0,07%	-0,07%	0,08%	-0,02%	0,01%	0,01%	0,01%	-0,08%	-0,08%	-0,02%	-0,02%	0,92%	73,75%	48,69%	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ² x 10 ⁴	mm ² x 10 ⁴	mm x 10 ⁴	mm x 10 ⁴	-0,10%	0,00%
L 70 x 70 x 8	-0,05%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,31%	0,21%	0,21%	0,12%	-0,07%	0,01%	0,01%	0,01%	-0,24%	-0,24%	-0,04%	-0,04%	1,16%	73,55%	48,54%	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ² x 10 ⁴	mm ² x 10 ⁴	mm x 10 ⁴	mm x 10 ⁴	-0,15%	-0,01%
L 70 x 70 x 9	-0,04%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,19%	-0,12%	-0,12%	-0,09%	0,12%	0,01%	0,01%	0,01%	-0,09%	-0,09%	-0,04%	-0,04%	0,71%	73,58%	48,67%	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ² x 10 ⁴	mm ² x 10 ⁴	mm x 10 ⁴	mm x 10 ⁴	-0,10%	-0,01%
L 70 x 70 x 10	0,26%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,10%	-0,07%	-0,07%	0,08%	-0,11%	0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,07%	-0,07%	-0,02%	-0,02%	0,63%	73,41%	48,41%	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ² x 10 ⁴	mm ² x 10 ⁴	mm x 10 ⁴	mm x 10 ⁴	-0,10%	-0,01%
L 75 x 75 x 4	-0,06%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,05%	0,25%	0,25%	-0,18%	-0,18%	-0,06%	0,00%	0,00%	-0,12%	-0,12%	0,03%	0,03%	1,40%	73,39%	48,41%	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ² x 10 ⁴	mm ² x 10 ⁴	mm x 10 ⁴	mm x 10 ⁴	-0,09%	0,00%
L 75 x 75 x 5	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,04%	0,18%	0,18%	0,09%	-0,12%	-0,06%	-0,01%	-0,01%	0,05%	0,05%	0,03%	0,03%	1,14%	73,68%	48,74%	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ² x 10 ⁴	mm ² x 10 ⁴	mm x 10 ⁴	mm x 10 ⁴	-0,09%	0,01%
L 75 x 75 x 6	-0,01%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,04%	-0,13%	-0,13%	-0,10%	0,06%	-0,06%	0,00%	0,00%	-0,07%	-0,07%	-0,04%	-0,04%	0,94%	73,82%	48,85%	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ² x 10 ⁴	mm ² x 10 ⁴	mm x 10 ⁴	mm x 10 ⁴	-0,09%	-0,01%
L 75 x 75 x 7	0,05%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,03%	0,19%	0,19%	-0,14%	0,08%	-0,06%	0,00%	0,00%	-0,12%	-0,12%	0,05%	0,05%	0,78%	73,85%	48,91%	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ² x 10 ⁴	mm ² x 10 ⁴	mm x 10 ⁴	mm x 10 ⁴	-0,09%	0,01%
L 75 x 75 x 8	0,05%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	-0,41%	0,12%	0,12%	-0,09%	0,00%	-0,06%	0,00%	0,00%	-0,12%	-0,12%	0,04%	0,04%	0,69%	73,82%	48,76%	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ² x 10 ⁴	mm ² x 10 ⁴	mm x 10 ⁴	mm x 10 ⁴	-0,09%	0,01%
L 75 x 75 x 9	-0,30%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,18%	0,12%	0,12%	0,02%	-0,15%	-0,06%	0,00%	0,00%	-0,11%	-0,11%	0,03%	0,03%	0,59%	73,73%	48,75%	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ² x 10 ⁴	mm ² x 10 ⁴	mm x 10 ⁴	mm x 10 ⁴	-0,09%	0,00%
L 75 x 75 x 10	0,38%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,09%	0,16%	0,16%	-0,15%	0,02%	-0,06%	0,00%	0,00%	-0,08%	-0,08%	0,01%	0,01%	0,53%	73,59%	48,52%	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ² x 10 ⁴	mm ² x 10 ⁴	mm x 10 ⁴	mm x 10 ⁴	-0,09%	0,00%

Tablo 3.3. Farklı kollu köşebent tablosu

KESİT		ENKESİT ÖLÇÜLERİ						KESİT ALANI						EKSEN ÖLÇÜLERİ										STATİK DEĞERLER										EKSEN x - y - y						EKSEN v - v						VÜZEY ALANI																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
		G	h	b	t	r ₁	r ₂	A	y _s	x _s	u ₁	u ₂	u ₃	v ₁	v ₂	I _x	I _y	I _{xy}	i _x	i _y	W _x	W _y	I _{xx}	I _{yy}	I _{xy}	i _{xx}	i _{yy}	i _{xy}	I _x	I _y	I _{xy}	A _x	A _y	A _{xy}																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
L 100 x 65 x 7	8,766	100	65	7	10	5	11,167	3,229	1,512	2,630	3,492	1,681	6,836	4,888	126,795	37,579	3,174	1,834	-37,302	16,615	7,535	127,905	5,861,938	3,384	22,937	1,409	0,321	0,037																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											

Tablo 3.4. Farklı kollu köşebent tablosu Kıyaslama

KESİT	ENKESİT ÖLÇÜLERİ										KESİT ALANI		EKSAN ÖLÇÜLERİ										STATİK DEĞERLER										EKSEN v-x-y				YÜZEY ALANI			
	G	h	b	t	r ₁	r ₂	A	γ _x	γ _y	x ₁	x ₂	u ₁	u ₂	u ₃	v ₁	v ₂	I _x	I _y	I _{xy}	I _x	I _y	I _{xy}	W _x	W _y	I _x	I _y	I _{xy}	I _x	I _y	I _{xy}	A _x	A _y	A _{xy}							
	kg/m	mm	mm	mm	mm	mm	mm² x 10³	mm x 10	mm x 10	mm x 10	mm x 10	mm x 10	mm x 10	mm x 10	mm x 10	mm x 10	mm x 10	mm⁴ x 10⁴	mm⁴ x 10⁴	mm⁴ x 10⁴	mm⁴ x 10⁴	mm⁴ x 10⁴	mm⁴ x 10⁴	mm³ x 10³	mm³ x 10³	mm⁴ x 10⁴	mm⁴ x 10⁴	mm⁴ x 10⁴	mm⁴ x 10⁴	mm⁴ x 10⁴	mm³ x 10³	mm³ x 10³	mm³ x 10³	m²	m²	m²				
L 100 x 65 x 7	0,04%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,29%	0,04%	-0,16%	0,36%	-1,50%	-1,25%	-0,09%	0,34%	0,00%	-0,13%	-0,24%	1,06%	-0,03%	-0,06%	0,23%	0,17%	-1,30%	-0,65%	-0,13%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%			
L 100 x 65 x 8	-0,04%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,26%	-0,13%	-0,25%	0,22%	-1,39%	-1,34%	-0,01%	0,17%	0,00%	-0,01%	-0,12%	1,01%	-0,01%	0,02%	0,21%	0,22%	-1,13%	-0,22%	-0,13%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%			
L 100 x 65 x 9	-0,05%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	-0,34%	0,07%	-0,27%	0,18%	-1,38%	-1,39%	-0,10%	0,15%	-0,03%	-0,09%	0,18%	0,84%	0,02%	0,01%	0,19%	0,01%	-0,98%	-0,56%	-0,13%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%			
L 100 x 65 x 10	0,39%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	-0,05%	0,01%	-0,23%	0,23%	-1,44%	-1,41%	-0,07%	0,17%	-0,03%	-0,05%	0,14%	0,77%	0,01%	0,03%	0,15%	0,12%	-0,87%	-0,23%	-0,13%	-0,02%	-0,02%	-0,02%	-0,02%	-0,02%	-0,02%	-0,02%	-0,02%	-0,02%	-0,02%	-0,02%	-0,02%			
L 100 x 65 x 12	0,02%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,18%	-0,01%	-0,04%	0,14%	-1,43%	-1,41%	-0,04%	0,09%	-0,01%	0,00%	0,04%	0,67%	-0,01%	-0,03%	0,10%	0,09%	-0,72%	-0,44%	-0,13%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%			
L 110 x 70 x 10	-0,22%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	-0,04%	-0,01%	0,27%	0,26%	-1,23%	-1,87%	0,02%	0,09%	-0,01%	0,00%	0,13%	0,64%	0,01%	-0,02%	0,14%	0,01%	-0,72%	-0,42%	-0,12%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%			
L 110 x 70 x 12	-0,06%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,16%	-0,04%	-0,15%	0,18%	-1,16%	-1,91%	-0,06%	0,17%	0,01%	0,00%	-0,05%	0,44%	-0,01%	0,02%	0,10%	-0,01%	-0,57%	-0,54%	-0,12%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%			
L 120 x 80 x 8	0,33%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,07%	-0,06%	0,23%	0,29%	-1,18%	-0,97%	-0,04%	0,12%	0,02%	0,00%	0,08%	0,80%	0,01%	0,03%	0,17%	0,16%	-0,99%	-0,52%	0,11%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%		
L 120 x 80 x 10	-0,11%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	-0,16%	-0,01%	0,13%	0,11%	-1,15%	-1,00%	0,03%	0,09%	-0,01%	0,00%	0,13%	0,59%	-0,01%	0,00%	0,12%	0,04%	-0,77%	-0,39%	0,11%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%		
L 120 x 80 x 12	-0,06%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,04%	-0,08%	0,20%	0,17%	-1,10%	-1,42%	-0,08%	0,01%	-0,03%	-0,05%	-0,21%	0,53%	0,00%	0,01%	0,11%	0,01%	-0,64%	-0,40%	0,11%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%		
L 130 x 90 x 10	0,08%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,33%	-0,03%	0,18%	0,13%	-0,60%	-0,19%	-0,01%	0,16%	0,37%	0,09%	0,16%	0,82%	0,29%	0,42%	0,40%	0,06%	-0,25%	-0,38%	0,10%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%		
L 130 x 90 x 12	0,02%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,04%	-0,10%	-0,22%	-0,14%	-1,05%	-1,68%	0,08%	-0,01%	-0,16%	-0,34%	-0,16%	0,14%	-0,25%	-0,36%	-0,10%	-0,19%	-0,79%	-0,32%	-0,13%	-0,28%	-0,28%	-0,28%	-0,28%	-0,28%	-0,28%	-0,28%	-0,28%	-0,28%	-0,28%	-0,28%	-0,28%	-0,28%		
L 130 x 90 x 14	0,26%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,10%	0,15%	-0,07%	0,23%	-0,53%	-0,36%	-0,08%	0,14%	0,19%	0,24%	0,24%	0,53%	0,22%	0,31%	0,27%	0,04%	-0,18%	0,15%	0,10%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%		
L 140 x 90 x 8	-0,31%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,06%	-0,03%	0,11%	0,00%	-1,11%	-1,47%	-0,07%	0,14%	0,00%	-0,04%	0,09%	0,55%	0,00%	0,00%	0,11%	-0,01%	-0,73%	-0,49%	0,10%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%		
L 140 x 90 x 10	0,16%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	-0,13%	-0,01%	0,01%	0,14%	-1,00%	-1,57%	0,02%	0,07%	0,00%	-0,08%	-0,06%	0,50%	0,01%	0,00%	0,10%	0,11%	-0,57%	-0,31%	0,10%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%		
L 140 x 90 x 12	-0,18%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,04%	-0,09%	0,05%	0,20%	-1,08%	-1,60%	-0,04%	0,10%	0,01%	0,01%	-0,03%	0,38%	0,00%	0,00%	0,08%	0,09%	-0,47%	-0,23%	0,10%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%			
L 140 x 90 x 14	-0,17%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,10%	-0,10%	0,18%	0,14%	-1,07%	-1,59%	-0,02%	0,04%	-0,01%	-0,11%	0,01%	0,35%	0,01%	0,02%	0,07%	0,10%	-0,35%	-0,25%	0,10%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%		
L 150 x 90 x 10	0,13%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,20%	0,08%	0,20%	0,09%	-1,26%	-2,00%	-0,03%	0,17%	-0,01%	0,02%	0,03%	0,60%	0,00%	0,02%	0,11%	-0,02%	-0,70%	-0,28%	0,06%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%		
L 150 x 90 x 11	0,02%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	-0,18%	0,01%	0,18%	0,11%	-1,40%	-2,11%	-0,06%	0,12%	-0,01%	0,03%	0,07%	0,52%	-0,01%	-0,02%	0,10%	0,06%	-0,63%	-0,48%	0,06%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%			
L 150 x 90 x 12	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	-0,05%	-0,05%	0,19%	0,17%	-1,37%	-2,20%	-0,01%	0,09%	0,00%	-0,10%	-0,08%	0,51%	0,00%	0,00%	0,08%	0,14%	-0,53%	-0,19%	0,06%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%		
L 150 x 100 x 10	0,20%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,19%	0,01%	-0,07%	0,15%	-0,90%	-1,04%	-0,04%	0,04%	0,00%	0,01%	-0,06%	0,12%	0,52%	0,00%	0,11%	0,12%	-0,62%	-0,34%	0,06%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%		
L 150 x 100 x 12	-0,18%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	-0,05%	0,10%	-0,08%	0,09%	-0,97%	-1,03%	-0,01%	0,06%	-0,01%	0,01%	0,00%	0,44%	0,00%	-0,01%	0,10%	0,08%	-0,49%	-0,22%	0,06%	-0,02%	-0,02%	-0,02%	-0,02%	-0,02%	-0,02%	-0,02%	-0,02%	-0,02%	-0,02%	-0,02%	-0,02%	-0,02%		
L 150 x 100 x 14	0,16%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,02%	0,07%	0,00%	0,17%	-0,97%	-1,35%	-0,01%	0,02%	0,00%	0,01%	0,09%	0,37%	0,00%	0,01%	0,07%	0,08%	-0,40%	-0,19%	0,06%	-0,02%	-0,02%	-0,02%	-0,02%	-0,02%	-0,02%	-0,02%	-0,02%	-0,02%	-0,02%	-0,02%	-0,02%	-0,02%		
L 200 x 100 x 10	0,20%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	-0,14%	0,00%	-0,14%	0,36%	-1,92%	-3,97%	-0,02%	0,10%	0,03%	-0,02%	0,07%	0,88%	0,00%	-0,02%	0,06%	0,00%	-0,90%	-0,67%	0,02%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%		
L 200 x 100 x 12	-0,07%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,04%	0,16%	0,36%	-1,98%	-3,65%	-0,01%	0,13%	0,00%	-0,04%	0,18%	0,73%	-0,01%	0,00%	0,09%	0,07%	-0,73%	-0,56%	-0,02%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%			
L 200 x 100 x 14	-0,07%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,05%	0,03%	0,10%	0,30%	-2,01%	-3,70%	-0,04%	0,04%	-0,01%	-0,02%	0,03%	0,11%	0,63%	0,00%	0,03%	0,08%	-0,64%	-0,50%	-0,02%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%		
L 200 x 100 x 15	-0,14%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,02%	-0,02%	0,09%	0,19%	-1,89%	-3,93%	-0,03%	0,07%	-0,03%	0,00%	0,07%	0,99%	0,58%	0,02%	0,01%	0,09%	0,10%	-0,58%	-0,26%	-0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%		
L 200 x 100 x 16	0,11%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,04%	-0,06%	0,11%	0,12%	-1,96%	-3,68%	-0,03%	0,11%	0,00%	-0,04%	0,06%	0,55%	-0,03%	0,00%	0,04%	0,02%	-0,57%	-0,51%	-0,02%	-0,02%	-0,02%	-0,02%	-0,02%	-0,02%										

