

**ÇELİK ÇERÇEVELERİN 2018 TÜRK ÇELİK TASARIM  
YÖNETMELİĞİNE GÖRE GENETİK ALGORİTMAYLA  
OPTİMUM TASARIMI VE SONUÇLARIN SAP 2000  
ÇÖZÜMLERİYLE KARŞILAŞTIRILMASI**

**ZEYNEP ACAR**

**MAYIS 2024**

**DİYARBAKIR**

DİCLE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇELİK ÇERÇEVELERİN 2018 TÜRK ÇELİK TASARIM  
YÖNETMELİĞİNE GÖRE GENETİK ALGORİTMAYLA  
OPTİMUM TASARIMI VE SONUÇLARIN SAP 2000  
ÇÖZÜMLERİYLE KARŞILAŞTIRILMASI**

ZEYNEP ACAR

DİCLE ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM-ÖĞRETİM VE SINAV  
YÖNETMELİĞİNİN BİR PARÇASI OLARAK  
YAPI MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALINDA  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
OLARAK HAZIRLANMIŞTIR

MAYIS 2024

DİYARBAKIR

**ÇELİK ÇERÇEVELERİN 2018 TÜRK ÇELİK TASARIM  
YÖNETMELİĞİNE GÖRE GENETİK ALGORİTMAYLA OPTİMUM  
TASARIMI VE SONUÇLARIN SAP 2000 ÇÖZÜMLERİYLE  
KARŞILAŞTIRILMASI**

**Zeynep ACAR** tarafından Dicle Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin bir parçası olarak hazırlanan bu çalışma, aşağıda bilgileri yazılı jüri üyeleri tarafından değerlendirilerek **Yapı Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Neslihan DALKILIÇ  
Müdür, **Fen Bilimleri Enstitüsü**

\_\_\_\_\_

Prof. Dr. Mehmet Sedat HAYALİOĞLU  
Danışman, **İnşaat Mühendisliği Bölümü,**  
**Dicle Üniversitesi**

\_\_\_\_\_

**Sınav Jürisi:**

Prof. Dr. Mehmet Sedat HAYALİOĞLU (\*\*)  
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Dicle Üniversitesi

\_\_\_\_\_

Prof. Dr. Sadık Özgür DEĞERTEKİN (\*)  
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Dicle Üniversitesi

\_\_\_\_\_

Dr. Öğr. Üyesi İbrahim Behram UĞUR  
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Şırnak Üniversitesi

\_\_\_\_\_

ONAY

**Savunma Tarihi:** 31 / 05 /2024

(\*) Jüri Başkanı.

(\*\*)Tez Danışmanı.



***Aileme...***

**Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tez çalışmasında yer alan tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu beyan ederim. Ayrıca, bahse konu bu kural ve ilkelerin gerektirdiği üzere, bu çalışmada özgün olmayan tüm bilimsel içerikleri kurallara uygun biçimde alıntılıyıp kaynak gösterdiğimi beyan ederim. Beyanıyla çelişen herhangi bir delil bulunduğu takdirde tüm sorumluluğu üstleneceğimi kabul ederim.**

**Ad, Soyad: Zeynep ACAR**

**İmza: .....**

## TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının her aşamasında karşılaştığım problemlere bilimsel birikim ve tecrübeleriyle bana yol gösteren çok değerli hocam Prof. Dr. Mehmet Sedat HAYALİOĞLU' nun rehberliğinde ve desteklerinden dolayı teşekkür eder saygılarımı sunarım.

Bugünlere gelmemde en büyük emekleri olan her türlü maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen çok kıymetli aileme sonsuz teşekkür ederim.



## İÇİNDEKİLER

|                                                                                                     |      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| TEŞEKKÜR.....                                                                                       | V    |
| İÇİNDEKİLER .....                                                                                   | VI   |
| ŞEKİLLER LİSTESİ .....                                                                              | VIII |
| ÇİZELGELER LİSTESİ .....                                                                            | XI   |
| SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ .....                                                               | XII  |
| ÖZET.....                                                                                           | XVI  |
| ABSTRACT.....                                                                                       | XVII |
| 1.GİRİŞ .....                                                                                       | 1    |
| 2. KAYNAK ÖZETİ VE KRİTİĞİ.....                                                                     | 3    |
| 3. OPTİMİZASYON VE GENETİK ALGORİTMA .....                                                          | 5    |
| 3.1 Optimizasyon .....                                                                              | 5    |
| 3.2 Yapısal Optimizasyonun Formülasyonu .....                                                       | 5    |
| 3.2.1 Amaç fonksiyonu .....                                                                         | 5    |
| 3.2.2 Sınırlayıcılar .....                                                                          | 5    |
| 3.3 Optimum Tasarım Teknikleri.....                                                                 | 6    |
| 3.3.1 Matematik programlama .....                                                                   | 6    |
| 3.3.2 Optimumluk kriteri yöntemi .....                                                              | 6    |
| 3.3.3 Genetik algoritma.....                                                                        | 6    |
| 3.4 Genetik Algoritma.....                                                                          | 6    |
| 3.4.1 Genetik algorithmada kullanılan temel kavramlar .....                                         | 6    |
| 3.4.2 Genetik algoritma operatörleri .....                                                          | 7    |
| 4. ÇYTHYDE (2018) YÖNETMELİĞİNE GÖRE GA’NIN MUKAVEMET<br>SINIRLAYICILARINI OLUŞTURAN FORMÜLLER..... | 10   |
| 4.2 Genetik Algoritmanın Formülasyonu .....                                                         | 14   |
| 4.2.1 Deplasman sınırlayıcıları .....                                                               | 14   |
| 4.3 Geliştirilen Genetik Algoritma Programının Açıklaması ve Veri Yapısı .....                      | 16   |

|                                            |    |
|--------------------------------------------|----|
| 5. SAYISAL ÖRNEKLER .....                  | 18 |
| 5.1 Tek Açıklıklı Dört Katlı Çerçeve ..... | 18 |
| 5.2 Tek Açıklıklı On Katlı Çerçeve .....   | 28 |
| 5.3 Üç Açıklıklı On Katlı Çerçeve .....    | 41 |
| 6. SONUÇLAR .....                          | 58 |
| KAYNAKLAR .....                            | 60 |
| ÖZGEÇMİŞ .....                             | 62 |



## ŞEKİLLER LİSTESİ

|                                                                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 3.1 Tek noktalı çaprazlama .....                                                                        | 8  |
| Şekil 3.2 Çift noktalı çaprazlama .....                                                                       | 8  |
| Şekil 3.3 Üniform çaprazlama.....                                                                             | 9  |
| Şekil 4.1 GA akış diyagramı .....                                                                             | 15 |
| Şekil 5.1 Yatay doğrultuda kat hizalarına etkiyen rüzgâr yükleri.....                                         | 19 |
| Şekil 5.2 Yatay doğrultuda kat hizalarına etkiyen deprem yükleri .....                                        | 19 |
| Şekil 5.3 Tek açıklıklı-dört katlı çelik çerçeve (1.2G+1.6Q+0.5S yük birleşimi yükler) .....                  | 21 |
| Şekil 5.4 Dört katlı tek açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (Birinci Kısım) ....                        | 22 |
| Şekil 5.5 Dört katlı tek açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (İkinci Kısım) .....                        | 22 |
| Şekil 5.6 Dört katlı tek açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (Üçüncü Kısım) ...                          | 23 |
| Şekil 5.7 Dört katlı tek açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (Dördüncü Kısım) 23                         |    |
| Şekil 5.8 Dört katlı tek açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (Beşinci Kısım) ...                         | 24 |
| Şekil 5.9 Dört katlı tek açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (Altıncı Kısım) ....                        | 24 |
| Şekil 5.10 Dört katlı tek açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (Yedinci Kısım). 25                        |    |
| Şekil 5.11 Dört katlı tek açıklıklı düzlem çerçevenin çıkış dosyası sonuç gösterimi 25                        |    |
| Şekil 5.12 SAP 2000 tasarım sonucu .....                                                                      | 28 |
| Şekil 5.13 Tek açıklıklı-on katlı çerçevenin yatay doğrultuda kat hizalarına etkiyen rüzgâr yükleri .....     | 29 |
| Şekil 5.14 Tek açıklıklı-on katlı çerçevenin yatay doğrultuda kat hizalarına etkiyen deprem yükleri .....     | 30 |
| Şekil 5.15 Tek açıklıklı-on katlı çelik çerçevede 6. yük birleşimine göre yükler (1.2G+1Q+0.5S+1.6WSOL) ..... | 33 |
| Bir önceki örneğe benzer bu çerçevenin veri dosyası hazırlanarak Şekil 5.16-5.25’de verilmiştir. ....         | 33 |
| .....                                                                                                         | 34 |
| Şekil 5.17 On katlı tek açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (İkinci Kısım) .....                         | 34 |
| Şekil 5.18 On katlı tek açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (Üçüncü Kısım) ...                           | 35 |
| Şekil 5.19 On katlı tek açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (Dördüncü Kısım) 35                          |    |
| Şekil 5.20 On katlı tek açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (Beşinci Kısım) ....                         | 36 |

|                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 5.21 On katlı tek açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (Altıncı Kısım).....                      | 36 |
| Şekil 5.22 On katlı tek açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (Yedinci Kısım) ...                       | 37 |
| Şekil 5.23 On katlı tek açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (Sekizinci Kısım) .                       | 37 |
| Şekil 5.24 On katlı tek açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (Dokuzuncu Kısım)                         | 38 |
| Şekil 5.25 On katlı tek açıklıklı düzlem çerçevenin çıkış dosyası sonuç gösterimi ..                       | 38 |
| Şekil 5.26 İkinci örnek SAP 2000 tasarım sonucu.....                                                       | 40 |
| Şekil 5.27 Üç açıklıklı-on katlı çerçevenin yatay doğrultuda kat hizalarına etkileyen rüzgâr yükleri ..... | 42 |
| Şekil 5.28 Üç açıklıklı-on katlı çerçevenin yatay doğrultuda kat hizalarına etkileyen deprem yükleri ..... | 43 |
| Şekil 5.29 Üç açıklıklı-on katlı çelik çerçeve (1.2G+1.6Q+0.5S) .....                                      | 45 |
| Şekil 5.30 On katlı üç açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (Birinci Kısım).....                       | 46 |
| Şekil 5.31 On katlı üç açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (İkinci Kısım) .....                       | 46 |
| Şekil 5.32 On katlı üç açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (Üçüncü Kısım) ....                        | 47 |
| Şekil 5.33 On katlı üç açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (Dördüncü Kısım) .                         | 47 |
| Şekil 5.34 On katlı üç açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (Beşinci Kısım).....                       | 48 |
| Şekil 5.35 On katlı üç açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (Altıncı Kısım).....                       | 48 |
| Şekil 5.36 On katlı üç açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (Yedinci Kısım) ....                       | 49 |
| Şekil 5.37 On katlı üç açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (Sekizinci Kısım) ..                       | 49 |
| Şekil 5.38 On katlı üç açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (Dokuzuncu Kısım)                          | 50 |
| Şekil 5.39 On katlı üç açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (Onuncu Kısım) ....                        | 50 |
| Şekil 5.40 Üçüncü örnek veri dosyası on birinci kısım .....                                                | 51 |
| Şekil 5.41 On katlı üç açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (On ikinci Kısım) ..                       | 51 |
| Şekil 5.42 On katlı üç açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (On üçüncü Kısım)                          | 52 |
| Şekil 5.43 On katlı üç açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (On dördüncü Kısım)                        | 52 |
| Şekil 5.44 On katlı üç açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (On beşinci Kısım)                         | 53 |
| Şekil 5.45 On katlı üç açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (On altıncı Kısım) .                       | 53 |
| Şekil 5.46 .....                                                                                           | 54 |

|                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 5.47 On katlı üç açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (On sekizinci Kısım) | 54 |
| Şekil 5.49 Üçüncü örnek SAP 2000 tasarım sonucu.....                                 | 56 |



## ÇİZELGELER LİSTESİ

|                                                                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Çizelge 5.1 Çelik çerçeve sistemin yük kombinasyonları altında GA tasarım sonuçları .....                                                 | 20 |
| Çizelge 5.2 Genetik algoritma ikinci yük birleşimi tasarımında kısıtlanmış deplasman değerleri.....                                       | 26 |
| Çizelge 5.3 SAP 2000 tasarımında kısıtlanmış deplasman değerleri.....                                                                     | 26 |
| Çizelge 5.4 SAP 2000 çözümünde elemanların tasarımı yapıldığı yük birleşimleri .                                                          | 26 |
| Çizelge 5.5 Genetik algoritma ile tek açıklıklı- dört katlı çerçeve sistemin ikinci yük birleşimine göre tasarımı.....                    | 27 |
| Çizelge 5.6 SAP 2000 ile tek açıklıklı- dört katlı çerçeve sistemin tasarım sonucu..                                                      | 28 |
| Çizelge 5.7 İkinci sayısal örnek çelik çerçeve sistemin yük birleşimleri altında GA tasarım sonuçları .....                               | 31 |
| Çizelge 5.8 İkinci sayısal örnek SAP 2000 çözümünde elemanların tasarımı yapıldığı yük birleşimleri .....                                 | 32 |
| Çizelge 5.9 İkinci çerçeve örneği genetik algoritma tasarımında kısıtlanmış deplasman değerleri (6. yük birleşimine göre).....            | 38 |
| Çizelge 5.10 İkinci çerçeve örneği SAP 2000 tasarımında kısıtlanmış deplasman değerleri.....                                              | 38 |
| Çizelge 5.11 İkinci örnekte genetik algoritma ile tek açıklıklı-on katlı çerçeve sistemin 6. yük birleşimine göre tasarım sonuçları ..... | 39 |
| Çizelge 5.12 İkinci örnek çerçevenin SAP 2000 ile tasarım sonuçları .....                                                                 | 40 |
| Çizelge 5.13 Üçüncü örnek çelik çerçeve sistemin yük birleşimleri altında GA tasarım sonuçları .....                                      | 44 |
| Çizelge 5.14 Üçüncü çerçeve örneği genetik algoritma tasarımı kısıtlanmış deplasman değerleri .....                                       | 55 |
| Çizelge 5.15 Üçüncü örnek çerçevenin 2. yük birleşimiyle GA optimum tasarım sonuçları .....                                               | 55 |
| Çizelge 5.16 Üçüncü örnek çerçevenin SAP 2000 ile tasarım sonuçları .....                                                                 | 56 |

