

**T.C.
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
MEKANİK BİLİM DALI**

**DAİRESEL BOŞLUKLU ÇELİK KİRİŞLERİN KURT KOLONİSİ
ALGORİTMASI KULLANILARAK OPTİMUM
BOYUTLANDIRILMASI**

İdris KAYGISIZ

**Danışman
Doç. Dr. Erkan DOĞAN**



MANİSA-2019

TEZ ONAYI

İdris KAYGISIZ tarafından hazırlanan "**Dairesel Boşuklu Çelik Kirişlerin Kurt Kolonisi Algoritması Kullanılarak Optimum Boyutlandırılması**" adlı tez çalışması 28/06/2019 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri önünde Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman

Doç. Dr. Erkan DOĞAN
Manisa Celal Bayar Üniversitesi



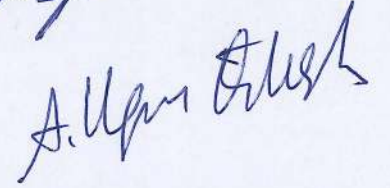
Jüri Üyesi

Doç. Dr. İbrahim AYDOĞDU
Akdeniz Üniversitesi



Jüri Üyesi

Doç. Dr. Ali Uğur ÖZTÜRK
Manisa Celal Bayar Üniversitesi



TAAHHÜTNAME

Bu tezin Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde, akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

İdris KAYGISIZ



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	I
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	II
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	III
TABLO DİZİNİ	IV
TEŞEKKÜR.....	V
ÖZET.....	VI
ABSTRACT.....	VII
1. GİRİŞ	1
1.1. Literatür	
1.2. Tezin Amacı	
2. MATERYAL VE YÖNTEMLER.....	4
2.1. Materyal.....	4
2.1.1. Dairesel Boşluklu Kirişler	4
2.2. Yöntemler.....	6
2.2.1. Optimizasyon	6
2.2.2. Sezgisel Optimizasyon	7
2.2.3. Sürü Zekası	9
2.2.3.1. Ateş Böceği Optimizasyonu.....	10
2.2.3.2. Karınca Koloni Optimizasyonu	11
2.2.3.3. Parçacık Sürü Optimizasyonu	11
2.2.3.4. Yapay Balık Sürüsü Optimizasyonu	12
2.2.3.5. Kedi Sürüsü Optimizasyonu	12
2.2.3.6. Yapay Arı Kolonisi Optimizasyonu.....	13
3. KURT KOLONİSİ ALGORİTMASI(Wolf Colony Algorithm)	14
3.1. Davranışların Açıklanması	14
3.1.1. Arama Davranışı	14
3.1.2. Av Kuşatma	15
3.1.3. Kurt Kolonisinin Güncellenmesi	15
3.1.4. Kurt Koloni Algoritmasının Adımları.....	16
4. BENCHMARK(KIYASLAMA) PROBLEMLERİ.....	18
4.1. Himmelblau's Fonksiyonu	18
4.2. Sandgren Fonksiyonu.....	19
4.3. Belegundu ve Arora Fonksiyonu	20
5. DAİRESEL BOŞLUKLU KİRİŞLER	22
5.1. Petek Kiriş Tanımı	22
5.2. Boşluklu Kiriş İmalat Çeşitleri	23
5.3. Kesit Yüksekliğinin Arttırılmasının Faydaları.....	25
5.4. Dairesel Boşluklu Kirişlerin Geometrik Şekillerinin Oluşturulması	26
5.5. Boşluklu Oluşan Burulma ve Burkulmalar	27
5.5.1. Vierendeel Göçmesi	27
5.5.2. Yanal Burulmalı Burkulma	28
5.5.3. Gövde Kaynak Bölgesinde Meydana Gelen Yırtılmalar	29
5.5.4. Eğilme Mekanizması.....	30
5.5.5. Gövde Burkulması	30
5.6.Uygulama Alanları.....	31
5.7. Genel Olarak Avantajları	32

6. ARAŞTIRMA VE BULGULAR	33
6.1. Programlama	33
6.1.1. Örnek 1	33
6.1.2. Örnek 2	35
6.1.3. Örnek 3	38
6.2. Kurt Kolonisi Optimizasyon Yöntemiyle Dairesel Kiriş Optimum	
Tasarım Örnekleri	40
6.2.1. Örnek 1	40
6.2.2. Örnek 2	42
6.2.3. Örnek 3	43
6.2.4. Örnek 4	45
7. SONUÇ VE ÖNERİLER	47
KAYNAKLAR	48
ÖZGEÇMİŞ	51

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

KKO	Kurt Kolonisi Optimizasyonu
WCA	Kurt Kolonisi Algoritması
PSO	Parçacık Sürü Optimizasyonu
KSO	Kedi Sürüsü Optimizasyonu
maxk	Maksimum İterasyon Sayısı
q	Arama Yapacak Yapay Kurt Sayısı
h	Arama Yönü
maxdh	Maksimum Arama Numarası
stepa	Arama Adımı
stepb	Kuşatma Adımı
m	Zayıf Yapay Kurt Sayısı
T_s	Kabuk Kalınlığı
T_h	Kafa Kalınlığı
R	İç Yarıçap
L	Kesit Uzunluğu
d	Yay Tel Çapı
D	Yay Sarmal Çapı
N	Sarmal Sayısı
A	Başlıkların Ağırlık Merkezleri Arası Mesafe
f	Bir Başlığın Enkesit Alanı
σ_m	Başlığın Ortalama Emniyet Gerilmesi
S	Dairesel Boşlukların Merkezleri Arası Mesafe
D₀	Boşluk Çapı
e	Kaynaklanan Mesafe
H_s	Uygulama Sonucu Artan Kiriş Yüksekliği

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Boşluklu Kiriş Çeşitleri	5
Şekil 2.2. Boşluklu Kiriş Tasarım Çeşitleri	5
Şekil 2.3. Tasarım Optimizasyonu	7
Şekil 2.4. Sezgisel Yöntemler	8
Şekil 2.5. Karınca Köprüsü	10
Şekil 3.1. Arama Davranışı	14
Şekil 3.2. Kurt Kolonisi Algoritma Şeması	17
Şekil 4.1. Basınç Tüpü Dizaynı.....	19
Şekil 4.2. Yay Tasarımı.....	21
Şekil 5.1. Petek Kiriş Çeşitleri	23
Şekil 5.2. CNS Makine ile Otomatik Kesim	24
Şekil 5.3. Dairesel Boşluklu Kiriş İmalatı	24
Şekil 5.4. I Profil Gerilme Dağılımı.....	25
Şekil 5.5. Mukavemet Değerlerinin Karşılaştırılması.....	26
Şekil 5.6. Dairesel Boşluklu Kirişin Parametreleri	26
Şekil 5.7. Dairesel Kirişte Yüksek Eğilme	27
Şekil 5.8. Dairesel Kirişte Yüksek Kesme	28
Şekil 5.9. Dairesel Kirişte Yanal Burulmalı Burkulma	28
Şekil 5.10. Kaynak Bağlantısının Yırtılması.....	29
Şekil 5.11. Gövde açıklıklı kirişte gövde burkulması	30
Şekil 5.12. Dairesel Boşluklu Kiriş Uygulamaları	31
Şekil 5.13. Dairesel Boşluklu Kiriş Uygulamaları	31
Şekil 5.14. Dairesel Boşluklu Kiriş Uygulamaları	32
Şekil 5.15. Dairesel Boşluklu ve Normal I Kiriş Tesisat Geçişleri	33

Şekil 6.1. Himmelblau's Fonk. Tasarım Geçmiş Grafiği	35
Şekil 6.2. Basınç Tüpü Dizaynı.....	36
Şekil 6.3. Basınç Tüpü Tasarımının Tasarım Geçmiş Grafiği.....	38
Şekil 6.4. Yay Tasarımı.....	38
Şekil 6.5. Yay Tasarımının Tasarım Geçmiş Grafiği	40
Şekil 6.6. 4 m. uzunluğunda 50 kN tekil yük ve 5 kN/m yayılı yük taşıyan basit mesnetli kiriş	41
Şekil 6.7. Şekil 6.6 daki Kirişin Tasarım Geçmiş Grafiği	41
Şekil 6.8. 3 m. uzunluğunda 260 kN tekil yük taşıyan basit mesnetli kiriş	42
Şekil 6.9. Şekil 6.8 daki Kirişin Tasarım Geçmiş Grafiği	43
Şekil 6.10. 3 m. uzunluğunda 200 kN tekil yük taşıyan basit mesnetli kiriş	44
Şekil 6.11. Şekil 6.10 daki Kirişin Tasarım Geçmiş Grafiği	44
Şekil 6.12. 5 m. uzunluğunda orta noktasında 300 kN tekil yük, ilk ve son 2 m de 4 kN/m yayılı yük taşıyan basit mesnetli kiriş	45
Şekil 6.13. Şekil 6.12 daki Kirişin Tasarım Geçmiş Grafiği	46

TABLO DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 6.1. KKO ile yapılan analiz sonuçları.....	34
Tablo 6.2. Farklı Yöntemlerle Çözümlenen, Himmelblau's Fonksiyonu Sonuçları	35
Tablo 6.3. KKO ile yapılan analiz sonuçları.....	37
Tablo 6.4. F(x) sonuçları.....	37
Tablo 6.5. KKO ile yapılan analiz sonuçları.....	39
Tablo 6.6. F(x) sonuçları.....	40
Tablo 6.7. Dairesel Kiriş Optimum Tasarım Sonuçlarının Karşılaştırılması	42
Tablo 6.8. Dairesel Kiriş Optimum Tasarım Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	43
Tablo 6.9. Dairesel Kiriş Optimum Tasarım Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	45
Tablo 6.10. KKO ile Çözümü Yapılmış Dairesel Kirişin Tasarım Sonuçları.....	46

TEŞEKKÜR

Çalışmamın her aşamasında bana destek olan, bilgi ve deneyimleri ile yol gösteren, bilgi ve tecrübesi ile lisansüstü öğrenim hayatımın tüm zorlu aşamalarında maddi manevi her yönden yardımcı olan, tecrübeleri ile beni aydınlatan ve desteğini hiç eksik etmeyen, kendisini tanımaktan büyük onur duyduğum danışman hocam Sayın Doç. Dr. Erkan DOĞAN' a, öğrenim hayatım boyunca beni maddi ve manevi olarak destekleyen ve hep yanımda olan aileme yürekten teşekkür ederim.

İdris KAYGISIZ
Manisa, 2019



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

DAİRESEL BOŞLUKLU ÇELİK KİRİŞLERİN KURT KOLONİSİ OPTİMİZASYON ALGORİTMASI KULLANILARAK OPTİMUM BOYUTLANDIRILMASI

İdris KAYGISIZ

Manisa Celal Bayar Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Erkan DOĞAN

İnşaat Mühendisliği alanında teknolojiyle birlikte yepyeni tasarımlar meydana gelmiş, üretilen her malzeme üzerinde yeniden tasarlama, düzenleme ve optimizasyon teknikleri uygulama ihtiyaçları doğmuştur.

Yapım tekniklerinin hızlanması ve en az maliyet oluşturma amacı ile teknik şartnamelere bağlı olarak hazır yapım elemanları üretilmiştir. Her çeşit ve boyutta olan bu elemanlar belirli dayanım değerlerine göre gruplara ayrılmışlardır. Meydana gelen kuvvete ve ihtiyaç duyulan mukavemete göre uygun malzeme seçimi yapılmaktadır. Fakat bu malzemeler her zaman en ideal seçimi karşılayamamaktadırlar. Bu nedenle yeni tasarımlar meydana gelmiştir.

Doğadan izlenimlerle, var olan mevcut düzende canlı davranışları incelenmesi ve buna benzer araştırmalarla yeni optimizasyon teknikleri geliştirilmiştir. Parçacık Sürü, Yapay Arı Kolonisi, Karınca Kolonisi optimizasyon teknikleri bunlara örnektir.

Bu tez çalışmasında, standart olarak üretilen bir I profili, Kurt Kolonisi Yöntemi kullanarak yeniden tasarlanmıştır. Sonuç olarak, profil özellikleri gelen kuvvetlere göre ağırlığı arttırılmadan istenilen boyutlara getirilmiş ve optimize edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Optimizasyon, Kurt Kolonisi Algoritması, Kiriş Tasarımı

2019, 51 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

OPTIMUM DIMENSIONING OF CIRCULAR HOLLOW STEEL BEAMS BY WOLF COLONY OPTIMIZATION ALGORITHM

İdris KAYGISIZ

**Manisa Celal Bayar University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Civil Engineering**

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Erkan DOĞAN

In the field of Civil Engineering, brand new designs have come to the fore with technology and the necessity of redesigning, editing and optimizing techniques on every material has been born.

Depending on the speed of construction techniques and the minimum cost of production and technical specifications, ready-made elements have been produced. These elements of all kinds and sizes are divided into groups according to their specific strength values. Appropriate material selection is made according to the strength coming from the square and the required strength. But these materials do not always meet the ideal choice. For this reason, new designs have come to fruition.

New optimization techniques have been developed with the impression of nature, the existing living behavior of existing systems, and similar investigations. Particle Swarm, Artificial Bee Colony, Ant Colony optimization techniques are examples of these.

In this thesis study, I profile, which is produced as standard, redesigned using Wolf Colony Algorithm method. As a result, the profile properties have been optimized to the desired dimensions without increasing the weight according to the incoming forces.

Keywords: Optimization, Wolf Colony Algorithm, Beam Design

2019, 51 pages

1. GİRİŞ

Gün geçtikçe gelişen teknoloji ve insan ihtiyaçları, mevcut kullanımda olan tasarımları yenileme ve yeniden tasarlama mecburiyeti doğurmuştur. İnsanların varoluşundan bu güne kadar gerekli incelemeleri ve gözlemleri yaparak mevcut problemlere ait çözümlerin iyileştirilmesi anlamında sürekli yeni yöntemler bulma çabasını devam ettirmektedir. Bilinen problemlerin var olan çözüm yöntemlerine yenilerinin eklenmesinde en önemli faktörler şüphesiz ki o çözümün iyileştiğine işaret eden, maliyetlerin ve sürenin azalmasıdır. Çözüm kalitesinin artırılması ve uygun hesaplama zamanının bulunması hedeflenmelidir. Problemi etkileyen kısıtların, problemin türüne göre maksimize edilmesi ya da minimize edilmesi daha verimli çözümlerin elde edilmesine katkı sağlamaktadır.

Problemlerin çözümünü matematiksel hesaplamalar yaparak kesin olarak bulabilen klasik yöntemlerin kabiliyetleri, uzun hesaplama sürelerinin oluşması ve maliyetlerin artmasından dolayı azalmaktadır. Problemi etkileyen unsurlar arttıkça zorluk seviyeleri de yükselmiştir. Bu sebeple keşfedildikçe, yeni problemlerin çözümünde *sezgisel optimizasyon* tekniklerinden faydalanılmaya başlanmıştır. Sezgisel optimizasyon teknikleri sayesinde çok daha kısa hesaplama sürelerinde optimum ya da optimuma en yakın sonuçlar elde edilebilmektedir.

Öğrenilen ve geliştirilen tüm optimizasyon teknikleri mühendislik alanlarında rahatlıkla kullanılabilir. Örneğin, güçlü bir optimizasyon tekniği bir program yardımıyla mevcut I profil kirişleri üzerine uygulanarak yeniden tasarlanıp, dairesel boşluklu kirişler haline getirilebilir. Bu tezin temel amacı da bunu gerçekleştirmek olacaktır.

1.1. Literatür

Optimizasyon teknikleri, altmış yılı aşkın süredir mühendislik alanlarında uygulanmaya başlanmıştır. Tüm bu uygulamaların bir ürünü olan Yapısal Optimizasyon üzerine de yıllar boyunca birçok tasarımlar geliştirilip, çalışmalar yapılmıştır.

Genişletilmiş kompozit olmayan kirişler üzerine öncelikle Altifillisch ve arkadaşları tarafından 1957'de çalışılmıştır. Bu çalışmanın ana odak noktası, elastik ve

plastik aralıklarda iki yoğun yük altında petek kirişlerin yapısal davranış, mukavemet ve bozulma modlarını incelemektir [1].