3.2.3. Sırt Sırt Eşit ve Farklı Kollu Köşebent Tabloları

Hesabı yapılan eşit kollu ve farklı kollu köşebentler aralarında “s” mesafesi kalacak şekilde sırt sırta birleştirilmiştir. Eşit kollu sırt sırta köşebent olarak 2L30x30x3 ve farklı kollu sırt sırta köşebent olarak 2L100x65x7 profilleri için enkesit özellikleri el ile tek tek hesaplanmıştır. El ile yapılan hesaplamalarda “s” mesafesi 8 mm olarak alınmıştır, ancak elektronik tablolara hesaplar aktarılırken, 8 mm, 10 mm, 12 mm ve 14 mm olmak üzere dört farklı mesafeye göre hesaplamalar yapılmıştır. Sırt sırta eşit kollu köşebentler için yapılan hesaplamalar Tablo 3.5’de, sırt sırta farklı kollu köşebentler için yapılan hesaplamalar ise tablo 3.6’da gösterilmiştir.

3.2.4. Kare ve Dikdörtgen Profil Tabloları

Dikdörtgen kutu profiller için 40x60x3 profili ve kare profiller için 40x40x3 profili seçilerek bu profillere ait enkesit özellikleri el ile tek tek hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar elektronik tablolara işlenerek kare ve dikdörtgen kutu profillerin genelini kapsayan enkesit tabloları oluşturulmuştur. Kare kutu profiller için oluşturulan enkesit tabloları Tablo 3.7’de gösterilmiştir. Yapılan hesapların doğruluğundan emin olmak için bulunan değerler ders notu olarak yayınlanan profil kataloğu (Korashy, 2001) ile karşılaştırılmış ve yapılan hesaplamalarda elde edilen değerlerin kataloğa göre farklılık yüzdeleri hesaplanmıştır. Hesaplanan farklılık yüzdeleri Tablo 3.8’de gösterilmiştir. Farklılık yüzdeleri tablosunda kıyaslanan enkesit özelliklerindeki değerler incelendiğinde, bulunan maksimum farklılık yüzdesinin kesitin atalet momenti değerinde %3,8 olduğu görülmüştür. Tablo 3.8’deki kıyaslama tablosunda bulunan farklılık yüzdeleri genellikle %1’den büyüktür.

Dikdörtgen kutu profiller için oluşturulan enkesit tabloları ise Tablo 3.9’da gösterilmiştir. Dikdörtgen kutu profillerin en kesit özellikleri, kare kutu profiller ile aynı şekilde hesaplanmaktadır. Kare kutu profilden farklı olarak dikdörtgen kutu profillerin yüksekliği genişliğinden büyük olur. Bu profiller daha çok yapılarda kiriş elemanı olarak kullanılmaktadır. Kare kutu profiller ise daha çok yapılarda kolon elemanı olarak tercih edilmektedir.

Tablo 3.5. Sırt Sırta Eğitim kollu köşebent tablosu

KESİT	ENKESİT ÖLÇÜLERİ							KESİT ALANI		EKSEN ÖLÇÜLERİ				STATİK DEĞERLER					EKSEN y - y		
	G	h	b	t	r ₁	r ₂	A	I _x	I _y	W _{ex}	W _{ey}	s	I _x	I _y	W _{ex}	W _{ey}	s	I _x	I _y	W _{ex}	W _{ey}
2L 30 x 30 x 3	2,727	30	30	3	5,00	2,5	3,47	0,835	0,000	0,000	0,000	8	8,11	1,53	1,30	1,53	8	8,11	1,53	1,30	1,53
	2,727	30	30	3	5,00	2,5	3,47	0,835	0,000	0,000	0,000	10	9,00	1,61	1,30	1,61	10	9,00	1,61	1,30	1,61
	2,727	30	30	3	5,00	2,5	3,47	0,835	0,000	0,000	0,000	12	9,97	1,69	1,30	1,69	12	9,97	1,69	1,30	1,69
	2,727	30	30	3	5,00	2,5	3,47	0,835	0,000	0,000	0,000	14	11,00	1,78	1,30	1,78	14	11,00	1,78	1,30	1,78
2L 35 x 35 x 4	4,187	35	35	4	5,00	2,5	5,33	1,003	0,000	0,000	0,000	8	16,41	1,75	2,37	1,75	8	16,41	1,75	2,37	1,75
	4,187	35	35	4	5,00	2,5	5,33	1,003	0,000	0,000	0,000	10	17,96	1,83	2,37	1,83	10	17,96	1,83	2,37	1,83
	4,187	35	35	4	5,00	2,5	5,33	1,003	0,000	0,000	0,000	12	19,61	1,92	2,37	1,92	12	19,61	1,92	2,37	1,92
	4,187	35	35	4	5,00	2,5	5,33	1,003	0,000	0,000	0,000	14	21,38	2,00	2,37	2,00	14	21,38	2,00	2,37	2,00
2L 40 x 40 x 5	5,948	40	40	5	6,00	3,0	7,58	1,162	0,000	0,000	0,000	8	29,34	1,97	3,82	1,97	8	29,34	1,97	3,82	1,97
	5,948	40	40	5	6,00	3,0	7,58	1,162	0,000	0,000	0,000	10	31,78	2,05	3,82	2,05	10	31,78	2,05	3,82	2,05
	5,948	40	40	5	6,00	3,0	7,58	1,162	0,000	0,000	0,000	12	34,38	2,13	3,82	2,13	12	34,38	2,13	3,82	2,13
	5,948	40	40	5	6,00	3,0	7,58	1,162	0,000	0,000	0,000	14	37,12	2,21	3,82	2,21	14	37,12	2,21	3,82	2,21
2L 45 x 45 x 6	7,995	45	45	6	7,00	3,5	10,19	1,321	0,000	0,000	0,000	8	48,48	2,18	5,76	2,18	8	48,48	2,18	5,76	2,18
	7,995	45	45	6	7,00	3,5	10,19	1,321	0,000	0,000	0,000	10	52,09	2,26	5,76	2,26	10	52,09	2,26	5,76	2,26
	7,995	45	45	6	7,00	3,5	10,19	1,321	0,000	0,000	0,000	12	55,90	2,34	5,76	2,34	12	55,90	2,34	5,76	2,34
	7,995	45	45	6	7,00	3,5	10,19	1,321	0,000	0,000	0,000	14	59,92	2,43	5,76	2,43	14	59,92	2,43	5,76	2,43
2L 50 x 50 x 7	10,303	50	50	7	7,00	3,5	13,13	1,485	0,000	0,000	0,000	8	75,88	2,40	8,31	2,40	8	75,88	2,40	8,31	2,40
	10,303	50	50	7	7,00	3,5	13,13	1,485	0,000	0,000	0,000	10	80,96	2,48	8,31	2,48	10	80,96	2,48	8,31	2,48
	10,303	50	50	7	7,00	3,5	13,13	1,485	0,000	0,000	0,000	12	86,30	2,56	8,31	2,56	12	86,30	2,56	8,31	2,56
	10,303	50	50	7	7,00	3,5	13,13	1,485	0,000	0,000	0,000	14	91,91	2,65	8,31	2,65	14	91,91	2,65	8,31	2,65
2L 55 x 55 x 6	9,905	55	55	6	8,00	4,0	12,62	1,563	0,000	0,000	0,000	8	83,20	2,57	8,78	2,57	8	83,20	2,57	8,78	2,57
	9,905	55	55	6	8,00	4,0	12,62	1,563	0,000	0,000	0,000	10	88,27	2,65	8,78	2,65	10	88,27	2,65	8,78	2,65
	9,905	55	55	6	8,00	4,0	12,62	1,563	0,000	0,000	0,000	12	93,61	2,72	8,78	2,72	12	93,61	2,72	8,78	2,72
	9,905	55	55	6	8,00	4,0	12,62	1,563	0,000	0,000	0,000	14	99,19	2,80	8,78	2,80	14	99,19	2,80	8,78	2,80
2L 60 x 60 x 10	17,378	60	60	10	8,00	4,0	22,14	1,846	0,000	0,000	0,000	8	181,49	2,86	16,82	2,86	8	181,49	2,86	16,82	2,86
	17,378	60	60	10	8,00	4,0	22,14	1,846	0,000	0,000	0,000	10	191,65	2,94	16,82	2,94	10	191,65	2,94	16,82	2,94
	17,378	60	60	10	8,00	4,0	22,14	1,846	0,000	0,000	0,000	12	202,26	3,02	16,82	3,02	12	202,26	3,02	16,82	3,02
	17,378	60	60	10	8,00	4,0	22,14	1,846	0,000	0,000	0,000	14	213,31	3,10	16,82	3,10	14	213,31	3,10	16,82	3,10
2L 65 x 65 x 9	17,234	65	65	9	9,00	4,5	21,95	1,928	0,000	0,000	0,000	8	201,68	3,03	18,10	3,03	8	201,68	3,03	18,10	3,03
	17,234	65	65	9	9,00	4,5	21,95	1,928	0,000	0,000	0,000	10	212,12	3,11	18,10	3,11	10	212,12	3,11	18,10	3,11
	17,234	65	65	9	9,00	4,5	21,95	1,928	0,000	0,000	0,000	12	223,00	3,19	18,10	3,19	12	223,00	3,19	18,10	3,19
	17,234	65	65	9	9,00	4,5	21,95	1,928	0,000	0,000	0,000	14	234,31	3,27	18,10	3,27	14	234,31	3,27	18,10	3,27
2L 70 x 70 x 9	18,647	70	70	9	9,00	4,5	23,75	2,052	0,000	0,000	0,000	8	247,81	3,23	21,21	3,23	8	247,81	3,23	21,21	3,23
	18,647	70	70	9	9,00	4,5	23,75	2,052	0,000	0,000	0,000	10	259,69	3,31	21,21	3,31	10	259,69	3,31	21,21	3,31
	18,647	70	70	9	9,00	4,5	23,75	2,052	0,000	0,000	0,000	12	272,06	3,38	21,21	3,38	12	272,06	3,38	21,21	3,38
	18,647	70	70	9	9,00	4,5	23,75	2,052	0,000	0,000	0,000	14	284,90	3,46	21,21	3,46	14	284,90	3,46	21,21	3,46
2L 75 x 75 x 10	22,116	75	75	10	9,00	4,5	28,17	2,216	0,000	0,000	0,000	8	335,73	3,45	27,04	3,45	8	335,73	3,45	27,04	3,45
	22,116	75	75	10	9,00	4,5	28,17	2,216	0,000	0,000	0,000	10	350,75	3,53	27,04	3,53	10	350,75	3,53	27,04	3,53
	22,116	75	75	10	9,00	4,5	28,17	2,216	0,000	0,000	0,000	12	366,34	3,61	27,04	3,61	12	366,34	3,61	27,04	3,61
	22,116	75	75	10	9,00	4,5	28,17	2,216	0,000	0,000	0,000	14	382,49	3,68	27,04	3,68	14	382,49	3,68	27,04	3,68
2L 80 x 80 x 10	23,718	80	80	10	10,00	5,0	30,21	2,336	0,000	0,000	0,000	8	401,20	3,64	30,90	3,64	8	401,20	3,64	30,90	3,64
	23,718	80	80	10	10,00	5,0	30,21	2,336	0,000	0,000	0,000	10	418,03	3,72	30,90	3,72	10	418,03	3,72	30,90	3,72
	23,718	80	80	10	10,00	5,0	30,21	2,336	0,000	0,000	0,000	12	435,47	3,80	30,90	3,80	12	435,47	3,80	30,90	3,80
	23,718	80	80	10	10,00	5,0	30,21	2,336	0,000	0,000	0,000	14	453,52	3,87	30,90	3,87	14	453,52	3,87	30,90	3,87

