

Üç Farklı Metasezgisel Algoritma Kullanılarak Petek Kirişlerin Yer Değiştirme Optimizasyonu

Marwan Abdulkareem Shakir ALBAYATI ^{1,a}, Ahmad Reshad NOORI ^{1,b}

¹*İstanbul Gelişim Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul*

^a*ORCID: 0009-0001-0088-1114;* ^b*ORCID: 0000-0001-6232-6303*

Makale Bilgileri

Geliş : 04.11.2024

Kabul : 23.12.2024

DOI: 10.21605/cukurovaumfd.1606085

Sorumlu Yazar

Marwan Abdulkareem Shakir ALBAYATI
marwanshakir6@gmail.com

Anahtar Kelimeler

Petek kiriş

Optimizasyon

Deplasman

Meta-sezgisel algoritma

Atf şekli: ALBAYATI, M.A.S., NOORI, A.R., (2024). Üç Farklı Metasezgisel Algoritma Kullanılarak Petek Kirişlerin Yer Değiştirme Optimizasyonu. Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Dergisi, 39(4), 979-990.

ÖZ

Petek kirişlerin kullanımı, çok yönlü mimari özellikleri nedeniyle son dönemde büyük ilgi görmektedir. Bu özellikler, farklı şekillerde boşluk içeren belirgin geometrik formları kapsamaktadır. Petek kirişler, artan eğilme mukavemeti sağlayarak hem ekonomik hem de çevresel açıdan faydalıdır; ayrıca, ağırlık artışı olmaksızın üretim teknikleri sayesinde kesit direncini artırmaktadır. Bu kirişler hastaneler, depolar, otoparklar, okullar ve alışveriş merkezleri gibi çeşitli yapılarda kullanılmaktadır. Bu çalışmada, altıgen boşluklu petek kirişlerin performansı S235, S255 ve S355 olmak üzere üç farklı malzeme kullanılarak optimize edilmiştir. Optimum kesit boyutları, düşey yer değiştirmeyi temsil eden bir amaç fonksiyonu yardımıyla belirlenmiştir. Optimizasyon için çiçek tozlaşması algoritması (FPA), ateş böceği algoritması (FA) ve yarasa algoritması (BA) olmak üzere üç farklı meta-sezgisel algoritma kullanılmıştır. Üç algoritmanın karşılaştırma sonuçları, ateş böceği ve çiçek tozlaşması algoritmalarının benzer sonuçlar verdiğini ve çiçek tozlaşması algoritmasının uygulama açısından en uygun algoritma olduğunu göstermiştir.

Deflection Optimization of Castellated Beams Using Three Different Meta-heuristic Algorithms

Article Info

Received : 04.11.2024

Accepted : 23.12.2024

DOI: 10.21605/cukurovaumfd.1606085

Corresponding Author

Marwan Abdulkareem Shakir ALBAYATI
marwanshakir6@gmail.com

Keywords

Castellated beam

Optimization

Displacement

Meta-heuristic algorithms

How to cite: ALBAYATI, M.A.S., NOORI, A.R., (2024). Üç Farklı Metasezgisel Algoritma Kullanılarak Petek Kirişlerin Yer Değiştirme Optimizasyonu. Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Dergisi, 39(4), 979-990.

ABSTRACT

The usage of castellated beams has recently attracted great attention due to their versatile architectural features. These include distinct geometric forms containing web openings in different shapes. Castellated beams are economically and environmentally beneficial by providing increased flexural rigidity without increasing their weight by changing production techniques. These beams are used in various structures such as hospitals, warehouses, parking lots, schools, and shopping malls. In this study, the performance of castellated beams with hexagonal web openings is optimized for three different materials such as S235, S255, and S355. The optimum section dimensions are computed using an objective function representing the maximum vertical displacement of the beam. Three different meta-heuristic algorithms, namely, the flower pollination algorithm (FPA), firefly algorithm (FA), and bat algorithm (BA), are employed. The comparison results of the three algorithms showed that firefly and flower pollination algorithms have similar results and the flower pollination algorithm is the most suitable for engineering applications.

1. GİRİŞ

Çelik yapılar, birçok avantajı nedeniyle son yıllarda inşaatın en önemli formlarından biri haline gelmiştir. Bu avantajlar arasında, dünyanın karşı karşıya olduğu doğal kaynak tüketimini azaltmak ve zararlı karbondioksit (CO₂) emisyonlarını azaltıp çevre dostu yapılar oluşturarak sürdürülebilirliği teşvik etmek bulunmaktadır. Ayrıca, çeşitli şekil ve tasarımlara sahip belirgin mimari formlara getirilebilmektedir.

Yapısal çerçevelerin tasarım sürecinin ve maliyetlerinin belirlenmesi son derece karmaşıktır. Bu süreç, metaheuristik olarak bilinen çeşitli yöntemler kullanan sistematik, verimli ve hızlı yinelemelere dayanan optimizasyon ilkelerine dayanır [1]. Bunlar, çevresel koşullara göre tasarım ve maliyet sorunlarını ele alma konusunda yüksek bir yetenekle donatılmış metaheuristik optimizasyon algoritmalarıdır. Optimizasyon algoritmalarının üç ana özelliği vardır: hızlı çözümlenme, karmaşık problemleri ele alabilme yeteneği ve etkin algoritmalar geliştirme [2]. Optimizasyon algoritmalarının verimliliği, milyonlarca yıl boyunca doğal olarak evrimleşen en iyi biyolojik sistemleri simüle etme ve seçme yeteneğine dayanır. Bu algoritmalar arasında, ateşböceği ideal yanma mekanizmasını izleyen ateşböceği algoritması (FA) bulunmaktadır. Bu algoritma, modern bir metaheuristik algoritma olarak kabul edilmektedir [3]. Ayrıca, standart ve konveks olmayan optimizasyon problemlerini çözmek için de kullanılır [4,5]. Bu algoritmanın felsefesi, en iyi çözümü bulmak için optimal tasarım sürecine benzer; burada ateşböceğinin yanışı, diğer ateşböceklerini en parlak ışığa çekmek için bir sinyal işlevi görür [6]. Bir diğer önemli algoritma ise çiçeklerin farklı tozlaşma yöntemlerine dayanan çiçek tozlaşma algoritması (FPA)dır. Bu algoritma, optimizasyon sistemi içinde optimal bir arama yapmak için matematiksel denklemler kullanarak iki süreç aracılığıyla: yerel tozlaşma ve küresel tozlaşma gerçekleştirir [1]. Yaygın olarak kullanılan bir diğer algoritma ise yarasaların barınaklarını ve avlarını bulma davranışına ve yankı ile konum belirleme yoluyla kendilerini koruma yeteneklerine dayanan yarasalar algoritması (BA)dır. Yarasalar, çevrelerinden geri dönen yankıları dinleyerek sesler yayarlar. Bu algoritma, çeşitli ve karmaşık optimizasyon problemlerini çözmede oldukça etkilidir [7].