Toprac ve Cooke (1959), dört adet nokta yükü altında, on tane 8B10 profil kirişini test etmişler, kirişlerin yük taşıma kapasitesini ve optimum genleşme oranını araştırmışlardır [2].

Shelbourne (1966), yedi adet basit kirişlerden oluşturulmuş örnekler tasarlayarak, dayanım deneyleri yapmıştır [3].

Bazile ve Texier (1968), farklı kiriş karakteristiklerini ve özelliklerini, geometri ve genişlik oranlarını keşfetmek için iki farklı kiriş çeşidi test ettiler [4].

Husain ve Speirs (1971), çeşitli yük koşulları altında altı tane destekli kiriş üzerine kaynaklı, petek kirişlerin kaynaklı bağlantılarının verimini ve kopmasını incelemek için çalışmalar yaptılar [5-6].

Galambos (1975), W10x15 kesitlerinden imal edilen dört tane petek kiriş yüklemeler yaparak test etmiştir [7].

Zaarour ve Redwood (1996), on dört adet hazırlanan kirişler üzerinde açtıkları boşlukların burkulmasını incelemek için tüm orta aralılara noktasal yükler uygulamışlardır. İncelemeler sonucunda boşluklar üzerinde oluşan T kesitlerde yerel burkulmalar olduğu saptanmıştır [8].

Redwood aynı zamanda (1998), Demirdijan ile yaptığı çalışmada aynı kesitlerde fakat farklı boşluk aralıklarına sahip dört adet kiriş üzerinde burkulma deneyleri yapmışlardır [9].

Erdal ve Saka (2009), birbirine dayanan optimum tasarım algoritması üzerine çalışmışlardır [10]. Armoni arama yöntemini kullanarak yeni petek kirişler tasarlamışlar ve optimizasyon tekniklerini mühendislik alanına tam anlamıyla uygulamışlardır.

1.2. Tezin Amacı

Yapılan tez çalışmasında, optimizasyon tekniklerinin önemi vurgulanarak, mühendislik alanında kullanımına örnek verilmiştir. Ele alınan belli kesit ve boyutta standart olarak üretilmiş bir I profil üzerinde, Kurt Kolonisi Yöntemi kullanılarak yeni bir tasarım yapılmıştır. Oluşturulan tasarımda aynı zamanda diğer teknikler arası farklar vurgulanmış ve karşılaştırılmalar yapılmıştır.

Bu tez projesi ile birlikte kullanımı gittikçe yaygınlaşan boşluklu kirişlerin optimum geometri tasarımı hedeflenmiştir. Bu tarz kirişler hali hazırda mevcut olan çelik profillerin gövde kısımlarından kesilmesi ve ortaya çıkan iki parçanın uygun bir şekilde üst üste getirilmesi ile oluşturulur. Bu da sonuç olarak etkin atalet momentinde ve dolayısıyla eğilmeye karşı dirençte artışa neden olmaktadır. Bu artışla birlikte mevcut yükün daha az miktarda malzeme ile taşınması mümkün olmaktadır. Yapı maliyetinin çok önemli hale geldiği günümüzde malzeme miktarında yapılan bu tasarruf ciddi miktarda ekonomik kazanç sağlamaktadır. Tezde kullanılacak optimizasyon algoritması bu hedef doğrultusunda kullanılarak en uygun kiriş tasarımları elde edilecektir. Kullanılması planlanan yöntem yapı analizinde kullanımı oldukça az olan bir yöntem olduğundan elde edilen sonuçlar bu alandaki çalışmalara ilham kaynağı teşkil edecektir.

2. MATERİYAL VE YÖNTEMLER

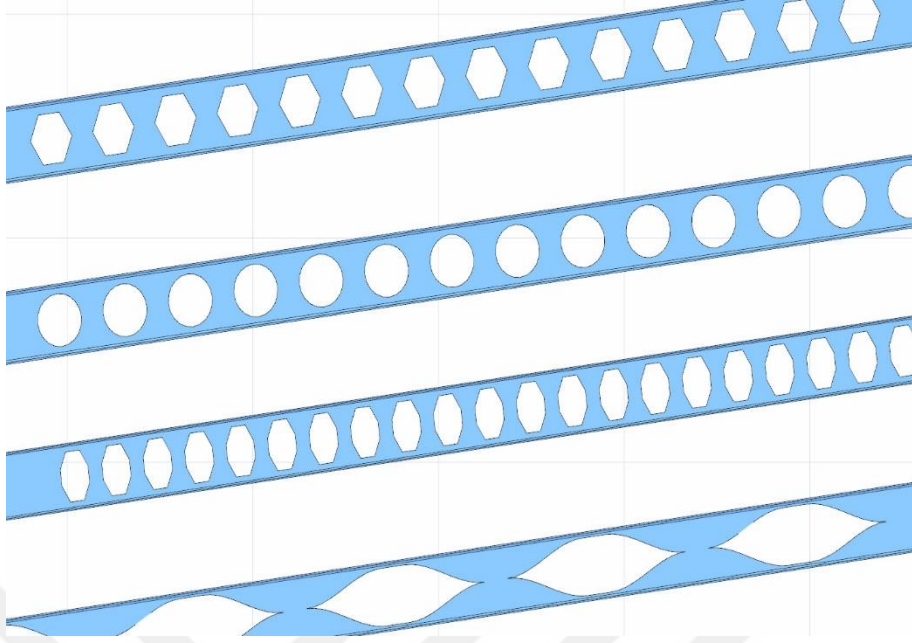
2.1. Materyal

Proje materyali, bir çalışmanın en temel taşlarından birisini oluşturmaktadır. Elde edilecek tüm sonuçlar değerlendirmeler ve alınacak kararlar, kullanılacak materyal seçiminin kararlılığına ve doğruluğuna bağlıdır. Gerçekten çok uzak veya yanlış bir şekilde alınan çıktılar, yapılan çalışmanın gerçeğinden uzaklaştırılmasına ve yanlış bilgiler doğmasına neden olacaktır. Bu nedenle, alınacak sonuçların gerçeğe en yakın şekilde olabilmesi için köklü bir geçmişe sahip olan FORTRAN programı kullanılmıştır. Buradan alınan sonuçlara göre oluşturulacak yapı elemanın değişkenleri belirlenmiş ve en uygun tasarım modeli geliştirilmiştir.

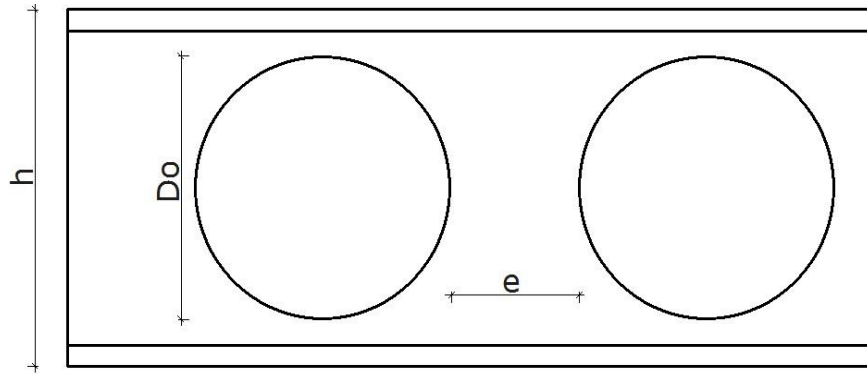
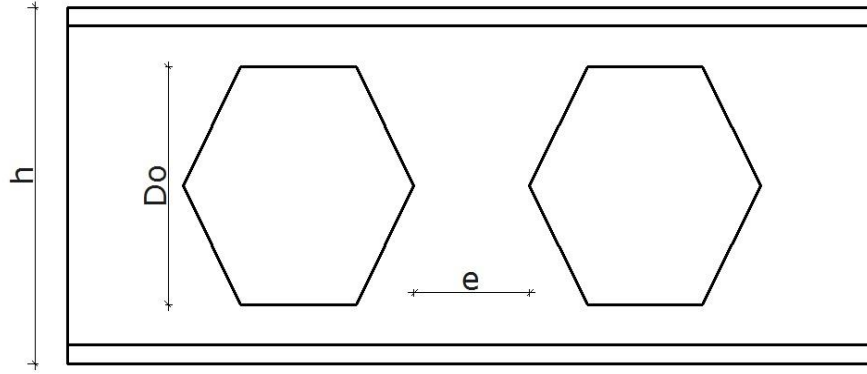
2.1.1. Dairesel Boşluklu Kirişler

Günümüzde mevcut profiller üzerinde bazı iyileştirmeler yapılmış ve tasarımları daha kullanışlı hale getirilmiştir. Bu şekilde hem dayanımları arttırılmış, hemde ağırlıkları azaltılmıştır. Diğer yandan, bina inaatlarında, sıhhi tesisat, kalorifer veya müşterek tesisat boruları, havalandırma tesisatı kanalları ile elektrik kablo taşıyıcı tavaalarının zorunlu olarak geçirilmesi gereken durumlarda, kirişlerde boşluklara ihtiyaç olmaktadır. Tesisat boru veya kanallarını kiriş altından geçirmek de mümkündür. Ancak bu uygulama, mimari açıdan her zaman mümkün olamamaktadır. Tesisat kanalları proje aşamasında düşünülmemiş veya uygulamada yapılmamış ise, maalesef bazı durumlarda bunun yerine kirişlerde, hesap aşamasında öngörülmemiş boşluklar açılabilir. Tam bu noktada dairesele boşluklu kiriş kullanımı tasarımı kolaylaştırmaktadır.

Dairesel boşluklu kirişler genel olarak petek kiriş olarak da adlandırılırlar. Aynı yöntemlerle farklı geometrik şekiller kullanılarak benzer kiriş tasarımları oluşturulmaktadır. Altıgen boşluklu, dairesele boşluklu, sekizgen boşluklu ve Angelina kesitliler bunlara örnektir.



Şekil 2.1 Boşluklu Kiriş Çeşitleri



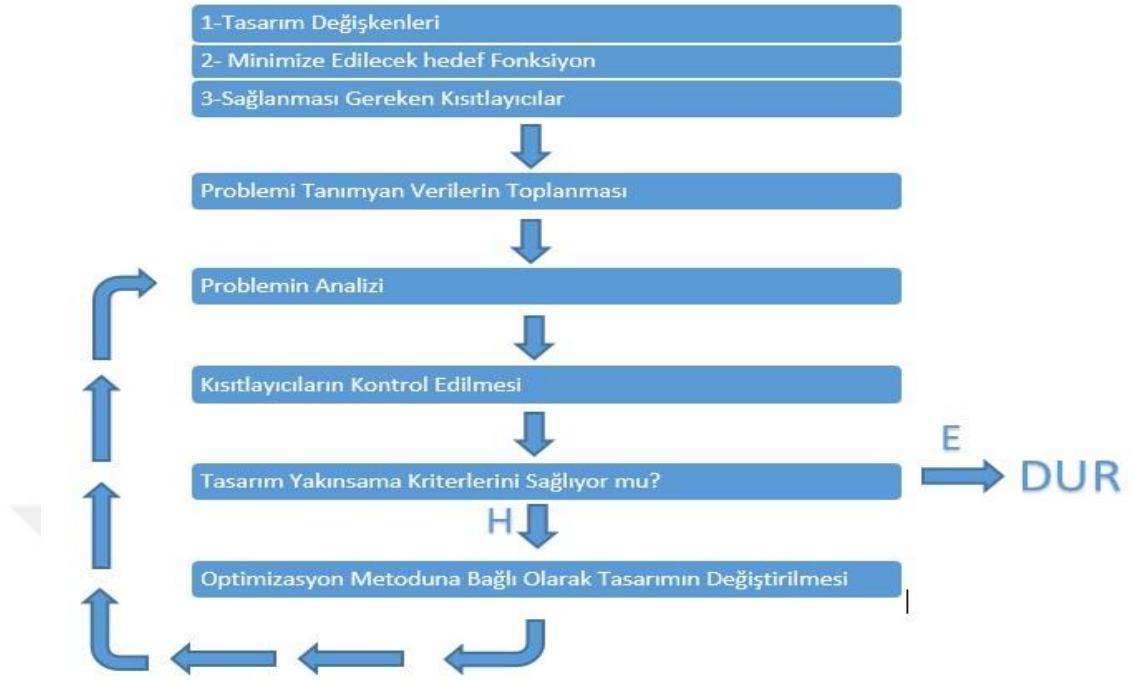
Şekil 2.2 Boşluklu Kiriş Tasarım Şekilleri

2.2. Yöntemler

Günümüzde sayısı giderek artan deneysel ve bilimsel araştırmalar sayesinde, birçok yöntem ve hayatı kolaylaştıracak formüller geliştirilmiştir. Meydana gelen tüm çalışmaların her alanda olduğu gibi mühendislik alanında da sayısız faydaları olmuştur. Bu yöntemlerden biri olan, sezgisel optimizasyon teknikleri, sayısı günden güne artan hayatın bütünüyle bağdaşmış bir araçtır. Kendi içerisinde de birçok çeşitlere ayrılmıştır. Oluşturulacak olan bu tez çalışmasında da sezgisel optimizasyon tekniklerinin daha önce az kullanılmış bir çeşidi olan, Kurt Kolonisi yöntemi tercih edilmiştir.

2.2.1. Optimizasyon

Optimizasyon, bir sistemin tasarlanmasında olası tüm çözümlerin arasından en iyisinin bulunması olarak ifade edilebilir. Belirli kısıtları olan, bir problemin sonucunu etkileyen parametre değerlerinin bulunarak en kârlı sonucun minimum maliyetlerle belirlenmesini hedeflemek, problemin optimize edilmesi anlamını taşır. Her bir gerçek dünya probleminde gerekli çaba, sermaye, malzeme ve işçiliğin minimum seviyede belirlenmesi ve kazancın maksimum düzeyde olması en gerçekçi amaç olmuştur. Optimizasyon işleminde problemin çözümünü belirleyen karar değişkenlerinin belirlenmesi, sonrasında ise bu karar verici parametreler ışığında minimize edilecek maliyet fonksiyonu ya da maksimize edilecek kâr fonksiyonları tanımlanmalıdır. Bunların tanımlanmasında problemi sınırlayan, karar değişkenlerinin alabileceği değer ya da değer aralıklarını ifade eden sınırlamaların belirtilmesi gerekmektedir. Probleme göre bazı kısıtlamalar eşitsizlik, bazıları ise eşitlikler şeklinde olabilmektedir. Şekil 2.3 de bir sistem tasarlanırken optimizasyona ait yukarıda açıklanan adımlar şematize edilmiştir.

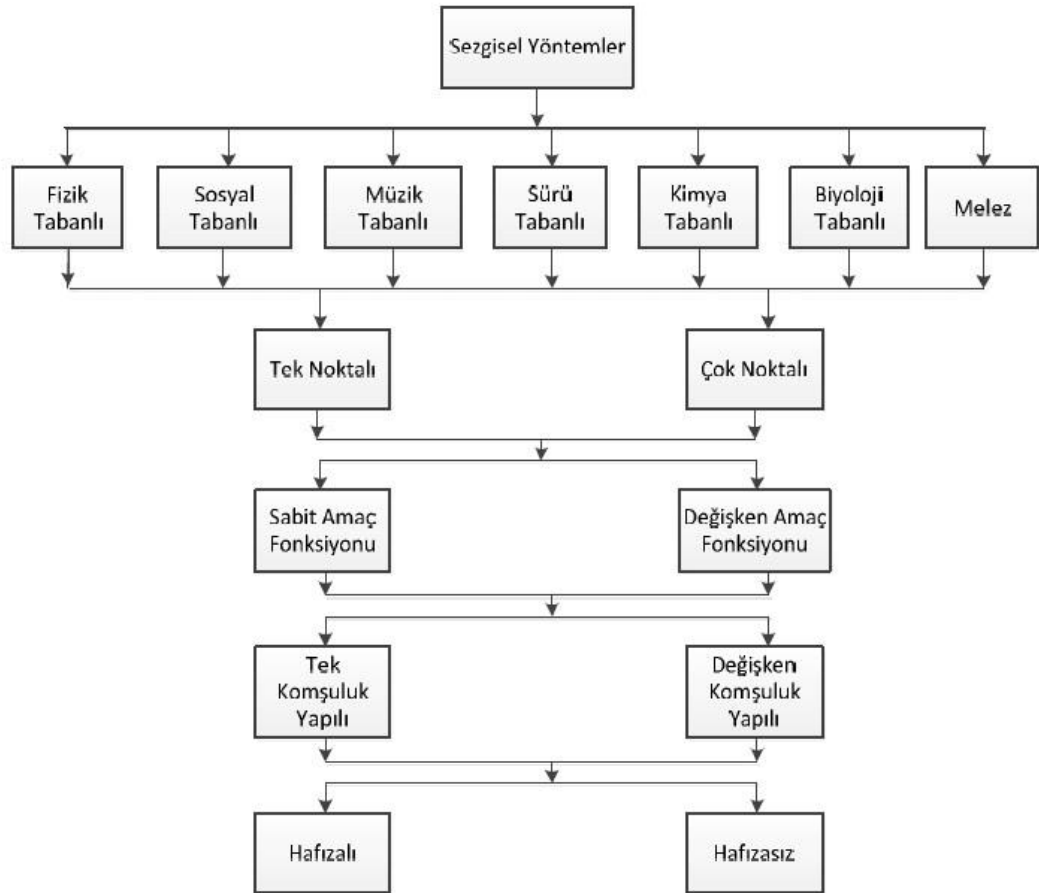


Şekil 2.3 Tasarım Optimizasyonu [11].

