



GEOMETRİK BAKIMDAN LİNEER OLMAYAN ÇELİK ÇERÇEVELERİN GELİŞMİŞ ARMONİ ARAMA YÖNTEMİYLE OPTİMUM TASARIMI

S. Özgür Değertekin*, M. Sedat Hayalioğlu†, Mehmet Ülker‡

*† Dicle Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 21280, Diyarbakır

‡Fırat Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü 23119, Elazığ

ÖZET

Bu çalışmada geometrik bakımdan lineer olmayan çelik çerçevelerin gelişmiş armoni arama yöntemi ile optimum tasarımı için bir algoritma geliştirilmiştir. Armoni arama; müzisyenlerin en iyi armoniyi bulmak için izledikleri yol ile optimizasyon problemleri arasında benzerliği esas alan bir yöntemdir. Optimum tasarımda amaç, gerilme ve deplasman sınırlayıcıları altında minimum ağırlıklı çelik çerçevenin elde edilmesidir. Gerilme sınırlayıcıları olarak çelik yapıların hesap ve yapım kuralları yönetmeliğindeki (TS 648) eksenel kuvvet ve eğilmeye maruz çubukların gerilme tahkiki formülleri kullanılmıştır. Çelik çerçevelerin analizinde çerçeve elemanlarının geometrik bakımdan lineer olmama etkileri hesaba katılmıştır. Gelişmiş armoni arama yönteminin uygulaması olarak daha önce genetik algoritma ve klasik armoni arama yöntemiyle optimum tasarımı yapılmış iki çelik çerçeve kullanılmış ve elde edilen sonuçlar kıyaslanmıştır. Bu kıyaslamalar sonucunda gelişmiş armoni arama yöntemi ile genetik algoritmalar ve klasik armoni arama yöntemine göre daha hafif çerçeveler daha kısa hesaplama süresinde elde edilmiştir.

GİRİŞ

Son yıllarda modern optimizasyon yöntemleri farklı mühendislik sistemlerinin optimum tasarımında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Genetik algoritmalar, tabu arama, tavlama benzeşimi ve armoni arama yöntemleri birçok farklı mühendislik sisteminin optimum tasarımı yanında çelik çerçevelerin optimum tasarımında da kullanılan modern optimizasyon yöntemlerindendir. Genetik algoritmalar (GA), mevcut şartlara uyum sağlayan güçlü bireylerin hayatta kalması ilkesini hesaplamalı algoritmalara uygulayan bir yöntemdir. Tabu arama (TA), hareket operatörü ile tasarım uzayında farklı tasarımları araştıran ve sahip olduğu yapay hafıza özelliği ile önceki tasarımları üretmeyerek lokal optimumlardan kurtulan gelişmiş bir arama yöntemidir. Tavlama benzeşimi (TB), katılardaki fiziksel tavlama işlemi ile optimizasyon problemleri arasındaki benzeşimi esas almaktadır. Armoni arama (AA), müzisyenlerin en iyi armoniyi bulmak için izledikleri yolu taklit eden gelişmiş bir arama yöntemidir. İki veya daha fazla sesin aynı anda kulağa hoş gelecek biçimde uyumlu olması armoni olarak adlandırılmaktadır. Seslerin birbirine karışmasını engellemek için sesleri temsil eden notalara Do, Re, Mi, Fa, Sol, La, Si gibi özel isimler verilmektedir. Bir enstrümanın istenen notayı vermesi için ayarlanması işlemine ise akort denir. Uyumlu notaların bir araya gelmesiyle beste oluşur. Müzisyenler beste yaparken kullandıkları enstrümanlar vasıtasıyla farklı armoniler elde ederler. Bu armonilerden beğenmediklerini veya uygun olmayanları elerken, uygun armonileri daha iyi armoniler elde etmek için kullanırlar. Bu esnada akort ayarları yapılarak mevcut armoniden daha iyi bir armoni elde edilmeye çalışılır. En iyi armoninin bulunduğu kanaat getirilinceye kadar bu işlemler tekrarlanır.

