



ÇELİK ÇERÇEVELERİN FARKLI STOKASTİK YÖNTEMLER KULLANILARAK OPTİMUM BOYUTLANDIRILMASI

¹Aybike ÖZYÜKSEL ÇİFTÇİOĞLU, ²Erkan DOĞAN

¹⁻²Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Manisa, TÜRKİYE
¹aybike.ozyuksel@cbu.edu.tr, ²erkan.dogan@cbu.edu.tr

(Geliş/Received: 27.02.2019; Kabul/Accepted in Revised Form: 30.05.2019)

ÖZ: Bu çalışmada rijit çelik çerçevelerin Av Arama, Parçacık Sürü ve Büyük Patlama - Büyük Çöküş optimizasyon yöntemlerini temel alan üç farklı optimum tasarım algoritması sunulmuştur. Av Arama optimizasyon algoritması kurt, aslan, yunus gibi hayvanların grupça avlanmalarından esinlenilerek geliştirilmiştir. Grupta yer alan hayvanlar (avcılar) avlarını bir daire içine alır ve yakalarlar. Avcılar, kokularının av tarafından hissedilmemesi için rüzgâra doğru durmazlar. Bu avcılardan her birisi yapısal bir optimizasyon problemi için aday bir çözüm oluşturur. Parçacık Sürü optimizasyon algoritması sürü halinde hareket eden kuş, balık ve böceklerden esinlenerek geliştirilmiş bir yöntemdir. Sürüdeki her hayvan (parçacık) kendi konumunu sürüde bulunan diğer parçacıklara ve kendisinin bir önceki konumuna göre düzenler. Hedefe ulaşmaya kadar bu süreç devam eder. Büyük Patlama – Büyük Çöküş optimizasyon algoritması evrenin büyük patlama ve büyük çöküş hipotezinden esinlenilmiştir. Büyük Patlama evresinde Merkez Noktası ya da Kütle Merkezi olarak adlandırılan benzersiz bir nokta üretilmektedir. Algoritma kapsamında Kütle Merkezi yakınlarında yeni adaylar belirlenir, uygunlukları hesaplanır ve içlerinden en iyisi seçilir. Çalışma kapsamında üç katlı üç açıklıklı, beş katlı üç açıklıklı ve yedi katlı üç açıklıklı olmak üzere üç adet çelik çerçevenin bu algoritmalar ile en küçük ağırlıkları bulunacak şekilde optimum boyutlandırılmaları yapılmıştır. Boyutlandırma yapılırken LRFD-AISC (Yük ve Dayanım Katsayılarıyla Tasarım (YDKT)) yönetmeliğindeki sınırlayıcıların sağlanması hedeflenmiştir. Ayrıca, üç teknik birbiriyle kıyaslanmış, Parçacık Sürü algoritması 2 örnekte en iyi sonucu bulması açısından diğerlerine kıyasla daha iyi bir performans sergilemiş, Av Arama algoritması da onu takip etmiştir. Her örnek için en küçük ağırlığı bulan tekniğin sonuçları baz alınarak çerçevelerin SAP2000 analiz programı ile yük altında deplasman analizleri yapılmıştır. Son olarak, çerçevelerin en üst kat yanal deplasmanları belirlenmiş ve yorumlarda bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Optimizasyon, Çelik Çerçeve, Av Arama, Parçacık Sürü, Büyük Patlama- Büyük Çöküş.

Optimum Design of Steel Frames Using Different Stochastic Techniques

ABSTRACT: In this study, three different optimum design algorithms including Hunting Search, Particle Swarm and Big Bang - Big Crunch techniques of rigid steel frames are presented. Hunting Search optimization algorithm is developed by inspiring group hunting of animals such as wolf, lion and dolphin. Animals (predators) in the group circle their hunts and catch them in the end. Predators do not stand towards wind not to felt their smells by prey animals. Each of these predators constitutes a solution for a structural optimization problem. Particle Swarm optimization algorithm technique is developed by inspiring flock animals such as birds, fishes and insects. Each animal in the flock (particle) arranges its position according to other particles in the flock and its previous position. This process continues until reaching the target. Big Bang – Big Crunch optimization algorithm is inspired by the big bang and big crunch hypothesis of the universe. A unique point which is called as Center point or center of mass is generated in the Big Bang phase. In the scope of the algorithm, new candidates are determined around the center of mass, suitability of them is calculated and the best one among them is selected. In

this study, optimum sizing of three steel frames (three storey- three bay, five storey- three bay, seven storey- three bay rigid steel frames) by considering minimum weight values is performed by using these algorithms. Designs are carried out in accordance with the principles in LFRD-AISC (Load and Resistance Factor Design - American Institute of Steel Construction). Besides, three techniques are compared to each other, the particle swarm algorithm showed better performance than the others in terms of finding the best results in two examples, hunting search algorithm also followed it. The results of the technique in which the least weight is calculated is taken into consideration and the displacement analysis of the frames are made under loading by SAP2000 analysis program. Finally, peak point lateral displacements are determined and interpretations are made.

Key Words: Optimization, Steel Frames, Hunting Search, Particle Swarm, Big Bang - Big Crunch.

GİRİŞ (INTRODUCTION)

Eski zamanlardan beri insanlar, faydayı en üst düzeyde tutarak ekonomiyi en alt sınıra çekmeye çalışmaktadır. Doğadaki kaynakların sınırlı oluşu insanoğlunu optimum olanı bulmaya zorunlu kılmıştır. Bu bağlamda optimizasyon, belirlenmiş bazı kısıtları sağlayacak şekilde en iyi çıktıya (sonuca) ulaşmaktır (Doğan, 2010).

En iyi şekilde hedefe ulaşmak için öncelikle amaç belirlenmelidir. Bir optimizasyon probleminde tanımlanan amaç fonksiyonu fayda ya da maliyet gibi optimize edilmek istenen bir nicelik gösterir. Daha sonra sınırlayıcılar ve tasarım değişkenleri ayrı ayrı tanımlanmalıdır. Tasarım değişkenlerinin tipi problemin türüne ya da ihtiyaca göre değişiklik gösterebilir. Sınırlayıcılar genellikle değişkenlerin sağlaması gereken kurallardan veya sistem kısıtlamalarından oluşur. Genel bir optimizasyon problemi, sınırlayıcıların sağlandığı ve belirlenen amaç fonksiyonunun minimum ya da maksimum yapıldığı en iyi değerlerin (değişkenler) seçilmesi olarak ifade edilebilir.

Stokastik optimizasyon yöntemlerinde yaşanan ilerlemelerin bir sonucu olarak daha verimli şekilde çalışan yeni teknikler yapı mühendislerinin kullanımına sunulmuştur. Bu tekniklerin kullanılması ile, yapısal optimizasyon problemlerinin çözümü matematiksel programlama yöntemleri ile elde edilen çözümlere göre çok daha etkin hale gelmiştir. Bu yöntemlerin temelindeki mantık sürü zekâsı, en iyi olanın hayatta kalması gibi prensiplerin sayısal algoritmalar içinde taklit edilmesidir.