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

| Simge      | Açıklama                                                                                                          |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $A_e$      | Etkin Enkesit Alanı                                                                                               |
| $A_g$      | Kayıpsız Enkesit Alanı                                                                                            |
| $A_k$      | K'inci Eleman Grubundaki Elemanın Kesit Alanı                                                                     |
| $B_1$      | Yatay Ötelenmesi Önlenmiş Sistemin Elemanlarındaki (P- $\delta$ ) Etkilerini Göz Önüne Alan Bir Artırma Katsayısı |
| $B_2$      | Yatay Ötelenmesi Önlenmemiş Sistem Genelindeki (P- $\Delta$ ) Etkilerini Göz Önüne Alan Bir Artırma Katsayısı     |
| $C_b$      | Moment Düzeltme Katsayısı                                                                                         |
| $C_m$      | Eşdeğer Sabit Moment Yayılışına Dönüştürme Katsayısıdır                                                           |
| $E$        | Çeliğin Elastisite Modülü                                                                                         |
| $E_c I_c$  | Kolon Enkesiti Eğilme Rijitliği                                                                                   |
| $E_g I_g$  | Kiriş Enkesiti Eğilme Rijitliği                                                                                   |
| $ESOL$     | Deprem Yüğü Soldan                                                                                                |
| $ESAG$     | Deprem Yüğü Sağdan                                                                                                |
| $F_{cr}$   | Kritik Burkulma Gerilmesi                                                                                         |
| $F_e$      | Elastik Burkulma Gerilmesi                                                                                        |
| $F_u$      | Çeliğin Çekme Gerilmesi                                                                                           |
| $F_y$      | Çeliğin Akma Gerilmesi                                                                                            |
| $G$        | Taşıyıcı Eleman Sabit Yüğü                                                                                        |
| $GAA$      | Gelişmiş Armoni Arama                                                                                             |
| $G_A, G_B$ | Kolonların A ve B Uçlarının Rijitlik Oranları                                                                     |
| $g_j(x)$   | Sınırlayıcılar                                                                                                    |
| $H$        | Yatay Yüklere Oluşan Kat Kesme Kuvveti                                                                            |
| $H_o$      | Enkesit Başlıkların Ağırlık Merkezleri Arası Uzaklık                                                              |
| $I$        | Elemanın Eğilme Momenti                                                                                           |
| $i_{ts}$   | Etkin Atalet Yarıçapı                                                                                             |
| $J$        | Burulma Sabiti                                                                                                    |
| $J$        | Düğüm Noktası Numarası                                                                                            |
| $JJ(J)$    | J'inci Elemanın Çerçeve'deki İlk Ucunun Düğüm Noktası Numarası                                                    |
| $JJ(K)$    | J'inci Elemanın Çerçeve'deki İkinci Ucunun Düğüm Noktası Numarası                                                 |
| $KATS$     | Kat Sayısı                                                                                                        |
| $K_1$      | Burkulma Boyu Katsayısı                                                                                           |
| $L_b$      | Desteklenen Noktalar Arasında Kalan                                                                               |

|            |                                                                                                  |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $L_c$      | Eleman Uzunluğu                                                                                  |
| $LFRD$     | Kolon Boyu                                                                                       |
| $L_g$      | Load and Resistance                                                                              |
| $L_i$      | Kiriş Boyu                                                                                       |
| $L_p$      | Elemanın Uzunluğu                                                                                |
| $L_r$      | Akma Sınır Durumu Yanal Olarak Desteklenmeyen Sınır Uzunluk                                      |
| $LS$       | Yanal Burulmalı Burkulma Durumu İçin Sınır Uzunluk                                               |
| $M$        | Tasarım Değişkenindeki Bit Sayısı                                                                |
| $M_1$      | Çerçeveadaki Eleman Sayısı                                                                       |
| $M_2$      | Küçük Eğilme Momenti                                                                             |
| $M_A$      | Büyük Eğilme Momenti                                                                             |
|            | Kiriş Uzunluğunun 1/4 Noktasındaki Eğilme Momentinin Mutlak Değeri                               |
| $M_B$      | Kiriş Uzunluğunun 1/2 Noktasındaki Eğilme Momentinin Mutlak Değeri                               |
| $M_C$      | Kiriş Uzunluğunun 3/4 Noktasındaki Eğilme Momentinin Mutlak Değeri                               |
| $M_c$      | YDKT için Gerekli Eğilme Momenti                                                                 |
| $MIT$      | Dayanımı                                                                                         |
| $m_k$      | Maksimum İterasyon Sayısı                                                                        |
| $M_{maks}$ | k' ıncı Gruptaki Toplam Eleman Sayısı                                                            |
|            | Kiriş Uzunluğu Boyunca En Büyük Eğilme Momentinin Mutlak Değeri                                  |
| $M_{lt}$   | YDKT Yük Birleşimleri Altında İlgili Elemanda Oluşan Birinci Mertebe Eğilme Momenti              |
| $M_n$      | Eğilme Etkisindeki Elemanın Karakteristik Eğilme Momenti                                         |
| $M_{nt}$   | Dayanımı                                                                                         |
|            | YDKT Yük Birleşimleri Altında Hesaplanan Birinci Mertebe Eğilme Momenti                          |
| $M_p$      | Plastik Eğilme Momenti                                                                           |
| $M_r$      | YDKT Yük Birleşimleri Altında Hesaplanan İkinci Mertebe Etkilerini İçeren Gerekli Eğilme Momenti |
| $NEL$      | Dayanımı                                                                                         |
| $NELM$     | Uçları Sınırlanmış Elemanın Numarası                                                             |
| $NC$       | Kesit Listesindeki Eleman Sayısı                                                                 |
| $NG$       | Sınırlanmış Deplasman Yönü                                                                       |
| $NJ$       | Çerçeveadaki Toplam Grup Sayısı                                                                  |
| $NP$       | Çerçeveadaki Düğüm Noktası Sayısı                                                                |
| $NPL$      | Sınırlanmış Deplasman Sayısı                                                                     |
| $NR$       | Popölasyon Büyüklüğu                                                                             |
| $NRJ$      | Toplam Mesnet Reaksiyon Sayısı                                                                   |
| $NU$       | Toplam Mesnet Sayısı                                                                             |
| $P_{kat}$  | Elemanın Sınırlanmış Ucu                                                                         |
|            | Düşey Taşıyıcı Elemana Etkiyen Toplam Düşey Yük                                                  |

|               |                                                                                                              |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $P_{e,kat}$   | Kata Ait Elastik Burkulma Yüğü                                                                               |
| $P_{lt}$      | YDKT Yüğü Birleşimleri Altında Hesaplanan Birinci Mertebe Eksenel Kuvvet                                     |
| $P_{mf}$      | Kat Kolonlarına Etkiyen Toplam Düşey Yüğü                                                                    |
| $P_n$         | Karakteristik Eksenel Basınç Kuvveti                                                                         |
| $P_{nt}$      | Yatay Ötelenmesi Önlenmiş Sistemde, YDKT Yüğü Birleşimleri Altında Hesaplanan Birinci Mertebe Eksenel Kuvvet |
| $P_r$         | YDKT Yüğü Birleşimi için Eksenel Kuvvet                                                                      |
| $RO$          | Dayanımı                                                                                                     |
| $S$           | Özgöl Ağırlık                                                                                                |
| $SD(I)$       | Kar Yüğü                                                                                                     |
| $Q$           | I no'lu Sınırlanmış Deplasmanın Üst Sınır Değeri                                                             |
| $WSOL$        | Taşıyıcı Eleman Hareketli Yüğü                                                                               |
| $WSAĞ$        | Rüzgâr Yüğü Soldan                                                                                           |
| $W(x)$        | Rüzgâr Yüğü Sağdan                                                                                           |
| $W_{px}$      | Amaç Fonksiyonu                                                                                              |
| $\delta_j$    | X-ekseni Etrafında Plastik Mukavemet Momenti                                                                 |
| $\delta_{ju}$ | J no.lu Deplasman Değeri                                                                                     |
| $\rho_i$      | Maksimum Deplasman Değeri                                                                                    |
| $\Delta H$    | Çeliğin Özgöl Ağırlığı                                                                                       |
| $\Phi_b$      | Birinci Mertebe Görelî Kat Ötelemesi                                                                         |
| $\Phi_c$      | Eğilme Etkisi Altında YDKT Dayanım Katsayısı                                                                 |
| $\Phi_t$      | Basınç Kuvveti Etkisi Altında YDKT Dayanım Katsayısı                                                         |
| $\Phi_t$      | Çekme Kuvveti Etkisi Altında YDKT Dayanım Katsayısı                                                          |

## Kısaltma

## Açıklama

|          |                                                                                 |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------|
| AISC     | Amerikan Çelik İnşaatı Enstitüsü (The American Institute Of Steel Construction) |
| ASD      | Emniyet Gerilmeleri Tasarımı (Allowable Stress Design)                          |
| BASIC    | Beginners -All Purpose Symbolic Instruction Code                                |
| ÇYTHYEDY | Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik              |
| FORTTRAN | Formula Translating                                                             |
| GA       | Genetik Algoritma                                                               |
| LRFD     | Load and Resistance Factor Design                                               |

TS 648  
SAP 2000  
YDKT

Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları  
Structural Analysis Program  
Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım



## ÖZET

### **ÇELİK ÇERÇEVELERİN 2018 TÜRK ÇELİK TASARIM YÖNETMELİĞİNE GÖRE GENETİK ALGORİTMAYLA OPTİMUM TASARIMI VE SONUÇLARIN SAP 2000 ÇÖZÜMLERİYLE KARŞILAŞTIRILMASI**

ACAR, Zeynep

Yüksek Lisans, İnşaat Mühendisliği Bölümü

Danışman: Prof. Dr. Mehmet Sedat HAYALİOĞLU

Mayıs 2024, 80 sayfa

Yapısal taşıyıcı sistemlerinin optimum tasarımı yapı mühendisliğinde önemli bir konudur. Tasarımdaki amaç yeterli güvenliği sağlayan en ekonomik yapıyı oluşturmaktır. Bu çalışmada, çelik bina çerçevelerinin 2018 Türk Çelik Tasarım Yönetmeliği'nin (Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapımına Dair Esaslar-ÇYTHYDE 2018) yük ve tasarım koşullarıyla Genetik Algoritma yöntemi kullanarak optimum tasarımı yapılmıştır. Tasarımlarda gerekli koşulları sağlayan minimum ağırlıklı çerçevelerin elde edilmesi amaçlanmıştır. Öncelikle Genetik Algoritma optimizasyon yöntemini, çerçeve analizi ve Türk Çelik Tasarım Yönetmeliği koşullarıyla birleştiren bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Geliştirilen programla farklı boyutlarda üç çerçeve örneğinin optimum tasarımı yapılarak sonuçlar aynı koşullar altında SAP 2000 programının tasarımlarıyla karşılaştırılmıştır. Ayrıca geliştirilen yöntemin üstün ve zayıf yanları değerlendirilmiştir.

Sonuç olarak geliştirilen Genetik Algoritma yönteminin çelik çerçeve tasarım örneklerinde SAP 2000 programının tasarımlarına göre hem ekonomik hem de güvenli çerçeveler elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çelik çerçeveler, ÇYTHYDE 2018, Genetik algoritma, Optimum tasarım, SAP 2000

## **ABSTRACT**

### **OPTIMUM DESIGN OF STEEL FRAMES ACCORDING TO 2018 TURKISH STEEL DESIGN CODE USING GENETIC ALGORITHM AND COMPARISON OF THE RESULTS WITH SAP 2000'S SOLUTIONS**

ACAR, Zeynep

Master of Science Thesis in Civil Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Mehmet Sedat HAYALIOĞLU

May 2024, 80 pages

Optimum design of structural skeletal systems is an important subject in structural engineering. The aim of the designs is to form the most economical structures that provide sufficient safety. In this study, the optimum design of steel building frames was performed using the Genetic Algorithm method with the load and design conditions of the 2018 Turkish Steel Design Code (Fundamentals About Design, Calculation and Construction of Steel Structures ÇYTHYDE 2018). Obtaining the minimum weight frames which satisfy the required conditions has been aimed. First of all, a computer program which combines Genetic Algorithm optimization method with frame analysis and specifications of the Turkish Steel Design Code has been developed. Optimum designs of three frames of different dimensions have been done with the developed program and the results were compared with the design results of the SAP 2000 program under the same conditions. Moreover, the advantages and disadvantages of the developed method were evaluated.