*Doç.Dr., İnşaat Müh. Böl., E-posta:sozgurd@gmail.com

†Prof.Dr., İnşaat Müh. Böl., E-posta:msedhay@gmail.com

‡Prof.Dr., İnşaat Müh. Böl., E-posta:mulker@firat.edu.tr

AA yöntemi ilk kez Geem tarafından geliştirilmiştir [6]. Yöntemin farklı uygulamaları yanında yapı sistemlerinin optimum tasarımı da kullanılmıştır [2-4]. Tüm optimizasyon yöntemleri, optimum tasarımı elde etmeye çalışırken kendilerine özgü birtakım arama parametreleri kullanmaktadır. Armoni arama'da bu parametreler; armoni hafıza kapasitesi, armoni hafıza kullanma oranı ve ses düzeltme oranı olarak adlandırılmaktadır. AA'da bu parametrelere başlangıçta sabit değerler verilmekte ve optimizasyon süresince bu değerler değiştirilmemektedir. Bununla birlikte yapılan çalışmalar parametrelere verilen değerlerin armoni arama'dan elde edilen sonuçları direk olarak etkilediğini kanıtlamıştır [4]. Dolayısıyla uygun değerlerin tespit edilememesi halinde yöntemden elde edilen sonuçlar optimum değerlerin uzağında kalabilmektedir. Yöntemin bu eksikliğini gidermek için, farklı parametre değerleri için elde edilen sonuçlar kıyaslanmakta en iyi sonucu veren parametre değerleri en uygun değerler olarak atanmaktadır. Ancak bu deneme yanılma esaslı yöntem zaman kayıplarına sebep olmakta ayrıca bir tasarım örneği için en iyi sonucu veren parametre değerlerinin bir başka tasarım örneği için de en iyi sonucu vereceği garanti edilememektedir. Bu çalışmada önerilen gelişmiş AA yöntemi ile, klasik AA'dan farklı olarak arama parametresinin optimizasyon işlemi süresince değişen koşullara göre güncellemesi sağlanmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, geometrik bakımdan lineer olmayan çelik çerçevelerin optimum tasarımını geliştirmiş armoni arama yöntemi (GAA) olarak adlandırılan bir yöntemle gerçekleştirmektir. Çelik çerçevelerin analizinde, geometrik bakımdan lineer olmama etikleri göz önüne alınmış, malzeme lineer elastik kabul edilmiştir. Optimum tasarımda amaç, gerilme ve deplasman sınırlayıcıları altında minimum ağırlıklı çelik çerçevenin elde edilmesidir. Gerilme sınırlayıcıları olarak çelik yapıların hesap ve yapım kuralları yönetmeliğindeki (TS 648) [9] eksenel kuvvet ve eğilmeye maruz çubukların gerilme tahkiki formülleri kullanılmıştır. Optimum tasarım sırasında elde edilen çelik çerçevelerin deplasman ve gerilme sınırlayıcılarını sağlayan veya sağlamayan tasarımları ayırt etmek için bir amaç fonksiyonu tanımlanmıştır. Arama işleminin sonunda sınırlayıcıları sağlayan çelik çerçeve tasarımları içinde minimum ağırlıklı olan optimum tasarım olarak atanmaktadır. GAA'dan elde edilen sonuçları kıyaslamak için literatürde daha önce GA [5] ve AA [2] yöntemleriyle optimum tasarımı yapılmış iki çelik çerçeve kullanılmıştır. Yapılan kıyaslamalar sonucunda, GAA yöntemi ile GA ve klasik AA yöntemlerine göre daha hafif çerçeve tasarımlarının daha az hesaplama sürelerinde elde edildiği tespit edilmiştir.

OPTİMUM TASARIM PROBLEMİ

Çelik çerçevelerin optimum tasarım problemi şu şekilde tanımlanabilir:

$$\min W(x) = \sum_{k=1}^{ng} A_k \sum_{i=1}^{mk} \rho_i L_i \quad (1)$$

burada; $W(x)$ çerçeve ağırlığını, $x=[x_1, x_2, \dots, x_{ng}]$ ($x \in IPRO$) çelik profil kesit listesinden seçilen çerçeve eleman gruplarını, $IPRO$ çelik profil kesit listesini, A_k k 'nci gruptaki elemanlara atanan çelik profil kesit alanını, mk k 'nci gruptaki toplam eleman sayısını, ρ_i ve L_i i 'nci çelik elemanın özgül ağırlığı ve uzunluğunu, ng ise çerçevedeki toplam grup sayısını gösterir. Bu çalışmada sunulan çerçeve örneği yazarların önceki çalışmasından alındığından [2,5] gerçekçi bir kıyaslama yapılabilmesi için optimum tasarımda kullanılan tüm denklemler kıyaslanan çalışmalardan alınmıştır. Buna göre sınırlayıcısız amaç fonksiyonu aşağıdaki biçimde verilebilir:

$$\varphi(x) = W(x)(1 + c \times K) \quad (2)$$

burada c probleme özgü bir ceza sabiti, K ihlal edilme fonksiyonu olup şu şekilde tanımlanabilir:

$$K = \sum_{i=1}^{N_d} K_i^d + \sum_{i=1}^{N_g} K_i^g \quad (3)$$

burada K_i^d ve K_i^g sırasıyla deplasman ve gerilme sınırlayıcılarının ihlal edilme değerleridir. N_d çerçevede deplasmanı sınırlanmış düğüm noktası sayısı, N_g çerçevedeki toplam eleman sayısıdır. Ceza fonksiyonu şu şekilde ifade edilebilir:

$$K_i = \begin{cases} 0 & \text{ise } g_i \leq 0 \\ \lambda_i & \text{ise } g_i > 0 \end{cases} \quad (4)$$

Deplasman sınırlayıcısı;

$$g_i^d = \frac{\delta_i}{\delta_{lu}} - 1.0 \quad (5)$$

şeklindedir. Burada; δ_i i nci sınırlanmış deplasman değeri, δ_{lu} sınırlanmış deplasmanın üst sınır değeridir.

