



XIX. ULUSAL MEKANİK KONGRESİ

24-28 Ağustos 2015, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon

## BETONARME İSTİNAT DUVARLARININ ÇİÇEKLERİN TOZLAŞMA ALGORİTMASI İLE OPTİMİZASYONU

Burak Yılmaz<sup>1</sup>, Gebrail Bekdaş<sup>2</sup> ve Sinan Melih Nigdeli<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup> İstanbul Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul

### ABSTRACT

The main aim of an engineer is to find the best solution ensuring security and economical conditions. Thus, optimization is needed in design of engineering problems with various design variables and constraints. In optimization, the metaheuristic methods inspired by natural happenings are very effective on finding optimum solutions. In this study, recently developed flower pollination algorithm inspired by the pollination process of flowering plants is employed. Reinforced concrete retaining walls are optimized for dimension and reinforcement design variables. The optimization problem also considers turnover, slip and base stress controls of the retaining walls. The proposed method is feasible to find optimum design with the minimum cost.

### ÖZET

Bir mühendisin ana amacı güvenlik ve ekonomik koşulları sağlayan en iyi sonucu bulmaktır. Bundan dolayı, optimizasyon çeşitli tasarım değişkenleri ve kısıtlarının bulunduğu mühendislik problemlerinin tasarımında gereklidir. Optimizasyonda, doğal olaylardan ilham alan metasezgisel algoritmalar optimum çözümlerin bulunmasında oldukça etkilidir. Bu çalışmada, yakın zamanda geliştirilen ve çiçek açan bitkilerin tozlaşma sürecinden esinlenen çiçeklerin tozlaşma algoritması kullanılmıştır. Betonarme istinat duvarları boyut ve donatı değişkenleri için optimize edilmiştir. Ayrıca, optimizasyon problemi devrilme, kayma ve taban basıncı kontrollerini de içermektedir. Önerilen metot minimum maliyetli optimum tasarımın bulunmasında olasıdır.

### GİRİŞ

Nüfus yoğunluğunun artması ile birlikte konut ihtiyacı artmış fakat inşaat yapılabilecek alanların yetersiz kalması mühendislerin ve bilim adamların yapısal optimizasyon üzerinde çalışmasını gerekli hale getirmiştir. Mevcut inşaat alanlarını en iyi şekilde değerlendirmek için yapılan bu çalışmaların temeli 1950'lerin başında atılmış ve 90'lı yıllarda büyük gelişme göstermiştir. Özellikle kullanılan ve geliştirilen metasezgisel yöntemler, tasarımcıyı uzun türev hesaplamalarından kurtarmış ve daha hızlı sonuç alınmasını sağlamıştır. Optimizasyon ile ilgili çalışmalara aşağıdaki örnekler verilebilir.

Gülây tarafından yapılan çalışmada dışmerkezsiz çapraz elemanlı yapıların deprem yüküne göre optimum tasarımı için bir çözümleme tekniği geliştirilmiş ve bu konuda genel bir bilgisayar programı hazırlanarak çeşitli yapı tipleri üzerinde sayısal uygulama sonuçları sunulmuştur. [1]

Oktar tarafından yapılan önerilmeli kirişlerin optimum tasarımı ile ilgilidir. Basit ve iki açıklıklı kirişler ele alınmıştır. I,T ve dikdörtgen kesit incelenmektedir. Minimum tasarım formülasyonu için kirişlerin hem maliyeti hem de ağırlığı amaç fonksiyonu olarak seçilmiştir. [2]

Aydın tarafından yapılan çalışmanın amacı genetik algoritma kullanılarak uzay kafes sistemlerin optimum tasarımını gerçekleştirmek. Tasarımda gerilme, yer değiştirme ve stabilite sınırlayıcıları dikkate alınmış bir bilgisayar programı kodlanmış ve bu program yardımıyla çeşitli kafes sistemlerin optimum tasarımı yapılmıştır. [3]