As a result, more economical as well as safe frames were obtained in the steel frame design examples of the developed Genetic Algorithm method when compared to the designs of SAP 2000 program.

Keywords: Steel Frames, ÇYTHYDE 2018, Genetic algorithm, Optimum design, SAP 2000

## 1.GİRİŞ

Çelik, insanlık tarihinin en eski dönemlerinden beri kullanılan bir malzemedir. İlk olarak çeşitli alet ve silah yapımında kullanılmıştır. Mühendislik yapılarında ise yaklaşık olarak 300 yıl öncesinde çelik köprüler, portatif çelik evler ve prefabrik evlerin uygulama alanına girmesiyle kullanılmaya başlandı. Çelik, mukavemeti, sünekliği, kullanım kolaylığı ve geri dönüşebilirliği nedeniyle günümüzde tercih edilen bir malzeme oldu. Günümüzde mühendislik yapıları tasarlanırken en iyisinin kısa zamanda ve minimum maliyetle modellenmesi gerekmektedir. Modellemeler, yapı çözümlemelerini pratikleştirirken problemlerini de basitleştirir bu sayede mühendislik çalışmalarında önemli rol oynar. Böylece yapıya etkiyen yükleri emniyetle taşıyabilen, belirli rijitliğe sahip ve minimum ağırlığı olan yapının belirlenmesi problemi, optimum tasarım problemi olarak adlandırılır. Yapı, belirli deplasman ve mukavemet sınırlayıcıları altında analiz ve tasarım aşamasına gereksinim duyar. Böylesine karmaşık bir işlem hacminin elle yapılması oldukça zaman alıcı ve hata payı kaçınılmazdır. Böylece çözüm işlemlerinin bilgisayar programlarıyla yapabilmek için çeşitli optimizasyon yöntemleri geliştirilmiştir.

Bu çalışmada optimizasyon yöntemlerinden biri olan Genetik Algoritma (GA) kullanılmıştır. Bu yöntem, üreme (reproduksiyon), çaprazlama (krosovır) ve mutasyon operatörlerini kullanarak en sağlıklı bireylerin hayatta kalma ilkesine göre en uygun bireyleri elde etmektedir. Burada çelik çerçevelerin 2018 Türk Çelik Tasarım Yönetmeliğinde (ÇYTHYDE 2018) [1] hesaplanan Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarımına (YDKT) göre GA optimizasyon yöntemini, çerçeve analizi ve adı geçen yönetmeliğin koşullarıyla birleştiren bir bilgisayar program kodları geliştirilmiştir. Üç çerçeve tasarım örneği bu programla çözülerek sonuçları SAP 2000 programının tasarım çözümleriyle karşılaştırılmıştır. Geliştirilen yöntemin üstün ve zayıf yanları değerlendirilmiştir.

Tez çalışmasının ikinci bölümünde çelik çerçeve sistemlerin ve genetik algoritma yöntemi ile yapılan önceki çalışmalara yer verilmiştir. Bu çalışmalar, tezin önemini vurgulamakta ve bir sonraki çalışmalar için temel oluşturmaktadır.

Tez çalışmasının üçüncü bölümünde yapısal optimizasyon ve genetik algorithmadan bahsedilmiştir.

Tez çalışmasının dördüncü bölümünde ÇYTHYDE (2018) Yönetmeliğine Göre GA'nın mukavemet sınırlayıcılarını oluşturan formüller, program adımları ve akış diyagramları verilmiştir.

Tez çalışmasının beşinci bölümünde; ÇYTHYDE (2018) Yönetmeliğinin tasarım esaslarına göre GA ile yapılan çözümler, AISC 360-10 yönetmeliğiyle SAP 2000 programı kullanılarak yapılan tasarım çözümleriyle karşılaştırılmıştır [2].

Sonuç olarak bu tez çalışması; çelik çerçevelerin ÇYTHYDE (2018) Yönetmeliğine göre GA ile Optimum Tasarımının nasıl yapılacağı konusunda bilgi ve çözüm sonuçları içermektedir. Bu çalışma; çelik çerçeve sistemleri konusunda gelecekteki araştırmalara da katkı sağlayacaktır.

## 2. KAYNAK ÖZETİ VE KRİTİĞİ

Çelik çerçeve sistemlerin analizi ile ilgili konularda daha önce birçok bilimsel çalışmalar yapılmıştır. Bu bölümde konu itibariyle çelik çerçeve sistemlerin GA yöntemiyle optimum tasarımı amaçlandığından, yapısal olarak geçmişte yapılan çalışmalardan kısaca bahsedilecektir. Bulunan çalışmaların teze katkısı olmuş, bilgi ve birikiminden yararlanılmıştır.

Çelik çerçevelerin tasarımı/optimum tasarımı ile ilgili bazı önemli çalışmalar aşağıda sıralanmıştır.

Genetik algoritmaların (GA) temel ilkeleri ilk kez Michigan Üniversitesi'nde John Holland tarafından ortaya atıldı [3]. Holland, bu algoritmayı geliştirmiş ve çalışmalarının sonuçlarını "Adaptation in Natural and Artificial Systems "adlı kitabında bir araya getirmiştir.

Bu konudaki temel çalışmalar Goldberg tarafından sürdürülmüştür [4].

Saka, optimumluk kriteri yaklaşımına dayanan optimum tasarım algoritmalarını kullanmıştır [5]. Çalışmasında AISC' ye göre yer değiştirme ve gerilme sınırlayıcıları altında yapı sisteminin minimum ağırlıklı ve problemlerin çözümü için BASIC program dilinde bir program kodlamıştır.

Daloğlu ve Armutçu, düzlem çelik çerçevelerin optimum tasarımı için TS 648 yönetmenliğine göre standart kesitlerden oluşan bir genetik algoritma geliştirmişler [6].

Değertekin, yarı-rijit birleşimli çelik çerçevelerin TS648 yönetmenliğine göre optimum tasarım yapan algoritma ve bilgisayar programı geliştirilmiştir [7]. Yarı-rijit birleşimli kirişlerde, rijit birleşimli kirişlere göre uç momentlerinde azalma ve açıklık momentlerinde artma olmakta ve daha ekonomik bir kiriş tasarımı sonucuna varılmıştır.

Bekiroğlu, çok noktalı çaprazlama ve akıllı mutasyon operatörleri ile farklı kodlama çeşitleri kullanılarak GA ile çelik çerçeve sistemlerin minimum ağırlıklı tasarımı yapılmıştır [8]. Çalışmadan elde edilen sonuçlar, GA' nın çelik çerçevelerin optimizasyonunda kullanılabilir olduğunu göstermektedir.

Değertekin, Ülker, Hayalioğlu, uzay çelik çerçevelerin tabu arama yöntemiyle optimum tasarımı için bir algoritma ve bunun bilgisayar programı geliştirilmiştir [9]. Çalışmada tabu arama yöntemi ve GA yöntemi kıyaslanmıştır. Sonuç olarak tabu arama yöntemiyle daha ekonomik tasarımlar elde edilmiştir.

Bayar, düzlem çelik çerçevelerin, AISC-ASD (1989) ve AISC-LFRD (2001) yönetmenliğine göre genetik algoritma yöntemiyle optimum tasarım yapan algoritma ve program geliştirmiştir [10]. Çalışma sonucunda ASD ve LFRD ile yapılan çözümler karşılaştırılmıştır.

Şeker, düzlemsel çelik çerçevelerin GA ile ağırlık optimizasyonunu yapmıştır [11]. GA' nın problemleri çözebilecek kapasitede olduğu uygun görülmüştür.

Değertekin, Hayalioğlu, Görgün, geometrik bakımından lineer olmayan yarı-rijit birleşimli çelik çerçevelerin gelişmiş armoni arama (GAA) yöntemi ile optimum tasarım için algoritma sunmuşlardır [12]. GAA yönteminin çerçevelerin optimum tasarımında kullanılacak bir yöntem olduğunu göstermişlerdir.

Efe tarafından çelik çerçeve sistemlerin, bilgisayar programı yardımıyla daha önceden yazılmış genetik algoritma programı geliştirilerek, memetik algoritmaya modifiye edilmiştir [13]. Memetik algoritma ile yapılan tasarımların daha hafif olduğu sonucuna varılmıştır.

Özalp, çelik taşıyıcı sistemli çerçeve tipi yapının ÇYTHYE (2016), AISC 360-10 ve EUROCODE 3 yönetmenliğine göre analiz ve tasarımını yapmıştır [14]. Tezde ÇYTHYE (2016) yönetmenliğinin güvenle kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

### 3. OPTİMİZASYON VE GENETİK ALGORİTMA

#### 3.1 Optimizasyon

İnşaat mühendisliğinde yapıların tasarımında amaç, en iyi çözüme karar vermektir. Karar verirken yapıların hem ekonomik hem de güvenli olması için koşulların bir optimum değerde buluşması gerekmektedir. Karar verme problemlerine çözüm getiren bu yöntem optimizasyon problemi olarak adlandırılır. Optimizasyon problemleri maksimum veya minimum değerlerini elde etmek için bir amaç fonksiyonu ve uygulama alanına göre değişebilen sınırlayıcılardan oluşur. Amaç fonksiyonumuz yapı ağırlığı olurken, sınırlayıcılarımız ise yönetmenliklerde verilen deplasman ve mukavemet değerleri olmaktadır. Bu durumda amaç; sınırlayıcıları sağlayan tasarım değişkenlerine bağlı, yapının minimum ağırlığını bulmaktır.

#### 3.2 Yapısal Optimizasyonun Formülasyonu

Bu çalışmada yapısal optimizasyonun amacı belirlenen sınırlamalar altında göz önüne alınan yapının minimum ağırlıklı tasarımını elde etmektir. Aşağıda minimum ağırlıklı yapıyı elde etmek için kullanılan amaç fonksiyonu ve sınırlayıcılarından bahsedilecektir.

##### 3.2.1 Amaç fonksiyonu

Optimizasyonda amaç fonksiyonu yapının ağırlığı olarak aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır.

$$W(x) = \sum_{k=1}^{ng} A_k \sum_{i=1}^{mk} \rho_i L_i \quad (3.1)$$

(3.1) denkleminde;  $W(x)$  çerçeve sisteminin toplam ağırlığını,  $A_k$ , k-nci eleman grubunun enkesit alanını,  $mk$ , k' ıncı gruptaki toplam eleman sayısını  $\rho_i$  ve  $L_i$ , i-nci elemanın özgül ağırlığını ve uzunluğunu gösterir [15].

##### 3.2.2 Sınırlayıcılar

Problemin çözümünde asıl amaç yapının minimum ağırlığı olsa da yapının uygunluğunu belirlememizdeki en önemli faktör sınırlayıcıların sağlanmasıdır. Yapının davranışına bağlı kısıtlamalar, deplasman ve elemanların mukavemet sınırlayıcılarıdır.

### **3.3 Optimum Tasarım Teknikleri**

Aşağıda yapı mühendisliği tasarımında kullanılan bazı optimizasyon problemleri verilmiştir.

#### **3.3.1 Matematik programlama**

Yapı sistemlerin optimum tasarımı için matematik programlama teknikleri kullanılmaktadır. Matematik programlama lineer ve lineer olmayan programlama olarak iki gruba ayrılmaktadır. Lineer programlamada amaç fonksiyonu ve sınırlayıcıları tasarım değişkenlerinin lineer birer fonksiyonlarıdır. Lineer olmayan programlamada ise amaç fonksiyonu ve sınırlayıcılar tasarım değişkenlerinin lineer olmayan bir fonksiyondur.

#### **3.3.2 Optimumluk kriteri yöntemi**

Optimumluk kriteri yöntemi yapının davranışlarıyla ilgili birer kriter belirleyip, yapı bu kriteri sağlayacak şekilde boyutlandırıldığında amaç fonksiyonu da optimum değeri almış olmaktadır. Bu yöntem, yapı eleman gruplarının enkesit alanlarını tasarım değişkeni olarak göz önüne alır, analiz için gerekli olan enkesit atalet momentleri ve mukavemet momentlerini enkesit alanına bağlı yaklaşık bağıntılarla ifade eder.

#### **3.3.3 Genetik algoritma**

Genetik algoritma, genetik evrim mekanizmasını bilgisayar programlama dillerine uyarlanmasıyla oluşturulan bir optimizasyon yöntemidir. Yöntem doğal genetik kanunlardan yararlanılmıştır. En sağlıklı bireylerin hayatta kalması ilkesine dayanır. En sağlıklı bireyin seçilimi, algoritmayı oluşturan adımlar ve adımların işleyişi bu kısımda açıklanmaya çalışılmıştır.

### **3.4 Genetik Algoritma**

GA' nın temel teoremine göre: Popülasyon ortalamasının üstünde uyum gücü gösteren diziler zamanın ilerlemesiyle üstel olarak çoğalırlar. Bu çoğalma, genetik işlemler aracılığı ile gerçekleşmektedir ve sonucunda ana-babadan daha üstün özellikler taşıyan bireyler ortaya çıkmaktadır [16].

#### **3.4.1 Genetik algoritmada kullanılan temel kavramlar**

#### **3.4.1.1 Gen**

Yapay sistemlerde gen, kendi başına anlamlı bilgi taşıyan en küçük birim olarak alınır [17]. Genler 1 ya da 0 değerleriyle ifade edilir.

#### **3.4.1.2 Kromozom**

Birden fazla genin bir araya gelerek oluşturduğu diziye denir. Kromozomlar alternatif uygun çözümleri gösterirler [17].