Tablo 3.5. (Devam) Sirt Sirta Eşit kollu köşebent tablosu

KESİT	ENKESİT ÖLÇÜLERİ							KESİT ALANI	EKSEN ÖLÇÜLERİ				STATİK DEĞERLER					
	EKSEN x - x								EKSEN y - y				s	I _y	i _y	W _{ey}		
	G	h	b	t	r ₁	r ₂	A		z _x	y _s	I _x	i _x					W _{ex}	
	kg/m	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	cm	cm	cm	cm ⁴	mm x 10	mm ³ x 10 ³	mm	cm ⁴	mm x 10	mm ³ x 10 ³	
2L 90 x 90 x 11	29,390	90	90	11	11,00	5,5	37,44	2,620	0,000	0,000	275,28	2,71	43,15	8	616,67	4,06	96,65	
	29,390	90	90	11	11,00	5,5	37,44	2,620	0,000	0,000	275,28	2,71	43,15	10	639,65	4,13	100,25	
	29,390	90	90	11	11,00	5,5	37,44	2,620	0,000	0,000	275,28	2,71	43,15	12	663,39	4,21	103,97	
	29,390	90	90	11	11,00	5,5	37,44	2,620	0,000	0,000	275,28	2,71	43,15	14	687,87	4,29	107,81	
2L 100 x 100 x 14	41,051	100	100	14	10,00	5,0	52,29	2,990	0,000	0,000	472,07	3,00	67,34	8	1072,99	4,53	153,06	
	41,019	100	100	14	9,00	4,5	52,25	2,994	0,000	0,000	472,95	3,01	67,50	10	1110,80	4,61	158,55	
	41,019	100	100	14	9,00	4,5	52,25	2,994	0,000	0,000	472,95	3,01	67,50	12	1147,84	4,69	163,83	
	41,019	100	100	14	9,00	4,5	52,25	2,994	0,000	0,000	472,95	3,01	67,50	14	1185,92	4,76	169,27	
2L 110 x 110 x 14	45,564	110	110	14	13,00	6,5	58,04	3,226	0,000	0,000	636,23	3,31	81,84	8	1399,37	4,91	180,01	
	45,564	110	110	14	13,00	6,5	58,04	3,226	0,000	0,000	636,23	3,31	81,84	10	1442,04	4,98	185,50	
	45,564	110	110	14	13,00	6,5	58,04	3,226	0,000	0,000	636,23	3,31	81,84	12	1485,88	5,06	191,13	
	45,564	110	110	14	13,00	6,5	58,04	3,226	0,000	0,000	636,23	3,31	81,84	14	1530,87	5,14	196,92	
2L 120 x 120 x 15	53,272	120	120	15	13,00	6,5	67,86	3,515	0,000	0,000	889,78	3,62	104,86	8	1929,85	5,33	227,44	
	53,272	120	120	15	13,00	6,5	67,86	3,515	0,000	0,000	889,78	3,62	104,86	10	1983,66	5,41	233,78	
	53,272	120	120	15	13,00	6,5	67,86	3,515	1,000	889,78	889,78	3,62	104,86	12	2038,83	5,48	240,28	
	53,272	120	120	15	13,00	6,5	67,86	3,515	2,000	889,78	889,78	3,62	104,86	14	2095,36	5,56	246,95	
2L 130 x 130 x 16	61,623	130	130	16	14,00	7,0	78,50	3,799	3,000	1209,91	1209,91	3,93	131,49	8	2593,70	5,75	281,88	
	61,623	130	130	16	14,00	7,0	78,50	3,799	4,000	1209,91	1209,91	3,93	131,49	10	2660,41	5,82	289,13	
	61,623	130	130	16	14,00	7,0	78,50	3,799	5,000	1209,91	1209,91	3,93	131,49	12	2728,68	5,90	296,55	
	61,623	130	130	16	14,00	7,0	78,50	3,799	6,000	1209,91	1209,91	3,93	131,49	14	2798,52	5,97	304,14	
2L 140 x 140 x 15	62,787	140	140	15	15,00	7,5	79,98	4,004	7,000	1446,66	1446,66	4,25	144,72	8	2997,81	6,12	299,89	
	62,787	140	140	15	15,00	7,5	79,98	4,004	8,000	1446,66	1446,66	4,25	144,72	10	3069,05	6,19	307,02	
	62,787	140	140	15	15,00	7,5	79,98	4,004	9,000	1446,66	1446,66	4,25	144,72	12	3141,90	6,27	314,31	
	62,787	140	140	15	15,00	7,5	79,98	4,004	10,000	1446,66	1446,66	4,25	144,72	14	3216,34	6,34	321,76	
2L 150 x 150 x 16	71,772	150	150	16	16,00	8,0	91,43	4,287	11,000	1899,37	1899,37	4,56	177,30	8	3908,21	6,54	364,82	
	45,396	120	75	16	16,00	8,0	57,83	4,220	12,000	795,01	795,01	3,71	242,35	10	598,25	3,22	76,89	
	45,396	120	75	16	16,00	8,0	57,83	4,220	13,000	795,01	795,01	3,71	242,35	12	627,88	3,30	80,70	
	45,396	120	75	16	16,00	8,0	57,83	4,220	14,000	795,01	795,01	3,71	242,35	14	658,68	3,37	84,66	
2L 160 x 160 x 19	90,275	160	160	19	17,00	8,5	115,00	4,650	15,000	2694,80	2694,80	4,84	237,42	8	5627,04	7,00	495,75	
	90,275	160	160	19	17,00	8,5	115,00	4,650	16,000	2694,80	2694,80	4,84	237,42	10	5744,32	7,07	506,09	
	90,275	160	160	19	17,00	8,5	115,00	4,650	17,000	2694,80	2694,80	4,84	237,42	12	5863,91	7,14	516,62	
	90,275	160	160	19	17,00	8,5	115,00	4,650	18,000	2694,80	2694,80	4,84	237,42	14	5985,80	7,21	527,36	
2L 180 x 180 x 20	107,306	180	180	20	18,00	9,0	136,70	5,183	19,000	4085,75	4085,75	5,47	318,78	8	8346,93	7,81	651,25	
	107,306	180	180	20	18,00	9,0	136,70	5,183	20,000	4085,75	4085,75	5,47	318,78	10	8500,93	7,89	663,27	
	107,306	180	180	20	18,00	9,0	136,70	5,183	21,000	4085,75	4085,75	5,47	318,78	12	8657,68	7,96	675,50	
	107,306	180	180	20	18,00	9,0	136,70	5,183	22,000	4085,75	4085,75	5,47	318,78	14	8817,15	8,03	687,94	
2L 200 x 200 x 24	142,223	200	200	24	18,00	9,0	181,18	5,838	23,000	6661,33	6661,33	6,06	470,35	8	13710,39	8,70	968,08	
	142,223	200	200	24	18,00	9,0	181,18	5,838	24,000	6661,33	6661,33	6,06	470,35	10	13938,22	8,77	984,17	
	142,223	200	200	24	18,00	9,0	181,18	5,838	25,000	6661,33	6661,33	6,06	470,35	12	14169,67	8,84	1000,51	
	142,223	200	200	24	18,00	9,0	181,18	5,838	26,000	6661,33	6661,33	6,06	470,35	14	14404,75	8,92	1017,11	

Tablo 3.6. Sırt Sırta Farklı kollu köşebent tablosu

KESİT	ENKESİT ÖLÇÜLERİ							KESİT ALANI	EKSEN ÖLÇÜLERİ				STATİK DEĞERLER					
	G	h	b	t	r ₁	r ₂	A		z _x	y _s	EKSEN x - x			s	EKSEN y - y			
											I _x	i _x	W _{ex}		I _y	i _y	W _{ey}	
	kg/m	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	cm	cm	cm	cm ⁴	mm x 10	mm ³ x 10 ³	mm	cm ⁴	mm x 10	mm ³ x 10 ³	
2L 30 x 45 x 3	3,43	30	45	3	5	2,5	4,37	0,69	0,00	0,00	3,15	0,85	1,37	8,00	23,45	2,32	5,21	
	3,43	30	45	3	5	2,5	4,37	0,69	0,00	0,00	3,15	0,85	1,37	10,00	25,09	2,40	5,58	
	3,43	30	45	3	5	2,5	4,37	0,69	0,00	0,00	3,15	0,85	1,37	12,00	26,82	2,48	5,96	
	3,43	30	45	3	5	2,5	4,37	0,69	0,00	0,00	3,15	0,85	1,37	14,00	28,64	2,56	6,36	
2L 30 x 60 x 5	6,73	30	60	5	6	3,0	8,58	0,68	0,00	0,00	5,20	0,78	2,24	8,00	87,06	3,19	14,51	
	6,73	30	60	5	6	3,0	8,58	0,68	0,00	0,00	5,20	0,78	2,24	10,00	91,53	3,27	15,25	
	6,73	30	60	5	6	3,0	8,58	0,68	0,00	0,00	5,20	0,78	2,24	12,00	96,17	3,35	16,03	
	6,73	30	60	5	6	3,0	8,58	0,68	0,00	0,00	5,20	0,78	2,24	14,00	100,98	3,43	16,83	
2L 40 x 60 x 5	7,52	40	60	5	6	3,0	9,58	0,97	0,00	0,00	12,21	1,13	4,03	8,00	87,50	3,02	14,58	
	7,52	40	60	5	6	3,0	9,58	0,97	0,00	0,00	12,21	1,13	4,03	10,00	92,11	3,10	15,35	
	7,52	40	60	5	6	3,0	9,58	0,97	0,00	0,00	12,21	1,13	4,03	12,00	96,91	3,18	16,15	
	7,52	40	60	5	6	3,0	9,58	0,97	0,00	0,00	12,21	1,13	4,03	14,00	101,90	3,26	16,98	
2L 50 x 75 x 7	13,05	50	75	7	7	3,5	16,63	1,25	0,00	0,00	32,93	1,41	8,77	8,00	230,75	3,73	30,77	
	13,05	50	75	7	7	3,5	16,63	1,25	0,00	0,00	32,93	1,41	8,77	10,00	240,49	3,80	32,07	
	13,05	50	75	7	7	3,5	16,63	1,25	0,00	0,00	32,93	1,41	8,77	12,00	250,57	3,88	33,41	
	13,05	50	75	7	7	3,5	16,63	1,25	0,00	0,00	32,93	1,41	8,77	14,00	260,98	3,96	34,80	
2L 40 x 80 x 6	10,82	40	80	6	7	3,5	13,79	0,88	0,00	0,00	15,19	1,05	4,87	8,00	235,78	4,14	29,47	
	10,82	40	80	6	7	3,5	13,79	0,88	0,00	0,00	15,19	1,05	4,87	10,00	244,88	4,21	30,61	
	10,82	40	80	6	7	3,5	13,79	0,88	0,00	0,00	15,19	1,05	4,87	12,00	254,27	4,29	31,78	
	10,82	40	80	6	7	3,5	13,79	0,88	0,00	0,00	15,19	1,05	4,87	14,00	263,93	4,38	32,99	
2L 60 x 90 x 8	17,94	60	90	8	8	4,0	22,86	1,48	0,00	0,00	65,67	1,69	14,53	8,00	443,20	4,40	49,24	
	17,94	60	90	8	8	4,0	22,86	1,48	0,00	0,00	65,67	1,69	14,53	10,00	458,81	4,48	50,98	
	17,94	60	90	8	8	4,0	22,86	1,48	0,00	0,00	65,67	1,69	14,53	12,00	474,87	4,56	52,76	
	17,94	60	90	8	8	4,0	22,86	1,48	0,00	0,00	65,67	1,69	14,53	14,00	491,39	4,64	54,60	
2L 50 x 100 x 10	22,09	50	100	10	8	4,0	28,14	1,21	0,00	0,00	47,11	1,29	12,41	8,00	750,28	5,16	75,03	
	22,09	50	100	10	8	4,0	28,14	1,21	0,00	0,00	47,11	1,29	12,41	10,00	773,53	5,24	77,35	
	22,09	50	100	10	8	4,0	28,14	1,21	0,00	0,00	47,11	1,29	12,41	12,00	797,34	5,32	79,73	
	22,09	50	100	10	8	4,0	28,14	1,21	0,00	0,00	47,11	1,29	12,41	14,00	821,72	5,40	82,17	
2L 65 x 100 x 7	17,50	65	100	7	9	4,5	22,29	1,52	0,00	0,00	75,63	1,84	15,18	8,00	521,10	4,83	52,11	
	17,50	65	100	7	9	4,5	22,29	1,52	0,00	0,00	75,63	1,84	15,18	10,00	537,55	4,91	53,76	
	17,50	65	100	7	9	4,5	22,29	1,52	0,00	0,00	75,63	1,84	15,18	12,00	554,45	4,99	55,45	
	17,50	65	100	7	9	4,5	22,29	1,52	0,00	0,00	75,63	1,84	15,18	14,00	571,80	5,06	57,18	