Eksenel basınç kuvvetinin eğilme momenti ile birlikte etkimesi durumunda gerilme kontrolleri ile ilgili tüm denklemler ve hesap esasları Çelik yapıların hesap ve yapım kuralları yönetmeliğinden [9] alınmıştır. Eksenel basınç ve eğilmeye maruz çubuklar için oluşacak bileşik gerilme durumunun kontrolü

$$g_i^g = \left[\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} + \frac{C_m \sigma_{bx}}{\left(1 - \frac{\sigma_{eb}}{\sigma'_{ex}}\right) \sigma_{Bx}} \right] - 1.0 \quad (6)$$

$$g_i^g = \left[\frac{\sigma_{eb}}{0.6\sigma_a} + \frac{\sigma_{bx}}{\sigma_{Bx}} \right] - 1.0 \quad (7)$$

şeklindedir. Eğer $\sigma_{eb}/\sigma_{bem} \leq 0.15$ ise (6) ve (7) denklemleri yerine sadece,

$$g_i^g = \left[\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} + \frac{\sigma_{bx}}{\sigma_{Bx}} \right] - 1.0 \quad (8)$$

denklemleri kullanılabilir.

Eksenel çekme ve eğilmeye maruz çubuklar için gerilme kontrolü şu denklemle yapılmaktadır [9]:

$$g_i^g = \left[\frac{\sigma_{ex}}{0.60\sigma_a} + \frac{\sigma_{ex}}{\sigma_{cem}} \right] - 1.0 \quad (9)$$

(6)-(8) denklemlerinde σ_{eb} yalnız eksenel basınç kuvveti etkimesi halinde hesaplanan gerilme, σ_{bem} yalnız eksenel basınç kuvveti etkimesi halinde müsaade edilen gerilme, σ_{bx} yalnız M_x eğilme momenti etkisi altında hesaplanan basınç-eğilme başlığı gerilmesi, σ_{Bx} yalnız M_x eğilme momenti etkimesi halinde müsaade edilen basınç-eğilme başlığı gerilmesi, σ'_{ex} x - x asal eksen etrafındaki burkulmalar için hesaplanan gerilme, C_{mx} M_x moment diyagramına ve hesap yapılan düzleme dik doğrultudaki çubuğun tutulma düzenini göz önüne alan katsayı olup yanal deplasmanın mümkün olduğu çerçevelerde 0.85 alınır, σ_a ise çeliğin akma dayanımıdır. (9) denkleminde σ_{ex} yalnız eksenel çekme kuvveti etkimesi halinde hesaplanan gerilme, σ_{cem} yalnız M_x eğilme momentinin etkimesi halinde hesaplanan eğilme çekme gerilmeleri ve σ_{cem} yalnız M_x eğilme momentinin etkimesi halinde müsaade edilen eğilme gerilmesi olup $0.6\sigma_a$ alınır.

Çubukların burkulma boyunun hesabında çubuğun gerçek boyu K etkili kolon uzunluk faktörü ile çarpılır. Bu faktör yanal deplasmanın mümkün olduğu çerçevelerde şu şekilde hesaplanır [7]:

$$\frac{G_A G_B (\pi / K)^2 - 36}{6(G_A + G_B)} = \frac{\pi / K}{\tan(\pi / K)} \quad (10)$$

Kolonların üst ucu A , alt ucu B ile gösterilmek üzere G_A , G_B sırasıyla kolonların üst ve alt uçları için rijitlik dağıtım faktörleri olup aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$G = \frac{\sum I_c / L_c}{\sum I_g / L_g} \quad (11)$$

burada; I_c kolonun üst ve alt ucuna rijit olarak bağlanan kolonların atalet momentlerini, L_g kolonun üst ve alt ucuna rijit olarak bağlanan kirişlerin atalet momentlerini, L_c kolonun üst ve alt ucuna rijit bağlı kolonların boyunu, L_g kolonun alt ve üst ucuna rijit bağlı kirişlerin boyunu göstermektedir.

GAA'da her tasarımın sınırlayıcıları ihlal edip etmediği çerçevedeki deplasman ve gerilme değerlerinin tespiti ile mümkündür. Bunun için çelik çerçevelerin geometrik bakımdan lineer olmayan analizinin yapılması gerekmektedir. Bu çalışmada kullanılan lineer olmayan analiz

algoritması yazarların önceki çalışmalarında [2,5] kullandıkları algoritmanın aynısı olup burada tekrar anlatılmayacaktır.