2.2.2. Sezgisel Optimizasyon

Sezgisel algoritmalar, herhangi bir amacı gerçekleştirmek veya hedefe varmak için doğal fenomenlerden esinlenen algoritmalar. Bu algoritmaların, çözüm uzayında optimum çözüme yakınsaması ispat edilememektedir. Yani sezgisel algoritmalar yakınsama özelliğine sahip olmaktadır, ama kesin çözümü garanti edememektedir ve bu kesin çözümün yakınlarında bir çözüm garanti edebilmektedir. Anlaşılabilirlik yönünden sezgisel algoritmaların karar verici açısından çok daha basit olabilmesinden, optimizasyon problemlerinin kesin çözümü bulma işleminin tanımlanamadığı bir yapıya sahip olmasından ve öğrenme amaçlı ve kesin çözümü bulma işleminin bir parçası olarak kullanılabilirliğinden sezgisel algoritmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Genel amaçlı sezgisel yöntemler; biyoloji tabanlı, fizik tabanlı, sürü tabanlı, sosyal tabanlı, müzik tabanlı ve kimya tabanlı olmak üzere altı farklı grupta değerlendirilmektedir. Ayrıca bunların birleşimi olan melez yöntemler de vardır. Bahsedilen bu yöntemler Şekil 2.4'te sunulmaktadır. Genetik algoritma (GA), diferansiyel gelişim algoritması, karınca koloni algoritmaları, yapay sinir ağları, arı

koloni algoritmaları ve yapay bağışıklık sistemleri biyolojik tabanlı; emperyalist yarışmacı algoritma, parlamenter optimizasyon algoritması ve tabu arama sosyal tabanlı; yapay kimyasal reaksiyon algoritması kimya tabanlı; armoni arama algoritması müzik tabanlı; ısıt işlem, büyük patlama büyük sıçrama, yerçekimsel arama algoritması, merkez kuvvet optimizasyonu, zeki su damlacıkları algoritması ve elektromanyetizma algoritması fizik tabanlı ve Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO), Kedi Sürüsü Optimizasyonu (KSO) sürü tabanlı algoritma ve modellerdir. Kültürel algoritma da hem biyoloji hem de sosyal tabanlı algoritma olarak sınıflandırılabilir (Alataş, 2007) [12]..



Şekil 2.4 Sezgisel Yöntemler [13].

2.2.3. Sürü Zekası

Sürü, birbirleriyle etkileşim halinde bulunan dağınık yapıya sahip, bireylerin oluşturduğu yapılara denir. Canlılar topluluğunu oluşturan arılar, karıncalar, koyunlar, kuşlar, kurtlar vb. canlılar bu sürülere örnek gösterilebilir.

Zekâ, insanların öğrenme, anlama, soyut düşünme, sebeplendirme, planlama, problem çözme ve kaniya varma gibi zihinsel yeteneklerine verilen genel bir ifadedir.

Sürü zekâsı ise deneyimsiz canlı kolonilerinin, kolektif davranışları sayesinde çevreleri ile etkileşim halinde gösterdikleri yem bulma, taşıma işinde yardımlaşma, kümelenme gibi davranışlarından esinlenerek bir zekâ geliştirmeleridir.

Karıncaların incelenmesinde sosyal bir yapı içerisinde kendi vücutlarından kurdukları köprülerle geniş aralıkları kolayca aşabildikleri gözlemlenmiştir. (Şekil 2.5). Tek başlarına bir başarı gösterememelerine rağmen, sürü halinde hareket etmeleri sonucu zekice davranışlar sergileyebilmektedirler. Toplulukta bireyler, en iyi bireyin ya da diğer bireylerin davranışından faydalananarak yorum yapmakta, gerektiğinde davranışını değiştirmekte, yuvadaki diğer bireylerle etkileşime devam etmekte ve bu edindikleri deneyimleri olası durumlarda çözüm yeteneği olarak ortaya koyabilmektedirler.

Sürülerde N adet temsilci bir amaca yönelik davranışı gerçekleştirmek ve hedefe ulaşmak için birlikte çalışmaktadır. Kolaylıkla gözlenebilen bu “kollektif zekâ” temsilciler arasında sık tekrarlanan davranışlardan doğmaktadır. Temsilciler faaliyetlerini idare etmek için basit bireysel kurallar kullanmakta ve grubun kalan kısmıyla etkileşim yolu ile sürü amaçlarına ulaşmaktadır. Grup faaliyetlerinin toplamından bir çeşit kendini örgütleme doğmaktadır.



Şekil 2.5 Karınca Köprüsü [14].

Sürü zekâsı optimizasyon algoritmalarının bazı örnekleri alt başlıklar halinde aşağıda açıklanmıştır.

2.2.3.1. Ateş Böceği Optimizasyonu

Ateş böceği algoritması, Dr. Xin-She Yang (Cambridge Üniversitesi-2007) tarafından geliştirilen ve tropikal iklim bölgelerindeki ateşböceklerinin sosyal davranışlarını baz alan bir metasezgisel optimizasyon algoritmasıdır (Yang, 2009) [15]. Bu algoritma diğer sürü zekâsı tabanlı algoritmalarla bir çok benzerliği bulunmasına rağmen kavram ve uygulamada daha basittir. Bir ateş böceğinin ışıklarını yakıp söndürmesinin birincil amacı, diğer ateş böceklerini çekmek için bir sinyal sistemi olarak hareket etmektir. Yanıp sönen ışıkların üretimindeki karmaşık biyokimyasal sürecin detayları ve gerçek amacı bilim dünyasında hâlâ bir tartışma konusu olmasına rağmen, birçok araştırmacı yanıp sönen ışıkların ateşböceğine, arkadaşlarını bulmada, olası avlarını çekmede ve avcılarından kendilerini korumada yardımcı olduğuna inanmaktadır.

Ateşböceği algoritmasında, verimli optimal çözümler elde etmek için, verilen bir optimizasyon probleminin amaç fonksiyonu, ateşböceği sürüsüne parlak ve daha çekici yerlere gitmede yardım eden yanıp sönen ışık ya da ışık şiddeti ile ilişkili olmaktadır. Bütün ateş böcekleri tek cins olarak kabul edilmektedir ve birbirilerini çekmeleri bu algoritmanın temelini oluşturmaktadır. Bir ateş böceği ne kadar parlak olursa diğer ateş böcekleri için o kadar çekici hale gelmektedir. Kendisinden daha

parlak bir ateşböceği gördüğünde ona doğru gidecektir (Apostolopoulos, Vlachos, 2011; Yang, 2010) [16].

2.2.3.2. Karınca Koloni Optimizasyonu

Gerçek karınca koloni davranışlarının matematiksel modelleri üzerine dayalı bir algoritmadır. İlk çalışma Dorigo ve arkadaşları tarafından yapılmıştır (Dorigo, Maniezzo, Coloni, 1991) [17]. Yaptıkları çalışmada kendi sistemlerine “karınca sistemi”, elde ettikleri algoritmaya ise “karınca algoritması” adını vermişlerdir. Karınca çevre şartlarına göre besin kaynağı ile evi arasında gidebileceği yolları belirlemektedir. Belirlenen yollardan birinden ilk geçen karınca yola feromon adında bir koku bırakmaktadır. Eğer yol kısa ise bu koku daha yoğun olmaktadır ve diğer karıncalar da aynı şekilde yolda devam etmektedirler. İki yolun kesiştiği noktada karınca hangi yola gideceğini belirlemektedir. Hangi yolu seçeceğine ilk önce koku miktarının yoğunluğuna göre ikinci olarak ise gelişigüzel bir ölçüte göre karar vermektedir. Bu gelişigüzel seçimin nedeni ise bütün karıncaların aynı yolda gitmesini engelleyerek yeni ve daha kısa yolları keşfetmektir.

2.2.3.3. Parçacık Sürü Optimizasyonu

Sezgisel yöntemlerden biri olan PSO tekniği ilk olarak kuş ve balık sürülerinin hareketlerinden esinlenerek doğrusal olmayan nümerik problemlere optimal sonuçlar bulmak için 1995 - 1996 yıllarında sosyolog-psikolog James Kennedy ve elektrik mühendisi Russel Eberhart tarafından ortaya atılmıştır (Kennedy, Eberhart, 1995) [18]. PSO popülasyon tabanlı olasılıksal bir optimizasyon yöntemi olup çok parametrelili ve çok değişkenli optimizasyon problemlerine çözümler üretmek için kullanılmaktadır (Alataş, 2007).

Parçacık sürü kavramı basitleştirilmiş sosyal sistemin bir simülasyonu olarak ortaya çıkmıştır. Başlangıçtaki amaç, kuş ya da balık sürü koreografisinin grafiksel olarak simülasyonlarını yapmaktır. Ancak grafiksel simülasyondan sonra, parçacık sürü modelinin bir optimizasyon yöntemi olarak kullanılabileceği keşfedilmiştir.

Kuş toplulukları gerçek yiyecek kaynağını bilmemelerine rağmen, yiyecek kaynağından ne kadar uzakta olduklarını öğrenmeye çalışırlar. Öğrenmek için izlenen yöntem yiyecek kaynağına en yakın olan kuşu izlemektir. PSO' da her bir kuş parçacık olarak, kuş topluluğu da sürü olarak temsil edilir. Parçacık hareket ettiğinde, kendi koordinatlarının uygunluk değeri yani yiyeceğe ne kadar uzaklıkta olduğu hesaplanır. Bir parçacık, koordinatlarını, hızını yani çözüm uzayındaki her boyutta ne kadar hızla ilerlediği bilgisini, şimdiye kadar elde ettiği en iyi uygunluk değerini ve bu değeri elde ettiği koordinatları hatırlamalıdır. Çözüm uzayında her boyuttaki hızının ve yönünün her seferinde nasıl değişeceği, komşularının en iyi koordinatları ve kendi kişisel en iyi koordinatlarının birleşiminden elde edilecektir (Alataş, 2007).

2.2.3.4. Yapay Balık Sürüsü Optimizasyonu

Yapay balık sürüsü optimizasyonu, yiyecek aramada balık sürüsünün sosyal davranışlarının benzetimi tabanlı bir zeki optimizasyon algoritmasıdır. Doğada balık, yiyeceğini besin değeri yüksek alanları tek tek arayarak ya da diğer balıkları izleyerek bulabilmektedir. Çok balıklı bölgenin besin değeri genellikle daha yüksek olmaktadır. Bu optimizasyonun temel fikri, küresel optimuma ulaşmak için balık bireyinin yerel aramasıyla toplanma ve izleme gibi balık davranışlarını taklit etmektir. Bir yapay balığın yaşadığı ortam başlıca çözüm uzayıdır ve diğer yapay balıkların konumudur. Bir sonraki davranışı mevcut durumuna ve yerel çevresel durumuna bağlı olmaktadır. Bir yapay balık kendi faaliyetleri ve arkadaşlarının faaliyetleri yolu ile çevresini etkileyecektir (Jiang, Yuan, Cheng, 2009).

2.2.3.5. Kedi Sürüsü Optimizasyonu

KSO, kedigillerin hareketlerinin incelenmesiyle ortaya çıkarılmıştır. Kedilerin davranışlarına benzetim yapılarak iki alt model oluşturulmuştur. Bu optimizasyondaki matematiksel modeller kedilerin hareketlerinin çözümlenmesiyle meydana gelmiştir. KSO kullanılarak yapılan bazı çalışmalar şunlardır: Santoso ve arkadaşları kümeleme problemi için KSO' yu kullanmışlardır (Santosa, Ningrum, 2009) [20]. Wang ve arkadaşları en az önemli bitin yerine en iyisini getirmek için KSO stratejisi kullanmışlardır (Wang, Chang, Li, 2010) [21]. Hwang ve arkadaşları müşterilere göre

en uygun sözleşme kapasitesi problemini çözmek için KSO ve PSO' yu birlikte kullanmışlardır (Hwang, Chen, Pan, Huang, 2009) [22]. Destek vektör makinesi için özellik seçimi ve parametre optimizasyonu probleminde KSO, Lin ve Chen tarafından önerilmiştir (Lin, Chien, 2009) [23]. Kalaiselvan ve arkadaşları filigran performansının artırılması amacıyla KSO uygulamışlardır (Kalaiselvan, Lavanya, Natrajan, 2011) [24]. Wang ve Wu e-öğrenmede duygu tanıma problemi için KSO' yu destek vektör makinesiyle birlikte kullanmışlardır (Wang, Wu, 2011) [25]. KSO algoritmasının paralel versiyonu da Tsai ve arkadaşları tarafından önerilmiştir (Tsai, Pan, Chen, Liao, Hao, 2008) [26].

2.2.3.6. Yapay Arı Kolonisi Optimizasyonu

Arıların yiyecek arama davranışı, öğrenme, bilgi paylaşımı ve ezberleme özellikleri, son zamanlarda sürü zekâsında en ilginç araştırma alanlarından biri olmuştur. Bal arıları üzerinde çalışmalar son yıllarda literatürde bir artış trendi içindedir. Ayrıntılı literatür taraması için “A survey: algorithms simulating bee swarm intelligence” (Karaboga, Akay, 2009) [27] makalesi incelenebilir.

Doğal bir arı kolonisinde arılar arasında yapılacak işlere göre bir görev paylaşımı vardır. Arılar bu iş paylaşımını merkezi bir birim olmadan, kendi kendilerine gerçekleştirmektedirler. Bu iş paylaşımı ve kendi kendine organize olabilme sürü zekâsının iki önemli özelliğidir. Tereshko' nun reaktif difüzyon denkleminde dayalı olarak ortaklaşa zekânın ortaya çıkmasını sağlayan minimal yiyecek arama modelinde üç temel bileşen vardır. Bunlar yiyecek kaynakları, görevli işçi arılar ve görevsiz işçi arılardır. Ayrıca bu minimal model bir yiyecek kaynağına yönelme ve yiyecek kaynağını bırakma olmak üzere iki modda çalışmaktadır (Tereshko, 2000) [28].

3. KURT KOLONİSİ ALGORİTMASI (Wolf Colony Algorithm, WCA)

Bu algoritma, kurt kolonisinin sıkı bir organize sisteme sahip olmasından esinlenilerek geliştirilmiştir. Kurtlar görevleri diğerleriyle bölüşmektedirler ve avlandıkları zaman tutarlı adımlar atmaktadırlar. Az miktarda yapay kurt aktif olduğu av aralığında aramaya atanmaktadır. Arama kurtları avı keşfettiği zaman, avın konumunu diğer kurtlara ulumayla bildirmektedir. Diğer yapay kurtlar ava yaklaşmakta ve avı kuşatmaktadırlar. Kurt kolonisinin atanma kuralı, yiyeceğin ilk olarak güçlü kurda atanması ve daha sonra zayıf olana atanmasıdır. Kurt koloni algoritması bu davranışların taklit edilmesiyle geliştirilmiştir.