Ulusoy tarafından yapılan çalışma evrimsel stratejilerin yapı optimizasyonunda kullanılması ile ilgilidir. Tez, yapıların ES kullanılarak optimum tasarım(minimum ağırlık) üzerine yoğunlaşmaktadır. Daha açıkçası gerilme, öteleme ve kararlılık sınırlamalarına maruz kalan uzay kafesler ve düzlem çerçeveler ele alınmaktadır. [4]

Atabay tarafından yapılan çalışmada perdeli betonarme yapı sistemlerin Genetik Algoritma Yöntemiyle maliyet optimizasyonu yapılmaktadır. Tasarım değişkenleri olarak perde boyutları alınmış ve bu perde boyutlarından istenen yapının toplam maliyetini minimize eden değerler olması. [5]

Deliktaş ve diğ. tarafından yapılan çalışmada betonarme kiriş tasarımı kısıtlanmalı bir optimizasyon problemi olarak ele alınmış ve çözüm için evrimsel algoritma esaslı genetik algoritma tekniği kullanılmıştır. Bu amaçla, örnek olarak tek açıklıklı dikdörtgen kesitli betonarme kirişin boyutları, minimum maliyeti verecek şekilde optimize edilmiştir. [6]

Erdal tarafından yapılan çalışmada ızgara sistemlerin boyutlandırılmasını optimum tasarım algoritmasına dayalı armoni arama yöntemi ile yapmıştır. Bu tasarım algoritması LRFD-AISC uygulaması sonucu oluşan yer değiştirme ve dayanım sınırlamalarını göz önüne almaktadır. [7]

Korkmaz ve diğ. tarafından yapılan çalışmada güvenilirlik esaslı analizlere optimizasyonun dâhil edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, betonarme çerçeve tipi binalar için güvenilirlik esaslı analizde tasarım aşamasında kullanılan yük katsayılarının TS500 temel alınarak, farklı depremler için optimum değerinin belirlenmesi sağlanmıştır. [8]

Akın tarafından yapılan çalışmada süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler için optimum tasarım algoritması oluşturulmuştur. Betonarme çerçevenin beton, demir donatı ve kalıp maliyetlerini içeren toplam maliyetleri amaç fonksiyonu olarak kullanılmış. Kiriş elemanların kesit boyutları, kiriş açıklıklarındaki ve mesnetlerdeki donatıların çap ve sayıları, kolon kesitlerinin eni, derinliği ile x ve y doğrultularındaki donatıları çap ve sayıları tasarım değişkenleri olarak seçilmiştir. [9]

Bekdaş ve Nigdeli tarafından yapılan çalışmada sunulan yöntemle, maksimum eğilme momentiyle aksel kuvvetin sağlanmasıyla minimum maliyet çözümü bulundu. Minimum maliyet ile tek aksel betonarme kolonların optimum tasarımı açıklanmıştır. [10]

Kutuk ve Gov tarafından yapılan çalışmada rüzgar yükü etkisi altındaki bir binada en küçük deformasyon için optimum destekleme sistemine karar verilmesi yer almıştır. Topoloji optimizasyonu ile yeni bir destekleme sistemi geliştirilmiştir. [11]

Bu çalışmada istinat yapıları için kayma, devrilme ve taban basıncı kontrolü yapılmış, uygun boyut ve donatıda minimum maliyet bulunmaya çalışılmıştır. Bir meta sezgisel yöntem olan çiçeklerin tozlaşma algoritması kullanılmıştır.

## YÖNTEM

125 milyon yıllık bir geçmişe sahip çiçek açan bitkilerin, doğada çeyrek milyonun üzerinde türü olduğu tahmin ediliyor. Çiçekler için gerekli ve ilk amaç olan tozlaşma, uygun şartlar oluştuğunda arılar, kuşlar, böcekler ve rüzgarlar yardımıyla gerçekleşir ve türlerin devamlılığı sağlanmış olur. Çiçekler tarafın üretilen polenler tozlaştırıcılar ile taşınır tozlaşma gerçekleşir. Tozlaşma süreci biyotik ve abiyotik olarak iki ana forma sahiptir.( %90'lık kısmı biyotik tozlaşma, %10'luk kısmı da abiyotik). Biyotik tozlaşma tozlaştırıcılar ile gerçekleşirken abiyotik tozlaşmada herhangi bir tozlaştırıcıya ihtiyaç yoktur. Abiyotik tozlaşma rüzgâr ve difüzyon yardımıyla gerçekleşir. (Örn. Çimenler)

En iyi tozlaştırıcı arılar iken doğa da 200.000'in üzerinde tozlaştırıcı olduğu tahmin ediliyor.