#### **3.4.1.3 Popülasyon**

Kromozomlardan oluşan topluluğa denir. Popülasyon geçerli alternatif çözüm kümesidir.

GA' yı diğer arama yöntemlerinden farklı kılan özellikler [18]:

- GA, parametre setlerinin kodları ile ilgilenir, parametrelerin kendileri ile doğrudan ilgilenmez,
- GA' nın arama alanı, yığının veya popülasyonun tamamıdır; tek nokta veya noktalarda (çözüm kümesinin daraltılmış bölgelerinde) arama yapmaz,
- GA' da amaç fonksiyonu kullanılır, sapma değerleri veya diğer hata faktörler kullanılmaz,
- GA' nın uygulanmasında kullanılan operatörler, olasılık yöntemlerine dayanır, deterministik yöntemler kullanılmaz.

#### **3.4.2 Genetik algoritma operatörleri**

Genetik algoritmayı farklı operatörler oluşturmaktadır. Program yapısına bakıldığında üreme (reproduction), çaprazlama (crossover) ve mutasyon (mutation) operatörleri kullanılmıştır.

##### **3.4.2.1 Üreme operatörü**

Bu operatörde ilk olarak üremenin olacağı topluluk (popülasyon) belirlenir. Popülasyondaki bireyler eşleşme havuzuna uygunluklarıyla orantılı olarak bire bir kopyalarını verir. Uygun olmayan bireyler ise popülasyondan atılır. Uygun olduğu belirlenen bireyler tekrar üreme olasılığı olduğundan eşleşme havuzuna gönderilir.

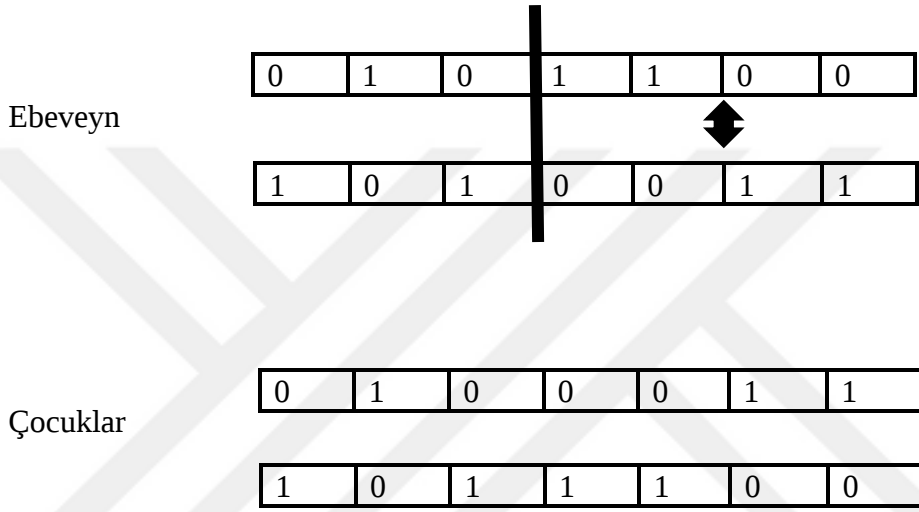
##### **3.4.2.2 Çaprazlama operatörü**

Eşleşme havuzuna gönderilen bireyler rastgele eşleştirilir. Çaprazlama esnasında eşleştirilen bireyler (ebeveyn) arasında belirli bir bölgede gen alışverişi olmakta, her

ebeveynlerden farklı genlere sahip iki çocuk üretilmektedir. Çaprazlama problem türüne göre üç kategoriye ayrılmıştır.

### ***Tek noktalı çaprazlama***

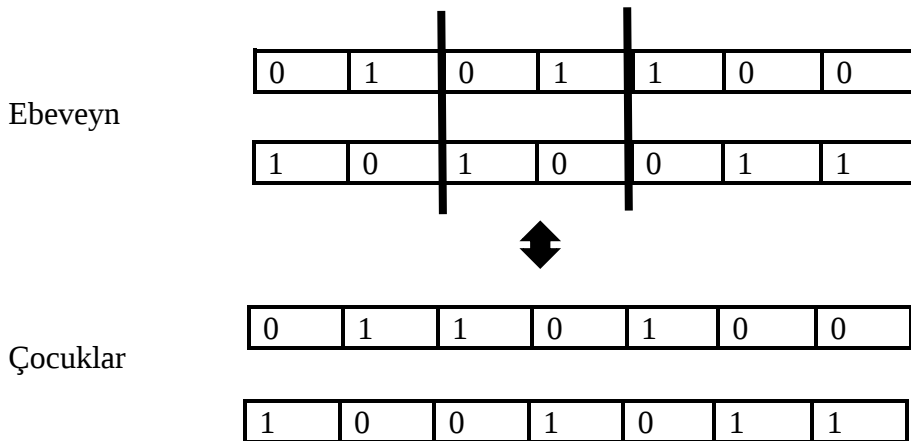
0 ve 1’den oluşan aynı uzunluktaki ebeveyn için gen değişim noktası rastgele seçilir. Daha sonra rastgele değişim noktasından sonraki genler karşılıklı olarak değiştirilir. Örnek olarak gen değişim noktası 3 olduğunda, gen değişimi sonucunda üretilen 2 çocuğun gen dizilimi Şekil 3.1’de verilmektedir.



Şekil 3.1 Tek noktalı çaprazlama

### ***Çift noktalı çaprazlama***

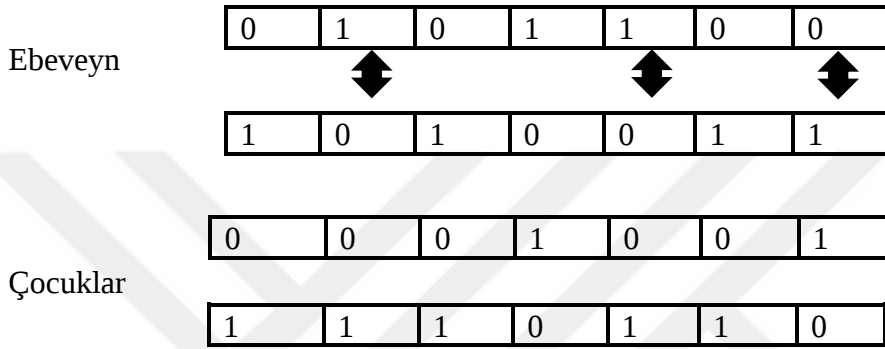
Bu çaprazlamada iki gen değişim noktası rastgele seçilir. Birinci nokta ile ikinci nokta arasındaki (birinci noktadan sonraki ve ikinci nokta dahil) genler karşılıklı olarak değiştirilir. Şekil 3.2 de çift noktalı çaprazlama örneği gösterilmiştir. Burada rastgele seçilen gen değişim noktaları 2 ve 4’tür.



Şekil 3.2 Çift noktalı çaprazlama

### Üniform çaprazlama

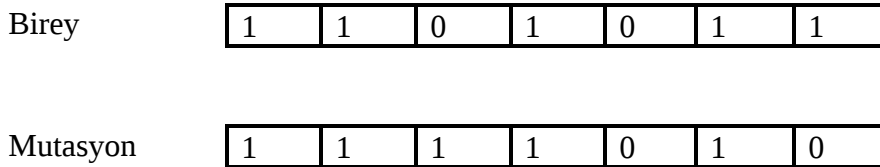
Burada önce bir çaprazlama olasılığı seçilir. Ebeveynin her geni için 0 ila 1 arasında rastgele sayı üreten üreteç çalıştırılır. Üretilen rastgele sayı, çaprazlama olasılığından düşük olduğunda genler karşılıklı olarak yer değiştirirler. Şekil 3.3’ de, ikinci, beşinci ve yedinci sıradaki genler için üretilen rasgele sayıların çaprazlama olasılığından küçük olduğu varsayılarak yeni bireyler oluşturulmuştur. Bu tez çalışmasında üniform çaprazlama kullanılmıştır.



Şekil 3.3 Üniform çaprazlama

### 3.4.2.3 Mutasyon

Mutasyon ise üçüncü operatördür. Çaprazlama operatöründen oluşan yeni bireylerden daha iyi bireylerin olup olmadığını araştırmaktadır. Başlangıçta bir mutasyon olasılığı seçilir. Ebeveynin her geni için 0 ila 1 arasında rastgele sayı üreten üreteç çalıştırılır. Üretilen rastgele sayı, mutasyon olasılığından düşük olduğunda genin değeri değiştirilir. Yani 0 ise 1 olur, 1 ise 0 olur. Şekil 3.4’ de üçüncü ve yedinci genler için üretilen rastgele sayı, mutasyon olasılığından küçük olduğu varsayılarak gen değişimi gerçekleştirilmiştir.



sonrası yeni birey

Şekil 3.4 Mutasyon Operatörü

#### 4. ÇYTHYDE (2018) YÖNETMELİĞİNE GÖRE GA’NIN MUKAVEMET SINIRLAYICILARINI OLUŞTURAN FORMÜLLER

Geometrik eksen x etrafında eğilme etkisindeki çift simetri eksenli elemanlarda eksenel basınç/eksenel çekme ve eğilme momenti etkileşimi aşağıdaki formüllerle sınırlandırılacaktır. Yönetmelik Denk. (11.1a) ve Denk. (11.1b)’ deki formüller esas alınarak oluşturulmuştur [1].

$$(a) \frac{P_r}{P_c} \geq 0.2 \text{ için}$$

$$g_j(x) = \frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_r}{M_c} \right) - 1 < 0 \quad i=1, \dots, m \quad (4.1)$$

$$(b) \frac{P_r}{P_c} \leq 0.2 \text{ için}$$

$$g_j(x) = \frac{P_r}{2P_c} + \left( \frac{M_r}{M_c} \right) - 1 < 0 \quad i=1, \dots, m \quad (4.2)$$

Burada m çerçevedeki toplam eleman sayısını göstermektedir.

Denklemlerindeki  $P_r$ ,  $P_c$ ,  $M_r$  ve  $M_c$  değerleri Yönetmelikteki 6., 7., 8., ve 9. bölümler esas alınarak oluşturulmuştur.

$P_r$ : YDKT yük birleşimi için Bölüm 6 denk. (6.8) esas alınarak elde edilen eksenel kuvvet dayanımı.

Sistem elemanlarının ikinci mertebe etkilerini içeren gerekli eksenel kuvvet dayanımı,  $P_r$ ,

$$P_r = P_{nt} + B_2 \times P_{lt} \quad (4.3)$$

$$B_2 = \frac{1}{1 - (\alpha \times P_{kat}) / P_{e, kat}} \geq 1 \quad (4.4)$$

$$\alpha = 1.0 \text{ (YDKT)}$$

$$M_r = B_1 \times M_{nt} + B_2 \times M_{lt} \quad (4.5)$$

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - (\alpha \times P_r / P_{el})} \geq 1 \quad (4.6)$$

$$\alpha = 1.0 \text{ (YDKT)}$$

(a) Eğilme düzleminde mesnetler arasında yanal yüklerin etkimedığı elemanlarda:

$$C_m = 0.6 - 0.4(M_1 / M_2) \quad (4.7)$$

Denklemde  $M_1$  ve  $M_2$ , birinci mertebe analizi sonucunda hesaplanan eleman uçlarındaki, sırasıyla küçük ve büyük eğilme momentlerini göstermektedir.  $M_1/M_2$  büyüklüğü çift eğrilikli eğilmede pozitif, tek eğrilikli eğilmede ise negatif olarak alınmıştır. Bölüm 6 denk. (6.10) esas alınarak oluşturuldu.

(b) Eğilme düzleminde mesnetler arasında yanal yüklerin etkidiğı elemanlarda:

$C_m=1.0$  değeri kullanılabilir.

$$P_{el} = \frac{\pi^2 EI}{(K_1 L)^2} \quad (4.8)$$

Yanal yer değıştirmesi önlenmemiş moment aktaran çerçeveler ve benzeri sistemlerde burkulma boyu katsayısı,  $K$ , kolonun üst ve alt uçlarında yönetmenlik denklem 6.4 ile belirlenen  $G_A$  ve  $G_B$  büyüklüklerine bağılı olarak, Yönetmelik denklem 6.4 ve 6.6'dan yararlanarak hesaplanmıştır.

$$G = \frac{\sum \left( \frac{E_c \times I_c}{L_c} \right)}{\sum \left( \frac{E_g \times I_g}{L_g} \right)} \quad (4.9)$$

$$K = \sqrt{\frac{G_A (1.6G_B + 4.0) + (4G_B + 7.5)}{G_A + G_B + 7.5}} \quad (4.10)$$

$G_A$  ve  $G_B$  büyüklüklerin hesabında, kolonların ve kirişlerin sınır koşullarına bağılı olarak belirtilen düzenlemelerin yapılması uygun olmaktadır.

Temellere rijit olarak bağlanmayan kolonlarda, gerçek bir mafsallı bağlantı olmadığı sürece,  $G=10$  alınabilir. Kolonun temele bağlantısının rijit olması halinde, temel dönmesinin sıfıra eşit olduğu kanıtlanmadığı sürece  $G=1$  olarak alınabilir.

$$P_n = F_{cr} \times A_g \quad (4.11)$$

$$\frac{L_c}{i} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad \text{için:} \quad F_{cr} = \left[ 0.658 \frac{F_y}{F_e} \right] F_y \quad (4.12)$$

$$\frac{L_c}{i} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ için: } F_{cr} = 0.877 F_e \quad (4.13)$$

$$F_E = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{L_c}{i}\right)^2} \quad (4.14)$$

$$P_c = \phi_c P_n \quad \phi_c = 0.90 \quad (4.15)$$

$$T_n = F_y A_g \quad \phi_t = 0.90 \quad (4.16)$$

$$T_n = F_u A_e \quad \phi_t = 0.75 \quad (4.17)$$

$$M_n = M_p = F_y \times W_{px} \quad (4.18)$$

Karakteristik eğilme momenti dayanımı, basınç başlığının yanal olarak desteklenmeyen uzunluğu,  $L_b$ ' ye bağlı olarak değişimi ve moment düzeltme katsayısı,  $C_b$ 'nin etkisinde olan durumlar aşağıda belirtilmiştir.