ARMONİ ARAMA

AA yönteminin esasını armoni hafıza (AHF) oluşturur. AHF'yi açıklayabilmek için verilebilecek en iyi örnek bir caz grubudur. Herhangi bir caz grubu genel olarak gitarist, piyanist ve baterist olmak üzere üç müzisyenden oluşmaktadır. Başlangıçta üç müzisyeninde aklında farklı notalar olacaktır. Örneğin gitarist [Fa, Mi, Sol, Re, Si]; piyanist [Si, La, Re, Sol, Do]; baterist [Do, Fa, Sol, Re, Mi] notalarını rasgele olarak düşünsün. Bu notalar içinde Gitarist Sol, piyanist Si ve baterist Re notalarını kullansın. Böylece üç müzisyen [Sol, Si, Re] şeklinde müzikte G-akordu adı verilen bir armoni oluşturur. Bu şekilde oluşturdukları armoni, hafızalarında mevcut olan en kötü armoniden daha iyi ise mevcut en kötü armoni'yi eleyip onun yerine yeni armoniyi kaydederdiler. Bu işlemler en iyi armoniyi elde ettiklerine kanaat getirinceye kadar tekrarlanır.

Benzer şekilde bir çelik çerçeve tasarımı düşünelim. Bu tasarım üç gruptan (tasarım değişkeninden) oluşsun. Birinci, ikinci ve üçüncü gruplar sırasıyla geniş başlıklı Avrupa I profil listesinden [HE200AA, HE300AA, HE320AA], [HE260A, HE450AA, HE240AA] ve [HE320A, HE450A, HE600AA] seçilsin. HE 300AA, HE 450AA ve HE 600AA profil kesitleri birinci, ikinci ve üçüncü tasarım değişkeni olarak rasgele atansın. Bu durumda [HE300AA, HE450AA, HE 600AA]'dan oluşan bir çelik çerçeve tasarımı elde edilir. Bu tasarım için çerçeve analizi yapılarak, düğüm deplasmanları ve eleman kesit tesirleri elde edilir. Düğüm deplasmanlarının çerçeve için verilen maksimum deplasman değerini aşıp aşmadığı kontrol edilir. Gene kesit tesirleri kullanılarak hesaplanan gerilme değerleri için 'Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları' yönetmeliğindeki (TS 648) [9] gerilme tahkiki kontrolleri yapılır. Bu kontroller esas alınarak amaç fonksiyonu hesaplanır. Eğer çerçevenin amaç fonksiyonu, daha önce elde edilen çerçeveler içindeki en büyük amaç fonksiyonu değerinden daha küçükse (yani tasarım arama işleminde daha önce elde edilen tasarımların en uygun olmayanından daha iyi bir tasarım ise) bu tasarım arama işlemine dahil edilirken en büyük amaç fonksiyonuna sahip en uygun olmayan tasarım arama işleminden çıkarılır. Bu işlemler kabul edilen bir durdurma kriteri sağlanıncaya kadar tekrarlanır.

AA ve çelik çerçeve tasarımı arasındaki ilişki şu şekilde kurulabilir: AA'daki armoni, çelik çerçeve tasarımıdaki amaç fonksiyonunu; farklı armoniler, farklı çerçeve tasarımlarını gösterir. Her enstrüman bir tasarım değişkenini, her nota ise kesit listesindeki bir çelik kesit ile gösterilir. Daha iyi armoniler lokal optimumları, en iyi armoni ise global optimuma karşı gelir.

ÇELİK ÇERÇEVELERİN ARMONİ ARAMA YÖNTEMİYLE OPTİMUM TASARIMI

AA yöntemiyle optimum tasarım işlemi aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır:

Armoni Arama Parametrelerinin Atanması

İlk adımda AA'da kullanılacak parametreler atanır. Bunlar; AHF kapasitesi (κ), armoni hafıza kullanma oranı (η), ses düzeltme oranı (ξ) ve durdurma kriteridir.

