

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**BETON DOLGULU ÇELİK TÜP KOMPOZİT KOLONLU YÜKSEK KATLI
YAPILARIN SOSYAL ÖRÜMCEK OPTİMİZASYONU ALGORİTMASI İLE
OPTİMUM BOYUTLANDIRILMASI**

Ahmed PAKSOY

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZİRAN 2018

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**BETON DOLGULU ÇELİK TÜP KOMPOZİT KOLONLU YÜKSEK KATLI
YAPILARIN SOSYAL ÖRÜMCEK OPTİMİZASYONU ALGORİTMASI İLE
OPTİMUM BOYUTLANDIRILMASI**

Ahmed PAKSOY

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZİRAN 2018

ANTALYA

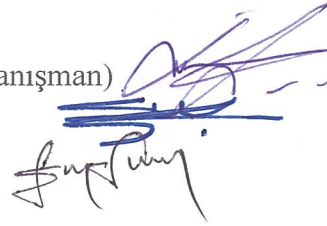
T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BETON DOLGULU ÇELİK TÜP KOMPOZİT KOLONLU YÜKSEK KATLI
YAPILARIN SOSYAL ÖRÜMCEK OPTİMİZASYONU ALGORİTMASI İLE
OPTİMUM BOYUTLANDIRILMASI**

Ahmed PAKSOY
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 21/06/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi İbrahim AYDOĞDU (Danışman)
Doç. Dr. Serdar ÇARBAŞ
Dr. Öğr. Üyesi Engin EMSEN



ÖZET

BETON DOLGULU ÇELİK TÜP KOMPOZİT KOLONLU YÜKSEK KATLI YAPILARIN SOSYAL ÖRÜMCEK OPTİMİZASYONU ALGORİTMASI İLE OPTİMUM BOYUTLANDIRILMASI

Ahmed PAKSOY

Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi İbrahim AYDOĞDU

Haziran 2018, 83 sayfa

Tez çalışmasında beton dolgulu çelik tüp kompozit kolonlu yüksek yapılar için optimum tasarımlar elde eden programlar geliştirmesi, literatüre özgün ve yenilikçi çalışmalar sunulması, optimizasyon işleminin kompozit yapıların tasarımında kullanımına teşvik edilmesi ve yüksek katlı yapılarda kompozit kolon kullanılmasının çelik yapılara göre sağladığı maliyet avantajının araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda beton dolgulu çelik tüp kompozit kolonlu yüksek katlı yapıların maliyet açısından en avantajlı hale getirmek için algoritmalar geliştirilmiştir. Bu algoritmalar ile yapı optimizasyonunda başarı ile uygulanmış ve etkinliği kanıtlanmış meta-sezgisel yöntemlerden olan sosyal örümcek optimizasyonu (SÖO) algoritması kullanılmıştır.

Tasarım değişkenlerinin çelik ve kompozit kesitler olarak belirlendiği tez çalışmasında iki farklı formda her biri 5 farklı kata sahip olmak üzere toplam 10 tasarım örneği 3 boyutlu olarak modellenmiştir. Tasarım örnekleri, Fortran programlama dilinde kodlanan sosyal örümcek ağı optimizasyonu algoritması ile optimum olarak boyutlandırılmıştır.

Bu çalışma kapsamında sosyal örümcek optimizasyonu algoritmasının beton dolgulu çelik tüp kompozit kolonlu yüksek yapılar için optimum tasarımlar elde etmekte başarı sağladığı ve kolonların kompozit olarak tasarlanmasının farklı yükseklikteki yapıların her birinde yapı maliyetini düşürdüğü görülmüştür.

ANAHTAR KELİMELER: Çelik Tüp, Kompozit Kolon, Meta-Sezgisel, Optimizasyon, Optimum Tasarım, Sosyal Örümcek Optimizasyonu, Yüksek Katlı Yapı

JÜRİ: Dr. Öğr. Üyesi İbrahim AYDOĞDU

Doç. Dr. Serdar ÇARBAŞ

Dr. Öğr. Üyesi Engin EMSİN

ABSTRACT

OPTIMUM DESIGN OF TALL BUILDINGS WITH CONCRETE FILLED STEEL TUBE COMPOSITE COLUMN BY USING ALGORITHM OF SOCIAL SPIDER OPTIMIZATION

Ahmed PAKSOY

MSc Thesis in Civil Engineering

Supervisor: Asst. Prof. Dr. İbrahim AYDOĞDU

June 2018, 83 pages

The aims of this thesis are to develop programs to obtain optimum designs for tall buildings with concrete filled steel tube composite columns, to provide literature with specific and innovative works, to encourage the usage of optimization process in designing composite structures, and to investigate the cost advantage of using composite columns compared to steel structures in tall buildings. For this purpose, algorithms have been developed to make the tall buildings with concrete filled steel tube composite columns the most profitable in terms of cost. With these algorithms, the social spider optimization (SSO) algorithm, which is a meta-heuristic method that has been successfully applied in structure optimization and proven to be effective, has been used.

In the thesis study, where the design variables are determined as steel and composite sections, 10 design samples with 2 different forms each having 5 distinct stories have been developed in 3-dimensions. The design examples are optimally sized by the social spider optimization algorithm coded in the Fortran programming language.

In this study, it has been found that the social spider optimization algorithm achieved success in obtaining optimum designs for tall buildings with concrete filled steel tube composite columns and that the composite designing of the columns reduces the construction cost in each of the structures with different heights.

KEY WORDS: Composite Column, Meta-Heuristic, Optimization, Optimum Design, Social Spider Optimization, Steel Tube, Tall Building

COMMITTEE: Asst. Prof. Dr. İbrahim AYDOĞDU

Assoc. Prof. Dr. Serdar ÇARBAŞ

Asst. Prof. Dr. Engin EMSEN

ÖNSÖZ

Bu çalışma Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak gerçekleştirilmiştir. Beton Dolgulu Çelik Tüp Kompozit Kolonlu Yüksek Katlı Yapıların Sosyal Örümcek Optimizasyonu Algoritması ile Optimum Boyutlandırılması konusundaki bu çalışmama değerli fikir ve yardımlarıyla beni yönlendiren ve bana her konuda yardımcı olan, birlikte çalışmaktan büyük onur duyduğum danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi İbrahim AYDOĞDU'ya teşekkürlerimi sunmaktan mutluluk duyarım.

Bu tez çalışmasına katkıda bulunacak öneri ve çabaları için tez komitesinde bulunan değerli hocalarıma teşekkür ederim. Ayrıca her zaman bana desteklerini ve yardımlarını esirgemeyen sevgili eşime ve değerli aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.



AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Beton Dolgulu Çelik Tüp Kompozit Kolonlu Yüksek Katlı Yapıların Sosyal Örümcek Optimizasyonu Algoritması ile Optimum Boyutlandırılması” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak bulunduğunu belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

01/06/2018

Ahmed PAKSOY



İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI.....	3
2.1. Kuramsal Bilgiler	3
2.1.1. Yüksek katlı yapıların tarihçesi.....	3
2.1.2. Günümüzde yüksek katlı yapılar.....	4
2.1.3. Kullanımına göre yüksek katlı yapılar	6
2.1.4. Malzemelerine göre yüksek katlı yapılar	7
2.1.4.1. Yüksek katlı kompozit yapılar	8
2.1.4.2. Kompozit kolon.....	9
2.1.5. Beton dolgulu kompozit kolonlar	10
2.1.6. Beton dolgulu kompozit kolonların tasarım ilkeleri	10
2.1.6.1. Yerel burkulmanın sınıflandırılması	10
2.1.6.2. Nominal mukavemetin hesaplanması.....	14
2.1.6.3. Nominal çekme dayanımı.....	14
2.1.6.4. Nominal basınç dayanımı	14
2.1.6.5. Nominal eğilme dayanımı	18
2.1.6.6. Nominal kesme dayanımı	27
2.1.6.7. Majör yöndeki kesme	28
2.1.6.8. Minör yöndeki kesme.....	29
2.1.6.9. Nominal burulma dayanımı.....	29

2.2. Literatürde Yer Alan Çalışmalar	31
3. MATERYAL VE METOT	33
3.1. Optimizasyon Kavramı	33
3.1.1. Tasarım değişkenleri	33
3.1.2. Amaç fonksiyonu	33
3.1.3. Sınırlayıcılar	33
3.2. Optimizasyon Yöntemleri	33
3.2.1. Klasik optimizasyon yöntemleri	34
3.2.2. Meta-Sezgisel optimizasyon yöntemleri	34
3.2.2.1. Genetik algoritma yöntemi	34
3.2.2.2. Biyocoğrafya yöntemi	34
3.2.2.3. Ağaç tohum yöntemi	35
3.3. Optimizasyon Probleminin Matematiksel Modeli	35
3.3.1. Amaç fonksiyonu ve tasarım değişkenleri	35
3.3.2. Sınırlayıcı fonksiyonları	36
3.3.3. Mukavemet/ gerilme sınırlayıcı fonksiyonları	36
3.3.4. Deplasman ve öteleme sınırlayıcı fonksiyonları	37
3.4. Sosyal Örümcek Optimizasyonu	37
3.5. Materyaller	40
3.5.1. Kompozit kolon	40
3.5.2. Kullanılan yapı malzemeleri	41
3.5.2.1. Beton	41
3.5.2.2. Çelik	41
3.5.3. Yapı malzemeleri birim maliyetleri	41
3.6. Yapı Modelleri	42
3.6.1. Düzenli form yapı modeli	42

3.6.1.1. Düzenli form tasarım örneği gruplandırma yöntemi	43
3.6.2. Düzensiz form yapı modeli	44
3.6.2.1. Düzensiz form tasarım örneği gruplandırma yöntemi	45
3.7. Yapı Analiz Türleri	46
3.8. Yük ve Yük Kombinasyonları	46
3.8.1. Yük ve Dayanım Katsayılarıyla Tasarım (LRFD) yük kombinasyonları	47
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	48
4.1. Sosyal Örümcek Optimizasyonu Yönteminin Uygulanabilirliği	48
4.2. Tasarım Örnekleri	49
4.2.1. 10 katlı 400 elemanlı düzenli form tasarım örneği	49
4.2.1.1. 10K-400E-F1 tasarım örneğinin gruplandırılması	50
4.2.1.2. 10K-400E-F1 tasarım örneğinin analiz sonuçları	50
4.2.2. 15 Katlı 600 elemanlı düzenli form tasarım örneği	52
4.2.2.1. 15K-600E-F1 tasarım örneğinin gruplandırılması	52
4.2.2.2. 15K-600E-F1 tasarım örneğinin analiz sonuçları	53
4.2.3. 30 Katlı 1200 elemanlı düzenli form tasarım örneği	55
4.2.3.1. 30K-1200E-F1 tasarım örneğinin gruplandırılması	55
4.2.3.2. 30K-1200E-F1 tasarım örneğinin analiz sonuçları	55
4.2.4. 45 Katlı 1800 elemanlı düzenli form tasarım örneği	57
4.2.4.1. 45K-1800E-F1 tasarım örneğinin gruplandırılması	57
4.2.4.2. 45K-1800E-F1 tasarım örneğinin analiz sonuçları	58
4.2.5. 60 Katlı 2400 elemanlı düzenli form tasarım örneği	60
4.2.5.1. 60K-2400E-F1 tasarım örneğinin gruplandırılması	60
4.2.5.2. 60K-2400E-F1 tasarım örneğinin analiz sonuçları	61
4.2.6. 10 Katlı 310 elemanlı düzensiz form tasarım örneği	62
4.2.6.1. 10K-310E-F2 tasarım örneğinin gruplandırılması	63

4.2.6.2. 10K-310E-F2 tasarım örneğinin analiz sonuçları	63
4.2.7. 15 Katlı 465 elemanlı düzensiz form tasarım örneği	65
4.2.7.1. 15K-465E-F2 tasarım örneğinin gruplandırılması	65
4.2.7.2. 15K-465E-F2 tasarım örneğinin analiz sonuçları	65
4.2.8. 30 Katlı 930 elemanlı düzensiz form tasarım örneği	67
4.2.8.1. 30K-930E-F2 tasarım örneğinin gruplandırılması	67
4.2.8.2. 30K-930E-F2 tasarım örneğinin analiz sonuçları	68
4.2.9. 45 Katlı 1395 elemanlı düzensiz form tasarım örneği	69
4.2.9.1. 45K-1395E-F2 tasarım örneğinin gruplandırılması	69
4.2.9.2. 45K-1395E-F2 tasarım örneğinin analiz sonuçları	70
4.2.10. 60 Katlı 1860 elemanlı düzensiz form tasarım örneği	71
4.2.10.1. 60K-1860E-F2 tasarım örneğinin gruplandırılması	71
4.2.10.2. 60K-1860E-F2 tasarım örneğinin analiz sonuçları	72
4.3. Aynı Tasarıma Sahip BDÇTKK Yapıların Çelik Yapılarla Maliyetlerinin Karşılaştırılması.....	73
4.4. BDÇTKK Yapıların Çelik Yapılarla Yapı Yüksekliğine Bağlı Olarak Maliyet Karşılaştırması	75
4.5. Beton Dolgulu Çelik Tüp Kompozit Kolonlu Yapılarda Çelik Maliyetinin Beton Maliyetiyle Karşılaştırılması	76
4.6. SÖO Algoritması İle Diğer Analiz Programlarının Karşılaştırılması	76
5. SONUÇLAR	78
6. KAYNAKLAR	79
ÖZGEÇMİŞ	

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

λ	: Plaka incelik oranı veya en narin tabakanın genişlik-kalınlık oranı
λ_p	: Kompakt ve kompakt olmayan kesitler arasındaki plaka genişlik / kalınlık oranı sınırı
λ_r	: Kompakt olmayan ve narin kesitler arasındaki plaka genişliği-kalınlık oranı sınırı
P_e	: Elastik kritik burkulma yükü
A_c	: Beton alanı
A_s	: Çelik kesitin alanı
E_c	: Betonun elastisite modülü
EI_{eff}	: Kompozit bölümün etkili rijitliği
C_3	: Dolgulu kompozit basınç elemanlarının etkin rijitliğinin hesaplanması için katsayı
E_s	: Çelik elastisite modülü
F_y	: Çelik kesitin belirtilen minimum akma gerilmesi
F_{ysr}	: Donatı çubuklarının belirtilen minimum akma gerilmesi
I_c	: Kompozit kesitin elastik nötr eksenini etrafında beton kısmının atalet momenti
I_s	: Kompozit kesitin elastik nötr eksenini etrafında çelik şeklin atalet momenti
I_{sr}	: Kompozit kesitin elastik nötr eksenini etrafında takviye çubuklarının atalet momenti
K	: Etkili uzunluk faktörü
L	: Elemanın desteklenmeyen yatay boyu
f'_c	: Betonun belirtilen basınç dayanımı

Kısaltmalar

BDÇTKK	:	Beton Dolgulu Çelik Tüp Kompozit Kolon
SÖO	:	Sosyal Örümcek Optimizasyonu
SSO	:	Social Spider Algorithm
DÖ	:	Dominant Örümcek
DOÖ	:	Dominant Olmayan Örümcek
GA	:	Genetik Algoritma
CTBUH	:	Council on Tall Buildings and Urban Habitat
HSS	:	Hollow Structural Sections-Dikdörtgen Boşluklu Yapısal Kesitler
ERW	:	Electric Resistance Welding
SAW	:	Submerged Arc Welded
LRFD	:	Load and Resistance Factor Design
YDKT	:	Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım
ASD	:	Allowable Strength Design
GKT	:	Güvenlik Katsayıları ile Tasarım
AA ASD 2000:		American Association Allowable Stress Design 2000
ABC	:	Artificial Bee Colony
AISC	:	American Institute Of Steel Construction
ASCE	:	American Society Of Civil Engineer
ASD 89	:	Allowable Stress Design 89
BBO	:	Biogeography-based Optimization
BSO	:	Brain Storming Optimization
CBBO	:	Chaotic Biogeography-based Optimization
DE	:	Differential Evolution
EA	:	Evolutionary Algorithm

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Home Insurance binası	3
Şekil 2.2. Kullanım şekline göre en yüksek 100 yapı.....	7
Şekil 2.3. Malzemeye göre en yüksek 100 yapı.....	8
Şekil 2.4. Kompozit yapı elemanları.....	9
Şekil 2.5. Kompozit kolon türleri	10
Şekil 2.6. AISC 360-10 geometrik özelliklerin tanımı	12
Şekil 2.7. Basınç elemanlarının genişlik-kalınlık oranlarının sınırlandırılması	13
Şekil 2.8. Basınç elemanlarının genişlik-kalınlık oranlarının sınırlandırılması	13
Şekil 2.9. Kompakt kesit - M_p hesaplamak için gerilme blokları	19
Şekil 2.10. Kompakt olmayan kesit - M_y hesaplamak için gerilme blokları	20
Şekil 2.11. Narin kesit - ilk akma momentini hesaplamak için gerilme blokları.....	20
Şekil 2.12. Dolgulu dikdörtgen veya kare HSS, güçlü eksenli bağlantı noktaları.....	21
Şekil 2.13. Dolgulu dikdörtgen veya kare HSS, güçlü eksenli bağlantı noktaları.....	22
Şekil 2.14. Dolgulu dikdörtgen veya kare HSS, güçlü eksenli bağlantı noktaları.....	23
Şekil 2.15. Dolgulu dikdörtgen veya kare HSS, güçlü eksenli bağlantı noktaları.....	24
Şekil 2.16. Dolgulu yuvarlak HSS bağlantı noktaları.....	26
Şekil 2.17. Boru kesitlerinin boyutları.....	26
Şekil 3.1. Tez çalışmasında kullanılan BDÇTKK kesiti.....	41
Şekil 3.2. Çelik yapı modelleri plan görünümü a) Düzenli form b) Düzensiz form.....	42
Şekil 3.3. 15 katlı 600 elemanı düzenli form tasarım örneği model görüntüsü.....	43
Şekil 3.4. Düzenli form tasarım örneği gruplandırma yöntemi	44
Şekil 3.5. 15 katlı 465 elemanı düzensiz form tasarım örneği model görüntüsü.....	45
Şekil 3.6. Düzensiz form tasarım örneği gruplandırma yöntemi	46
Şekil 4.1. 10K-400E-F1 tasarım örneği maliyet-tekrar sayısı BDÇTKK-çelik karşılaştırmalı grafiği	52

Şekil 4.2. 15K-600E-F1 tasarım örneği maliyet-tekrar sayısı	54
Şekil 4.3. 30K-1200E-F1 tasarım örneği maliyet-tekrar sayısı	57
Şekil 4.4. 45K-1800E-F1 tasarım örneği maliyet-tekrar sayısı	60
Şekil 4.5. 60K-2400E-F1 tasarım örneği maliyet-tekrar sayısı	62
Şekil 4.6. 10K-310E-F2 tasarım örneği maliyet-tekrar sayısı	64
Şekil 4.7. 15K-465E-F2 tasarım örneği maliyet-tekrar sayısı	67
Şekil 4.8. 30K-930E-F2 tasarım örneği maliyet-tekrar sayısı	69
Şekil 4.9. 45K-1395E-F2 tasarım örneği maliyet-tekrar sayısı	71
Şekil 4.10. 60K-1860E-F2 tasarım örneği maliyet-tekrar sayısı	73
Şekil 4.11. Düzenli formda BDÇTKK yapıların çelik yapılarla maliyetlerinin karşılaştırılması	74
Şekil 4.12. Düzensiz formda BDÇTKK Yapıların Çelik Yapılarla Maliyetlerinin Karşılaştırılması	74
Şekil 4.13. BDÇTKK yapıların çelik yapılarla yapı yüksekliğine bağlı olarak maliyet karşılaştırması	75
Şekil 4.14. Yapıların tasarımının düzenli olmasının birim maliyete etkisi.....	76
Şekil 4.15. 15K-600E-F1 tasarım örneğinin ETABS programında giriş ve kolon kapasiteleri	77

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Bugüne kadar yapımı tamamlanmış en yüksek 50 yapı	4
Çizelge 3.1. Tez çalışmasında kullanılacak BDÇTKK boyutları	40
Çizelge 3.2. Tasarım örneklerine yapılan yüklemeler	47
Çizelge 4.1. Tez çalışmasında analiz edilen tasarım örnekleri	48
Çizelge 4.2. Tez çalışmasında analiz edilen tasarım örneklerinin detayları	49
Çizelge 4.3. 10K-400E-F1 tasarım örneğinin gruplandırılması.....	50
Çizelge 4.4. 10K-400E-F1 BDÇTKK tasarım örneği analiz sonuçları	50
Çizelge 4.5. 10K-400E-F1 çelik tasarım örneği analiz sonuçları	51
Çizelge 4.6. 10K-400E-F1 elde edilen optimum kesitler	51
Çizelge 4.7. 15K-600E-F1 tasarım örneğinin gruplandırılması.....	53
Çizelge 4.8. 15K-600E-F1 BDÇTKK tasarım örneği analiz sonuçları	53
Çizelge 4.9. 15K-600E-F1 çelik tasarım örneği analiz sonuçları	53
Çizelge 4.10. 15K-600E-F1 elde edilen optimum kesitler	54
Çizelge 4.11. 30K-1200E-F1 tasarım örneğinin gruplandırılması.....	55
Çizelge 4.12. 30K-1200E-F1 BDÇTKK tasarım örneği analiz sonuçları	55
Çizelge 4.13. 30K-1200E-F1 çelik tasarım örneği analiz sonuçları	56
Çizelge 4.14. 30K-1200E-F1 elde edilen optimum kesitler	56
Çizelge 4.15. 45K-1800E-F1 tasarım örneğinin gruplandırılması.....	58
Çizelge 4.16. 45K-1800E-F1 BDÇTKK tasarım örneği analiz sonuçları	58
Çizelge 4.17. 45K-1800E-F1 çelik tasarım örneği analiz sonuçları	58
Çizelge 4.18. 45K-1800E-F1 elde edilen optimum kesitler	59
Çizelge 4.19. 60K-2400E-F1 tasarım örneğinin gruplandırılması.....	61
Çizelge 4.20. 60K-2400E-F1 BDÇTKK tasarım örneği analiz sonuçları	61
Çizelge 4.21. 60K-2400E-F1 elde edilen optimum kesitler	61
Çizelge 4.22. 10K-310E-F2 tasarım örneğinin gruplandırılması.....	63

Çizelge 4.23.	10K-310E-F2 BDÇTKK tasarım örneği analiz sonuçları	63
Çizelge 4.24.	10K-310E-F2 çelik tasarım örneği analiz sonuçları	63
Çizelge 4.25.	10K-310E-F2 elde edilen optimum kesitler	64
Çizelge 4.26.	15K-465E-F2 tasarım örneğinin gruplandırılması.....	65
Çizelge 4.27.	15K-465E-F2 BDÇTKK tasarım örneği analiz sonuçları	65
Çizelge 4.28.	15K-465E-F2 çelik tasarım örneği analiz sonuçları	66
Çizelge 4.29.	15K-465E-F2 elde edilen optimum kesitler	66
Çizelge 4.30.	30K-930E-F2 tasarım örneğinin gruplandırılması.....	67
Çizelge 4.31.	30K-930E-F2 BDÇTKK tasarım örneği analiz sonuçları	68
Çizelge 4.32.	30K-930E-F2 çelik tasarım örneği analiz sonuçları	68
Çizelge 4.33.	30K-930E-F2 elde edilen optimum kesitler	68
Çizelge 4.34.	45K-1395E-F2 tasarım örneğinin gruplandırılması.....	69
Çizelge 4.35.	45K-1395E-F2 BDÇTKK tasarım örneği analiz sonuçları	70
Çizelge 4.36.	45K-1395E-F2 elde edilen optimum kesitler	70
Çizelge 4.37.	60K-1860E-F2 tasarım örneğinin gruplandırılması.....	72
Çizelge 4.38.	60K-1860E-F2 BDÇTKK tasarım örneği analiz sonuçları	72
Çizelge 4.39.	60K-1860E-F2 elde edilen optimum kesitler	72

1. GİRİŞ

Hızla gelişen teknolojinin etkisiyle insanlar geçmişten bugüne her konuda ihtiyaçlarını ve buna bağlı olarak yeteneklerini artırmıştır. Bu durum inşaat mühendisliğinde de karşımıza çıkmaktadır. Artan dünya nüfusuyla barınma ve diğer sebeplerden dolayı daha fazla yapıya ihtiyaç duyulmuş, fakat azalan kaynaklar ve deprem gibi doğal afetler nedeniyle de daha optimum tasarımlar yapılarak daha ekonomik ve dayanıklı yapılara yönelme zorunluluğu doğmuştur.

Başta büyük şehirler olmak üzere, dünyanın birçok yerinde kullanılabilir alanların daha kısıtlı hale gelmesinden dolayı yüksek katlı yapıların sayılarının arttığı görülmektedir. Dünyadaki yüksek katlı yapılar hakkında araştırmalar ve yayınlar yapan bir kuruluş olan Council on Tall Buildings and Urban Habitat (CTBUH)'ın verilerine göre, dünyada 200 metreden yüksek olan bina sayısı, 2000 yılında 213 iken 2017 yılı itibarıyla %402 artarak 1319'a ulaşmıştır.

Yüksek katlı yapıların sayılarının bu denli hızlı artması tasarımları ile ilgili gelişmeleri de beraberinde getirmiştir. Yüksek katlı yapılarda ağırlıklı olarak kullanılan çelik, gelişen teknoloji ve mühendislik teknikleriyle yerini betonarme ve kompozit yapılara bırakmıştır.

Kompozit yapılar, yapı taşıyıcı sistem elemanlarının farklı yapı malzemelerinden oluşturulduğu yapılardır. Çelik - beton kompozit yapılarda, yüksek gerilme ve esneklik özelliğine sahip çelik ile yüksek basınç mukavemeti ve korozyon direncine sahip betonun çeşitli kombinasyonları (yapısal çeliğin betona gömülmesi, kapalı kutu çelik kesit içine beton doldurulması, yapısal çeliğin gövde boşluklarının beton ile doldurulması vb.) kullanılmakta ve uygulanmaktadır. Çelik ve betonun pozitif özelliklerinin büyük ölçüde birleştirilmesini sağlayan ve gelişmiş ülkelerde kullanımı oldukça yaygın olan çelik - beton kompozit yapıların, yapı ağırlığının betonarme yapılara göre düşük olması, süneklik düzeyinin yüksek olması, yalın çelik yapılara göre daha az çeliğe gereksinim duyulması, yine yalın çelik yapılara göre yangın yalıtımı, yapı elemanlarının fabrika veya atölye ortamında üretilmesi nedeni ile malzeme kalitesinin yüksek olması ve yüksek dayanıma sahip olması gibi özelliklerinden dolayı ülkemizde de özellikle yüksek katlı yapılarda kullanımı hızla artmaktadır.

Kompozit yapılarda tasarım grup sayısının, tasarım gruplarında kullanılacak çelik profillerin ve taşıyıcı elemanların boyut çeşitliliğinin fazla olması sebebiyle oldukça fazla tasarım kombinasyonu ortaya çıkmaktadır. Tasarımcının deneme yanılma veya tecrübe ile bu kadar fazla tasarım kombinasyonu arasından hem en ekonomik hem de şartnamelerce belirlenen kriterleri sağlayan tasarımı, kısacası en uygun tasarımı bulması neredeyse imkansızdır. Bu tür problemlerin çözümü için optimizasyon en iyi araçtır. En kısa tanımıyla optimizasyon, belirli amaç(lar) ve sınırlayıcı(lar) altında tanımlanan problemin mevcut çözümleri arasından en uygun olanını bulma işlemidir.

Optimizasyon iki ana aşamadan oluşur. İlk aşamada, problem (tasarım problemi) optimizasyon problemine dönüştürülür. İkinci aşamada ise seçilen uygun optimizasyon yöntem(ler)i, oluşturulan optimizasyon problemine uygulanarak problem çözülür. Tipik bir optimizasyon probleminin oluşturulması için üç ana bileşenin oluşturulması gerekmektedir. Bunlar; amaç fonksiyonu/ fonksiyonları, sınırlayıcı fonksiyonu/

fonksiyonları ve tasarım değişkenleridir. Bu tez çalışmasında amaç; yapının maliyetini minimize etmektir. Bu sebeple amaç fonksiyonu, kompozit kolonlu yapıların maliyeti olacaktır. Problemden tasarım değişkenleri ise yapıların maliyetinin bağlı olduğu değişkenler olan, kullanılan çelik profiller ve yapı eleman boyutlarıdır. Tez çalışmasının sınırlayıcı fonksiyonları ise şartnamelerce belirlenmiş gerilme/ mukavemet sınırlayıcı, deplasman sınırlayıcı ve geometrik (uygulama) sınırlayıcı fonksiyonlarıdır. Yapı optimizasyonu probleminde tanımlı amaç ve sınırlayıcı fonksiyonlar, genelde hem doğrusal hem de sürekli olmayan fonksiyonlar olup tasarım değişkenleri de genellikle sürekli değildirler. Bu sebeple; yapı optimizasyon probleminin matematiksel optimizasyon yöntemleri ile çözümü oldukça zor olup, bu tip problemlerin çözümü için genellikle meta-sezgisel optimizasyon yöntemleri tercih edilmektedir.

Yapay zeka tekniklerine dayanan meta sezgisel yöntemler, türevsel ifadeler ve başlangıç tahminlerine ihtiyaç duymazlar ve genellikle doğa olaylarından ve doğadaki canlıların davranışlarından esinlenerek geliştirilirler. Genetik algoritma; karınca kolonisi, parçacık küme, harmoni arama, yapay arı kolonisi ve biyocoğrafya yöntemleri meta-sezgisel yöntemlerin en yaygın olanları arasındadır. Bu tez çalışmasında yapı optimizasyonunda başarı ile uygulanmış ve etkinliği kanıtlanmış meta-sezgisel yöntemlerden sosyal örümcek optimizasyonu algoritması kullanılacaktır.

Bu tez çalışması hazırlanırken izlenen yol şu şekildedir: Yüksek katlı yapılar, yüksek katlı kompozit yapılar, kompozit kolonlu yapılar ve beton dolgulu kompozit kolonların tasarım ilkeleri hakkında bilgilere ikinci bölümde yer verilecektir; ve ikinci bölüm bitirilecektir. Üçüncü bölümde; optimizasyon kavramı, optimizasyon problemi tanımlanacak, amaç fonksiyonu ve sınırlayıcıları hakkında detaylı bilgi verilecektir. Devamında ise tez çalışması için belirlenen meta-sezgisel yöntemlerden olan sosyal örümcek optimizasyonu (SÖO) algoritması hakkında bilgiler verilecektir. Dördüncü bölümde ise tasarım değişkenlerinin çelik ve kompozit kesitler olarak belirlendiği iki farklı formda her biri 40, 60, 120, 180 ve 240 metre yüksekliğe sahip olmak üzere toplam 10 tasarım örneği, 3 boyutlu olarak modellenecektir. Tasarım örnekleri, Fortran programlama dilinde kodlanan sosyal örümcek ağı optimizasyonu algoritması ile optimum olarak boyutlandırılacaktır. Aynı tasarım örnekleri, kompozit kolon yerine tamamen çelik olarak yine aynı optimizasyon yöntemi ile geliştirilen program yardımıyla boyutlandırılacaktır. Dördüncü bölümün devamında, hesaplanan maliyetlerin analizi yapılacak, bütün tasarım örneklerinin verileri sunulacaktır. Son bölüm olan beşinci bölümde ise kompozit kolonlu tasarım örneklerinin optimizasyonundan elde edilen veriler ile çelik kolonlu tasarım örneklerinin optimizasyonundan elde edilen veriler arasında maliyet karşılaştırılması yapılacak; beton dolgulu çelik tüp kompozit kolon kullanmanın daha ekonomik olup olmadığı değerlendirilecektir.

2. KAYNAK TARAMASI

2.1. Kuramsal Bilgiler

2.1.1. Yüksek katlı yapıların tarihçesi

Yüksek yapıların kesin bir tanımı olmamakla birlikte farklı tanımlamalar yapılmıştır. Amerika Birleşik Devletleri(ABD)’nde CTBUH’a göre 14 kattan fazla veya 50 metreden yüksek olan binalar için yüksek yapı tanımı kullanılırken, 200 metreden yüksek yapılar süper yüksek, 300 metreden yüksek olan yapılar ise mega yüksek yapılar olarak tanımlanmaktadır. Ülkemizde ise 3 Temmuz 2017 tarihinde Resmi Gazete’de yayımlanan Planlı Alanlar Tip İmar Yönetmeliği’ne göre, bina yüksekliği 21.50 metre veya yapı yüksekliği 30.50 metreden yüksek olan binalar yüksek yapı, bina yüksekliği 51.50 metreden ve yapı yüksekliği 60.50 metreden yüksek olan binalar ise çok yüksek yapılar olarak tanımlanmıştır.

Yüksek katlı yapıların doğuşu 1800’lü yılların sonunda ABD’de olmuştur. 1885 yılında Chicago’da inşa edilen 55 metre yüksekliğindeki Home Insurance Binası CTBUH’a göre ilk yüksek yapı olarak kabul edilmektedir. Ayrıca inşa edildiği zaman dünyanın en yüksek binası olmuştur. Sonrasında ise 1894 yılında 94 metre yüksekliğe sahip olan World Binası inşa edilmiş ve zaman içinde sayıları ve yükseklikleri hızla artmıştır.



Şekil 2.1. Home Insurance binası

2.1.2. Günümüzde yüksek katlı yapılar

Günümüzde yüksek katlı yapıların sayısı ve yükseklikleri artmaya devam etmektedir. Şimdiye kadar yapımı tamamlanmış en yüksek yapı, Dubai’de bulunan Burj Khalifa binasıdır. 2010 yılında tamamlanan Burj Khalifa binası, 163 kata ve 828 metre yüksekliğe sahiptir.