(a)  $L_b \leq L_p$  ise bu sınır durumun göz önüne alınmasına gerek yoktur.

(b)  $L_p < L_b \leq L_r$  olması durumunda karakteristik eğilme momenti dayanımı: bölüm 9 denk. (9.3)

$$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0.7 F_y W_{ex}) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \quad (4.19)$$

(c)  $L_b > L_r$  olması durumunda karakteristik eğilme momenti dayanımı: bölüm 9 denk. (9.4) esas alınmıştır.

$$M_n = F_{cr} W_{ex} \leq M_p \quad (4.20)$$

Kritik gerilme,  $F_{cr}$ , denklem (4.23) ile hesaplanacaktır. Bölüm 9 denk. (9.5) esas alınmıştır.

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{i_{ts}}\right)^2} \sqrt{1 + 0.078 \frac{J_C}{W_{ex} h_o} \left(\frac{L_b}{i_{ts}}\right)^2} \quad (4.21)$$

$$L_p = 1.76 i_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (4.22)$$

$$L_r = 1.95 i_{ts} \frac{E}{F_y} \sqrt{\frac{J_C}{W_{ex} h_o} + \sqrt{\left(\frac{J_C}{W_{ex} h_o}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7 F_y}{E}\right)^2}} \quad (4.23)$$

Çift simetri eksenli I-enkesitlerde:

$c = 1.0$  olarak tanımlanmıştır.

Çift simetri eksenli I-enkesitlerde,  $i_{ts}$ , denklem (4.24) ile hesaplanacaktır.

$$i_{ts} = \frac{b_f}{\sqrt{12 \left( 1 + \frac{1ht_w}{6b_f t_f} \right)}} \quad (4.24)$$

$$M_c = \phi_b M_n \quad (4.25)$$

$$\phi_b = 0.90 \quad (4.26)$$

Eğilme elemanının tasarım eğilme momenti,  $M_c$ , aşağıdaki koşul göz önünde bulunarak belirlenecektir.

Yanal burulmalı burkulma sınır durumunda, moment düzeltme katsayısı,  $C_b$ , yanal stabilite bağlantısı ile desteklenen noktalar arası uzunluk boyunca, eğilme momenti yayılımının olumlu katkısı ile tanımlanan katsayı denklem (4.27) ile hesaba katılmıştır. Bölüm 9 denk. (9.1) esas alınmıştır.

$$C_b = \frac{12.5M_{maks}}{2.5M_{maks} + 3M_A + 4M_B + 3M_C} \quad (4.27)$$

## 4.2 Genetik Algoritmanın Formülasyonu

### 4.2.1 Deplasman sınırlayıcıları

$$g_j(x) = \frac{\delta_j}{\delta_{ju}} - 1 \leq 0, j=1, \dots, p \quad (4.28)$$

Burada,  $\delta_j$ , j-nci sınırlanmış deplasmanın analiz sonucundaki değerini,  $\delta_{ju}$  onun üst sınırını, p ise sınırlanmış deplasmanların toplam sayısını ifade etmektedir.

Denklem (4.1), (4.2) mukavemet ve (4.28) deplasman sınırlayıcıları göz önüne alınarak GA'nın formülasyonu aşağıda verilmektedir.

Topluluktaki i'inci birey için uygunluk ifadesi:

$$F_i = [\phi(x)_{\max} + \phi(x)_{\min}] - \phi_i(x) \quad (4.29)$$

Burada  $\phi_i(x)$  ve  $F_i$  i-no.lu bireyin değiştirilmiş amaç fonksiyonu ve uygunluğu,  $\phi(x)_{\max}$  ve  $\phi(x)_{\min}$  topluluktaki en büyük ve en küçük değiştirilmiş amaç fonksiyon değeridir.

i-nolu bireyin değiştirilmiş amaç fonksiyonu:

$$\phi_i(x) = W(x)_i (1 + PC) \quad (4.30)$$

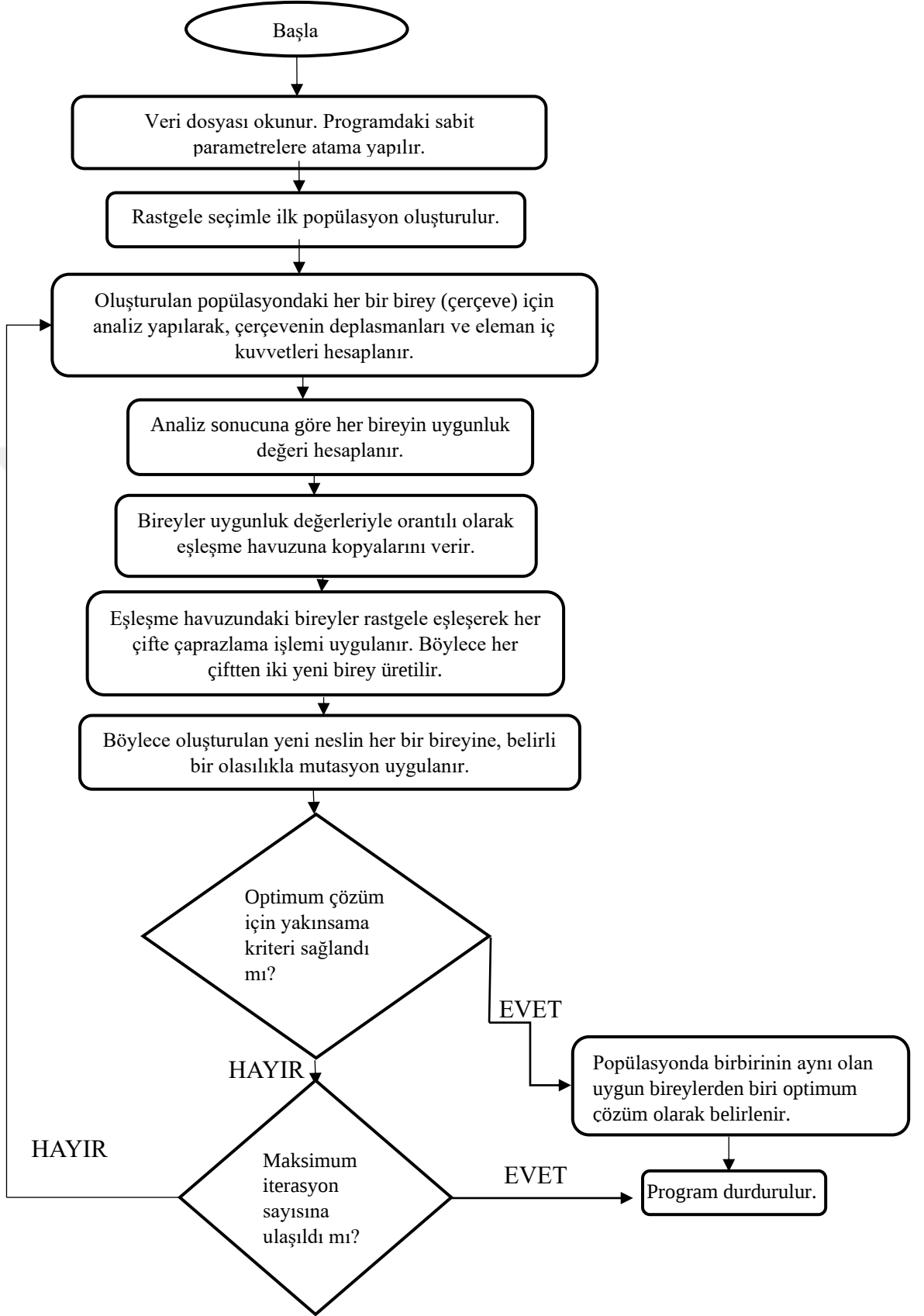
Burada P seçilmesi gereken bir parametredir. Örneklerde 10 alınmıştır. C ise sınırlayıcı zorlama katsayısıdır.

$$C = \sum_{j=1}^r C_j \quad (4.31)$$

Şeklinde hesaplanmaktadır. Eğer  $g_j(x) > 0$  ise  $C_j = g_j(x)$  veya  $g_j(x) < 0$  ise  $C_j = 0$  şeklindedir: Burada r çerçevedeki toplam sınırlayıcı sayısıdır.

Eğer tüm sınırlar sağlanmışsa C sifıra eşit olacağından fonksiyonun değeri çerçevenin ağırlığına eşit olmaktadır. Dolayısıyla çerçeve ağırlığının minimum olduğu ve tüm sınırlayıcıların sağlandığı durumlar optimum çözümü vermektedir.

Yukarıda verilen formülasyonlar doğrultusunda GA'nın bilgisayar programı akış diyagramı Şekil 4.1'te verilmiştir.



Şekil 4.1 GA akış diyagramı

### 4.3 Geliştirilen Genetik Algoritma Programının Açıklaması ve Veri Yapısı

Bu çalışmada ÇYTHYDE (2018) yönetmenliğinin YDKT için geliştirilen GA optimizasyon bilgisayar programı FORTRAN dilinde kodlanmıştır.

Program bir ana program ve on alt programdan oluşmaktadır. Ana program 0 ve 1 kodlarından oluşan bireylerden (çerçevelerden) ilk popülasyonu rastgele oluşturur. Geliştirilen bu programda, popülasyondaki her bir çerçevenin eleman grubu 6 genden oluşmaktadır. Örnek olarak bir eleman grubu 111111 genlerinden oluşsun. Bunun onluk sayı sistemindeki karşılığı 63'tür. Başka bir eleman grubu 000000 genlerinden oluştuğu takdirde onluk sayı sistemindeki karşılığı 0'dır. O halde çerçeve eleman grupların kodları 0'dan 63'e kadar değişmektedir. Bunu 1'den 64'e kadar da kabul edebiliriz. O halde çerçevenin analiz ve tasarımında kullanılacak ayrık kesit listesini 64 elemanlı seçmemiz gerekir. Her çerçeve eleman grubuna kendi kodlarına (listedeki sıra numarası) göre bu 64 elemanlı kesit listesinden kesit ataması yapılır. Ana program alt programları çağırarak, çerçevenin malzeme, geometri, yükleme ve ayrıca GA'ya ait parametreleri okutmakta ve bu bilgilerle her çerçevenin analizini yapmaktadır. Ana program ayrıca GA'nın üreme, çaprazlama ve mutasyon operatörlerini uygulamakta ve her seferinde yeni nesiller üretmektedir. En son neslin popülasyonunun en az %80'i aynı bireylerden oluşmuşsa ana program çalışmayı durdurur ve birbirinin aynı olan bireylerden bir tanesini optimum çözüm olarak belirler.

Programın giriş verileri değişken isimleriyle birlikte sırasıyla aşağıda verilmektedir. Giriş bilgileri sayısal olarak da 5. Bölümde verilen her üç çerçeve için verilmektedir.

- 1- IZAH1, IZAH2 adlı veri açıklamaları okunur.
- 2- KATS, NG, NP, LS, NPL, NELM, MIT
- 3- M, NJ, NR, NRJ, E, FY, FU, RO giriş bilgileri okunur.
- 4- J, X(J), Y(J) düğüm noktası koordinat bilgileri okunur.
- 5- Her eleman grubundaki eleman sayısı ve bu gruptaki elemanların çerçeve içerisindeki numarası okunur. MKK, (NUM (K, I), I=1, MKK). K: Grup no.
- 6- Her eleman için eleman no, eleman ilk uç no.su, eleman son uç no.su, eleman grup no.su, elemanın kat no.su okunur. J, JJ(J), JK(J), K, KATNO(J). Burada kirişler için kat numarası sıfır alınacaktır.
- 7- Her kolonun sırasıyla A ve B uçlarına birleşen üst-alt kolon ve sol-sağ giriş numaraları okunur.