Genel bir optimizasyon probleminin matematiksel modeli şu şekilde tanımlanabilir (Doğan,2012);

Minimum

$$z = f(x)$$

Kısıtlar:

$$g_i(x) \leq 0, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$h_j(x) = 0, \quad j = 1, 2, \dots, p$$

$$x_i \in X, \quad X = \{x_1, x_2, \dots, x_q\}$$

Bu çalışmada rijit çelik çerçevelerin boyutlandırılmasında Av Arama, Parçacık Sürü ve Büyük Patlama- Büyük Çöküş stokastik optimizasyon yöntemleri kullanılmış, çelik çerçevelerin kolon ve kirişlerinde en uygun profillerin kullanılması ile ağırlıklarının minimize edilmesi amaçlanmıştır.

OPTİMİZASYON YÖNTEMLERİ(OPTIMIZATION TECHNIQUES)

Av Arama Optimizasyon Yöntemi(Hunting Search Optimization Technique)

Av Arama algoritması kurtlar, aslanlar, yunuslar gibi hayvanların grup halinde avlanmalarından esinlenilerek oluşturulmuştur. Genel olarak bir grup halinde avı çevreler ve yakalayana kadar çemberi daraltırlar. Grubun her üyesi (avcı) pozisyonunu, diğer üyelerin pozisyonuna ve kendisinin bir önceki pozisyonuna bağlı olarak ayarlar. Av çemberden kaçarsa üyeler avı tekrar grup içine almak için grubu yeniden düzenlerler (Saka ve diğ.,2013). Algoritma tekniğinde ilk olarak yöntemin parametreleri belirlenir. İkinci adımda avcılar rastgele oluşturulur. Üçüncü adım olarak avcılar pozisyonları güncellenir. Dördüncü adımda avcılar birbirlerine ve lidere göre yeniden koordine olurlar. Beşinci adım olarak avcılar lokal optimuma yakalanmamak ve global optimuma ulaşabilmek için konumlarını tekrar güncellerler. Bu süreç durdurma kriteri sağlanana kadar tekrarlanır (Oftadeh ve diğ., 2010).

Parçacık Sürü Optimizasyon Yöntemi(Hunting Search Optimization Technique)

Parçacık Sürü optimizasyon yöntemi, temellerini Reynolds'un (1987) kuşların ya da balıkların sosyal davranışlarından esinlenerek 1987 yılında oluşturduğu, Eberhart ve Kennedy'in (1995) geliştirdiği popülasyon temelli bir stokastik optimizasyon tekniğidir. Bu teknikte kümeyi oluşturan bir sürü parçacık vardır. Her parçacık optimum tasarım probleminin aday bir çözümünü temsil eder. Her parçacık komşu parçacığın ortalama istikametine yönelir fakat komşu parçacığa çok yakın olduklarında konumlarını değiştirirler. Her parçacık sürü liderinin konumuna yaklaşmak ister ve hangi konumun lidere daha yakın olduğunu diğer parçacıklarla paylaşır. Algoritma tekniğinde ilk olarak her parçacığın konumu ve hızı rastgele belirlenir. İkinci adımda amaç fonksiyonu hesaplanır. Üçüncü adımda optimum parçacık konumu güncellenir. Dördüncü adımda her parçacığın konumu, beşinci adımda ise her parçacığın hızı güncellenir. Bu adımlar maksimum iterasyon sayısı kadar tekrarlanır (Saka ve diğ.,2013).

Büyük Patlama - Büyük Çöküş Optimizasyon Yöntemi(Big Bang- Big Crunch Optimization Technique)

Büyük Patlama - Büyük Çöküş optimizasyon yöntemi Erol ve Eksin'in (2006) evrenin büyük patlama ve büyük çöküş kuramından esinlenerek 2006 yılında oluşturduğu bir yöntemdir. Bu teknikte genel olarak "Büyük Patlama" ve "Büyük Çöküş" olmak üzere iki ana faz bulunmaktadır. Büyük Patlama fazında bireyler (aday çözümler) arama uzayında rastgele oluşturulurlar. Büyük Çöküş olarak adlandırılan 2. fazda ise en uygun birey veya popülasyonun ağırlık merkezi hesaplanır. Tüm büyük patlamalar büyük çöküş fazında bulunan ağırlık merkezi etrafında olmaktadır. Algoritmada ilk adım olarak kısıtlar dahilinde popülasyon rastgele oluşturulur. İkinci adım olarak her bir birey için uygunluk fonksiyonu oluşturulur. Üçüncü adımda optimum birey hafızaya alınır. Dördüncü adımda kütle merkezi hesaplanır. Beşinci adımda kütle merkezi civarında yeni adaylar belirlenir. Bu adımlar maksimum iterasyon sayısı kadar tekrarlanır (Arsan, 2018).

ÇELİK ÇERÇEVELERİN LRFD-AISC'E GÖRE OPTİMUM TASARIMI (OPTIMUM DESIGN OF STEEL FRAMES ACCORDING TO LRFD-AISC)

Genel olarak, rijit çelik çerçevelerin tasarımı, standart bir çelik kesit tablosundan, çerçevenin girişleri ve kolonları için gerekli çelik kesitleri seçmek suretiyle yapılmaktadır. Tasarım, çerçevenin malzeme maliyetinde ekonomi gözlenirken, çerçevenin belirtilen dayanım gereksinimlerini ve kullanım şartlarını karşılayabileceği şekilde yapılmalıdır (Kaveh, 2013; Aydoğdu ve diğ., 2016; Doğan, 2012; Saka, 2009; Erdem, 2015; Gücüyen, 2014; Kaveh, 2011; Kamal ve diğ.,2015; Khalilpourazari, 2019; Khalilpourazari, 2017). Çelik çerçeve optimum tasarım problem aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

Minimum:

$$W = \sum_{i=1}^q \gamma_i L_i x_i \quad (1)$$

W: çelik çerçeve ağırlığını, γ : çeliğin yoğunluğunu, L_i : i. elemanın uzunluğunu, x_i : i. elemanın kesit alanını, q ise tasarım değişkenlerinin toplam sayısını ifade etmektedir.