Çizelge 2.1. Bugüne kadar yapımı tamamlanmış en yüksek 50 yapı

Bina Adı	Şehir	Yükseklik (m)	Kat Sayısı	Tamamlanma Yılı	Malzeme	Kullanım Amacı
Burj Khalifa	Dubai (AE)	828.0	163	2010	Çelik/Beton	Ofis / Konut / Otel
Shanghai Tower	Shanghai (CN)	632.0	128	2015	Kompozit	Otel / Ofis
Makkah Royal Clock Tower	Mecca (SA)	601.0	120	2012	Çelik/Beton	Diğer / Otel
Ping An Finance Center	Shenzhen (CN)	599.1	115	2017	Kompozit	Ofis
Lotte World Tower	Seoul (KR)	554.5	123	2017	Kompozit	Otel / Konut / Ofis / Mağaza
One World Trade Center	New York City (US)	541.3	94	2014	Kompozit	Ofis
Guangzhou CTF Finance Centre	Guangzhou (CN)	530.0	111	2016	Kompozit	Otel / Konut / Ofis
TAIPEI 101	Taipei (TW)	508.0	101	2004	Kompozit	Ofis
Shanghai World Financial Center	Shanghai (CN)	492.0	101	2008	Kompozit	Otel / Ofis
International Commerce Centre	Hong Kong (CN)	484.0	108	2010	Kompozit	Otel / Ofis
Changsha IFS Tower T1	Changsha (CN)	452.1	94	2018	Kompozit	Otel / Ofis
Petronas Twin Tower 1	Kuala Lumpur (MY)	451.9	88	1998	Kompozit	Ofis
Petronas Twin Tower 2	Kuala Lumpur (MY)	451.9	88	1998	Kompozit	Ofis
Zifeng Tower	Nanjing (CN)	450.0	66	2010	Kompozit	Otel / Ofis
Willis Tower	Chicago (US)	442.1	108	1974	Çelik	Ofis
KK100	Shenzhen (CN)	441.8	100	2011	Kompozit	Otel / Ofis

Çizelge 2.1'in devamı

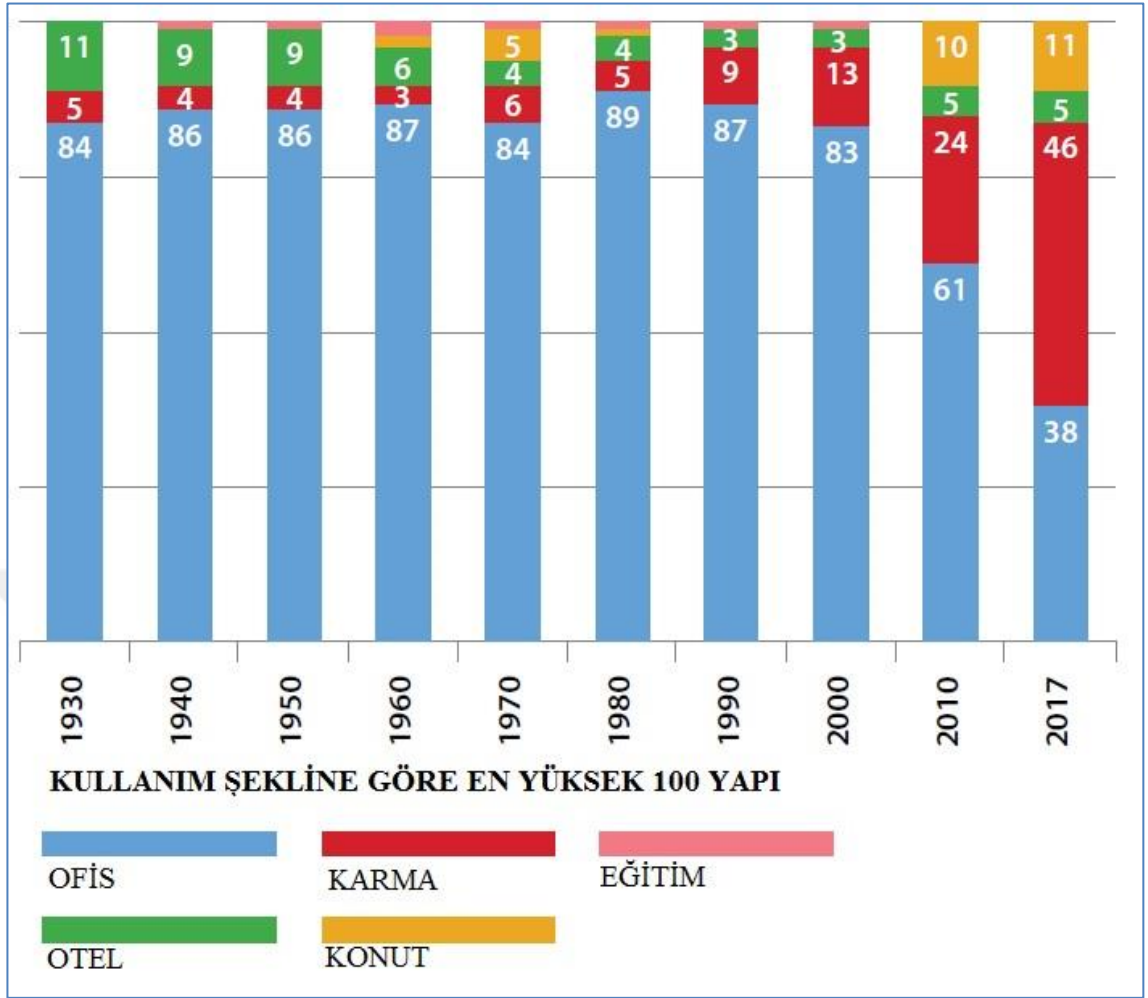
Guangzhou International Finance Center	Guangzhou (CN)	438.6	103	2010	Kompozit	Otel / Ofis
432 Park Avenue	New York City (US)	425.7	85	2015	Beton	Konut
Marina 101	Dubai (AE)	425.0	101	2017	Beton	Konut / Otel
Trump International Otel & Tower	Chicago (US)	423.2	98	2009	Beton	Konut / Otel
Jin Mao Tower	Shanghai (CN)	420.5	88	1999	Kompozit	Otel / Ofis
Princess Tower	Dubai (AE)	413.4	101	2012	Çelik/Beton	Konut
Al Hamra Tower	Kuwait City (KW)	412.6	80	2011	Beton	Ofis
Two International Finance Centre	Hong Kong (CN)	412.0	88	2003	Kompozit	Ofis
23 Marina	Dubai (AE)	392.4	88	2012	Beton	Konut
CITIC Plaza	Guangzhou (CN)	390.2	80	1996	Kompozit	Ofis
Shun Hing Square	Shenzhen (CN)	384.0	69	1996	Kompozit	Ofis
Eton Place Dalian Tower 1	Dalian (CN)	383.2	80	2016	Kompozit	Otel / Ofis
Burj Mohammed Bin Rashid	Abu Dhabi (AE)	381.2	88	2014	Beton	Konut
Empire State Building	New York City (US)	381.0	102	1931	Çelik	Ofis
Elite Residence	Dubai (AE)	380.5	87	2012	Beton	Konut
Central Plaza	Hong Kong (CN)	373.9	78	1992	Beton	Ofis
Federation Tower	Moscow (RU)	373.7	93	2016	Beton	Konut / Ofis
The Address Boulevard	Dubai (AE)	370.0	73	2017	Beton	Konut / Otel / Mağaza
Bank of China Tower	Hong Kong (CN)	367.4	72	1990	Kompozit	Ofis
Bank of America Tower	New York City (US)	365.8	55	2009	Kompozit	Ofis

Çizelge 2.1'in devamı

Almas Tower	Dubai (AE)	360.0	68	2008	Beton	Ofis
Gevora Otel	Dubai (AE)	356.3	75	2017	Çelik/Beton	Otel
JW Marriott Marquis Otel Dubai Tower 1	Dubai (AE)	355.4	82	2012	Beton	Otel
JW Marriott Marquis Otel Dubai Tower 2	Dubai (AE)	355.4	82	2013	Beton	Otel
Emirates Tower One	Dubai (AE)	354.6	54	2000	Kompozit	Ofis
OKO - Konut Tower	Moscow (RU)	353.6	90	2015	Beton	Konut / Otel
The Torch	Dubai (AE)	352.0	86	2011	Beton	Konut
Forum 66 Tower 1	Shenyang (CN)	350.6	68	2015	Kompozit	Otel / Ofis
The Pinnacle	Guangzhou (CN)	350.3	60	2012	Beton	Ofis
T & C Tower	Kaohsiung (TW)	347.5	85	1997	Çelik	Otel / Ofis / Mağaza
The Center	Hong Kong (CN)	346.0	73	1998	Çelik	Ofis
875 North Michigan Avenue	Chicago (US)	343.7	100	1969	Çelik	Konut / Ofis
Four Seasons Place	Kuala Lumpur (MY)	342.5	65	2018	Beton	Konut / Otel
ADNOC Headquarters	Abu Dhabi (AE)	342.0	65	2015	Beton	Ofis

2.1.3. Kullanımına göre yüksek katlı yapılar

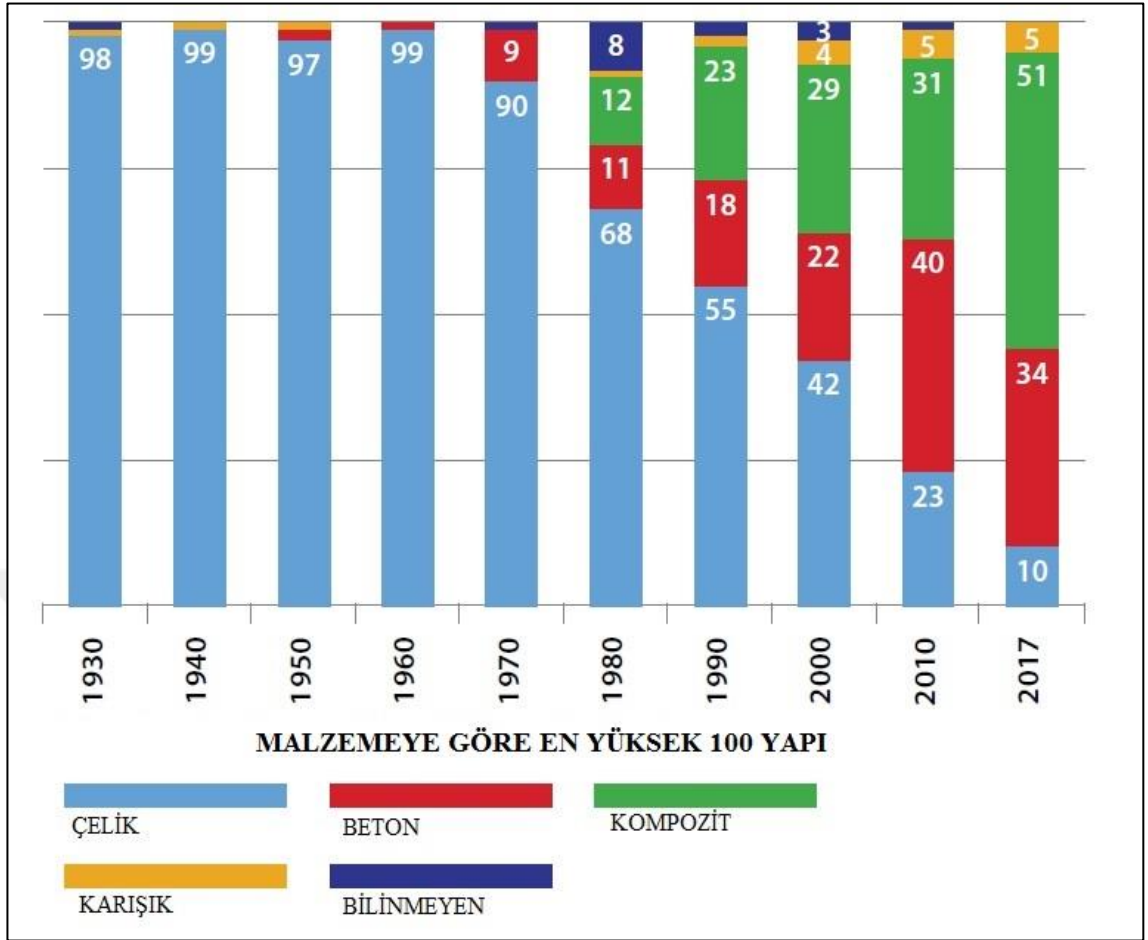
Yüksek yapılar, doğuşundan itibaren uzun yıllar boyunca ağırlıklı olarak ofis amacıyla yapılsa da son yıllarda büyük şehirlerde artan konut ihtiyacıyla ofis-konut karma olarak kullanımı artmıştır. Şekil 2.2.'de CTBUH'un verilerine göre, yüksek yapıların zaman içinde fonksiyonel olarak değişimi görülmektedir.



Şekil 2.2. Kullanım şekline göre en yüksek 100 yapı

2.1.4. Malzemelerine göre yüksek katlı yapılar

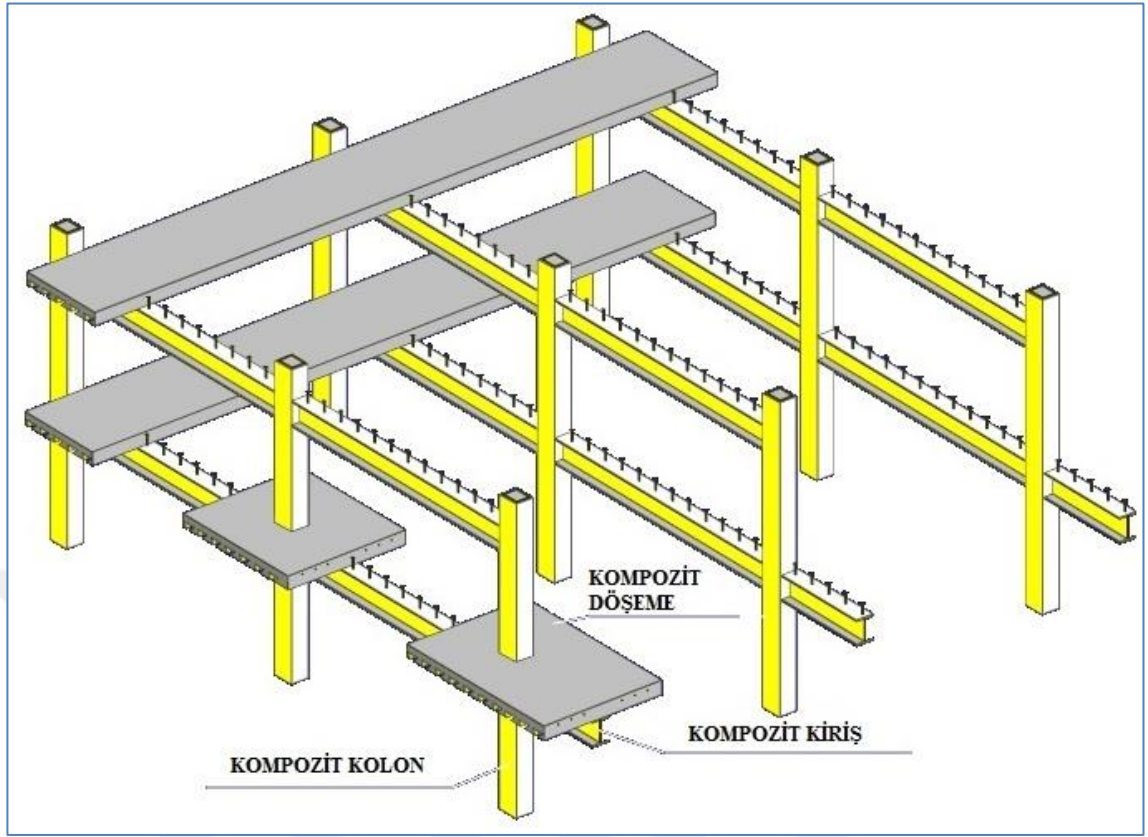
Council on Tall Buildings and Urban Habitat (CTBUH)'ın verilerine göre, uzun yıllar sadece çelik olarak tasarlanan yüksek yapıların 1960'lardan sonra betonarme sayısında artış gözlemlenirken, 1970'lerden sonra ise kompozit yapıların sayısının hızla artarak, günümüzde yüksek katlı yapılarda en çok tercih edilen tasarım haline geldiği Şekil 2.3.'te her 10 yıl içinde yapılan en yüksek 100 yapının malzemeye göre sınıflandırma grafiğinde görülmektedir.



Şekil 2.3. Malzemeye göre en yüksek 100 yapı

2.1.4.1. Yüksek katlı kompozit yapılar

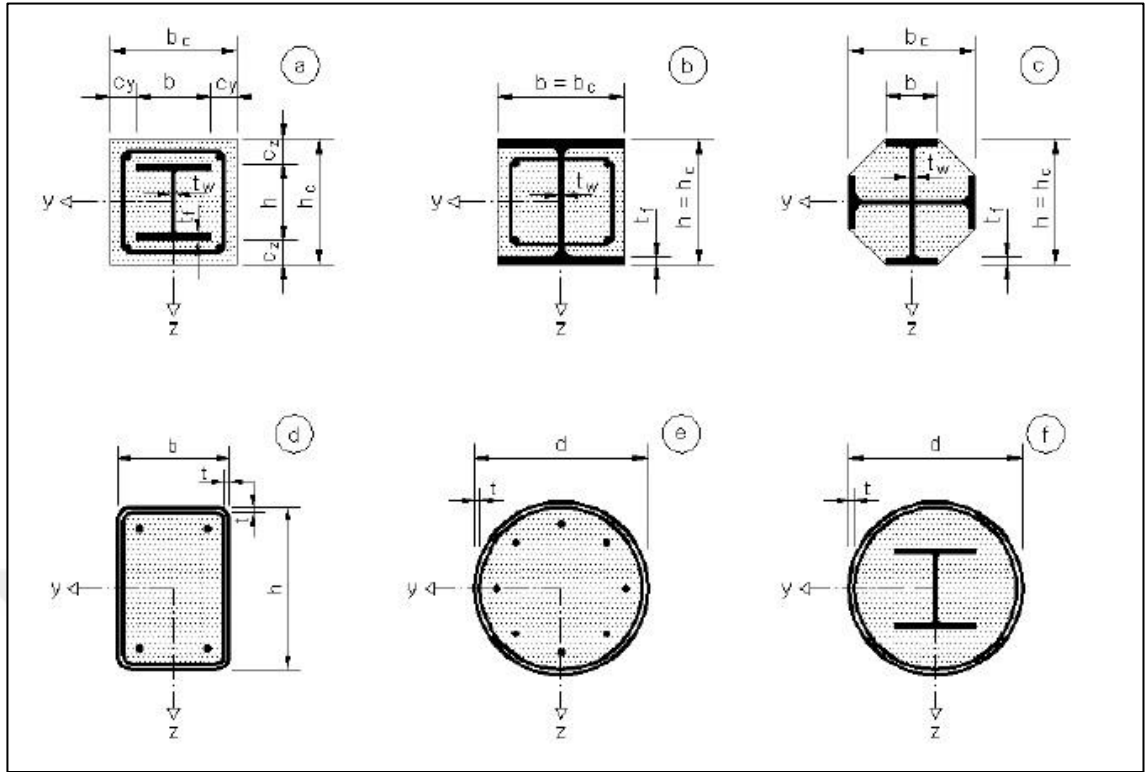
Yüksek katlı kompozit yapılarda farklı kompozit elemanlardan oluşabilmektedir. Çelik- beton kompozit kirişler, kompozit döşemeler ve kompozit kolonlar, kompozit yapı elemanlarıdır. Tez çalışmasında, kompozit kolonlar üzerine çalışıldığı için kompozit kolon kısmı detaylı anlatılacaktır.



Şekil 2.4. Kompozit yapı elemanları

2.1.4.2. Kompozit kolon

Çelik, beton ve donatının birlikte kullanılarak tasarlandığı kolonlara kompozit kolonlar denir. Kompozit kolonlar 6 farklı şekilde tasarlanabilir. Betona tamamen gömülmüş yapısal çelik profili Şekil 2.5.'te görülmektedir(a). Betona kısmi olarak gömülmüş olan yapısal çelik profili Şekil 2.5. (b) ve (c)'de görülmekte olup; kısmen kalıp görevi gördüğü gibi aynı zamanda profili yangından korumaya yaramaktadır. Beton dolgulu çelik tüp kompozit kolonlar ise Şekil 2.5.'te (d) ve (e)'de görülmektedir. Beton dolgulu kompozit kolonlarda yapısal çelik profil tamamen betonarme kalıbı görevi üstlenmiştir. Yüksek katlı yapılarda sıklıkla kullanılmaktadır. Teze konu olan beton dolgulu çelik tüp kompozit kolonlar sonraki bölümlerde tasarım ilkeleriyle birlikte detaylı olarak anlatılmıştır (Shanmugam ve Lakshmi).



Şekil 2.5. Kompozit kolon türleri

2.1.5. Beton dolgulu kompozit kolonlar

Beton dolgulu kompozit kolonlar kutu ya da boru çelik profilin içinin tamamen beton doldurulmasıyla oluşturulan kolonlardır. Beton dolgulu kompozit kolonlar genellikle trafik olan köprü ayaklarında, yüksek katlı yapılarda, depolama tanklarının kolonlarında kullanılmaktadır. Diğer kompozit kolonlardan dezavantajı yangına karşı dayanıklı olmamasıdır. Yangın güvenliği için ayrıca yangın yalıtımı yapılması gerekmektedir.

2.1.6. Beton dolgulu kompozit kolonların tasarım ilkeleri

Beton dolgulu kompozit kolonların tasarım ilkeleri Ameirican Çelik Yapılar Enstitüsü tarafından hazırlanan AISC-360-10 şartnamesinde bulunan Bölüm 3.4 ve Bölüm 3.5'e göre hazırlanmıştır (AISC-360-10).

2.1.6.1. Yerel burkulmanın sınıflandırılması

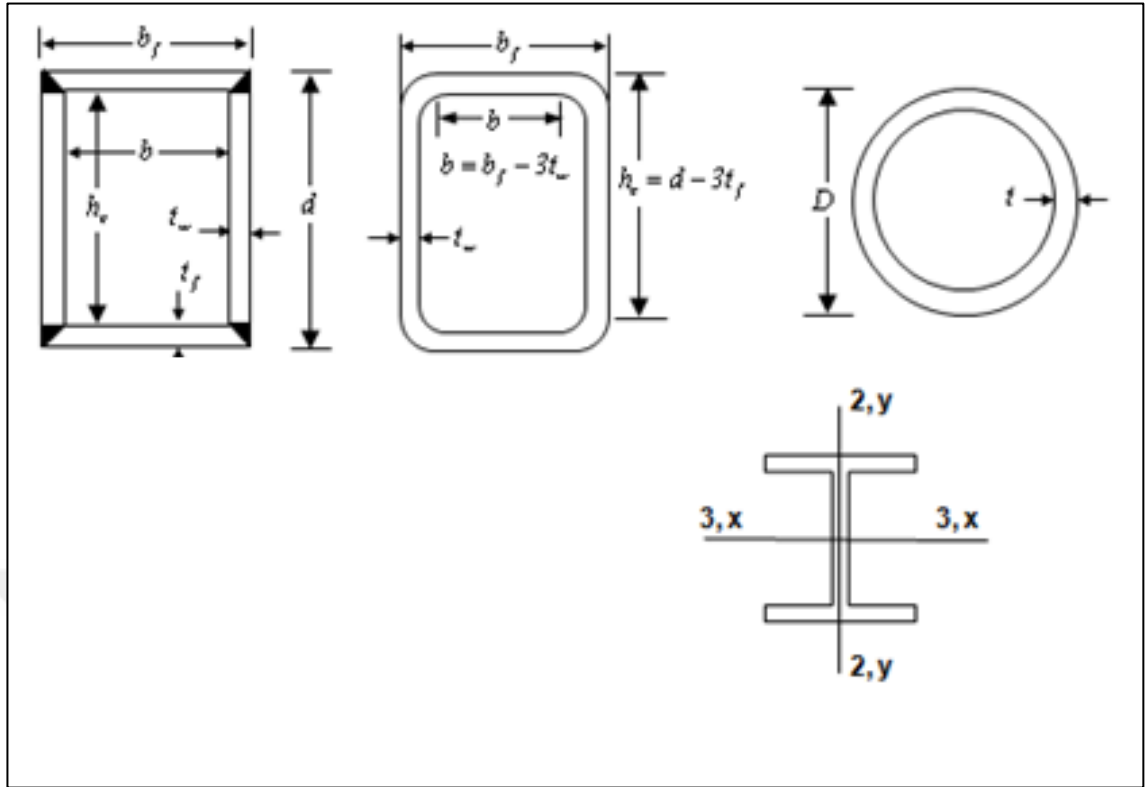
Eğilme ve eksenel basınç için nominal kuvvetler, kompakt, kompakt olmayan, narin ve çok narin gibi kesit sınıflandırılmalarına bağlıdır. Yerel burkulma olmadan önce kompakt kesitlerin tam plastik mukavemeti artabilir. Tam plastik gerilme dağılımına ulaşmadan önce, kompakt olmayan kesitler, basınç ve elastik olmayan burkulma altında kısmi akmasını artırabilir. Elemanların her biri basınç altında akmadan önce, narin kesitler elastik bir şekilde burkulur.

Yerel burkulma etkileri, dolgulu kutu ve dolgulu boru kesitleri için göz önünde bulundurulur (AISC I1.2, I1.4).

Kesitler; şartnamenin (AISC I1.4) I1.4 bölümüne uygun olarak kompakt, kompakt olmayan ya da narin kesitler şeklinde sınıflandırılır. Kompakt olarak nitelendirilecek bir bölüm için, flanşları gövdeye veya gövdelere sürekli olarak bağlı olmalıdır ve sıkıştırma elemanlarının genişlik-kalınlık oranlarının, şartnamenin Tablo I1.1B'sine göre genişlik-kalınlık oranı olan λ_p değerini aşmaması gerekir. Bir veya daha fazla sıkıştırma ögesinin genişlik-kalınlık oranı λ_p 'yi aşarsa, ancak Tablo I1.1B'den λ_r değerini aşmıyorsa, bölüm kompakt olmayandır. Herhangi bir elemanın genişlik-kalınlık oranı λ_r 'i aşarsa, ancak λ_s 'i geçmezse, kesit narindir. Herhangi bir elemanın genişlik-kalınlık oranı λ_s 'i aşarsa, çok narin olarak kabul edilir. Programda uygulandığı gibi λ_p , λ_r ve λ_s ifadeleri Şekil 2.6'da (AISC Tablo I1.1B, I1.4) bildirilmiştir. Bu belgedeki narin ve çok narin çizgilerin sınırlandırılması λ_s olarak tanımlanmıştır. Basınç için kesitler Şekil 2.8'de (AISC I1.4, Tablo I1.1A) bildirildiği üzere kompakt, kompakt olmayan, narin ve çok narin bölümler olarak sınıflandırılmıştır. Benzer şekilde, bir veya daha fazla basınç elemanının genişlik-kalınlık oranının λ_p 'yi aşması, fakat Tablo I1.1B'den λ_r 'i geçmemesi durumunda, eğilme için kesitlerin sınıflandırması kesin değildir. Herhangi bir elemanın genişlik-kalınlık oranı λ_r 'i aşarsa ancak λ_s 'i geçmezse, kesit narindir. Herhangi bir elemanın genişlik-kalınlık oranı λ_s 'i aşarsa, kesit çok narin olarak kabul edilir. Programda uygulanan λ_p , λ_r ve λ_s ifadeleri Şekil 2.8'de (AISC Tablo I1.1B, I1.4) bildirilmiştir.

Tablo, k_c , h , b_f , t_f , t_w , b , t , D , d vb. değişkenlerini kullanır. B , d , D ve t değişkenleri tablo içindeki ilgili şekillerde açıklanmıştır. b_f , h , h_p , h_c , t_f , t_w değişkenleri Şekil 2.6'da açıklanmıştır.

Sertleştirilmemiş eleman boyutlarının grafik gösterimi için Şekil 2.7.'ye (AISC Tablo I1.1A, I1.1B) bakılmalıdır.



Şekil 2.6. AISC 360-10 geometrik özelliklerin tanımı

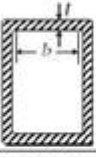
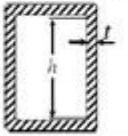
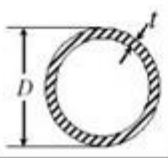
Sıkıştırma kuvveti yönüne paralel iki kenar boyunca desteklenen sertleştirilmiş elemanlar için, genişlik aşağıdaki gibi alınacaktır:

Haddelenmiş veya oluşturulmuş kesitlerin gövdeleri için, h , flanşlar arasındaki her bir flanştaki köşe veya köşe yarıçapı arasındaki temiz açıklıktır.

Yapma profillerin gövdeleri için h , bitişik çizgiler arasındaki mesafe veya kaynak kullanıldığı zaman flanşlar arasındaki temiz açıklıktır.

Yapma profillerdeki flanş veya diyafram plakaları için, b genişliği, bağlantı elemanlarının bitiş çizgileri veya kaynak hatları arasındaki mesafedir.

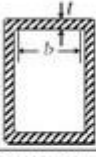
Dikdörtgen boşluklu yapısal kesitler (HSS) flanşları için, genişlik (b), her bir tarafta iç köşe yarıçapından daha az olan gövdeler arasındaki açık mesafedir. Dikdörtgen HSS'nin gövdeleri için, h , her iki tarafta iç köşe yarıçapı daha az olan flanşlar arasındaki açık mesafedir. Köşe yarıçapı bilinmiyorsa, b ve h , dış kalınlık boyutunun eksi üç katı kadarı alınmalıdır. Kalınlık, t kalınlığı, AISC Bölüm B3.12'ye uygun olarak et kalınlığı olarak alınacaktır.

Kesit Türü	Elemanın Tanımı	Örnek	AISC Ref.	Genişlik-Kalınlık Oranı (λ)	Basınç Elemanlarının Genişlik-Kalınlık Oranının Sınırlandırılması		
					Kompakt (λ_p)	Kompakt Olmayan (λ_r)	Narin (λ_z)
Kutu	Flanşların Majör Eksenel Eğilme Altındaki Eğilme veya Eksenel Basınç		11.4	b/t	$2.26\sqrt{E/F_y}$	$3.00\sqrt{E/F_y}$	$5.00\sqrt{E/F_y}$
	Gövdedeki Eğilme		11.4	h/t	$3.00\sqrt{E/F_y}$	$5.70\sqrt{E/F_y}$	$5.70\sqrt{E/F_y}$
Boru	Eğilme Dayanımı		11.4	D/t	$0.09 E/F_y$	$0.31 E/F_y$	$0.31 E/F_y$

Şekil 2.7. Basınç elemanlarının genişlik-kalınlık oranlarının sınırlandırılması

Şekil 2.7 Eksenel kuvvetle veya eksensel kuvvetsiz eğilmeye bağlı elemanlar için geçerlidir.

Sertleştirilmiş eleman boyutlarının grafik gösterimi için Şekil 2.7'ye (AISC Tablo I1.1A, I1.1B) bakın.

Kesit Türü	Elemanın Tanımı	Örnek	AISC Ref.	Genişlik-Kalınlık Oranı (λ)	Basınç Elemanlarının Genişlik-Kalınlık Oranının Sınırlandırılması		
					Kompakt (λ_p)	Kompakt Olmayan (λ_r)	Narin (λ_z)
Kutu	Flanşların Majör Eksenel Eğilme Altındaki Eğilme veya Eksenel Basınç		11.4	b/t	$2.26\sqrt{E/F_y}$	$3.00\sqrt{E/F_y}$	$5.00\sqrt{E/F_y}$
	Gövdedeki Eğilme		11.4	h/t	$2.26\sqrt{E/F_y}$	$3.00\sqrt{E/F_y}$	$5.00\sqrt{E/F_y}$
Boru	Eğilme Dayanımı		11.4	D/t	$0.15 E/F_y$	$0.19 E/F_y$	$0.31 E/F_y$

Şekil 2.8. Basınç elemanlarının genişlik-kalınlık oranlarının sınırlandırılması

Şekil 2.8 Eksenel kuvvete bağlı elemanlar için geçerlidir.

Kutu ve Boru kesitleri gibi içi boş yapısal kesitler için et kalınlığı t , kaynak işlemi için modifiye edilmiştir (AISC B4.2). Kaynak işlemi ERW (Elektrik Dirençli Kaynak) ise, kalınlık 0.93 kat azalır. Bununla birlikte, kaynak işlemi SAW (Toz Altı Ark Kaynaklı) ise, kalınlık azaltılmaz. Üzerine yazma, HSS bölümlerinin kalınlığının ERW için üye bazında azaltılıp azaltılmayacağını seçmek için kullanılabilir. Üzerine yazma, ayrıca azaltma faktörünü değiştirmek için de kullanılabilir.

Kaplanmış I-Şekiller, dolgulu kutu ve dolgulu boru kesitlerinin gövde inceliğini sınıflandırmada, ara takviye olmadığı varsayılmaktadır.

2.1.6.2. Nominal mukavemetin hesaplanması

Basınç, gerilme, eğilme ve kesmede nominal kuvvetler, aşağıdaki bölümlere uygun olarak kompakt, kompakt olmayan ve narin elemanlar için hesaplanır. Tüm kesit şekilleri için nominal eğilme kuvvetleri, ana eğilme eksenlerine göre hesaplanır. Dolgulu Kutu ve Dolgulu Boru kesitleri için, ana eksenler geometrik eksenlerle çakışır.

Tüm kesitler için, nominal kesme kuvveti tipik olarak ana eksenlerle çakışan geometrik eksenlerle hizalanmış yönler için hesaplanır.

Kullanıcı, kompozit kolonun üzerine yazılan formun bir veya daha fazlası için sıfır olmayan nominal kapasiteleri belirtirse, bu değerler bu elemanların hesaplanan değerlerinin üzerine yazılacaktır. Belirtilen kapasiteler, eğilmenin ana eksenlerine ve kesme için geometrik eksenlere dayalı olmalıdır.

2.1.6.3. Nominal çekme dayanımı

Bu bölüm eksenel gerilmeye maruz kalan elemanlar için geçerlidir.