Dünya'da iki tip tozlaşma görülür. Çapraz tozlaşma, farklı bitkilerin çiçekleri tarafından oluşturulan polenler arasında olur. Aynı çiçeğin ya da aynı bitkinin farklı çiçekleri arasında olan kendi kendine tozlaşma da bir çiçeğin gübrelenmesi sonucu oluşur.(Örn.Şeftali)

Bu özelliklere dayanarak Xin-She Yang tarafından 2012 yılında bir algoritma geliştirilmiştir [12]. Basitleştirmek için 4 kural tanımlanmıştır.

1. Biyotik ve çapraz tozlaşmanın genel tozlaşma sürecinin bir parçası olabileceği düşünülmüş ve polen taşıyan tozlaştırıcıların Levy uçuşlarına bağlı kaldığı kabul edilmiştir.
2. Yerel tozlaşma için abiyotik ve kendi kendine tozlaşma kullanılmıştır.
3. İki çiçek tarafından üreme olasılığına benzer olarak böcekler gibi polen taşıyıcıları bir çiçek kararlılığı oluşturabilir.
4. Yerel ve genel tozlaşma arasında etkileşim veya geçiş bir geçiş olasılığı ile bir miktar yerel tozlaşmaya tolerans tanıyarak kontrol edilebilir.

Bu kurallar aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

Kural 1 in matematiksel ifadesi ;

$$x_i^{t+1} = x_i^t + \gamma * L * (\lambda) * (x_i^t - g)$$

Kural 2 in matematiksel ifadesi ;

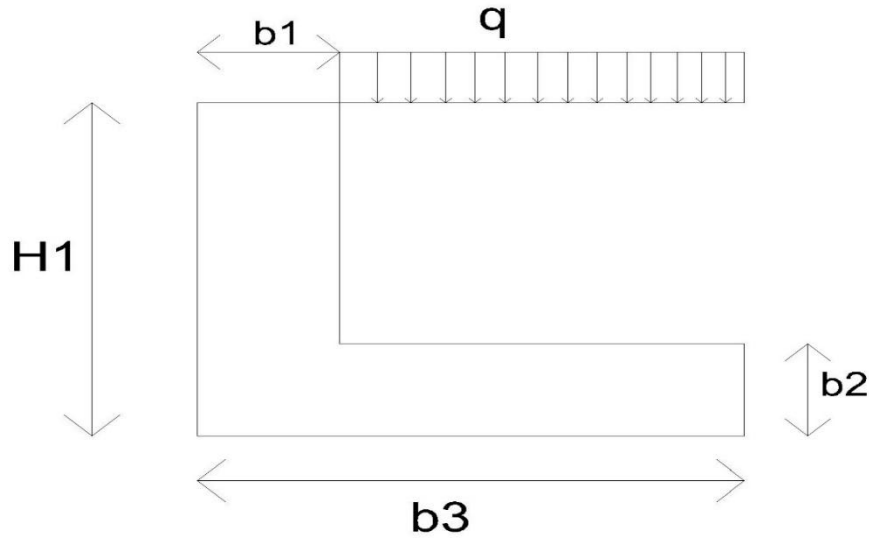
$$L \sim \frac{\lambda \Gamma(\lambda) \sin(\pi\lambda/2)}{\pi} \frac{1}{s^\lambda (1+\lambda)} (s \gg s_0 > 0)$$