Armoni Hafızanın Çalıştırılması

AHF, κ kadar rasgele üretilen tasarımdan meydana gelen bir matris olarak (12)'deki gibidir. Bu matriste her satır bir tasarımı, her sütun ise bir tasarım değişkenini gösterir. $x^1, x^2, \dots, x^{\kappa-1}, x^{\kappa}$ tasarımları, $\varphi(x^1), \varphi(x^2), \dots, \varphi(x^{\kappa-1}), \varphi(x^{\kappa})$ bu tasarımlara ait amaç fonksiyonlarının değerleridir. AHF'deki tasarımlar amaç fonksiyonlarına göre sıralanmıştır. Buna göre amaç fonksiyonu değeri en küçük olan en iyi tasarım AHF'nin ilk satırında, amaç fonksiyonu değeri en büyük olan en kötü tasarım AHF'nin son sırasında yer alır ($\varphi(x^1) < \varphi(x^2) < \dots < \varphi(x^{\kappa})$). AHF'nin amacı arama esnasında elde edilen iyi tasarımları korumak ve bu tasarımlardan faydalanarak daha iyi tasarımları elde etmektir.

$$AHF = \begin{bmatrix} x_1^1 & x_2^1 & \dots & x_{ng-1}^1 & x_{ng}^1 \\ x_1^2 & x_2^2 & \dots & x_{ng-1}^2 & x_{ng}^2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ x_1^{k-1} & x_2^{k-1} & \dots & x_{ng-1}^{k-1} & x_{ng}^{k-1} \\ x_1^k & x_2^k & \dots & x_{ng-1}^k & x_{ng}^k \end{bmatrix} \rightarrow \begin{matrix} \varphi(x^1) \\ \varphi(x^2) \\ \vdots \\ \varphi(x^{k-1}) \\ \varphi(x^k) \end{matrix} \quad (12)$$

Yeni Armoninin Geliştirilmesi

AA'da yeni armoni (tasarım); AHF 'nin değerlendirilmesi, ses ayarı ve rasgele üretim ile geliştirilir. AHF 'nin değerlendirilmesinde; yeni armonideki $\{x_1^{ya}, x_2^{ya}, x_3^{ya}, \dots, x_{ng-1}^{ya}, x_{ng}^{ya}\}$ ilk tasarım değişkeni $\{x_1^{ya}\}$, η armoni hafıza kullanma oranı değerine bağlı olarak ya AHF 'de mevcut olan ilk tasarım değişkenlerinden $\{x_1^1, x_2^1, \dots, x_1^{k-1}, x_1^k\}$ ya da çelik profil kesit listesinden (X_{ks}) seçilir. AA'da, AHF 'de olmayan kesitlerin kullanılmasıyla daha iyi tasarımların elde edilebileceği olasılığı göz önüne alınarak η için 1.0 değeri kullanılmaz. Yeni armoninin diğer tasarım değişkenleri de aynı şekilde belirlenir. η şu şekilde uygulanır [4]:

$$\begin{cases} x_i^{ya} \in \{x_1^1, x_2^1, \dots, x_1^{k-1}, x_1^k\} & \text{ise } rn \leq \eta \\ x_i^{ya} \in X_{ks} & \text{ise } rn > \eta \end{cases} \quad (13)$$

İlk olarak, $[0,1]$ aralığında rasgele bir reel sayı (rn) üretilir. Eğer $rn \leq \eta$ ise yeni tasarımdaki i 'nci tasarım değişkeni (x_i^{ya}) AHF 'nin i 'nci sütunundan seçilir. Aksi halde i 'nci tasarım değişkeni kesit listesinden seçilir. Örneğin $\eta=0.90$ değeri, AA'da i 'nci tasarım değişkeninin %90 olasılıkla AHF 'nin i 'nci sütunundaki kesitlerden, %10 olasılıkla çelik profil kesit listesinden seçileceğini gösterir. Yeni tasarımda AHF 'den seçilen her tasarım değişkenine ξ ses düzeltme oranı kullanılarak ses ayarının yapıp yapılmayacağına karar verilir. ξ mevcut tasarıma komşu olan daha iyi tasarımları araştırmak için kullanılan bir parametre olup şu şekilde uygulanır [4]:

$$x_i^{ya} \text{ için ses ayarı} \leftarrow \begin{cases} Yap & \text{ise } rna \leq \xi \\ Yapma & \text{ise } rna > \xi \end{cases} \quad (14)$$

Öncelikle yeni tasarımda ses ayarı yapılacak tasarım değişkeni (x_i^{ya}) için $[0,1]$ aralığında rasgele bir reel sayı (rna) üretilir. Eğer $rna \leq \xi$ ise bu tasarım değişkeni kesit profil listesinde kendisine komşu olan bir profil kesitle değiştirilir, aksi halde tasarım değişkeni aynı kalır. Tasarım değişkeninin kesit listesinde kendisine komşu olan profil kesitle değiştirilmesi komşu derinlik indeksi kullanılarak yapılır. Örneğin x_i^{ya} kesit profil listesindeki HE450AA profili için, komşu derinlik indeksi ± 1 ve kesit listesi [...HE 320AA, HE450AA, HE 280B....] ise algoritma $0.4 \times \eta$ olasılığıyla HE 450AA profil kesiti yerine komşu kesitlerden birini (HE 320AA veya HE 280B) atar ya da $(1-0.4 \times \eta)$ olasılığıyla HE 450AA değişmeden kalır.