Gerilim kuvvetlerine dayanacak şekilde tasarlanan elemanlar için maksimum bir sınır bulunmamakla birlikte, en yüksek oran tercihen 300'ü geçmemelidir. (AISC D1). Gerilim altındaki bu narin elemanlar için bu yönde bir uyarı mesajı yazdırılır. Gerilim elemanlarının gerilme mukavemeti $\phi_t P_n$, ve izin verilebilir çekme mukavemeti P_n / Ω_t , aşağıdaki gibi gerginlik altında brüt kesite ait limit durumlarına göre alınır.

$$P_n = F_y A_s + F_{ysr} A_{sr} \quad (2.1)$$

$$\phi_t = 0.90 \text{ (LRFD)} \quad (2.2)$$

$$\Omega_t = 1.67 \text{ (ASD)} \quad (2.3)$$

Dolgulu kesitler için, inşaat demiri programda belirtilemez. Bu, $A_{sr} = 0$ olmasına sebep olur.

2.1.6.4. Nominal basınç dayanımı

Tasarım basınç dayanımı $\phi_c P_n$, ve izin verilen basınç dayanımı P_n / Ω_t , eksenel basınca tabi elemanları bu bölümde ele alınmıştır. Tasarım ve izin verilen basınç dayanımlarının hesaplanmasında kullanılan direnç ve güvenlik faktörleri şunlardır:

$$\phi_c = 0.75 \text{ (LRFD)} \quad (2.4)$$

$$\Omega_c = 2.00 \text{ (ASD)} \quad (2.5)$$

Basınç kuvvetlerine direnç gösterecek şekilde tasarlanan elemanlar için azami bir sınır bulunmamakla birlikte, en yüksek oran tercihen 200'ü geçmemelidir (AISC E2). Basınç altındaki bu narin elemanlar için bu etkiye bir uyarı mesajı verilir.

Dolgulu kutu ve dolgulu boru kesitleri ile basınç elemanları için nominal basınç dayanımı, P_n şu şekilde verilir:

$$P_n = \begin{cases} \left(0.658^{\frac{P_{no}}{P_t}}\right) P_{no}, & \text{if } \frac{P_{no}}{P_e} \leq 2.25 \\ 0.877 P_e, & \text{if } \frac{P_{no}}{P_e} > 2.25 \end{cases}$$

P_{no} aşağıdakiler gibi alındığında,

$$P_{no} = \begin{cases} P_p & \text{bileşik kesitler için} \\ P_p - (P_p - P_y) \left(\frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p}\right)^2 & \text{bileşik olmayan kesitler için} \\ F_{cr} A_s + 0.7 f'_c \left(A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c}\right) & \text{narin kesitler için} \end{cases}$$

$$P_p = F_y A_s + C_c f'_c \left(A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c}\right)$$

$$P_y = F_y A_s + 0.7 f'_c \left(A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c}\right)$$

$$F_{cr} = \begin{cases} \frac{9 E_s}{\left(\frac{b}{t}\right)^2}, & \text{dolgulu kutu kesitler için} \\ \frac{0.7 L F_y}{\left[\left(\frac{D}{t}\right) \left(\frac{F_y}{E_s}\right)\right]^{0.2}}, & \text{dolgulu boru kesitler için} \end{cases}$$

$$\begin{cases} 0.85, & \text{Dolgulu kutu kesitler için} \\ 0.90, & \text{Dolgulu boru kesitler için} \end{cases} \quad (2.6)$$

λ = Plaka incelik oranı veya en narin tabakanın genişlik-kalınlık oranı

λ_p = Kompakt ve kompakt olmayan kesitler arasındaki plaka genişlik / kalınlık oranı sınırı (AISC Tablo I1.1a) = $2.26 \sqrt{E/F_y}$

λ_r = Kompakt olmayan ve narin kesitler arasındaki plaka genişliği-kalınlık oranı sınırı = $3.00 \sqrt{E/F_y}$

P_e = Elastik kritik burkulma yükü, kips

$$= \pi^2 (EI_{eff}) / KL^2$$

A_c = Beton alanı, in^2

A_s = Çelik kesitin alanı, in^2

E_c = Betonun elastisite modülü, ksi

EI_{eff} = Kompozit bölümün etkili rijitliği, kip- in^2

$$= E_s I_s + 0.5 E_s I_{sr} + C_3 E_c I_c$$

C_3 = Dolgulu kompozit basınç elemanlarının etkin rijitliğinin hesaplanması için katsayı

$$= 0.6 + 2 \left(\frac{A_s}{A_c + A_s} \right) \leq 0.9$$

E_s = Çelik elastisite modülü

$$= 29,000 \text{ ksi}$$

F_y = Çelik kesitin belirtilen minimum akma gerilmesi, ksi

F_{ysr} = Donatı çubuklarının belirtilen minimum akma gerilmesi, ksi (sıfır kabul edilir)

I_c = Kompozit kesitin elastik nötr eksenini etrafında beton kısmının atalet momenti, in^4

I_s = Kompozit kesitin elastik nötr eksenini etrafında çelik şeklin atalet momenti, in^4

I_{sr} = Kompozit kesitin elastik nötr eksenini etrafında takviye çubuklarının atalet momenti, in^4 (sıfır kabul edilir).

K = Etkili uzunluk faktörü = K_2

L = Elemanın desteklenmeyen yatay boyu, in.

f'_c = Betonun belirtilen basınç dayanımı, ksi.

Belirlemede, etkili faktör olan K_2 , K-faktörü olarak kullanılır. Tercih edilen analiz metodu genel ikinci mertebe elastik analiz ise, amplifiye ilk mertebe analizi veya sınırlı birinci mertebe analizi kullanan birinci mertebe analizi ve hesaplanan K_2 faktörleri kullanılır. Kullanıcı K_2 faktörlerinin üzerine yazarsa, üzerine yazılan değerler kullanılır. Seçilen analiz yöntemi doğrudan analiz yöntemlerinden herhangi biri ise, P_n 'nin hesaplanması için etkili uzunluk faktörü K , bir değer olarak alınır (AISC C3). K_2 'nin üzerine yazılan değerlerin, ikinci durum için bir etkisi olmayacaktır.

Narin kesitler için;

$$P_{no} = F_{cr}A_s + 0.7f'_c(A_c + A_{sr}\frac{E_s}{E_c})$$

$$P_n = 0.877P_e$$

$$P_{no} = F_yA_s + F_{ysr}A_{sr} + 0.85f'_cA_s$$

$$P_e = \text{Ek 7, C Bölümüne göre belirlenen elastik kritik burkulma yükü, kips}$$

$$= \pi^2 (EI_{eff}) / (KL)^2$$

$$A_c = \text{Betonun alanı, in}^2$$

$$A_s = \text{Çelik kesitin alanı, in}^2$$

$$E_c = \text{Betonun elastisite modülü}$$

$$= w_c^{1.5} \sqrt{f'_c}, \text{ksi} \quad (0.04w_c^{1.5} \sqrt{f'_c}), \text{MPa}$$

$$EI_{eff} = \text{Kompozit kesitin etkili rijitliği, kip-in}^2$$

$$= E_s I_s + 0.5 E_s I_{sr} + C_1 E_c I_c$$

$$C_1 = \text{Kompozit basınç elemanının etkin rijitliğinin hesaplanması için katsayı}$$

$$= 0.1 + 2 \left(\frac{A_s}{A_c + A_s} \right) \leq 0.3$$

$$E_s = \text{Çelik elastisitesinin modülü}$$

$$= 29,000 \text{ ksi}$$

$$F_y = \text{Çelik kesitin belirtilen minimum akma gerilmesi, ksi}$$

$$F_{ysr} = \text{Donatı çubuklarının belirtilen minimum akma gerilmesi, ksi}$$

$$I_c = \text{Kompozit kesitin elastik nötr eksenine etrafında beton kısmının atalet momenti, in}^4$$

$$I_s = \text{Kompozit kesitin elastik nötr eksenine etrafında çelik kısmın atalet momenti, in}^4$$

$$I_{sr} = \text{Kompozit kesitin elastik nötr eksenine etrafında donatı çubuklarının atalet momenti, in}^4$$

$$K = \text{Etkili uzunluk faktörü}$$

$$L = \text{Elemanların desteklenmeyen yatay uzunluğu, in}$$

$$f'_c = \text{Betonun belirlenen basınç dayanımı, ksi}$$

w_c = Birim hacim başına betonun ağırlığı ($90 \leq w_c \leq \frac{155lbs}{ft^3}$ or $1500 \leq w_c \leq 2500 kg/m^3$)

Belirlemede, etkili faktör K2, K-faktörü olarak kullanılır. Tercih edilen analiz metodu genel İkinci mertebe elastik analiz ise, yükseltilmiş ilk mertebe analizi veya sınırlı birinci mertebe analizi kullanan birinci mertebe analizi ve hesaplanan K2 faktörleri kullanılır. Kullanıcı, K2 faktörlerinin üzerine yazarsa, üzerine yazılan değerler kullanılır. Seçilen analiz yöntemi doğrudan analiz yöntemlerinden herhangi biri ise, P_n 'nin hesaplanması için etkili uzunluk faktörü K, bir değer olarak alınır (AISC C3). K2'nin üzerine yazılan değerlerin, ikinci durum için bir etkisi olmayacaktır.

Mevcut basınç mukavemeti, Bölüm E'nin gerektirdiği yalın çelik eleman için belirtilen değerden daha az olmamalıdır.

2.1.6.5. Nominal eğilme dayanımı

Bu bölüm, bir ana eksen hakkında basit eğilmeye tabi olan elemanlar için geçerlidir. Elemanları kayma merkezinden geçen bir ana eksene paralel bir düzlemde yüklü olduğu varsayılır veya dönmeye karşı tutulmuştur.

Tasarım eğilme dayanımı, $\phi_b M_n$ ve izin verilebilir eğilme dayanımı, M_n / Ω_b , aşağıdaki direnç ve güvenlik faktörleri kullanılarak belirlenir:

$$\phi_b = 0.90 \text{ (LRFD)} \quad (2.7)$$

$$\Omega_b = 1.67 \text{ (ASD)} \quad (2.8)$$

1. Dolgulu Kutu Profil

Bu bölüm, kompakt ya da kompakt olmayan gövdeler ve kompakt, kompakt olmayan ya da narin gövdeler ya da flanşlar içeren ya da her iki eksen etrafında bükülmüş dolgulu kutu profilleri için geçerlidir. Program, hem majör hem de minör yön eğme için aynı dizi formülleri kullanır, ancak uygun parametrelerle kullanır.

Dolgulu kutu profilleri için nominal eğilme dayanımı aşağıdaki gibi hesaplanır (AISC I3.4b):

$$M_n = \begin{cases} M_p, & \text{kompakt kesitler için} \\ M_p - (M_p - M_y) \left(\frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right), & \text{kompakt olmayan kesitler için,} \\ M_{cr}, & \text{narin kesitler için} \end{cases} \quad (2.9)$$

M_p = Kompozit kesit üzerinde plastik gerilme dağılımına karşılık gelen moment, kip-in. Kesitin plastik kapasitesi, $0,7 f'_c$ ile sınırlandırılmış maksimum beton basınç gerilmesi, betonda baskı olmaması ve basınçta F_y ile sınırlı maksimum çelik gerilmesi ile mükemmel bir plastik gerilme dağılımı varsayılarak hesaplanır. Şekil 2.9.'daki basınç bloğuna bakınız.

M_y = Gerilim flanşının verimine karşılık gelen verim momenti ve basınç flanşının ilk verimi, kip-in. İlk verimdeki kapasite, $0.7 f'_c$ ile sınırlandırılmış maksimum beton basınç gerilmesi ve basınç gerilimi F_y ile sınırlı maksimum çelik gerilmesi ile doğrusal elastik gerilme dağılımı varsayılarak hesaplanır. Şekil 2.10.'daki basınç bloğuna bakınız.

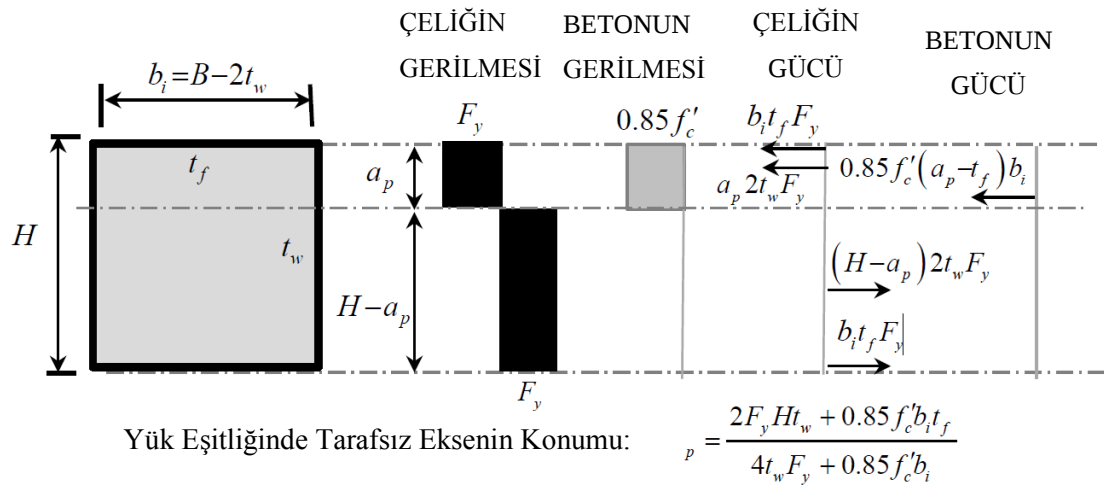
M_{cr} = Gerilim flanşının ilk verimine karşılık gelen veya ilk önce basınç flanşının F_{cr} 'sine (hangisi önce gelirse) karşılık gelendir, kip-in. İlk verimdeki kapasite, $0.7 f'_c$ ile sınırlandırılmış maksimum beton basınç gerilmesi, betonda gerilim ve F_y ile sınırlı maksimum çelik gerilmesi ile doğrusal elastik gerilme dağılımı varsayılarak hesaplanır.

λ = En narin plakanın, plaka narinlik oranı veya genişlik / kalınlık oranı

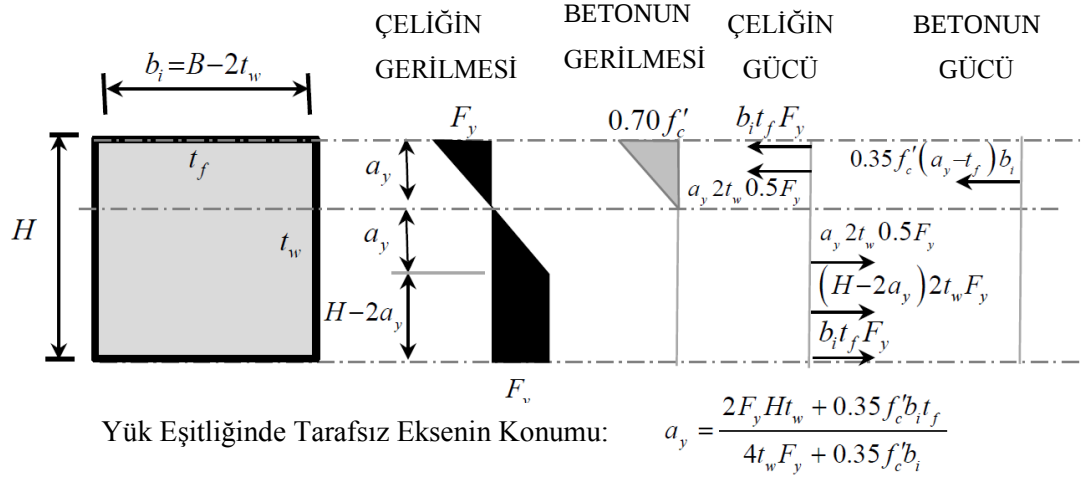
λ_p = Kompakt ve kompakt olmayan bölümler arasındaki plaka genişlik / kalınlık oranı sınırı (AISC Tablo I1.1b) = $2.26\sqrt{E/F_y}$ (flanş), $3.00\sqrt{E/F_y}$ (gövde)

λ_r = Kompakt olmayan ve narin bölümler arasındaki plaka genişliği-kalınlık oranı sınırı (AISC Tablo I1.1b) = $3.00\sqrt{E/F_y}$ (flanş), $5.70\sqrt{E/F_y}$ (gövde)

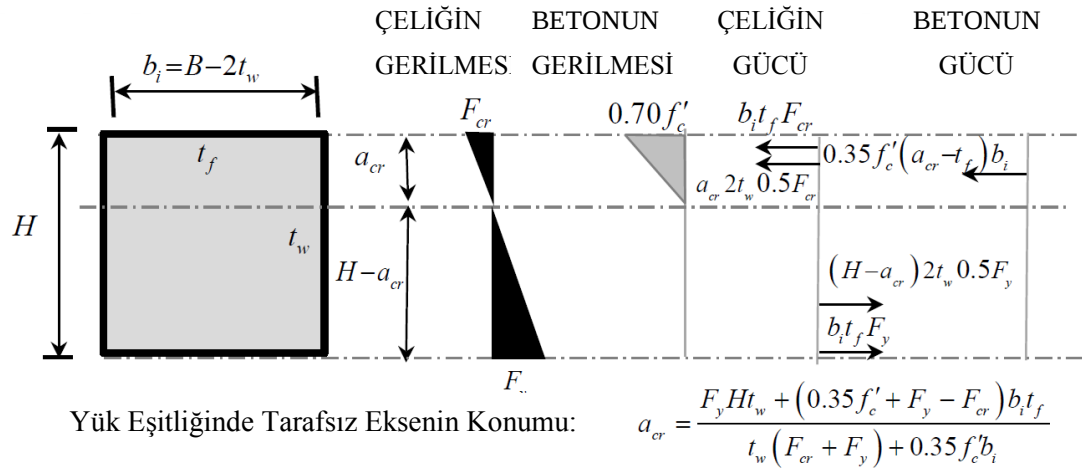
$$F_{cr} = \frac{9E_s}{(b/t)^2} \quad (2.10)$$



Şekil 2.9. Kompakt kesit - M_p hesaplamak için gerilme blokları



Şekil 2.10. Kompakt olmayan kesit - M_y hesaplamak için gerilme blokları



Şekil 2.11. Narin kesit - ilk akma momentini hesaplamak için gerilme blokları, M_{cr}

Dolgu Dikdörtgen Kutu Kesitlerinin Nominal Eğilme Dayanımının Hesaplanması İçin Gerilme Blokları

Plastik moment kapasitesi, M_p , aşağıdaki gibi hesaplanır (AISC I3.4b, C-I3.4, Şekil C-13.7):

$$M_p = M_D - F_y Z_{sn} - \frac{1}{2} (0.85 f'_c Z_{cn}) \quad (2.11)$$

$$M_D = F_y Z_s + \frac{1}{2} (0.85 f'_c Z_c) \quad (2.12)$$

Z_s = HSS tam x eksenli plastik kesit modülü

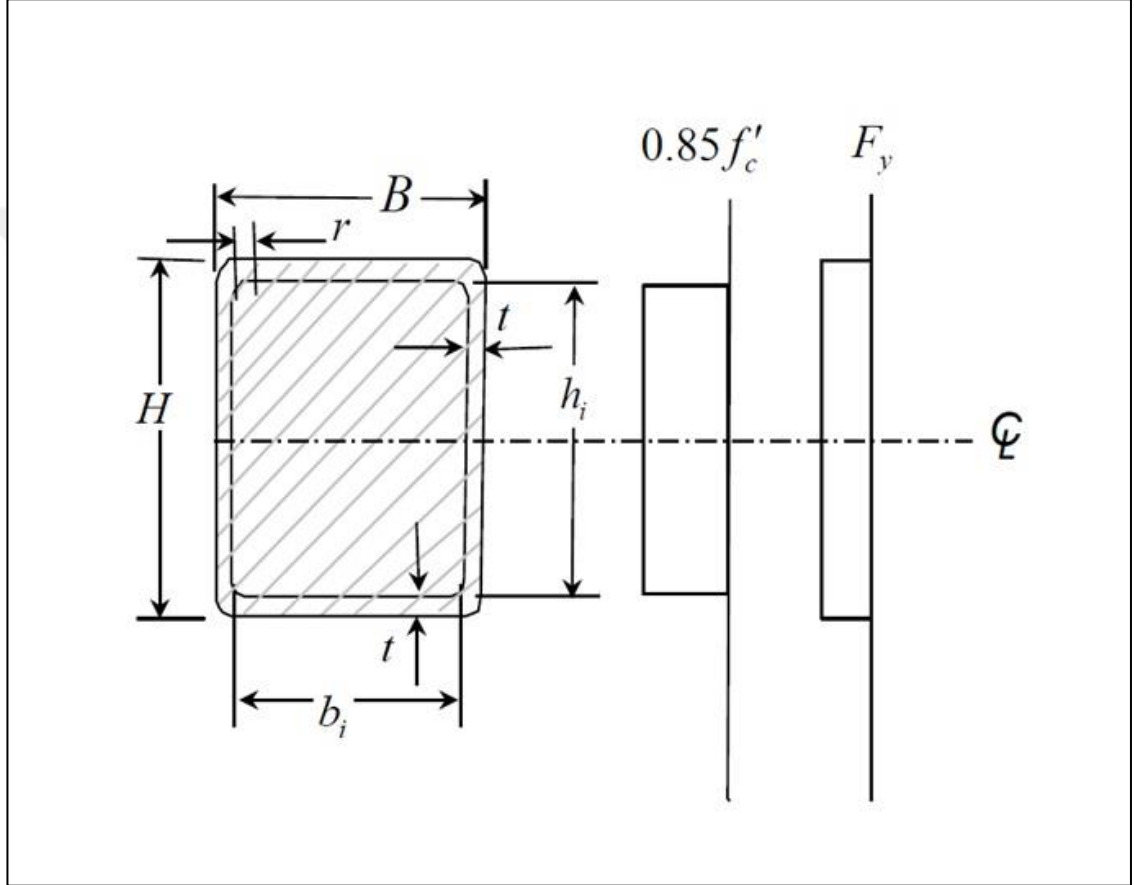
$$Z_c = \frac{b_1 h_1^2}{4} - 0.192 r_1^3 \quad (2.13)$$

$$Z_{sn} = 2 t h_n^2 \quad (2.14)$$

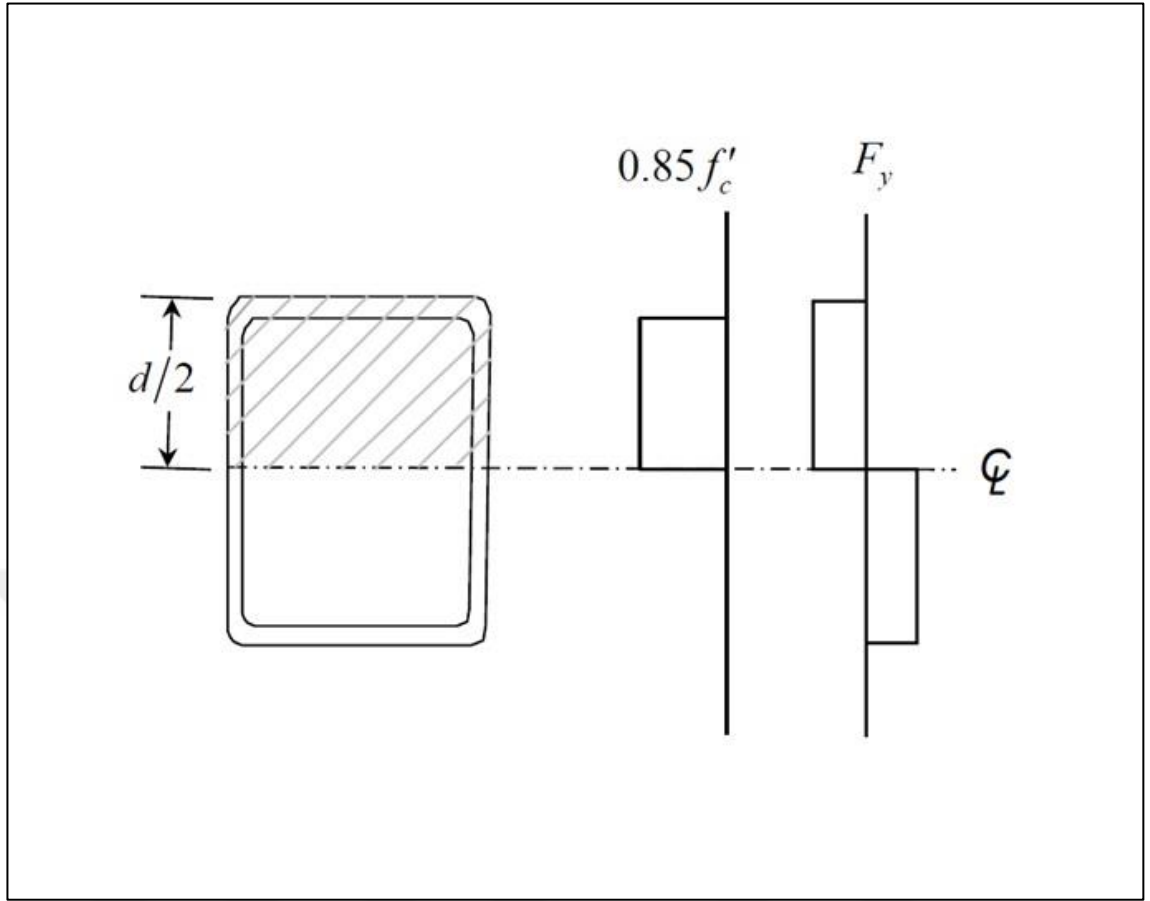
$$Z_{cn} = b_1 h_n^2$$

$$h_n = \frac{0.85 f'_c A_c}{2[0.85 f'_c b_1 + 4 t F_y]} \leq \frac{h_1}{2} \quad (2.15)$$

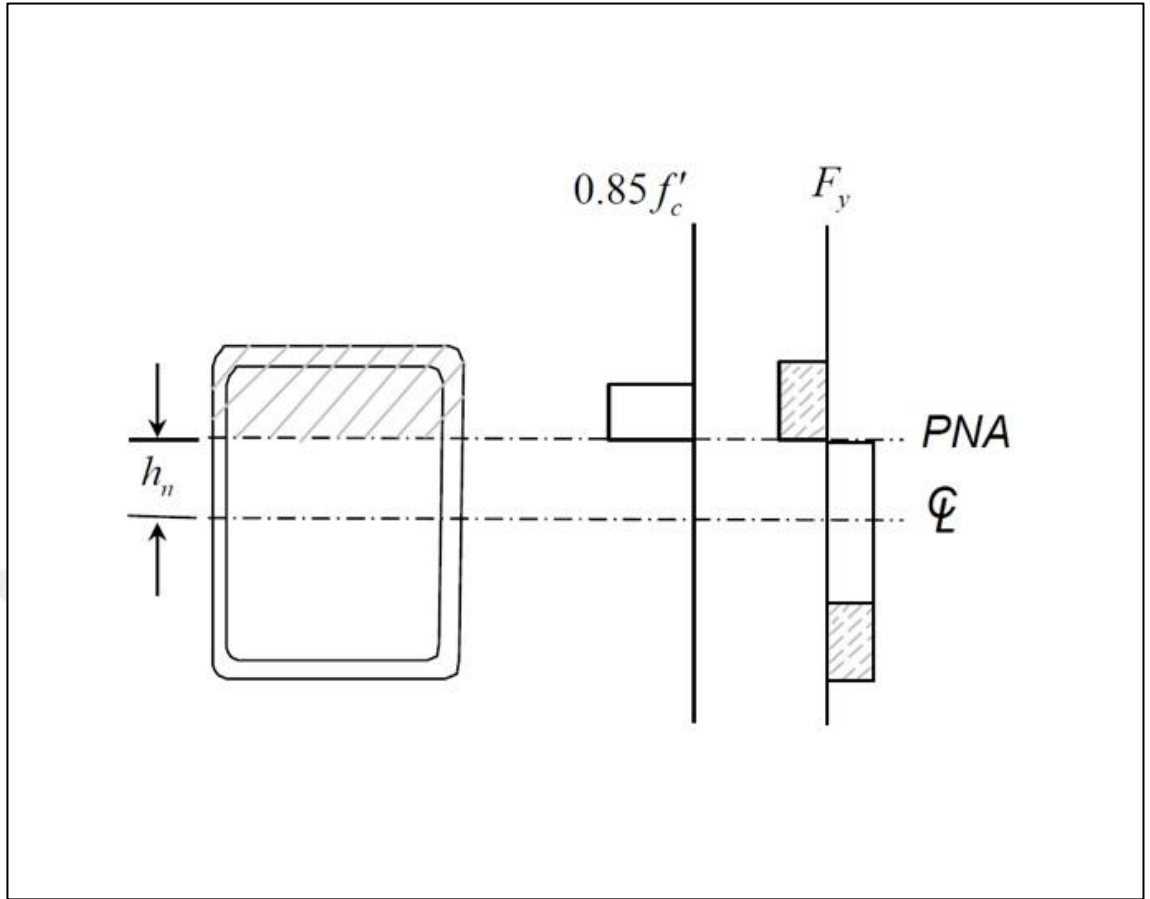
Önceki ifadede, köşe yarıçapının etkileri dikkate alınmaktadır. M_y ve M_{cr} ifadeleri burada belirtilmiyor. Ancak, bunlar Şekil 2.10. ve Şekil 2.11.'de verilen gerilim dağılımına dayanarak hesaplanmıştır. M_y ve M_{cr} hesaplanırken, köşe yarıçapının etkileri göz ardı edilir.



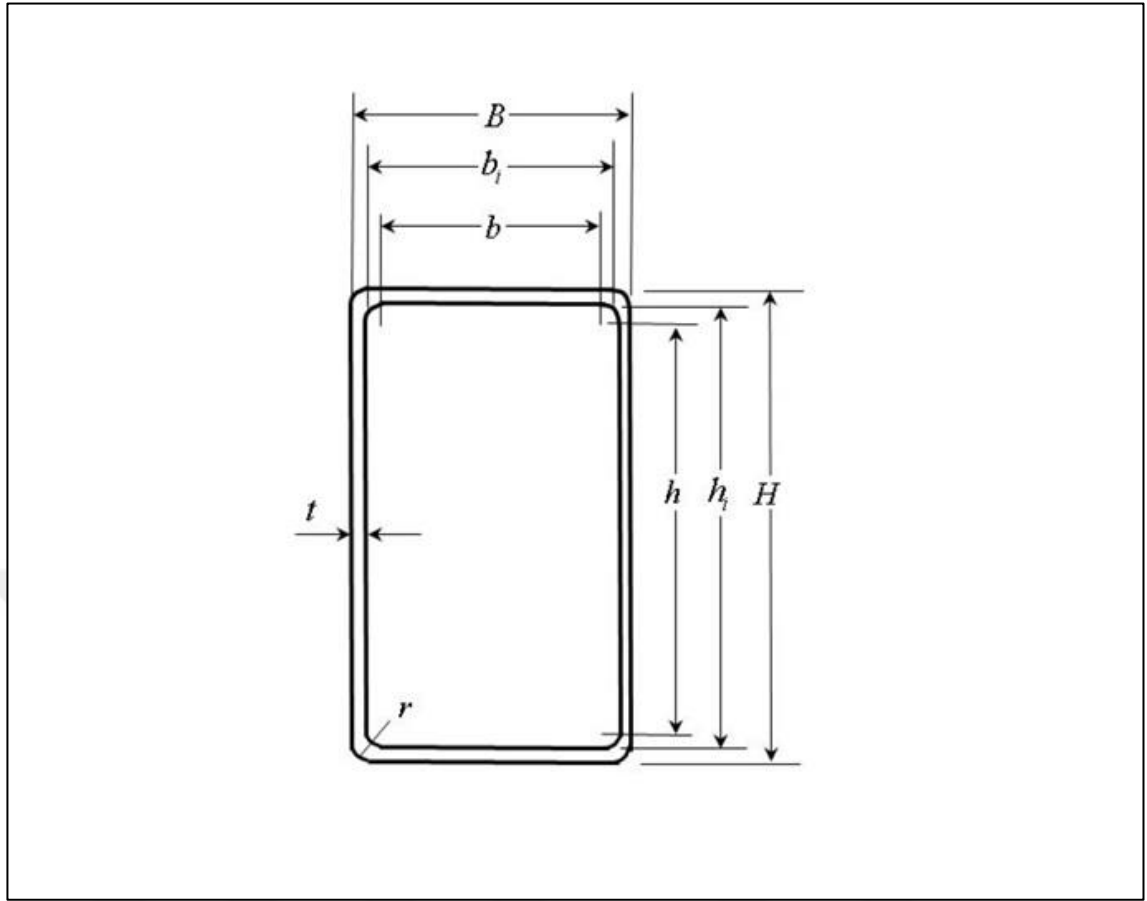
Şekil 2.12. Dolgulu dikdörtgen veya kare HSS, güçlü eksenli bağlantı noktaları



Şekil 2.13. Dolgulu dikdörtgen veya kare HSS, güçlü eksenli bağlantı noktaları



Şekil 2.14. Dolgulu dikdörtgen veya kare HSS, güçlü eksenli bağlantı noktaları



Şekil 2.15. Dolgulu dikdörtgen veya kare HSS, güçlü eksenli bağlantı noktaları

$$t = 0.93t_{nom}, \text{ in.}$$

B = Kısa kenarın tüm uzunluğu

H = Uzun kenarın tüm uzunluğu

b_i = Kısa kenarın iç genişliği

h_i = Uzun kenarın iç genişliği

$b = B - 3t$, AISC Şartnamesi B4.1b(d) bölümüne göre

$h = H - 3t$, AISC Şartnamesi B4.1b(d) bölümüne göre

$r = b/t$ ve h/t için 1.5t, in.

$r =$ Tüm alan, modül ve atalet momentleri için 2.0t, in.

Nominal eğilme dayanımı, sınır değerlerine (plastik moment), flanşın bölgesel burkulmasına ve ağ yerel burkulmalarına göre elde edilen en düşük değerdir.

2. Dolgulu Boru Profil

Bu bölüm, her iki eksen etrafında eğilmiş Dolgulu Boru bölümleri için geçerlidir.