Kural 3 in matematiksel ifadesi ;

$$X_i^{t+1} = x_i^t + \epsilon$$

## SAYISAL SONUÇLAR

Bu çalışmada zemin sürtünme açısı( $\theta=30^0$ ), istinat duvar yüksekliği( $H_1=6m$ ) ve sürşarj yükü sabit alınmış ve değişken olarak tanımlanan  $b_1, b_2, b_3$ , konsol ve taban plağındaki donatı çapları( $\varphi$ ) ve aralıkları( $s$ ) bulunmuştur. İstinat duvarı Şekil 1’de görülmektedir. Yaptığımız istinat tasarımlarında C20 sınıfında beton ve S420 sınıfı donatı kullanılmıştır. Optimum maliyetler duvarın bir metre genişliği için hesaplanmıştır. Betonun maliyeti 40 dolar/ $m^3$ , donatı çeliğinin ise 400 dolar/ton alınmıştır. Çiçeklerin tozlaşma algoritması kullanılarak değişik boyutlar, çap ve aralıklar belirlenerek çözüm yapılmaya çalışılmış ve minimum maliyetler aranmıştır. Boyutlar atandıktan sonra kayma, devrilme ve taban basıncı kontrolleri yaptırılmıştır. Rastgele atanılan donatı çap ve aralıkları ile yapının moment taşıma gücü bulunmuş, konsolda ve taban plağında oluşan maksimum momentlerle karşılaştırılmıştır. Üç farklı sürşarj yükü için en iyi sonucun program tarafından belirlenmesi sağlanmıştır.



Şekil 1. İstinat Duvarı.

Çizelge 1’de 3 farklı sürşarj yükü ( $q$ ) altında optimum sonuçları yer almaktadır. Tabloda verilen değerlerin açıklamaları aşağıdaki gibidir.

- $M_{r1}$ :Konsolun moment taşıma gücü
- $M_{r2}$ :Taban plağının moment taşıma gücü
- $F_{s1}$ :Konsolun taşıyabileceği kuvvet
- $F_{s2}$ :Taban plağının taşıyabileceği kuvvet
- $A_{s1}$ :Konsoldaki toplam donatı alanı
- $A_{s2}$ :Taban plağındaki toplam donatı alanı
- $\varphi_1$ :Konsolda kullanılan donatı çapı
- $\varphi_2$ :Taban plağında kullanılan donatı çapı
- $s_1$ : Konsolda kullanılan donatı aralığı
- $s_2$ : Taban plağında kullanılan donatı aralığı
- $b_1$ :Konsol gövde kalınlığı
- $b_2$ :Taban plağı yüksekliği
- $b_3$ :Taban plağı genişliği

$M_1$ :Konsolda oluşan en büyük moment

$M_4$ :Taban plağında oluşan en büyük moment

$q_{z_{max}}$ :Taban plağında oluşan en büyük gerilme

$q_{z_{min}}$ :Taban plağında oluşan en küçük gerilme

D.G. Katsayısı:Devrilme güvenlik katsayısı

K.G. Katsayısı: Kayma güvenlik katsayısı

Çizelge 1. Optimum tasarım sonuçları.

|  | <b>q=10(kN/m)</b> | <b>q=20(kN/m)</b> | <b>q=30(kN/m)</b> |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|
| <b>Maliyet(Dolar)</b>                    | 185,12            | 206,9             | 226,9             |
| <b>Mr<sub>1</sub>(kNm)</b>               | 227,88            | 284,82            | 336,81            |
| <b>Mr<sub>2</sub>(kNm)</b>               | 288,84            | 345,4             | 429,14            |
| <b>Fs<sub>1</sub>(kN)</b>                | 871,63            | 920,97            | 1121,18           |
| <b>Fs<sub>2</sub>(kN)</b>                | 935,98            | 1155,65           | 1516,89           |
| <b>As<sub>1</sub>(mm<sup>2</sup>)</b>    | 2388,05           | 2523,21           | 3071,73           |
| <b>As<sub>2</sub>(mm<sup>2</sup>)</b>    | 2564,33           | 3166,16           | 4155,88           |
| <b>φ<sub>1</sub>(mm)</b>                 | 30                | 30                | 30                |
| <b>φ<sub>2</sub>(mm)</b>                 | 28                | 22                | 30                |
| <b>s<sub>1</sub>(mm)</b>                 | 280               | 280               | 230               |
| <b>s<sub>2</sub>(mm)</b>                 | 240               | 120               | 170               |
| <b>b1(m)</b>                             | 0,35              | 0,4               | 0,4               |
| <b>b2(m)</b>                             | 0,4               | 0,4               | 0,4               |
| <b>b3(m)</b>                             | 3,85              | 4,35              | 4,95              |
| <b>M<sub>1</sub>(kNm)</b>                | 227,88            | 280,14            | 332,41            |
| <b>M<sub>4</sub>(kNm)</b>                | 276,76            | 344,45            | 415,97            |
| <b>q<sub>z<sub>max</sub></sub>(kN/m)</b> | 244,89            | 248,92            | 247,24            |
| <b>q<sub>z<sub>min</sub></sub>(kN/m)</b> | 2,01              | 16,2              | 35,83             |
| <b>D.G. Katsayısı</b>                    | 2,98              | 3,12              | 3,43              |
| <b>K.G. Katsayısı</b>                    | 2,06              | 2,01              | 2,01              |