Armoni Hafızanın Güncellenmesi

Eğer yeni geliştirilen tasarım $\{x_1^{ya}, x_2^{ya}, x_3^{ya}, \dots, x_{ng-1}^{ya}, x_{ng}^{ya}\}$, AHF 'de mevcut olan en kötü tasarımdan daha iyi ise, yani yeni tasarımın amaç fonksiyonu değeri $\varphi(x^{ya})$ AHF 'deki en büyük amaç fonksiyonuna sahip olan ve son sırada yer alan en kötü tasarımın amaç fonksiyonu değerinden $\varphi(x^k)$ daha küçükse ($\varphi(x^{ya}) < \varphi(x^k)$), yeni tasarım AHF 'ye dahil edilirken son sıradaki tasarım AHF 'den çıkartılır. Bu işlem sonrasında amaç fonksiyonları değerine göre AHF 'deki tasarımlar tekrar sıralanır.

Arama İşleminin Bitirilmesi

Bu çalışmada geliştirilen AA algoritmasında, önceden belirlenen sayıda armoni (tasarım) geliştirilmesi veya optimum değerin belli sayıda armoni geliştirilmesine karşın değişmemesi durumunda arama işlemi bitirilmiştir.

GELİŞMİŞ ARMONİ ARAMA YÖNTEMİ (GAA)

GAA, yukarıda açıklanan klasik AA ile aynı adımlara sahip olmakla birlikte (14) denkleminde kullanılan sabit ξ ses düzeltme oranı yerine, her arama adımında güncellenen bir ξ değeri kullanılmaktadır. ξ ses düzeltme oranı; *AHF* den seçilen tasarım değişkenin aynı kalması veya bu tasarım değişkenin değiştirilmesi olasılığını kontrol etmektedir. Bir arama işlemi ilk adımlarda farklı optimum tasarımlar üretmekte daha sonraki adımlarda ise belli bir optimum değerin yakınında arama işlemine devam etmektedir. Dolayısıyla lokal optimumlara yakınsamayı engellemek ve aramanın belli bir düzene girmesini sağlamak için ξ değeri GAA'da zamanla şu şekilde azaltılmaktadır [1]:

$$\xi(n) = \xi_{\max} - \frac{(\xi_{\max} - \xi_{\min})}{mn} \times n \quad (15)$$

burada, $\xi_{\max}$, $\xi_{\min}$: maksimum ve minimum ses düzeltme oranı, n : arama sayısı, mn : maksimum arama sayısıdır. Klasik AA'da arama boyunca sabit alınan η değerinin aksine GAA'da ξ ses düzeltme oranı arama boyunca sürekli güncellenerek daha etkili biçimde kullanılması amaçlanmaktadır.

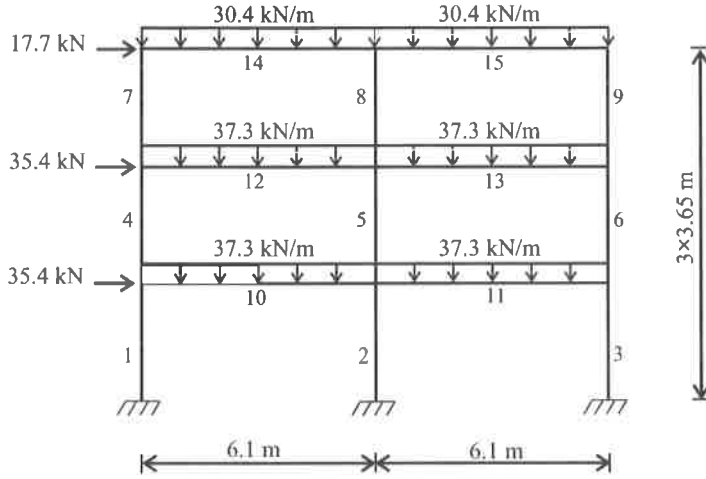
TASARIM ÖRNEKLERİ

GAA yönteminden elde edilen sonuçları kıyaslayabilmek için daha önce GA [5] ve klasik AA yöntemleriyle [2] optimum tasarımı yapılmış iki çelik çerçeve kullanılacaktır. Örneklerde çelik malzemenin elastisite modülü, özgül ağırlığı ve akma dayanımı sırasıyla $E=205940$ MPa, $\rho=7850\text{kg/m}^3$ ve $f_y=235.4$ MPa'dır. Optimum tasarımda çelik kesit olarak Avrupa geniş başlıklı kiriş profilleri (HE-profilleri) kullanılmıştır [8]. Çelik çerçevelerin düğüm deplasmanları çerçeve yüksekliliğinin 250'de 1'i olarak sınırlandırılmıştır.