Dolgulu Boru kesitleri için nominal eğilme dayanımı aşağıdaki gibi hesaplanır (AISC I3.4b):

$$M_n = \begin{cases} M_p, & \text{kompakt kesitler için} \\ M_p - (M_p - M_y) \left(\frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right), & \text{kompakt olmayan kesitler için,} \\ M_{cr}, & \text{narin kesitler için} \end{cases} \quad (2.16)$$

M_p = Kompozit kesit üzerinde plastik gerilme dağılımına karşılık gelen moment, kip-in. Kesitin plastik kapasitesi, $0,7 f'_c$ ile sınırlandırılmış maksimum beton basınç gerilmesi, betonda baskı olmaması ve basınçta F_y ile sınırlı maksimum çelik gerilmesi ile mükemmel bir plastik gerilme dağılımı varsayılarak hem gerilim hem de basınç hesaplanır. Şekil 2.15.'deki basınç bloğuna bakılmalıdır.

M_y = Gerilim flanşının verimine karşılık gelen verim momenti ve basınç flanşının ilk verimi, kip-in. İlk verimdeki kapasite, $0,7 f'_c$ ile sınırlandırılmış maksimum beton basınç gerilmesi ve basınç gerilimi F_y ile sınırlı maksimum çelik gerilmesi ile doğrusal elastik gerilme dağılımı varsayılarak hesaplanır. Şekil 2.15.'deki basınç bloğuna bakılmalıdır.

M_{cr} = Gerilim flanşının ilk verimine karşılık gelen veya ilk önce basınç flanşının F_{cr} 'sine (hangisi önce gelirse) karşılık gelendir, kip-in. İlk verimdeki kapasite, $0,7 f'_c$ ile sınırlandırılmış maksimum beton basınç gerilmesi, betonda gerilim ve F_y ile sınırlı maksimum çelik gerilmesi ile doğrusal elastik gerilme dağılımı varsayılarak hesaplanır. Şekil 2.15.'deki basınç bloğuna bakılmalıdır.

λ = En narin tabakanın, plaka narinlik oranı veya genişlik-kalınlık oranı

(AISC 2-11, I1.1b)

$$\lambda_p = \frac{0.09E}{F_y} \quad (2.17)$$

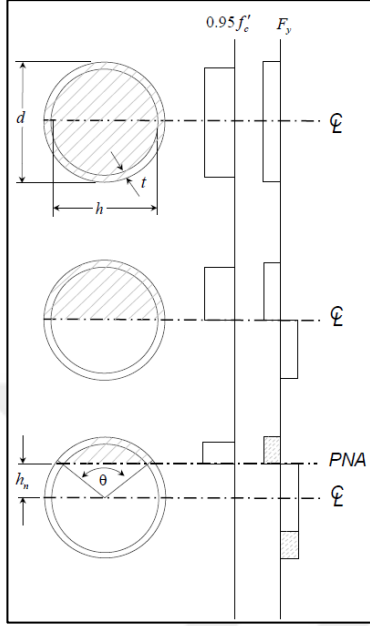
$$\lambda_r = \frac{0.31E}{F_y} \quad (2.18)$$

$$F_{cr} = \frac{0.72F_y}{\left[\left(\frac{D}{t} \right) \left(\frac{F_y}{E_s} \right) \right]^{0.2}} \quad (2.19)$$

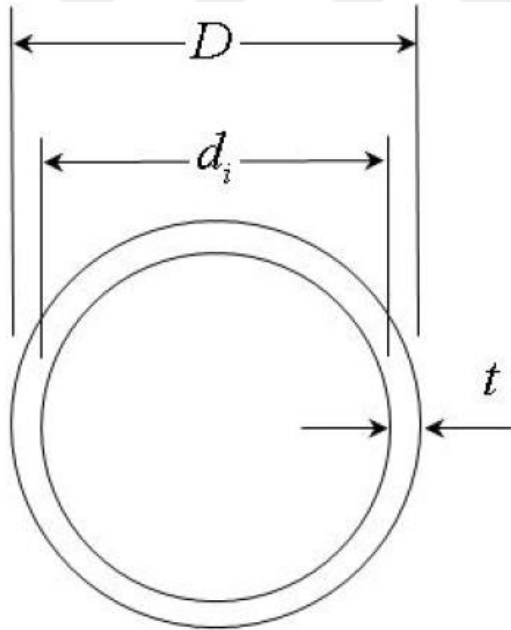
Plastik moment kapasitesi, M_p , aşağıdaki gibi hesaplanır (AISC I3.4b, C-I3.4, Şekil C-13.7):

$$M_p = F_y Z_{sB} + \frac{1}{2}(0.95 f'_c Z_{cB}) \quad (2.20)$$

$$M_D = F_y Z_c + \frac{1}{2}(0.95 f'_c Z_c) \quad (2.21)$$



Şekil 2.16. Dolgulu yuvarlak HSS bağlantı noktaları



Şekil 2.17. Boru kesitlerinin boyutları

$$t = 0.93 t_{nom}, \text{ in.}$$

D = Yuvarlak HSS'nin dış çapı, in.

d_i = Yuvarlak HSS'nin iç yarıçapı, in.

$$Z_s = \text{Çelik kısmın plastik kesit modülü} = \frac{d^3}{6} - Z_c$$

$$Z_c = \frac{h^3}{6} \quad (2.22)$$

$$Z_{sB} = \frac{(d^3 - h^3)}{6} \sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \quad (2.23)$$

$$Z_{cB} = \frac{h^3 \sin^3\left(\frac{\theta}{2}\right)}{6} \quad (2.24)$$

$$\theta = \frac{0.0260K_c - 2K_s}{0.0848K_c} + \frac{\sqrt{(0.0260K_c + 2K_s)^2 - 0.857K_cK_s}}{0.0848K_c} \text{ (rad)} \quad (2.25)$$

$$K_c = f_c' h^2 \quad (2.26)$$

$$K_s = F_y \left(\frac{d-t}{2}\right) t \quad (2.27)$$

$$h_n = \frac{h}{2} \sin\left(\frac{\pi-\theta}{2}\right) \leq \frac{h}{2} \quad (2.28)$$

Şu anda, kolaylık sağlaması için, program, M_y ve M_{cr} değerlerinin M_p ile aynı olduğunu varsayar.

2.1.6.6. Nominal kesme dayanımı

Nominal kesme kuvveti, tüm bölümler için geometrik eksenler boyunca kesmeler için hesaplanır. Dolgulu kutu ve dolgulu boru kesitleri için ana eksenler geometrik eksenlerle çakışır.

Kompozit kesitin mevcut dayanımı, tek başına, çelik kesitin mevcut kesme dayanımı olarak alınır ve AISC Bölüm G'ye göre belirlenir. (AISC I4.1 (a))

Kesme için nominal kuvvetin hesaplanmasında, V_n , bir kesitin kesme dayanımını arttırmak için herhangi bir, orta sertleştirici bulunmadığı varsayılmaktadır (AISC G2-2).

Şartname, aşağıdaki yöntemlerden birinin kullanılmasına izin verir:

- (a) Çekme bölgesi (AISC G2) kullanılmadan kesme akması ve kesme burkulması sınır durumu;
- (b) Ya da çekme bölgesindeki burkulma dayanımını (AISC G3).

Kesme kuvvetlerini hesaplamak için ilk yöntemi kullanılır.

Tasarım kesme dayanımı; $\phi_v V_n$, ve izin verilen kesme dayanımı; V_n/Ω_v aşağıdaki faktörler kullanılarak belirlenir.

I-şeklinde haddelenmiş elemanların gövdeleri hariç, majör ve minör yönlerdeki tüm kesitler için $h/t_w \leq 2.24\sqrt{E/F_y}$ kullanılır.

$$\phi_v = 0.9 \text{ (LRFD)} \quad (2.29)$$

$$\Omega_v = 1.67 \text{ (LRFD)} \quad (2.30)$$

2.1.6.7. Majör yöndeki kesme

Majör yön için nominal kesme kuvveti V_{n2} , kesme dayanımı ve kesme dayanımı sınır değerlerine göre değerlendirilir. Burada A_w gövdenin alanıdır (genel kalınlık, gövde kalınlığı) ve C_v gövde kesme katsayısıdır.

$$V_n = 0.6F_y A_w C_v , \quad (2.31)$$

a) Dolgulu kutu profil

A_w aşağıdaki gibi alınır;

$$A_w = 2ht \quad (2.32)$$

C_v aşağıdaki gibi alınır;

$$C_v = \begin{cases} 1.0, & \text{eğer } \frac{h}{t_w} \leq 1.10\sqrt{k_v E/F_y}, \\ \frac{1.10\sqrt{k_v E/F_y}}{\frac{h}{t_w}}, & \text{eğer } 1.10\sqrt{k_v E/F_y} < \frac{h}{t_w} \leq 1.37\sqrt{k_v E/F_y} \text{ ve} \\ \frac{1.51Ek_v}{(h/t_w)^2 F_y}, & \text{eğer } \frac{h}{t_w} \leq 1.37\sqrt{k_v E/F_y}, \end{cases}$$

(AISC G5, G2-3, G2-4, G2-5, I4.1(a))

Burada,

$$k_v = 5 \quad (2.33)$$

$$h = d - 3t_f \quad (2.34)$$

Kutu kesitinin tasarım kalınlığının, kaynak işlemi ERW (AISC B3.12) ise, nominal kalınlığından bir azaltma faktörü ile farklılık gösterebilir. Azaltma ve azaltma faktörü C seçimi, eleman bazında üzerine yazılabilir.

Kesme boru kesitlerinin nominal kesme dayanımı, V_n , kesme dayanımı ve kesme dayanımı limitine göre şu şekilde alınır;

$$V_n = F_{cr} A_g / 2 \quad (2.35)$$

Burada;

$$F_{cr} = \frac{0.78E}{(D/t)^{3/2}} \leq 0.6F_y \quad (2.36)$$

alınır.

Şartname, F_{cr} 'nin en fazla iki alternatif değer olarak alınmasına izin verir. Program, genellikle yalnızca iki ifadeden birini kullanır. Önceki denklemlerde;

A_g = Tasarım duvar kalınlığına göre brüt kesit alanı

D = Dış çap

t = Tasarım duvar kalınlığı

Tasarım duvar kalınlığı, ERW HSS için nominal duvar kalınlığının 0.93 katına eşittir ve SAW HSS için nominal duvar kalınlığına eşittir. Bununla birlikte, kalınlık azaltma ve azaltma faktörünün seçimi programda eleman bazında yazılabilir.

2.1.6.8. Minör yöndeki kesme

Minör yönler için nominal kesme dayanımı, V_{n3} , aşağıdaki gibi kesme dayanımı ve kesme dayanımı limit durumlarına göre değerlendirilir:

$$V_n = 0.6F_y A_w C_v \quad (2.37)$$

Burada A_w , minör yöndeki kesme için kesme alanıdır ve C_v , gövde kesme katsayısıdır. A_w ve C_v ifadeleri kesitten kesite aşağıdaki gibi ayrılır.

a) Kutu kesitleri

Minör yöndeki kesme kapasitesi V_{n3} , uygun boyutların kullanılması haricinde, majör kesme kapasitesinin (V_{n2}) hesaplanmasıyla, tam olarak aynı şekilde hesaplanır. (AISC G4, G5, G1, I4.1(a))

b) Boru kesitleri

Minör yönde kesme kapasitesi, V_{n3} , majör yöndeki için tam olarak aynıdır.

(AISC G6, I4.1(a)).

2.1.6.9. Nominal burulma dayanımı

Nominal çekme kuvveti sadece dolgulu kutular ve dolgulu borular gibi kapalı kesitler için hesaplanır. Diğer tüm kesit tipleri için tasarımda çekme göz ardı edilir. Çekme dayanımını hesaplarken beton göz ardı edilir.

Tasarım çekme dayanımı; $\phi_T T_n$, ve izin verilen burulma dayanımı; T_n / Ω_T , aşağıdaki direnç ve emniyet faktörleri kullanılarak belirlenir:

$$\phi_T = 0.90 \text{ (LRFD)} \quad (2.38)$$

$$\Omega_T = 1.67 \text{ (ASD)} \quad (2.39)$$

Çekme akması ve burulmasının sınır durumlarına göre nominal çekme dayanımı (T_n) şöyledir:

$$T_n = F_{cr} C \quad (2.40)$$

Burada C çekme kesme sabiti, ve F_{cr} kritik burulma gerilmesi.

Dolgulu boru kesitleri için, C sabiti genel olarak şu şekilde alınır;

$$C = \frac{\pi(D-t)^2 t}{2} \quad (2.41)$$

F_{cr} şu şekilde alınır;

$$F_{cr} = \max(F_{cr1}, F_{cr2}) \leq 0.6F_y \quad (2.42)$$

Burada;

$$F_{cr1} = \frac{1.23E}{\sqrt{\frac{L}{D} \left(\frac{D}{t}\right)^{5/4}}} \quad (2.43)$$

$$F_{cr2} = \frac{0.60E}{\left(\frac{D}{t}\right)^{3/2}} \quad (2.44)$$

Önceki denklemlerde;

L = Elemanın desteklenmemiş çekme uzunluğu, L_{LTB} . Bu uzunluk, eğilme burulma için L_{22} , desteklenmeyen uzunluk varsayılan olarak alınır. Ancak, bu uzunluk programda yazılabilir.

D = Boru kesitinin dış çapı

t = tasarım duvar kalınlığı

Dolgulu kutu kesitleri için;

$$C = 2(b_f - t_w)(d - t_f)\{\min(t_w, t_f)\} - 4.5(4 - \pi)\{\min(t_f, t_w)\}^3 \quad (2.45)$$

$$F_{cr} = \quad (2.46)$$

$$\begin{cases} 0.06F_y, & \text{eğer } h/t \leq 2.45\sqrt{E/F_y}, \\ 0.06F_y \frac{2.45\sqrt{E/F_y}}{(h/t)}, & \text{eğer } 2.45\sqrt{E/F_y} < h/t \leq 3.07\sqrt{E/F_y} \text{ ve} \\ 0.458\pi^2 \frac{E}{(h/t)^2}, & \text{eğer } 3.07\sqrt{E/F_y} < h/t \leq 26.0. \end{cases}$$

Önceki ifadelerde kullanılan b_f , t_w , d , t_f , h ve t değişkenleri Şekil 2.6.'da açıklanmıştır. h/t 'nin hesaplanmasında, derinlik-kalınlık ve genişlik-kalınlık oranı maksimum olacak şekilde kabul edilir.

Burada t tasarım kalınlığıdır. Tasarım duvar kalınlığı, ERW, HSS için nominal duvar kalınlığının 0.93 katına eşittir ve SAW, HSS için nominal duvar kalınlığına eşittir. Bununla birlikte, kalınlık azaltma ve azaltma faktörünün seçimi programda eleman bazında yazılabilir.

2.2. Literatürde Yer Alan Çalışmalar

Ulusal ve uluslararası literatürde, çerçeve sistemlerin optimizasyonu veya kompozit yapı elemanların optimizasyonu alanlarında çalışmalara rastlanmasına rağmen çerçeve olarak kompozit kolonlu yapıların optimizasyonu ile ilgili bir çalışmaya rastlanmamıştır. Çerçeve sistemlerin optimizasyonu konusu ve kompozit yapı elemanların optimizasyonu konusu ile ilgili mevcut çalışmalar aşağıda özet halinde sunulmuştur.

Çerçevelerin optimum tasarımı ile alakalı literatürde bir çok yayına rastlanmaktadır. Bu çalışmaların büyük çoğunluğu iki boyutlu rijit bağlantılı çelik çerçevelerin optimum tasarımı ile alakalı olup, üç boyutlu, soğuk haddeli çelik, betonarme ve yarı rijit bağlantılı çerçeve sistemler gibi farklı tip çerçeve sistemlerin optimum tasarımı ile alakalı çalışmalar da literatürde bulunmaktadır. Söz konusu konu ile ilgili çalışma sayısının çok olması sebebiyle, çerçeve sistemlerin optimum tasarımı ile alakalı tüm çalışmaların listesini vermek yerine 2013 yılına kadar konu ile ilgili değerlendirme çalışmalarının, 2013 yılı sonrası için de konu ile ilgili belli başlı çalışmaların verilmesi kanaatine varılmıştır.

Mehmet Polat Saka (2003, 2007, 2014); M. P. Saka ve Geem (2013; Topping (1983)) çelik çerçevelerin optimum tasarımı ile alakalı değerlendirme çalışmaları yapmıştır. Bu çalışmalarda 2013 yılına kadar olan çerçeve sistemlerin optimum tasarımı ile çalışmalar belirtilmektedir.

2013 yılı ve sonraki dönem için çelik çerçevelerin optimum tasarımı ile ilgili başlıca çalışmalar şu şekilde özetlenebilir. S. K. Azad vd. (2013) üst limit stratejili meta-sezgisel (Büyük patlama büyük küçülme), Kaveh ve Bakhshpoori (2013) Levy uçuş teorili guguk kuşu, Shahrouzi ve Pashaei (2013) stokastik yön, Doğan (2014) Levy uçuş teorili avlanma arama, Hasançebi ve Çarbaş (2014) yarası, Murren ve Khandelwal (2014) tasarım güdümlü harmoni arama, Mosquera ve Gargoum (2014) sırasal algoritma, Gholizadeh ve Poorhoseini (2015) dönüştürülmüş yunus arama, Talatahari vd. (2015) diferansiyel değerlendirmeli kartal, Aydoğdu vd. (2016) Levy uçuş teorili

yapay arı kolonisi, Aydoğdu vd. (2017) sosyal örümcek algoritması konularında çalışmalar yapmışlardır.

M. Artar ve A. Daloğlu (2015); Musa Artar ve Ayşe T. Daloğlu (2015) genetik algoritma yöntemlerini kullanarak çelik çerçeveleri boyut optimizasyonu konusunu çalışmışlardır. Bunların dışında, Phan vd. (2013) genetik algoritma yöntemi ile soğuk haddeli çelik çerçevelerin, Rafiee vd. (2013), Hadidi ve Rafiee (2014) ve M. Artar ve A. T. Daloğlu (2015) sırasıyla büyük patlama büyük küçülme, parçacık küme ve harmoni arama ve genetik algoritma yöntemleri ile yarı rijit bağlantılı çelik çerçevelerin optimum tasarımını araştırmışlardır. Zacharenaki vd. (2013) güvenilirlik tabanlı, Ghasemi ve Farshchin (2014) pareto tabanlı Kaveh vd. (2015) guguk kuşu yöntemleri ile sismik yükler altında çelik çerçevelerin optimum tasarımını yapmıştır.

Çelik ve beton kompozit yapı elemanlarının optimum tasarımı ile ilgili başlıca çalışmalar şu şekilde özetlenmiştir. Li ve Chen (1993) Langrange çarpan yöntemi ile kompozit yapıların deplasman sınırlayıcısı altında optimum tasarımı, Morton ve Webber (1994) kompozit I kirişin minimum alanı, Adeli ve Kim (2001); kompozit döşemelerin maliyet optimizasyonu, Valido ve Cardoso (2003) ikincil merteye teorisini dikkate alarak kompozit kirişlerin optimum tasarımı, Klansek ve Kravanja (2006) değişik kompozit döşeme sistemlerin maliyet tahmini ve optimum tasarımı, Suresh vd. (2007) parçacık küme optimizasyonu yöntemini uygulayarak kompozit kutu kirişlerin optimum tasarımı, Senouci ve Al-Ansari (2009) Amerikan şartnamesine (LRFD-AISC) göre kompozit kirişleri genetik algoritma yöntemi ile optimum tasarımı, Cheng ve Chan (2009) iki boyutlu yüksek çerçevelerde yatay öteleme optimizasyonu, Kaveh ve Abadi (2010); Kaveh ve Ahangaran (2012); Kaveh ve Massoudi (2012); Poitras vd. (2011) kompozit döşeme sistemlerin harmoni arama, karınca kolonisi ve parçacık küme optimizasyon yöntemleri ile optimizasyonu, Luo vd. (2012) çelik beton kompozit yapıların şekil optimizasyonunu, Kaveh vd. (2014) çok açıklıklı kutu kesitli köprü tabliye kirişlerin optimum tasarımı, Nguyen vd. (2015) ince cidarlı kesitlerde eğilme burulma tahkikini yaparak genetik algoritması ile kompozit kirişlerin optimum tasarımı, Papavasileiou vd. (2011) beton dolgulu kolonlara sahip çerçevelerin optimum güçlendirilmesi ve M. Artar ve A. T. Daloğlu (2015); Musa Artar ve Ayşe T. Daloğlu (2015) kompozit döşeme sistemli çelik çerçevelerin optimum tasarımı konuları ile ilgili çalışmalar yapmıştır.

Literatürde çelik beton kompozit yapıların maliyetin araştırılması ile ilgili Mahure (2016) tarafından yapılan çalışmaya rastlanmıştır. Bu çalışmada 15 katlı 56.5 metre yüksekliğinde bir yapı betonarme ve kompozit kolonlu olarak modellenerek fiyatlarına bakılmış. Ancak her iki model için de maliyetinin azaltılmasına yönelik bir çalışma yapılmamıştır.

Yukarıda bahsedilen çalışmalar incelendiğinde kompozit kolonlu bir yapının optimizasyonunu bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu sebeple bu tez çalışmasında literatüre yeni bir optimizasyon problemi kazandırılacaktır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Optimizasyon Kavramı

Optimizasyon, belirlenen bir amaca ulaşmak için gerekli şartları sağlayarak problemin çözümlerinin en uygun olanını belirleme işlemidir. Bu işlem sonunda amaçlanan optimizasyon, en düşük maliyet, işlem süresini minimize etmek ya da geliri maksimize etmek olabilir. Örneğin, mühendislikte optimizasyon yapılırken minimum maliyet amaçlanmaktadır, fakat bu amaç doğrultusunda çalışma yapılırken gerekli standartlara da uygun olması gerekebilmektedir. Sonuç olarak optimizasyon; belirli değişkenlerin, amaç ve sınırlayıcı fonksiyonlarından oluşmaktadır.

3.1.1. Tasarım değişkenleri

Tasarım değişkenleri, çözülmesi amaçlanan optimizasyon probleminin değerleri kontrol edilebilen ve sistemin performansını etkileyen değişkenlerdir.

3.1.2. Amaç fonksiyonu

Tasarım değişkenlerinin amaç üzerindeki etkilerinin analitik olarak gösterilmesiyle amaç fonksiyonu oluşturulmaktadır. Problemin çözümünde elde edilmek istenen optimum değerler için amaç fonksiyonları oluşturulmaktadır. Mühendislikte sıklıkla minimum ağırlık, minimum hacim, minimum maliyet veya maksimum fayda amaç fonksiyonunu oluşturmaktadır.

3.1.3. Sınırlayıcılar

Tasarım değişkenleriyle oluşturulan amaç fonksiyonları sınırlayıcılar ile sınırlandırılmaktadır. Mühendislik problemlerinde sınırlayıcılar, çoğunlukla problem çözümünde uyulması gereken şartnameler ve standartlar tarafından kısıtlanmaktadır.

3.2. Optimizasyon Yöntemleri

Optimizasyon problemlerin tamamının çözümü için kesin bir teknik olmamakla birlikte kullanılan optimizasyon teknikleri de kesin bir çözüm üretemeyebilirler. Fakat, optimizasyon tekniğinin başarısı en iyi çözüme yaklaşmasıyla ve tolerans aralığı içinde kalmasıyla anlaşılabilir. Optimizasyon problemleri aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir (Karaboğa 2004);

- a. Sınırlamasız Optimizasyon: Amaç fonksiyonunun maksimize veya minimize ederken değişkenler ile ilgili bir sınırlamanın olmadığı optimizasyon şeklidir.
- b. Sınırlamalı Optimizasyon: Amaç fonksiyonu sınırlamasız optimizasyonda olanın aksine değişkenlere bağlı olarak sınırlamalara tabi tutulduğu optimizasyondur.
- c. Lineer Optimizasyon: Parametreler ile amaç fonksiyonunun lineer olduğu optimizasyondur.
- d. Lineer Olmayan Optimizasyon: Parametreler ile amaç fonksiyonunun lineer olmadığı optimizasyondur.

e. Ayırık Optimizasyon: Ayırık niceliklerin optimum şekilde seçildiği, gruplandırıldığı optimizasyondur.

f. Sürekli Optimizasyon: Tasarım değişkenlerinin süreklilik gösterdiği optimizasyondur.

3.2.1. Klasik optimizasyon yöntemleri

Klasik optimizasyon teknikleri sürekli ve türevlenebilir fonksiyonların optimizasyonunda kullanılır ve analitik tekniklerdir. Klasik optimizasyon ile optimum noktalar bulunurken, türev hesaplamalarıyla ilgili yöntemler kullanılır fakat karşılaşılan bazı problemler türevlenebilir olmadığından ve sürekli olmadığından dolayı, kullanım alanları kısıtlıdır.

3.2.2. Meta-Sezgisel optimizasyon yöntemleri

Doğa olaylarından esinlenerek geliştirilen optimizasyon tekniklerine meta sezgisel optimizasyon teknikleri denir. İlk defa Glover (1986) tarafından Yunanca “meta” ve İngilizce sezgisel manasındaki “heuristic” sözcüklerinin birleştirilmesiyle literatüre girmiştir. Genetik algoritma (GA), biyocoğrafya yöntemi, ağaç tohum yöntemi (SG), ve sosyal örümcek optimizasyonu (SÖO), sıklıkla kullanılan meta sezgisel optimizasyon tekniklerinin bazılarıdır.

3.2.2.1. Genetik algoritma yöntemi

Genetik algoritma, Darwin’in evrim teorisinden esinlenerek geliştirilen meta sezgisel bir optimizasyon tekniğidir. Bireyler doğa koşullarına uyum sağlamayı başarabilirse hayatına devam eder. bireyler şifrelenerek toplanır birey havuzu oluşturulur. Birey havuzu oluşturulurken ikili şifreleme yöntemi kullanılır. İki tabanında şifreleme yapılarak bireyler ve bireylerden ise birey havuzu oluşturulur. bireylerin kromozomları mutasyona uğratarak yeni bireyler üretilir ve birey havuzuna dahil edilir. belirlenen iterasyon sayısı kadar bu işlem tekrarlanır ve birey havuzundaki bireyler yeni üretilmiş bireylerle değiştirilerek optimum birey havuzu elde edilene kadar yinelenir.

3.2.2.2. Biyocoğrafya yöntemi

Biyocoğrafya yöntemi Simon (2008) tarafından habitat içindeki canlıların göç etme, habitatların göç alma ilkelerinden esinlenerek geliştirilmiş bir yöntemdir. Yöntemde her bir birey için bulunduğu habitatın uygunluğuna göre bir göç etme olasılığı hesaplanır. Bu göç etme olasılığına göre bireyler göç eder. Biyocoğrafya algoritmasında göç etme durumu yeni tasarımların bulunması anlamına gelmektedir. Bunun dışında biocoğrafya yönteminde habitatın mutasyon olasılığı da vardır. Bu olasılık gerçekleşirse bireyler mutasyona uğrar. Bu olay biyocoğrafya yönteminde bazı tasarım değişkenlerinin yok edilerek yerine yeni tasarım değişkenlerinin rastgele oluşturulması anlamına gelmektedir. En basit şekliyle biyocoğrafya yönteminin çözüm algoritması aşağıdaki gibi gösterilebilir.

1. **Adım:** Habitat içerisindeki bireyleri (tasarımları) rastgele oluştur ve bireylerin (tasarımların) performans değerlerini hesapla

2. **Adım:** Habitat içerisindeki her bir bireylerin göç etme olasılığını hesapla, göç etme olasılığı gerçekleşirse habitatta göç eden bireylerin yerine yeni bireyler oluştur.
3. **Adım:** Mutasyon olasılığı gerçekleşirse mutasyon oranı gerçekleşen bireyi öldür. Yerine yeni bireyi rastgele oluştur.
4. **Adım:** Maksimum yineleme sayısı ulaşıncaya algoritmayı bitir. Ulaşılmadıysa 2. Adıma dön

3.2.2.3. Ağaç tohum yöntemi

Ağaç tohum yöntemi Kiran (2015) tarafından ağaçların tohumları vasıtasıyla yayılması ve nesillerini devam ettirmesi ilkesinden yararlanılarak geliştirilmiş bir yöntemdir. Yöntemde ağaçlar arama (yayılma) eğilimi katsayına (ST) bağlı olarak en iyi konumdaki ağaca göre veya bölge içerisindeki rastgele bir ağaca göre tohumlarını saçar. Saçılan tohumlar ile yeni ağaçlar (tasarımlar) oluşur. En genel hali ile Ağaç tohum yönteminin algoritması aşağıdaki şekilde gösterilebilir.

1. **Adım:** Bölgeye ağaçları rasgele yerleştir. En iyi konumdaki ağacı tespit et. Arama(yayılma) eğilimi katsayısını(ST'yi) hesapla
2. **Adım:** Yeni ağaçları mevcut ağaçların tohumları vasıtasıyla saç. Rasgele sayı belirle eğer rasgele değer ST'den küçükse yeni ağaç en iyi konumdaki ağaca göre büyükse bölgedeki rasgele bir ağaca göre tohumu saç.
3. **Adım:** Yeni oluşan ağaçların konumlarını (performanslarını) belirle. En iyi konuma sahip ağacı tespit et.

Adım maksimum yineleme sayısı ulaşıncaya algoritmayı bitir. Ulaşılmadıysa 2. Adıma dön.

3.3. Optimizasyon Probleminin Matematiksel Modeli

3.3.1. Amaç fonksiyonu ve tasarım değişkenleri

Konu ve kapsam kısmında belirtildiği gibi tez çalışmasında optimizasyon probleminin amaç fonksiyonu BDÇTKK çerçeve sistemin maliyet fonksiyonu olacaktır. En sade şekliyle BDÇTKK çerçeve sistemin maliyet fonksiyonu aşağıdaki şekilde gösterilebilir.

$$M(\vec{x}) = BF_{\vec{c}}A_{\vec{c}} + BF_B H_B \quad (3.1)$$

Yukarıdaki denklemde $BF_{\vec{c}}$: yapı çeliğinin birim ağırlık fiyatını, BF_B : betonun birim hacim fiyatını, $A_{\vec{c}}$: yapıda kullanılan toplam yapı çeliği ağırlığını, H_B : yapıda kullanılan toplam beton hacmini temsil ederler.

Yine denklem (3.1)'de x vektörü, tasarım değişkenlerinin oluşturduğu vektör olarak tanımlanır. Önerilen projede tasarım değişkenleri her bir tasarım gurubu (kolon, kiriş grupları) için kullanılan çelik profil, yapı eleman boyutlarıdır (en ve yükseklik

değerleri). Tez çalışmasında kullanılacak beton sınıfının tasarım değişkeni olarak alınıp alınmayacağına algoritmanın oluşturulması sırasında karar verilmesi planlanmıştır.

3.3.2. Sınırlayıcı fonksiyonları

BDÇTKK çerçeve sistemlerin şartnamelerce belirlenen ve geometrik uygunluk şartlarına uygun olarak tasarlanması gerekmektedir. Bu nedenle tez çalışmasında sınırlayıcı fonksiyonları mukavemet/sınırlayıcı, deplasman, öteleme ve geometrik uygunluk fonksiyonları tanımlanmıştır.

3.3.3. Mukavemet/ gerilme sınırlayıcı fonksiyonları

Tez çalışmasında kiriş ve kolon elemanları eğilme ve merkezi basınç etkisine maruz kalan çubuklar, döşeme elemanları ise eğilme etkisine maruz kalan kompozit kiriş elemanları olarak modellenenecektir. Kiriş ve kolon kompozit elemanlarının Amerikan ve Türk çelik şartnamelerine göre belirlenen mukavemet/gerilme sınırlayıcı fonksiyonları denklem (3.2)'de gösterilmiştir. Bu sınırlayıcı fonksiyonlar, kiriş elemanlarının yalın çelik olarak modellenmesi durumunda da geçerlidir. Bununla beraber kompozit kiriş şeklinde modellenen döşeme elemanların sınırlayıcı fonksiyonları denklem (3.3)'teki gibidir.

$$g_s(x) = \frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{K T_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{K T_b M_{ny}} \right) - 1.0 \leq 0 \quad \frac{P_u}{\phi P_n} \geq 0.2 \text{ için} \quad (3.2)$$

$$g_s(x) = \frac{P_u}{2\phi P_n} + \left(\frac{M_{ux}}{K T_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{K T_b M_{ny}} \right) - 1.0 \leq 0 \quad \frac{P_u}{\phi P_n} < 0.2 \text{ için}$$

$$g_s(x) = \frac{M_{ux}}{K T_b M_{nx}} - -1.0 \leq 0 ; g_s(x) = \frac{M_{uy}}{K T_b M_{ny}} - -1.0 \leq 0 \quad (3.3)$$

Yukarıdaki denklemlerde;

P_u : (YDKT) veya (GKT) yük birleşimleri için gerekli eksenel kuvvet dayanımı.

P_n : Bölüm 8 e göre mevcut eksenel basınç kuvveti dayanımı, ($=\phi P_n$ veya P_n / ϕ).

M_u : (YDKT) veya (GKT) yük birleşimleri için gerekli eğilme momenti dayanımı.

M_n : Bölüm 9 a göre mevcut eğilme momenti dayanımı, ($=\phi_b M_n$ veya M_n / ϕ_b).

x : Kuvvetli eksenini gösteren alt indis.

y : Zayıf eksenini gösteren alt indis.

YDKT için;

ϕ : Basınç kuvveti etkisi için dayanım katsayısı, ($= 0.90$).

$K T_b = \phi_b$: Eğilme momenti etkisi için dayanım katsayısı, ($= 0.90$).

GKT için;

$\emptyset$: Basınç kuvveti etkisi için güvenlik katsayısı, (= 1.67).

$KT_b=1/\Omega_b$: Eğilme momenti etkisi için güvenlik katsayısı, (= 1.67)

3.3.4. Deplasman ve öteleme sınırlayıcı fonksiyonları

Deplasman sınırlayıcı elemanında kiriş elemanın sehim değerinin şartnamelerce belirlenen kritik sehim değerinden küçük olması gerekmektedir. Bu ifadeye göre geliştirilen sınırlayıcı fonksiyonu aşağıdaki gibi ifade edilmiştir.

$$g_d(\vec{x}) = \frac{\delta_{jl}}{L/Oran} - 1.0 \leq 0 \quad (j=1,2,\dots,n_{se}, l=1,2,\dots,n_{yk}) \quad (3.4)$$

Yukarıdaki denklemde δ_{jl} j'inci elemanın l'ninci yük durumuna göre aldığı maksimum deplasman değeri, L kiriş elemanın uzunluğu, n_{se} seçilen kiriş eleman sayısı, n_{lc} toplam yük durum sayısı olarak tanımlanırlar.