Bu algoritmaların çözdüğü en önemli tasarım ve maliyet problemleri arasında, petek kirişlerin optimizasyonu yer almaktadır. Petek kirişler, en karmaşık ve önemli yapısal bileşenlerden biri olarak kabul edilmektedir. Bu kirişler, daha az doğal kaynak gerektirirken yüksek performans verimliliği sayesinde modern inşaatlarda önemli bir unsur haline gelmiştir. Ayrıca, süresi kısıtlı olan inşaat projelerinde zaman tasarrufu sağlarlar. Görünüm açısından, yapının koşullarına bağlı olarak farklı şekil ve boyutlarda düzenli ve etkileyici bir mühendislik ve mimarlık estetiği sunmaktadır. Bu kirişlerde açılan boşluklar, dairesel, kare, dikdörtgen, beşgen ve altıgen gibi farklı şekillerde olabilmektedir. [8,9]. Yeni ve çeşitli şekillerinin yanı sıra, petek kirişlerin taşınması ile montajı kolaydır [10], bu da katlar arasındaki mesafenin azalmasına yol açar [23]. Petek kirişlerin en önemli özelliklerinden biri, eğilmeye karşı yüksek mukavemet göstermeleridir. Uzun açıklıklarda mükemmel performans sunarlar [8,12,14,15]. Kirişin ağırlığında herhangi bir artış olmadan kesitleri dış yükler altında düşey yer değiştirmeye karşı yüksek direnç sağlar [3,4].

Şekil açısından petek kirişler iki tipe ayrılır: "I" şekli ve "H" şekli. Üretim süreci, kirişlerin yarı altıgen bir boşluk oluşturmak için oksijen veya plazma kesimi ile kesilmesiyle başlamaktadır. Bu işlem, birden fazla parça için uygulanır ve her iki parça, aralarındaki boşluk yarım birimden fazla olmayacak şekilde yaklaştırıldıktan sonra kaynaklanır. Kaynak işlemi tamamlandıktan sonra, petek kirişin nihai şekli elde edilir [1,2,4]. Bu işlem, petek kirişin kesit yüksekliğini artırır, bu da kirişin atalet momentinin ve eğilme rijitliğinin artmasına neden olur [1,4,12]. Ancak, aynı zamanda, petek kirişlerinin yükseklüğünün artırılması, stabilite sorunlarına yol açabilir [17]. Daha önce bahsedildiği gibi, petek kirişlerde farklı şekillerdeki deliklerin bulunması, görsel olarak hoş bir mühendislik tasarımı yaratırken kullanılan çelik miktarını azaltır ve bu da maliyetlerin düşmesine yol açar. Bu delikler, kablolama, iletişim sistemleri ve diğer hizmetler için de kullanılabilir [3,4,18]. Ancak, aynı zamanda petek kirişlerin karşılaştığı birçok sorunun ana nedenidir. Delikler, kirişin yük taşıma kapasitesini etkilediğinden, farklı göçme modlarına yol açarak yapısal performansını değiştirir [2,19]. Kesme kuvvetlerinin aktarımı açısından değişiklikler meydana geldiğinden, deliklerin geometrik şekilleri farklı göçme türlerine sebep olabilmektedir [20]. Başka bir deyişle, delikler, kesme direncinde oluşturdukları azaltma nedeniyle kirişin aksel basınç ve eğilme kapasitesini düşürür [22] ve gerilme dağılımında değişikliklere neden olmaktadır [23].

Birçok çalışma, petek kirişlerde meydana gelen göçme türlerini tartışmış ve bu göçmelerin nedenleri ile nasıl giderilebileceğini vurgulamıştır. Bu göçme türlerinden biri, kirişin üst T-kesitinde, özellikle deliklerin

üstünde meydana gelen paralelkenar şeklindeki deformasyonun yaşandığı durum ya da Vierendeel mekanizmasıdır. Bu göçmenin nedeni, boşluğun köşelerinde plastik mafsalların oluşmasıdır; yüksek kesme kuvvetleri bu köşelerin yırtılmasına yol açmaktadır. Bu mekanizmanın fiziksel açıklaması, normal ve kayma gerilmeleri arasındaki etkileşimdir; bu etkileşim, T-kesitinin uçlarında çeliğin akmasına neden olur. Bu göçme mekanizmasını etkileyen faktörler arasında deliklerin çapı ve gövdenin genişliği bulunur. Diğer bir göçme türü ise eğilmeden kaynaklanır; bu durumda kiriş, aşırı eğilme gerilmelerine maruz kalır [8,9,24-26,13].