Tablo 3.6. (Devam) Sırt Sırt Farklı kollu köşebent tablosu

KESİT	ENKESİT ÖLÇÜLERİ							KESİT ALANI	EKSEN ÖLÇÜLERİ				STATİK DEĞERLER					
	G	h	b	t	r ₁	r ₂	A		z _s	y _s	EKSEN x - x			s	EKSEN y - y			
											I _x	i _x	W _{ex}		I _y	i _y	W _{ey}	
	kg/m	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	cm	cm	cm ⁴	mm x 10	mm ³ x 10 ³	mm	cm ⁴	mm x 10	mm ³ x 10 ³	
2L 80 x 120 x 12	35,59	80	120	12	10	5,0	5,0	45,33	2,03	0,00	229,42	2,25	38,42	8,00	1528,53	5,81	127,38	
	35,59	80	120	12	10	5,0	5,0	45,33	2,03	0,00	229,42	2,25	38,42	10,00	1568,97	5,88	130,75	
	35,59	80	120	12	10	5,0	5,0	45,33	2,03	0,00	229,42	2,25	38,42	12,00	1610,32	5,96	134,19	
	35,59	80	120	12	10	5,0	5,0	45,33	2,03	0,00	229,42	2,25	38,42	14,00	1652,57	6,04	137,71	
2L 65 x 130 x 12	34,68	65	130	12	11	5,5	5,5	44,18	1,53	0,00	125,91	1,69	25,32	8,00	1917,70	6,59	147,52	
	34,68	65	130	12	11	5,5	5,5	44,18	1,53	0,00	125,91	1,69	25,32	10,00	1963,55	6,67	151,04	
	34,68	65	130	12	11	5,5	5,5	44,18	1,53	0,00	125,91	1,69	25,32	12,00	2010,28	6,75	154,64	
	34,68	65	130	12	11	5,5	5,5	44,18	1,53	0,00	125,91	1,69	25,32	14,00	2057,90	6,82	158,30	
2L 90 x 130 x 12	39,39	90	130	12	11	5,5	5,5	50,18	2,26	0,00	330,11	2,56	49,01	8,00	1924,42	6,19	148,03	
	39,39	90	130	12	11	5,5	5,5	50,18	2,26	0,00	330,11	2,56	49,01	10,00	1971,53	6,27	151,66	
	39,39	90	130	12	11	5,5	5,5	50,18	2,26	0,00	330,11	2,56	49,01	12,00	2019,64	6,34	155,36	
	39,39	90	130	12	11	5,5	5,5	50,18	2,26	0,00	330,11	2,56	49,01	14,00	2068,76	6,42	159,14	
2L 75 x 150 x 11	37,13	75	150	11	10	5,0	5,0	47,29	1,66	0,00	186,67	1,99	31,95	8,00	2668,41	7,51	177,89	
	37,13	75	150	11	10	5,0	5,0	47,29	1,66	0,00	186,67	1,99	31,95	10,00	2723,49	7,59	181,57	
	37,13	75	150	11	10	5,0	5,0	47,29	1,66	0,00	186,67	1,99	31,95	12,00	2779,51	7,67	185,30	
	37,13	75	150	11	10	5,0	5,0	47,29	1,66	0,00	186,67	1,99	31,95	14,00	2836,48	7,74	189,10	
2L 100 x 150 x 12	45,08	100	150	12	12	6,0	6,0	57,43	2,42	0,00	465,17	2,85	61,38	8,00	2911,26	7,12	194,08	
	45,08	100	150	12	12	6,0	6,0	57,43	2,42	0,00	465,17	2,85	61,38	10,00	2972,65	7,19	198,18	
	45,08	100	150	12	12	6,0	6,0	57,43	2,42	0,00	465,17	2,85	61,38	12,00	3035,19	7,27	202,35	
	45,08	100	150	12	12	6,0	6,0	57,43	2,42	0,00	465,17	2,85	61,38	14,00	3098,88	7,35	206,59	
2L 80 x 160 x 12	43,20	80	160	12	12	6,0	6,0	55,03	1,77	0,00	245,03	2,11	39,36	8,00	3507,95	7,98	219,25	
	43,20	80	160	12	12	6,0	6,0	55,03	1,77	0,00	245,03	2,11	39,36	10,00	3575,96	8,06	223,50	
	43,20	80	160	12	12	6,0	6,0	55,03	1,77	0,00	245,03	2,11	39,36	12,00	3645,07	8,14	227,82	
	43,20	80	160	12	12	6,0	6,0	55,03	1,77	0,00	245,03	2,11	39,36	14,00	3715,28	8,22	232,21	
2L 90 x 180 x 10	41,10	90	180	10	13	6,5	6,5	52,36	1,86	0,00	303,89	2,41	42,54	8,00	4108,65	8,86	228,26	
	41,10	90	180	10	13	6,5	6,5	52,36	1,86	0,00	303,89	2,41	42,54	10,00	4179,27	8,93	232,18	
	41,10	90	180	10	13	6,5	6,5	52,36	1,86	0,00	303,89	2,41	42,54	12,00	4250,94	9,01	236,16	
	41,10	90	180	10	13	6,5	6,5	52,36	1,86	0,00	303,89	2,41	42,54	14,00	4323,65	9,09	240,20	
2L 100 x 200 x 16	71,72	100	200	16	15	7,5	7,5	91,36	2,26	0,00	631,14	2,63	81,52	8,00	9005,71	9,93	450,29	
	71,72	100	200	16	15	7,5	7,5	91,36	2,26	0,00	631,14	2,63	81,52	10,00	9145,58	10,01	457,28	
	71,72	100	200	16	15	7,5	7,5	91,36	2,26	0,00	631,14	2,63	81,52	12,00	9287,28	10,08	464,36	
	71,72	100	200	16	15	7,5	7,5	91,36	2,26	0,00	631,14	2,63	81,52	14,00	9430,80	10,16	471,54	

Tablo 3.6. (Devam) Sırt Sırt Farklı kollu köşebent tablosu

KESİT	ENKESİT ÖLÇÜLERİ							KESİT ALANI	EKSEN ÖLÇÜLERİ				STATİK DEĞERLER				
	G	h	b	t	r ₁	r ₂	A		z _s	y _s	EKSEN x - x			s	EKSEN y - y		
											I _x	i _x	W _{ex}		I _y	i _y	W _{ey}
2L 45 x 30 x 3	kg/m	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	cm	cm	cm	cm ⁴	mm x 10	mm ³ x 10 ³	mm	cm ⁴	mm x 10	mm ³ x 10 ³
	3,43	45	30	3	5	2,5	4,37	1,43	0,00	0,00	8,87	1,42	2,88	8,00	8,39	1,38	2,80
	3,43	45	30	3	5	2,5	4,37	1,43	0,00	0,00	8,87	1,42	2,88	10,00	9,39	1,47	3,13
	3,43	45	30	3	5	2,5	4,37	1,43	0,00	0,00	8,87	1,42	2,88	12,00	10,48	1,55	3,49
2L 60 x 30 x 5	3,43	45	30	3	5	2,5	4,37	1,43	0,00	0,00	8,87	1,42	2,88	14,00	11,65	1,63	3,88
	6,71	60	30	5	5	2,5	8,55	2,17	0,00	0,00	31,20	1,91	8,14	8,00	15,31	1,34	5,10
	6,71	60	30	5	5	2,5	8,55	2,17	0,00	0,00	31,20	1,91	8,14	10,00	17,25	1,42	5,75
	6,71	60	30	5	5	2,5	8,55	2,17	0,00	0,00	31,20	1,91	8,14	12,00	19,36	1,50	6,45
2L 60 x 40 x 5	6,71	60	30	5	5	2,5	8,55	2,17	0,00	0,00	31,20	1,91	8,14	14,00	21,64	1,59	7,21
	7,52	60	40	5	6	3,0	9,58	1,96	0,00	0,00	34,37	1,89	8,50	8,00	30,23	1,78	7,56
	7,52	60	40	5	6	3,0	9,58	1,96	0,00	0,00	34,37	1,89	8,50	10,00	32,95	1,85	8,24
	7,52	60	40	5	6	3,0	9,58	1,96	0,00	0,00	34,37	1,89	8,50	12,00	35,86	1,94	8,97
2L 75 x 50 x 7	7,52	60	40	5	6	3,0	9,58	1,96	0,00	0,00	34,37	1,89	8,50	14,00	38,97	2,02	9,74
	13,05	75	50	7	7	3,5	16,63	2,48	0,00	0,00	92,80	2,36	18,49	8,00	77,99	2,17	15,60
	13,05	75	50	7	7	3,5	16,63	2,48	0,00	0,00	92,80	2,36	18,49	10,00	83,63	2,24	16,73
	13,05	75	50	7	7	3,5	16,63	2,48	0,00	0,00	92,80	2,36	18,49	12,00	89,60	2,32	17,92
2L 80 x 40 x 6	13,05	75	50	7	7	3,5	16,63	2,48	0,00	0,00	92,80	2,36	18,49	14,00	95,91	2,40	19,18
	10,80	80	40	6	6	3,0	13,76	2,86	0,00	0,00	90,03	2,56	17,53	8,00	38,11	1,66	9,53
	10,80	80	40	6	6	3,0	13,76	2,86	0,00	0,00	90,03	2,56	17,53	10,00	41,79	1,74	10,45
	10,80	80	40	6	6	3,0	13,76	2,86	0,00	0,00	90,03	2,56	17,53	12,00	45,74	1,82	11,44
2L 90 x 60 x 8	10,80	80	40	6	6	3,0	13,76	2,86	0,00	0,00	90,03	2,56	17,53	14,00	49,97	1,91	12,49
	17,94	90	60	8	8	4,0	22,86	2,96	0,00	0,00	184,63	2,84	30,58	8,00	146,58	2,53	24,43
	17,94	90	60	8	8	4,0	22,86	2,96	0,00	0,00	184,63	2,84	30,58	10,00	155,41	2,61	25,90
	17,94	90	60	8	8	4,0	22,86	2,96	0,00	0,00	184,63	2,84	30,58	12,00	164,70	2,68	27,45
2L 100 x 50 x 10	17,94	90	60	8	8	4,0	22,86	2,96	0,00	0,00	184,63	2,84	30,58	14,00	174,44	2,76	29,07
	22,06	100	50	10	7	3,5	28,11	3,69	0,00	0,00	281,97	3,17	44,68	8,00	119,94	2,07	23,99
	22,06	100	50	10	7	3,5	28,11	3,69	0,00	0,00	281,97	3,17	44,68	10,00	129,26	2,14	25,85
	22,06	100	50	10	7	3,5	28,11	3,69	0,00	0,00	281,97	3,17	44,68	12,00	139,14	2,23	27,83
2L 100 x 65 x 7	22,06	100	50	10	7	3,5	28,11	3,69	0,00	0,00	281,97	3,17	44,68	14,00	149,58	2,31	29,92
	17,53	100	65	7	10	5,0	22,33	3,23	0,00	0,00	225,00	3,17	33,23	8,00	156,85	2,65	24,13
	17,53	100	65	7	10	5,0	22,33	3,23	0,00	0,00	225,00	3,17	33,23	10,00	165,61	2,72	25,48
	17,53	100	65	7	10	5,0	22,33	3,23	0,00	0,00	225,00	3,17	33,23	12,00	174,82	2,80	26,90
	17,53	100	65	7	10	5,0	22,33	3,23	0,00	0,00	225,00	3,17	33,23	14,00	184,48	2,87	28,38