Öteleme sınırlayıcı fonksiyonları ise her bir katta görelî kat ötelemesinin ve yapın tepe ötelemesinin kritik değeri aşamaması ilkesine göre oluşturulmuştur. (Bknz. denklem (3.5) ve denklem (3.6))

$$g_{tö} = \frac{\Delta_{jl}^{tepe}}{H/Oran} - 1.0 \leq 0 \quad (j=1,2,\dots,n_{jtepe}, l=1,2,\dots,n_{lc}) \quad (3.5)$$

$$g_{ka} = \frac{\Delta_{jl}^{ka}}{h_{sx}/Oran} - 1.0 \leq 0 \quad (j=1,2,\dots,n_{st}, l=1,2,\dots,n_{lc}) \quad (3.6)$$

Yukarıdaki denklemlerde H: toplam yapı yüksekliği, Δ_{jl}^{tepe} : en üst kattaki j'inci düğüm noktasının l'ninci yük durumuna göre aldığı maksimum öteleme değeri, n_{tepe} : en üst kattaki toplam düğüm noktası sayısı, Δ_{jl}^{ka} l'ninci yük durumuna göre j'inci ve (j-1)'ci katları arası öteleme değeri, h_{sx} : kat yükseliği, n_{st} : toplam katsayısı olarak tanımlanırlar.

Denklem (3.4), (3.5) ve (3.6)'daki oran ifadesi şartnamelerce belirlenmiş deplasman veya öteleme sınır oranıdır. Bu oran 250 ile 750 arasında değişmekte olup 300 ile 400 arasında alınması tavsiye edilmektedir Ellingwood (1986).

3.4. Sosyal Örümcek Optimizasyonu

Sosyal örümcek optimizasyon (SÖO) yöntemi 2013 yılında Cuevas ve diğerleri tarafından geliştirilmiş topluluk tabanlı bir meta-sezgisel optimizasyon yöntemidir. Yöntem, örümceklerin hareket etme ve üreme sırasında topluluk halinde yaptıkları davranışlarını esas almaktadır. Yöntemde örümcekler hareket etme ve üreme olmak üzere iki temel operatör kullanmaktadır. Hareket etme operatöründe örümcekler birbirlerine yaptıkları titreşimden etkilenerek konumlarını değiştirirler. Bu etkilenme titreşimin gücü, örümceğin yakınlığı ve örümceğin cinsiyeti gibi parametrelere bağlı olarak değişir. Üreme operatöründe ise dominant erkek örümcekler ile dominant erkek

örümceklerin etki alanındaki dişi örümcekler kullanılarak yeni bireyler meydana gelir ve topluluk güncellenir. Örümceklerin dominant olma durumu titreşimin gücü örümceklerin ağırlıklılığı ile doğru orantılıdır. Örümceğin ağırlığı optimizasyon probleminde amaç fonksiyonun değeri ile ilişkilendirilir. Sosyal örümcek algoritmasının aşamaları aşağıdaki gibi özetlenebilir.

1. Adım, dişi ve erkek örümcek sayılarını belirlenmesi:

Algoritmada dişi örümceklerin sayısı toplam örümcek sayısının(N_s) %65 ile %90 arasındadır. Buna göre dişi(N_f) ve erkek(N_m) örümcek sayıları aşağıdaki formüllere göre hesaplanır.

$$N_f = \text{round}[(0.9-0.25 \cdot \text{rand}) \cdot N_s] \quad (3.7)$$

$$N_m = N_s - N_f \quad (3.8)$$

Yukarıdaki denklemlerde, rand 0 ile 1 arasında rasgele üretilen sayıyı round ise tamsayıya yuvarlama fonksiyonunu temsil eder.

2. Adım, başlangıç çözümlerinin oluşturulması:

Diğer meta-sezgisel yöntemlerde olduğu gibi SÖO yöntemi aşağıda verilen denklemden başlangıç çözümlerini rasgele üretir. Her bir çözüm bir örümcek tarafından temsil edilir. Elde edilen çözümlerin ilk N_f tanesi dişi örümceklere kalanı ise erkek örümceklere atanır. Bu şekilde algoritmasının veri tabanı oluşturulur.

$$X_{i,j} = al_j + (\bar{u}_j - al_j) \cdot \text{rand} \quad i=1,2,\dots, N_s \quad j=1,2,\dots, NTD \quad (3.9)$$

Yukarıdaki denklemden; al ve $\bar{u}$ sırasıyla tasarım değişkeninin alt ve üst limitlerini, N_{TD} toplam tasarım değişkeni sayısını, X algoritma veri taban matrisini temsil eder.

3. Adım, örümcek ağırlıklarının hesaplanması:

Algoritma veri tabanında bulunan çözümler değerlendirilerek performans değerlerini hesaplanır. Buna göre örümceklerin ağırlıkları (w) aşağıdaki formüle göre hesaplanır.

$$w_i = \frac{Per_i - Per_b}{Per_b - Per_w} \quad i = 1, \dots, N_s \quad (3.10)$$

Yukarıdaki denklemden Per_i , Per_b , Per_w sırasıyla mevcut, en iyi ve en kötü örümceklerin performans değerleridir.

4. Adım, dişi örümceklerin hareketi:

Bu adımda önce her bir dişi örümceğe en yakın örümcek tespit edilir. Örümcekler arasındaki mesafe Öklid mesafe bağıntısıyla aşağıdaki formüle hesaplanır.

$$d_{i,j} = \sqrt{\sum_{k=1}^{N_{TD}} (X_{i,k} - X_{j,k})^2} \quad i = 1, \dots, N_s; j = 1, 2, \dots, N_s; \quad (3.11)$$

En yakın örümceklerin tespitinden sonra her bir dişi örümceğin kendisine en yakın ve kolonideki en iyi örümceğe göre titreşimleri (*vibc* ve *vibb*) aşağıda belirtilen denklemlere göre hesaplanır.

$$Vibc_i = w_c \cdot e^{-d_{i,c}^2} \quad i = 1, \dots, N_s \quad (3.12)$$

$$Vibb_i = w_b \cdot e^{-d_{i,b}^2} \quad i = 1, \dots, N_s \quad (3.13)$$

Burada; w_b ve w_c sırasıyla en iyi ve en yakın örümceklerin ağırlıklarını, $d_{i,c}$ ve $d_{i,b}$ mevcut örümcek ile sırasıyla en iyi ve en yakın örümceklerle olan mesafeleridir. Bu aşamadan sonra dişi örümcekler aldıkları titreşimler doğrultusunda hareket eder. Bir başka deyişle çözümlerini aşağıda belirten denkleme göre günceller.

Eğer $\text{rand} \leq 0.5$ ise;

$$X_{i,j}^{yeni} = X_{i,j} + \alpha \cdot Vibc_i \cdot (X_{c,j} - X_{i,j}) + \beta \cdot Vibb_i \cdot (X_{b,j} - X_{i,j}) + \delta \left(\text{rand} - \frac{1}{2} \right) \quad (3.14)$$

Değilse;

$$X_{i,j}^{yeni} = X_{i,j} - \alpha \cdot Vibc_i \cdot (X_{c,j} - X_{i,j}) - \beta \cdot Vibb_i \cdot (X_{b,j} - X_{i,j}) + \delta \left(\text{rand} - \frac{1}{2} \right)$$

$i = 1, \dots, N_f \quad j = 1, 2, \dots, N_{TD}$

Yukarıdaki denklemde X_c ve X_b sırasıyla mevcut örümceğe en yakın ve en iyi tasarımları α , β ve δ ifadeleri 0 ile 1 arasında üretilen rasgele sayıları temsil eder.

5. Adım, erkek örümceklerin hareketi:

Erkek örümcekler dominant olup olmama duruma göre iki farklı hareket şekli vardır. Eğer erkek örümcek medyan örümcektekenden daha ağır ise o örümcek dominant (DÖ) olarak kabul edilir. Dominant erkek örümceklerin hareketinde ilk olarak kendisine en yakın dişi örümcek (X_f) tespit edilir ve aralarındaki titreşim (*vibf*) dişi örümceklerin hareketine benzer şekilde hesaplanır. Daha sonra dominant erkek örümcekler aşağıdaki formüle göre hareket ederler.

$$X_{i,j}^{yeni} = X_{i,j} + \alpha \cdot Vibf_i \cdot (X_{f,j} - X_{i,j}) + \delta \left(\text{rand} - \frac{1}{2} \right) \quad (3.15)$$

$i = N_f + 1, \dots, N_s$ ve $i \in DÖ \quad j = 1, 2, \dots, N_{TD}$

Dominant olmayan örümcekler (DOÖ) ise kendi aralarında kurdukları etkileşim sayesinde aşağıda belirtilen denkleme hareket ederler.

$$X_{i,j}^{yeni} = X_{i,j} + \alpha \cdot \left(\frac{\sum_{h=N_f+1}^{N_s} X_{h,j} \cdot w_h}{\sum_{h=1}^{N_m} w_h} - X_{i,j} \right) \quad (3.16)$$

$i=N_f+1, \dots, N_s$ ve $i, h \in DOÖ$ $j=1, 2, \dots, N_{TD}$

6. Adım, yeni örümceklerin üretilmesi ve algoritma veri tabanının güncellenmesi:

Bu adımda dominant örümcekler, çevresindeki dişi örümceklerden biri ile çiftleşerek yeni örümcek meydana gelir. Bu yeni çözümün oluşturulması anlamına gelir. Dominant erkek örümceklerin çevresi yarıçapı (r) aşağıdaki formüle göre hesaplanan daire olarak tanımlanır.

$$r = \frac{\sum_{j=1}^{N_{TD}} (ü_j - a_j)}{N_{TD}} \quad (3.17)$$

Dominant erkek örümcekler rulet yöntemi ile etki alanındaki dişi örümcekleri seçerler ve yeni birey oluştururlar. Oluşturulan yeni bireyin ağırlığı kolonideki en kötü örümceğin ağırlığı ile karşılaştırılır. Yeni birey daha ağırsa en kötü bireyin yerine geçer. Daha sonra 3. Adıma dönülerek SÖO yöntemi algoritmanın başında tanımlanan maksimum değerlendirme sayısına ulaşıncaya devam eder.

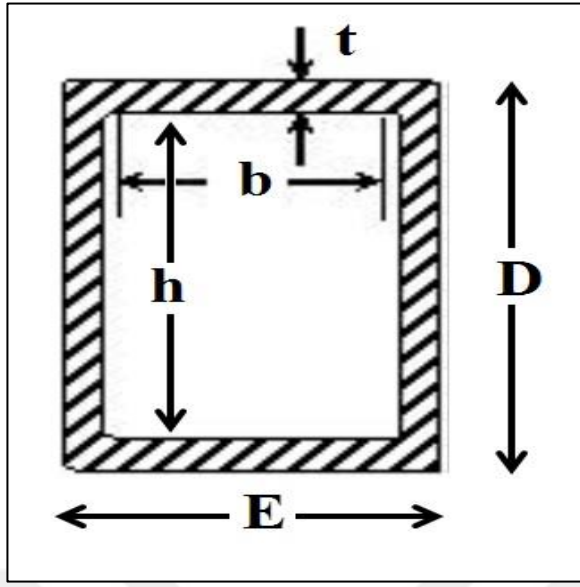
3.5. Materyaller

3.5.1. Kompozit kolon

Tez çalışmasında en sık kullanılan kompozit yapı eleman türlerinden biri olan beton dolgulu tüp kolonların (Şekil 3.3.-(d)) kullanılması düşünülmektedir. Kompozit kolonlarda Amerikan şartnamesi için W çelik profillerin, Türk şartnamesi için de IPB çelik profillerin kullanılması planlanmaktadır.

Çizelge 3.1. Tez çalışmasında kullanılacak BDÇTKK boyutları

Sıra	D (mm)	E (mm)	t (mm)	Sıra	D (mm)	E (mm)	t (mm)
1	300	300	12.7	9	700	700	22.0
2	350	350	12.7	10	750	750	23.0
3	400	400	12.7	11	800	800	25.0
4	450	450	14.0	12	850	850	27.0
5	500	500	16.0	13	900	900	28.0
6	550	550	19.0	14	950	950	30.0
7	600	600	19.0	15	1000	1000	31.0
8	650	650	20.0				



Şekil 3.1. Tez çalışmasında kullanılan BDÇTKK kesiti

3.5.2. Kullanılan yapı malzemeleri

3.5.2.1. Beton

Kompozit kolon elemanlarında taşıyıcı beton kullanılması; yapı modellerinde tek tip taşıyıcı beton sınıfının kullanılması; doğru şartname karşılaştırması yapılabilmesi için hem Amerikan hem de Türk şartnameleri için aynı mekanik özelliklere sahip betonun kullanılması düşünülmektedir.

3.5.2.2. Çelik

Tez çalışmasında literatürdeki örneklerle karşılaştırma yapılırken, literatürdeki çalışmalarla aynı mekanik özellikteki çeliğin kullanılması düşünülmektedir. Bunların dışında önerilen projede kullanılacak çeliğin TS EN 10025 şartnamesine uygun olacak şekilde seçilmesi, doğru şartname karşılaştırması yapılabilmesi için hem Amerikan hem de Türk şartnameleri için aynı mekanik özelliklere sahip çeliğin düşünülmektedir.

3.5.3. Yapı malzemeleri birim maliyetleri

Tez çalışmasında kullanılan beton ve yapısal çeliğin birim fiyatları şu şekilde kabul edilmiştir.

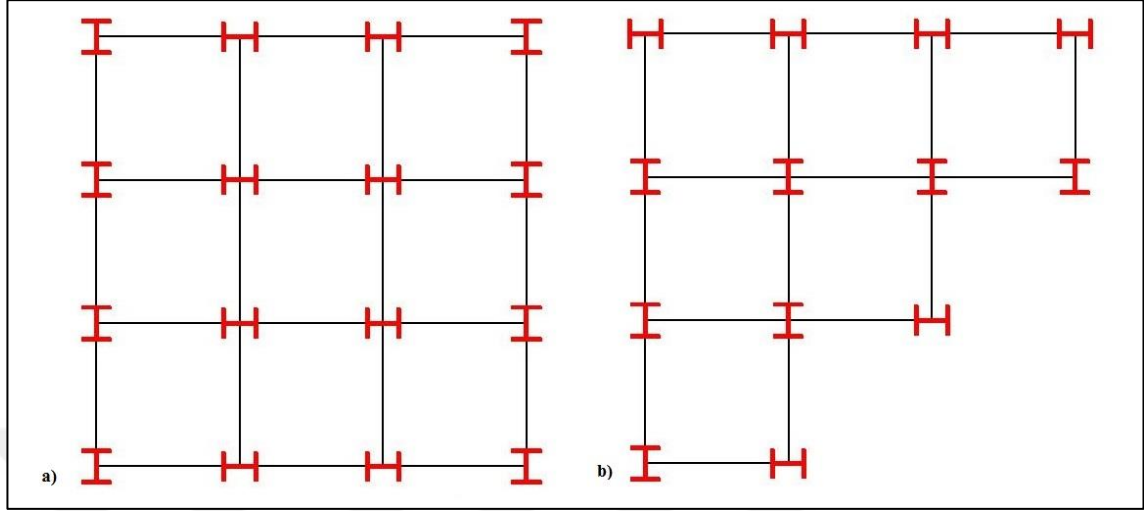
1. Beton : 150\$/ m³

2. Çelik : 2.30\$/ kg

Birim fiyatlar İ. Aydoğdu'nun Mechomp3 3rd International Conference on Mechanics of Composites Dergisi'nde yayınlanan Optimum Design of a Space Frame Structure with Concrete Filled Steel Tube Composite Columns Using Social Spider Optimization isimli eserinden alınmıştır (İ AYDOĞDU, 2017).

3.6. Yapı Modelleri

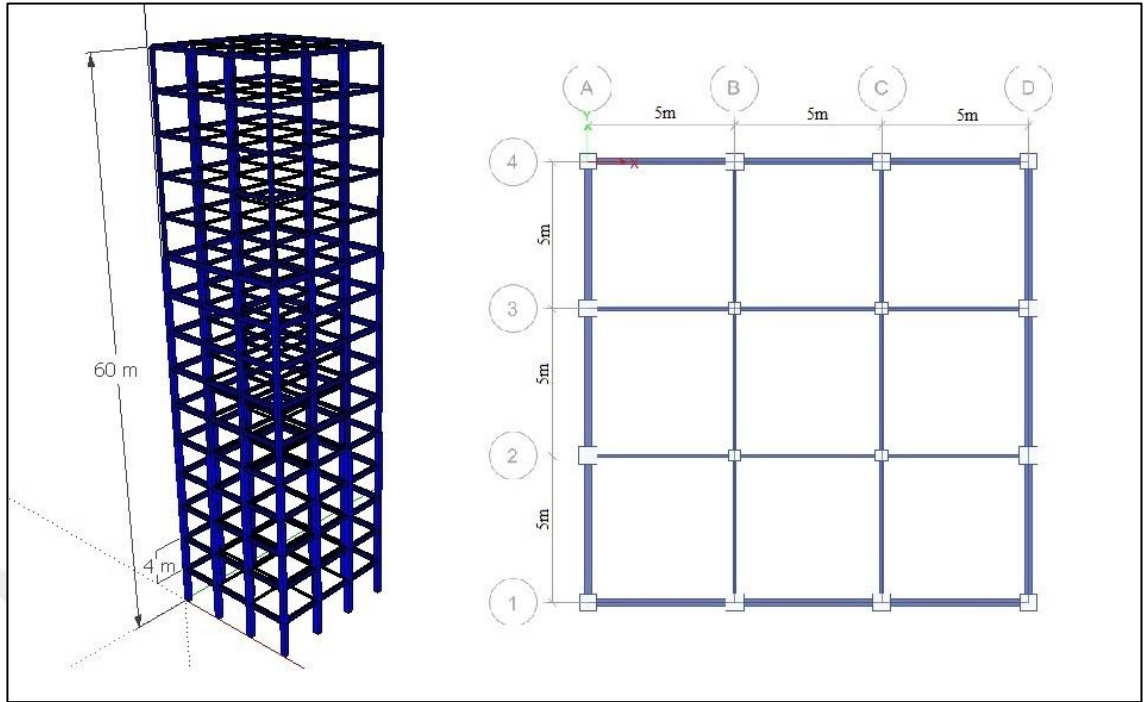
Tez çalışmasında 2 farklı formda modeller tasarlanmıştır.



Şekil 3.2. Çelik yapı modelleri plan görünümü a) Düzenli form b) Düzensiz form

3.6.1. Düzenli form yapı modeli

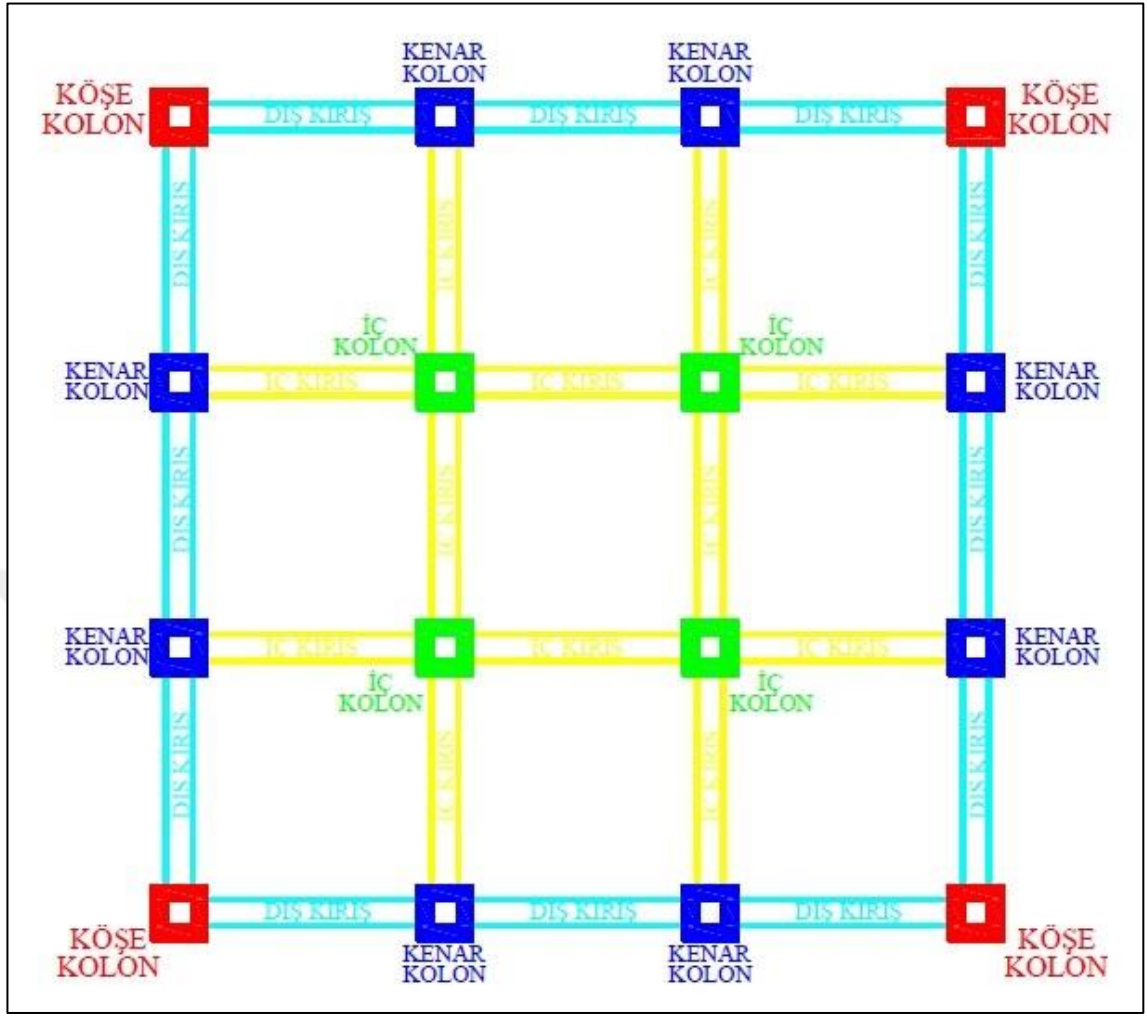
Düzenli form veya Form-1 olarak adlandırılan modelin, Şekil 3.3.'de ETABS'ta modellenen 3 boyutlu görüntüsü ve plan görüntüsü görülmektedir. Modelde X ve Y yönünde eşit aralıklı (5m), 4'er adet aks tanımlanmış olup her katta 16 kolon ve 24 kiriş bulunmaktadır. Form-1 olarak adlandırılan modelden, 10 katlı, 15 katlı, 30 katlı ve 60 katlı olmak üzere 5 farklı yükseklikte tasarım örnekleri kompozit kolonlu olarak ve tamamen çelik olarak ayrı ayrı tasarlanmış ve optimizasyon yapılmıştır.



Şekil 3.3. 15 katlı 600 elemanı düzenli form tasarım örneği model görüntüsü

3.6.1.1. Düzenli form tasarım örneği gruplandırma yöntemi

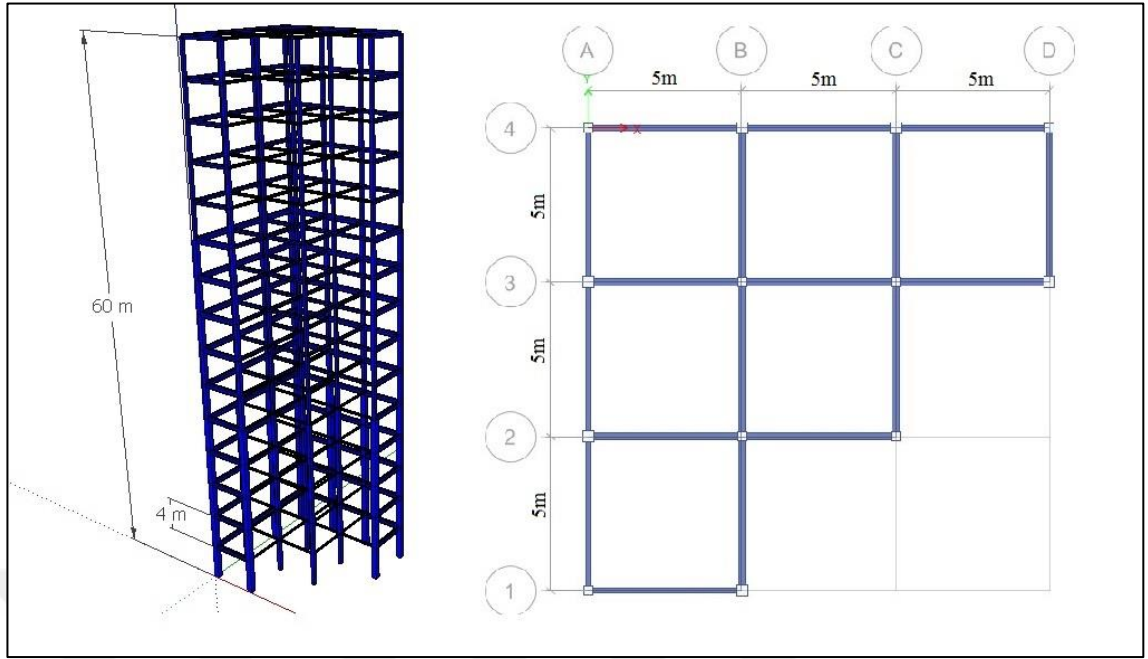
Düzenli formdaki tasarım örneklerine gruplandırma yapılırken her 5 katta bir farklı bir gruplandırma yapılmıştır. Kirişler ve kolonlar da kendi içlerinde farklı gruplara ayrılmıştır. Kolonlar, köşe kolon, kenar kolon ve iç kolon olarak 3 gruba ayrılmıştır. Kirişler ise dış kiriş ve iç kiriş olarak iki gruba ayrılmıştır. Gruplandırma biçimi Şekil 3.4.'te daha ayrıntılı olarak gösterilmektedir.



Şekil 3.4. Düzenli form tasarım örneği gruplandırma yöntemi

3.6.2. Düzensiz form yapı modeli

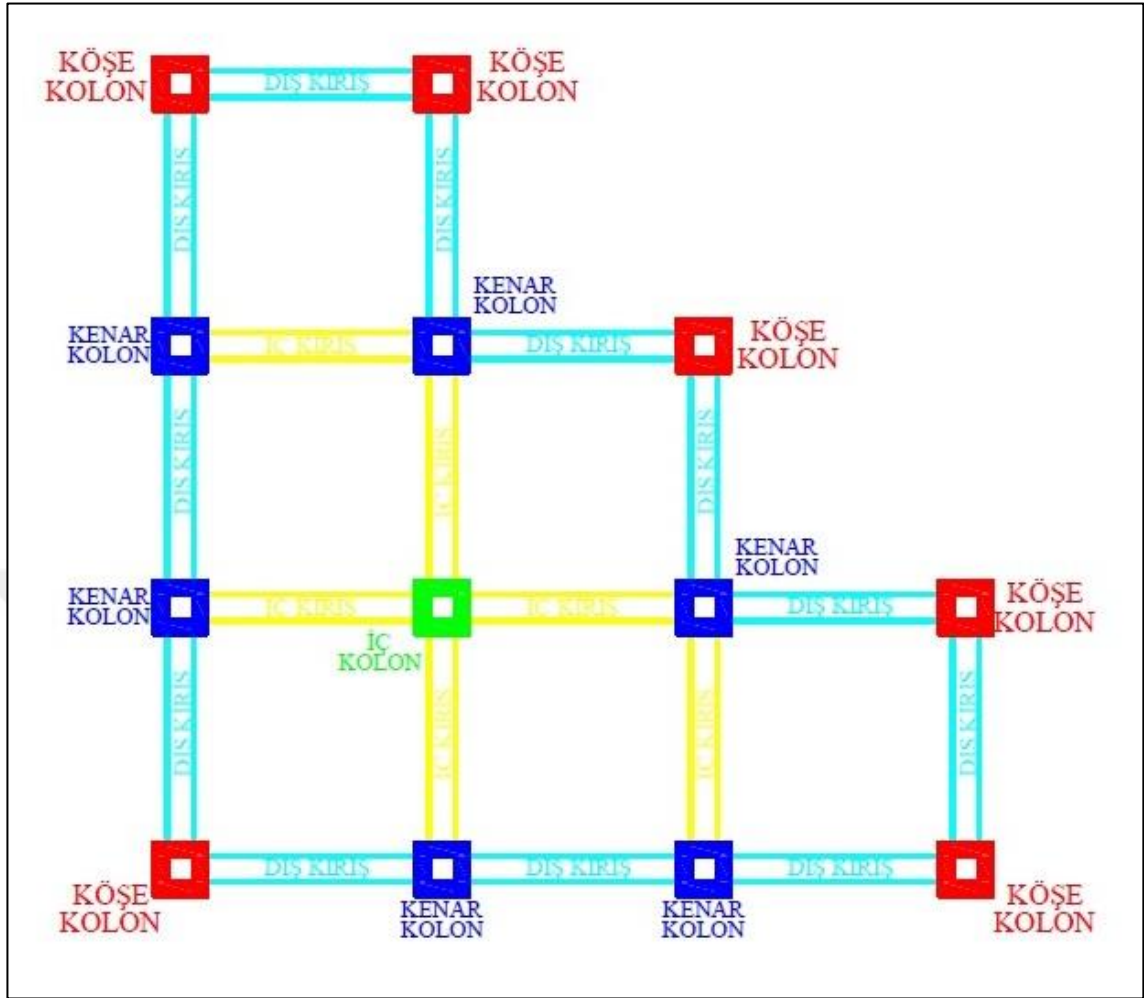
Çalışmada düzensiz form veya Form-2 olarak adlandırılan modelde, X ve Y yönünde eşit aralıklı (5m), 4'er adet aks tanımlanmış olup her katta 13 kolon ve 18 kiriş bulunmaktadır. Form-2 tasarım örnekleri aynı Form-1'de olduğu gibi 10 katlı, 15 katlı, 30 katlı ve 60 katlı olmak üzere 5 farklı yükseklikte tasarım örnekleri kompozit kolonlu olarak ve tamamen çelik olarak ayrı ayrı tasarlanmış ve optimizasyon yapılmıştır. Form-2 modelinin ETABS'ta modellenen 3 boyutlu görüntüsü ve plan görüntüsü Şekil 3.5.'te görülmektedir.



Şekil 3.5. 15 katlı 465 elemanı düzensiz form tasarım örneği model görüntüsü

3.6.2.1. Düzensiz form tasarım örneği gruplandırma yöntemi

Gruplandırma yapılırken her 5 katta bir farklı bir gruplandırma yapılmıştır. Kirişler ve kolonlar da kendi içlerinde farklı gruplara ayrılmıştır. Kolonlar, köşe kolon, kenar kolon ve iç kolon olarak 3 gruba ayrılmıştır. Kirişler ise dış kiriş ve iç kiriş olarak iki gruba ayrılmıştır. Gruplandırma biçimi Şekil 3.6.'da şekilde daha ayrıntılı olarak gösterilmektedir.



Şekil 3.6. Düzensiz form tasarım örneği gruplandırma yöntemi

3.7. Yapı Analiz Türleri

Tez çalışmasında çerçeve modeli yapı üç boyutlu çubuk elemanlarından oluşacaktır (Eleman rijitlik matrisi 12x12 olacaktır). Eleman rijitlik matrisinde kesme etkisi de dikkate alınacaktır. Yapı analizlerinde ikincil mertebe teorisi dikkate alınarak analiz yapılması düşünülmektedir. Bu teori dikkate alınarak yapılacak olan analiz Çelik Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları (Türk) şartnamesi Bölüm 6.2.1'de yer alan hem de Amerikan çelik şartnamesi AISC-360-10 bölüm C'de belirtilen koşulları sağlayacaktır. Analiz sırasında geometrik ön kusurlar, Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları (Türk) şartnamesi Bölüm 6.2.2.1'de belirtildiği gibi, doğrudan doğruya modellenecektir. Azaltılmış rijitliklerin göz önüne alınmasında da Çelik Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları (Türk) şartnamesi Bölüm 6.2.3 dikkate alınacaktır.

3.8. Yük ve Yük Kombinasyonları

Çelik Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları (Türk) ve AISC-360-10 (Amerikan) şartnamelerine göre iki farklı metot ile tasarım yapılabilir. Bunlar; Türk şartnamesinde "Yük ve Dayanım Katsayıları ile tasarım (YDKT)" (Bölüm 5.3.1) ve

"Güvenlik Katsayıları ile Tasarım (GKT)" (Bölüm 5.3.2), Amerikan şartnamesinde ise bunlara karşılık gelen "Load and Resistance Factor Design (LRFD)" ve "Allowable Strenght Design (ASD)" olarak yer almaktadır.

Tez çalışmasında tasarlanan örneklerin yüklemeleri Amerikan Şartnamesi'ndeki Yük ve Dayanım Katsayılarıyla Tasarım(LRFD) yük kombinasyonuna göre yapılmıştır. Tasarım örneklerine ölü yük, hareketli yük, kar yükü ve rüzgar yükü yüklemeleri yapılmıştır.

3.8.1. Yük ve Dayanım Katsayılarıyla Tasarım (LRFD) yük kombinasyonları

1. $1.4 (D + F)$

2. $1.2 (D + F + T) + 1.6 (L + H) + 0.5 (L_r \text{ ya da } S \text{ ya da } R)$

3. $1.2 D + 1.6 (L_r \text{ ya da } S \text{ ya da } R) + ((0.5 \text{ ya da } 1.0) \times L \text{ ya da } 0.8 W)$

4. $1.2 D + 1.6 W + (0.5 \text{ ya da } 1.0) \times L + 0.5 (L_r \text{ ya da } S \text{ ya da } R)$

5. $1.2 D + 1.0 E + (0.5 \text{ ya da } 1.0) \times L + 0.2 S$

6. $0.9 D + 1.6 W + 1.6 H$

7. $0.9 D + 1.0 E + 1.6 H$

Tez çalışmasında LRFD yük kombinasyonlarından 2, 3 ve 4 numaralı kombinasyonlar kullanılmıştır. Kullanılan yük kombinasyonları aşağıda gösterilmiştir.