Petek kirişlerdeki deliklerin üstünde ve altında bulunan T-kesitleri, akma gerilmeleri nedeniyle plastik bir duruma ulaşır. Üst kısım basınç, alt kısım ise çekme tesirinde kalır. Bu da kesit alanının basit eğilmeye maruz kalması sonucunda meydana gelir. En kritik göçme tipi ise, kirişin gövdesinin yanal burulmalı burkulmasıdır [13]. Bu göçmede, başlık gövdenin deformasyonu nedeniyle yanlara doğru bükülür ve burkulur. Bu durum, peteğin burulma direncini azaltır. Bu tür göçmeyi önlemek için, kirişin basınç bölgesine yanal destekleme kullanılır [8,13,25,27,28]. Petek kirişlerinde kaynak birleşimlerinin yırtılması, yatay kayma gerilmelerinin neden olduğu bir göçme türüdür. Bu gerilmeler, kaynaklı ek yerlerinin akma mukavemetini aştığında yırtılmaya neden olabilir. Bu göçmeyi önlemek için kaynak işleminin tasarım standartlarına uygun olması oldukça önemlidir [29]. Petek kirişin gövdesinde iki tür göçme meydana gelebilir. Birincisi, yoğun basınç kuvvetlerinden kaynaklanan gövdenin burkulması olup [15] ikinci tür göçme ise gövdenin yerel veya kesme burkulmasıdır; bu, gövdenin ince olmasından kaynaklanır. Bu göçme, gövdenin burkulmasına eşlik eden yanal yer değiştirme şeklinde ortaya çıkmaktadır [30-33].

Yazarların bilgisine göre petek kirişlerin düşey yer değiştirme optimizasyonu ateş böceği, çiçek tozlaşması ve yarasa algoritması ile daha önce araştırılan bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada üç adet etkin algoritma kullanılarak petek kirişin en uygun kesit boyutları olan kesit yüksekliği, üst ve alt başlıkların genişliği, başlık kalınlığı, gövde genişliği ve deliğin yüksekliği ve genişliği ile petek kirişin düşey yer değiştirmesini temsil eden amaç fonksiyon değeri hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar, iki metreden on metreye kadar farklı uzunluklardaki petek kirişler için yapılmıştır.

2. YÖNTEM

Bu çalışmada, çiçek tozlaşma algoritması (FPA), ateş böceği algoritması (FA) ve yarasa algoritması (BA) kullanılarak gövdesinde altıgen boşluklar bulduran ve düzgün yayılı yük etkisinde olan I petek kirişlerin düşey yer değiştirmeye dayalı optimizasyonu yapılmıştır.

2.1. Malzeme Özellikler

Kirişin yapıldığı malzeme ise S235 , S255 ve S355 olarak varsayılp tasarım sonuçları elde edilmiştir. Bu malzemelerin mekanik özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir.

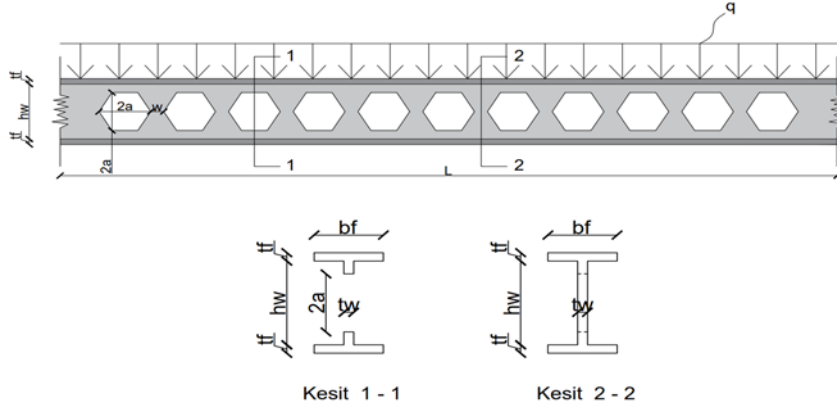
Çizelge 1. Çelik malzemelerinin mekanik özellikleri

Çelik sınıfı	f_y (Akma dayanımı)	σ_{em} (Emniyet gerilmesi)	Elastisite modülü
	MPa	MPa	MPa
S235	235	140	200000
S255	255	150	200000
S355	355	210	200000

2.2. Geometrik Özellikler

Kirişin geometrisi şekil 1’de çizilmiştir. Bu çalışmada yanal burulmalı burkulma, Vierendeel mekanizması, kaynak birleşimlerinin yırtılması ve kesme göçmesi gibi kısıtlar ihmal edilerek yalnız sehim için optimizasyon yapılmıştır. Kirişin gövdesinden bulunan boşluk sayıları dışarıdan girilerek boşluk ölçüsü ve boşluklar arası mesafe algoritmalar yardımıyla elde edilmiştir. Çözülen tüm kiriş modelleri için kenar boşluğu ile mesnet arasındaki mesafe 30 cm olarak sabit tutulmuştur. Bu mesafenin sabit tutulmasının amacı mesnete yakın bölgelerde gerilme ve iç kuvvetlerinin kirişin açıklık bölgesine göre daha büyük olmasıdır. Ele alınan petek kirişler için sabit – kayıcı sınır koşulu göz önüne bulundurulmuştur. Optimizasyon çalışmalarına ait parametrik sonuçlar on adet farklı kiriş uzunluğu ($L = 200$ cm, $L = 300$ cm,

$L = 400$ cm, $L = 500$ cm, $L = 600$ cm, $L = 700$ cm, $L = 750$ cm, $L = 800$ cm, $L = 900$ cm ve $L = 1000$ cm) için hesaplanmıştır. Bu uzunluklara ait boşluk sayıları Çizelge 2’de listelenmiştir.



Şekil 1. Kiriş geometrisi ve kesiti

Çizelge 2. Kiriş uzunlukları ve boşluk sayıları

Kiriş uzunluğu (L) - cm	Boşluk sayısı (n_b) - adet
200	5
300	9
400	11
500	15
600	17
700	21
750	22
800	23
900	27
1000	29

2.3. Tasarım Değişkenleri

Araştırmada kullanılan tasarım değişkenleri gövde yüksekliği (h_w), başlık genişliği (b_f), gövde genişliği (t_w), başlık kalınlığı (t_f), boşluk yüksekliği ($2a$) ve kaynak uzunluğu (w) için minimum ve maksimum değerler Çizelge 3’te özetlenmiştir.