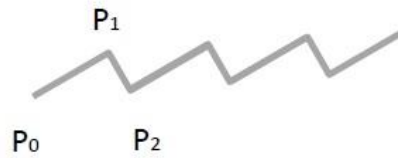
3.1. Davranışların Açıklanması

Arama uzayının boyutunun D olduğunu ve kolonideki birey sayısının n olduğunu varsayalım. (i).yapay kurt pozisyonu X_i olursa;

$$X_i=(X_{i1},...,X_{id},...,X_{iD}) \quad 1 \leq i \leq n, 1 \leq d \leq D \quad (1)$$

3.1.1. Arama Davranışı

Kurtların av bulma şansını arttırmak için, q yapay kurtları av aralığında aramaya atanır.



Şekil 3.1 Arama Davranışı

Yapay kurt P_0 üzerindeyken, P_0 çevresinde h yönde h arama pozisyonları hesaplanmıştır ve optimal arama pozisyonu P_1 seçilmiştir. Eğer P_1 konumu P_0 konumundan daha iyiye P_1 yeni konum olarak atanır ve yapay kurtlar P_1 konumuna doğru hareket eder.

Q arama kurtlarını ava en yakın kurtlar olduğunu varsayarsak, maksimum arama sayısı $maxdh$ ve (i).arama yapay kurdunun pozisyonu XXi . H pozisyonları XXi çevresinde oluşturulmuş ve (j).arama pozisyonu Yj olursa ($1 \leq j \leq h$)

$$Yj = XXi + rand(n) * stepa \quad (2)$$

Burada $rand(n)$ $[-1,1]$ aralığında rastgele eşit bir aralıkta dağıtılmış ve ($stepa$) ise adım sayısıdır. Eğer arama numarası $maxdh$ 'dan daha büyükse veya geçerli konum optimal arama pozisyonundan daha iyiye arama davranışı biter.

3.1.2. Av Kuşatma

Arama kurtları avlarını buldukları zaman avın konumu diğer kurtlara uluyarak bildirirler. Burada diğer yapay kurtlar da ava yakın olsun ve onu kuşatsınlar. Varsayalım ki avın pozisyonu diğer arama yapay kurtlarından daha yakın olsun. (d). arama uzayında avın konumu (k).koloni iterasyonu Gkd ve (i).yapay kurt pozisyonu $Xkid$ olursa;

$$Xk+1id = Xkid + rand * stepb * (Gkd - Xkid) \quad (3)$$

($rand$) $[0,1]$ aralığında rastgele bir sayı, ($stepb$) kuşatma adımındır ve (k) iterasyon sayısıdır.

(d). Pozisyon $[Xmind, Xmaxd]$ 'dir. Eğer (3).

Formülde hesaplanan değer aralığı aşarsa sınır değer olarak belirlenir.

(3). denklem iki bölümden oluşmaktadır. İlk bölüm yapay kurtların mevcut pozisyonu ve ikincisi ise Kurt kolonisinin optimal yapay kurda doğru yönelmesidir. Koloni arasında çalışma ve bilgi paylaşımı eğilim gösterir. Kurt kolonisinin avı kuşattığı gibi WCA ile global optimumu arayabilirsiniz.

3.1.3. Kurt Kolonisinin Güncellenmesi

Kurt sürüsünün atanma kuralı yiyecek önce güçlü olan kurda daha sonra ise zayıf kurtlara atanır. Burada güçlü olan kurda en fazla yiyecek atanır ve zayıf olan

kurtlarda bir süre sonra açlıktan ölürlür. Bir süre sonra güçlü olan kurtlarda zayıf olacağından kurt kolonisinin adaptasyonu da arttırılmış olur. WCA algoritmasında koloni içindeki zayıf kurtlar kaldırılır ve yerine yeni kurtlar üretilirse bu durum bize çeşitlilik sağlar ve lokal optimumu önlemiş oluruz.

3.1.4. Kurt Koloni Algoritmasının Adımları

1.Adım

- Rastgele “ n ” sayısı
- Maksimum iterasyon sayısı “ max ”
- Arama yapacak yapay kurt sayısı “ q ”
- Arama yönü “ h ”
- Maksimum arama numarası “ $maxdh$ ”
- Arama adımı “ $stepa$ ”
- Kuşatma Adımı “ $stepb$ ”
- Zayıf yapay kurt sayısı “ m ”
- (i). Yapay kurt için X_i değerleri belirlenir.

2.Adım

- Yapay kurtlar içinden optimal yapay kurtları seçin ve her arama yapan yapay kurtları formül (2) göre hareket ettirin.

3.Adım

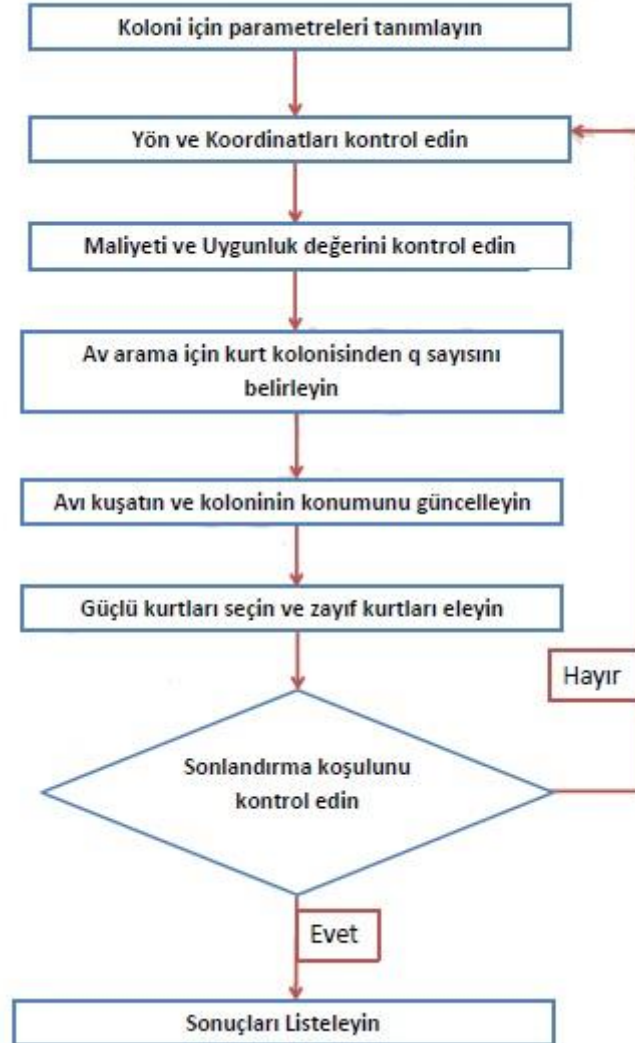
- Arama yapan yapay kurtlar içerisinde ava pozisyonuna göre en iyi pozisyonu seçin
- Tüm yapay kurtların pozisyonunu formül (3)’ e göre yeniden belirleyin.
- Eğer “ X_{id} ” değeri “ X_{mind} ” değerinden küçükse “ X_{id} ” eşittir “ X_{mind} ” olarak atanır.
- Eğer “ X_{id} ” değeri “ X_{maxd} ” değerinden büyükse “ X_{id} ” eşittir “ X_{maxd} ” olarak atanır.

4.Adım

- Kurt kolonisini atanma kuralına göre güncelleyin. Zayıf kurtları koloniden çıkarın ve yeni kurtlar üretin.

5.Adım

- Sonlandırma koşulunun son duruma ulaşp ulaşmadığı kontrol edilir. WCA yineleme adım sayısı maksimum yineleme sayısına ulaşırca, optimal çözüm yapay kurtların içinden probleme en iyi sonucu veren kurdun pozisyonudur. Eğer yineleme sayısı maksimum sayı değerine ulaşmadıysa 2. Adım'a dönülür ve döngü devam eder.



Şekil 3.2 Kurt Kolonisi Algoritma Şeması [29]

4. BENCHMARK (KIYASLAMA) PROBLEMLERİ

Dünya çapında türetilen, üzerinde deneyler ve araştırmalar yapılan tüm optimizasyon tekniklerin doğruluğunu ve performansını mutlaka test etmek gerekir. Oluşturulan algoritmaların çalışma sistemlerini ve alınan sonuçların gerçeğe yaklaşımlarını görmek sadece kıyaslamayla mümkündür. Bu nedenle birçok özelliğe sahip ve başka kimseler tarafından ideal olarak hazırlanmış fonksiyonlar vardır. Bu fonksiyonlar genel olarak benchmark(kıyaslama) problemleri olarak adlandırılmaktadırlar.

Farklı zamanlarda, farklı yerlerde ve farklı kişiler tarafından birçok benchmark problemleri üretilmiştir. Üretilen bu problemlerde ortak bulunması gereken ve herkes tarafından kabul görmüş ortak kriterler ve test fonksiyonlarının kullanılması gereklidir.

Yapı ve yaklaşımlarıyla farklılıklar gösteren yüzlerce benchmark problemi vardır. Bu tezde, Kurt Kolonisi Algoritması'na en yakın ve benzer tekniklerde kullanılmış yakın sonuçları bulunan, kıyaslamaları kolaylıkla yapılabilen üç adet örnek kullanılmıştır.

4.1. Himmelblau's Fonksiyonu

Optimizasyon tekniklerinde çoğunlukla kullanılan benchmark problemlerinden Himmelblau's fonksiyonudur. Bu problem beş adet değişkene ve onbeş adet kısıtlayıcıya sahiptir. Probleme ait optimum tasarım sonuçları aşağıdaki gibidir;

$$f(x) = 5.3578547 x^2 + 0.8356891 x_1 x_5 + 37.293239 x_1 - 40792.141$$

Sınır Değerleri;

$$0 \leq g_1(x) \leq 92$$

$$90 \leq g_2(x) \leq 110$$

$$20 \leq g_3(x) \leq 25$$

Kısıtlayıcılar;

$$78 \leq x_1 \leq 102, \quad 33 \leq x_2 \leq 45, \quad 27 \leq x_3 \leq 45, \quad 27 \leq x_4 \leq 45, \quad 27 \leq x_5 \leq 45$$

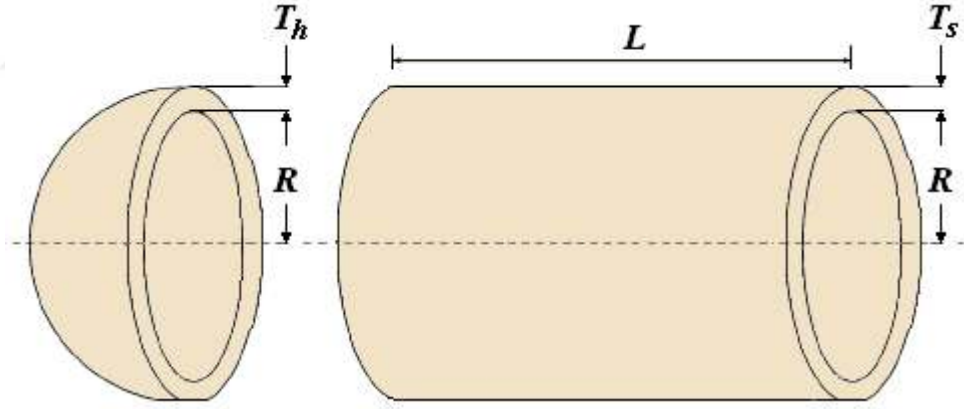
$$g_1(x) = 85.334407 + 0.0056858x_2x_5 + 0.0006262x_1x_4 - 0.0022053x_3x_5$$

$$g_2(x) = 80.51249 + 0.0071317x_2x_5 + 0.0029955x_1x_2 + 0.0021813x^2$$

$$g_3(x) = 9.300961 + 0.0047026x_3x_5 + 0.0012547x_1x_3 + 0.0019085x_3x_4$$

4.2. Sandgren Fonksiyonu

Şekil 4.1 de gösterilen tüp şeklindeki bir kabın dizaynı yapılmıştır. Problem üzerinde ilk çalışmalar Sandgren [30] tarafından yapılmıştır. En iyi performans ve minimum maliyet değerleri hedeflenmiştir. Problem değişkenleri aşağıda belirtilmiştir.



Şekil 4.1 Basınç Tüpü Dizaynı

$T_s = x_1$: Kabuk Kalınlığı

$T_h = x_2$: Kafa Kalınlığı

$R = x_3$: İç Yarıçap

$L = x_4$: Kesit Uzunluğu

$$f(x) = 0.6224 x_1 x_3 x_4 + 1.7781 x_2 x_3^2 + 3.1661 x_1^2 x_4 + 19.84 x_1^2 x_3$$

$$g_1(x) = 0.0193 x_3 - x_1 \leq 0$$

$$g_2(x) = 0.00954 x_3 - x_2 \leq 0$$

$$g_3(x) = 1296000 - \pi x_3^2 x_4 - (4/3) \pi x_3^3 \leq 0$$

$$g_4(x) = x_4 - 240 \leq 0$$

Kısıtlayıcılar;

$$0.0625 \leq x_1 \leq 6.1875 \quad 0.0625 \leq x_2 \leq 6.1875$$

$$10 \leq x_3 \leq 200 \quad 10 \leq x_4 \leq 200$$

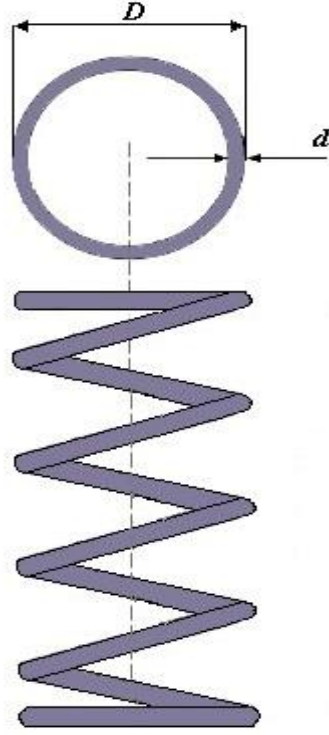
4.3. Belegundu ve Arora Fonksiyonu

Problem üzerindeki ilk çalışmalar, Belegundu [31] and Arora [32] tarafından gerçekleştirilmiş ve tasarımda minimum ağırlık ve minimum gerilme amaçlanmıştır.

$d = x_1$: Yay Tel Çapı

$D = x_2$: Yay Sarmal Çapı

$N = x_3$: Sarmal Sayısı



Şekil 4.2 Yay Tasarımı

$$f(x) = (x_3 + 2) x_2 x_1^2$$

$$g_1(x) = 1 - \frac{x_2^3 x_3}{71785 x_1^4} \leq 0$$

$$g_2(x) = \frac{4x_2^2 - x_1 x_2}{12566(x_2 x_1^3 - x_1^4)} + \frac{1}{5108 x_1^2} - 1 \leq 0$$

$$g_3(x) = 1 - \frac{140,45 x_1}{x_2^2 x_3} \leq 0$$

$$g_4(x) = \frac{x_1 + x_2}{1,5} - 1 \leq 0$$

Kısıtlayıcılar;

$$0.05 \leq x_1 \leq 2 ; \quad 0.25 \leq x_2 \leq 1.3 ; \quad 2 \leq x_3 \leq 15$$

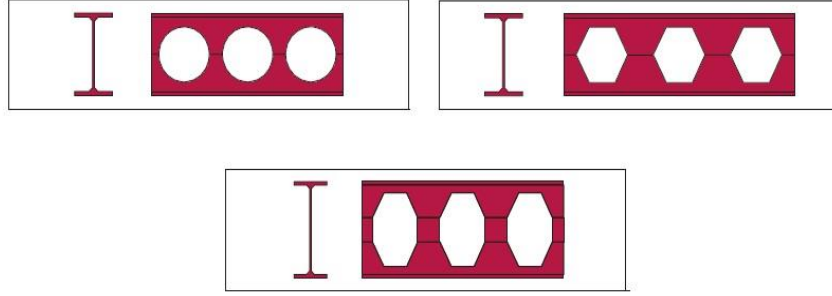
Bu yay tasarımı üzerinde aynı zamanda, Coello Coello [33], Ray ve Liew [34] tarafından çalışmalar yapılmıştır. Arora, aynı maliyetle kısıtlayıcıları düzelterek yeni bir teknik önerdi. Coello ve Carlos, bu sorunu bir GA ile kısıtları işlemek için kendi kendine uyarlamalı bir ceza yaklaşımı ile çözdü. Ray ve Liew, resmi bir toplumdan ve uygarlık modelinden esinlenerek bir EA kullanarak bu problemi araştırdılar.