Tasarımlar, LRFD-AISC (Yük ve Direnç Faktörü Tasarımı - Amerikan Çelik Konstrüksiyon Enstitüsü) [14] şartnamesince öngörülen hükümler doğrultusunda gerçekleştirilmiş, tasarım kriterleri (sınırlayıcılar) ise aşağıda gösterilmiştir:

$$g_1(x) = \left(\frac{P_u}{\phi P_n} \right) + \left(\frac{8}{9} \left(\frac{M_u}{\phi M_n} \right) \right) - 1.0 \leq 0 \quad \frac{P_u}{\phi P_n} \geq 0.2 \quad (2)$$

$$g_2(x) = \left(\frac{P_u}{2\phi P_n} \right) + \left(\frac{M_u}{\phi M_n} \right) - 1.0 \leq 0 \quad \frac{P_u}{\phi P_n} \leq 0.2 \quad (3)$$

g_1 ve g_2 kısıtları, uygulanan aksel yük (P_u) ve uygulanan moment (M_u) ile, aksel yük kapasitesi (P_n) ve moment kapasitesi (M_n) arasındaki ilişkiyi gösterir. ϕ , azaltma katsayısıdır.

$$g_3(x) = \frac{V_u}{\phi V_n} - 1 \leq 0 \quad (4)$$

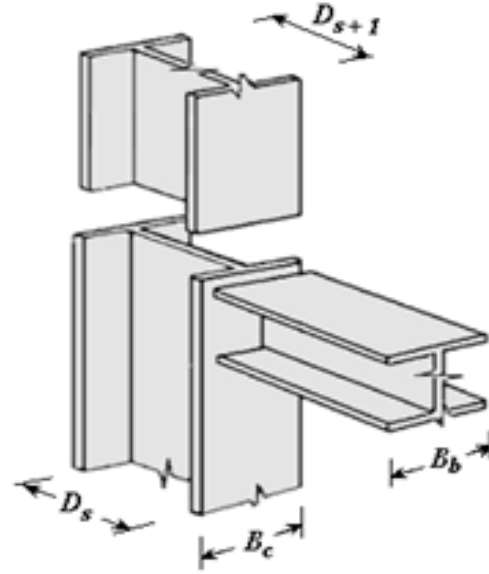
g_3 kısıtı, uygulanan kesme kuvvetinin (V_u), kesme kapasitesinin (V_n) belli bir azaltma katsayısı (ϕ) ile çarpılmış halinden küçük olması gerektiğini ifade eder.

$$g_4(x) = \frac{(\delta_j - \delta_{j-1})}{\delta_{ju}} - 1 \leq 0 \quad j = 1, \dots, ns \quad (5)$$

g_4 kısıtı, katlar arası yanal deplasman farkının ($\delta_j = j$. kattaki yanal deplasman, $\delta_{j-1} = 'j-1'$. kattaki yanal deplasman), izin verilebilir yanal deplasmandan ($\delta_{ju} =$ izin verilebilir yanal deplasman) küçük ya da ona eşit olması gerektiğini ifade eder. ns , toplam kat sayısıdır.

$$g_5(x) = \frac{\delta_i}{\delta_{iu}} \leq 0 \quad i = 1, \dots, nd \quad (6)$$

g_5 kısıtı, en üst kat yanal deplasmanının ($\delta_i =$ en üst kat maximum yanal deplasmanı), izin verilebilir yanal deplasman üst sınırından ($\delta_{iu} =$ izin verilebilir yanal deplasman üst sınırı) küçük olması gerektiğini ifade eder. nd , kısıtlı deplasman sayısıdır.



Şekil 1. Kolon- kiriş bağlantı detayı
Figure 1. Detail of beam to column connection

Şekil 1’de kolon- kiriş bağlantı detayı gösterilmiştir. Buna göre;

B_b = kiriş profil başlık genişliği

B_c = kolon profil başlık genişliği

D_s = alt kolon profil yüksekliği

D_{s+1} = üst kolon profil yüksekliği olarak ifade edilir.

Bu bağlamda yukarıda açıklanan sınırlayıcılara ilave olarak, kolon ve kiriş bağlantıları için çözümün uygulanabilir olması açısından tasarım problemine aşağıdaki uygunluk sınırlayıcıları eklenecektir.

$$g_6(x) = \frac{B_b}{B_c} - 1 \leq 0 \quad (7)$$

g_6 kısıtı, kiriş profil başlık genişliğinin, kolon profil başlık genişliğinden kısa olması gerektiğini,

$$g_7(x) = \frac{D_{s+1}}{D_s} - 1 \leq 0 \quad (8)$$

g_7 kısıtı, üst kolon profil yüksekliğinin alt kolon profil yüksekliğinden kısa olması gerektiğini,

$$g_8(x) = \frac{m_{s+1}}{m_s} - 1 \leq 0 \quad (9)$$

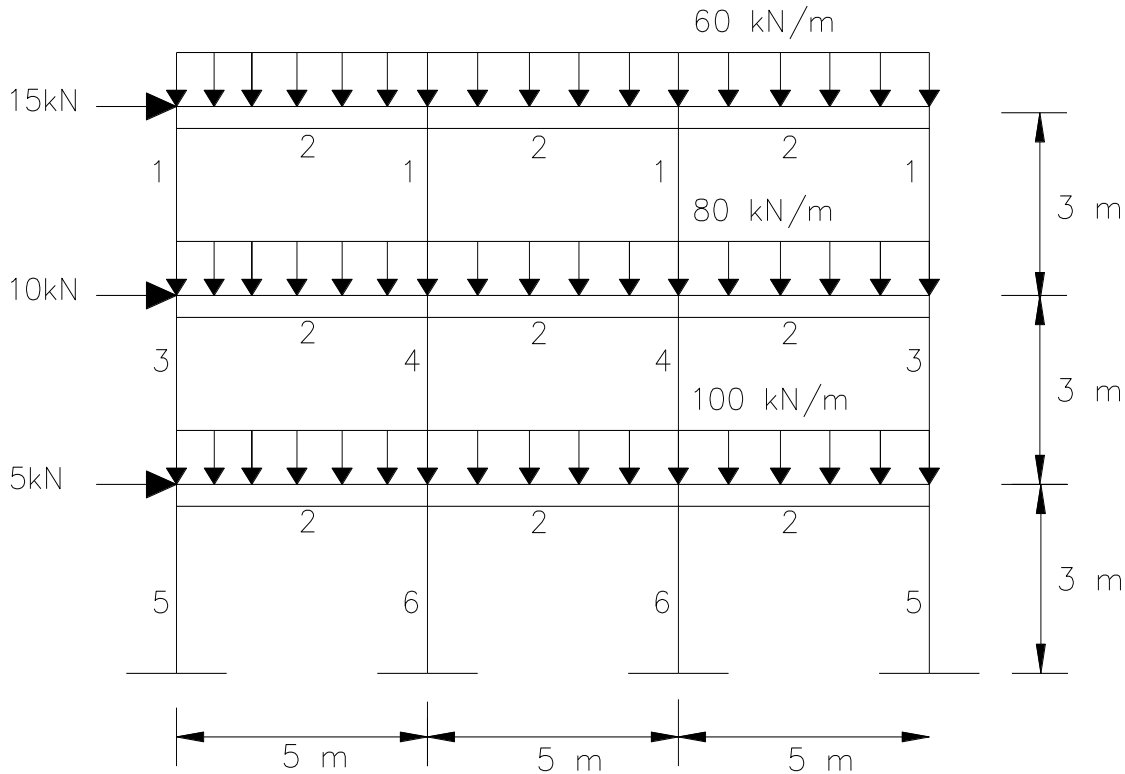
g_s kısıtı, üst kolon birim boy ağırlığının alt kolon birim boy ağırlığından az olması gerektiğini ifade eder [1].