Çizelge 3. Kiriş tasarım değişkenleri için minimum ve maksimum değerler listesi

Kısaltma	Tanım	Minimum değer (cm)	Maksimum değer (cm)
h_w	Gövde yüksekliği	10	72
b_f	Başlık genişliği	8	25
t_w	Gövde genişliği	0,7	1,5
t_f	Başlık kalınlığı	0,4	1,5
a	Boşluk yüksekliği / 2	$0,3 h_w$	$0,4 h_w$
w	Kaynak uzunluğu	$0,5 a$	a

2.4. Tasarım Kısıtları

Tasarım kısıtlamaları Eşitlik (1-3)’te verilmiştir. Birinci kısıt (g_1), kirişin etkin kesit alanını yani alt ve üst T kesitinin toplam alanını temsil etmekte olup bu alan 40 cm^2 ile sınırlandırılmıştır. İkinci kısıt (g_2) ise kirişin güvenle taşıyabileceği yükü temsil etmektedir. Bu kısıt için Çizelge 1’de verilen ve mazlmeye bağlı emniyet gerilmesi değerinden yararlanmıştır. Üçüncü kısıtta (g_3), kenar boşlukların merkezinden mesnete olan mesafenin 30 cm olduğu varsayılarak çubuğun toplam boyundan 60 cm eksiltiştir.

$$g_1 = 2 \times b_f \times t_f + t_w(h_w - a) \leq 40 \quad (1)$$

$$g_2 = (L^2 \times q \times (h_w + 2 \times t_f)) / (16 \times (\frac{1}{12} \times b_f \times (h_w + 2 \times t_f)^3 - 1/12 \times t_f^3 \times (b_f - t_w)) - 2 \times a^3 \times \frac{t_w}{3}) \leq \sigma_{em} \quad (2)$$

$$g_3 = (n_b - 1) \times w + 2 \times a \times n_b \leq L - 60 \quad (3)$$

2.5. Amaç Fonksiyonu

Optimizasyon problemi genellikle bir amaç fonksiyonu ile belirlenmektedir. Petek kirişlerin tasarımı, düşey yer değiştirme miktarının belirlenmesini gerektirebilir. Bu çalışmada düşey yer değiştirme değerinin mümkün olan en optimum seviyede tutulması istenmektedir. Basit kirişin maksimum yer değiştirmesi için amaç fonksiyonu, Eşitlik 4'te verilmiştir [10]. Petek kirişlerin en büyük yer değiştirmesi için ince ve kalın çubuk teorisi kullanılmaktadır. Kalın kiriş teorisi kullanıldığında kirişin gövdesinin kayma deformasyon teorilerine göre ele alınıp yer değiştirme değerlerinin saptanması gerekir. Bu çalışmada, kayma deformasyon etkisi ihmal edilerek ince çubuk teorisinin kullanılması benimsenmiştir.

$$Fx = 5 \times L^4 \times q / (384 \times E \times I_{re}) \quad (4)$$

Bu denklemede, q uygulanan düzgün yayılı yükün şiddetini, E çeliğin elastisite modülünü ve I_{re} petek kiriş için küçültülmüş alan atalet momentini tanımlamaktadır. Basit mesnetli kirişlerin yapısal analizi doğrultusunda amaç fonksiyonu denklemi kirişin ortasında oluşan en yüksek düşey yer değiştirme büyüklüğüdür. Küçültülmüş alan atalet momenti Eşitlik (5) ve düzgün yayılı yükün şiddeti Eşitlik (6) yardımıyla hesaplanır [10].

$$I_{re} = (1/12 \times b_f \times (h_w + 2 \times t_f)^3) - (\frac{1}{12} \times h_w^3 \times (b_f - t_w) - (2 \times a^3 \times \frac{t_w}{3})) \quad (5)$$

$$q = f_y \times I_{re} / (L^2 \times (h_w + 2 \times t_f)) \quad (6)$$

2.6. Çiçek Tozlaşma Algoritması (FPA)

Bu algoritma, erkekten dişiye polen transferi fikrine dayanmaktadır, bu süreç tozlaşma süreci olarak bilinmektedir. Bu, kendi kendine tozlaşma (yerel tozlaşma olarak adlandırılır) veya karışık tozlaşma (küresel tozlaşma olarak adlandırılır) şeklinde olabilir ve anahtar olasılık ile çözülecek sorunun alt ve üst sınırları ile nüfus sayısı tarafından kontrol edilmektedir. Algoritma, arama alanı içinde değerlerin dağıtılmasıyla başlar. Daha sonra amaç fonksiyonu hesaplanır ve seçilen anahtar olasılık katsayısına bağlı olarak arama işlemi küresel veya yerel olabilmektedir. Ardından adım boyutu belirlenir ve amaç fonksiyonu değeri yeni değerlere göre güncellenmektedir. Bu işlem, belirli bir yinleme sayısı tamamlanana kadar tekrar edeceği için burada bir döngü oluşturulur; bu çalışmada iterasyon sayısı 20,000 ve çiçek/popülasyon sayısı 20 olarak alınmıştır. Bu algoritma ile ilgili teorik bilgiler Yang ve arkadaşları [36]'de verilmiştir.