Tablo 3.6. (Devam) Sirt Sirta Farklı kollu köşebent tablosu

KESİT	ENKESİT ÖLÇÜLERİ							KESİT ALANI	EKSEN ÖLÇÜLERİ				STATİK DEĞERLER				
	G	h	b	t	r ₁	r ₂	A		z _x	z _y	EKSEN x - x			s	EKSEN y - y		
											I _x	i _x	W _{ex}		I _y	i _y	W _{ey}
	kg/m	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	cm	cm	cm	cm ⁴	mm x 10	mm ³ x 10 ³	mm	cm ⁴	mm x 10	mm ³ x 10 ³
2L 120 x 80 x 12	35,62	120	80	12	11	5,5	45,38	4,00	0,00	0,00	645,66	3,77	80,74	8,00	495,75	3,31	61,97
	35,62	120	80	12	11	5,5	45,38	4,00	0,00	0,00	645,66	3,77	80,74	10,00	518,22	3,38	64,78
	35,62	120	80	12	11	5,5	45,38	4,00	0,00	0,00	645,66	3,77	80,74	12,00	541,60	3,45	67,70
	35,62	120	80	12	11	5,5	45,38	4,00	0,00	0,00	645,66	3,77	80,74	14,00	565,89	3,53	70,74
2L 130 x 65 x 12	34,68	130	65	12	11	5,5	44,18	4,74	0,00	0,00	750,90	4,12	90,90	8,00	290,02	2,56	44,62
	34,68	130	65	12	11	5,5	44,18	4,74	0,00	0,00	750,90	4,12	90,90	10,00	307,49	2,64	47,31
	34,68	130	65	12	11	5,5	44,18	4,74	0,00	0,00	750,90	4,12	90,90	12,00	325,84	2,72	50,13
	34,68	130	65	12	11	5,5	44,18	4,74	0,00	0,00	750,90	4,12	90,90	14,00	345,08	2,79	53,09
2L 130 x 90 x 12	39,39	130	90	12	11	5,5	50,18	4,24	0,00	0,00	842,13	4,10	96,18	8,00	686,47	3,70	76,27
	39,39	130	90	12	11	5,5	50,18	4,24	0,00	0,00	842,13	4,10	96,18	10,00	713,71	3,77	79,30
	39,39	130	90	12	11	5,5	50,18	4,24	0,00	0,00	842,13	4,10	96,18	12,00	741,96	3,85	82,44
	39,39	130	90	12	11	5,5	50,18	4,24	0,00	0,00	842,13	4,10	96,18	14,00	771,21	3,92	85,69
2L 150 x 75 x 11	37,20	150	75	11	12	6,0	47,39	5,35	0,00	0,00	1089,98	4,80	112,98	8,00	384,55	2,85	51,27
	37,20	150	75	11	12	6,0	47,39	5,35	0,00	0,00	1089,98	4,80	112,98	10,00	404,46	2,92	53,93
	37,20	150	75	11	12	6,0	47,39	5,35	0,00	0,00	1089,98	4,80	112,98	12,00	425,33	3,00	56,71
	37,20	150	75	11	12	6,0	47,39	5,35	0,00	0,00	1089,98	4,80	112,98	14,00	447,14	3,07	59,62
2L 150 x 100 x 12	45,08	150	100	12	12	6,0	57,43	4,90	0,00	0,00	1301,09	4,76	128,76	8,00	922,50	4,01	92,25
	45,08	150	100	12	12	6,0	57,43	4,90	0,00	0,00	1301,09	4,76	128,76	10,00	955,49	4,08	95,55
	45,08	150	100	12	12	6,0	57,43	4,90	0,00	0,00	1301,09	4,76	128,76	12,00	989,62	4,15	98,96
	45,08	150	100	12	12	6,0	57,43	4,90	0,00	0,00	1301,09	4,76	128,76	14,00	1024,91	4,22	102,49
2L 160 x 80 x 12	43,20	160	80	12	12	6,0	55,03	5,73	0,00	0,00	1440,54	5,12	140,26	8,00	505,19	3,03	63,15
	43,20	160	80	12	12	6,0	55,03	5,73	0,00	0,00	1440,54	5,12	140,26	10,00	529,67	3,10	66,21
	43,20	160	80	12	12	6,0	55,03	5,73	0,00	0,00	1440,54	5,12	140,26	12,00	555,25	3,18	69,41
	43,20	160	80	12	12	6,0	55,03	5,73	0,00	0,00	1440,54	5,12	140,26	14,00	581,93	3,25	72,74
2L 180 x 90 x 10	41,10	180	90	10	13	6,5	52,36	6,29	0,00	0,00	1762,66	5,80	150,57	8,00	570,35	3,30	63,37
	41,10	180	90	10	13	6,5	52,36	6,29	0,00	0,00	1762,66	5,80	150,57	10,00	594,49	3,37	66,05
	41,10	180	90	10	13	6,5	52,36	6,29	0,00	0,00	1762,66	5,80	150,57	12,00	619,69	3,44	68,85
	41,10	180	90	10	13	6,5	52,36	6,29	0,00	0,00	1762,66	5,80	150,57	14,00	645,93	3,51	71,77
2L 200 x 100 x 16	71,72	200	100	16	15	7,5	91,36	7,20	0,00	0,00	3722,11	6,38	290,90	8,00	1276,38	3,74	127,64
	71,72	200	100	16	15	7,5	91,36	7,20	0,00	0,00	3722,11	6,38	290,90	10,00	1325,85	3,81	132,59
	71,72	200	100	16	15	7,5	91,36	7,20	0,00	0,00	3722,11	6,38	290,90	12,00	1377,15	3,88	137,72
	71,72	200	100	16	15	7,5	91,36	7,20	0,00	0,00	3722,11	6,38	290,90	14,00	1430,28	3,96	143,03

Tablo 3.7: Kare kutu profil tablosu

KESİT	ENKESİT ÖLÇÜLERİ							KESİT ALAN	EKSEN ÖLÇÜLERİ	STATİK DEĞERLER				YÜZEY ALANI		
	G	h	b	t	r ₁	r ₂	A			x _c -y _c mm x 10	I _x -I _y mm ⁴ x 10 ⁴	i _x -i _y mm x 10	EKSEN x - x / y - y		A _L m ² /m	A _G m ² /t
													W _{ex} -W _{ey} mm ³	W _{px} -W _{py} mm ³		
40x40x3	3,364	40	40	3	4,50	1,50	4,3	20	9,6	15,00	4,8	5,7	0,152	297,3		
50x50x3	4,306	50	50	3	4,50	1,50	5,5	25	20,0	19,08	8,0	9,4	0,192	232,2		
50x50x4	5,562	50	50	4	6,00	2,00	7,1	25	24,6	18,65	9,9	11,7	0,190	179,8		
50x50x5	6,728	50	50	5	7,50	2,50	8,6	25	28,5	18,23	11,4	13,6	0,187	148,6		
60x60x3	5,248	60	60	3	4,50	1,50	6,7	30	35,8	23,15	11,9	13,9	0,232	190,5		
60x60x4	6,818	60	60	4	6,00	2,00	8,7	30	44,8	22,72	14,9	17,6	0,230	146,7		
60x60x5	8,298	60	60	5	7,50	2,50	10,6	30	52,5	22,29	17,5	20,8	0,227	120,5		
70x70x3	6,190	70	70	3	4,50	1,50	7,9	35	58,5	27,23	16,7	19,4	0,272	161,5		
70x70x4	8,074	70	70	4	6,00	2,00	10,3	35	73,8	2,68	21,1	24,7	0,270	123,9		
70x70x5	9,868	70	70	5	7,50	2,50	12,6	35	87,4	2,64	25,0	29,4	0,267	101,3		
70x70x6	11,572	70	70	6	9,00	3,00	14,7	35	99,2	2,59	28,3	33,6	0,265	86,4		
70x70x6,3	12,066	70	70	6,3	9,45	3,15	15,4	35	102,4	2,58	29,3	34,8	0,264	82,9		
80x80x3	7,132	80	80	3	4,50	1,50	9,1	40	89,1	3,13	22,3	25,7	0,312	140,2		
80x80x4	9,330	80	80	4	6,00	2,00	11,9	40	113,3	3,09	28,3	33,0	0,310	107,2		
80x80x5	11,438	80	80	5	7,50	2,50	14,6	40	135,0	3,04	33,7	39,6	0,307	87,4		
80x80x6	13,456	80	80	6	9	3	17,1	40	154,3	3,00	38,6	45,6	0,305	74,3		
80x80x6,3	14,044	80	80	6,3	9	3	17,9	40	159,7	2,99	39,9	47,2	0,304	71,2		
90x90x3	8,074	90	90	3	5	2	10,3	45	128,8	3,54	28,6	33,0	0,352	123,9		
90x90x4	10,586	90	90	4	6	2	13,5	45	164,7	3,50	36,6	42,5	0,350	94,5		
90x90x5	13,008	90	90	5	8	3	16,6	45	197,4	3,45	43,9	51,2	0,347	76,9		
90x90x6	15,340	90	90	6	9	3	19,5	45	226,9	3,41	50,4	59,3	0,345	65,2		
90x90x6,3	16,023	90	90	6,3	9	3	20,4	45	235,2	3,39	52,3	61,6	0,344	62,4		
100x100x3	9,016	100	100	3	5	2	11,5	50	179,0	3,95	35,8	41,1	0,392	110,9		
100x100x4	11,842	100	100	4	6	2	15,1	50	229,8	3,90	46,0	53,2	0,390	84,4		
100x100x5	14,578	100	100	5	8	3	18,6	50	276,5	3,86	55,3	64,4	0,387	68,6		
100x100x6	17,224	100	100	6	9	3	21,9	50	319,4	3,82	63,9	74,8	0,385	58,1		
100x100x6,3	18,001	100	100	6,3	9	3	22,9	50	331,5	3,80	66,3	77,8	0,384	55,6		
100x100x8	22,248	100	100	8	12	4	28,3	50	394,2	3,73	78,8	93,3	0,379	44,9		
100x100x10	26,912	100	100	10	15	5	34,3	50	455,9	3,65	91,2	108,8	0,374	37,2		
120x120x5	17,718	120	120	5	8	3	22,6	60	493,2	4,67	82,2	95,2	0,467	56,4		
120x120x6	20,992	120	120	6	9	3	26,7	60	573,4	4,63	95,6	111,3	0,465	47,6		
120x120x6,3	21,957	120	120	6,3	9	3	28,0	60	596,4	4,62	99,4	115,9	0,464	45,5		

Tablo 3.7. (Devamı) Kare kutu profil tablosu

KESİT	ENKESİT ÖLÇÜLERİ							KESİT ALAN A	EKSEN ÖLÇÜLERİ x _c -y _c mm x 10	STATİK DEĞERLER EKSEN x - x / y - y				YÜZEY ALANI		
	G	h	b	t	r ₁	r ₂	I _x -I _y mm ⁴ x 10 ⁴			i _x -i _y mm x 10	W _{ex} -W _{ey} mm ³	W _{px} -W _{py} mm ³	A _L m ² /m	A _G m ² /t		
120x120x8	27,272	120	120	8	12	4		34,7	60		717,2	4,54	119,5	140,5	0,459	36,7
120x120x10	33,192	120	120	10	15	5		42,3	60		840,5	4,46	140,1	166,1	0,454	30,1
140x140x5	20,858	140	140	5	8	3		26,6	70		801,1	5,49	114,4	132,0	0,547	47,9
140x140x6	24,760	140	140	6	9	3		31,5	70		935,7	5,45	133,7	154,9	0,545	40,4
140x140x6,3	25,914	140	140	6,3	9,5	3,2		33,0	70		974,5	5,43	139,2	161,6	0,544	38,6
140x140x8	32,296	140	140	8	12	4		41,1	70		1181,4	5,36	168,8	197,4	0,539	31,0
140x140x10	39,472	140	140	10	15	5		50,3	70		1397,7	5,27	199,7	235,3	0,534	25,3
150x150x5	22,428	150	150	5	8	3		28,6	75		994,2	5,90	132,6	152,7	0,587	44,6
150x150x6	26,644	150	150	6	9	3		33,9	75		1163,4	5,85	155,1	179,5	0,585	37,5
150x150x6,3	27,892	150	150	6,3	9	3		35,5	75		1212,3	5,84	161,6	187,3	0,584	35,9
150x150x8	34,808	150	150	8	12	4		44,3	75		1474,4	5,77	196,6	229,4	0,579	28,7
150x150x10	42,612	150	150	10	15	5		54,3	75		1751,0	5,68	233,5	274,5	0,574	23,5
175x175x5	26,353	175	175	5	8	3		33,6	88		1607,3	6,92	183,7	210,9	0,687	37,9
175x175x6	31,354	175	175	6	9	3		39,9	88		1887,7	6,87	215,7	248,7	0,685	31,9
175x175x6,3	32,837	175	175	6,3	9	3		41,8	88		1969,3	6,86	225,1	259,7	0,684	30,5
175x175x8	41,088	175	175	8	12	4		52,3	88		2410,3	6,79	275,5	319,9	0,679	24,3
175x175x10	50,462	175	175	10	15	5		64,3	88		2884,2	6,70	329,6	385,5	0,674	19,8
200x200x5	30,278	200	200	5	8	3		38,6	100		2431,5	7,94	243,2	278,5	0,787	33,0
200x200x6	36,064	200	200	6	9	3		45,9	100		2863,7	7,90	286,4	329,1	0,785	27,7
200x200x6,3	37,783	200	200	6,3	9	3		48,1	100		2989,9	7,88	299,0	344,0	0,784	26,5
200x200x8	47,368	200	200	8	12	4		60,3	100		3676,9	7,81	367,7	425,4	0,779	21,1
200x200x10	58,312	200	200	10	15	5		74,3	100		4424,5	7,72	442,5	515,2	0,774	17,1
250x250x5	38,128	250	250	5	8	3		48,6	125		4838,5	9,98	387,1	441,8	0,987	26,2
250x250x6	45,484	250	250	6	9	3		57,9	125		5720,2	9,94	457,6	523,8	0,985	22,0
250x250x6,3	47,674	250	250	6,3	9	3		60,7	125		5979,3	9,92	478,3	548,0	0,984	21,0
250x250x8	59,928	250	250	8	12	4		76,3	125		7401,6	9,85	592,1	681,5	0,979	16,7
250x250x10	74,012	250	250	10	15	5		94,3	125		8976,7	9,76	718,1	830,9	0,974	13,5
260x260x5	39,698	260	260	5	8	3		50,6	130		5458,2	10,39	419,9	479,0	1,027	25,2
260x260x6	47,368	260	260	6	9	3		60,3	130		6456,7	10,34	496,7	568,1	1,025	21,1
260x260x6,3	49,652	260	260	6,3	9	3		63,3	130		6750,4	10,33	519,3	594,4	1,024	20,1
260x260x8	62,440	260	260	8	12	4		79,5	130		8364,4	10,25	643,4	739,9	1,019	16,0
260x260x10	77,152	260	260	10	15	5		98,3	130		10156,5	10,17	781,3	903,0	1,014	13,0