5. DAİRESEL BOŞLUKLU KİRİŞLER

Düzenli gövde boşluklu çelik kirişler, yapılarda yapısal emniyetten taviz verilmeden çelikten tasarruf edilebilmesine imkân sağlayan bir tasarım olarak ortaya çıkar. Gövde boşlukları, malzemeden tasarruf sağlanmasının yanında binanın zati ağırlığının ve maliyetinin düşürülmesine de katkıda bulunur. Dairesel boşluklu kiriş olarak adlandırılan bu kirişler dünyada ve ülkemizde sıklıkla tercih edilmektedir. Ayrıca bu kirişlerin genelde sanayi tipi yapılarda uygulama alanı bulduğu bilinmektedir.

5.1. Petek Kiriş Tanımı

I kesitli hadde profillerinin (I, IP, IPE profilleri) gövdeleri boyunca testere dişine benzer şekilde kesildikten sonra özel bir sistemde tekrar kaynaklanmalarıyla elde edilen kirişlere çelik yapılarda “petek kiriş” adı verilmiştir. Bu şekilde gövdesinde petek şeklinde altı köşeli boşluklar bulunan daha yüksek bir profil elde edilir. Gövde boşluklarının altı köşeli ve petek görünümlü olmaları nedeniyle, bu tür kirişlere genel olarak bu ad verilmektedir. Ancak gövde boşluklarında, gelişen teknolojinin de etkisiyle, değişik şekiller kullanıla gelmiştir (Şekil 5.1). Petek kirişlerin gövde boşlukları ihtiyaç durumlarına ve estetik kaygılara bağlı olarak dikdörtgen, kare, altıgen, sekizgen ve hatta daire bile olabilmektedir. Örneğin gövde boşlukları, bazı hallerde, kiriş yüksekliğini arttırmak amacıyla yönelik olarak kullanılan ara levhalar nedeniyle, sekiz köşeli görünümünde de olabilir.



Şekil 5.1 Petek Kiriş Çeşitleri

5.2. Boşluklu Kiriş İmalat Çeşitleri

İmalat aşağıdaki yollardan biri ile yapılabilir:

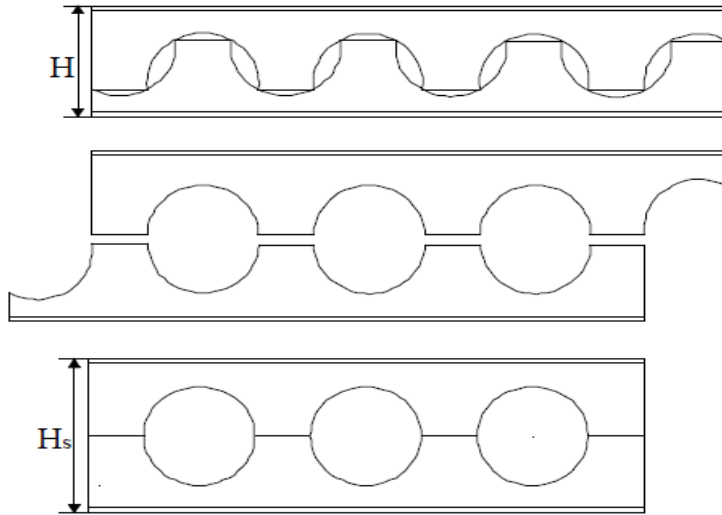
1. El imalatı: markalama, şalümo ile kesme, düzeltme ve kaynak el ile yapılır.
2. Yarı otomatik: kesme şablon ve otomatik şalümo ile, düzeltme ve kaynaklama ayrı otomatik makinelerle yapılır.
3. Bir özel makine ile tam otomatik: bu usûlde birkaç kiriş aynı zamanda otomatik olarak kesilir, düzeltilir ve kaynaklanır. Nakil, kaynaklanacak parçaların bağlanması gibi yardımcı işler de otomatik olarak yapılır. (Şekil 5.2)
4. Kirişleri şalümo ile kesmek yerine 1000 tonluk bir pres ile zımbalamak suretiyle Amerika’da daha ekonomik bir imalat tarzı geliştirilmiştir. Bu metoda diğer işlemler de imkân nispetinde otomatikleştirilmiştir.

Petek kirişlerin maliyeti ve ekonomik kullanım imkanları, yukarda belirtilen imalat metotlarının seçimi ile yakinen ilgilidir. Fonksiyon bakımından gövdelerinde boşlukların bulunması istenen az sayıdaki kirişler için 1. imal metodunun bir anlamı vardır. 2. imal metodu ile maliyet azalır. Modern yüksek yapılar ve geniş hacimli endüstri halleri gibi çok sayıda kiriş imalının söz konusu olduğu yapılarda 3. İmalat tarzı ekonomik olur.

Dairesel boşluklu kiriş imalat biçimi ise aşağıda gösterilmiştir.(Şekil 5.3)

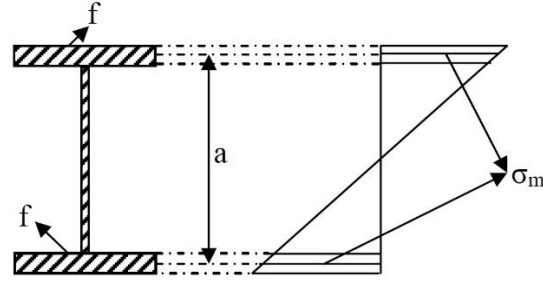


Şekil 5.2 CNC Makine ile Otomatik Kesim



Şekil 5.3 Dairesel Boşluklu Kiriş İmalatı

5.3. Kesit Yüksekliğinin Arttırılmasının Faydaları



Şekil 5.4 I Profil Gerilme Dağılımı

Bir profilin güvenli bir şekilde taşıyabileceği moment değeri;

$$M = a * f * \sigma_m$$

A = Başlıkların ağırlık merkezleri arasındaki mesafe

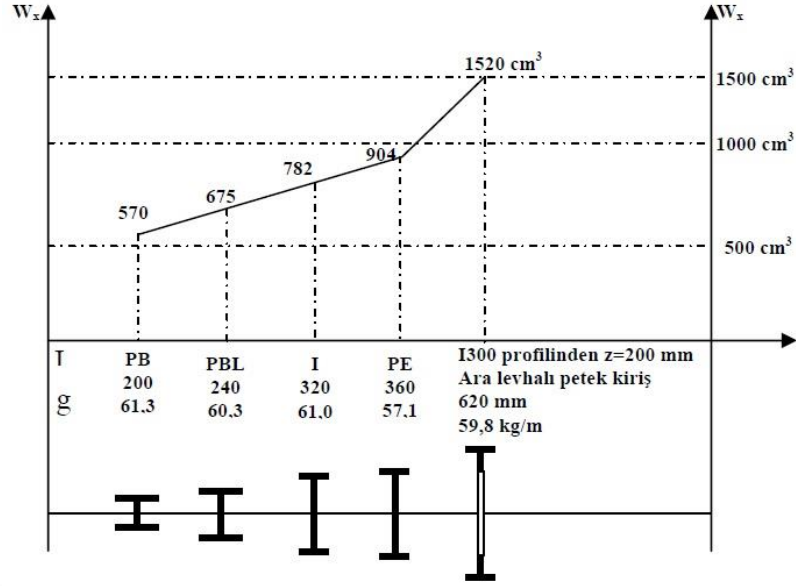
f = Bir başlığın enkesit alanı

σ_m = Başlığın ortalama emniyet gerilmesi

Yukarıdaki yaklaşık formülden de anlaşıldığı gibi a mesafesinin büyütülmesi kirişin taşıyabileceği momenti artırır. Petek kirişlerin üretilme amacı işte bu basit önermeye dayanır. Ayrıca kiriş yüksekliğine bağlı olarak kiriş atalet momenti artar.

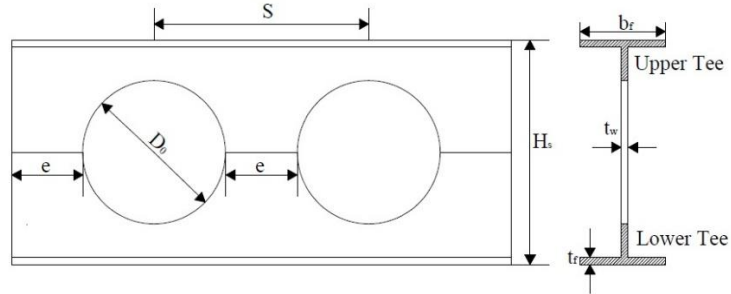
Metre/boy ağırlıkları yaklaşık olarak aynı olan petek kirişlerin yalnızca a mesafesinin artması sonucu mukavemet momentinde meydana gelen artış (Şekil 5.5)'deki grafikte açık ve net olarak görülebilmektedir.

Grafikten de anlaşılabacağı gibi ara levha kullanılan kirişte a yüksekliğindeki artışa bağlı olarak W_x değeri diğer profillere oranla bariz şekilde artmıştır.



Şekil 5.5 Mukavemet Değerlerinin Karşılaştırılması [35]

5.4. Dairesel Boşluklu Kirişlerin Geometrik Şekillerinin Oluşturulması



Şekil 5.6. Dairesel Boşluklu Kirişin Parametreleri

S = Dairesel Boşlukların merkezleri arası mesafe

D_0 = Boşluk çapı

e = İki daire arası mesafe (Kaynaklanan Alan)

H_s = Uygulama sonucu artan kiriş yüksekliği

Geometri Sınır Şartları ;

$$1.08 < S/D_0 < 1.5 ; 1.25 < H_s/D_0 < 1.75$$

5.5. Boşluklu Oluşan Burulma ve Burkulmalar

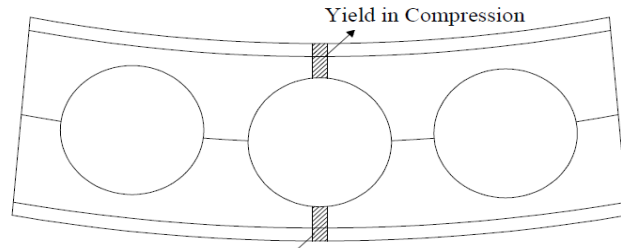
Boşluklu kirişler üzerinde yapılan deneysel çalışmalar, bu kirişlerde altı farklı göçme modunun gözlemlendiğini göstermiştir. Göçme modları genelde kiriş geometrisine, gövde narinliğine ve yükleme tipine bağlı olmaktadır. Bu göçme modları şu şekilde sıralanabilir:

- Vierendeel göçmesi
- Gövdede yanal burulmalı burkulma
- Açıklık boyunca yanal burulmalı burkulma
- Gövde kaynak bölgesinde meydana gelen yırtılmalar
- Eğilme mekanizması
- Gövde burkulması

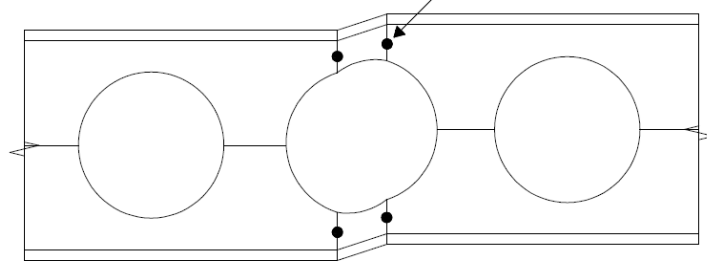
5.5.1. Vierendeel Göçmesi

Vierendeel göçmesi, kiriş boyunca eğilme momentinin değişim oranıyla paralel olarak, yüksek kesme kuvvetinin gövde boşlukları boyunca iletilmesi ile ilgilidir. Vierendeel mekanizması gövde açıklıklı kirişlerde genellikle uzun yatay açıklık boyunca oluşur.

Gövde açıklıklı kirişlerin bölgesel ya da kapsamlı kararsızlıkla göçmesinin iki nedeni vardır. İlk olarak, yüksek eğilme bölgesindeki yukarı ve aşağı ti bölgelerinin plastik çekme ve basınç gerilmeleri bu tarz bir göçmeye sebep olabilir (Şekil 5.7). İkinci sebep olarak ise yüksek kesme bölgesindeki boşlukların tüm kenarlarında plastik mafsall oluşumu (Vierendeel eğilmesi) gösterilebilir (Şekil 5.8).



Şekil 5.7. Dairesel Kirişte Yüksek Eğilme



Şekil 5.8. Dairesel Kirişte Yüksek Kesme

Gövde açıklıklı bir kiriş kesmeye maruz kaldığı zaman yukarı ve aşağı ti bölgeleri birincil ve ikincil momentleri olduğu gibi uygulanan kesme kuvvetini de güvenle taşımak durumundadır. Birincil moment kiriş kesinteki düzgün eğilme momentleridir. Vierendeel eğilmesi olarak da adlandırılan ikincil moment, ti bölgelerinden gövde boşluğundaki yatay uzunluk boyunca kesme kuvvetinin iletilmesi ile oluşur. Sonuç gerilmesi, birincil ve ikincil gerilmelerin toplamından oluşur.

5.5.2. Yanal Burulmalı Burkulma

Yanal burulmalı burkulma, basınç başlığında yetersiz yanal destekli, uzun açıklıklı kirişler ile ilgilidir. Kiriş kesitinin hem dönmesi hem de kesitin yanal deplasman yapması olarak ifade edilir.

Çalışmalar sonucunda gövde açıklıklı kirişlerdeki gövde boşluklarının yanal burulmalı burkulmaya etkisinin ihmal edilebilir düzeyde olduğu görülmüştür. Bu sebeple hücreli kirişlerin yanal burulmalı burkulma davranışının, dolu gövdeli kirişlerin bu davranışı ile aynı olduğu kabul edilebilmektedir.

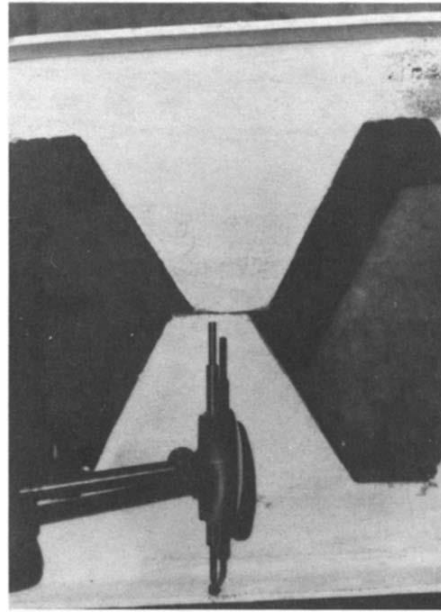


Şekil 5.9. Dairesel Kirişte Yanal Burulmalı Burkulma

5.5.3. Gövde Kaynak Bölgesinde Meydana Gelen Yırtılmalar

Kaynaklı bağlantının yırtılması (kopması), t_i bölgelerinde ikincil moment değerlerinin azaltılması amacı ile kaynak uzunluğunun kısa tutulması durumunda ortaya çıkar. Yani bu göçme modu, kaynaklı bağlantısının uzunluğuna bağlıdır.

Gövde kaynak bölgesinde meydana gelen yırtılmalarla geliğen göçme modunu ilk olarak, Hussain ve Speirs [6], kısa kaynak bağlantılı altı adet gövde açıklıklı kiriği test ettikten sonra bulmuğlardır. Yaptıkları testlerle, yatay kesme gerilmelerinin kaynak bağlantısındaki akma gerilmesini ağması durumunda gövdedeki kaynak bağlantısının yırtılabileceğini gstermiğlerdir.