TASARIM PROBLEMLERİ (DESIGN EXAMPLES)

Çelik çerçevelerin av arama, parçacık sürü ve Büyük Patlama- Büyük Çöküş optimizasyon yöntemleri ile optimizasyonu yapılırken AISC yönetmeliği LRFD yöntemi esas alınmış, bu yönetmeliğin sınırlayıcıları kullanılmıştır. Ayrık değişkenler olan tasarım değişkenleri olarak (çerçeve kiriş ve kolonlarının çelik profil kesitleri) hazır standart kesitler kullanılmıştır. LRFD'de belirtilmiş olan W kesitlerin tamamı W100x19.3'ten başlayarak W1100x499'a kadar 1 ile 272 arasında numaralandırılarak çelik çerçevenin kiriş ve kolonlarında kullanılmak üzere belirlenmiştir. Çeliğin elastisite modülü 200 Gpa alınmıştır. Ağırlık optimizasyonu yapmak ve en uygun kesitlerle boyutlandırmak üzere 3 adet çelik çerçeve örneği seçilmiştir.

Üç Katlı Üç Açıklıklı Rijit Çelik Çerçeve (Three-Storey, Three-Bay Rigid Steel Frame)

Şekil 2'de gösterilen 3 katlı 3 açıklıklı rijit çelik çerçeve ilk tasarım örneği olarak seçilmiştir. Ölçüler, eleman grupları ve sisteme etkileyen dış yükler de aynı şekilde gösterilmiştir. En üst kat yatay öteleme limiti 3 cm (çerçeve yüksekliğinin 1/300'ü) olarak belirlenmiştir. Çerçeve elemanları 6 farklı grupta toplanmış, Şekil 2'de grup numaraları gösterilmiştir. Dolayısıyla bu çelik çerçeve örneğinde 6 adet tasarım değişkeni vardır.



Şekil 2. Üçkatlı üç açıklıklı rijit çelik çerçeve

Figure 2. Three-Storey, Three-Bay Rigid Steel Frame

Çerçeve, av arama, parçacık sürü ve büyük patlama büyük çöküş optimizasyon yöntemleri ile optimize edilmiştir. Bu amaçla her bir iterasyon yöntemi ile 5000 iterasyon yapılmış ve minimum çerçeve ağırlığı 1284. iterasyonda 58.31 kN (5946.088 kg) olarak Av Arama optimizasyon yöntemi ile

hesaplanmıştır. Ayrıca, 1284. iterasyonda bulunan bu optimum sonucun sonraki iterasyonlarda değişmediği görülmüştür. Çizelge 1’de 3 optimizasyon yöntemi ile elde edilen W kesitler ve en küçük çerçeve ağırlıkları verilmiştir. Sonuçlardan görüldüğü üzere 2. en iyi sonuç Büyük Patlama-Büyük Çöküş optimizasyon yöntemi ile elde edilmiş, en kötü sonucu veren algoritma ise bu örnek için Parçacık Sürü optimizasyon yöntemi olmuştur.

Çizelge1. Üç katlı üç açıklıklı rijit çelik çerçeve için optimum tasarımlar

Table 1. Optimum Designs of Three-Storey, Three-Bay Rigid Steel Frame

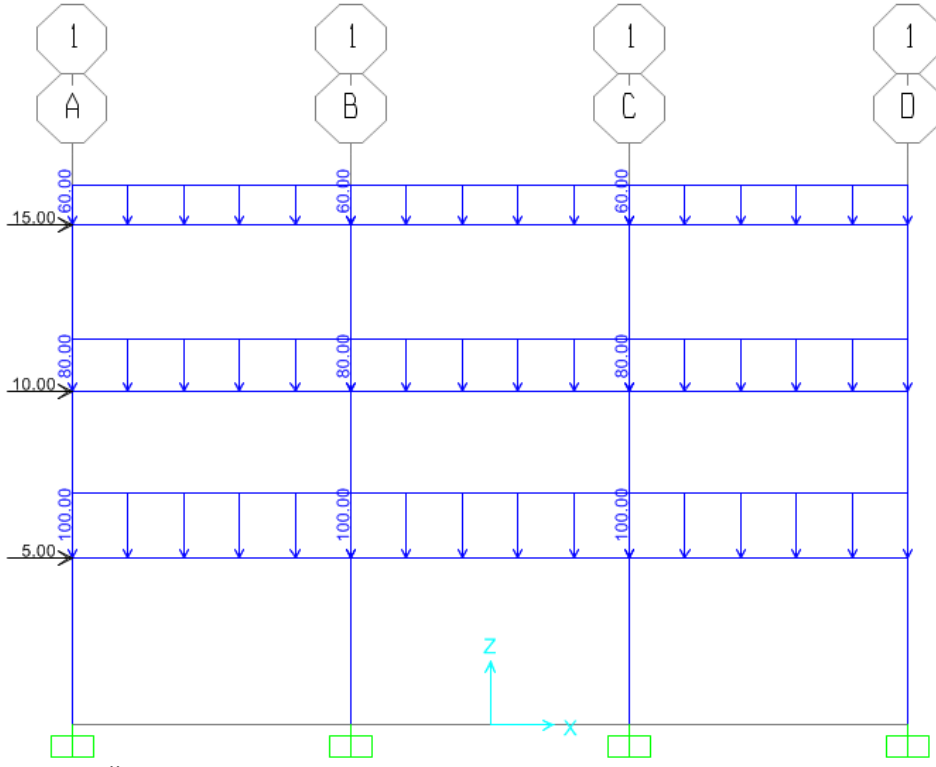
Grup No	Eleman Tipi	Av Arama	Parçacık Sürü	Büyük Patlama Büyük Çöküş
1	Kolon	W200X46.1	W250X58	W200X46.1
2	Kiriş	W610X92	W610X92	W610X92
3	Kolon	W200X46.1	W250X58	W200X52
4	Kolon	W200X46.1	W250X58	W200X46.1
5	Kolon	W250X58	W250X58	W200X52
6	Kolon	W250X58	W250X58	W360X64
Min. Ağırlık (kN)		58.31	61.12	58.66
En Üst Kat Yatay Öteleme (cm)		0.59	0.49	0.58

Optimizasyonu yapılan ve en uygun profil kesitleri belirlenen çelik çerçevenin SAP2000 [15] bilgisayar programı ile analizi yapılmıştır. Çerçevenin SAP2000 programında oluşturulan modeli ve yüklemeler Şekil 3’te, çerçevenin deforme olmuş şekli ise Şekil 4’te gösterilmiştir.