Tablo 3.8. Kare profil kıyaslama tablosu

KESİT	ENKESİT ÖLÇÜLERİ	KESİT ALAN	STATİK DEĞERLER		YÜZEY ALANI
			EKSEN x - x / y - y		
	G	A	I _x -I _y	W _x -W _y	A _L
kg/m	cm ²	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ³	m ² /m	
50x50x4	2,59%	2,67%	3,39%	3,39%	0,68%
50x50x5	3,47%	3,48%	3,74%	4,22%	0,99%
60x60x4	2,18%	2,19%	2,77%	2,98%	0,56%
60x60x5	3,06%	3,02%	3,44%	3,26%	0,82%
70x70x5	2,59%	2,55%	3,05%	2,89%	0,70%
80x80x5	2,24%	2,21%	2,91%	2,77%	0,61%
80x80x6,3	2,74%	2,77%	3,21%	3,33%	0,73%
90x90x5	1,97%	1,95%	2,30%	2,54%	0,54%
90x90x6,3	2,36%	2,34%	2,80%	3,02%	0,64%
100x100x4	1,40%	1,40%	1,79%	1,79%	0,33%
100x100x5	1,76%	1,74%	2,28%	2,28%	0,48%
100x100x6,3	2,01%	2,00%	2,79%	2,79%	0,58%
100x100x8	2,59%	2,61%	3,39%	3,27%	0,94%
100x100x10	3,44%	3,43%	3,82%	3,92%	1,25%
120x120x5	1,46%	1,44%	1,94%	1,90%	0,40%
120x120x6,3	1,85%	1,86%	2,23%	2,55%	0,48%
120x120x8	2,15%	2,14%	2,82%	2,82%	0,78%
120x120x10	2,80%	2,80%	3,39%	3,39%	1,04%
140x140x5	1,24%	1,22%	1,58%	1,34%	0,34%
140x140x6,3	1,47%	1,46%	1,96%	1,96%	0,41%
140x140x8	1,81%	1,81%	2,53%	2,45%	0,66%
140x140x10	2,37%	2,36%	3,01%	3,08%	0,88%
150x150x5	1,15%	1,14%	1,47%	1,81%	0,32%
150x150x6,3	1,30%	1,30%	1,92%	2,03%	0,38%
150x150x8	1,67%	1,68%	2,36%	2,20%	0,62%
150x150x10	2,20%	2,19%	2,89%	2,72%	0,82%
200x200x6,3	0,96%	0,97%	1,42%	1,32%	0,28%
200x200x8	1,23%	1,24%	1,79%	1,69%	0,46%
200x200x10	1,62%	1,61%	2,22%	2,11%	0,61%
250x250x6,3	0,76%	0,77%	1,15%	1,17%	0,23%
250x250x8	0,98%	0,98%	1,44%	1,48%	0,37%
250x250x10	1,28%	1,27%	1,80%	1,76%	0,49%

Tablo 3.9. Dikdörtgen kutu profil tablosu

KESİT	ENKESİT ÖLÇÜLERİ										KESİT ALAN		EKSEN ÖLÇÜLERİ								STATİK DEĞERLER								YÜZEY ALANI	
													EKSEN x - x / y - y																	
	G	h	b	t	r ₁	r ₂	A	y _a	x _a	I _y	I _x	I _{xy}	i _y	i _x	W _{ey}	W _{ex}	W _{py}	W _{px}	A _t	A _g										
40x60x3	4.306	40	60	3.0	4.5	1.5	5.5	20	30	47.6	25.8	2.9	2.2	23.8	8.6	7.9	10.5	10.5	0.192	232.2										
40x60x4	5.562	40	60	4.0	6.0	2.0	7.1	20	30	16.7	31.8	1.5	2.1	8.4	10.6	9.8	13.1	13.1	0.190	179.8										
40x60x5	6.728	40	60	5.0	7.5	2.5	8.6	20	30	19.2	36.7	1.5	2.1	9.6	12.2	11.4	15.3	15.3	0.187	148.6										
40x80x3	5.248	40	80	3.0	4.5	1.5	6.7	20	40	17.8	53.0	1.6	2.8	8.9	13.2	10.1	16.5	16.5	0.232	190.5										
40x80x4	6.818	40	80	4.0	6.0	2.0	8.7	20	40	21.9	66.2	1.6	2.8	11.0	16.5	12.7	20.8	20.8	0.230	146.7										
40x80x5	8.298	40	80	5.0	7.5	2.5	10.6	20	40	25.4	77.4	1.5	2.7	12.7	19.3	14.9	24.6	24.6	0.227	120.5										
40x100x3	6.190	40	100	3.0	4.5	1.5	7.9	20	50	21.9	93.4	1.7	3.4	10.9	18.7	12.4	23.7	23.7	0.272	161.5										
40x100x4	8.074	40	100	4.0	6.0	2.0	10.3	20	50	27.1	117.7	1.6	3.4	13.6	23.5	15.6	30.1	30.1	0.270	123.9										
40x100x5	9.868	40	100	5.0	7.5	2.5	12.6	20	50	31.5	138.9	1.6	3.3	15.8	27.8	18.4	35.9	35.9	0.267	101.3										
40x120x3	7.132	40	120	3.0	4.5	1.5	9.1	20	60	26.0	149.6	1.7	4.1	13.0	24.9	14.6	32.1	32.1	0.312	140.2										
40x120x4	9.330	40	120	4.0	6.0	2.0	11.9	20	60	32.3	189.7	1.6	4.0	16.2	31.6	18.5	41.1	41.1	0.310	107.2										
40x120x5	11.438	40	120	5.0	7.5	2.5	14.6	20	60	37.7	225.4	1.6	3.9	18.8	37.6	21.9	49.2	49.2	0.307	87.4										
40x140x3	8.074	40	140	3.0	4.5	1.5	10.3	20	70	30.1	223.8	1.7	4.7	15.1	32.0	16.8	41.7	41.7	0.352	123.9										
40x140x4	10.586	40	140	4.0	6.0	2.0	13.5	20	70	37.5	285.4	1.7	4.6	18.8	40.8	21.4	53.6	53.6	0.350	94.5										
40x140x5	13.008	40	140	5.0	7.5	2.5	16.6	20	70	43.9	340.8	1.6	4.5	21.9	48.7	25.4	64.5	64.5	0.347	76.9										
50x90x3	6.190	50	90	3.0	4.5	1.5	7.9	25	45	33.1	82.7	2.0	3.2	13.2	18.4	15.0	22.5	22.5	0.272	161.5										
50x90x4	8.074	50	90	4.0	6.0	2.0	10.3	25	45	41.3	104.4	2.0	3.2	16.5	23.2	19.0	28.7	28.7	0.270	123.9										
50x90x5	9.868	50	90	5.0	7.5	2.5	12.6	25	45	48.4	123.4	2.0	3.1	19.4	27.4	22.6	34.2	34.2	0.267	101.3										
50x90x6	11.572	50	90	6.0	9.0	3.0	14.7	25	45	54.5	139.8	1.9	3.1	21.8	31.1	25.7	39.1	39.1	0.265	86.4										
50x90x6,3	12.066	50	90	6.3	9.5	3.2	15.4	25	45	56.1	144.3	1.9	3.1	22.5	32.1	26.6	40.5	40.5	0.264	82.9										
50x100x3	6.661	50	100	3.0	4.5	1.5	8.5	25	50	36.4	107.5	2.1	3.6	14.5	21.5	16.4	26.6	26.6	0.292	150.1										
50x100x4	8.702	50	100	4.0	6.0	2.0	11.1	25	50	45.6	136.2	2.0	3.5	18.2	27.2	20.9	34.0	34.0	0.290	114.9										
50x100x5	10.653	50	100	5.0	7.5	2.5	13.6	25	50	53.5	161.5	2.0	3.4	21.4	32.3	24.8	40.6	40.6	0.287	93.9										
50x100x6	12.514	50	100	6.0	9.0	3.0	15.9	25	50	60.3	183.8	1.9	3.4	24.1	36.8	28.4	46.6	46.6	0.285	79.9										
50x100x6,3	13.055	50	100	6.3	9.5	3.2	16.6	25	50	62.2	189.9	1.9	3.4	24.9	38.0	29.3	48.3	48.3	0.284	76.6										
60x100x3	7.132	60	100	3.0	4.5	1.5	9.1	30	50	55.1	121.7	2.5	3.7	18.4	24.3	20.8	29.5	29.5	0.312	140.2										
60x100x4	9.330	60	100	4.0	6.0	2.0	11.9	30	50	69.5	154.6	2.4	3.6	23.2	30.9	26.5	37.8	37.8	0.310	107.2										
60x100x5	11.438	60	100	5.0	7.5	2.5	14.6	30	50	82.2	184.1	2.4	3.6	27.4	36.8	31.8	45.4	45.4	0.307	87.4										
60x100x6	13.456	60	100	6.0	9.0	3.0	17.1	30	50	93.4	210.3	2.3	3.5	31.1	42.1	36.5	52.3	52.3	0.305	74.3										
60x100x6,3	14.044	60	100	6.3	9.5	3.2	17.9	30	50	96.5	217.6	2.3	3.5	32.2	43.5	37.8	54.2	54.2	0.304	71.2										
60x120x3	8.074	60	120	3.0	4.5	1.5	10.3	30	60	64.8	190.7	2.5	4.3	21.6	31.8	24.2	39.1	39.1	0.352	123.9										
60x120x4	10.586	60	120	4.0	6.0	2.0	13.5	30	60	82.1	243.6	2.5	4.2	27.4	40.6	31.0	50.3	50.3	0.350	94.5										

Tablo 3.9. (Devamı) Dikdörtgen kutu profil tablosu

KESİT	ENKESİT ÖLÇÜLERİ										KESİT ALAN		EKSEN ÖLÇÜLERİ					STATİK DEĞERLER EKSEN x - x / y - y										YÜZEY ALANI	
	G	h	b	t	r ₁	r ₂	A	y _s	x _s	I _y	I _x	i _y	i _x	W _{ey}	W _{ex}	W _{py}	W _{px}	A _L	A _G										
	kg/m	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	mm x 10	mm x 10	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ⁴ x 10 ⁴	mm x 10	mm x 10	mm ³	mm ³	mm ³	mm ³	m ² /m	m ² /t										
60x120x5	13,008	60	120	5,0	7,5	2,5	16,6	30	60	97,4	291,6	2,4	4,2	32,5	48,6	37,3	60,7	0,347	76,9										
60x120x6	15,340	60	120	6,0	9,0	3,0	19,5	30	60	111,0	334,9	2,4	4,1	37,0	55,8	42,9	70,2	0,345	65,2										
60x120x6,3	16,023	60	120	6,3	9,5	3,2	20,4	30	60	114,7	347,0	2,4	4,1	38,2	57,8	44,5	72,9	0,344	62,4										
70x80x3	6,661	70	80	3,0	4,5	1,5	8,5	35	40	64,8	79,7	2,8	3,1	18,5	19,9	21,4	23,4	0,292	150,1										
70x80x4	8,702	70	80	4,0	6,0	2,0	11,1	35	40	81,9	100,8	2,7	3,0	23,4	25,2	27,3	29,9	0,290	114,9										
70x80x5	10,653	70	80	5,0	7,5	2,5	13,6	35	40	97,0	119,6	2,7	3,0	27,7	29,9	32,7	35,8	0,287	93,9										
70x80x6	12,514	70	80	6,0	9,0	3,0	15,9	35	40	110,3	136,2	2,6	2,9	31,5	34,0	37,5	41,1	0,285	79,9										
70x80x6,3	13,055	70	80	6,3	9,5	3,2	16,6	35	40	113,9	140,7	2,6	2,9	32,5	35,2	38,8	42,6	0,284	76,6										
70x90x3	7,132	70	90	3,0	4,5	1,5	9,1	35	45	71,6	105,5	2,8	3,4	20,4	23,4	23,4	27,8	0,312	140,2										
70x90x4	9,330	70	90	4,0	6,0	2,0	11,9	35	45	90,6	134,0	2,8	3,4	25,9	29,8	29,9	35,6	0,310	107,2										
70x90x5	11,438	70	90	5,0	7,5	2,5	14,6	35	45	107,6	159,5	2,7	3,3	30,7	35,4	35,9	42,7	0,307	87,4										
70x90x6	13,456	70	90	6,0	9,0	3,0	17,1	35	45	122,6	182,3	2,7	3,3	35,0	40,5	41,3	49,2	0,305	74,3										
70x90x6,3	14,044	70	90	6,3	9,5	3,2	17,9	35	45	126,7	188,6	2,7	3,2	36,2	41,9	42,8	51,0	0,304	71,2										
80x100x3	8,074	80	100	3,0	4,5	1,5	10,3	40	50	106,4	149,9	3,2	3,8	26,6	30,0	30,3	35,3	0,352	123,9										
80x100x4	10,586	80	100	4,0	6,0	2,0	13,5	40	50	135,5	191,5	3,2	3,8	33,9	38,3	39,1	45,5	0,350	94,5										
80x100x5	13,008	80	100	5,0	7,5	2,5	16,6	40	50	161,9	229,3	3,1	3,7	40,5	45,9	47,1	54,9	0,347	76,9										
80x100x6	15,340	80	100	6,0	9,0	3,0	19,5	40	50	185,5	263,4	3,1	3,7	46,4	52,7	54,4	63,5	0,345	65,2										
80x100x6,3	16,023	80	100	6,3	9,5	3,2	20,4	40	50	192,2	273,0	3,1	3,7	48,0	54,6	56,5	66,0	0,344	62,4										
80x120x3	9,016	80	120	3,0	4,5	1,5	11,5	40	60	124,2	231,7	3,3	4,5	31,0	38,6	35,0	46,1	0,392	110,9										
80x120x4	11,842	80	120	4,0	6,0	2,0	15,1	40	60	158,7	297,4	3,2	4,4	39,7	49,6	45,1	59,6	0,390	84,4										
80x120x5	14,578	80	120	5,0	7,5	2,5	18,6	40	60	190,0	357,7	3,2	4,4	47,5	59,6	54,6	72,2	0,387	68,6										
80x120x6	17,224	80	120	6,0	9,0	3,0	21,9	40	60	218,5	412,9	3,2	4,3	54,6	68,8	63,3	83,9	0,385	58,1										
80x120x6,3	18,001	80	120	6,3	9,5	3,2	22,9	40	60	226,5	428,5	3,1	4,3	56,6	71,4	65,8	87,3	0,384	55,6										
80x140x5	16,148	80	140	5,0	7,5	2,5	20,6	40	70	218,2	523,2	3,3	5,0	54,5	74,7	62,1	91,5	0,427	61,9										
80x140x6	19,108	80	140	6,0	9,0	3,0	24,3	40	70	251,4	606,1	3,2	5,0	62,9	86,6	72,2	106,7	0,425	52,3										
80x140x6,3	19,979	80	140	6,3	9,5	3,2	25,5	40	70	260,8	629,6	3,2	5,0	65,2	89,9	75,1	111,1	0,424	50,1										
80x140x8	24,760	80	140	8,0	12,0	4,0	31,5	40	70	309,0	752,4	3,1	4,9	77,3	107,5	90,3	134,0	0,419	40,4										
80x140x10	30,052	80	140	10,0	15,0	5,0	38,3	40	70	356,3	874,8	3,1	4,8	89,1	125,0	105,5	157,3	0,414	33,3										
80x160x5	17,718	80	160	5,0	7,5	2,5	22,6	40	80	246,4	729,5	3,3	5,7	61,6	91,2	69,6	112,9	0,467	56,4										
80x160x6	20,992	80	160	6,0	9,0	3,0	26,7	40	80	284,3	847,6	3,3	5,6	71,1	105,9	81,1	131,9	0,465	47,6										
80x160x6,3	21,957	80	160	6,3	9,5	3,2	28,0	40	80	295,1	881,3	3,2	5,6	73,8	110,2	84,4	137,4	0,464	45,5										
80x160x8	27,272	80	160	8,0	12,0	4,0	34,7	40	80	350,7	1058,4	3,2	5,5	87,7	132,3	101,8	166,5	0,459	36,7										