- 8- Mesnet serbestlikleri okunur. Yatay, düşey ve dönme serbestlikleri yoksa 0, varsa 1 alınır.
- 9- Mesnet tipi verileri okunur. Ankastre mesnet içi 1, sabit ya da kayıcı mesnet için 0 değeri kullanılır.
- 10- Yüklü bulunan düğüm noktası sayısı ve bu sayı kadar düğüm noktalarının aynı anda etkiyen yatay ve düşey yükleri okunur.
- 11- Düğüm noktalarına etkiyen sadece düşey yükler okunur.
- 12- Düğüm noktalarına etkiyen sadece yatay yükler okunur.
- 13- Sınırlanmış deplasmanların hangi elemanın uç düğüm noktasıyla çakıştığı, hangi doğrultuda olduğu ve değeri verilir: NEL, NU, NC, SD(I), burada I i-nci sınırlanmış deplasmanı göstermektedir.
- 14- 64 elemanlı HE profil kesit listesindeki kesitlerin mukavemet ve geometrik özellikleri verilir: Sırasıyla kesitlerin enkesit alanı, kuvvetli eksene göre atalet momenti, kuvvetli eksene göre elastik mukavemet momenti, kuvvetli eksene göre plastik mukavemet momenti, zayıf eksene göre atalet yarıçapı, burulma sabiti, başlık genişliği, başlık kalınlığı, profil yüksekliği, gövde yüksekliği, gövde kalınlığı değerleri okunur (sırasıyla bu değerler her kesit için verilir).
- 15- Daha sonra 64 kesitin simgeleri verilir. (HE 100A, HE 100B, HE 100M,....., HE 700A, HE 700B, HE 700M gibi)

## 5. SAYISAL ÖRNEKLER

Bu bölümde çelik çerçeve sistemlerin genetik algoritma ile optimum tasarımı için geliştirilen bilgisayar programının uygulaması olarak çeşitli örnekler çözülmüştür. Bütün örneklerde malzeme çelik olup elastisite modülü  $E=20000 \text{ kN/cm}^2$ , özgül ağırlığı  $\rho=0,000076982 \text{ kN/cm}^3$  olarak belirlenmiştir. Tasarım değişkenlerini oluşturan çelik profillerin, kesit özellikleri Avrupa HE kesit profil listesinden A, B, M tipleri kullanılarak veri listesine girilmiştir. Çerçevelerdeki (bireylerdeki) her bir eleman grubu 6 genden oluşmuştur. Dolayısıyla listedeki kesit sayısı 64 olarak belirlenir. Maksimum iterasyon sayısı 250 olarak belirlenmiştir. Popülasyon büyüklüğü (topluluktaki toplam birey sayısı) ise 30 olarak seçilmiştir.

### 5.1 Tek Açıklıklı Dört Katlı Çerçeve

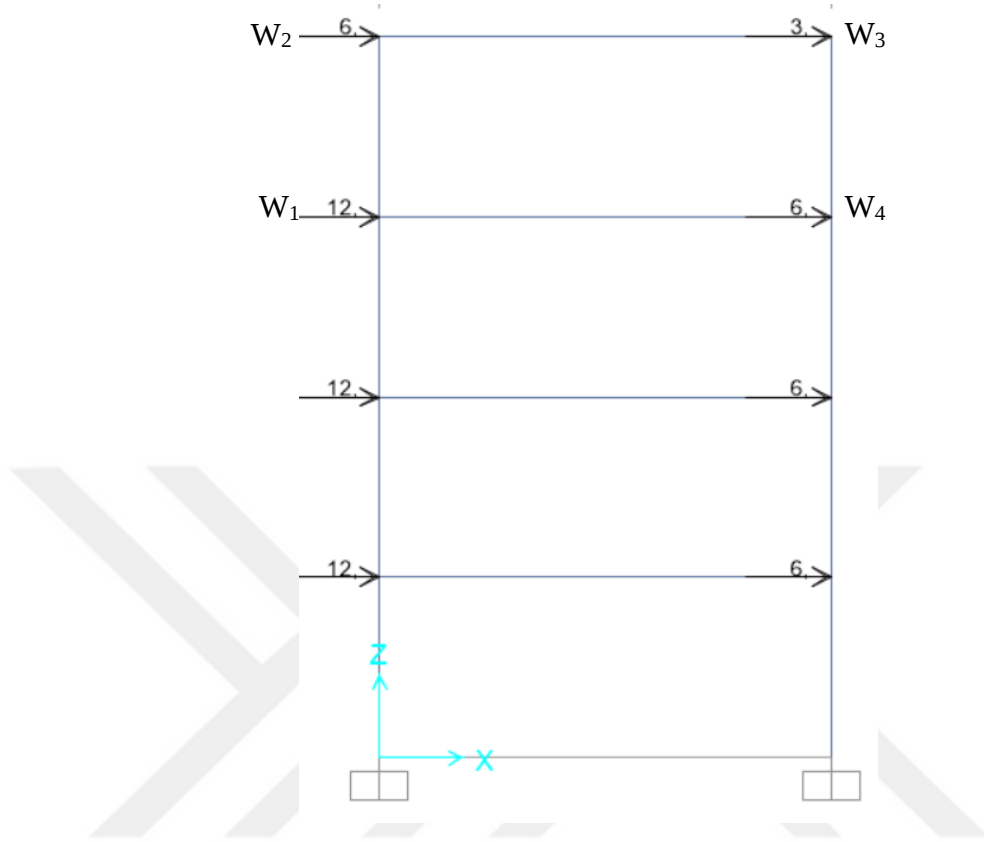
İlk tasarım örneği olan tek açıklıklı, dört katlı çelik çerçeveye ait eleman grupları, düşey yükleme ait yükleme durumu ve sistem geometrisi Şekil 5.3' te verilmiştir. Sistemin elemanları en üst kat kirişleri, sonraki kat kirişleri, her katın kolonları ayrı grup olacak şekilde 6 farklı eleman grubuna ayrılmıştır. Çerçevenin maruz kaldığı yükler, düşey doğrultuda her katta etki eden sabit yük ( $G$ )= $30 \text{ kN/m}$  ve hareketli yük( $Q$ )= $10 \text{ kN/m}$  [19]- [20] ve sadece çatı katına etki eden kar yükü ( $S$ )= $4,5 \text{ kN/m}$  etki etmektedir [21].

Yatay doğrultuda kat hizalarında etki eden rüzgâr yükü Şekil 5.1 'de görüldüğü gibi ilk katta ( $W_1$ ) = $6 \text{ kN}$ ,  $W_2=3 \text{ kN}$ , ikinci kata etki eden  $W_3=12 \text{ kN}$ ,  $W_4=6 \text{ kN}$  ve diğer katlarda da  $W_3=12 \text{ kN}$ ,  $W_4=6 \text{ kN}$  etki etmektedir [22].

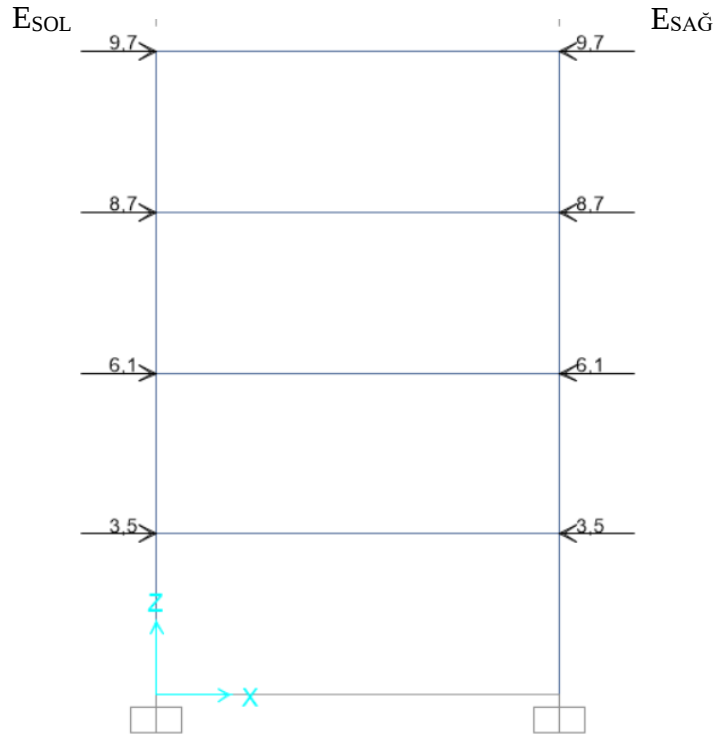
Bu yükler TS 498-2021 Yönetmeliği [23] ve 2018 TBDY Deprem Yönetmeliğine göre hesaplanmıştır ve katlara etki eden deprem yükleri Şekil 5.2'de gösterilmiştir [24]. Kiriş yayılı yükleri düğüm noktalarına etkiyen tekil yüklere çevrilmiştir. Yük birleşimleri ÇYTHYDE (2018) yönetmeliğinin YDKT yük birleşimlerine göre alınmıştır. Çelik sınıfı S275 seçilmiştir. Çeliğin karakteristik akma gerilmesi  $F_y=27,5 \text{ kN/cm}^2$ , çekme dayanımı  $F_u=43 \text{ kN/cm}^2$  olarak alınmıştır.

1-3 numaralı düğüm noktalarının yatay deplasmanların sınır değerleri düşey yük birleşimlerinde  $0,01 \text{ cm}$  gibi küçük bir değer, deprem ve rüzgâr yüklerinin olduğu yük birleşimlerinde yapı yüksekliğinin üç yüzde biri,  $4,88 \text{ cm}$ , alınmıştır. 2, 5, 8, 11 numaralı düğüm noktalarının düşey deplasman sınır değerleri kiriş açıklığının üç

yüzde biri; 3,047 cm alınmıştır. Kesit profil listesi HE 100A' dan başlayarak A, B, M tipleri olarak HE 700M'e kadar olan 64 kesitten oluşmaktadır.



Şekil 5.1 Yatay doğrultuda kat hizalarına etkiyen rüzgâr yükleri



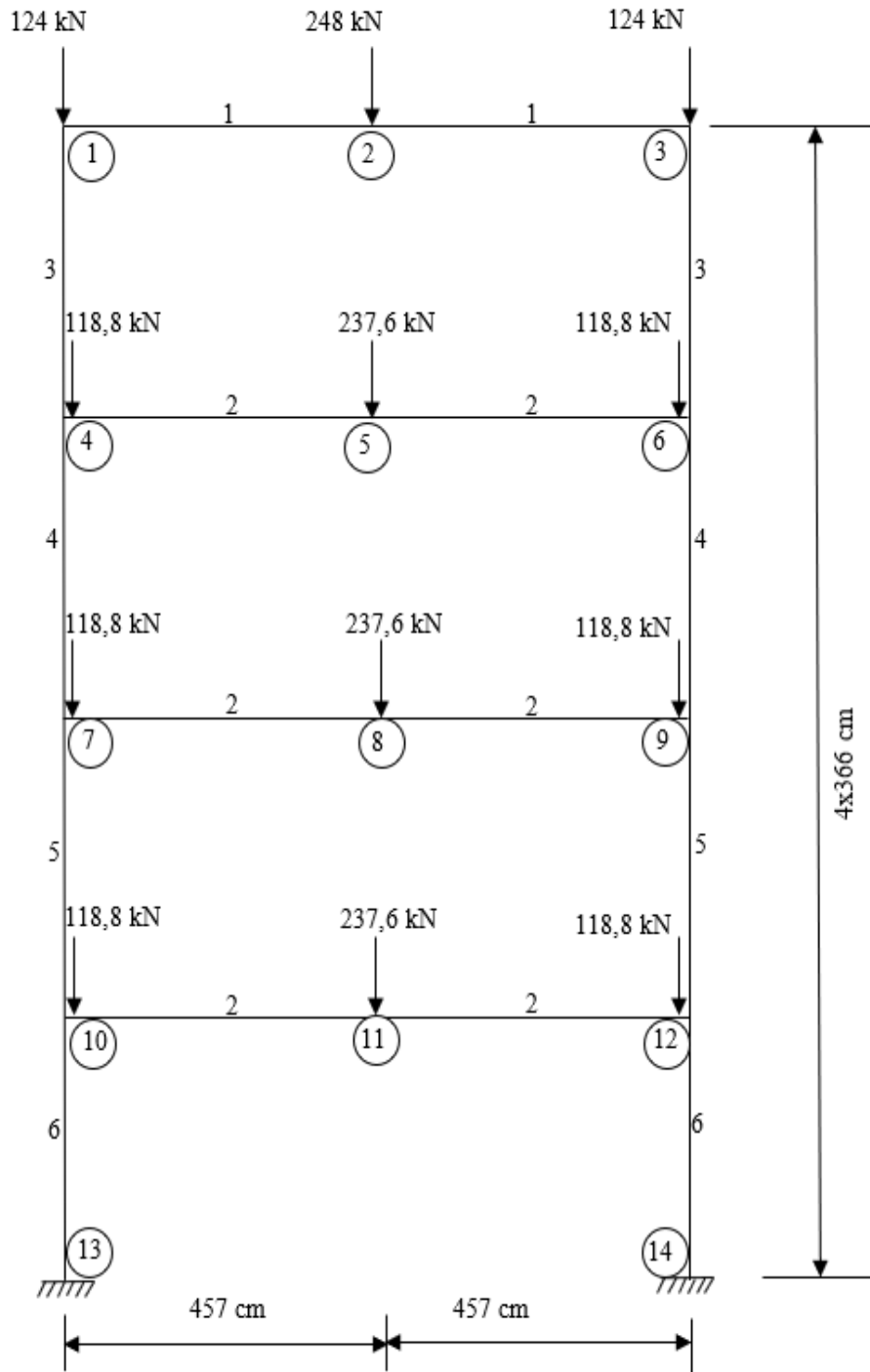
Şekil 5.2 Yatay doğrultuda kat hizalarına etkiyen deprem yükleri

YDKT' ın yük birleşimlerine göre oluşturulmuş 13 yük birleşimi kombinasyonu çelik çerçeve sistemine etki ettirilerek GA ile optimum tasarım sonuçları elde edilmiştir. Bu 13 yük birleşiminden elde edilen minimum çerçeve ağırlıkları ve eleman gruplarının profil kesitleri Çizelge 5.1'de verilmiştir. Bu durumda en ağır çerçeve 1,2G+1,6Q+0,5S olan ikinci yük birleşimi altında 66,278 kN olarak elde edilmiştir.