2.7. Ateşböceği Algoritması (FA)

Bu algoritma ateşböceklerinin yaydığı ışığın işlevine dayanmaktadır. Bu ışığın yoğunluğu, ateşböcekleri arasındaki mesafe arttıkça azalır ve ışığı emen hava, mesafe arttıkça bu yoğunluğu azaltmaya yardımcı olmaktadır. Bu algoritma, ters kare yasasına dayalı olarak sabit bir ışık emme katsayısını belirtir ve tüm ateşböceklerinin tek cinsiyette olduğunu ve ışık yoğunluğu ile birbirlerine çekildiğini, yani daha az parlak bir ateşböceğinin daha parlak olana doğru hareket ettiğini vurgular. Parlaklık arasında fark yoksa, ateşböcekleri rastgele hareket etmektedir. Parlaklık, amaç fonksiyonu ile yakından ilişkilidir ve her ateşböceğinin belirli bir konumu ve parlaklığı olmaktadır. Bu algoritma, rastgele bir çözüm kümesi oluşturularak, parlaklık yoğunluğunu hesaplayarak ve ardından grubun her bir ateşböceğinin yeni konumunu güncelleyerek başlamaktadır. Bir sonraki adım, yeni amaç fonksiyonunu hesaplamak ve eski fonksiyonla karşılaştırmaktır. Yeni olan daha iyiyse, veriler güncellenir ve sonlandırma kriterleri karşılanırsa işlem sona erer; aksi takdirde işlem tekrarlanır. Bu çalışmada 30,000 iterasyon sayısı ve 20 ateş böceği sayısı kullanılmıştır. Bu metodun kabulleri kısıtları ve teorisi Yang ve arkadaşları [36]'de mevcuttur.

2.7. Yarasa algoritması (BA)

Bu algoritma, bir yarasanın belirli bir konumu olduğunu, belirli bir hızda uçtuğunu ve dalga boyu ve yoğunluğuna göre değişen bir frekansa sahip olduğunu varsaymamaktadır. Dalga boyu veya frekans, yarasanın hedefe yakınlığına göre ayarlanır; burada amaç fonksiyonu, problem alanındaki en iyi çözümleri seçerek çözüm kalitesini değerlendiren bir araç olarak işlev görmektedir. Birincil fonksiyon değeri, ses ve darbe oranı kullanılarak yakınsama hızını kontrol eder. Yerel arama süreci, yeni konumların tekrarlanan güncellenmesi olarak kendini gösterir, çünkü yarasalar ile avlar arasındaki mesafeler güncellenmiş konumlara göre değişmektedir. Arama, belirli kriterler ve belirli yinelemeler doğrultusunda en iyi amaç fonksiyonu değerini bulmak için devam etmektedir. Bu çalışmada iterasyon sayısı 15,000 ve yarasa sayısı/popülasyon boyutu 60 olarak kabul edilmiştir. Bu algoritma ile ilgili detaylı teorik bilgiler Bekdaş ve arkadaşları [37]'de bulunabilir. Yukarıdaki algoritmaların uygulanması için Matlab programında kod yazılmıştır. Kod yazılmasında Bekdaş ve arkadaşları [37]'dan faydalanmıştır.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu çalışmada, ateş böceği, çiçek tozlaşması ve yarasa algoritmaları kullanılarak petek kirişler için optimum boyutlar sayısal olarak araştırılmıştır. Bilindiği üzere petek kirişlerin tasarımında kesme göçmesi, kaynak yırtılması göçmesi, yanal burulmalı burkulma göçmesi, Vierendeel göçmesi, eğilme göçmesi vb. kriterler önem arz etmektedir. Literatürde yapılan çalışmalara bakıldığında araştırmacılar çoğunlukla bu kriterlere göre optimizasyon yapmaktadır. Çelik yapı elemanlarının tasarımında yapıların güvenli olabilmesi için sehim kriterinin de projelendirme aşamasında dikkate alınması gerekir. Ancak, mevcut çalışmaların çoğu bu kısıtı gözardı ederek optimizasyon gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada literatürden farklı olarak yalnız sehim (en büyük yer değiştirme) değerlerine göre optimizasyon yapılarak tasarım için optimum değerlerin bulunması amaçlanmıştır.

Uygulamada kirişlere çeşitli sınır koşulları uygulanabilmektedir. Ancak, çelik kirişlerin sıcaklık etkisi altında belli bir miktar yatay yer değiştirmesine izin verilir. Bu durum kirişte iç kuvvetlerin oluşmamasını ve böylelikle kesitlerin büyümemesini sağlar. Bu sebepten mevcut çalışmada basit mesnetli kirişlerin analizi tercih edilmiştir. Kiriş için uzunluk ve ilgili boşluk sayıları Çizelge 2'de listelenmiştir. Başlık kalınlığı, boşluk yüksekliği, başlık genişliği, gövde yüksekliği, gövde genişliği ve kaynak uzunluğu için minimum ve maksimum değerler Çizelge 3'te özetlenmiştir. Sayısal örneklerde pratikte çoğunlukla kullanılan S235, S255 ve S355 çelik malzemeleri tercih edilmiştir. Statik analiz için gerekli olan malzeme özellikleri ise Çizelge 1'de gösterilmiştir. S235 için elde edilen sonuçlar Çizelge (4-5)'te, S255 için hesaplanan sonuçlar Çizelge (6-7)'de ve S355 malzemeli kiriş için tasarım değerleri Çizelge (8-9)'da listelenmiştir.

Çizelge (4-9) incelendiğinde petek kiriş üretiminde kullanılan malzeme türünün sonuçlar üzerinde çok belirgin bir etkisi olmadığı görülmektedir. Analizde ele alınan üç farklı malzeme tipi arasında kesit boyutları açısından kayda değer bir farklılık bulunmamaktadır. Bununla birlikte, yüksek akma gerilmesine sahip kirişlerde maksimum düşey yer değiştirme değerlerinin daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum, yüksek akma gerilmesine sahip kirişlerin taşıyabileceği yük kapasitelerinin yüksek olması ve elastisite modüllerinin aynı olmasından kaynaklanmaktadır. Kirişlerin eğilme kapasitesinde ve yer değiştirme değerlerinin hesaplanmasında önemli bir rolü olan gövde yüksekliğinin sonuçları her üç algortmada benzer sonuçlar vermektedir. Bu boyut, malzeme özelliklerinden çok etkilenmemektedir. Kirişin başlık genişliği için üç algoritma farklı değerler vermektedir. Uygulanan kısıtlarda bu değerler gövde yüksekliğine göre etkisinin az olması sebebiyle elde edilen sonuçların farklı olduğu düşünülmektedir. Çizelge (4-9)'e göre FPA algoritması gövde genişliği en yüksek değerleri ve BA algoritması gövde genişliği için en küçük değerleri vermektedir. Mühendislik pratiği açısından FPA değerlerinin daha uygulanabilir olduğu söylenebilir. FA ve FPA algoritmalarından elde edilen başlık genişlik değerlerinin birbirine yakın olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4. S235 için optimum tasarım değerleri (L=200,300,400,500,600 cm)