Tablo 3.9. (Devamı) Dikdörtgen kutu profil tablosu

KESİT	ENKESİT ÖLÇÜLERİ										KESİT ALAN		EKSEN ÖLÇÜLERİ					STATİK DEĞERLER EKSEN x - x / y - y							YÜZEY ALANI	
	G	h	b	t	r ₁	r ₂	A	y _s	x _s	I _y	I _x	i _y	i _x	W _{ey}	W _{ex}	W _{py}	W _{px}	A _L	A _G							
	kg/m	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	mm x 10	mm x 10	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ⁴ x 10 ⁴	mm x 10	mm x 10	mm ³	mm ³	mm ³	mm ³	m ² /m	m ² /h							
80x160x10	33,192	80	160	10,0	15,0	5,0	42,3	40	80	405,7	1237,8	3,1	5,4	101,4	154,7	119,5	196,6	0,454	30,1							
80x200x5	17,718	80	160	5,0	7,5	2,5	22,6	40	80	246,4	729,5	3,3	5,7	61,6	91,2	69,6	112,9	0,467	56,4							
80x200x6	20,992	80	160	6,0	9,0	3,0	26,7	40	80	284,3	847,6	3,3	5,6	71,1	105,9	81,1	131,9	0,465	47,6							
80x200x6,3	21,957	80	160	6,3	9,5	3,2	28,0	40	80	295,1	881,3	3,2	5,6	73,8	110,2	84,4	137,4	0,464	45,5							
80x200x8	27,272	80	160	8,0	12,0	4,0	34,7	40	80	350,7	1058,4	3,2	5,5	87,7	132,3	101,8	166,5	0,459	36,7							
80x200x10	33,192	80	160	10,0	15,0	5,0	42,3	40	80	405,7	1237,8	3,1	5,4	101,4	154,7	119,5	196,6	0,454	30,1							
100x150x5	18,503	100	150	5,0	7,5	2,5	23,6	50	75	387,3	726,1	4,1	5,6	77,5	96,8	88,1	116,5	0,487	54,0							
100x150x6	21,934	100	150	6,0	9,0	3,0	27,9	50	75	449,2	845,0	4,0	5,5	89,8	112,7	103,0	136,3	0,485	45,6							
100x150x6,3	22,946	100	150	6,3	9,5	3,2	29,2	50	75	466,8	879,0	4,0	5,5	93,4	117,2	107,3	142,0	0,484	43,6							
100x150x8	28,528	100	150	8,0	12,0	4,0	36,3	50	75	559,3	1058,7	3,9	5,4	111,9	141,2	130,1	172,6	0,479	35,1							
100x150x10	34,762	100	150	10,0	15,0	5,0	44,3	50	75	652,8	1242,7	3,8	5,3	130,6	165,7	153,8	204,5	0,474	28,8							
100x160x5	19,288	100	160	5,0	7,5	2,5	24,6	50	80	409,9	849,7	4,1	5,9	82,0	106,2	92,9	128,4	0,507	51,8							
100x160x6	22,876	100	160	6,0	9,0	3,0	29,1	50	80	475,7	989,9	4,0	5,8	95,1	123,7	108,7	150,4	0,505	43,7							
100x160x6,3	23,935	100	160	6,3	9,5	3,2	30,5	50	80	494,5	1030,2	4,0	5,8	98,9	128,8	113,2	156,7	0,504	41,8							
100x160x8	29,784	100	160	8,0	12,0	4,0	37,9	50	80	593,2	1243,4	4,0	5,7	118,6	155,4	137,5	190,8	0,499	33,6							
100x160x10	36,332	100	160	10,0	15,0	5,0	46,3	50	80	693,5	1463,1	3,9	5,6	138,7	182,9	162,8	226,6	0,494	27,2							
100x200x5	22,428	100	200	5,0	7,5	2,5	28,6	50	100	500,3	1471,1	4,2	7,2	100,1	147,1	111,9	181,0	0,587	44,6							
100x200x6	26,644	100	200	6,0	9,0	3,0	33,9	50	100	581,9	1720,8	4,1	7,1	116,4	172,1	131,2	212,7	0,585	37,5							
100x200x6,3	27,892	100	200	6,3	9,5	3,2	35,5	50	100	605,3	1792,9	4,1	7,1	121,1	179,3	136,8	222,0	0,584	35,9							
100x200x8	34,808	100	200	8,0	12,0	4,0	44,3	50	100	729,0	2178,7	4,1	7,0	145,8	217,9	166,9	271,8	0,579	28,7							
100x200x10	42,612	100	200	10,0	15,0	5,0	54,3	50	100	856,1	2584,0	4,0	6,9	171,2	258,4	198,8	325,2	0,574	23,5							
100x250x5	26,353	100	250	5,0	7,5	2,5	33,6	50	125	613,2	2571,9	4,3	8,8	122,6	205,8	135,6	258,1	0,687	37,9							
100x250x6	31,354	100	250	6,0	9,0	3,0	39,9	50	125	714,6	3018,9	4,2	8,7	142,9	241,5	159,4	304,2	0,685	31,9							
100x250x6,3	32,837	100	250	6,3	9,5	3,2	41,8	50	125	743,8	3148,9	4,2	8,7	148,8	251,9	166,3	317,7	0,684	30,5							
100x250x8	41,088	100	250	8,0	12,0	4,0	52,3	50	125	898,7	3849,5	4,1	8,6	179,7	308,0	203,7	391,1	0,679	24,3							
100x250x10	50,462	100	250	10,0	15,0	5,0	64,3	50	125	1059,5	4598,6	4,1	8,5	211,9	367,9	243,8	470,9	0,674	19,8							
100x300x5	30,278	100	300	5,0	7,5	2,5	38,6	50	150	726,1	4091,0	4,3	10,3	145,2	272,7	159,4	347,6	0,787	33,0							
100x300x6	36,064	100	300	6,0	9,0	3,0	45,9	50	150	847,4	4814,4	4,3	10,2	169,5	321,0	187,6	410,6	0,785	27,7							
100x300x6,3	37,783	100	300	6,3	9,5	3,2	48,1	50	150	882,3	5025,5	4,3	10,2	176,5	335,0	195,9	429,1	0,784	26,2							
100x300x8	47,368	100	300	8,0	12,0	4,0	60,3	50	150	1068,4	6171,1	4,2	10,1	213,7	411,4	240,5	530,3	0,779	21,1							
100x300x10	58,312	100	300	10,0	15,0	5,0	74,3	50	150	1262,8	7411,3	4,1	10,0	252,6	494,1	288,8	641,6	0,774	17,1							
120x140x5	19,288	120	140	5,0	7,5	2,5	24,6	60	70	556,2	705,5	4,8	5,4	92,7	100,8	106,7	118,5	0,507	51,8							
120x140x6	22,876	120	140	6,0	9,0	3,0	29,1	60	70	647,1	821,7	4,7	5,3	107,8	117,4	125,0	138,9	0,505	43,7							
120x140x6,3	23,935	120	140	6,3	9,5	3,2	30,5	60	70	673,1	855,0	4,7	5,3	112,2	122,1	130,2	144,7	0,504	41,8							
120x140x8	29,784	120	140	8,0	12,0	4,0	37,9	60	70	810,6	1031,6	4,6	5,2	135,1	147,4	158,5	176,2	0,499	33,6							
120x140x10	36,332	120	140	10,0	15,0	5,0	46,3	60	70	951,6	1213,5	4,5	5,1	158,6	173,4	188,1	209,3	0,494	27,5							

Tablo 3.9. (Devamı) Dikdörtgen kutu profil tablosu

KESİT	ENKESİT ÖLÇÜLERİ										KESİT ALAN		EKSEN ÖLÇÜLERİ					STATİK DEĞERLER					YÜZEY ALANI	
													EKSEN x - x / y - y											
	G	h	b	t	r ₁	r ₂	A	y _s	x _s	I _y	I _x	i _y	i _x	W _{ey}	W _{ex}	W _{py}	W _{px}	A _L	A _G					
kg/m	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	mm x 10	mm x 10	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ⁴ x 10 ⁴	mm x 10	mm x 10	mm ³	mm ³	mm ³	mm ³	mm ³	m ² /m	m ² /t					
120x160x5	20,858	120	160	5,0	7,5	2,5	26,6	60	80	622,4	969,8	4,8	6,0	103,7	121,2	118,2	143,9	0,547	47,9					
120x160x6	24,760	120	160	6,0	9,0	3,0	31,5	60	80	725,1	1132,3	4,8	6,0	120,9	141,5	138,6	168,8	0,545	40,4					
120x160x6,3	25,914	120	160	6,3	9,5	3,2	33,0	60	80	754,7	1179,1	4,8	6,0	125,8	147,4	144,6	176,1	0,544	38,6					
120x160x8	32,296	120	160	8,0	12,0	4,0	41,1	60	80	911,1	1428,4	4,7	5,9	151,8	178,6	176,4	215,1	0,539	31,0					
120x160x10	39,472	120	160	10,0	15,0	5,0	50,3	60	80	1073,0	1688,4	4,6	5,8	178,8	211,1	210,1	256,6	0,534	25,3					
140x160x4	18,122	140	160	4,0	6,0	2,0	23,1	70	80	729,4	894,7	5,6	6,2	104,2	111,8	118,9	130,1	0,590	55,2					
140x160x5	22,428	140	160	5,0	7,5	2,5	28,6	70	80	887,8	1090,0	5,6	6,2	126,8	136,2	145,5	159,4	0,587	44,6					
140x160x6	26,644	140	160	6,0	9,0	3,0	33,9	70	80	1037,3	1274,7	5,5	6,1	148,2	159,3	171,0	187,3	0,585	37,5					
140x160x6,3	27,892	140	160	6,3	9,5	3,2	35,5	70	80	1080,4	1328,0	5,5	6,1	154,3	166,0	178,4	195,5	0,584	35,9					
140x160x8	34,808	140	160	8,0	12,0	4,0	44,3	70	80	1310,7	1613,4	5,4	6,0	187,2	201,7	218,5	239,5	0,579	28,7					
140x160x10	42,612	140	160	10,0	15,0	5,0	54,3	70	80	1552,2	1913,8	5,3	5,9	221,7	239,2	261,3	286,6	0,574	23,5					
150x200x5	26,353	150	200	5,0	7,5	2,5	33,6	75	100	1252,0	1946,5	6,1	7,6	166,9	194,7	189,0	229,8	0,687	37,9					
150x200x6	31,354	150	200	6,0	9,0	3,0	39,9	75	100	1467,4	2285,5	6,1	7,6	195,7	228,5	222,7	270,9	0,685	31,9					
150x200x6,3	32,837	150	200	6,3	9,5	3,2	41,8	75	100	1529,9	2384,1	6,0	7,5	204,0	238,4	232,5	283,0	0,684	30,5					
150x200x8	41,088	150	200	8,0	12,0	4,0	52,3	75	100	1866,1	2916,4	6,0	7,5	248,8	291,6	286,2	348,6	0,679	24,3					
150x200x10	50,462	150	200	10,0	15,0	5,0	64,3	75	100	2224,3	3487,4	5,9	7,4	296,6	348,7	344,5	420,2	0,674	19,8					
150x250x5	30,278	150	250	5,0	7,5	2,5	38,6	75	125	1514,9	3322,3	6,3	9,3	202,0	265,8	225,2	319,3	0,787	33,0					
150x250x6	36,064	150	250	6,0	9,0	3,0	45,9	75	125	1778,6	3912,1	6,2	9,2	237,1	313,0	265,9	377,4	0,785	27,7					
150x250x6,3	37,783	150	250	6,3	9,5	3,2	48,1	75	125	1855,3	4084,4	6,2	9,2	247,4	326,8	277,8	394,4	0,784	26,5					
150x250x8	47,368	150	250	8,0	12,0	4,0	60,3	75	125	2269,8	5021,2	6,1	9,1	302,6	401,7	343,0	487,9	0,779	21,1					
150x250x10	58,312	150	250	10,0	15,0	5,0	74,3	75	125	2715,2	6039,4	6,0	9,0	362,0	483,2	414,5	590,9	0,774	17,1					
150x350x5	38,128	150	350	5,0	7,5	2,5	48,6	75	175	2040,7	7578,8	6,5	12,5	272,1	433,1	297,7	535,9	0,987	26,2					
150x350x6	45,484	150	350	6,0	9,0	3,0	57,9	75	175	2401,1	8957,5	6,4	12,4	320,1	511,9	352,3	635,3	0,985	22,0					
150x350x6,3	47,674	150	350	6,3	9,5	3,2	60,7	75	175	2506,2	9362,5	6,4	12,4	334,2	535,0	368,3	664,6	0,984	21,0					
150x350x8	59,928	150	350	8,0	12,0	4,0	76,3	75	175	3077,2	11583,3	6,3	12,3	410,3	661,9	456,6	826,4	0,979	16,7					
150x350x10	74,012	150	350	10,0	15,0	5,0	94,3	75	175	3696,8	14038,0	6,3	12,2	492,9	802,2	554,5	1007,3	0,974	13,5					
200x300x5	38,128	200	300	5,0	7,5	2,5	48,6	100	150	3372,8	6266,8	8,3	11,4	337,3	417,8	376,0	495,1	0,987	26,2					
200x300x6	45,484	200	300	6,0	9,0	3,0	57,9	100	150	3979,7	7407,9	8,3	11,3	398,0	493,9	445,5	587,0	0,985	22,0					
200x300x6,3	47,674	200	300	6,3	9,5	3,2	60,7	100	150	4157,5	7743,1	8,3	11,3	415,8	516,2	466,0	614,2	0,984	21,0					
200x300x8	59,928	200	300	8,0	12,0	4,0	76,3	100	150	5129,5	9582,5	8,2	11,2	512,9	638,8	579,0	763,9	0,979	16,7					
200x300x10	74,012	200	300	10,0	15,0	5,0	94,3	100	150	6197,4	11618,0	8,1	11,1	619,7	774,5	705,2	931,6	0,974	13,5					
200x320x5	39,698	200	320	5,0	7,5	2,5	50,6	100	160	3563,0	7310,6	8,4	12,0	356,3	456,9	395,5	544,4	1,027	25,2					
200x320x6	47,368	200	320	6,0	9,0	3,0	60,3	100	160	4205,5	8646,9	8,3	12,0	420,6	540,4	468,8	645,8	1,025	21,1					
200x320x6,3	49,652	200	320	6,3	9,5	3,2	63,3	100	160	4394,0	9039,9	8,3	12,0	439,4	565,0	490,4	675,8	1,024	20,1					
200x320x8	62,440	200	320	8,0	12,0	4,0	79,5	100	160	5424,6	11199,0	8,2	11,9	542,5	699,9	609,7	841,2	1,019	16,0					
200x320x10	77,152	200	320	10,0	15,0	5,0	98,3	100	160	6558,7	13594,6	8,3	11,8	655,9	849,7	743,2	1026,9	1,014	13,0					