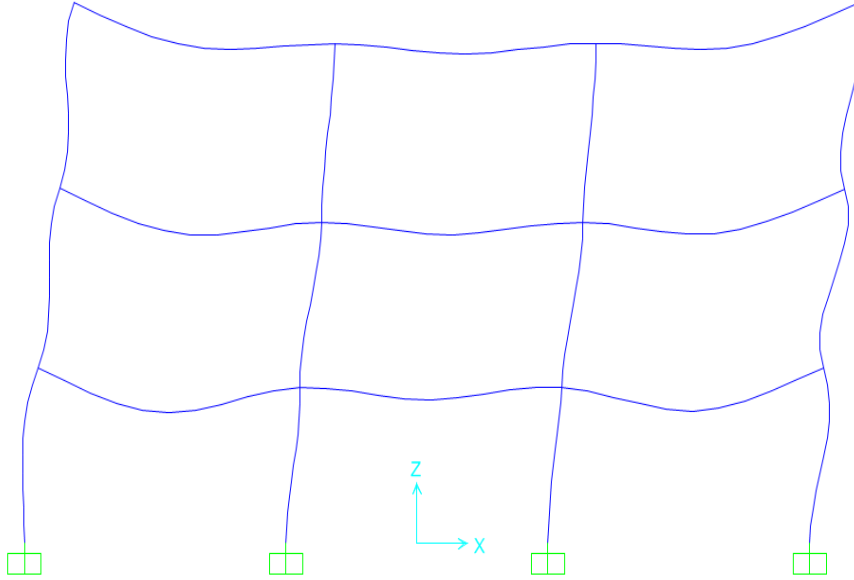
Yukarıdaki şekildeki gibi modellenen çelik çerçevenin en üst kat yatay ötelemesi (U1), 0.45 cm olmuştur. Bu değer Çizelge 1’de bulunan 0.59 cm’den küçük olduğu görülmektedir.

Beş Katlı Üç Açıklıklı Rijit Çelik Çerçeve (Five-Storey, Three-Bay Rigid Steel Frame)

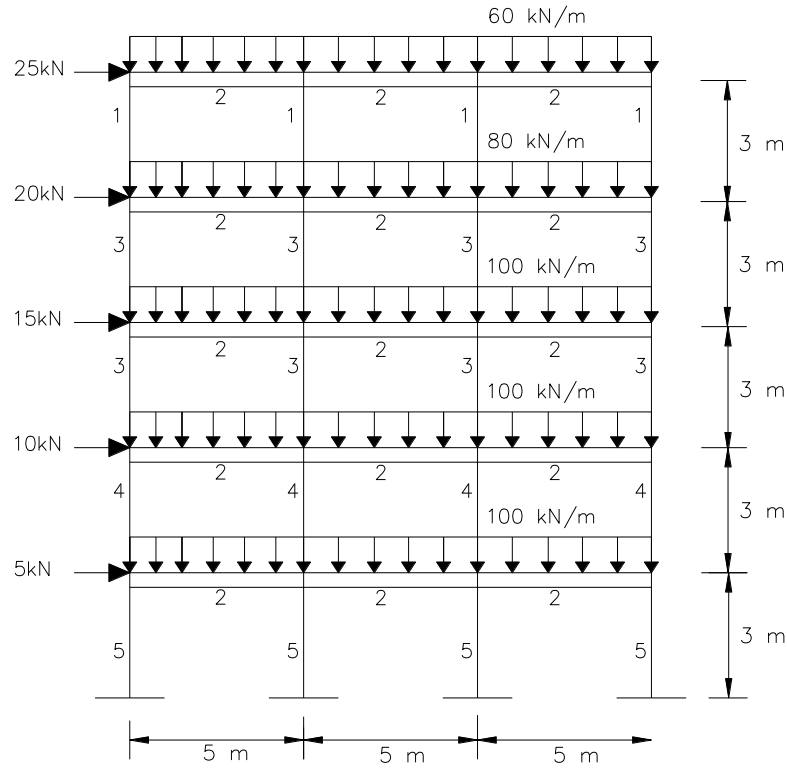
Şekil 5’te gösterilen 5 katlı 3 açıklıklı rijit çelik çerçeve ikinci tasarım örneği olarak seçilmiştir. Ölçüler, eleman grupları ve sisteme etkiyen dış yükler şekil üzerinde gösterildiği gibidir. En üst kat yatay öteleme limiti 5 cm (çerçeve yüksekliğinin 1/300’ü) olarak belirlenmiştir. Çerçeve elemanları 5 farklı grupta toplanmış, Şekil 5’te grup numaraları gösterilmiştir. Dolayısıyla bu çelik çerçeve örneğinde 5 adet tasarım değişkeni vardır.



Şekil 3. Üç katlı ve üç açıklıklı çelik çerçevenin SAP2000 modeli ve yüklemeler
Figure 3. SAP2000 Modeling and loading of three-storey and three-span steel frame



Şekil 4. Üç katlı ve üç açıklıklı çelik çerçevenin deforme olmuş şekli
Figure 4. Deformed shape of three-storey and three-span steel frame



Şekil 5. Beşkatlı üç açıklıklı rijit çelik çerçeve
Figure 5. Five-Storey, Three-Bay Rigid Steel Frame

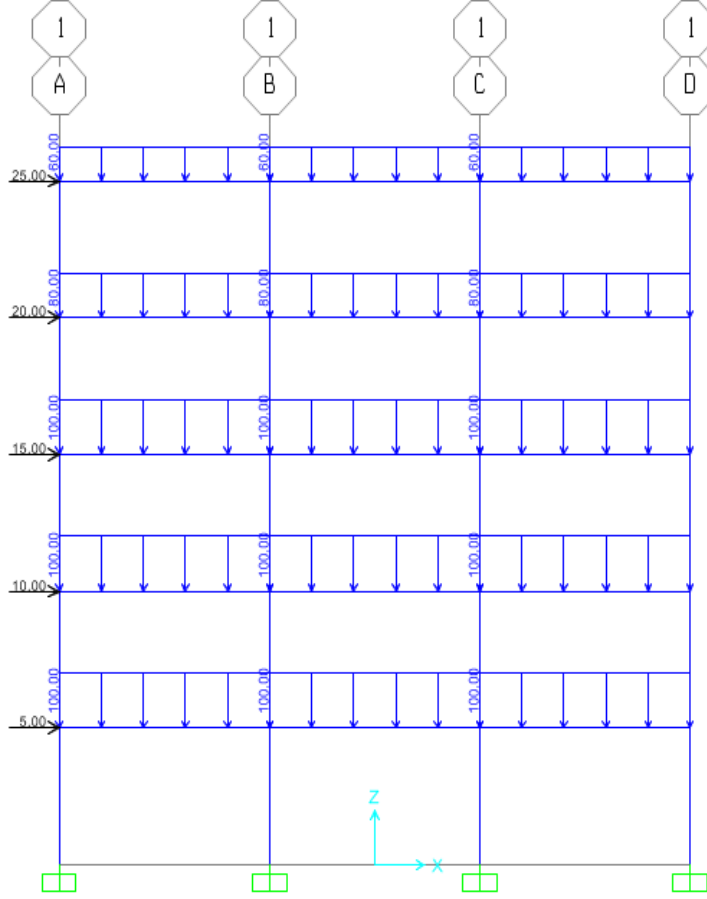
Çizelge2. Beşkatlı üç açıklıklı rijit çelik çerçeve için optimum tasarımlar