Tasarım değişkeni	Kullanılan algoritma	L = 200 cm	L = 300 cm	L = 400 cm	L = 500 cm	L = 600 cm
h_w (cm)	FPA	38.8890	36.3410	41.3292	39.6396	42.8438
	FA	38.8889	36.3636	41.9753	39.6396	42.8571
	BA	38.8872	36.3548	41.9262	39.6387	42.8567
b_f (cm)	FPA	25.0000	24.9926	10.2268	25.0000	10.9978
	FA	12.8628	9.2234	9.1062	9.4270	10.7449
	BA	8.9959	9.4062	9.2718	8.8740	8.5832
t_w (cm)	FPA	0.7000	0.7000	0.7000	0.8829	1.2574
	FA	0.7028	0.7772	0.7000	1.3089	1.1643
	BA	0.7000	0.7000	0.7000	0.7238	0.7000
t_f (cm)	FPA	1.5000	1.5000	1.5000	1.5000	1.5000
	FA	1.5000	1.5000	1.5000	1.5000	1.5000
	BA	1.5000	1.5000	1.5000	1.5000	1.5000
a (cm)	FPA	11.6667	10.9023	12.3988	11.8759	12.8531
	FA	11.6667	10.8091	12.5926	11.8919	12.8571
	BA	11.6661	10.9064	12.5779	11.8916	12.8570
w (cm)	FPA	5.8333	5.4698	6.7227	5.9809	6.4371
	FA	5.8333	5.4545	6.2963	5.9459	6.4286
	BA	5.8331	5.4532	6.2289	5.9458	6.4285
F_x (cm)	FPA	0.0146	0.0353	0.0549	0.0899	0.1203
	FA	0.0146	0.0353	0.0549	0.0898	0.1203
	BA	0.0146	0.0353	0.0549	0.0898	0.1203

Çizelge 5. S235 için optimum tasarım değerleri (L=700,750, 800, 900, 1000 cm)

Tasarım değişkeni	Kullanılan algoritma	L = 700 cm	L = 750 cm	L = 800 cm	L = 900 cm	L = 1000 cm
h_w (cm)	FPA	41.0254	42.2018	43.2749	41.7600	43.5185
	FA	41.0254	42.2018	43.2749	41.7910	43.5185
	BA	41.0236	42.1997	43.2622	41.7899	43.5177
b_f (cm)	FPA	11.7070	17.0027	25.0000	9.5791	15.0462
	FA	11.5340	21.3614	24.4363	8.9140	13.5612
	BA	8.9911	9.2825	8.8065	8.9392	8.3595
t_w (cm)	FPA	1.5000	0.7000	0.7000	1.5000	0.8657
	FA	1.0731	0.9177	0.9226	1.0406	1.4279
	BA	0.7000	0.7000	0.7390	0.7494	0.7267
t_f (cm)	FPA	1.5000	1.5000	1.5000	1.5000	1.5000
	FA	1.5000	1.5000	1.5000	1.5000	1.5000
	BA	1.5000	1.5000	1.5000	1.5000	1.5000
a (cm)	FPA	12.3076	12.6606	12.9825	12.5280	13.0555
	FA	12.3077	12.6606	12.9825	12.5373	13.0556
	BA	12.3071	12.6599	12.9787	12.5370	13.0553
w (cm)	FPA	6.1540	6.3303	6.4912	6.2880	6.5278
	FA	6.1538	6.3303	6.4912	6.2689	6.5278
	BA	6.1535	6.3300	6.4893	6.2685	6.5277
F_x (cm)	FPA	0.1705	0.1906	0.212	0.277	0.3293
	FA	0.1705	0.1906	0.2119	0.277	0.3293
	BA	0.1705	0.1906	0.2119	0.277	0.3292

Çizelge 6. S255 için optimum tasarım değerleri (L=200,300,400,500,600 cm)

Tasarım değişkeni	Kullanılan algoritma	L = 200 cm	L = 300 cm	L = 400 cm	L = 500 cm	L = 600 cm
h_w (cm)	FPA	38.8889	36.1316	41.8953	39.6396	42.8571
	FA	38.8889	36.3636	41.9753	39.6396	42.8571
	BA	38.8855	36.3353	41.9640	39.6377	42.8570
b_f (cm)	FPA	8.2776	25.0000	9.0824	18.4651	25.0000
	FA	10.5427	19.2273	10.7452	23.1754	14.8044
	BA	9.0079	9.9409	8.8349	9.0250	9.1971
t_w (cm)	FPA	0.7167	0.7005	0.7000	1.1383	1.5000
	FA	1.4108	1.3067	0.9190	1.0213	0.8538
	BA	0.7000	0.7000	0.7000	0.7678	0.7000
t_f (cm)	FPA	1.5000	1.5000	1.5000	1.5000	1.5000
	FA	1.5000	1.5000	1.5000	1.5000	1.5000
	BA	1.5000	1.5000	1.5000	1.5000	1.5000
a (cm)	FPA	11.6667	10.8395	12.5686	11.8919	12.8871
	FA	11.6667	10.9091	12.5926	11.8919	12.8571
	BA	11.6656	10.9053	12.5892	11.8913	12.8571
w (cm)	FPA	5.8333	5.6112	6.2491	5.9459	6.4286
	FA	5.8333	5.4545	6.2963	5.9459	6.4286
	BA	5.8328	5.4512	6.2946	5.9457	6.4285
F_x (cm)	FPA	0.0157	0.03822	0.0588	0.097	0.1303
	FA	0.0157	0.03822	0.0588	0.097	0.1303
	BA	0.0157	0.03822	0.0588	0.097	0.1303