## SONUÇLAR

Oluşturulan optimizasyon problemi aynı problem için birden fazla kez çalıştırılmış ve her seferinde aynı sonuçlar elde edilmiştir. Bundan dolayı çiçeklerin tozlaşma algoritmasını kullanan yöntem en iyi optimum sonuçların bulunmasında etkili bir metottur.

## KAYNAKLAR

- [1] G. Gülay, *Merkezsiz ve Dışmerkezsiz Çapraz Elemanlı Çerçeve Yapıların Statik ve Deprem Yüküne Göre Optimum Tasarımı*, Doktora tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 1985.
- [2] B.Ö. Oktar, *Öngerilmeli Beton Kirişlerin Linear Olmayan Programlamayla Optimum Tasarımı*, Yüksek Lisans tezi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, 1995.
- [3] Z. Aydın, *Uzay Kafes Sistemlerin Genetik Algoritmayla Optimum Tasarımı*, Yüksek Lisans tezi, İnşaat Mühendisliği, Karadeniz Teknik Üniversitesi, 2000.
- [4] A.F. Ulusoy, *Evrimsel Stratejilerin Optimum Yapı Tasarımında Kullanımı*, Yüksek Lisans tezi, İnşaat Mühendisliği, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, 2002.
- [5] Ş. Atabay, *Perdeli Betonarme Yapı Sistemlerinin Genetik Algoritmayla Optimum Tasarımı*, Doktora tezi, İnşaat Mühendisliği, İstanbul Teknik Üniversitesi, 2004.
- [6] B. Deliktaş, T.H. Türker, H. Çoşkun, M. Bikçe, E. Özdemir, *Genetik Algoritma Parametrelerinin Betonarme Kiriş Tasarımı Üzerine Etkisi*, *Deprem Sempozyumu*, 23-25 Mart 2005, Kocaeli, s. 1524-1531
- [7] F. ERDAL, *Izgara sistemlerin harmoni arama yöntemi kullanılarak optimum boyutlandırılması*, Yüksek Lisans tezi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, 2007.
- [8] K.A. Korkmaz, A. Orbay, *Betonarme Çerçeve Yapı Binalarının Güvenilirlik Esaslı Analizinde Yük Katsayılarının Optimizasyonu*, *Fen ve Teknoloji Dergisi*, *Anadolu Üniversitesi*, 8 (2007) 361.
- [9] A. Akın, *Betonarme düzlem çerçevelerin armoni tarama yöntemi ile optimum tasarımı*, Doktora tezi, , Orta Doğu Teknik Üniversitesi, 2010.
- [10] G. Bekdaş, S. M. Nigdeli, *Rassal Arama Tekniği ile Betonarme Kirişlerin Farklı Beton Dayanımları için Optimizasyonu*, *XVIII. Ulusal Mekanik Kongresi*, 26-30 Ağustos 2013, Manisa.
- [11] M. A. Kutuk, İ. Gov, *Optimum bracing design under wind load by using topology optimization*, *Wind and Structures*, 18 (2014) 497-510.
- [12] X.S. Yang, *Flower pollination algorithm for global optimization*, *Lecture Notes in Computer Science*, 7445 (2012) 240-249.