- $1.2D+1.6L+0.5S$
- $1.2D+0.5L+1.6S$
- $1.2D+1.6W+L+0.5S$

Çizelge 3.2. Tasarım örneklerine yapılan yüklemeler

			NORMAL KAT YÜKLERİ	ÇATI YÜKLERİ
Tasarım Ölü Yük (D)	60.30 lb/ft ²	0.000419 kips/in ²	2.89 kN/m ²	2.89 kN/m ²
Tasarım Hareketli Yük (L)	50.00 lb/ft ²	0.000347 kips/in ²	2.39 kN/m ²	0
Tasarım Kar Yükü (S)	15.75 lb/ft ²	0.000109 kips/in ²	0	0.754384 kN/m ²

Yukarıdaki çizelgede tasarım örneklerine uygulanan yükler İ. Aydoğdu'nun Mechomp3 3rd International Conference on Mechanics of Composites Dergisi'nde yayınlanan Optimum Design of a Space Frame Structure with Concrete Filled Steel Tube Composite Columns Using Social Spider Optimization isimli eserinden alınmıştır (İ. AYDOĞDU, 2017).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Tez çalışmasında beton dolgulu çelik tüp kompozit kolonlu yüksek katlı yapıların sosyal örümcek optimizasyonu algoritması ile optimum boyutlandırılması için 8 adet tasarım örneği üzerinde çalışılmıştır. Çalışılan örnekler hakkında detaylı bilgi Çizelge 4.1.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Tez çalışmasında analiz edilen tasarım örnekleri

ÖRNEK KODU	TASARIM ÖRNEĞİ AÇIKLAMASI
10K-400E-F1	10 Katlı 400 Elemanlı Düzenli Form (Form-1) Tasarım Örneği
15K-600E-F1	15 Katlı 600 Elemanlı Düzenli Form (Form-1) Tasarım Örneği
30K-1200E-F1	30 Katlı 1200 Elemanlı Düzenli Form (Form-1) Tasarım Örneği
45K-1800E-F1	45 Katlı 1800 Elemanlı Düzenli Form (Form-1) Tasarım Örneği
60K-2400E-F1	60 Katlı 2400 Elemanlı Düzenli Form (Form-1) Tasarım Örneği
10K-310E-F2	10 Katlı 310 Elemanlı Düzensiz Form (Form-2) Tasarım Örneği
15K-465E-F2	15 Katlı 465 Elemanlı Düzensiz Form (Form-2) Tasarım Örneği
30K-930E-F2	30 Katlı 930 Elemanlı Düzensiz Form (Form-2) Tasarım Örneği
45K-1395E-F2	45 Katlı 1395 Elemanlı Düzensiz Form (Form-2) Tasarım Örneği
60K-1860E-F2	60 Katlı 1860 Elemanlı Düzensiz Form (Form-2) Tasarım Örneği

Bu tez çalışmasında 3. Bölüm'de detaylandırılan 10 adet tasarım örneği sosyal örümcek optimizasyonu yöntemiyle kompozit ve çelik olarak ayrı ayrı analiz edilerek minimum maliyet hedefiyle boyutlandırılmıştır. Sonuçları birçok yönden değerlendirmek mümkündür. Sonuçlar aşağıdaki alt başlıklarda tartışılmıştır.

4.1. Sosyal Örümcek Optimizasyonu Yönteminin Uygulanabilirliği

Tez çalışmasında 10 farklı tasarım örneği hem BDÇTKK yapı olarak hem de tamamen çelik olarak SÖO yöntemiyle optimum boyutlandırılması amaçlanmıştır. Yapılan analizler 7 farklı tasarım örneğinde hem kompozit hem de çelik analizlerde beklenen sonuçlara ulaşılmıştır. Fakat 3 tasarım örneğinde BDÇTKK yapılarda analizler sonuç vermesine rağmen, çelik olarak analiz edildiğinde sonuç vermemiştir.

Amerikan Çelik Şartnamesi'nde bulunan 272 adet hazır yapısal çelik profille oluşturulan profil havuzundaki profiller 3 tasarım örneği için yeterli olmamıştır. Ancak yapma profiller kullanıldığı takdirde çelik analizlerin de sonuçlanacağı tahmin edilmektedir.

Düzenli Formda sadece 60 katlı çelik tasarım örneği çözülememiş, düzensiz formda ise 45 ve 60 katlı çelik tasarım örnekleri çözülememiştir. Bunun sonucunda yapının tasarımının düzenli olmasının daha hafif profiller kullanarak boyutlandırma yapılmasını sağladığı anlaşılmıştır.

Aşağıdaki çizelgede, tez çalışması kapsamında tasarlanan ve optimize edilen tasarım örneklerinin detayları bulunmaktadır.

Çizelge 4.2. Tez çalışmasında analiz edilen tasarım örneklerinin detayları

TASARIM ÖRNEĞİ KODU	ELEMAN SAYISI	YAPI YÜKSEKLİĞİ	YAPI FORMU	KAT SAYISI	KOMPOZİT ANALİZ	ÇELİK ANALİZ
10K-400E-F1	400	40m	Düzenli (Form-1)	10	✓	✓
15K-600E-F1	600	60m	Düzenli (Form-1)	15	✓	✓
30K-1200E-F1	1200	120m	Düzenli (Form-1)	30	✓	✓
45K-1800E-F1	1800	180m	Düzenli (Form-1)	45	✓	✓
60K-2400E-F1	2400	240m	Düzenli (Form-1)	60	✓	✗
10K-310E-F2	310	40m	Düzensiz (Form-2)	10	✓	✓
15K-465E-F2	465	60m	Düzensiz (Form-2)	15	✓	✓
30K-930E-F2	930	120m	Düzensiz (Form-2)	30	✓	✓
45K-1395E-F2	1395	180m	Düzensiz (Form-2)	45	✓	✗
160K-1860E-F2	1860	240m	Düzensiz (Form-2)	60	✓	✗

4.2.Tasarım Örnekleri

4.2.1. 10 katlı 400 elemanlı düzenli form tasarım örneği

Tez çalışması kapsamında 10 katlı 400 elemanlı düzenli forma sahip tasarım örneği Sosyal Örümcek Optimizasyonu Algoritması ile hem BDÇTKK hem de çelik olarak analiz edilmiş ve sonuçlar elde edilmiştir.

4.2.1.1. 10K-400E-F1 tasarım örneğinin gruplandırılması

10 katlı 400 elemanlı düzenli formdaki tasarım örneğindeki elemanlar toplam 10 gruba ayrılmıştır. Gruplandırma yapılırken her 5 katta bir farklı bir gruplandırma yapılmıştır. Kirişler ve kolonlar da kendi içlerinde farklı gruplara ayrılmıştır. Kolonlar, köşe kolon, kenar kolon ve iç kolon olarak 3 gruba ayrılmıştır. Kirişler ise dış kiriş ve iç kiriş olarak iki gruba ayrılmıştır. Aşağıdaki tabloda yapılan gruplandırma detaylı olarak görülebilmektedir.

Çizelge 4.3. 10K-400E-F1 tasarım örneğinin gruplandırılması

	1. KAT- 5. KAT	6. KAT- 10. KAT
DIŞ KİRİŞLER	1. Grup	3. Grup
İÇ KİRİŞLER	2. Grup	4. Grup
KÖŞE KOLON	5. Grup	8. Grup
KENAR KOLON	6. Grup	9. Grup
İÇ KOLON	7. Grup	10. Grup

4.2.1.2. 10K-400E-F1 tasarım örneğinin analiz sonuçları

Analiz sonucu elde edilen maksimum mukavemet oranı, katlararası maksimum öteleme ve en üst kat maksimum öteleme miktarları hem BDÇTKK hem de çelik olarak aşağıdaki çizelgelerde görülmektedir.

Çizelge 4.4. 10K-400E-F1 BDÇTKK tasarım örneği analiz sonuçları

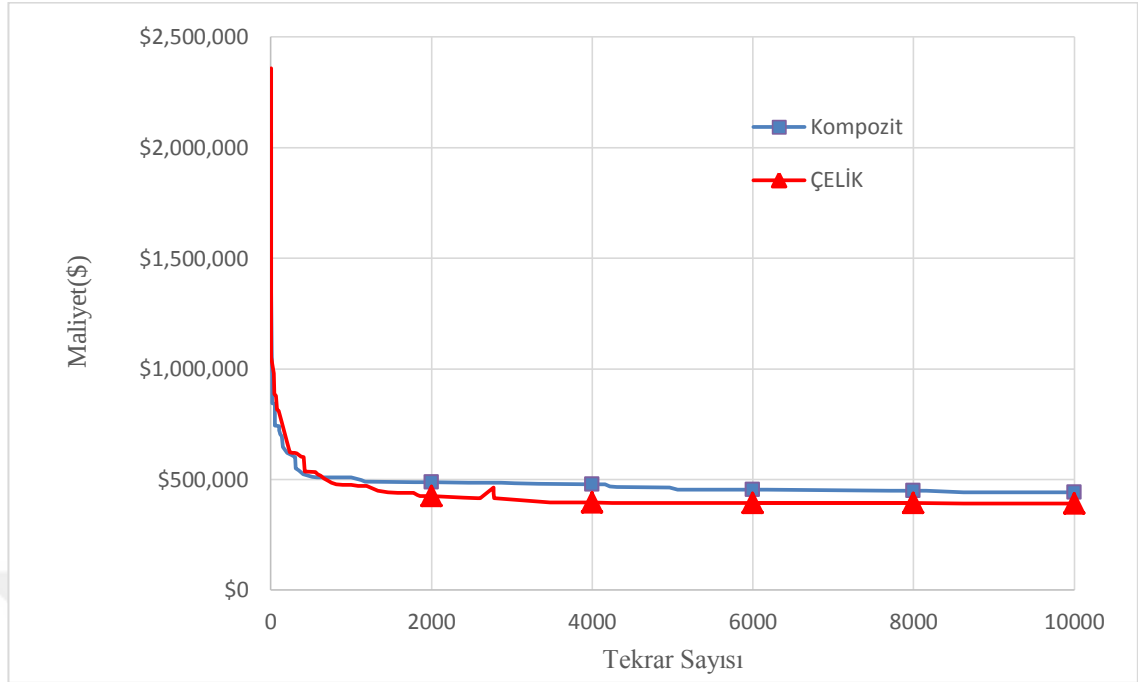
10K-400E-F1 BDÇTKK	
MAKSİMUM MUKAVEMET ORANI	0.88100
KATLARARASI MAKSİMUM ÖTELEME (m)	0.00850
KATLARARASI ÖTELEME LİMİTİ (m)	0.01000
EN ÜST KAT MAKSİMUM ÖTELEME (m)	0.06478
EN ÜST KAT ÖTELEME LİMİTİ (m)	0.10000

Çizelge 4.5. 10K-400E-F1 çelik tasarım örneği analiz sonuçları

10K-400E-F1 ÇELİK	
MAKSİMUM MUKAVEMET ORANI	0.88400
KATLARARASI MAKSİMUM ÖTELEME (m)	0.00985
KATLARARASI ÖTELEME LİMİTİ (m)	0.01000
EN ÜST KAT MAKSİMUM ÖTELEME (m)	0.07663
EN ÜST KAT ÖTELEME LİMİTİ (m)	0.10000

Çizelge 4.6. 10K-400E-F1 elde edilen optimum kesitler

10K-400E-F1 ELDE EDİLEN OPTİMUM KESİTLER			
BDÇTKK		ÇELİK	
W200X26.6	500x500x16	W410X100	W760X161
W460X52	350x350x12.7	W360X51	W360X72
W200X26.6	450x450x14	W410X46.1	W310X129
W610X82	500x500x16	W610X82	W840X176
450x450x14	350x350x12.7	W410X100	W310X107



Şekil 4.1. 10K-400E-F1 tasarım örneği maliyet-tekrar sayısı BDÇTKK-çelik karşılaştırmalı grafiği

4.2.2. 15 Katlı 600 elemanlı düzenli form tasarım örneği

Tez çalışması kapsamında 10 katlı 400 elemanlı düzenli forma sahip tasarım örneği Sosyal Örümcek Optimizasyonu Algoritması ile hem BDÇTKK hem de çelik olarak analiz edilmiş ve sonuçlar elde edilmiştir.

4.2.2.1. 15K-600E-F1 tasarım örneğinin gruplandırılması

15 katlı 600 elemanlı düzenli formdaki tasarım örneğindeki elemanlar toplam 15 gruba ayrılmıştır. Gruplandırma yapılırken her 5 katta bir farklı bir gruplandırma yapılmıştır. Kirişler ve kolonlar da kendi içlerinde farklı gruplara ayrılmıştır. Kolonlar, köşe kolon, kenar kolon ve iç kolon olarak 3 gruba ayrılmıştır. Kirişler ise dış kiriş ve iç kiriş olarak iki gruba ayrılmıştır. Aşağıdaki tabloda yapılan gruplandırma detaylı olarak görülebilmektedir.

Çizelge 4.7. 15K-600E-F1 tasarım örneğinin gruplandırılması

	1. KAT- 5. KAT	6. KAT- 10. KAT	11. KAT- 15. KAT
DIŞ KİRİŞLER	1. Grup	3. Grup	5. Grup
İÇ KİRİŞLER	2. Grup	4. Grup	6. Grup
KÖŞE KOLON	7. Grup	10. Grup	13. Grup
KENAR KOLON	8. Grup	11. Grup	14. Grup
İÇ KOLON	9. Grup	12. Grup	15. Grup

4.2.2.2. 15K-600E-F1 tasarım örneğinin analiz sonuçları

Analiz sonucu elde edilen maksimum mukavemet oranı, katlararası maksimum öteleme ve en üst kat maksimum öteleme miktarları hem BDÇTKK hem de çelik olarak aşağıdaki çizelgelerde görülmektedir.

Çizelge 4.8. 15K-600E-F1 BDÇTKK tasarım örneği analiz sonuçları

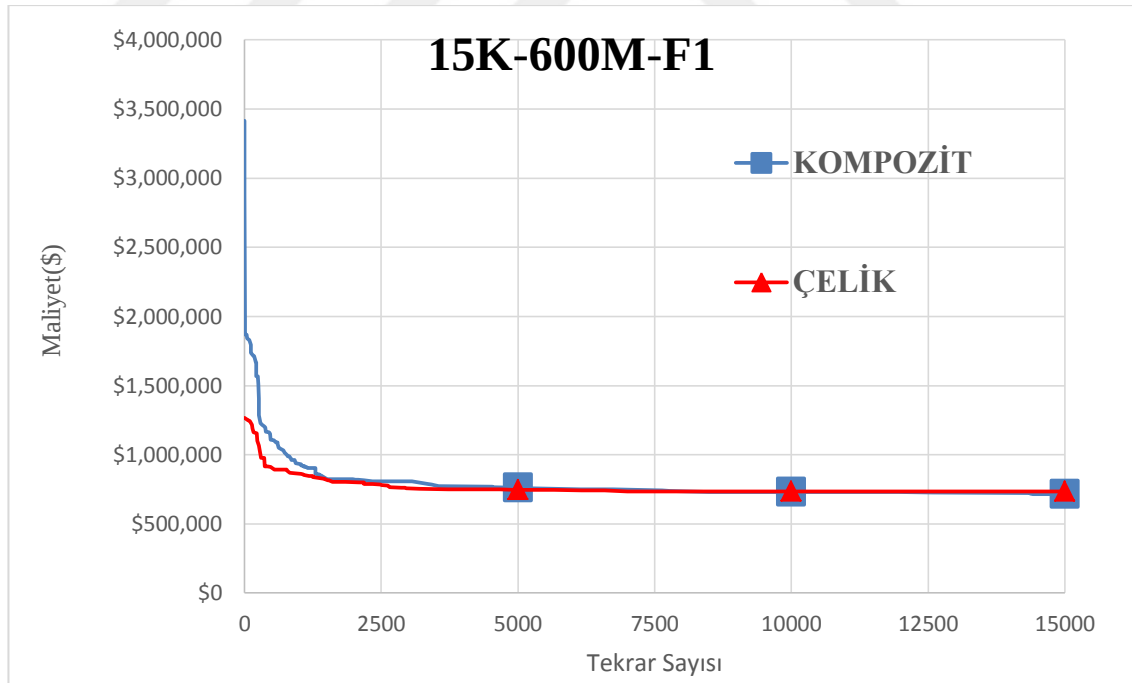
15K-600M-F1 BDÇTKK	
MAKSİMUM MUKAVEMET ORANI	0.88100
KATLARARASI MAKSİMUM ÖTELEME (m)	0.00972
KATLARARASI ÖTELEME LİMİTİ (m)	0.01000
EN ÜST KAT MAKSİMUM ÖTELEME (m)	0.10740
EN ÜST KAT ÖTELEME LİMİTİ (m)	0.15000

Çizelge 4.9. 15K-600E-F1 çelik tasarım örneği analiz sonuçları

15K-600M-F1 ÇELİK	
MAKSİMUM MUKAVEMET ORANI	0.90000
KATLARARASI MAKSİMUM ÖTELEME (m)	0.00988
KATLARARASI ÖTELEME LİMİTİ (m)	0.01000
EN ÜST KAT MAKSİMUM ÖTELEME (m)	0.12510
EN ÜST KAT ÖTELEME LİMİTİ (m)	0.15000

Çizelge 4.10. 15K-600E-F1 elde edilen optimum kesitler

15K-600E-F1 ELDE EDİLEN OPTİMUM KESİTLER			
BDÇTKK		ÇELİK	
W250X49.1	300x300x12.7	W410X60	W360X72
W410X67	450x450x14	W460X74	W410X100
W410X38.8	400x400x12.7	W460X74	W760X147
W610X125	300x300x12.7	W610X125	W460X128
W250X25.3	550x550x17	W760X147	W760X257
W610X125	600x600x19	W610X125	W530X182
300x300x12.7	400x400x12.7	W310X79	W530X182
350x350x12.7		W690X125	



Şekil 4.2. 15K-600E-F1 tasarım örneği maliyet-tekrar sayısı

4.2.3. 30 Katlı 1200 elemanlı düzenli form tasarım örneği

Tez çalışması kapsamında 30 katlı 1200 elemanlı düzenli forma sahip tasarım örneği Sosyal Örümcek Optimizasyonu Algoritması ile hem BDÇTKK hem de çelik olarak analiz edilmiş ve sonuçlar elde edilmiştir.

4.2.3.1. 30K-1200E-F1 tasarım örneğinin gruplandırılması

30 katlı 1200 elemanlı düzenli formdaki tasarım örneğindeki elemanlar toplam 30 gruba ayrılmıştır. Gruplandırma yapılırken her 5 katta bir farklı bir gruplandırma yapılmıştır. Kirişler ve kolonlar da kendi içlerinde farklı gruplara ayrılmıştır. Kolonlar, köşe kolon, kenar kolon ve iç kolon olarak 3 gruba ayrılmıştır. Kirişler ise dış kiriş ve iç kiriş olarak iki gruba ayrılmıştır. Aşağıdaki tabloda yapılan gruplandırma detaylı olarak görülebilmektedir.

Çizelge 4.11. 30K-1200E-F1 tasarım örneğinin gruplandırılması

	1- 5. KATLAR	6 - 10. KATLAR	11 - 15. KATLAR	16- 20. KATLAR	21- 25. KATLAR	26- 30. KATLAR
DIŞ KİRİŞLER	1. Grup	3. Grup	5. Grup	7. Grup	9. Grup	11. Grup
İÇ KİRİŞLER	2. Grup	4. Grup	6. Grup	8. Grup	10. Grup	12. Grup
KÖŞE KOLON	13. Grup	16. Grup	19. Grup	22. Grup	25. Grup	28. Grup
KENAR KOLON	14. Grup	17. Grup	20. Grup	23. Grup	26. Grup	29. Grup
İÇ KOLON	15. Grup	18. Grup	21. Grup	24. Grup	27. Grup	30. Grup

4.2.3.2. 30K-1200E-F1 tasarım örneğinin analiz sonuçları

Çizelge 4.12. 30K-1200E-F1 BDÇTKK tasarım örneği analiz sonuçları

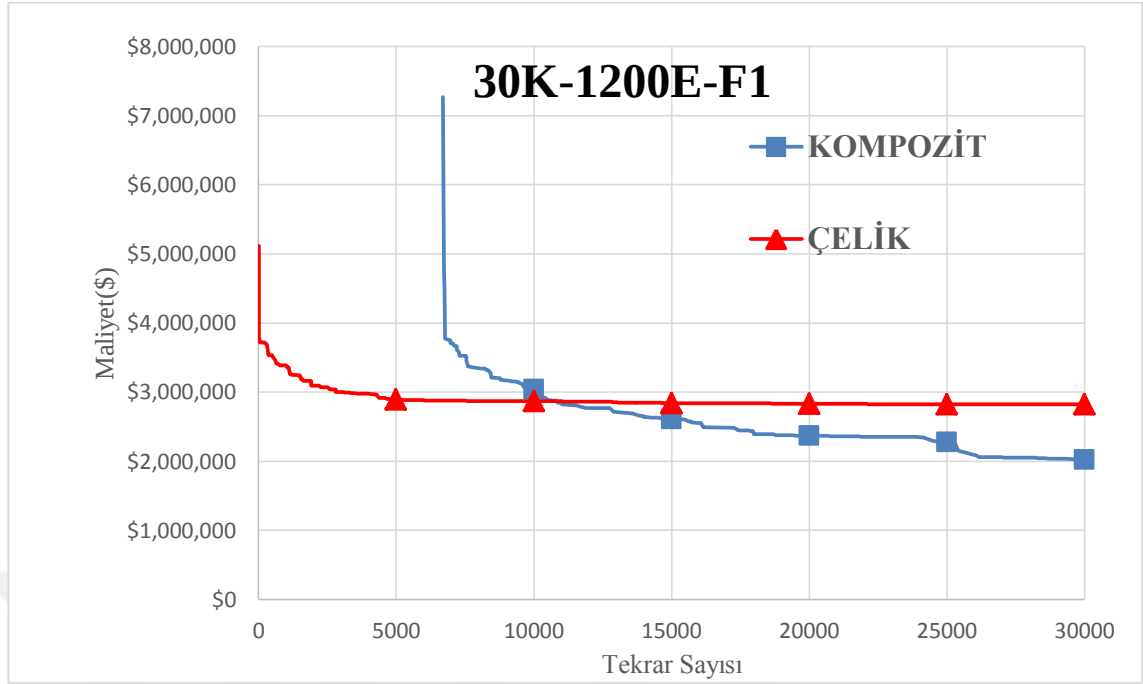
30K-1200E-F1 BDÇTKK	
MAKSİMUM MUKAVEMET ORANI	0.83100
KATLARARASI MAKSİMUM ÖTELEME (m)	0.00988
KATLARARASI ÖTELEME LİMİTİ (m)	0.01000
EN ÜST KAT MAKSİMUM ÖTELEME (m)	0.23470
EN ÜST KAT ÖTELEME LİMİTİ (m)	0.30000

Çizelge 4.13. 30K-1200E-F1 çelik tasarım örneği analiz sonuçları

30K-1200E-F1 ÇELİK	
MAKSİMUM MUKAVEMET ORANI	0.80500
KATLARARASI MAKSİMUM ÖTELEME (m)	0.00989
KATLARARASI ÖTELEME LİMİTİ (m)	0.01000
EN ÜST KAT MAKSİMUM ÖTELEME (m)	0.27090
EN ÜST KAT ÖTELEME LİMİTİ (m)	0.30000

Çizelge 4.14. 30K-1200E-F1 elde edilen optimum kesitler

30K-1200E-F1 ELDE EDİLEN OPTİMUM KESİTLER					
BDÇTKK			ÇELİK		
W310X32.7	W250X25.3	350x350x12.7	W530X92	W610X155	W1000X321
W530X66	W1000X222	500x500x16	W760X173	W760X173	W690X384
W360X39	400x400x12.7	600x600x19	W840X176	W310X86	W920X342
W760X134	600x600x19	350x350x12.7	W760X173	W610X174	W920X342
W410X60	350x350x12.7	550x550x17	W840X176	W460X113	W1000X642
W760X185	400x400x12.7	600x600x19	W760X173	W840X193	W920X342
W530X74	600x600x19	450x450x14	W760X173	W840X176	W920X342
W760X185	350x350x12.7	650x650x20	W840X176	W1000X321	W1000X748
W310X21	400x400x12.7	600x600x19	W690X170	W920X342	W1000X477
W1000X222	600x600x19	500x500x16	W840X176	W920X342	W920X342



Şekil 4.3. 30K-1200E-F1 tasarım örneği maliyet-tekrar sayısı

4.2.4. 45 Katlı 1800 elemanlı düzenli form tasarım örneği

Tez çalışması kapsamında 45 katlı 1800 elemanlı düzenli forma sahip tasarım örneği Sosyal Örümcek Optimizasyonu Algoritması ile hem BDÇTKK hem de çelik olarak analiz edilmiş ve sonuçlar elde edilmiştir.

4.2.4.1. 45K-1800E-F1 tasarım örneğinin gruplandırılması

45 katlı 1800 elemanlı düzenli formdaki tasarım örneğindeki elemanlar toplam 45 gruba ayrılmıştır. Gruplandırma yapılırken her 5 katta bir farklı bir gruplandırma yapılmıştır. Kirişler ve kolonlar da kendi içlerinde farklı gruplara ayrılmıştır. Kolonlar, köşe kolon, kenar kolon ve iç kolon olarak 3 gruba ayrılmıştır. Kirişler ise dış kiriş ve iç kiriş olarak iki gruba ayrılmıştır. Aşağıdaki tabloda yapılan gruplandırma detaylı olarak görülebilmektedir.

Çizelge 4.15. 45K-1800E-F1 tasarım örneğinin gruplandırılması

	1- 5. KATLAR	6 - 10. KATLAR	11 - 15. KATLAR	16- 20. KATLAR	21- 25. KATLAR	26- 30. KATLAR	31- 35. KATLAR	36 - 40. KATLAR	41 - 45. KATLAR
DIŞ KİRİŞLER	1. Grup	3. Grup	5. Grup	7. Grup	9. Grup	11. Grup	13. Grup	15. Grup	17. Grup
İÇ KİRİŞLER	2. Grup	4. Grup	6. Grup	8. Grup	10. Grup	12. Grup	14. Grup	16. Grup	18. Grup
KÖŞE KOLON	19. Grup	22. Grup	25. Grup	28. Grup	31. Grup	34. Grup	37. Grup	40. Grup	43. Grup
KENAR KOLON	20. Grup	23. Grup	26. Grup	29. Grup	32. Grup	35. Grup	38. Grup	41. Grup	44. Grup
İÇ KOLON	21. Grup	24. Grup	27. Grup	30. Grup	33. Grup	36. Grup	39. Grup	42. Grup	45. Grup

4.2.4.2. 45K-1800E-F1 tasarım örneğinin analiz sonuçları**Çizelge 4.16.** 45K-1800E-F1 BDÇTKK tasarım örneği analiz sonuçları

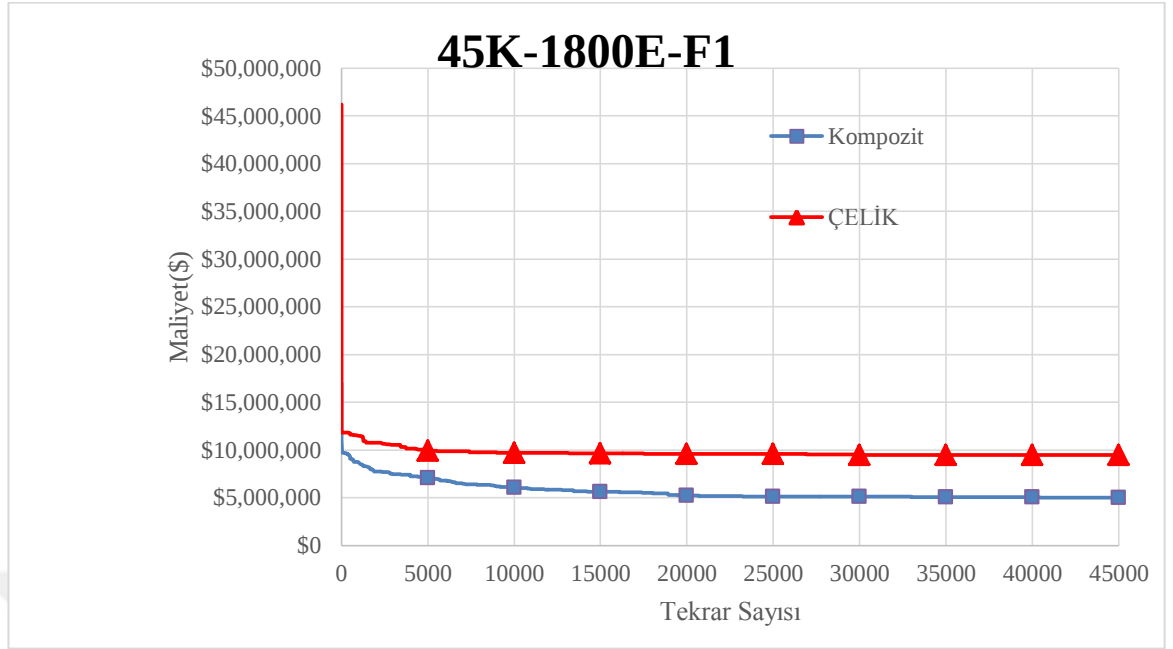
45K-1800E-F1 BDÇTKK	
MAKSİMUM MUKAVEMET ORANI	0.88700
KATLARARASI MAKSİMUM ÖTELEME (m)	0.00990
KATLARARASI ÖTELEME LİMİTİ (m)	0.01000
EN ÜST KAT MAKSİMUM ÖTELEME (m)	0.36520
EN ÜST KAT ÖTELEME LİMİTİ (m)	0.45000

Çizelge 4.17. 45K-1800E-F1 çelik tasarım örneği analiz sonuçları

45K-1800E-F1 ÇELİK	
MAKSİMUM MUKAVEMET ORANI	0.68800
KATLARARASI MAKSİMUM ÖTELEME (m)	0.00989
KATLARARASI ÖTELEME LİMİTİ (m)	0.01000
EN ÜST KAT MAKSİMUM ÖTELEME (m)	0.41670
EN ÜST KAT ÖTELEME LİMİTİ (m)	0.45000

Çizelge 4.18. 45K-1800E-F1 elde edilen optimum kesitler

45K-1800E-F1 ELDE EDİLEN OPTİMUM KESİTLER					
BDÇTKK			ÇELİK		
W310X86	W1000X296	800x800x25	W1000X249	W1000X314	W920X1262
W530X101	W310X28.3	750x750x23	W1000X222	W760X185	W920X1188
W360X122	W920X271	850x850x27	W1000X222	W920X313	W760X865
W760X147	350x350x12.7	800x800x25	W1000X314	W610X195	W920X1262
W360X32.9	350x350x12.7	750x750x23	W1000X272	W760X257	W920X1188
W760X173	300x300x12.7	850x850x27	W1000X314	W1000X321	W360X900
W200X31.3	400x400x12.7	800x800x25	W1000X314	W840X329	W920X1262
W1000X321	500x500x16	750x750x23	W1000X314	W920X534	W360X1202
W760X134	350x350x12.7	850x850x27	W1000X249	W920X446	W360X900
W840X176	800x800x25	850x850x27	W1000X314	W1000X748	W920X1262
W310X23.8	500x500x16	750x750x23	W1000X314	W1000X748	W360X1202
W920X289	500x500x16	850x850x27	W1000X314	W690X802	W360X990
W310X21	800x800x25	850x850x27	W1000X249	W920X967	W920X1262
W1000X222	600x600x19	900x900x28	W1000X314	W920X967	W360X1202
W310X23.8	700x700x22	850x850x27	W1000X249	W760X865	W360X1086



Şekil 4.4. 45K-1800E-F1 tasarım örneği maliyet-tekrar sayısı

4.2.5. 60 Katlı 2400 elemanlı düzenli form tasarım örneği

Tez çalışması kapsamında 60 katlı 2400 elemanlı düzenli forma sahip tasarım örneği Sosyal Örümcek Optimizasyonu Algoritması ile hem BDÇTKK hem de çelik olarak analiz edilmiş fakat BDÇTKK tasarım örneğinde sonuçlar elde edilmesine rağmen çelik tasarım örneğinde program analizi tamamlayamamıştır.

4.2.5.1. 60K-2400E-F1 tasarım örneğinin gruplandırılması

60 katlı 2400 elemanlı düzenli formdaki tasarım örneğindeki elemanlar toplam 60 gruba ayrılmıştır. Gruplandırma yapılırken her 5 katta bir farklı bir gruplandırma yapılmıştır. Kirişler ve kolonlar da kendi içlerinde farklı gruplara ayrılmıştır. Kolonlar, köşe kolon, kenar kolon ve iç kolon olarak 3 gruba ayrılmıştır. Kirişler ise dış kiriş ve iç kiriş olarak iki gruba ayrılmıştır. Aşağıdaki tabloda yapılan gruplandırma detaylı olarak görülebilmektedir.