Çizelge 7. S255 için optimum tasarım değerleri (L=700,750, 800, 900, 1000 cm)

Tasarım değişkeni	Kullanılan algoritma	L = 700 cm	L = 750 cm	L = 800 cm	L = 900 cm	L = 1000 cm
h_w (cm)	FPA	41.0256	42.2018	43.2749	41.7688	43.5185
	FA	41.0256	42.2018	43.2749	41.7910	43.5185
	BA	41.0249	42.2018	43.2747	41.7894	43.5185
b_f (cm)	FPA	14.7274	25.0000	8.0000	14.3884	8.0000
	FA	13.4461	23.4113	8.9940	11.1301	8.6387
	BA	8.2858	9.2139	8.5769	8.6965	8.6226
t_w (cm)	FPA	1.0837	0.7000	1.5000	0.8571	0.7000
	FA	1.5000	1.4298	1.4254	0.9317	1.2378
	BA	0.7000	0.7000	0.7000	0.7000	0.7000
t_f (cm)	FPA	1.5000	1.5000	1.5000	1.5000	1.5000
	FA	1.5000	1.5000	1.5000	1.5000	1.5000
	BA	1.5000	1.5000	1.5000	1.5000	1.5000
a (cm)	FPA	12.3077	12.6606	12.9825	12.5306	13.0556
	FA	12.3077	12.6606	12.9825	12.5373	13.0556
	BA	12.3075	12.9824	12.9824	13.0554	13.0554
w (cm)	FPA	6.1538	6.3303	6.4912	6.2825	6.5278
	FA	6.1538	6.3303	6.4912	6.2687	6.5278
	BA	6.1537	6.3302	6.6378	6.5277	6.5277
F_x (cm)	FPA	0.18424	0.2068	0.22932	0.2999	0.35672
	FA	0.18424	0.2068	0.22932	0.2999	0.35672
	BA	0.18424	0.2068	0.22932	0.2999	0.35672

Çizelge 8. S355 için optimum tasarım değerleri (L=200,300,400,500,600 cm)

Tasarım değişkeni	Kullanılan algoritma	L = 200 cm	L = 300 cm	L = 400 cm	L = 500 cm	L = 600 cm
h_w (cm)	FPA	38.8889	36.3636	41.9753	39.6395	42.8537
	FA	38.8889	36.3636	41.9753	39.6396	42.8571
	BA	38.8507	36.3630	41.9727	39.6344	42.8528
b_f (cm)	FPA	16.3884	25.0000	25.0000	25.0000	20.8046
	FA	14.1181	9.1737	11.9905	20.3979	15.6762
	BA	9.4825	9.5088	8.7141	9.0362	8.7394
t_w (cm)	FPA	1.5000	1.5000	1.5000	0.7000	0.7000
	FA	1.1629	0.9099	1.2873	1.4190	1.3041
	BA	0.7000	0.7204	0.7000	0.7000	0.7000
t_f (cm)	FPA	1.5000	1.5000	1.5000	1.5000	1.5000
	FA	1.5000	1.5000	1.5000	1.5000	1.5000
	BA	1.5000	1.5000	1.5000	1.5000	1.5000
a (cm)	FPA	11.6667	10.9091	12.5926	11.8919	12.8561
	FA	11.6667	10.9091	12.5926	11.8919	12.8571
	BA	11.6552	10.9089	12.5918	11.8903	12.8558
w (cm)	FPA	5.8333	5.4545	6.2963	5.9460	6.1538
	FA	5.8333	5.4545	6.2963	5.9459	6.1538
	BA	5.8276	5.4545	6.2959	5.9452	6.4279
F_x (cm)	FPA	0.02156	0.05292	0.08134	0.13426	0.18032
	FA	0.02156	0.05292	0.08134	0.13426	0.18032
	BA	0.02156	0.05292	0.08134	0.13426	0.18032

Çizelge 9. S355 için optimum tasarım değerleri (L=700,750, 800, 900, 1000 cm)

Tasarım değişkeni	Kullanılan algoritma	L = 700 cm	L = 750 cm	L = 800 cm	L = 900 cm	L = 1000 cm
h_w (cm)	FPA	41.0256	42.2018	43.2749	41.7910	43.5185
	FA	41.0256	42.2018	43.2749	41.7910	43.5185
	BA	41.0248	42.2011	43.2733	41.7906	43.5115
b_f (cm)	FPA	21.1272	19.5431	19.3459	11.2698	25.0000
	FA	8.6286	11.6624	10.9708	8.3582	12.1932
	BA	8.6861	9.0528	8.9289	9.1270	8.7405
t_w (cm)	FPA	0.7536	0.7000	0.7096	0.7000	0.7000
	FA	1.2427	0.8184	0.7000	1.5000	1.0357
	BA	0.7000	0.7000	0.7000	0.7000	0.7000
t_f (cm)	FPA	1.5000	1.5000	1.5000	1.5000	1.5000
	FA	1.5000	1.5000	1.5000	1.5000	1.5000
	BA	1.5000	1.5000	1.5000	1.5000	1.5000
a (cm)	FPA	12.3077	12.6606	12.9825	12.5373	13.0556
	FA	12.3077	12.6606	12.9825	12.5373	13.0556
	BA	12.3074	12.6603	12.9820	12.5372	13.0534
w (cm)	FPA	6.1538	6.3303	6.4912	6.2687	6.5278
	FA	6.1538	6.3303	6.4912	6.2687	6.5278
	BA	6.1537	6.3302	6.4910	6.2686	6.5267
F_x (cm)	FPA	0.25578	0.28616	0.31752	0.41552	0.49392
	FA	0.25578	0.28616	0.31752	0.41552	0.49392
	BA	0.25578	0.28616	0.31752	0.41552	0.49392