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çalışma sonucunda eşit kollu köşebent, eşit kollu köşebentin sırta sırta getirilmesi ile oluşan T kesitli profiller, farklı kollu köşebentler, farklı kollu köşebentin sırta sırta getirilmesi ile oluşan profiller, kare ve dikdörtgen kesitli çelik profiller incelendi. Bu profillere ait kesit alanı, birim boy ağırlığı, birim uzunluk boya alanı, x ve y eksenlerine göre atalet momentleri, x ve y eksenlerine göre elastik ve plastik mukavemet momentleri, x ve y eksenlerine göre atalet yarıçapı değerleri hesaplandı. Hesaplanan değerler ile tüm kesitlere ait profil tabloları oluşturuldu. Kesit alanı, birim boy ağırlığı, birim uzunluk boya alanı, x ve y eksenlerine göre atalet momentleri, x ve y eksenlerine göre elastik ve plastik mukavemet momentleri, x ve y eksenlerine göre atalet yarıçapı değerlerin doğruluğunu kontrol etmek için bu değerler uluslararası çelik üreticisi olan bir firmanın yayınladığı çelik profil kataloğu (ArcelorMittal, 2016) ile karşılaştırıldı.

Yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen değerler ile çelik kataloğu arasındaki farklılık yüzdeleri Tablo 3.3’de gösterildi.

Bu çalışmada elde edilen profil tablolarının, tasarım yaparken doğru ve bilinçli şekilde kullanılması büyük faydalar sağlayabilir. Çelik, ağırlığına göre fiyatlandırılan bir malzemedir. Bu sebeple, aşağıda yapılan kıyaslamalarda profillerin birim ağırlıklarının artışının fiyat artışı ile aynı oranda olduğu kabul edilmiştir.

Eşit ve farklı kollu köşebentlere ait profil tabloları incelendiğinde, tasarım yaparken ekonomik ve dayanıklı tasarımlar yapabilmek için tabloları iyi analiz etmek gerektiği açık şekilde görülebilmektedir. Örneğin; L65x65x7 profili ile L100x65x7 profili kıyaslandığında, L100x65x7 profilinin birim boy ağırlığı L65x65x7 profiline göre %24,50 fazla olmasına karşın, x eksenine göre atalet momentinin %236,50 arttığı görülmektedir. X eksenine göre elastik mukavemet momenti ise %131,25 artmıştır. Elde edilen verileri en az maliyetle en sağlam tasarım prensibine göre yorumlayacak olursak, L100x65x7 köşebenti, L65x65x7 köşebentinden %24.50 daha pahalı olmasına karşılık x eksenine göre atalet momentini %236,25 arttırmıştır. Bu durumda, maliyete oranla atalet momentinin 10 kat artmış olduğu söylenebilir.

Bir başka örnekte ise L30x30x3 köşebenti ile 2L30x30x3 sırt sırta köşebent kıyaslanmıştır. 2L30x30x3 köşebentinin birim ağırlığı, L30x30x3 köşebentinin birim ağırlığının iki katı olmasına karşılık, elastik mukavemet momenti %477,81 artmıştır. Bu durumda, maliyet iki katına çıkmasına karşılık, moment kapasitesi neredeyse beş kat daha yüksek bir profil elde edildiği söylenebilir.

Kare profil tablosunu incelediğimizde, 100x100x3 kare kutu profilin et kalınlığı 3 mm'den 10 mm'ye çıkartıldığında, maliyet %198,49 artarken, atalet momenti %154,72 artmıştır. Bunu yerine kutu profilin kenarları 20'şer cm, et kalınlığı 2 cm arttırıldığında elde edilen 120x120x5 kare kutu profilin maliyeti %96,52 artarken, atalet momenti %175,59 artmaktadır. Görüldüğü üzere, maliyet yarıya düşmesine rağmen yaklaşık %20 daha fazla atalet momenti elde edilmiştir.

Bu örneklerden anlaşılabacağı üzere, profillerin en kesit özelliklerinde yapılan en ufak değişiklik bile ciddi dayanım farklılıklarına sebep olmaktadır. Bunun yanında daha maliyetli çözümler, kesitin daha dayanıklılığı olduğu anlamına gelmemektedir. Profilin en kesit özelliklerinin detaylı şekilde kıyaslanması ve en doğru şekil ve boyutta kesitin seçilmesi büyük önem arz etmektedir.

Bu durumda, çalışma sırasında oluşturmuş olduğumuz profil tablolarının elektronik tablo haline getirilmesi, ihtiyacımız olan profili belirlememizde büyük kolaylık sağlayacaktır. Öncelikle, elektronik tablolar filtrelenebilirler. Bu durum tasarımcının sadece ihtiyacı olan boyut ve şekillerdeki profilleri incelemesi için büyük kolaylık ve zaman tasarrufu sağlar. İkinci olarak elektronik tablolar, elde ettiğimiz sonuçları kolaylıkla birbirleriyle kıyaslamamızı sağlarlar. Paragrafın başında ortaya konulan en az maliyetle en dayanıklı tasarımı oluşturma prensibine uygun profilleri, hızlı ve doğru şekilde belirleyebilmemiz için elektronik tablolarının kolaylıkla birbirleriyle kıyaslanabilmesi, tasarım yaparken çok yardımcı olacaktır. Son olarak, teknolojinin çok hızlı bir şekilde geliştiği günümüz dünyasında, yapılan çalışmaların geçerliliklerini devam ettirebilmeleri için güncellenebilir olmaları çok önemlidir. Elektronik tablolar, her zaman güncellenebilir ve piyasanın ihtiyaçlarına göre düzenlenebilir.

Çalışmada oluşturulan elektronik profil tabloları birbirleriyle kıyaslanarak maliyet-dayanım grafikleri oluşturulmuştur. Bu grafikler sayesinde, Tablo üzerinde bulunan

değerler, anlamlı görseller haline getirilmiştir. Bu sayede tablodaki profillerin, tek bir grafik üzerinde birbirlerine göre atalet momenti değişimleri gösterilmiştir.

Sonuç olarak bu çalışmanın konuyla ilgili araştırma yapan mühendislik öğrencilerine ve tasarım yapan mühendislere faydalı olacağı düşünülmektedir.



KAYNAKLAR

- ArcelorMittal Europe. (2016). *Section and Merchant Bars Version 2016-1*. Lüksemburg.
- Bansal, R.K., (2007). *A Textbook Of Strength Of Materials* (4th ed.). New Delhi:Laxmi Publications.
- Bessemer, H., (1905). *An Autobiography Of Sir Henry Bessemer*, F.R.S. London: Offices Of Engineering
- Ersoy, U., (2007). Betonarme Yapıların Onarımı ve Güçlendirilmesi Uygulama ve araştırmalar. *VI. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, İstanbul, Türkiye, 16-20 Ekim 2007.
- Korashy, M. (2001). *Tables For Steel Constructions*.
- Meriam, J.L., Kraige, L.G., (2006). *Engineering Mechanics: Statics* (7th ed.). Texas: A&M University College Station
- Seydioğlu, S. (2008). Ön Üretimli İskelet Sistemlerin Dünyadaki Gelişimi v Depreme Dayanıklı Tasarım Yaklaşımları. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 179737.
- Susantha, K.A.S., Ge, H. and Usami, T. 2001. *Uniaxial stress–strain relationship of concrete confined by various shaped steel tubes*, *Engineering Structures*. (23), 1331–1347
- URL-1: <https://metaldunyasi.com.tr/tr/guncel/86/demir-ve-celik-uretiminin-kisa-bir-tarihcesi.html>, (Ziyaret tarihi: 28 Mayıs 2019).
- URL-2: <https://metaldunyasi.com.tr/tr/haberler/1064/turkiye-celik-ureticileri-dernegi-degerlendirme.html>, (Ziyaret tarihi: 15 Aralık 2021).
- Uy, B. (1998). Ductility, strength and stability of concrete filled fabricated steel box columns for tall buildings, *The Structural Design of Tall Buildings*. 7(2), 113–133. DOI: 10.1002/tal.610
- URL-3: <https://www.ortaklarticaret.com/kutu-profiller>, (Ziyaret tarihi: 16 Aralık 2021).
- URL-4: <https://www.quora.com/What-are-the-differences-between-equal-and-unequal-angle-sections-Where-are-they-used>, (Ziyaret tarihi: 2 Aralık 2021).
- URL-5: [https://en.wikipedia.org/wiki/Cross_section_\(geometry\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Cross_section_(geometry)), (Ziyaret tarihi: 20 Mayıs 2020).

- URL-6: https://www.calculator.org/properties/mass_per_unit_length.html#:~:text=W hat%20is%20Mass%20per%20Unit,yarns%20in%20the%20textile%20industry, (Ziyaret tarihi: 20 Mayıs 2020).
- URL-8: https://tr.wikipedia.org/wiki/Eylemsizlik_moment_i, (Ziyaret tarihi: 23 Mayıs 2020).
- URL-9: https://www.turkcebilgi.com/eylemsizlik_yar%C4%B1%C3%A7ap%C4%B1#post, (Ziyaret tarihi: 28 Mayıs 2020).
- URL-10: https://en.wikipedia.org/wiki/Section_modulus, (Ziyaret tarihi: 03 Haziran 2020).
- URL-11: <https://nrsyed.com/2018/02/06/moments-of-inertia-products-of-inertia-and-the-inertia-tensor/>, (Ziyaret tarihi: 07 Haziran 2020).
- URL-12: <https://muhendishane.org/kutuphane/malzemelerin-mekanik-davranisi/mohr-cemberi-ve-asal-gerilimler/>, (Ziyaret tarihi: 10 Haziran 2020).
- URL-13: <https://www.aisc.org/globalassets/aisc/research-library/analytical-and-experimental-studies-of-double-angle-framing-connections.pdf>, (Ziyaret tarihi: 16 Aralık 2021).
- URL-14: <https://muhendishane.org/kutuphane/malzemelerin-mekanik-davranisi/mohr-cemberi-ve-asal-gerilimler/>, (Ziyaret tarihi: 3 Kasım 2021).
- URL-15: <https://www.thesantiye.com/kutu-profil-nedir/> (Ziyaret tarihi: 3 Kasım 2021).
- URL-16: <https://www.karacametal.com/dikdortgen-kutu-profil> (Ziyaret tarihi: 3 Kasım 2021).
- URL-17: <https://www.serdarkorkut.com/2017/05/11/mohr-cemberi/> (Ziyaret tarihi: 5 Şubat 2022).
- URL-18: <https://www.karacapaslanmaz.com/304-kare-profil-fiyatlari/> (Ziyaret tarihi: 15 Şubat 2022).

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

Okay F., **Karakuş Y.**, Çelik Köşebentlerin Enkesit Özelliklerinin Elektronik Tablolar Haline Getirilmesi, *4. Uluslararası Mühendislik Mimarlık Ve Tasarım Kongresi*, İstanbul, 23-24 Nisan 2019.



ÖZGEÇMİŞ

İlk ve orta eğitimini İstanbul’da tamamladı. 2010 yılında Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği bölümünü kazandı. İlk yıl İngilizce hazırlık eğitimi aldı. 2015 yılında İnşaat Mühendisliği bölümünden mezun oldu. Aynı yıl, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim dalında yüksek lisansa başladı.