Çizelge 5.1 Çelik çerçeve sistemin yük kombinasyonları altında GA tasarım sonuçları

| Yük Birleşimleri     | Grup Kesitleri |        |        |        |        |        | Sistemi<br>n<br>Ağırlığı<br>(kN) |
|----------------------|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------------------------|
|                      | 1.grup         | 2.grup | 3.grup | 4.grup | 5.grup | 6.grup |                                  |
| 1,4G                 | HE500A         | HE300B | HE200A | HE240A | HE220A | HE240A | 60,688                           |
| 1,2G+1,6Q+0,5S       | HE550A         | HE340A | HE140A | HE280B | HE320A | HE320A | 66,278                           |
| 1,2G+1,6S+Q          | HE550A         | HE360A | HE140A | HE320A | HE240A | HE320A | 65,166                           |
| 1,2G+1,6S+0,8WSOL    | HE360A         | HE300A | HE240B | HE220A | HE320A | HE320A | 57,414                           |
| 1,2G+1,6S+0,8WSAĞ    | HE360A         | HE300A | HE240B | HE220A | HE320A | HE320A | 57,414                           |
| 1,2G+1Q+0,5S+1,6WSOL | HE340A         | HE300A | HE360A | HE240A | HE360A | HE360A | 61,611                           |
| 1,2G+1Q+0,5S+1,6WSAĞ | HE340A         | HE300A | HE360A | HE240A | HE360A | HE360A | 61,611                           |
| 1,2G+1Q+0,2S+1ESOL   | HE340A         | HE320A | HE360A | HE340B | HE220A | HE360A | 65,002                           |
| 1,2G+1Q+0,2S+1ESAĞ   | HE340A         | HE320A | HE360A | HE340B | HE220A | HE360A | 65,002                           |
| 0,9G+1,6WSOL         | HE260A         | HE300A | HE340A | HE320A | HE320A | HE360A | 59,446                           |
| 0,9G+1,6WSAĞ         | HE260A         | HE300A | HE340A | HE320A | HE320A | HE360A | 59,446                           |
| 0,9G+1ESOL           | HE360A         | HE300A | HE220A | HE180A | HE220A | HE220A | 47,221                           |
| 0,9G+1ESAĞ           | HE360A         | HE300A | HE220A | HE180A | HE220A | HE220A | 47,221                           |

Şekil 5.1'de YDKT' ın ikinci yük birleşimi altında hesaplanan düşey yükler görülmektedir.



Şekil 5.3 Tek açıklıklı-dört katlı çelik çerçeve (1.2G+1.6Q+0.5S yük birleşimi yükler)

|                                                           |       |   |          |      |     |            |  |                                          |
|-----------------------------------------------------------|-------|---|----------|------|-----|------------|--|------------------------------------------|
| DÖRT KATLI TEK AÇIKLIKLI LINEER-ELASTİK DÜZLEM ÇERÇEVENİN |       |   |          |      |     |            |  | Sistemin<br>genel<br>özellikleri         |
| GENETİK ALGORİTMAYLA OPTİMİZASYONU , KESİTLER : HE        |       |   |          |      |     |            |  |                                          |
| 4                                                         | 6     | 7 | 6        | 30   | 64  | 250        |  | }                                        |
| 16                                                        | 14    | 6 | 2 20000. | 27,5 | 43. | .000076982 |  |                                          |
| 1 0.                                                      | 1464. |   |          |      |     |            |  | } Sistemin<br>koordinat<br><br>Bilgileri |
| 2 457.                                                    | 1464. |   |          |      |     |            |  |                                          |
| 3 914.                                                    | 1464. |   |          |      |     |            |  |                                          |
| 4 0.                                                      | 1098. |   |          |      |     |            |  |                                          |
| 5 457.                                                    | 1098. |   |          |      |     |            |  |                                          |
| 6 914.                                                    | 1098. |   |          |      |     |            |  |                                          |
| 7 0.                                                      | 732.  |   |          |      |     |            |  |                                          |
| 8 457.                                                    | 732.  |   |          |      |     |            |  |                                          |
| 9 914.                                                    | 732.  |   |          |      |     |            |  |                                          |
| 10 0.                                                     | 366.  |   |          |      |     |            |  |                                          |
| 11 457.                                                   | 366.  |   |          |      |     |            |  |                                          |
| 12 914.                                                   | 366.  |   |          |      |     |            |  |                                          |
| 13 0.                                                     | 0.    |   |          |      |     |            |  |                                          |
| 14 914.                                                   | 0.    |   |          |      |     |            |  |                                          |
| 2 1 2                                                     |       |   |          |      |     |            |  | } Elemanların grup<br>bilgileri          |
| 6 3 4 5 6 7 8                                             |       |   |          |      |     |            |  |                                          |
| 2 9 10                                                    |       |   |          |      |     |            |  |                                          |
| 2 11 12                                                   |       |   |          |      |     |            |  |                                          |
| 2 13 14                                                   |       |   |          |      |     |            |  |                                          |
| 2 15 16                                                   |       |   |          |      |     |            |  |                                          |

Şekil 5.4'deki kısımda sistemin genel özellikleri girilmiştir. İlk satırda kat sayısı, grup sayısı, sınırlanmış deplasman sayısı, her eleman grubu için gen sayısı, popülasyon büyüklüğü, listedeki kesit sayısı ve maksimum iterasyon sayısıdır. Daha sonra, sistemin koordinat bilgileri ve elemanların grup bilgileri verilmektedir.

|    |    |    |    |   |                                                                                                                       |   |   |                                                                                  |  |
|----|----|----|----|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|----------------------------------------------------------------------------------|--|
| 1  | 1  | 2  | 1  | 0 | <div>Sistemi oluşturan<br/>elemanların uç<br/>düğüm noktası ve<br/>ait olduğu grup<br/>numaraları<br/>bilgileri</div> |   |   |                                                                                  |  |
| 2  | 2  | 3  | 1  | 0 |                                                                                                                       |   |   |                                                                                  |  |
| 3  | 4  | 5  | 2  | 0 |                                                                                                                       |   |   |                                                                                  |  |
| 4  | 5  | 6  | 2  | 0 |                                                                                                                       |   |   |                                                                                  |  |
| 5  | 7  | 8  | 2  | 0 |                                                                                                                       |   |   |                                                                                  |  |
| 6  | 8  | 9  | 2  | 0 |                                                                                                                       |   |   |                                                                                  |  |
| 7  | 10 | 11 | 2  | 0 |                                                                                                                       |   |   |                                                                                  |  |
| 8  | 11 | 12 | 2  | 0 |                                                                                                                       |   |   |                                                                                  |  |
| 9  | 1  | 4  | 3  | 4 |                                                                                                                       |   |   |                                                                                  |  |
| 10 | 3  | 6  | 3  | 4 |                                                                                                                       |   |   |                                                                                  |  |
| 11 | 4  | 7  | 4  | 3 |                                                                                                                       |   |   |                                                                                  |  |
| 12 | 6  | 9  | 4  | 3 |                                                                                                                       |   |   |                                                                                  |  |
| 13 | 7  | 10 | 5  | 2 |                                                                                                                       |   |   |                                                                                  |  |
| 14 | 9  | 12 | 5  | 2 |                                                                                                                       |   |   |                                                                                  |  |
| 15 | 10 | 13 | 6  | 1 |                                                                                                                       |   |   |                                                                                  |  |
| 16 | 12 | 14 | 6  | 1 |                                                                                                                       |   |   |                                                                                  |  |
| 0  | 9  | 9  | 11 | 0 | 1                                                                                                                     | 0 | 3 | <div>Kolonun her<br/>iki ucuna<br/>birleşen<br/>kolon-kiriş<br/>numaraları</div> |  |
| 0  | 10 | 10 | 12 | 2 | 0                                                                                                                     | 4 | 0 |                                                                                  |  |
| 9  | 11 | 11 | 13 | 0 | 3                                                                                                                     | 0 | 5 |                                                                                  |  |
| 10 | 12 | 12 | 14 | 4 | 0                                                                                                                     | 6 | 0 |                                                                                  |  |
| 11 | 13 | 13 | 15 | 0 | 5                                                                                                                     | 0 | 7 |                                                                                  |  |
| 12 | 14 | 14 | 16 | 6 | 0                                                                                                                     | 8 | 0 |                                                                                  |  |
| 13 | 15 | 15 | 0  | 0 | 7                                                                                                                     | 0 | 0 |                                                                                  |  |
| 14 | 16 | 16 | 0  | 8 | 0                                                                                                                     | 0 | 0 |                                                                                  |  |
| 13 | 1  | 1  | 1  |   |                                                                                                                       |   |   | <div>Mesnet<br/>bilgileri</div>                                                  |  |
| 14 | 1  | 1  | 1  |   |                                                                                                                       |   |   |                                                                                  |  |
| 1  | 1  |    |    |   |                                                                                                                       |   |   |                                                                                  |  |
| 12 |    |    |    |   |                                                                                                                       |   |   |                                                                                  |  |

22

Şekil 5.5'te, sistemi oluşturan elemanların başlangıç ve bitiş düğüm noktaları, hangi gruba ait oldukları ve kolonların kat numaraları (kirişlerin sıfır alınmaktadır) girilmektedir. Daha sonra, kolonların A ve B ucuna birleşen sırasıyla üst-alt kolon ve sol-sağ kiriş numaraları verilmektedir. Son olarak, mesnet bilgileri ve yüklü düğüm noktası sayısı verilmektedir.

|    |    |         |    |
|----|----|---------|----|
| 1  | 0. | -124.00 | 0. |
| 2  | 0. | -248.00 | 0. |
| 3  | 0. | -124.00 | 0. |
| 4  | 0. | -118.80 | 0. |
| 5  | 0. | -237.60 | 0. |
| 6  | 0. | -118.80 | 0. |
| 7  | 0. | -118.80 | 0. |
| 8  | 0. | -237.60 | 0. |
| 9  | 0. | -118.80 | 0. |
| 10 | 0. | -118.80 | 0. |
| 11 | 0. | -237.60 | 0. |
| 12 | 0. | -118.80 | 0. |
| 1  | 0. | -124.00 | 0. |
| 2  | 0. | -248.00 | 0. |
| 3  | 0. | -124.00 | 0. |
| 4  | 0. | -118.80 | 0. |
| 5  | 0. | -237.60 | 0. |
| 6  | 0. | -118.80 | 0. |
| 7  | 0. | -118.80 | 0. |
| 8  | 0. | -237.60 | 0. |
| 9  | 0. | -118.80 | 0. |
| 10 | 0. | -118.80 | 0. |
| 11 | 0. | -237.60 | 0. |
| 12 | 0. | -118.80 | 0. |
| 1  | 0. | 0.      | 0. |
| 2  | 0. | 0.      | 0. |
| 3  | 0. | 0.      | 0. |
| 4  | 0. | 0.      | 0. |
| 5  | 0. | 0.      | 0. |
| 6  | 0. | 0.      | 0. |
| 7  | 0. | 0.      | 0. |
| 8  | 0. | 0.      | 0. |

Sistemin yük bilgileri

Şekil 5.6 Dört katlı tek açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (Üçüncü Kısım)

Şekil 5.6'da yüklü düğüm noktasının önce düşey ve yatay toplam yük değerleri, sonra sadece düşey yükler ve daha sonra da sadece yatay yük değerleri verilmektedir.

|    |    |    |       |
|----|----|----|-------|
| 8  | 0. | 0. | 0.    |
| 9  | 0. | 0. | 0.    |
| 10 | 0. | 0. | 0.    |
| 11 | 0. | 0. | 0.    |
| 12 | 0. | 0. | 0.    |
| 1  | 1  | 1  | 0.01  |
| 1  | 2  | 1  | 0.01  |
| 2  | 2  | 1  | 0.01  |
| 1  | 2  | 2  | 3.047 |
| 3  | 2  | 2  | 3.047 |
| 5  | 2  | 2  | 3.047 |
| 7  | 2  | 2  | 3.047 |

Sistemin deplasman bilgileri

Şekil 5.7 Dört katlı tek açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (Dördüncü Kısım)

Şekil 5.7'te, sınırlanmış deplasmanlar ve üst sınır değerleri verilmektedir.