GAA'da; *AHF* kapasitesi (κ) ve *AHF* kullanma oranı (η) sırasıyla 40 ve 0.8 alınmış, maksimum ve minimum ses düzeltme oranları ise $\xi_{\max}=0.9$ ve $\xi_{\min}=0.2$ olarak belirlenmiştir. Arama işlemindeki komşu derinlik indeksi ± 1 olarak atanmıştır. Ayrıca ceza sabiti önceki çalışmalardaki gibi 10 alınmıştır. Arama esnasında elde edilen optimum ağırlığın maksimum arama sayısının %20'si kadar arama sayısınca değişmemesi ikinci bir durdurma kriteri olarak kabul edilmiştir [2].

Üç Katlı İki Açıklıklı Çerçeve Tasarımı

Üç katlı iki açıklıklı çerçevenin boyutları, yükleme durumu ve eleman numaraları Şekil 1'de verilmiştir. Şekil 1'de çerçeveye uygulanan yükler on eşit parçaya bölünerek lineer olmayan analiz icra edilmiştir. Çerçevede en üst kat en büyük deplasman değeri 4.38 cm ile sınırlandırılmıştır. Farklı başlangıç tasarımlarından elde edilen sonuçlara göre GAA yönteminin için birinci ve ikinci yakınsama kriterleri önceki çalışmadaki [2] değerlerin aynısı olarak 7000 ve 1400 olarak seçilmiştir. GAA yöntemi diğer modern arama yöntemleri gibi olasılığa dayalı bir arama yöntemi olduğundan GAA'dan elde edilen sonuçların birbirine yakın mı yoksa birbirinden çok farklı sonuçlar mı olduğunu görmek için 10 farklı tasarım icra edilmiş, bu tasarımlar içerisindeki en hafif tasarım optimum tasarım olarak Tablo 1'de verilmiştir. Ayrıca optimum tasarıma ait çerçeve ağırlığı, en üst kat yanal deplasman değeri, en büyük gerilme oranı, optimum tasarımı elde etmek için gerekli olan analiz sayısı ve 10 farklı tasarıma ait standart sapma değeri Tablo 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Üç katlı iki açıklıklı çerçeve

Tablo 1. Üç katlı iki açıklıklı çerçeve için optimum tasarım sonuçları

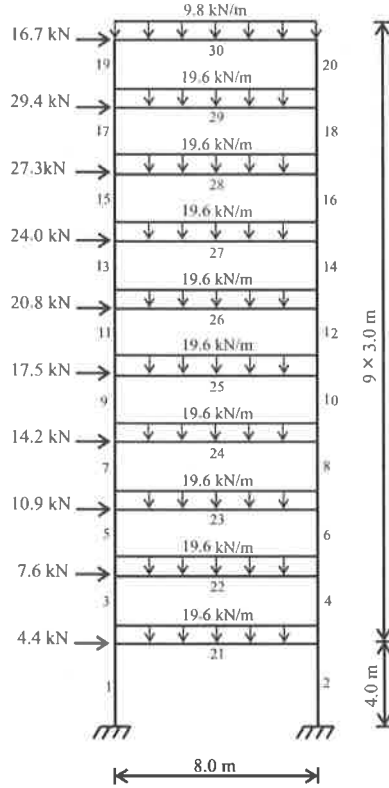
Eleman no.	GA [5]	AA [2]	GAA
1-6	180AA	180AA	180AA
7-12	280A	340AA	340AA
13-18	340AA	320AA	320AA
19,20	400AA	360AA	360AA
21-23	320AA	300AA	300AA
Ağırlık (kg)	5615	4884	4884
En üst kat yanal	1.83	0.93	0.93
Maksimum gerilme oranı	*	0.99	0.99
Çerçeve analiz sayısı	*	4948	4316
Standart sapma (kg)	*	51.6	39.1

*Mevcut değil

Tablo 1'den elde edilen sonuçlara göre GAA ile GA'ya [5] kıyasla %13 daha hafif bir tasarım elde edilirken, klasik AA [2] ile aynı tasarım elde edilmiştir. Bununla birlikte klasik AA [2] bu tasarımı 4948 çerçeve analizi sonunda elde ederken, GAA ile aynı tasarım 4316 analiz sonunda elde edilmiştir. Ayrıca 10 farklı tasarıma ait standart sapma değeri 39.1 kg olarak hesaplanmıştır.

On Katlı Tek Açıklıklı Çerçeve Tasarımı

On katlı tek açıklıklı çerçevenin boyutları, yükleme durumu ve eleman numaraları Şekil 2'de verilmiştir. En üst kat deplasmanı 12.4 cm ile sınırlandırılmıştır.