ėekil 5.10. Kaynak Bağlantısının Yırtılması

5.5.4. Eğilme Mekanizması

Basit eğilme altında, kompakt kesitli (yani burkulma davranışı göstermeyen bir kiriş) bir kirişte boşlukların aşağısındaki ve yukarısındaki ti bölgeleri, çekme ve basınç altında tamamen plastik olana kadar akma davranışı gösterir. Bu göçme modu ilk olarak Toprac ve Cooke [2] tarafından rapor edilmiştir. Toprac ve Cooke, gövde açıklıklı kirişlerde, ti bölgesindeki yukarı ve aşağı boşluklardaki akmaların, basit eğilmeye maruz dolu gövdeli kirişler ile benzer olduğu sonucuna varmışlardır.

5.5.5. Gövde Burkulması

Gövde burkulması gövde boşluklu kirişlerde sık rastlanan bir göçme modudur. Bu göçme modu tekil yüklerden veya kiriş gövdesine direkt gelen reaksiyon kuvvetlerinden kaynaklanmaktadır. Kiriş gövdesindeki yatay kesme, gövde derinliği boyunca çift eğrilikli eğilmeye sebep olmaktadır. Gövde burkulması ayrıca, gövde kalınlığı, açıklık alanı oranı ve boşluk çapıyla ilgilidir.



Şekil 5.11. Gövde açıklıklı kirişte gövde burkulması

5.6. Uygulama Alanları

Dairesel boşluklu kirişlerin uygulama alanlarını günlük hayatımızın çoğu yerinde rahatlıkla görebiliriz. Kat kirişleri, döşeme kirişleri, çatı aşıkları, yaya geçitleri servis istasyonları, köprüler, haller, gar ve otogarlar vb. yerlerde sıklıkla kullanılırlar.



Şekil 5.12. Dairesel Boşluklu Kiriş Uygulamaları



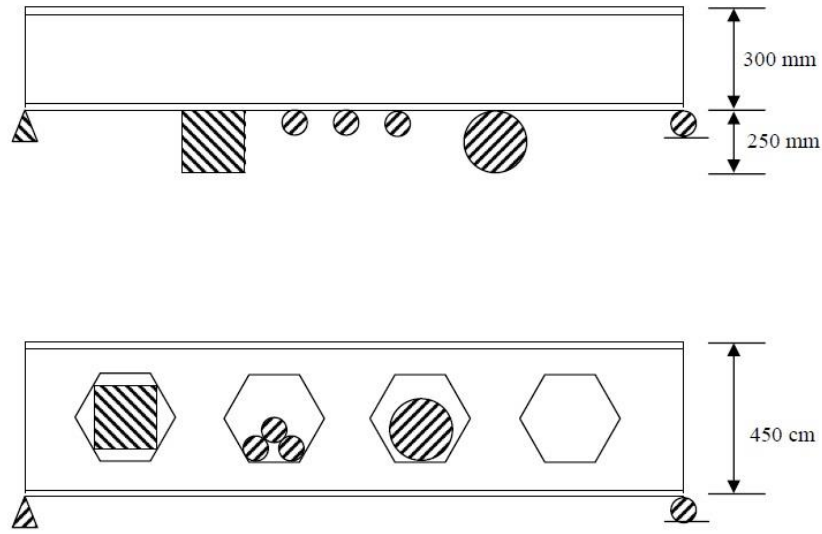
Şekil 5.13. Dairesel Boşluklu Kiriş Uygulamaları



Şekil 5.14 Dairsel Boşluklu Kiriş Uygulamaları

5.7. Genel Olarak Avantajları

Eğilmeye çalışan kirişlerin, eğilme momenti yani taşıma kapasitesi yüksekliğinin karesi ile doğru orantılı olarak artar. Dolayısıyla çelik kirişlerin de yüksekliklerini arttırmak gereği ortaya çıkmaktadır. Bu işlemi yaparken çelik malzeme giderini en alt düzeyde tutmak ekonomiklik açısından önem kazanmaktadır. İşte bu çerçevede yapılan araştırmalar sonucu petek kirişlerin çelik malzemede ekonomi sağladığı ortaya çıkmıştır. Ancak gereği gibi araştırılıp hesaplanmazsa bu avantaj emniyetin yeterli olmamasından dolayı herhangi bir avantaj sağlamaz. İkinci büyük özelliği ise hafif olmasıdır. Ayrıca petek kirişlerin gövdesinde oluşan boşlukların da büyük avantajları vardır. Örnek olarak bu boşluklardan yapının tesisat donanımları geçebilmekte ve yapı yüksekliğinin gereğinden fazla olması engellenmektedir. Ek olarak kirişin boya alanını ve dolayısıyla boya giderlerini azalmaktadır. Bununla birlikte mimari açıdan baktığımızda da hoş ve dekoratif bir görüntü ortaya çıkmaktadır.



Şekil 5.15 Dairesel Boşluklu ve Normal I Kiriş Tesisat Geçişleri

6. ARAŞTIRMA ve BULGULAR

6.1. Programlama

Oluşturulacak olan dairesel boşluklu kirişin optimal değerlerini bulmak amacıyla Fortran programı kullanılmıştır. Kurt kolonisi optimizasyon tekniğine ait değerler program üzerine uyarlanmış ve genel olarak kabul görmüş benchmark problemleri üzerinde sonuç değerlendirmeleri ve karşılaştırmaları yapılmıştır.

6.1.1 Örnek 1

Uygulama yapılan ilk fonksiyon, optimizasyon tekniklerinde çoğunlukla kullanılan benchmark problemlerinden Himmelblau's fonksiyonudur. Bu problem beş adet değişkene ve onbeş adet kısıtlayıcıya sahiptir. Probleme ait optimum tasarım sonuçları aşağıdaki gibidir;

$$f(x) = 5.3578547 x^2 + 0.8356891 x_1 x_5 + 37.293239 x_1 - 40792.141$$

Sınır Değerleri;

$$0 \leq g_1(x) \leq 92$$

$$90 \leq g_2(x) \leq 110$$

$$20 \leq g_3(x) \leq 25$$

Kısıtlayıcılar;

$$78 \leq x_1 \leq 102, \quad 33 \leq x_2 \leq 45, \quad 27 \leq x_3 \leq 45, \quad 27 \leq x_4 \leq 45, \quad 27 \leq x_5 \leq 45$$

$$g_1(x) = 85.334407 + 0.0056858x_2x_5 + 0.0006262x_1x_4 - 0.0022053x_3x_5$$

$$g_2(x) = 80.51249 + 0.0071317x_2x_5 + 0.0029955x_1x_2 + 0.0021813x^2$$

$$g_3(x) = 9.300961 + 0.0047026x_3x_5 + 0.0012547x_1x_3 + 0.0019085x_3x_4$$

Optimum değişken değerlerini bulmak amacıyla birden fazla çözümler yapılmış ve en iyi sonuçlar elde edilmeye çalışılmıştır. Çalışmalar sırasında değerlerin en fazla STEP B (kuşatma adımı) değişkenine bağlı olduğu görülmüş ve STEP B değerleri değiştirilerek optimum değere ulaşılmıştır. Girilen değerler ve çözümleri Tablo 6.1 de gösterilmiştir.

STEP A	STEP B	MAXDH	HKR	RAMX	RAMN	F(X)
1.5	1.5	15	5	0.1	0.0000001	-30658.83
1.5	6	15	5	0.1	0.0000001	-30663.47
1.5	6.3	15	5	0.1	0.0000001	-30663.66
1.5	6.5	15	5	0.1	0.0000001	-30662.67
1.5	7	15	5	0.1	0.0000001	-30661.95
1.5	8	15	5	0.1	0.0000001	-30655.89
1.5	10	15	5	0.1	0.0000001	-30635.21

Tablo 6.1 KKO ile yapılan analiz sonuçları

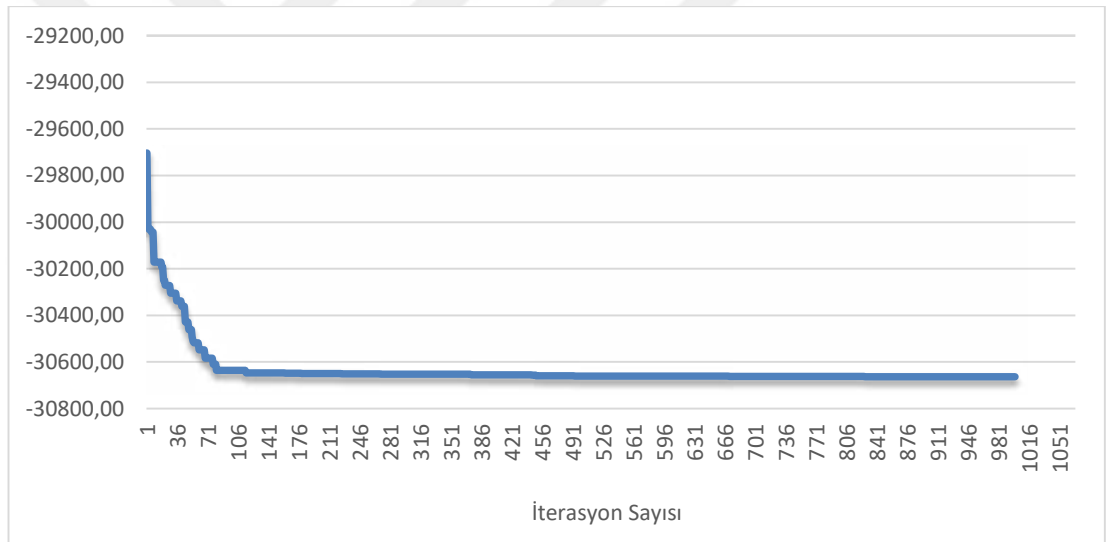
Yapılan çözümler sonucu ulaşılan optimum STEP B değeri: 6.3 olarak, $F(x) = -30663.66$ olarak bulunmuş ve farklı yöntemlerle bulunan $F(x)$ değerleri Tablo 4.2 de gösterilmiştir.

	KKO	PKO	Runarsson	GRG	Gen
F(x)	-30663.66	-30665.40	-30665.54	-30373.95	-30183.58

Tablo 6.2 Farklı Yöntemlerle Çözümlenen, Himmelblau's Fonksiyonu Sonuçları

Sonuç değerlendirmeleri yapıldığı zaman, Kurt Kolonisi Optimizasyonu (KKO) yöntemi optimum değerlere ulaşma sıralamasında, Parçacık Küme Optimizasyonu (PKO) ve Runarsson yönteminden sonra üçüncü sırada yer almıştır.

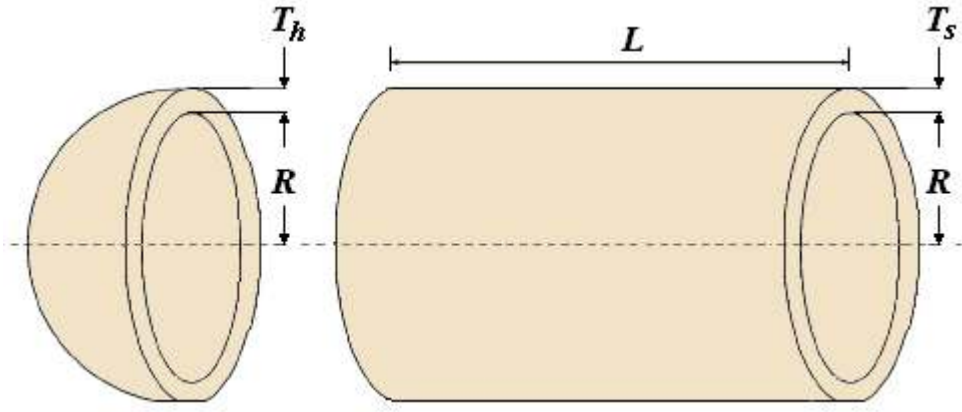
Himmelblau's fonksiyonun, KKO yöntemiyle çözümü sırasında ulaşılan iterasyon sayısı ve optimum değere yaklaşımı grafiksel olarak Şekil 6.1 de gösterilmiştir.



Şekil 6.1 Himmelblau's Fonk. Tasarım Geçmişi Grafiği

6.1.2 Örnek 2

Uygulama yapılmış olan ikinci problemde, şekil 6.2 de gösterilen tüp şeklindeki bir kabın dizaynı yapılmıştır. Problem üzerinde ilk çalışmalar Sandgren [30] tarafından yapılmıştır. En iyi performans ve minimum maliyet değerleri hedeflenmiştir. Problem değişkenleri aşağıda belirtilmiştir.



Şekil 6.2 Basınç Tüpü Dizaynı

$T_s = x_1$: Kabuk Kalınlığı

$T_h = x_2$: Kafa Kalınlığı

$R = x_3$: İç Yarıçap

$L = x_4$: Kesit Uzunluğu

$$f(x) = 0.6224 x_1 x_3 x_4 + 1.7781 x_2 x_3^2 + 3.1661 x_1^2 x_4 + 19.84 x_1^2 x_3$$

$$g_1(x) = 0.0193 x_3 - x_1 \leq 0$$

$$g_2(x) = 0.00954 x_3 - x_2 \leq 0$$

$$g_3(x) = 1296000 - \pi x_3^2 x_4 - (4/3) \pi x_3^3 \leq 0$$

$$g_4(x) = x_4 - 240 \leq 0$$

Kısıtlayıcılar;

$$0.0625 \leq x_1 \leq 6.1875 \quad 0.0625 \leq x_2 \leq 6.1875$$

$$10 \leq x_3 \leq 200 \quad 10 \leq x_4 \leq 200$$

Kurt Kolonisi Optimizasyonu kullanılarak bu problem üzerinde çözümleme yapılmış, optimum STEP B ve F(x) değerlerine ulaşılmıştır Tablo 6.3.

STEP A	STEP B	MAXDH	HKR	RAMX	RAMN	F(X)
1.5	0.5	15	5	0.1	0.0000001	7062.614
1.5	2.5	15	5	0.1	0.0000001	6330.671
1.5	3.5	15	5	0.1	0.0000001	6272.133
1.5	4.2	15	5	0.1	0.0000001	6241.550
1.5	4.5	15	5	0.1	0.0000001	6240.971
1.5	4.6	15	5	0.1	0.0000001	6276.833

Tablo 6.3 KKO ile yapılan analiz sonuçları

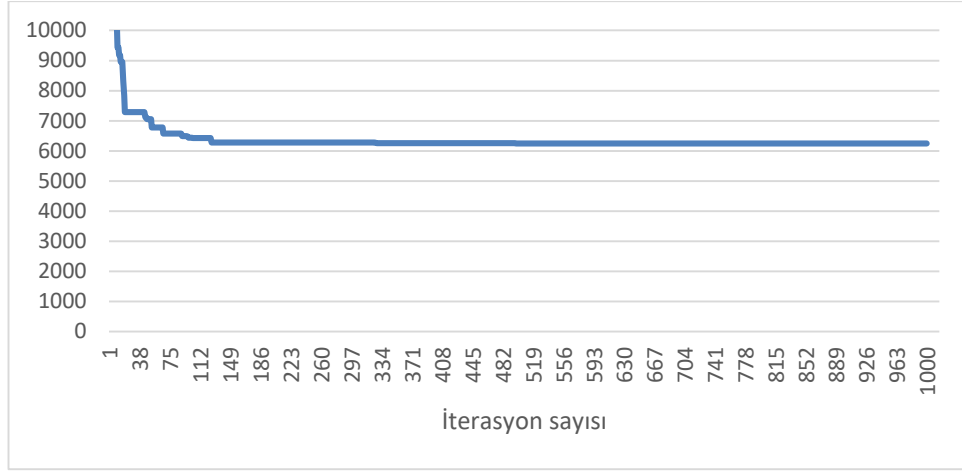
Yapılan çözümler sonucu ulaşılan optimum STEP B değeri: 4.5 olarak, $F(x) = 6240.971$ olarak bulunmuş ve farklı yöntemlerle bulunan $F(x)$ değerleri Tablo 6.4 de gösterilmiştir.