Çizelge 4.19. 60K-2400E-F1 tasarım örneğinin gruplandırılması

	1- 5. KATLAR	6 - 10. KATLAR	11 - 15. KATLAR	16- 20. KATLAR	21- 25. KATLAR	26- 30. KATLAR	31- 35. KATLAR	36 - 40. KATLAR	41 - 45. KATLAR	46- 50. KATLAR	51- 55. KATLAR	56- 60. KATLAR
DIŞ KİRİŞLER	1. Grup	3. Grup	5. Grup	7. Grup	9. Grup	11. Grup	13. Grup	15. Grup	17. Grup	19. Grup	21. Grup	23. Grup
İÇ KİRİŞLER	2. Grup	4. Grup	6. Grup	8. Grup	10. Grup	12. Grup	14. Grup	16. Grup	18. Grup	20. Grup	22. Grup	24. Grup
KÖŞE KOLON	25. Grup	28. Grup	31. Grup	34. Grup	37. Grup	40. Grup	43. Grup	46. Grup	49. Grup	52. Grup	55. Grup	58. Grup
KENAR KOLON	26. Grup	29. Grup	32. Grup	35. Grup	38. Grup	41. Grup	44. Grup	47. Grup	50. Grup	53. Grup	56. Grup	59. Grup
İÇ KOLON	27. Grup	30. Grup	33. Grup	36. Grup	39. Grup	42. Grup	45. Grup	48. Grup	51. Grup	54. Grup	57. Grup	60. Grup

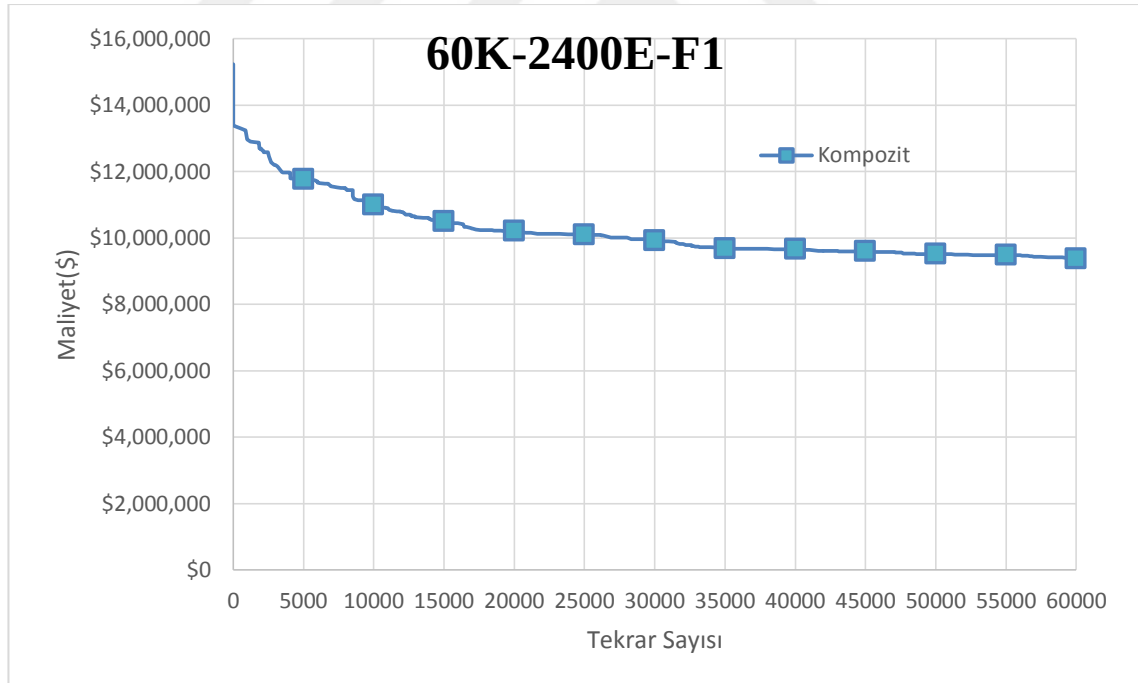
4.2.5.2. 60K-2400E-F1 tasarım örneğinin analiz sonuçları**Çizelge 4.20.** 60K-2400E-F1 BDÇTKK tasarım örneği analiz sonuçları

2400 MEMBER	
MAKSİMUM MUKAVEMET ORANI	0.88200
KATLARARASI MAKSİMUM ÖTELEME (m)	0.00989
KATLARARASI ÖTELEME LİMİTİ (m)	0.01000
EN ÜST KAT MAKSİMUM ÖTELEME (m)	0.51930
EN ÜST KAT ÖTELEME LİMİTİ (m)	0.60000

Çizelge 4.21. 60K-2400E-F1 elde edilen optimum kesitler

45K-1800E-F1 ELDE EDİLEN OPTİMUM KESİTLER			
BDÇTKK			
W690X170	W1000X222	800x800x25	850x850x27
W310X158	W530X219	800x800x25	950x950x30
W760X350	W920X271	750x750x23	750x750x23
W200X52	W460X260	800x800x25	900x900x28

W920X342	W920X253	800x800x25	950x950x30
W200X22.5	W760X173	750x750x23	750x750x23
W1000X258	W920X271	800x800x25	900x900x28
W530X123	W460X113	800x800x25	950x950x30
W760X147	W1000X350	750x750x23	750x750x23
W760X350	300x300x12.7	800x800x25	950x950x30
W760X147	450x450x14	800x800x25	950x950x30
W760X350	400x400x12.7	750x750x23	750x750x23
W690X140	450x450x14	800x800x25	950x950x30
W840X226	450x450x14	950x950x30	950x950x30
W690X323	600x600x19	750x750x23	850x850x27



Şekil 4.5. 60K-2400E-F1 tasarım örneği maliyet-tekrar sayısı

4.2.6. 10 Katlı 310 elemanlı düzensiz form tasarım örneği

Tez çalışması kapsamında 10 katlı 310 elemanlı düzensiz forma sahip tasarım örneği Sosyal Örümcek Optimizasyonu Algoritması ile hem BDÇTKK hem de çelik olarak analiz edilmiş ve sonuçlar elde edilmiştir.

4.2.6.1. 10K-310E-F2 tasarım örneğinin gruplandırılması

10 katlı 310 elemanlı düzensiz formdaki tasarım örneğindeki elemanlar toplam 10 gruba ayrılmıştır. Gruplandırma yapılırken her 5 katta bir farklı bir gruplandırma yapılmıştır. Kirişler ve kolonlar da kendi içlerinde farklı gruplara ayrılmıştır. Kolonlar, köşe kolon, kenar kolon ve iç kolon olarak 3 gruba ayrılmıştır. Kirişler ise dış kiriş ve iç kiriş olarak iki gruba ayrılmıştır. Aşağıdaki tabloda yapılan gruplandırma detaylı olarak görülebilmektedir.

Çizelge 4.22. 10K-310E-F2 tasarım örneğinin gruplandırılması

	1- 5. KATLAR	6 - 10. KATLAR
DIŞ KİRİŞLER	1. Grup	3. Grup
İÇ KİRİŞLER	2. Grup	4. Grup
KÖŞE KOLON	5. Grup	8. Grup
KENAR KOLON	6. Grup	9. Grup
İÇ KOLON	7. Grup	10. Grup

4.2.6.2.10K-310E-F2 tasarım örneğinin analiz sonuçları

Çizelge 4.23. 10K-310E-F2 BDÇTKK tasarım örneği analiz sonuçları

10K-310E-F2 BDÇTKK	
MAKSİMUM MUKAVEMET ORANI	0.67600
KATLARARASI MAKSİMUM ÖTELEME (m)	0.00989
KATLARARASI ÖTELEME LİMİTİ (m)	0.01000
EN ÜST KAT MAKSİMUM ÖTELEME (m)	0.07464
EN ÜST KAT ÖTELEME LİMİTİ (m)	0.10000

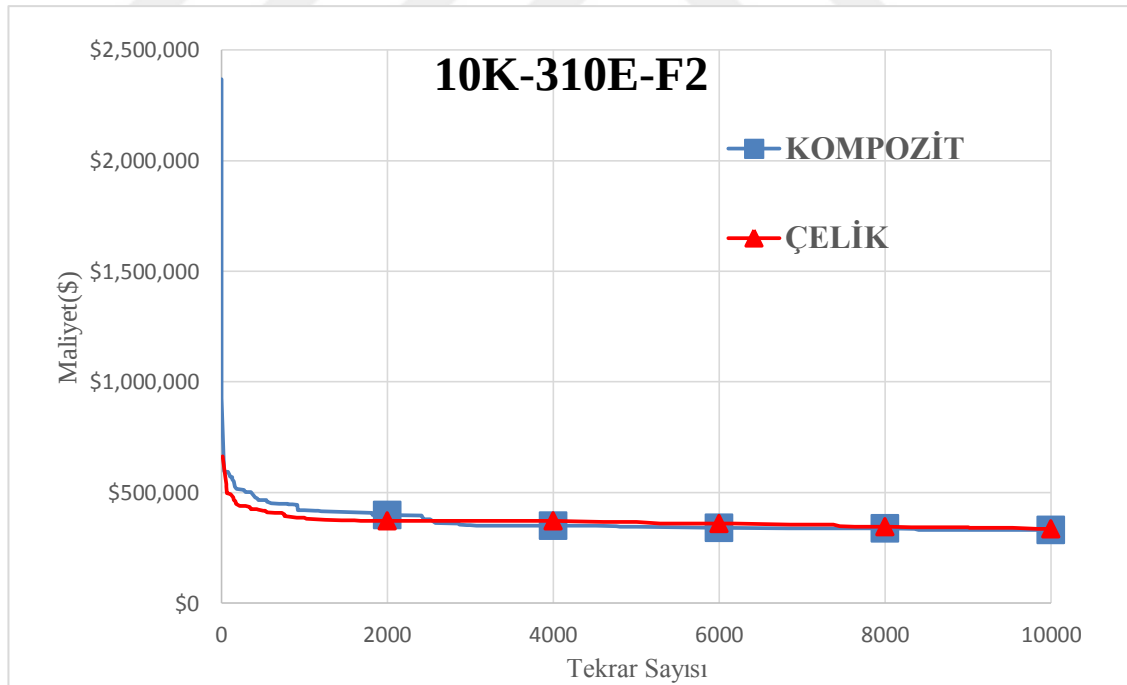
Çizelge 4.24. 10K-310E-F2 çelik tasarım örneği analiz sonuçları

10K-310E-F2 ÇELİK	
MAKSİMUM MUKAVEMET ORANI	0.83400
KATLARARASI MAKSİMUM ÖTELEME (m)	0.00988

KATLARARASI ÖTELEME LİMİTİ (m)	0.01000
EN ÜST KAT MAKSİMUM ÖTELEME (m)	0.00998
EN ÜST KAT ÖTELEME LİMİTİ (m)	0.10000

Çizelge 4.25. 10K-310E-F2 elde edilen optimum kesitler

10K-310E-F2 ELDE EDİLEN OPTİMUM KESİTLER			
BDÇTKK		ÇELİK	
W410X60	300x300x12.7	W530X66	W410X100
W310X60	300x300x12.7	W250X80	W310X97
W610X101	350x350x12.7	W760X147	W610X174
W460X82	350x350x12.7	W250X49.1	W460X113
350x350x12.7	550x550x17	W410X100	W310X129



Şekil 4.6. 10K-310E-F2 tasarım örneği maliyet-tekrar sayısı

4.2.7. 15 Katlı 465 elemanlı düzensiz form tasarım örneği

Tez çalışması kapsamında 15 katlı 465 elemanlı düzensiz forma sahip tasarım örneği Sosyal Örümcek Optimizasyonu Algoritması ile hem BDÇTKK hem de çelik olarak analiz edilmiş ve sonuçlar elde edilmiştir.

4.2.7.1. 15K-465E-F2 tasarım örneğinin gruplandırılması

15 katlı 465 elemanlı düzensiz formdaki tasarım örneğindeki elemanlar toplam 15 gruba ayrılmıştır. Gruplandırma yapılırken her 5 katta bir farklı bir gruplandırma yapılmıştır. Kirişler ve kolonlar da kendi içlerinde farklı gruplara ayrılmıştır. Kolonlar, köşe kolon, kenar kolon ve iç kolon olarak 3 gruba ayrılmıştır. Kirişler ise dış kiriş ve iç kiriş olarak iki gruba ayrılmıştır. Aşağıdaki tabloda yapılan gruplandırma detaylı olarak görülebilmektedir.

Çizelge 4.26. 15K-465E-F2 tasarım örneğinin gruplandırılması

	1. KAT- 5. KAT	6. KAT- 10. KAT	11. KAT- 15. KAT
DIŞ KİRİŞLER	1. Grup	3. Grup	5. Grup
İÇ KİRİŞLER	2. Grup	4. Grup	6. Grup
KÖŞE KOLON	7. Grup	10. Grup	13. Grup
KENAR KOLON	8. Grup	11. Grup	14. Grup
İÇ KOLON	9. Grup	12. Grup	15. Grup

4.2.7.2. 15K-465E-F2 tasarım örneğinin analiz sonuçları

Çizelge 4.27. 15K-465E-F2 BDÇTKK tasarım örneği analiz sonuçları

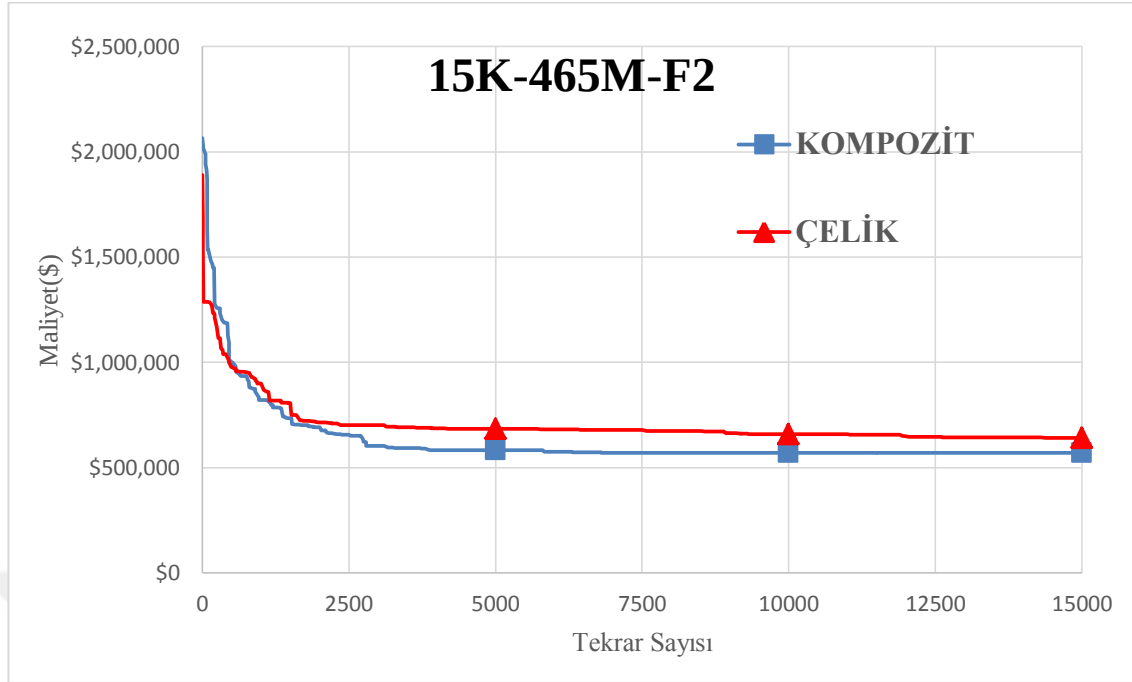
15K-465E-F2 BDÇTKK	
MAKSİMUM MUKAVEMET ORANI	0.79600
KATLARARASI MAKSİMUM ÖTELEME (m)	0.00988
KATLARARASI ÖTELEME LİMİTİ (m)	0.01000
EN ÜST KAT MAKSİMUM ÖTELEME (m)	0.11480
EN ÜST KAT ÖTELEME LİMİTİ (m)	0.15000

Çizelge 4.28. 15K-465E-F2 çelik tasarım örneği analiz sonuçları

15K-465E-F2 ÇELİK	
MAKSİMUM MUKAVEMET ORANI	0.78300
KATLARARASI MAKSİMUM ÖTELEME (m)	0.00971
KATLARARASI ÖTELEME LİMİTİ (m)	0.01000
EN ÜST KAT MAKSİMUM ÖTELEME (m)	0.11350
EN ÜST KAT ÖTELEME LİMİTİ (m)	0.15000

Çizelge 4.29. 15K-465E-F2 elde edilen optimum kesitler

15K-465E-F2 ELDE EDİLEN OPTİMUM KESİTLER			
BDÇTKK		ÇELİK	
W610X82	300x300x12.7	W610X82	W200X46.1
W360X44	400x400x12.7	W410X53	W690X217
W690X125	350x350x12.7	W760X134	W530X165
W360X64	300x300x12.7	W310X67	W310X86
W760X134	450x450x14 0	W760X147	W760X257
W610X82	400x400x12.7	W460X60	W690X217
300x300x12.7	350x350x12.7	W360X162	W360X134
300x300x12.7		W310X129	



Şekil 4.7. 15K-465E-F2 tasarım örneği maliyet-tekrar sayısı

4.2.8. 30 Katlı 930 elemanlı düzensiz form tasarım örneği

Tez çalışması kapsamında 30 katlı 930 elemanlı düzensiz forma sahip tasarım örneği Sosyal Örümcek Optimizasyonu Algoritması ile hem BDÇTKK hem de çelik olarak analiz edilmiş ve sonuçlar elde edilmiştir.

4.2.8.1. 30K-930E-F2 tasarım örneğinin gruplandırılması

30 katlı 930 elemanlı düzensiz formdaki tasarım örneğindeki elemanlar toplam 30 gruba ayrılmıştır. Gruplandırma yapılırken her 5 katta bir farklı bir gruplandırma yapılmıştır. Kirişler ve kolonlar da kendi içlerinde farklı gruplara ayrılmıştır. Kolonlar, köşe kolon, kenar kolon ve iç kolon olarak 3 gruba ayrılmıştır. Kirişler ise dış kiriş ve iç kiriş olarak iki gruba ayrılmıştır. Aşağıdaki tabloda yapılan gruplandırma detaylı olarak görülebilmektedir.

Çizelge 4.30. 30K-930E-F2 tasarım örneğinin gruplandırılması

	1- 5. KATLAR	6 - 10. KATLAR	11 - 15. KATLAR	16- 20. KATLAR	21- 25. KATLAR	26- 30. KATLAR
DIŞ KİRİŞLER	1. Grup	3. Grup	5. Grup	7. Grup	9. Grup	11. Grup
İÇ KİRİŞLER	2. Grup	4. Grup	6. Grup	8. Grup	10. Grup	12. Grup
KÖŞE KOLON	13. Grup	16. Grup	19. Grup	22. Grup	25. Grup	28. Grup
KENAR KOLON	14. Grup	17. Grup	20. Grup	23. Grup	26. Grup	29. Grup
İÇ KOLON	15. Grup	18. Grup	21. Grup	24. Grup	27. Grup	30. Grup

4.2.8.2. 30K-930E-F2 tasarım örneğinin analiz sonuçları**Çizelge 4.31.** 30K-930E-F2 BDÇTKK tasarım örneği analiz sonuçları

30K-930E-F2 BDÇTKK	
MAKSİMUM MUKAVEMET ORANI	0.89700
KATLARARASI MAKSİMUM ÖTELEME (m)	0.00989
KATLARARASI ÖTELEME LİMİTİ (m)	0.01000
EN ÜST KAT MAKSİMUM ÖTELEME (m)	0.25000
EN ÜST KAT ÖTELEME LİMİTİ (m)	0.30000

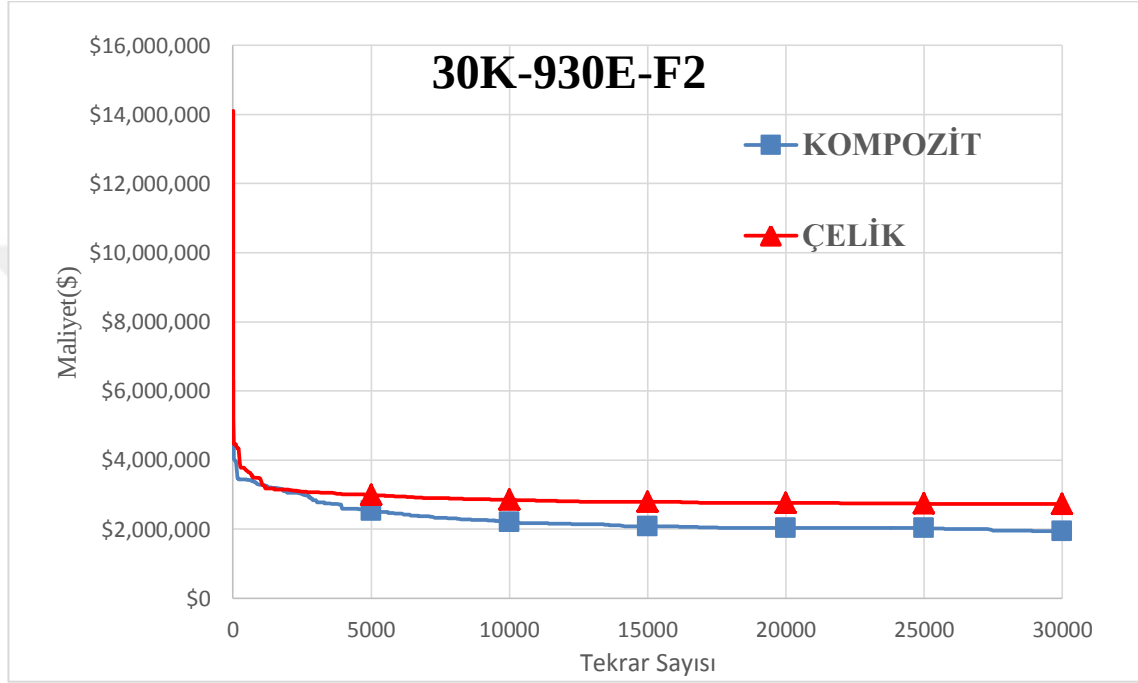
Çizelge 4.32. 30K-930E-F2 çelik tasarım örneği analiz sonuçları

30K-930E-F2 ÇELİK	
MAKSİMUM MUKAVEMET ORANI	0.83100
KATLARARASI MAKSİMUM ÖTELEME (m)	0.00990
KATLARARASI ÖTELEME LİMİTİ (m)	0.01000
EN ÜST KAT MAKSİMUM ÖTELEME (m)	0.26990
EN ÜST KAT ÖTELEME LİMİTİ (m)	0.30000

Çizelge 4.33. 30K-930E-F2 elde edilen optimum kesitler

30K-930E-F2 ELDE EDİLEN OPTİMUM KESİTLER					
BDÇTKK			ÇELİK		
W610X101	W760X161	300x300x12.7	W690X125	W1000X249	W310X97
W200X52	W530X138	650x650x20	W610X125	W530X66	W760X710
W760X134	300x300x12.7	500x500x16	W840X176	W760X134	W760X314
W250X58	350x350x12.7	350x350x12.7	W760X147	W360X216	W310X97
W840X176	300x300x12.7	800x800x25	W1000X249	W360X91	W360X1086
W410X46.1	350x350x12.7	700x700x22	W410X100	W1000X296	W1000X321

W840X193	450x450x14	350x350x12.7	W1000X272	W360X262	W250X131
W610X82	300x300x12.7	800x800x25	W530X74	W310X97	W360X1086
W760X173	400x400x12.7	750x750x23	W920X253	W760X710	W1000X321
W310X38.7	500x500x16	500x500x16	W460X60	W760X284	W410X149



Şekil 4.8. 30K-930E-F2 tasarım örneği maliyet-tekrar sayısı

4.2.9. 45 Katlı 1395 elemanlı düzensiz form tasarım örneği

Tez çalışması kapsamında 45 katlı 1395 elemanlı düzensiz forma sahip tasarım örneği Sosyal Örümcek Optimizasyonu Algoritması ile BDÇTKK olarak analiz edilmiş ve sonuçlar elde edilmiştir fakat çelik tasarım örneği analizi sonuç vermemiştir.

4.2.9.1. 45K-1395E-F2 tasarım örneğinin gruplandırılması

45 katlı 1395 elemanlı düzenli formdaki tasarım örneğindeki elemanlar toplam 45 gruba ayrılmıştır. Gruplandırma yapılırken her 5 katta bir farklı bir gruplandırma yapılmıştır. Kirişler ve kolonlar da kendi içlerinde farklı gruplara ayrılmıştır. Kolonlar, köşe kolon, kenar kolon ve iç kolon olarak 3 gruba ayrılmıştır. Kirişler ise dış kiriş ve iç kiriş olarak iki gruba ayrılmıştır. Aşağıdaki tabloda yapılan gruplandırma detaylı olarak görülebilmektedir.

Çizelge 4.34. 45K-1395E-F2 tasarım örneğinin gruplandırılması

	1- 5. KATLAR	6 - 10. KATLAR	11 - 15. KATLAR	16- 20. KATLAR	21- 25. KATLAR	26- 30. KATLAR	31- 35. KATLAR	36 - 40. KATLAR	41 - 45. KATLAR
DIŞ KİRİŞLER	1. Grup	3. Grup	5. Grup	7. Grup	9. Grup	11. Grup	13. Grup	15. Grup	17. Grup
İÇ KİRİŞLER	2. Grup	4. Grup	6. Grup	8. Grup	10. Grup	12. Grup	14. Grup	16. Grup	18. Grup
KÖŞE KOLON	19. Grup	22. Grup	25. Grup	28. Grup	31. Grup	34. Grup	37. Grup	40. Grup	43. Grup
KENAR KOLON	20. Grup	23. Grup	26. Grup	29. Grup	32. Grup	35. Grup	38. Grup	41. Grup	44. Grup
İÇ KOLON	21. Grup	24. Grup	27. Grup	30. Grup	33. Grup	36. Grup	39. Grup	42. Grup	45. Grup

4.2.9.2. 45K-1395E-F2 tasarım örneğinin analiz sonuçları

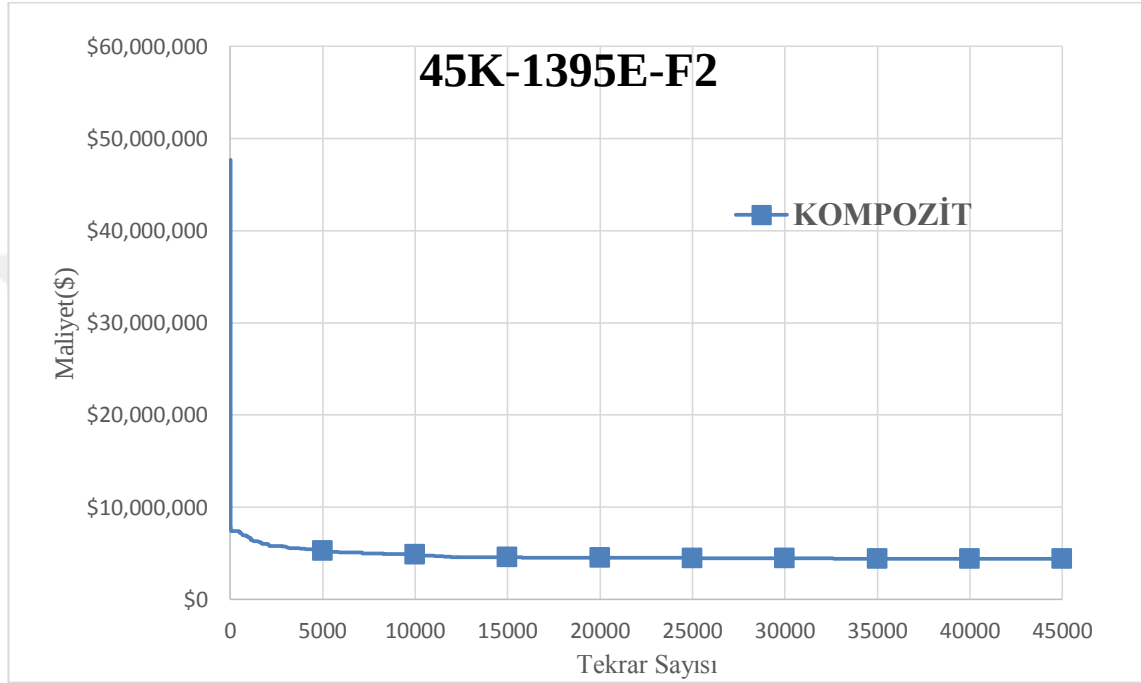
Çizelge 4.35. 45K-1395E-F2 BDÇTKK tasarım örneği analiz sonuçları

45K-1395E-F2 BDÇTKK	
MAKSİMUM MUKAVEMET ORANI	0.89100
KATLARARASI MAKSİMUM ÖTELEME (m)	0.00990
KATLARARASI ÖTELEME LİMİTİ (m)	0.01000
EN ÜST KAT MAKSİMUM ÖTELEME (m)	0.38220
EN ÜST KAT ÖTELEME LİMİTİ (m)	0.45000

Çizelge 4.36. 45K-1395E-F2 elde edilen optimum kesitler

45K-1395E-F2 ELDE EDİLEN OPTİMUM KESİTLER		
BDÇTKK		
W760X147	W250X58	750x750x23
W310X38.7	W1000X296	750x750x23
W840X176	W310X21	850x850x27
W610X101	300x300x12.7	750x750x23
W1000X258	400x400x12.7	800x800x25
W410X60	300x300x12.7	850x850x27
W690X152	450x450x14	750x750x23
W1000X296	450x450x14	800x800x25
W920X253	350x350x12.7	850x850x27

W530X196	750x750x23	750x750x23
W760X314	500x500x16	800x800x25
W250X38.5	850x850x27	850x850x27
W1000X258	750x750x23	800x800x25
W310X21	750x750x23	800x800x25
W920X289	850x850x27	850x850x27



Şekil 4.9. 45K-1395E-F2 tasarım örneği maliyet-tekrar sayısı

4.2.10. 60 Katlı 1860 elemanlı düzensiz form tasarım örneği

Tez çalışması kapsamında 60 katlı 1860 elemanlı düzensiz forma sahip tasarım örneği Sosyal Örümcek Optimizasyonu Algoritması ile BDÇTKK olarak analiz edilmiş ve sonuçlar elde edilmiştir fakat çelik tasarım örneği analizi sonuç vermemiştir.

4.2.10.1. 60K-1860E-F2 tasarım örneğinin gruplandırılması

60 katlı 1860 elemanlı düzenli formdaki tasarım örneğindeki elemanlar toplam 60 gruba ayrılmıştır. Gruplandırma yapılırken her 5 katta bir farklı bir gruplandırma yapılmıştır. Kirişler ve kolonlar da kendi içlerinde farklı gruplara ayrılmıştır. Kolonlar, köşe kolon, kenar kolon ve iç kolon olarak 3 gruba ayrılmıştır. Kirişler ise dış kiriş ve iç kiriş olarak iki gruba ayrılmıştır. Aşağıdaki tabloda yapılan gruplandırma detaylı olarak görülebilmektedir.