Şekil 2. On katlı tek açıklıklı çerçeve

GAA yöntemi ile optimum tasarımı yapılan bu çerçeve için gene on farklı çerçeve tasarımı elde edilmiş bu tasarımlardan en hafif GA [5] ve klasik AA [2] yöntemlerinden elde edilen optimum tasarım sonuçları ile karşılaştırmalı olarak Tablo 2'de verilmiştir. GAA'da birinci ve ikinci durdurma kriterleri olarak klasik AA'da [2] verilen değerlerin aynısı olarak sırasıyla 10000 ve 2000 çerçeve analizi olarak seçilmiştir.

Tablo 2. On katlı tek açıklıklı çerçeve için optimum tasarım sonuçları

Eleman no.	GA [5]	AA [2]	GAA
1-6	450×312	700AA	600AA
7-12	500AA	450AA	500AA
13-18	340AA	360AA	360AA
19,20	400B	360AA	340AA
21-23	550AA	550AA	600AA
24-26	650AA	500AA	500AA
27-29	400AA	400AA	400AA
30	320AA	320AA	340AA
Ağırlık (kg)	18818	15071	15010
En üst kat en büyük	6.18	7.67	7.49
En büyük gerilme oranı	*	0.99	1.0
Çerçeve analiz sayısı	*	7295	5612
Standart sapma (kg)	*	224.3	173.4

*Mevcut değil

Tablo 2'den görüleceği üzere GAA ile GA'ya [5] kıyasla %20.2, klasik AA'ya [2] göre %0.4 daha bir hafif çerçeve tasarımı elde edilmiştir. Optimum tasarım için gerekli çerçeve analiz sayıları kıyaslandığında GAA ile elde edilen tasarım 5612 çerçeve analizi gerektirirken, klasik AA [2] 7295 çerçeve analizi sonunda optimum tasarıma yakınsamıştır. Bu durum, optimum tasarımda hem elde edilen çerçeve tasarımı hem de optimum tasarım için gerekli çerçeve analiz sayısı bakımından GAA'nın AA'ya [2] göre iyi sonuçlar verdiğini göstermektedir. Optimum tasarımda; en büyük gerilme oranı 1.0 değeri ile sınır değerini alırken, en üst kat en büyük deplasman değeri 7.49 cm ile sınır değer (12.4 cm) uzağındadır. Bu sonuç optimum tasarımın elde edilmesinde gerilme sınırlayıcılarının etkili olduğunu göstermektedir.

SONUÇLAR

GAA yöntemi ile GA ve klasik AA'ya göre daha hafif çelik çerçeve tasarımları elde edilmiştir. Optimum tasarımı elde etmek için gerekli çerçeve analiz sayısı bakımından GAA, klasik AA'dan daha az çerçeve analizi gerektirmiştir. Tasarım örneklerinde on farklı çerçeve tasarımı için hesaplanan standart sapma değerlerinin optimum çerçeve ağırlıklarına göre oldukça küçük değerler olması GAA'nın yaklaşık olarak aynı tasarımları bulabildiğini göstermektedir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, GAA yönteminin geometrik bakımdan lineer olmayan çelik çerçevelerin optimum tasarımında kullanılabilecek etkili bir yöntem olduğunu göstermektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Wang C.M. ve Huang Y.F., Self-adaptive harmony search algorithm for optimization. Expert Syst Appl, Cilt. 37, s. 2826-2837, 2009
- [2] Degertekin, S.O., Hayalioglu, M.S. ve Gorgun, H., Optimum design of geometrically non-linear steel frames with semi-rigid connections using a harmony search algorithm. Steel Compos. Struct., Cilt. 9, 535-555, 2009
- [3] Degertekin, S.O., Optimum design of steel frames using harmony search algorithm, Struct. Multidiscip. O., Cilt. 36, s. 393-401, 2008
- [4] Lee, K.S., Geem, Z.W., Lee, S.H. ve Bae, K.W., The harmony search heuristic algorithm for discrete structural optimization, Eng. Optimiz., Cilt. 37, s. 663-684, 2005
- [5] Hayalioglu, M.S. ve Degertekin, S.O., Genetic algorithm based optimum design of non-linear steel frames with semi-rigid connections, Steel Compos. Struct., Cilt. 4, s. 453-469, 2004
- [6] Geem, Z.W., Kim, J.H. ve Loganathan, G.V., A new heuristic optimization algorithm: harmony search, Simul.-T. Soc. Mod. Sim., Cilt. 76, s. 60-68, 2001
- [7] Kishi, N., Chen, W.F. ve Goto, Y., Effective length factor of columns in semirigid and unbraced frames, J. Struct. Eng.-ASCE, Cilt. 123, s. 313-320, 1997
- [8] Euronorm, European Wide Flange Beams, s. 53-62, CEN, Brussels, 1993
- [9] TS648 (1980), Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, 1980