7. Hasançebi, O., Teke, T., Pekcan, O., 2013. A bat-inspired algorithm for structural optimization. *Computers & Structures*, 128, 77-90.
8. Sorkhabi, R.V., Naseri, A., Naseri, M., 2014. Optimization of the castellated beams by particle swarm algorithms method. *APCBEE Procedia*, 9, 381-387.
9. Barkiah, I., Darmawan, A.R., 2021. Comparison behavior of flexural capacity castellated beam of hexagonal opening with circle opening. *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)*, 12(8).
10. Elaiwi, S.S., 2019. Analysis and design of castellated beams. Doctoral Dissertation. University of Plymouth. United Kingdom.
11. Hosain, M.U., Spiers, W.G., 1973. Experiments on castellated steel beams. *J Am Weld Soc, Weld Res Suppl*, 52(8), 329-3423.
12. Pachpor, P.D., Gupta, L.M., Deshpande, N.V., Bedi, K., 2011. Parametric study of castellated Beam. *Advanced Materials Research*, 163, 842-845.
13. Megharief, J.D., 1997. Behavior of composite castellated beams. Master Thesis, Department of Civil Engineering and Applied Mechanics, McGill University, Canada.
14. Kshirsagar, V.V., Parekar, S.R., 2018. Behaviour of castellated beams with and without stiffeners-A review. *Behaviour*, 5(04), 2964-2969.
15. Mezher, N.A.M., Noori, A.R., Ertürkmén, D., 2023. Influence of the web opening shapes on the bending and free vibration responses of castellated steel beams. *International Journal of Engineering Technologies IJET*, 8(2), 83-100.
16. Mehetre, A.J., Talikoti, R.S., 2020. Effect of fillet radii on moment carrying capacity of sinusoidal web opening castellated steel beams in comparison with hexagonal web openings. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Civil Engineering*, 44, 151-161.
17. Hashim, N.S., De'nan, F., 2024. The magnitude of stress concentration of I-beam with web opening because of lateral-torsional buckling effects. *World Journal of Engineering*, 21(2), 386-397.
18. Boyer, J.P., 1964. Castellated beams-new developments. *AISC Engineering Journal*, 1(3), 104.
19. Mohebbkhan, A., Showkati, H., 2005. Bracing requirements for inelastic castellated beams. *Journal of Constructional Steel Research*, 61(10), 1373-1386.
20. Durif, S., Bouchair, A., 2012. Behavior of cellular beams with sinusoidal openings. *Procedia Engineering*, 40, 108-113.
21. Deshmukh, M.N., Kasnale, A., 2019. Behaviour of castellated beam with coupled stiffener. *Behaviour*, 6(06), 353-360.
22. Yuan, W.B., Yu, N.T., Bao, Z.S., Wu, L.P., 2016. Deflection of castellated beams subjected to uniformly distributed transverse loading. *International Journal of Steel Structures*, 16, 813-821.
23. De Oliveira, J.P., Cardoso, D.C.T., Sotelino, E.D., 2019. Elastic flexural local buckling of Litzka castellated beams: Explicit equations and FE parametric study. *Engineering Structures*, 186, 436-445.
24. Kang, L., Hong, S., Liu, X., 2021. Shear behaviour and strength design of cellular beams with circular or elongated openings. *Thin-Walled Structures*, 160, 107353.
25. Ferreira, F.P.V., Martins, C.H., De Nardin, S., 2020. Advances in composite beams with web openings and composite cellular beams. *Journal of Constructional Steel Research*, 172, 106182.
26. Demirdjian, S., 1999. Stability of castellated beam webs. Master Thesis, Department of Civil Engineering and Applied Mechanics, McGill University, Canada.
27. Kshirsagar, V.V., Parekar, S.R., 2018. Behaviour of castellated beams with and without stiffeners-A review. *Behaviour*, 5(04), 2964-2969.
28. Morkhade, S.G., Shirke, T., Mansuke, A., Chavan, M.U., Gupta, L.M., 2021. Experimental and analytical investigation of castellated steel beams with varying openings eccentricity. *Journal of the Institution of Engineers (India): Series A*, 102(2), 479-488.
29. Verweij, J.G., 2010. Cellular beam-columns in portal frame structures. Master Thesis, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands.
30. Panedpojaman, P., Thepchatri, T., Limkatanyu, S., 2014. Novel design equations for shear strength of local web-post buckling in cellular beams. *Thin-Walled Structures*, 76, 92-104.
31. Grilo, L.F., Fakury, R.H., De Souza Verissimo, G., 2018. Design procedure for the web-post buckling of steel cellular beams. *Journal of Constructional Steel Research*, 148, 525-541.
32. Tsavdaridis, K.D., D'Mello, C., 2011. Web buckling study of the behaviour and strength of perforated steel beams with different novel web opening shapes. *Journal of Constructional Steel Research*, 67(10), 1605-1620.
33. Erdal, F., Saka, M.P., 2013. Ultimate load carrying capacity of optimally designed steel cellular beams. *Journal of Constructional Steel Research*, 80, 355-368.

34. Łukasik, S., Żak, S., 2009. Firefly algorithm for continuous constrained optimization tasks. In Computational Collective Intelligence. Semantic Web, Social Networks and Multiagent Systems: First International Conference, Springer Berlin Heidelberg. ICCCI 2009, Wrocław, Poland, October 5-7, 2009. Proceedings 1, 97-106.
35. Johari, N.F., Zain, A.M., Noorfa, M.H., Udin, A., 2013. Firefly algorithm for optimization problem. Applied Mechanics and Materials, 421, 512-517.
36. Yang, X.S., Bekdaş, G., Nigdeli, S.M., 2016. Metaheuristics and optimization in civil engineering. Switzerland, Cham: Springer International Publishing.
37. Bekdaş, G., Nigdeli, S.M., Yücel, M., Kayabekir, A.E., 2021. Yapay zeka optimizasyon algoritmaları ve mühendislik uygulamaları. Seçkin Yayıncılık, Ankara.