	KKO	PKO	GeneAS	MVEP
F(x)	6240.971	6230.696	6410.381	7108.616

Tablo 6.4 F(x) sonuçları

Sonuç değerlendirmeleri yapıldığı zaman, Kurt Kolonisi Optimizasyonu (KKO) yöntemi optimum değerlere ulaşma sıralamasında, Parçacık Küme Optimizasyonu (PKO) yönteminden sonra ikinci sırada yer almıştır.

Basınç tüpü tasarımının, KKO yöntemiyle çözümü sırasında ulaşılan iterasyon sayısı ve optimum değere yaklaşımı grafiksel olarak Şekil 6.3 de gösterilmiştir.



Şekil 6.3 Basınç Tüpü Tasarımının Tasarım Geçmişi Grafiği

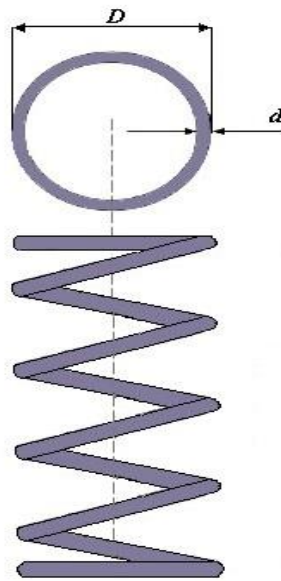
6.1.3 Örnek 3

Çözümlenen bu üçüncü problemde ise bir yay tasarımı oluşturulmuştur. (Şekil 6.4).

$d = x_1$: Yay Tel Çapı

$D = x_2$: Yay Sarmal Çapı

$N = x_3$: Sarmal Sayısı



Şekil 6.4 Yay Tasarımı

$$f(x) = (x_3+2)x_2x_1^2$$

$$g_1(x) = 1 - \frac{x_2^3x_3}{71785x_1^4} \leq 0$$

$$g_2(x) = \frac{4x_2^2 - x_1x_2}{12566(x_2x_1^3 - x_1^4)} + \frac{1}{5108x_1^2} - 1 \leq 0$$

$$g_3(x) = 1 - \frac{140,45x_1}{x_2^2x_3} \leq 0$$

$$g_4(x) = \frac{x_1+x_2}{1,5} - 1 \leq 0$$

Kısıtlayıcılar;

$$0.05 \leq x_1 \leq 2 ; \quad 0.25 \leq x_2 \leq 1.3 ; \quad 2 \leq x_3 \leq 15$$

Kurt Kolonisi Optimizasyonu kullanılarak bu yay problem üzerinde çözümleme yapılmış, optimum STEPB ve F(x) değerlerine ulaşılmıştır Tablo 6.5.

STEP A	STEP B	MAXDH	HKR	RAMX	RAMN	F(x)
1.5	1.5	15	5	0.1	0.0000001	0.014583
1.5	2.5	15	5	0.1	0.0000001	0.012691
1.5	3.0	15	5	0.1	0.0000001	0.012696
1.5	3.5	15	5	0.1	0.0000001	0.012665
1.5	3.6	15	5	0.1	0.0000001	0.012673
1.5	3.9	15	5	0.1	0.0000001	0.012717

Tablo 6.5 KKO ile yapılan analiz sonuçları

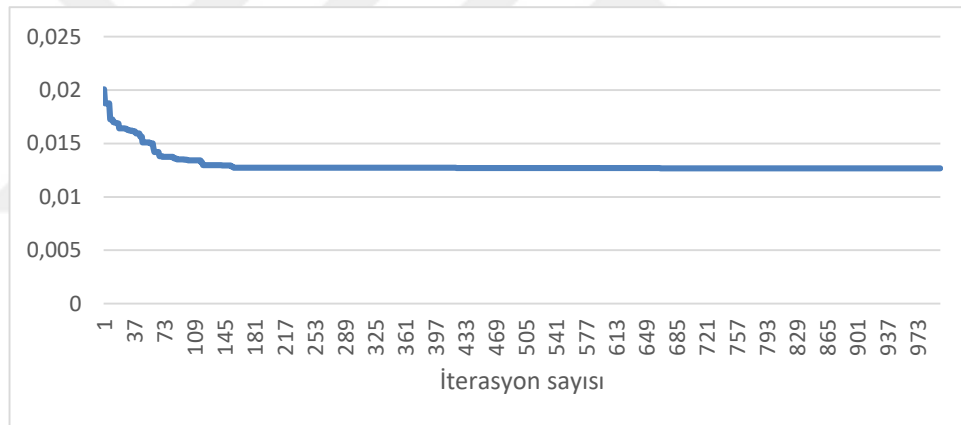
Yapılan çözümler sonucu ulaşılan optimum STEPB değeri: 3.5 olarak, F(x) = 0.012665 olarak bulunmuş ve farklı yöntemlerle bulunan F(x) değerleri Tablo 6.6 da gösterilmiştir.

	KKO	PKO	Ray	Arora
F(x)	0.012665	0.012666	0.012669	0.012730

Tablo 6.6 F(x) sonuçları

Kurt Kolonisi Algoritması bu yay probleminde diğer yöntemlere kıyasla en iyi sonucu vermiş, optimum değere ulaşmıştır.

Yay tasarımının, KKO yöntemiyle çözümü sırasında ulaşılan iterasyon sayısı ve optimum değere yaklaşımı grafiksel olarak Şekil 6.5 de gösterilmiştir.



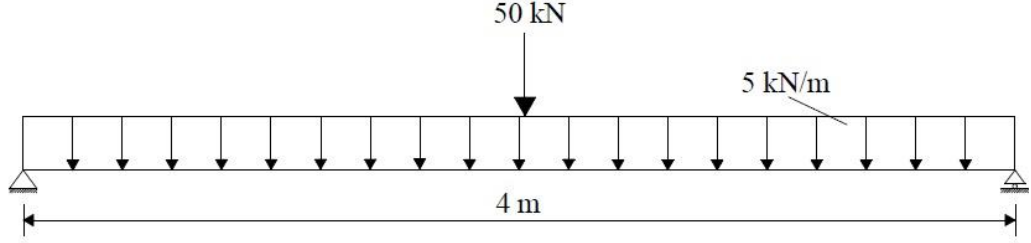
Şekil 6.5 Yay Tasarımının Tasarım Geçmişi Grafiği

6.2. Kurt Kolonisi Optimizasyon Yöntemiyle Dairesel Kiriş Optimum Tasarım Örnekleri

6.2.1. Örnek 1

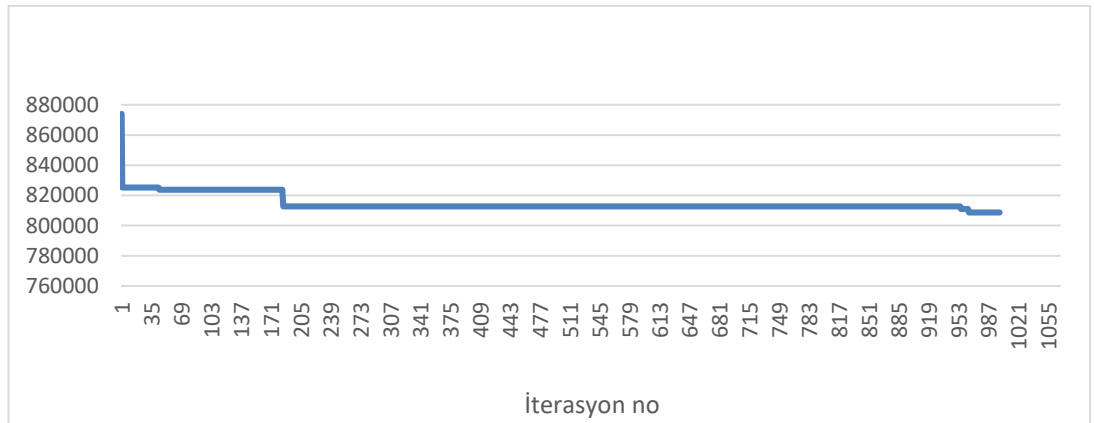
Bu problem Erdal [10] tarafından incelenmiş, 4 m. uzunluğunda, orta noktasında 50 kN'luk bir tekil yük olan ve üzerinde tüm kirişe etki eden 5 kN/m yayılı yük bulunan daireselel kiriş problemidir. Elatisite modülü 205 kN/mm² ve çeliğin

tasarım dayanımı 355 kN/mm^2 alınmıştır. Erdal, armoni arama ve parçacık küme optimizasyon yöntemlerini kullanarak optimum değerleri incelemiştir.



Şekil 6.6. 4 m. uzunluğunda 50 kN tekil yük ve 5 kN/m yayılı yük taşıyan basit mesnetli kiriş

Tez çalışması kapsamında ise bu dairesel kiriş problemi kurt kolonisi optimizasyon yöntemine uyarlanmış ve 1000 iterasyon yapılmıştır. Kurt kolonisi optimizasyon yöntemi ile optimum profil kesiti 305x102x25 UB profili, boşluk sayısı: 9 ve boşluk çapı: 400 mm olarak seçilmiş ve bu değişkenlere bağlı olarak minimum dairesel kiriş ağırlığı 82.47 kg. (0.8088 kN) olarak bulunmuştur.



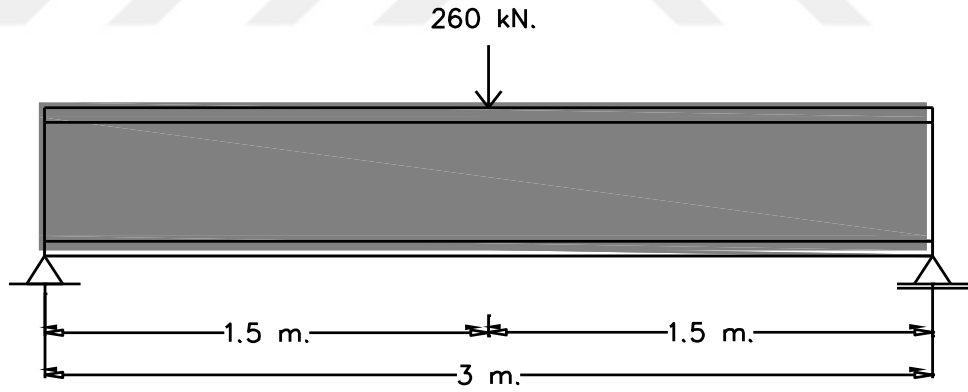
Şekil 6.7. Şekil 6.6 daki Kirişin Tasarım Geçmiş Grafiği

	Parçacık Küme Yönt.	Av Arama Yönt.	Kurt Kolonisi Yönt.
Optimum Kesit	UB-305x102x25	UB-305x102x25	UB-305x102x25
Boşluk Çapı	368	402	400
Boşluk Sayısı	10	9	9
Min. Ağırlık	82.71 kg	82.19 kg	82.47

Tablo 6.7. Dairesel Kiriş Optimum Tasarım Sonuçlarının Karşılaştırılması

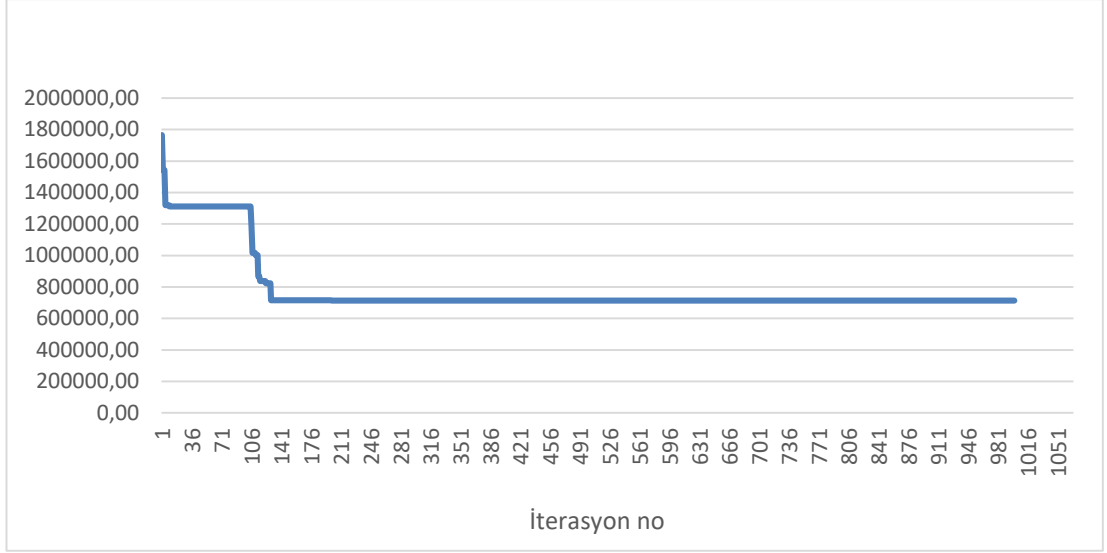
6.2.2. Örnek 2

Bu problem 3 m. uzunluğunda ve orta noktasında 260 kN'luk bir tekil yük olan hücresel kiriş problemidir. Bulunan değerler, Özyüksel [36] tarafından av arama yöntemi kullanılarak optimum sonuçlar elde edilmek istenmiştir.



Şekil 6.8. 3 m. uzunluğunda 260 kN tekil yük taşıyan basit mesnetli kiriş

Tez çalışması kapsamında ise bu dairesele kiriş problemi kurt kolonisi optimizasyon yöntemine uyarlanmış ve 2000 iterasyon yapılmıştır. Kurt kolonisi optimizasyon yöntemi ile optimum profil kesiti 305x102x28 UB profili, boşluk sayısı: 7 ve boşluk çapı: 381 mm olarak seçilmiş ve bu değişkenlere bağlı olarak minimum dairesele kiriş ağırlığı 72.53 kg. (0.7113 kN) olarak bulunmuştur.



Şekil 6.9. Şekil 6.8 deki Kirişin Tasarım Geçmiş Grafiği

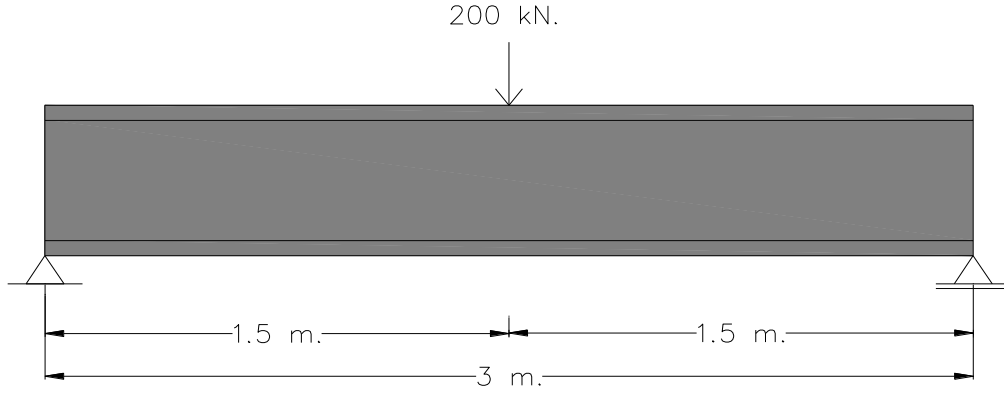
Tablo 6.8’de Kurt Kolonisi optimizasyon yöntemi sonuçları, Av Arama optimizasyon yöntemi sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

	Av Arama Yönt.	Kurt Kolonisi Yönt.
Optimum Kesit	UB-305x102x28	UB-305x102x28
Boşluk Çapı	393	381
Boşluk Sayısı	7	7
Max. Zorlanma Oranı	1	1
Min. Ağırlık	71.05 kg	72.53 kg

Tablo 6.8. Dairesel Kiriş Optimum Tasarım Sonuçlarının Karşılaştırılması

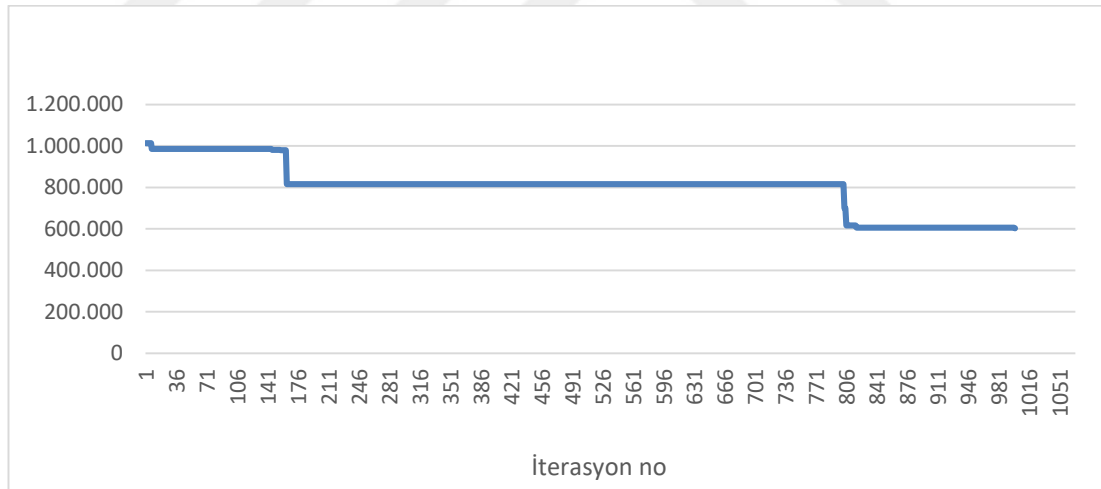
6.2.3. Örnek 3

Bu problem 3 m. uzunluğunda ve orta noktasında 200 kN’luk bir tekil yük olan hücresel kiriş problemidir. Bulunan değerler, Özyüksel [36] tarafından av arama yöntemi kullanılarak optimum sonuçlar elde edilmek istenmiştir.