Çizelge 4.37. 60K-1860E-F2 tasarım örneğinin gruplandırılması

	1- 5. KATLAR	6 - 10. KATLAR	11 - 15. KATLAR	16- 20. KATLAR	21- 25. KATLAR	26- 30. KATLAR	31- 35. KATLAR	36 - 40. KATLAR	41 - 45. KATLAR	46- 50. KATLAR	51- 55. KATLAR	56- 60. KATLAR
DIŞ KİRİŞLER	1. Grup	3. Grup	5. Grup	7. Grup	9. Grup	11. Grup	13. Grup	15. Grup	17. Grup	19. Grup	21. Grup	23. Grup
İÇ KİRİŞLER	2. Grup	4. Grup	6. Grup	8. Grup	10. Grup	12. Grup	14. Grup	16. Grup	18. Grup	20. Grup	22. Grup	24. Grup
KÖŞE KOLON	25. Grup	28. Grup	31. Grup	34. Grup	37. Grup	40. Grup	43. Grup	46. Grup	49. Grup	52. Grup	55. Grup	58. Grup
KENAR KOLON	26. Grup	29. Grup	32. Grup	35. Grup	38. Grup	41. Grup	44. Grup	47. Grup	50. Grup	53. Grup	56. Grup	59. Grup
İÇ KOLON	27. Grup	30. Grup	33. Grup	36. Grup	39. Grup	42. Grup	45. Grup	48. Grup	51. Grup	54. Grup	57. Grup	60. Grup

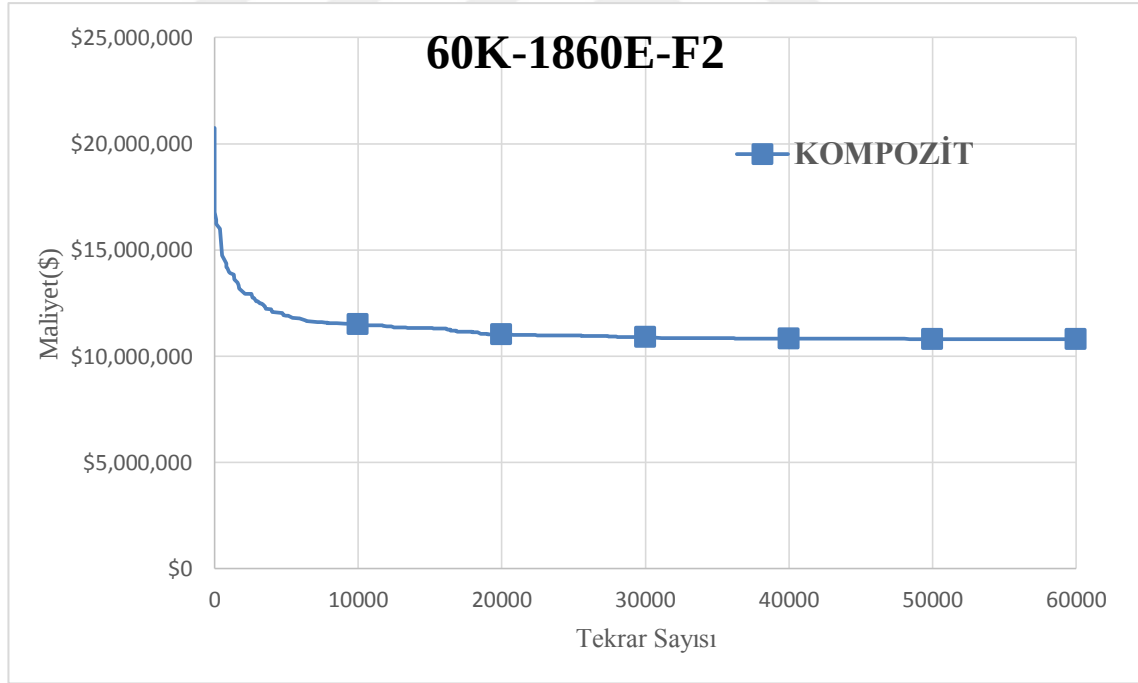
4.2.10.2. 60K-1860E-F2 tasarım örneğinin analiz sonuçları**Çizelge 4.38.** 60K-1860E-F2 BDÇTKK tasarım örneği analiz sonuçları

60K-1860E-F2 BDÇTKK	
MAKSİMUM MUKAVEMET ORANI	0.90000
KATLARARASI MAKSİMUM ÖTELEME (m)	0.00987
KATLARARASI ÖTELEME LİMİTİ (m)	0.01000
EN ÜST KAT MAKSİMUM ÖTELEME (m)	0.46640
EN ÜST KAT ÖTELEME LİMİTİ (m)	0.60000

Çizelge 4.39. 60K-1860E-F2 elde edilen optimum kesitler

60K-1860E-F2 ELDE EDİLEN OPTİMUM KESİTLER			
BDÇTKK			
W1000X314	W920X585	1000x1000x31	1000x1000x31
W360X101	W920X585	900x900x28	950x950x30
W1100X390	W610X92	500x500x16	850x850x27
W360X162	W1000X554	1000x1000x31	1000x1000x31

W1000X642	W920X653	900x900x28	950x950x30
W1000X222	W1000X222	550x550x17	900x900x28
W1000X642	W920X784	1000x1000x31	1000x1000x31
W920X201	W1000X554	950x950x30	950x950x30
W1000X642	W920X585	550x550x17	950x950x30
W610X101	850x850x27	1000x1000x31	1000x1000x31
W1000X314	850x850x27	950x950x30	950x950x30
W360X32.9	300x300x12.7	650x650x20	1000x1000x31
W920X585	950x950x30	1000x1000x31	1000x1000x31
W760X147	850x850x27	950x950x30	950x950x30
W1000X554	400x400x12.7	650x650x20	1000x1000x31

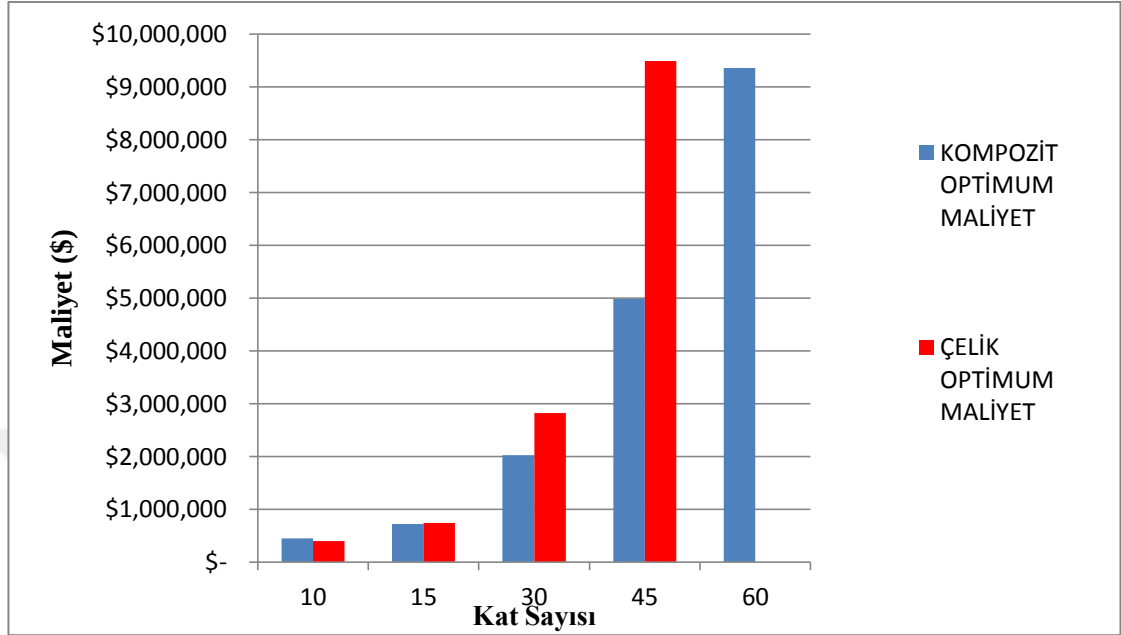


Şekil 4.10. 60K-1860E-F2 tasarım örneği maliyet-tekrar sayısı

4.3. Aynı Tasarıma Sahip BDÇTKK Yapıların Çelik Yapılarla Maliyetlerinin Karşılaştırılması

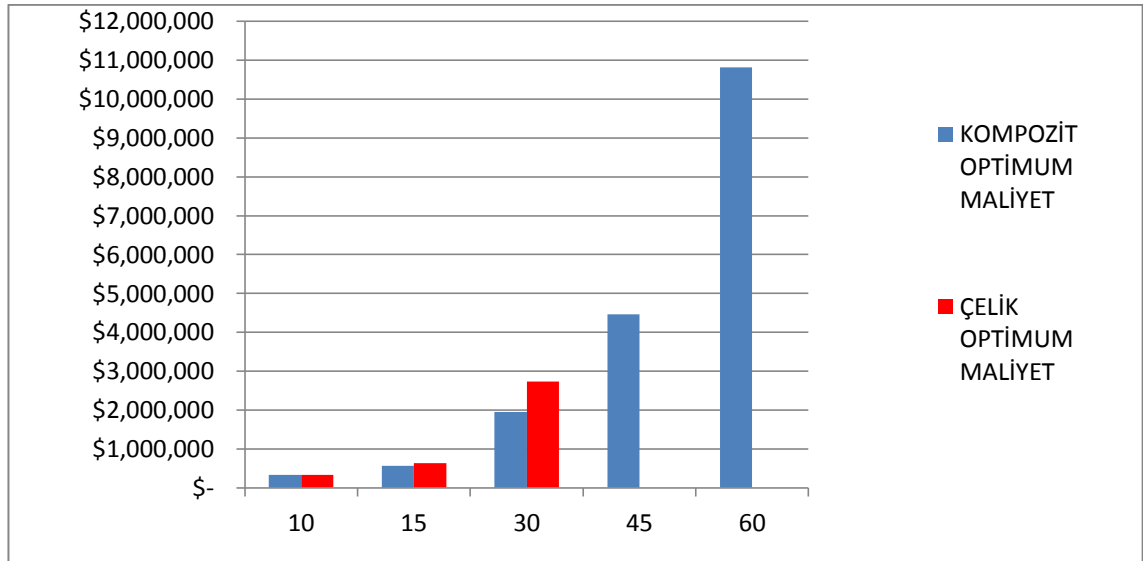
Yapılan çalışma sonucunda düzenli formda (Form-1) 15, 30, 45 katlı tasarlanan örneklerde BDÇTKK yapıların çelik yapılara göre maliyetlerinin daha düşük olduğu

görülmüştür. 10 katlı tasarlanan örnekte ise diğer örneklerin aksine BDÇTKK yapının maliyeti çelik yapının maliyetinden daha yüksek çıkmıştır. 60 katlı örnek ise çelik olarak boyutlandırılmamıştır.



Şekil 4.11. Düzenli formda BDÇTKK yapıların çelik yapılarla maliyetlerinin karşılaştırılması

Düzensiz formda (Form-2) 10, 15 ve 30 katlı tasarım örneklerinde düzenli formda olduğu gibi BDÇTKK yapı çelik yapıya göre daha ekonomik olduğu belirlenmiştir. 45 ve 60 katlı tasarım örnekleri hazır yapısal çelik profilleriyle boyutlandırılmamış bu sebeple bir karşılaştırma yapılamamıştır.



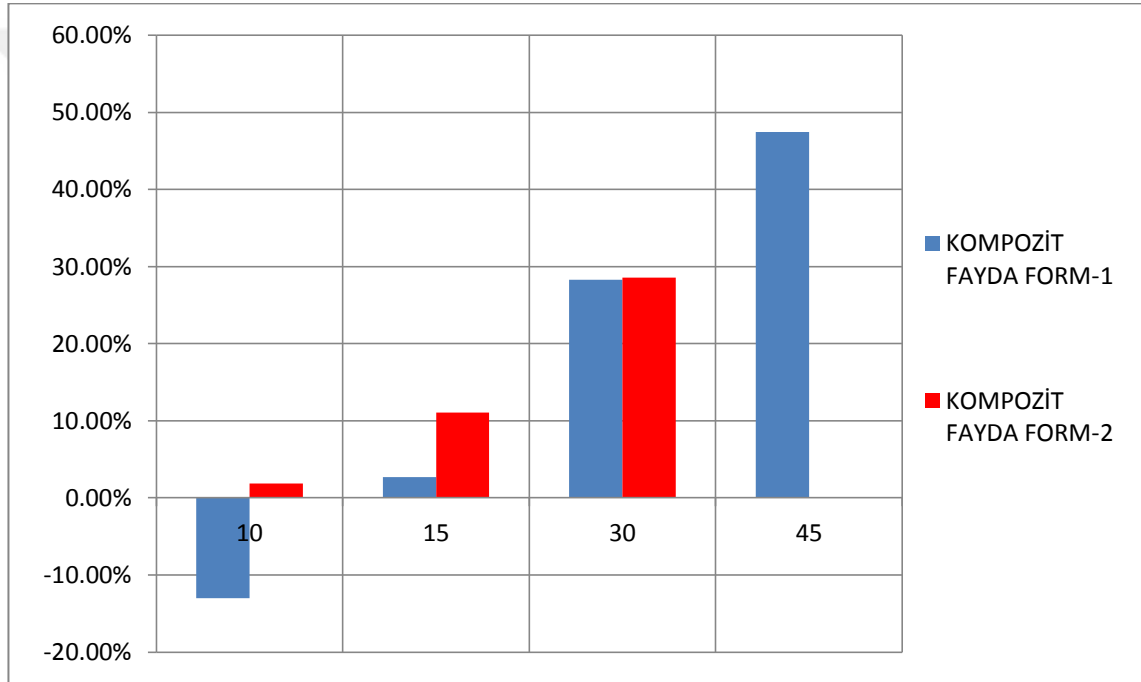
Şekil 4.12. Düzensiz formda BDÇTKK yapıların çelik yapılarla maliyetlerinin karşılaştırılması

4.4. BDÇTKK Yapıların Çelik Yapılarla Yapı Yüksekliğine Bağlı Olarak Maliyet Karşılaştırması

Yapılan çalışmanın bu bölümü iki kısımda incelenecektir. Düzenli form ve düzensiz formdaki yapılar ayrı ayrı değerlendirilecektir.

Çalışmalar neticesinde düzenli formda yapı yüksekliği arttıkça BDÇTKK yapının maliyet yönünden avantajının da arttığı görülmektedir. 10 katlı tasarlanan yapıda ise diğer örneklerin aksine BDÇTKK yapının maliyeti çelik yapının maliyetinden daha yüksek çıkmıştır.

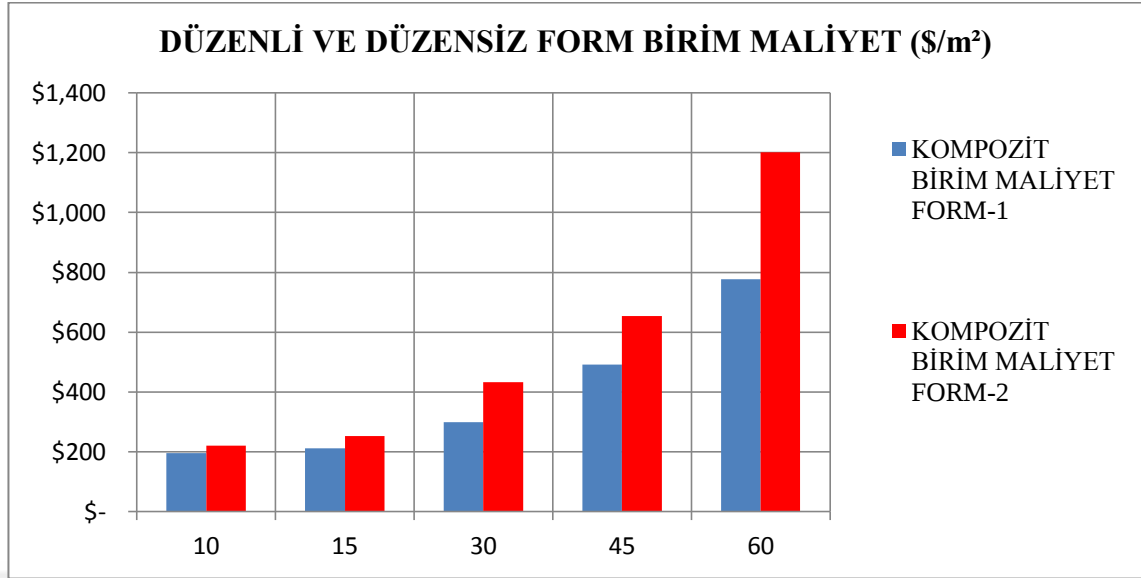
Düzensiz formda ise analiz yapılabilen bütün örneklerde BDÇTKK yapının çelik yapıdan daha ekonomik olduğu belirlenmiştir. Düzenli formda olduğu gibi yapı yüksekliği arttıkça maliyet avantajı da artmaktadır.



Şekil 4.13. BDÇTKK yapıların çelik yapılarla yapı yüksekliğine bağlı olarak maliyet karşılaştırması

5.4. BDÇTKK Yapıların Tasarımının Düzenli Olmasının Birim Maliyete Etkisi

Düzenli ve düzensiz iki formda optimize edilen BDÇTKK tasarım örneklerinde toplam maliyetlerin, toplam yapı alanına bölünmesiyle m² birim maliyetleri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar, aynı optimizasyon yöntemi (SÖO) kullanılarak analiz edilmiş farklı formlardaki yapılarda, düzenli formun düzensiz forma göre daha ekonomik olduğunu göstermiştir. Bunun yanında yapı yüksekliği arttıkça düzenli formdaki yapının birim maliyetinin, düzensiz formdaki yapının birim maliyetine göre ekonomik faydası yükselmektedir. 10 katlı tasarım örneklerinde, düzenli formdaki tasarım örneği, düzensiz forma göre %10 daha ekonomik iken, 60 katlı tasarım örneklerinde düzenli formun ekonomik faydasının %35 olduğu görülmektedir.



Şekil 4.14. Yapıların tasarımının düzenli olmasının birim maliyete etkisi

4.5. Beton Dolgulu Çelik Tüp Kompozit Kolonlu Yapılarda Çelik Maliyetinin Beton Maliyetiyle Karşılaştırılması

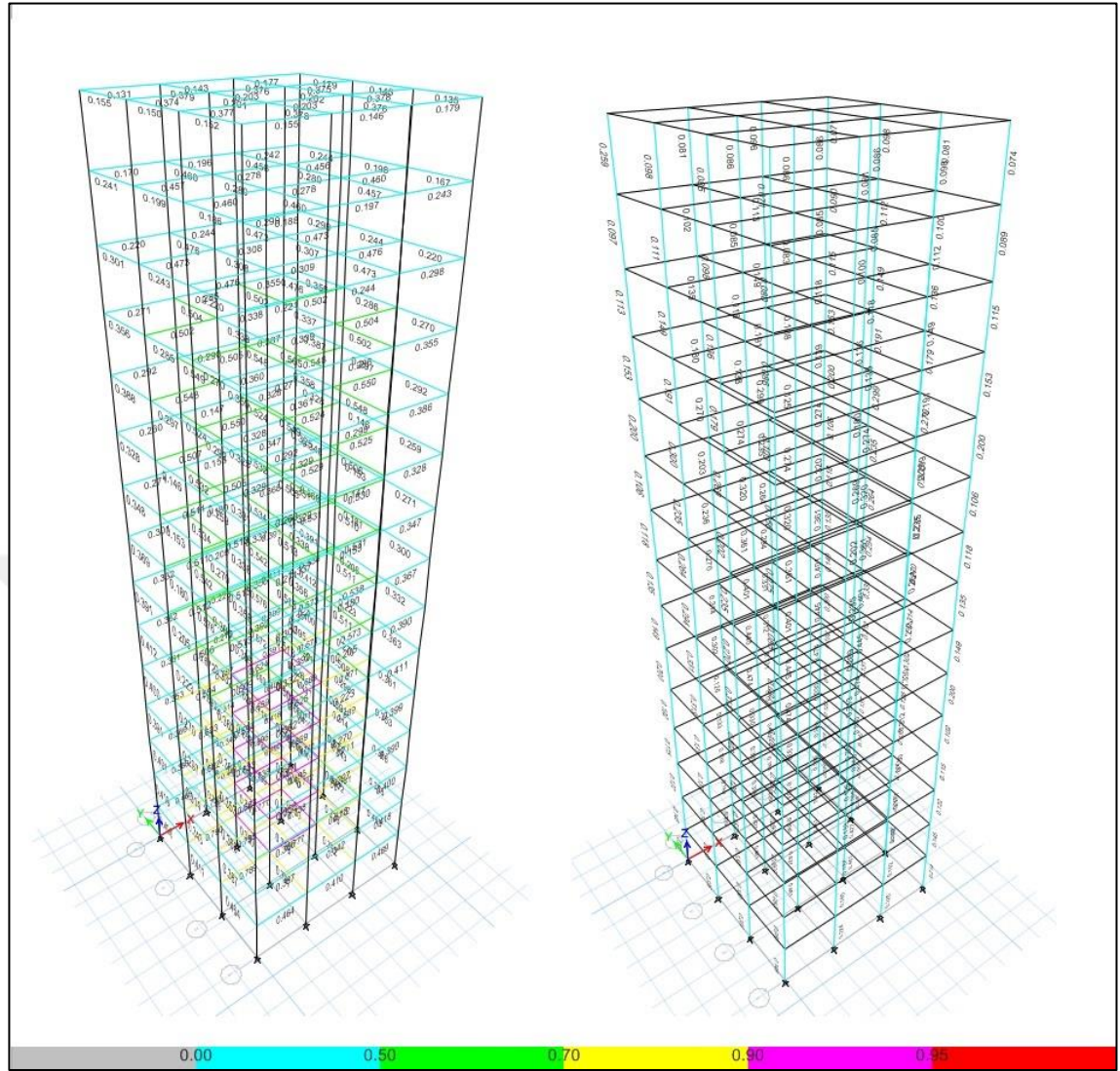
Tez çalışmasında optimum boyutlandırılan BDÇTKK tasarım örneklerinde beton maliyeti yapının toplam maliyetinin %2'si ile %4'ü arasında değişkenlik göstermektedir. Bu sonuç, BDÇTKK yapılarda çok düşük miktarda beton maliyetiyle toplam maliyetin düşürülmesinin mümkün olduğunu göstermektedir.

4.6. SÖO Algoritması İle Diğer Analiz Programlarının Karşılaştırılması

Tez çalışması kapsamında çalışılan tasarım örneklerinden olan 15 katlı 600 elemanlı düzenli form BDÇTKK tasarım örneği ETABS analiz programına girilip analiz yapılmıştır. Geliştirilen program ile %97 oranında benzerlik gösterdiği gözlemlenmiştir.

Aşağıdaki şekilde ETABS programında yapılan analiz sonucunda kolon ve kiriş kapasiteleri görülmektedir.

Ayrıca İ. AYDOĞDU, bu tez çalışmasında kullanılan algoritmayı daha önce “Optimum Design of 3-D Irregular Steel Frames Using Ant Colony Optimization and harmony Search Algorithms” isimli eserinde Bölüm 2.4.1’de STRAND7 programıyla karşılaştırmış, aradaki farkın 0.003 ile 0.005 arasında bir farklılık gösterdiğini belirtmiştir.



Şekil 4.15. 15K-600E-F1 tasarım örneğinin ETABS programında kiriş ve kolon kapasiteleri

5. SONUÇLAR

Tez çalışmasında beton dolgulu çelik tüp kompozit kolonlu yüksek yapılar için optimum tasarımlar elde eden programlar geliştirmesi, literatüre özgün ve yenilikçi çalışmalar sunulması, optimizasyon işleminin kompozit yapıların tasarımında kullanımına teşvik edilmesi ve yüksek katlı yapılarda kompozit kolon kullanılmasının çelik yapılara göre sağladığı maliyet avantajının araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda düzenli ve düzensiz formda farklı yapı yüksekliklerine sahip 10 adet tasarım örneği, geliştirilen program ile BDÇTKK çerçeve sistemi ve her bir tasarım ayrıca çelik çerçeve olarak modellenip analiz edilmiştir. Yapılan analizlerden elde edilen verilerle, başlangıçta hedeflenen sonuçlara ulaşılmıştır. Sosyal örümcek optimizasyonu (SÖO) yönteminin kompozit kolonlu yapılara uygulanabilir olduğu görülmüştür.

Yapılan optimizasyon neticesinde aynı tasarım olması durumunda kompozit kolonlu yapıların çelik yapılara göre daha ekonomik olduğu görülmüştür. Yapı yüksekliği arttıkça kompozit kolonlu yapıların çok daha ekonomik olduğu tespit edilmiştir. Düzenli ve düzensiz forma sahip aynı yapı yüksekliğine sahip BDÇTKK tasarımların birim maliyetleri karşılaştırıldığında, düzenli forma sahip tasarımın düzensiz formdan daha ekonomik olduğu tespit edilmiştir. Bütün örneklerde kompozit kolonlu yapıların çelik yapılara göre daha düşük maliyetle çözülebilmektedir. Yapı düzensizliğinin bina maliyetine hem kompozit hem de çelik yapıda olumsuz yönde etkisi olduğu ortaya çıkmıştır.

Sonuç olarak, bu tez çalışması SÖO tekniğinin meta-sezgisel optimizasyon teknikleri içinde güçlü bir teknik olduğunu göstermiş, beton dolgulu çelik tüp kompozit kolonlu yapıların optimum boyutlandırılmasında uygulanabilir olduğunu ve çelik tasarımlara göre daha ekonomik sonuçlar verdiğini göstermiştir. Bu tezin doğrultusunda, gelecekte kompozit döşemelerin SÖO yöntemiyle optimizasyonu ile ilgili çalışmalar yapılabileceği, literatürde belirtilen konuda bir çalışma bulunmadığı için faydalı bir çalışma olacağı önerilmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Adeli, H. ve Kim, H. 2001. "Cost optimization of composite floors using neural dynamic Adeli, H., ve Kim, H. 2001 "Cost optimization of composite floors using neural dynamics model". Communications in Numerical Methods in Engineering, 17(11), 771-787.
- Artar, M. ve Daloğlu, A. 2015. "The Optimization of Multi-Storey Composite Steel Frames with Genetic Algorithm Including Dynamic Constraints". Teknik Dergi, 26(2), 7077-7098.
- Artar, M. ve Daloğlu, A. T. 2015. "Optimum design of steel frames with semi-rigid connections and composite beams". Structural Engineering and Mechanics, 55(2), 299-313.
- Artar, M., ve Daloğlu, A. T. 2015. "Optimum design of steel space frames with composite beams using genetic algorithm". Steel and Composite Structures, 19(2), 503-519. doi: 10.12989/scs.2015.19.2.503
- Aydoğdu, İ. 2017. "Optimum Design of a Space Frame Structure with Concrete Filled Steel Tube Composite Columns Using Social Spider Optimization" Mechomp3 3rd International Conference on Mechanics of Composites,
- Aydoğdu, İ. 2016. "Comparison of Metaheuristics on Multi Objective (Cost&CO₂) Optimization of RC Cantilever Retaining Walls", Pamukkale Üni. Müh. Bilim. Derg., 1000(1000), 0-0.
- Aydoğdu, İ. 2017. "Cost optimization of reinforced concrete cantilever retaining walls under seismic loading using a biogeography-based optimization algorithm with Levy flights", Engineering Optimization, 49(3), 381-400.
- Aydoğdu, İ. and Akin, A. 2015. Biogeography Based CO₂ and Cost Optimization of RC Cantilever Retaining Walls, World Academy of Science, Engineering and Technology, Paris, France.
- Aydoğdu, İ., Çarbaş, S. ve Akin, A. 2017. "Effect of Levy Flight on the discrete optimum design of steel skeletal structures using metaheuristics", Steel Compos Struct, 24(1), 93-112.
- Aydoğdu, İ., Efe, P., Yetkin, M. ve Akin, A. 2017. "Optimum design of steel space structures using social spider optimization algorithm with spider jump technique", Structural Engineering And Mechanics, 62(3), 259-272.

- Aydoğdu, İ. 2010. "Optimum Design of 3-D Irregular Steel Frames Using Ant Colony Optimization and harmony Search Algorithms". Middle East Technical University, 59-63.
- Azad, S. K., vd. 2013 "Upper bound strategy for metaheuristic based design optimization of steel frames". Advances in Engineering Software, 57, 19-32.
- Babalık, A., Çınar, A. C., & Kıran, M. S. 2017. A Modification of Tree-Seed Algorithm using Deb's Rules for Constrained Optimization. Applied Soft Computing.
- Benfratello, S., vd. 2015. "Optimization of structures with unrestricted dynamic shakedown constraints". Structural and Multidisciplinary Optimization, 52(3), 431-445.
- Chen, W., Tan, X., & Cai, M. 2017. Parameter Identification of Equivalent Circuit Models for Li-ion Batteries Based on Tree Seeds Algorithm. Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.
- Cheng, L. J., ve Chan, C. M. 2009. "Optimal lateral stiffness design of composite steel and concrete tall frameworks". Engineering Structures, 31(2), 523-533.
- Council of Tall Buildings and Urban Habitat. 2018. CTBUH Journal, The Global Tall Building Picture: Impact of 2017
- Doğan, E. 2014. "Solving design optimization problems via hunting search algorithm with Levy flights". Structural Engineering and Mechanics, 52(2), 351-368.
- Ellingwood, B. 1986. "Structural Serviceability: A Critical Appraisal and Research Needs". Journal of Structural Engineering, 112(12), 2646-2664.
- Ghasemi, M. R., ve Farshchin, M. 2014. "Pareto-based optimum seismic design of steel frames". Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Structures and Buildings, 167(1), 66-74.
- Gholizadeh, S., ve Poorhoseini, H. 2015. "Optimum design of steel frame structures by a modified dolphin echolocation algorithm". Structural Engineering and Mechanics, 55(3), 535-554.
- Hadidi, A., ve Rafiee, A. 2014. "Harmony search based, improved Particle Swarm Optimizer for minimum cost design of semi-rigid steel frames". Structural Engineering and Mechanics, 50(3), 323-347.
- Hasançebi, O., ve Çarbaş, S. 2014. "Bat inspired algorithm for discrete size optimization of steel frames". Advances in Engineering Software, 67, 173-185.
- Karaboğa, D. 2005. "An idea based on honey bee swarm for numerical optimization": Technical report-tr06, Erciyes University, engineering faculty, computer engineering department.

- Kaveh, A., ve Abadi, A. S. M. 2010 "Cost optimization of a composite floor system using an improved harmony search algorithm". Journal of Constructional Steel Research, 66(5), 664-669.
- Kaveh, A., ve Ahangaran, M. 2012. "Discrete cost optimization of composite floor system using social harmony search model". Applied Soft Computing, 12(1), 372-381.
- Kaveh, A., ve Bakhshpoori, T. 2013. "Optimum design of steel frames using Cuckoo Search algorithm with Levy flights". Structural Design of Tall and Special Buildings, 22(13), 1023-1036.
- Kaveh, A., vd. 2015. "Seismic optimal design of 3D steel frames using cuckoo search algorithm". Structural Design of Tall and Special Buildings, 24(3), 210-227.
- Kaveh, A., vd. 2014. "Optimum design of multi-span composite box girder bridges using Cuckoo Search algorithm". Steel and Composite Structures, 17(5), 703-717.
- Kaveh, A., ve Massoudi, M. S. 2012. "Cost Optimization of a Composite Floor System Using Ant Colony System". Iranian Journal of Science and Technology-Transactions of Civil Engineering, 36(C2), 139-148.
- Kim, H., ve Adeli, H. 2001. "Discrete cost optimization of composite floors using a floating-point genetic algorithm". Engineering Optimization, 33(4), 485-501.
- Kiran, M. S. 2015. "TSA: Tree-seed algorithm for continuous optimization". Expert Systems with Applications, 42(19), 6686-6698.
- Kiran, M. S. 2017. Withering process for tree-seed algorithm. Procedia Computer Science, 111, 46-51.
- Klansek, U., ve Kravanja, S. 2006 "Cost estimation, optimization and competitiveness of different composite floor systems - Part 1: Self-manufacturing cost estimation of composite and steel structures". Journal of Constructional Steel Research, 62(5), 434-448.
- Li, W. J., ve Chen, J. Y. 1993. "Optimum Design of Composite Structures Subjected to Multiple Displacement Constraints". Journal of Strain Analysis for Engineering Design, 28(2), 135-141.
- LRFD, A. 2000. "Load & Resistance Factor Design Specification for Single Angle Members". American Institute of Steel Construction, Chicago, Illinois.
- Luo, Y. J., vd. 2012. "Optimal topology design of steel-concrete composite structures under stiffness and strength constraints". Computers & Structures, 112, 433-444.
- Morton, S. K., ve Webber, J. P. H. 1994. "Optimal-Design of a Composite I-Beam". Composite Structures, 28(2), 149-168.

- Mosquera, J. C., ve Gargoum, L. A. 2014. "A sequential algorithm for minimum weight design of 2-D steel portal frames using Eurocode 3". *International Journal of Steel Structures*, 14(1), 141-149.
- Muneeswaran, V., & Rajasekaran, M. P. 2017. Beltrami-Regularized Denoising Filter Based on Tree Seed Optimization Algorithm: An Ultrasound Image Application. Paper presented at the International Conference on Information and Communication Technology for Intelligent Systems.
- Murren, P., ve Khandelwal, K. 2014. "Design-driven harmony search (DDHS) in steel frame optimization". *Engineering Structures*, 59, 798-808.
- Nguyen, X. H., vd. 2015. "Optimum design of thin-walled composite beams for flexural-torsional buckling problem". *Composite Structures*, 132, 1065-1074.
- Phan, D. T., vd. 2013. "An efficient genetic algorithm for the design optimization of cold-formed steel portal frame buildings". *Steel and Composite Structures*, 15(5), 519-538.
- Poitras, G., vd. 2011. "Optimization of steel floor systems using particle swarm optimization". *Journal of Constructional Steel Research*, 67(8), 1225-1231.
- Rafiee, A., vd. 2013. "Optimum design of steel frames with semi-rigid connections using Big Bang-Big Crunch method". *Steel and Composite Structures*, 14(5), 431-451.
- Saka, M. P. 2003. M.P. Saka, "Optimum Design of Skeletal Structures: A Review". In J. M. A. B.H.V. Topping, F.J. Pallarés, R. Bru and M.L. Romero (Ed.), *Progress in Civil and Structural Engineering Computing* (pp. 237-284). Stirlingshire, UK: Saxe-Coburg Publications.
- Saka, M. P. 2007. Optimum Design of Steel Frames using Stochastic Search Techniques Based on Natural Phenomena: A Review. In B. H. V. Topping (Ed.), *Civil Engineering Computations: Tools and Techniques*. In B. H. V. Topping (Series Ed.) *Computational Science, Engineering & Technology Series* (Vol. 16, pp. 105-147).
- Saka, M. P. 2014. "Shape and Topology Optimization Design of Skeletal Structures using Metaheuristic Algorithms: A Review". *Computational Technology Reviews*, 9, 31-68. doi: doi:10.4203/ctr.9.2
- Saka, M. P., ve Geem, Z. W. 2013. "Mathematical and Metaheuristic Applications in Design Optimization of Steel Frame Structures: An Extensive Review". *Mathematical Problems in Engineering*.
- Saka, M., Çarbaş, S., Aydoğdu, I., Akın, A. and Geem, Z. 2015. *Comparative Study on Recent Metaheuristic Algorithms in Design Optimization of Cold-Formed Steel Structures*, Springer, Cham, Switzerland.

- Saka, M.P., Çarbaş, S., Aydoğdu, İ. and Akın, A. 2016. Use of Swarm Intelligence in Structural Steel Design Optimization, Springer
- Senouci, A. B., ve Al-Ansari, M. S. 2009. "Cost optimization of composite beams using genetic algorithms". Advances in Engineering Software, 40(11), 1112-1118.
- Shahrouzi, M., ve Pashaei, M. 2013. "Stochastic directional search: An efficient heuristic for structural optimization of building frames". Scientia Iranica, 20(4), 1124-1132.
- Shanmugam, N.E., vd. 2001. "State Of The Art Report On Steel–Concrete Composite Columns" Journal of Constructional Steel Research 57 (2001) 1041–1080.
- Simon, D. 2008. "Biogeography-Based Optimization". Ieee Transactions on Evolutionary Computation, 12(6), 702-713. doi: 10.1109/tevc.2008.919004
- Suresh, S., vd. 2007. "Particle swarm optimization approach for multi-objective composite box-beam design". Composite Structures, 81(4), 598-605.
- Talatahari, S., vd. 2015. "Optimum design of frame structures using the Eagle Strategy with Differential Evolution". Engineering Structures, 91, 16-25.
- Topping, B. 1983. "Shape optimization of skeletal structures: a review". Journal of Structural Engineering, 109(8), 1933-1951.
- Valido, A. J., ve Cardoso, J. B. 2003. "Geometrically Nonlinear Composite Beam Structures: Optimal Design". Engineering Optimization, 35(5), 553-560.
- Zacharenaki, A. E., vd. 2013. "Reliability-based optimum seismic design of structures using simplified performance estimation methods". Engineering Structures, 52, 707-717.

ÖZGEÇMİŞ

AHMED PAKSOY

ahmedpaksoy@hotmail.com



ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2015-2018	Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Antalya
Lisans	İstanbul Teknik Üniversitesi
2007-2012	İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Serbest Mühendis	Opak MİM. Müh. İnş. Limited Şirketi, Antalya
2012- Devam Ediyor	

ESERLER

Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

1. H.N. Atahan, B.Y. Pekmezci, E.Y. Tuncel, A. Paksoy, "Behavior of Glass Fabric Reinforced Polymer Concrete Composites under Flexural Loads", Restoration of Buildings and Monuments, Vol. 9, No. 2/3, 01/2013, s. 203-209, Aedificatio Publishers

Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler

1. Atahan H.N., Pekmezci B.Y., Tuncel E.Y., Paksoy A., "Behavior of Fiber Glass Fabric Reinforced Polymer Concrete Composites Under Flexural Loads", 10/2012, s. 661-668, ASPIC 2012, 7th Asian Symposium on Polymers in Concrete, İstanbul, Turkey, 03.10.2012 - 05.10.2012