Table 2. Optimum Designs of Five-Storey, Three-Bay Rigid Steel Frame

Grup No	Eleman Tipi	Av Arama	Parçacık Sürü	Büyük Patlama Büyük Çöküş
1	Kolon	W200X46.1	W200X46.1	W200X46.1
2	Kiriş	W610X92	W610X92	W610X92
3	Kolon	W310X67	W360X64	W360X64
4	Kolon	W460X82	W460X82	W360X79
5	Kolon	W460X89	W460X89	W460X97
Min. Ağırlık (kN)		109.041	108.345	108.945
En Üst Kat Yatay Öteleme (cm)		1.19	1.16	1.18

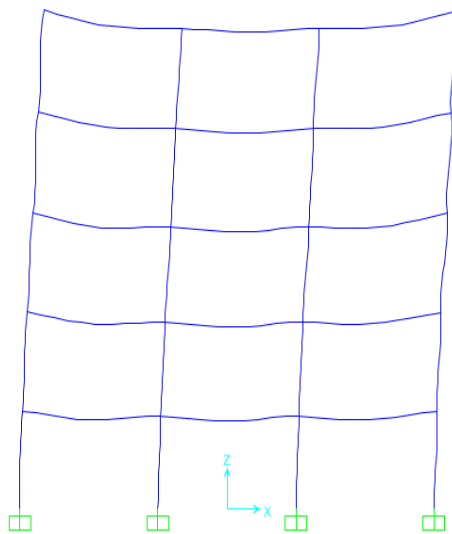
Çerçeve, av arama, parçacık sürü ve büyük patlama büyük çöküş optimizasyon yöntemleri ile optimize edilmiştir. Bu amaçla her bir iterasyon yöntemi ile 5000 iterasyon yapılmış ve minimum çerçeve ağırlığı 801. iterasyonda 108.345 kN. (11048.16 kg) olarak Parçacık Sürü optimizasyon yöntemi ile hesaplanmıştır. 801. iterasyonda bulunan bu optimum sonucun sonraki iterasyonlarda değişmediği görülmüştür. Çizelge 2’de 3 optimizasyon yöntemi ile elde edilen W kesitler ve en küçük çerçeve ağırlıkları verilmiştir. Sonuçlardan görüldüğü üzere ikinci en iyi sonuç Büyük Patlama-Büyük Çöküş optimizasyon yöntemi ile elde edilmiş, en kötü sonucu veren algoritma ise bu örnek için Av Arama optimizasyon yöntemi olmuştur.

Optimizasyonu yapılan ve en uygun profil kesitleri belirlenen çelik çerçevenin SAP 2000 [15] bilgisayar programı ile analizi yapılmıştır. Çerçevenin SAP2000 programında oluşturulan modeli ve yüklemeler Şekil 6'da, çerçevenin deforme olmuş şekli ise Şekil 7'de gösterilmiştir.



Şekil 6. Beş katlı ve üç açıklıklı çelik çerçevenin SAP2000 modeli ve yüklemeler

Figure 6. SAP2000 Modeling and loading of five-storey and three-span steel frame



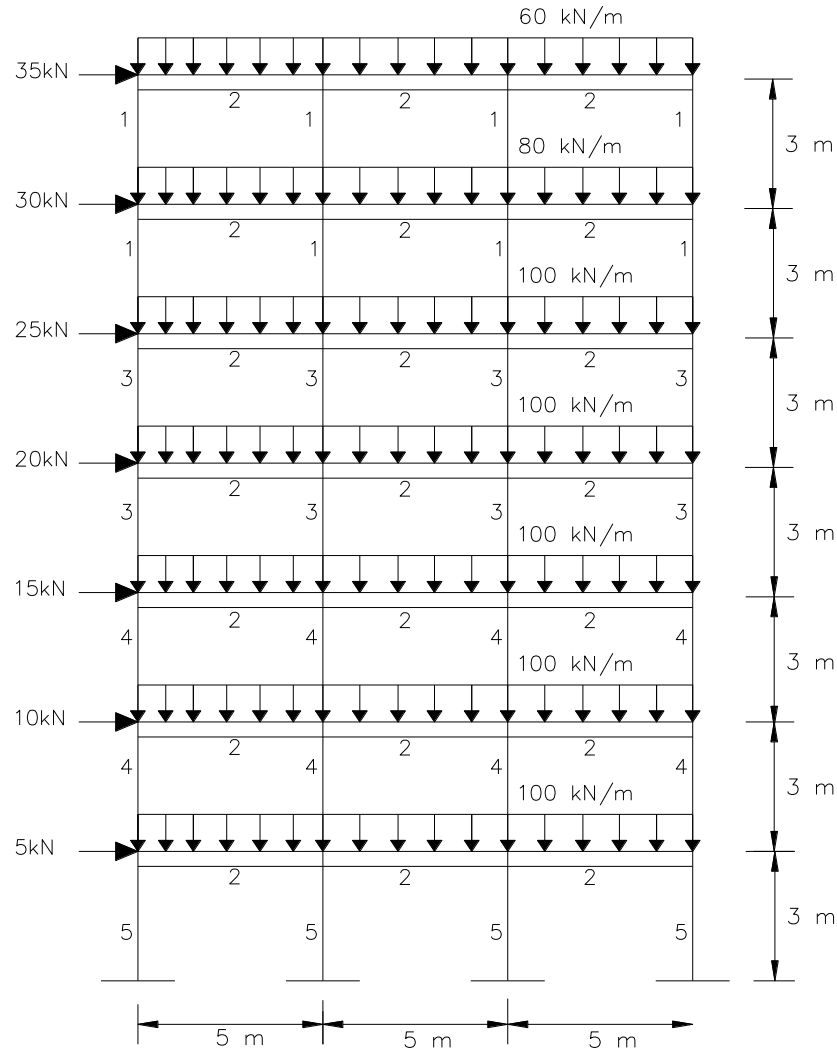
Şekil 7. Beş katlı ve üç açıklıklı çelik çerçevenin deforme olmuş şekli

Figure 7. Deformed shape of five-storey and three-span steel frame

Yukarıdaki şekildeki gibi modellenen çerçevenin üst kat yatay ötelemesi (U1), 0.84 cm olmuştur. Bu değer Çizelge 2’de bulunan 1.16 cm’den küçük olduğu görülmektedir.

Yedi Katlı Üç Açıklıklı Rijit Çelik Çerçeve (Seven-Storey, Three-Bay Rigid Steel Frame)

Şekil 8’de gösterilen 7 katlı 3 açıklıklı rijit çelik çerçeve son tasarım örneği olarak seçilmiştir. Ölçüler, eleman grupları ve sisteme etkileyen dış yükler şekil üzerinde gösterildiği gibidir. En üst kat yatay öteleme limiti 7 cm (çerçeve yüksekliğinin 1/300’ü) olarak belirlenmiştir. Çerçeve elemanları 5 farklı grupta toplanmış, şekil 8’de grup numaraları gösterilmiştir. Dolayısıyla bu çelik çerçeve örneğinde 5 adet tasarım değişkeni vardır.