Şekil 6.10. 3 m. uzunluğunda 200 kN tekil yük taşıyan basit mesnetli kiriş

Tez çalışması kapsamında ise bu dairesel kiriş problemi kurt kolonisi optimizasyon yöntemine uyarlanmış ve 2000 iterasyon yapılmıştır. Kurt kolonisi optimizasyon yöntemi ile optimum profil kesiti 305x102x25 UB profili, boşluk sayısı: 7 ve boşluk çapı: 393 mm olarak seçilmiş ve bu değişkenlere bağlı olarak minimum dairesel kiriş ağırlığı 61.38 kg. (0.6020 kN) olarak bulunmuştur.



Şekil 6.11. Şekil 6.10 daki Kirişin Tasarım Geçmiş Grafiği

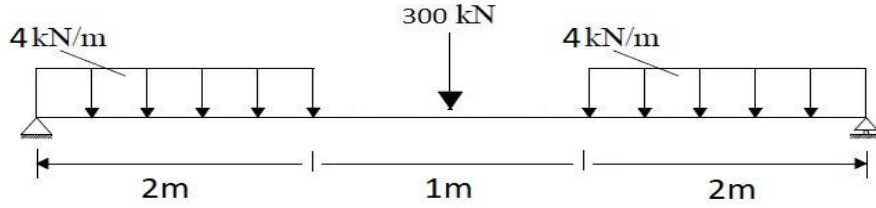
Tablo 6.9’de Kurt Kolonisi optimizasyon yöntemi sonuçları, Av Arama optimizasyon yöntemi sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

	Av Arama Yönt.	Kurt Kolonisi Yönt.
Optimum Kesit	UB-305x102x25	UB-305x102x25
Boşluk Çapı	392	393
Boşluk Sayısı	7	7
Max. Zorlanma Oranı	1	1
Min. Ağırlık	61.51 kg	61.38 kg

Tablo 6.9. Dairesel Kiriş Optimum Tasarım Sonuçlarının Karşılaştırılması

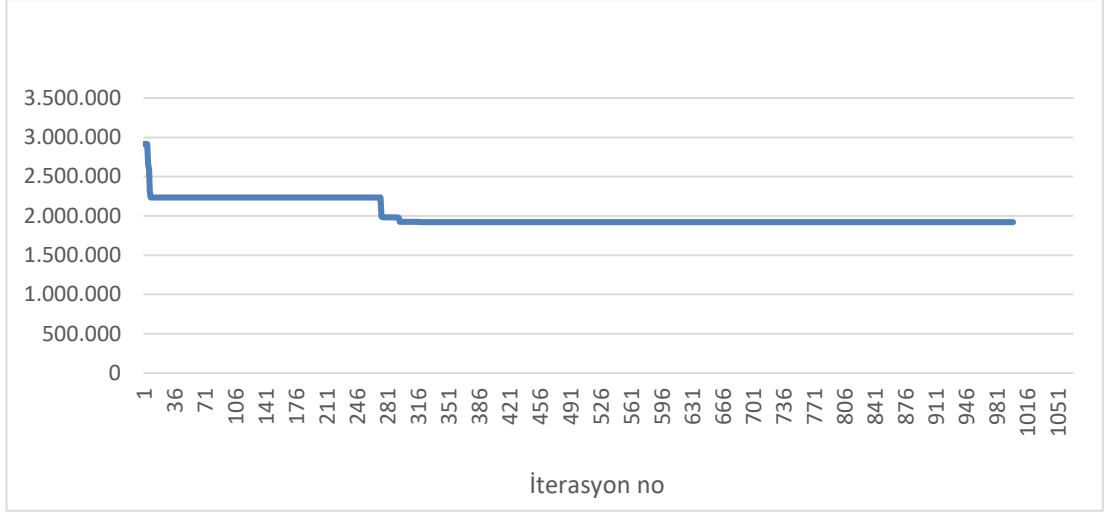
6.2.4. Örnek 4

Bu problem tez kapsamında tarafımdan oluşturulmuş ve sonuçlar incelenmiştir. 5 m uzunluğunda, orta noktasında 300 kN’luk bir tekil yük, ilk ve son 2 m de 4 kN/m yayılı yük taşıyan dairesele kiriş problemidir.



Şekil 6.12. 5 m. uzunluğunda orta noktasında 300 kN tekil yük, ilk ve son 2 m de 4 kN/m yayılı yük taşıyan basit mesnetli kiriş

Oluşturulan bu dairesele kiriş problemi kurt kolonisi optimizasyon yöntemine uyarlanmış ve 1000 iterasyon yapılmıştır. Kurt kolonisi optimizasyon yöntemi ile optimum profil kesiti 356x171x45 UB profili, boşluk sayısı: 11 ve boşluk çapı: 418 mm olarak seçilmiş ve bu değişkenlere bağlı olarak minimum dairesele kiriş ağırlığı 195.88 kg. (1.9209 kN) olarak bulunmuştur.



Şekil 6.13. Şekil 6.12 deki Kirişin Tasarım Geçmiş Grafiği

	Kurt Kolonisi Yönt.	
Optimum Kesit	UB-356x171x45	
Boşluk Çapı	418	
Boşluk Sayısı	11	
Min. Ağırlık	195.88 kg	

Tablo 6.10. KKO ile Çözümü Yapılmış Dairesel Kirişin Tasarım Sonuçları

7. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında, kullanımı gittikçe artan ve yaygınlaşan boşluklu kirişlerin optimum geometri tasarımı hedeflenmiştir. Hedeflenen amaç doğrultusunda optimum sonuçlara ulaşma amacıyla, optimizasyon tekniklerine başvurulmuş ve Kurt Kolonisi Optimizasyon yöntemi kullanılmıştır.

Kurt Kolonisi Optimizasyonu, doğadaki kurtların günlük davranışları incelenerek formülize edilmiş ve bir optimizasyon tekniği algoritması olarak literatüre girmiştir.

Algoritmalar bir araya getirilerek oluşturulmuş denklem ve formüller dizisidir. Bu sebeple tez konusu kapsamındaki algoritmalarımızı çözümlmek için fortran 90 programı kullanılmış ve tüm çözümler bu programda gerçekleştirilmiştir.

Günümüze kadar üretilmiş ve oluşturulmuş tüm tekniğin doğruluğunu kontrol etmek için belirli bir ortak kıyaslama problemleri olmalıdır. KKO yönteminin sonuçlarını ve yaklaşımlarını kıyaslama amacıyla Benchmark problemlerine başvurulmuştur.

Çalışmalar sonucunda dört adet Benchmark problemi kullanılmıştır. Genel olarak diğer optimizasyon tekniklerinde kullanılmış olan bu dört problem çözümünde KKO yöntemi diğer tekniklere çok yakın sonuçlar vermiştir. Üç problemde ara değerler elde edilmiş, bir problemde ise karşılaştırılmış tüm tekniklerin önüne geçerek optimum değer elde edilmiştir.

Tez kapsamında kullanmış olduğumuz KKO yöntemi dairesel boşluklu kiriş tasarımı için uyarlanmış ve farklı yöntemlerle daha önceden farklı sonuçları bulunan örnekler çözülmüştür. Farklı açıklık mesafeleri ve farklı yüklemeler kullanılan her örnekte KKO yönteminin çalışma prensibi incelenmiştir.

Sonuç olarak, KKO yöntemi diğer tekniklerle karşılaştırıldığında optimum ve optimuma yakın değerler vermiştir. Bu nedenle yapı tasarımlarında oluşturulmak istenen ve optimum değerlerle elde edilmiş dairesel boşluklu kirişler tasarlanabilir.

KAYNAKLAR

- [1] M.D. Altifillisch, B.R. Cooke and A.A. Toprac, “An investigation of open web-expanded beams”, Welding Research Council Bulletin, 1957, 47, 77-88
- [2] A.A. Toprac and B.R. Cooke, “An experimental investigation of openweb beams”, Welding Research Council Bulletin, 1959, 47, 1-10
- [3] A.N. Sherbourne, “The plastic behavior of castellated beams”, Proc. 2nd Commonwealth Welding Conference. Inst. Of Welding, 1966, 2, 1-5
- [4] A. Bazile and J. Texier, “Tests on castellated beams”, Constr. Métallique, 1968, 3, 12-25
- [5] M.U. Husain and W.G. Speirs, “Failure of castellated beams due to rupture of welded joints”. Acier-Stahl-Steel, 1971, 1, 329-342
- [6] Husain, M.U., and Speirs, W.G. 1973. “Experiments on castellated steel beams”, J. American Welding Society, Welding Research Supplement, 1973, 52(8), 329-3423
- [7] A.R. Galambos, M.U. Husain and W.G. Spin, “Optimum expansion ratio of castellated steel beams”, Engineering Optimization, 1975, 1, 213-225
- [8] W. Zaarour, R.G. Redwood , “Web buckling in thin webbed castellated beams”, Journal of Structural Engineering (ASCE), 1996, 122(8), 860-866
- [9] R.G. Redwood, S. Demirdjian, “Castellated beam web buckling in shear” Journal of Structural Engineering (ASCE), 1998, 124(10) 202-207
- [10] F. Erdal and M.P. Saka, “Optimum design of castellated beams using harmony search algorithm”, 8th World Congress on Structural, 2011, 237-247
- [11] Öztürk A., Alkan S., İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi, 2013, 2(3), 110-120
- [12] Alataş, B., Kaotik Haritalı Parçacık Sürü Optimizasyon Algoritmaları Geliştirme, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Elazığ, 2007, 157 s. (Doktora Tezi)
- [13] Nevşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitü Dergisi 1, 2012, 36-50
- [14] Kemaloğlu Ş. “<https://yaratilis.com/index.php/karincalarin-benzersiz-kopru-kurma-teknikleri/>” adresinden erişildi, 2016
- [15] X. S. Yang, Firefly Algorithm, Levy Flights and Global Optimization, Research and Development in Intelligent Systems, XXVI, 2010, 209-218

- [16] Apostolopoulos, T., Vlachos, A., Application of the Firefly Algorithm for Solving the Economic Emissions Load Dispatch Problem, Hindawi Publishing Corporation International Conference Journal of Combinatorics, 2011, doi:10.1155/2011/523806
- [17] Dorigo M., Maniezzo, V., Colorni, A., The Ant System: An Autocatalytic Optimizing Process. Dipartimento di Elettronica, 1991, 91-016
- [18] Kennedy, J., Eberhart, R. C, Particle Swarm Optimization. IEEE International Conference on Neural Networks, 1995, 4, 1942-1948
- [19] Jiang, M., Yuan, D., Cheng, Y., Improved Artificial Fish Swarm Algorithm, Fifth International Conference on Natural Computation, 2009, 281-285
- [20] Santosa, B.; Ningrum, M.K., Cat Swarm Optimization for Clustering, International Conference of Soft Computing and Pattern Recognition, 2009, 54-59
- [21] Wang, Z. H., Chang, C. C., Li, M. C., Optimizing Least-Significant-Bit Substitution Using Cat Swarm Optimization Strategy, Information Sciences, 10.1016/j.ins.2010.07.011, 2010.
- [22] Hwang, J. C., Chen, J. C., Pan, J. S., Huang, Y.C., CSO and PSO to Solve Optimal Contract Capacity for High Tension Customers, International Conference on Power Electronics and Drive Systems, 2009, 246-251
- [23] Lin, K. C., Chien, H. Y., CSO-Based Feature Selection and Parameter Optimization for Support Vector Machine, Joint Conferences on Pervasive Computing, 2009, 3-5, 783-788
- [24] Kalaiselvan, G., Lavanya, A., Natrajan, V., Enhancing the Performance of Watermarking Based on Cat Swarm Optimization Method, International Conference on Recent Trends in Information Technology, 2011, 1081-1086
- [25] Wang, W., Wu, J., Emotion Recognition Based on CSO&SVM in E-Learning, Seventh International Conference on Natural Computation, 2011, 1, 566-570
- [26] Tsai, P. W., Pan, J. S., Chen, S.M., Liao, B.Y., Hao, S.P., Parallel Cat Swarm Optimization, International Conference on Machine Learning and Cybernetics, 2008, 6, 3328-3333
- [27] Karaboga, D., Akay, B., A Survey: Algorithms Simulating Bee Swarm Intelligence, Artificial Intelligence Review, 2009, 31, 61-85
- [28] Tereshko, V., Reaction-Diffusion Model of a Honey Bee Colony's Foraging Behaviour, 6th International Conference on Parallel Problem Solving from Nature, 3-540-41056-2, 2000, 807-816
- [29] Telef Ç., A Wolf Colony Algorithm, 2015
- [30] E. Sandgren, "Nonlinear integer and discrete programming in mechanical design optimization", Journal of Mechanical Design, 1990, 112, 223-229

- [31] A.D. Belegundu, “A study of mathematical programming methods for structural optimization” , International Journal for Numerical Methods in Engineering, 1985, 21, 1583-1599.
- [32] J.S. Arora, “Introduction to Optimum Design”, McGraw-Hill, NY, USA, 1989, 105-165.
- [33] C. Coello, A. Carlos, “Use of a self-adaptive penalty approach for engineering optimization problems”, Computers in Industry, 2000, 41, 113-127.
- [34] T. Ray, K.M. Liew, “Society and civilization: An optimization algorithm based on the simulation of social behavior”, Institute of Electrical and Electronics Engineers International Transactions on Evolutionary Computation, 2003, 7, 386-396.
- [35] Kalaycıgil Mustafa. Petek Kirişlerin Davranışları ve Tasarım Esasları. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Kayseri, 2007, 202 s. (Yüksek Lisans Tezi)
- [36] Özyüksel Aybüke. Dairesel Boşluklu Kirişlere Sahip Çelik Çerçevelerin Optimum Boyutlandırılması. M. Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Manisa, 2017, 114 s. (Doktora Tezi)

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : İdris KAYGISIZ
Doğum Yeri ve Yılı : Nevşehir, 1992
Medeni Hali : Evli
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : idris.kaygisiz@gmail.com

Eğitim Durumu

Lise : Mordoğan F.E.K. Lisesi, 2010
Lisans : Doğu Akdeniz Üniversitesi, İnşaat Müh. Bölümü, 2012
Lisans : Manisa Celal Bayar Üniversitesi, İnşaat Müh. Bölümü, 2015
Yüksek Lisans : Manisa Celal Bayar Üniversitesi, İnşaat Müh. Bölümü, 2019

Mesleki Deneyim

Soyak Yapı İnş. San. ve Tic. A.Ş	2013 (Staj)
Sinan İnşaat Mühendislik	2015-2017
HAKK İnşaat ve İnş. Mlz. Sanayi Tic. Ltd. Şti	2017-(halen)