Şekil 8. Yedikatlı üç açıklıklı rijit çelik çerçeve

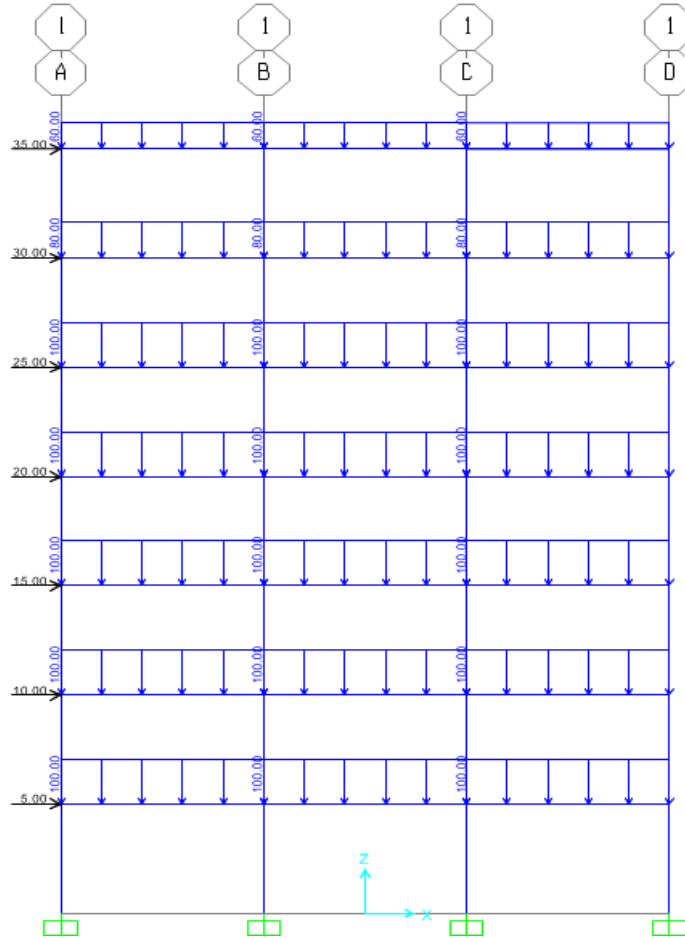
Figure 8. Seven-Storey, Three-Bay Rigid Steel Frame

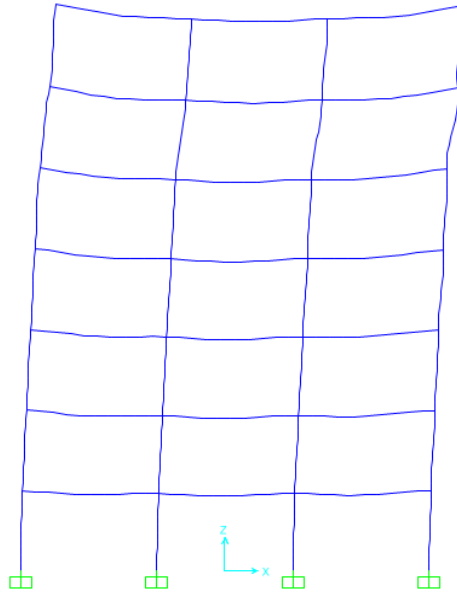
Çerçeve, av arama, parçacık sürü ve büyük patlama büyük çöküş optimizasyon yöntemleri ile optimize edilmiştir. Bu amaçla her bir iterasyon yöntemi ile 5000 iterasyon yapılmış ve minimum çerçeve ağırlığı 1511. iterasyonda 168.279 kN. (17159.74 kg) olarak Parçacık Sürü optimizasyon yöntemi ile hesaplanmıştır. 1511. iterasyonda bulunan bu optimum sonucun sonraki iterasyonlarda değişmediği görülmüştür. Çizelge 3’te 3 optimizasyon yöntemi ile elde edilen W kesitler ve en küçük çerçeve ağırlıkları verilmiştir. Parçacık Sürü optimizasyon yöntemini 169.719 kN ağırlık ile Av Arama yöntemi, ardından 169.839 kN ile Büyük Patlama- Büyük Çöküş yöntemi takip etmiştir.

Çizelge3. Yedi katlı üç açıklıklı rijit çelik çerçeve için optimum tasarımlar**Table 3.** *Optimum Designs of Seven-Storey, Three-Bay Rigid Steel Frame*

Grup No	Eleman Tipi	Av Arama	Parçacık Sürü	Büyük Patlama Büyük Çöküş
1	Kolon	W200X46.1	W200X46.1	W200X46.1
2	Kiriş	W610X92	W610X92	W610X92
3	Kolon	W460X82	W200X86	W200X86
4	Kolon	W530X123	W610X113	W610X113
5	Kolon	W760X134	W760X134	W760X147
Min. Ağırlık (kN)		169.719	168.279	169.839
En Üst Kat Yatay Öteleme (cm)		2.32	2.72	2.71

Optimizasyonu yapılan ve en uygun profil kesitleri belirlenen çelik çerçevenin SAP 2000 [15] bilgisayar programı ile analizi yapılmıştır. Çerçevenin SAP2000 programında oluşturulan modeli ve yüklemeler Şekil 9'da, çerçevenin deforme olmuş şekli ise Şekil 10'da gösterilmiştir.

**Şekil 10.** Yedikatlı ve üç açıklıklı çelik çerçevenin SAP2000 modeli ve yüklemeler**Figure 10.** *SAP2000 Modeling and loading of seven-storey and three-span steel frame*



Şekil 11. Yedi katlı ve üç açıklıklı çelik çerçevenin deforme olmuş şekli

Figure 11. Deformed shape of seven-storey and three-span steel frame

Yukarıdaki şekildeki gibi modellenen çelik çerçevenin en üst kat yatay ötelemesi (U1), 1.81 cm olmuştur. Bu değer Çizelge 3'te bulunan 2.72 cm'den küçük olduğu görülmektedir.

Çalışma kapsamında üç farklı stokastik yöntemle optimum boyutlandırılması yapılan üç adet çelik çerçeve örneğinin sonuçları kıyaslamalı olarak Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4. Üç, Beş ve Yedi katlı çelik çerçevelerin optimum tasarımlarının kıyaslanması

Table 4. Comparison of optimum designs of three, five and seven storey steel frames

	Eleman Tipi	Av Arama	Parçacık Sürü	Büyük Patlama Büyük Çöküş
Minimum Ağırlık (kN)	Üç Katlı	58.31	61.12	58.66
	Beş Katlı	109.04	108.34	108.94
	Yedi Katlı	169.72	168.279	169.839

Yukarıdaki çizelgeden de görüldüğü üzere örneklerde sonuçlar birbirine yakın çıkmış, algoritmalar örneklerin tipine göre değişen performanslar sergilemişlerdir. Bununla birlikte Parçacık Sürü ve Av Arama algoritmalarının Büyük Patlama- Büyük Çöküş yöntemine göre nispeten daha iyi performans sergiledikleri söylenebilir.

SONUÇLAR ve TARTIŞMALAR (RESULTS and DISCUSSIONS)

Bu çalışmada 3 adet rijit adet çelik çerçeve örneği optimum tasarlanmak üzere seçilmiştir. Bu amaçla geliştirilen Av Arama, Parçacık Sürü ve Büyük Patlama - Büyük Çöküş yöntemleri her 3 örnek için de uygulanmıştır. Tasarım değişkeni olarak LRFD-AISC (Yük ve Direnç Faktörü Tasarımı - Amerikan Çelik Konstrüksiyon Enstitüsü)'te belirtilmiş olan W kesitler kullanılmıştır. Bu kesitlerin tamamı W100x19.3'ten başlayarak W1100x499'a kadar 1 ile 272 arasında numaralandırılarak rijit çelik çerçevelerin kiriş ve kolonlarında kullanılmak üzere belirlenmiştir. Sınırlayıcı olarak ise yine aynı yönetmeliğin (LRFD-AISC) dayanım, deplasman ve uygunluk sınırlayıcıları esas alınmıştır. İlk örnekte

rijit çelik çerçevenin optimizasyonu 3 farklı optimizasyon yöntemi ile ayrı ayrı yapılmış ve en iyi sonucu (minimum ağırlıklı çerçeve) bulan algoritma Av Arama algoritması olmuştur. Büyük Patlama - Büyük Çöküş algoritması 2. en iyi sonucu bulan algoritma olurken, Parçacık Sürü algoritması en kötü sonucu bulmuştur. 2. örnekte ise Parçacık Sürü algoritması en iyi sonucu bulurken, Büyük Patlama- Büyük Çöküş yöntemi onu takip etmiş, Av Arama algoritması ise en kötü sonucu bulan algoritma olmuştur. Son örnekte Parçacık Sürü algoritması yine en iyi sonucu bulmuş, Av Arama algoritması onu takip etmiş en kötü sonucu bulan algoritma ise Büyük Patlama – Büyük Çöküş algoritması olmuştur. Parçacık Sürü algoritması 2 örnekte en iyi sonucu bulması açısından diğerlerine kıyasla daha iyi bir performans sergilemiş, Av Arama algoritması da ona yakın seyretmiştir. Bununla birlikte bütün örneklerde sonuçlar birbirine yakın çıkmış, algoritmaların örneklerin tipine göre değişen performanslar sergiledikleri görülmüştür. Ayrıca bütün çelik çerçeve örnekleri SAP2000 bilgisayar programı ile modellenmiş, en üst kat yanal deplasmanları optimizasyonlarının yapılması ile elde edilen yanal deplasmanlar ile kıyaslanmış, deplasmanların sınırlar içerisinde kaldığı gözlenmiştir.

KAYNAKLAR(REFERENCES)

- Arsan, T., 2018, "Büyük Patlama – Büyük Çöküş Optimizasyon Yöntemi Kullanılarak Bluetooth Tabanlı İç Mekan Konum Belirleme Sisteminin Doğruluğunun İyileştirilmesi", *Journal of Natural and Applied Sciences*, Cilt 22, ss. 367-374.
- Aydoğdu, İ., Akın, A., Saka, M. P., 2016, "Design optimization of real World steel space frames using artificial bee colony algorithm with Levy flight distribution", *Advances in Engineering Software*, Volume 92, pp. 1-14.
- Doğan, E., 2010, "Optimum Design Of Rigid and Semi-Rigid Steel Sway Frames Including Soil-Structure Interaction", Ph.D. Dissertation, Middle East Technical University, Ankara, Turkey, 262 p.
- Doğan, E. Saka, M. P., 2012, "Optimum design of unbraced steel frames to the LRFD-AISC code using particle swarm optimization", *Advances in Engineering Software*, Volume 46, pp. 27-34.
- Erdem, R. T., 2015, "Non-linear performance analysis of existing and concentric braced steel structures", *Steel and Composite Structures*, Volume 19, Issue 1, pp. 59-74.
- Erol, O. K., Eksin, I. A., 2006, "A new optimization method: Big Bang – Big Crunch", *Advances in Engineering Software*, Volume 37, pp. 106-111.
- Gücüyen, E., Erdem, R. T., 2014, "Corrosion effects on structural behaviour of jacket type offshore structures", *Gradevinar*, Volume 66, Issue 11, pp. 981-986.
- Kamal, O. El-Mahdy O., Nour, M. El-Komy, G., 2015, "Optimization of Steel Structures Using Particle Swarm Technique", *The Engineering and Scientific Research Journal*, pp.1-14.
- Khalilporazari, S., Khalilporazari, Pasandideh, S. H. R., "Modeling and optimization of multi-item multi-constrained EOQ model for growing items", *Knowledge-Based Systems*, Volume 164, pp. 150-162.
- Khalilporazari, S., Khalilporazari, S., "A lexicographic weighted Tchebycheff approach for multi-constrained multi-objective optimization of the surface grinding process", *Engineering Optimization*, Volume 49, pp. 878-895.
- Kaveh, A. Abbasgholiha, H., 2011, "Optimum design of steel sway frames using Big Bang-Big Crunch algorithm", *Asian Journal of Civil Engineering*, Volume 12, pp. 293-317.
- Kaveh, A., Bakhshpoori, T., 2013, "Optimum design of steel frames using Cuckoo Search algorithm with Levy flights", *Struct. Design Tall Spec. Build.* Volume 22, pp. 1023-1036.
- Kennedy, J., Eberhart, R., 1995, "Particle swarm optimization", *Proceedings of International Conference Neural Networks*, Volume 4, pp. 1942-1948.
- LRFD-AISC Manual of Steel Construction, 2011, "Load and Resistance Factor Design", 3rd Edition. American Institute of Steel Construction, USA.

- Oftadeh, R., Mahjoob, M.J., Shariatpanahi, M.,2010,“A novel meta-heuristic optimization algorithm inspired by group hunting of animals: Hunting search.” *Computers Mathematics with Applications*, Vol. 60, pp. 2087-2098.
- Reynolds, C., W., 1987, “Flocks, herds, and schools: A distributed behavioral model”, *ACM Computer Graphics*, Volume 21, pp. 25–34.
- Saka, M. P., 2009,“Optimum design of steel sway frames to BS5950 using harmony search algorithm”, *Journal of Constructional Steel Research*, Volume 65, pp. 36-43.
- Saka, M. P.,Doğan, E.,Aydoğdu,İ.,2013,“Review and Analysis of Swarm-Intelligence Based Algorithms. *Swarm Intelligence and Bio-Inspired Computation*”, Theory and Applications, Chapter: 2. Ed: X-S Yang, Z Cui, R. Xiao, A. M. Gandomi, M. Karamanoğlu, Elsevier.
- SAP 2000 Analysis Reference Manual. Computers and Structures Inc., Berkeley.