|       |        |       |       |      |       |      |      |      |      |      |
|-------|--------|-------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|
| 21.24 | 349.2  | 72.76 | 83.01 | 2.51 | 5.24  | 100. | 8.   | 96.  | 56.  | 5.   |
| 26.04 | 449.5  | 89.91 | 104.2 | 2.53 | 9.25  | 100. | 10.  | 100. | 56.  | 6.   |
| 53.24 | 1143.  | 190.4 | 235.8 | 2.74 | 68.21 | 106. | 20.  | 120. | 56.  | 12.  |
| 25.34 | 606.2  | 106.3 | 119.5 | 3.02 | 5.99  | 120. | 8.   | 114. | 74.  | 5.   |
| 34.01 | 864.4  | 144.1 | 165.2 | 3.06 | 13.84 | 120. | 11.  | 120. | 74.  | 6.5  |
| 66.41 | 2018.  | 288.2 | 350.6 | 3.25 | 91.66 | 126. | 21.  | 140. | 74.  | 12.5 |
| 31.42 | 1033.  | 155.4 | 173.5 | 3.52 | 8.13  | 140. | 8.5  | 133. | 92.  | 5.5  |
| 42.96 | 1509.  | 215.6 | 245.4 | 3.58 | 20.06 | 140. | 12.  | 140. | 92.  | 7.   |
| 80.56 | 3291.  | 411.4 | 493.8 | 3.77 | 120.  | 146. | 22.  | 160. | 92.  | 13.  |
| 38.77 | 1673.  | 220.1 | 245.1 | 3.98 | 12.19 | 160. | 9.   | 152. | 104. | 6.   |
| 54.25 | 2492.  | 311.5 | 354.  | 4.05 | 31.24 | 160. | 13.  | 160. | 104. | 8.   |
| 97.05 | 5098.  | 566.5 | 674.6 | 4.26 | 162.4 | 166. | 23.  | 180. | 104. | 14.  |
| 45.25 | 2510.  | 293.6 | 324.9 | 4.52 | 14.8  | 180. | 9.5  | 171. | 122. | 6.   |
| 65.25 | 3831.  | 425.7 | 481.4 | 4.57 | 42.16 | 180. | 14.  | 180. | 122. | 8.5  |
| 113.3 | 7483.  | 748.3 | 883.4 | 4.77 | 203.3 | 186. | 24.  | 200. | 122. | 14.5 |
| 53.83 | 3692.  | 388.6 | 429.5 | 4.98 | 20.98 | 200. | 10.  | 190. | 134. | 6.5  |
| 78.08 | 5696.  | 569.6 | 642.5 | 5.07 | 59.28 | 200. | 15.  | 200. | 134. | 9.   |
| 131.3 | 10640. | 967.4 | 1135. | 5.27 | 259.4 | 206. | 25.  | 220. | 134. | 15.  |
| 64.34 | 5410.  | 515.2 | 568.5 | 5.51 | 28.46 | 220. | 11.  | 210. | 152. | 7.   |
| 91.04 | 8091.  | 735.5 | 827.  | 5.59 | 76.57 | 220. | 16.  | 220. | 152. | 9.5  |
| 149.4 | 14600. | 1217. | 1419. | 5.79 | 315.3 | 226. | 26.  | 240. | 152. | 15.5 |
| 76.84 | 7763.  | 675.1 | 744.6 | 6.   | 41.55 | 240. | 12.  | 230. | 164. | 7.5  |
| 106.  | 11260. | 938.3 | 1053. | 6.08 | 102.7 | 240. | 17.  | 240. | 164. | 10.  |
| 199.6 | 24290. | 1799. | 2117. | 6.39 | 627.9 | 248. | 32.  | 270. | 164. | 18.  |
| 86.82 | 10450. | 836.4 | 919.8 | 6.5  | 52.37 | 260. | 12.5 | 250. | 177. | 7.5  |
| 118.4 | 14920. | 1148. | 1283. | 6.58 | 123.8 | 260. | 17.5 | 260. | 177. | 10.0 |
| 219.6 | 31310. | 2159. | 2524. | 6.9  | 719.  | 268. | 32.5 | 290. | 177. | 18.0 |
| 97.26 | 13670. | 1013. | 1112. | 7.0  | 62.1  | 280. | 13.  | 270. | 196. | 8.0  |
| 131.4 | 19270. | 1376. | 1534. | 7.09 | 143.7 | 280. | 18.  | 280. | 196. | 10.5 |
| 240.2 | 39550. | 2551. | 2966. | 7.4  | 807.3 | 288. | 33.  | 310. | 196. | 18.5 |

Şekil 5.8 Dört katlı tek açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (Beşinci Kısım)

Şekil 5.8’da profillerin kesit özellikleri tanımlanmaktadır.

|       |         |       |       |      |       |      |      |      |      |      |
|-------|---------|-------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|
| 112.5 | 18260.  | 1260. | 1383. | 7.49 | 85.17 | 300. | 14.  | 290. | 208. | 8.5  |
| 149.1 | 25170.  | 1678. | 1869. | 7.58 | 185.  | 300. | 19.  | 300. | 208. | 11.0 |
| 225.1 | 40950.  | 2559. | 2927. | 7.81 | 598.3 | 305. | 29.  | 320. | 208. | 16.0 |
| 303.1 | 59200.  | 3482. | 4078. | 8.0  | 1408. | 310. | 39.  | 340. | 208. | 21.0 |
| 124.4 | 22930.  | 1479. | 1628. | 7.49 | 108.  | 300. | 15.5 | 310. | 225. | 9.0  |
| 161.3 | 30820.  | 1926. | 2149. | 7.57 | 225.1 | 300. | 20.5 | 320. | 225. | 11.5 |
| 312.  | 68130.  | 3796. | 4435. | 7.95 | 1501. | 309. | 40.  | 359. | 225. | 21.0 |
| 133.5 | 27690.  | 1678. | 1850. | 7.46 | 127.2 | 300. | 16.5 | 330. | 243. | 9.5  |
| 170.9 | 36660.  | 2156. | 2408. | 7.53 | 257.2 | 300. | 21.5 | 340. | 243. | 12.0 |
| 315.8 | 76370.  | 4052. | 4718. | 7.9  | 1506. | 309. | 40.  | 377. | 243. | 21.0 |
| 142.8 | 33090.  | 1891. | 2088. | 7.43 | 148.8 | 300. | 17.5 | 350. | 261. | 10.0 |
| 180.6 | 43190.  | 2400. | 2683. | 7.49 | 292.5 | 300. | 22.5 | 360. | 261. | 12.5 |
| 318.8 | 84870.  | 4297. | 4989. | 7.83 | 1507. | 308. | 40.  | 395. | 261. | 21.0 |
| 159.  | 45070.  | 2311. | 2562. | 7.34 | 189.  | 300. | 19.  | 390. | 298. | 11.0 |
| 197.8 | 57680.  | 2884. | 3232. | 7.4  | 355.7 | 300. | 24.  | 400. | 298. | 13.5 |
| 325.8 | 104100. | 4820. | 5571. | 7.7  | 1515. | 307. | 40.  | 432. | 298. | 21.0 |
| 178.0 | 63720.  | 2896. | 3216. | 7.29 | 243.8 | 300. | 21.  | 440. | 344. | 11.5 |
| 218.0 | 79890.  | 3551. | 3982. | 7.33 | 440.5 | 300. | 26.  | 450. | 344. | 14.0 |
| 335.4 | 131500. | 5501. | 6331. | 7.59 | 1529. | 307. | 40.  | 478. | 344. | 21.0 |
| 197.5 | 86970.  | 3550. | 3949. | 7.24 | 309.3 | 300. | 23.  | 490. | 390. | 12.0 |
| 238.6 | 107200. | 4287. | 4815. | 7.27 | 538.4 | 300. | 28.  | 500. | 390. | 14.5 |
| 344.3 | 161900. | 6180. | 7094. | 7.46 | 1539. | 306. | 40.  | 524. | 390. | 21.0 |
| 211.8 | 111900. | 4146. | 4622. | 7.15 | 351.5 | 300. | 24.  | 540. | 438. | 12.5 |
| 254.1 | 136700. | 4971. | 5591. | 7.17 | 600.3 | 300. | 29.  | 550. | 438. | 15.0 |
| 354.4 | 198000. | 6923. | 7933. | 7.35 | 1554. | 306. | 40.  | 572. | 438. | 21.0 |
| 226.5 | 141200. | 4787. | 5350. | 7.05 | 397.8 | 300. | 25.  | 590. | 486. | 13.0 |
| 270.  | 171000. | 5701. | 6425. | 7.08 | 667.2 | 300. | 30.  | 600. | 486. | 15.5 |
| 363.7 | 237400. | 7660. | 8772. | 7.22 | 1564. | 305. | 40.  | 620. | 486. | 21.0 |
| 241.6 | 175200. | 5474. | 6136. | 6.97 | 448.3 | 300. | 26.  | 640. | 534. | 13.5 |
| 286.3 | 210600. | 6480. | 7320. | 6.99 | 739.2 | 300. | 31.  | 650. | 534. | 16.0 |

Şekil 5.9 Dört katlı tek açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (Altıncı Kısım)

|         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 373.7   | 281700. | 8433.   | 9657.   | 7.13    | 1579.   | 305.    | 40.     | 668.    | 534.    | 21.0    |
| 260.5   | 215300. | 6241.   | 7032.   | 6.84    | 513.9   | 300.    | 27.     | 690.    | 582.    | 14.5    |
| 306.4   | 256900. | 7340.   | 8327.   | 6.87    | 830.9   | 300.    | 32.     | 700.    | 582.    | 17.0    |
| 383.    | 329300. | 9198.   | 10540.  | 7.01    | 1589.   | 304.    | 40.     | 716.    | 582.    | 21.0    |
| HE 100A | HE 100B | HE 100M | HE 120A | HE 120B | HE 120M | HE 140A | HE 140B | HE 140M | HE 160A | HE 160B |
| HE 160M | HE 180A | HE 180B | HE 180M | HE 200A | HE 200B | HE 200M | HE 220A | HE 220B | HE 220M | HE 240A |
| HE 240B | HE 240M | HE 260A | HE 260B | HE 260M | HE 280A | HE 280B | HE 280M | HE 300A | HE 300B | HE 300C |
| HE 300M | HE 320A | HE 320B | HE 320M | HE 340A | HE 340B | HE 340M | HE 360A | HE 360B | HE 360M | HE 400A |
| HE 400B | HE 400M | HE 450A | HE 450B | HE 450M | HE 500A | HE 500B | HE 500M | HE 550A | HE 550B | HE 550M |
| HE 600A | HE 600B | HE 600M | HE 650A | HE 650B | HE 650M | HE 700A | HE 700B | HE 700M |         |         |

Şekil 5.10 Dört katlı tek açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (Yedinci Kısım)

Şekil 5.9 ve Şekil 5.10'da, profil kesit özelliklerinin devamı ve tanımlanan profillerin isimleri girilmektedir.

Programın çalıştırılmasından sonra çıkış dosyası yazdırılır. Çıkış dosyasında ilk kısımda veri dosyasından alınan yapıya ait genel bilgiler yer almaktadır. Verilen bilgiler doğrultusunda çerçevelerin analizi yapılarak elemanların kesit tesirleri, düğüm noktası deplasmanları ve son olarak çerçeve ağırlığı belirlenir. Program durdurma kriteri sağlanıncaya kadar her iterasyon adımında çerçevenin ağırlığı ve gruplarının kesit bilgileri verilir. Şekil 5.11'de gösterildiği gibi en son adımda optimum ağırlık ve kesitler, kısıtlanmış deplasman değerleri gibi sonuç değerleri verilmiştir.

```

30 NOLU BİREYİN AĞIRLIĞI= .66278D+02
.66278E+02 .10687E+03 .94124E+02

MUTASYONLARIN SAYISI = 1
RT= .83333D+00
IPM= 30
SINIRLANMIŞ DEPLASMANLAR :
.737589315D-03 -.113427649D-14 -.737589315D-03 -.184502799D+01 -.300497160D+01
-.224023751D+01 -.233397650D+01
ÇUBUKLARIN MUKAVEMET KISIT FONKSİYON DEĞERLERİ :
-.51859D+00 -.51859D+00 -.27782D+00 -.27782D+00 -.37018D+00 -.37018D+00 -.34698D+00 -.34698D+00 -.50564D-02 -.50564D-02
-.37644D+00 -.37644D+00 -.42530D+00 -.42530D+00 -.40407D+00 -.40407D+00
132 NESİL SONRA OPTİMUM AĞIRLIK .66278D+02
53 38 7 29 35 35
HE 550A HE 340A HE 140A HE 280B HE 320A HE 320A
20:20:52:12

```

Şekil 5.11 Dört katlı tek açıklıklı düzlem çerçevenin çıkış dosyası sonuç gösterimi

Şekil 5.11 çıkış dosyası sonuç gösteriminde görülen sınırlandırılmış deplasmanların değerleri Çizelge 5.2'de verilmiştir. SAP 2000 tasarımında ise GA' daki kısıtlanmış deplasman değerleri Çizelge 5.3'te verilmiştir.

Çizelge 5.2 Genetik algoritma ikinci yük birleşimi tasarımında kısıtlanmış deplasman değerleri

| Düğüm Noktası       | Kısıtlanmış Deplasman Değeri (cm) |
|---------------------|-----------------------------------|
| 1(yatay deplasman)  | $0,737 \times 10^{-3}$            |
| 2(yatay deplasman)  | $0,1134 \times 10^{-14}$          |
| 3(yatay deplasman)  | $0,737 \times 10^{-3}$            |
| 2(düşey deplasman)  | 1,84                              |
| 5(düşey deplasman)  | 3,00                              |
| 8(düşey deplasman)  | 2,24                              |
| 11(düşey deplasman) | 2,33                              |

Çizelge 5.3 SAP 2000 tasarımında kısıtlanmış deplasman değerleri

| Düğüm Noktası        | Kısıtlanmış Deplasman Değeri (cm) |
|----------------------|-----------------------------------|
| 1 (yatay deplasman)  | $2,04 \times 10^{-3}$             |
| 2 (yatay deplasman)  | $1,047 \times 10^{-15}$           |
| 3 (yatay deplasman)  | $2,04 \times 10^{-3}$             |
| 2 (düşey deplasman)  | 4.25                              |
| 5 (düşey deplasman)  | 3.23                              |
| 8 (düşey deplasman)  | 3.346                             |
| 11 (düşey deplasman) | 3.143                             |

SAP 2000 tasarımında 2. yük birleşimine göre, GA'nın kısıtlanmış deplasman değerleri, GA'ya göre daha büyük çıkmıştır ve sınırları aşmıştır.

Çizelge 5.4'te çerçevenin tüm elemanları için SAP 2000'in hangi yük birleşimine göre tasarım yaptığı gösterilmektedir.

Çizelge 5.4 SAP 2000 çözümünde elemanların tasarımı yapıldığı yük birleşimleri

| Eleman Numaraları | Yük Birleşimi        |
|-------------------|----------------------|
| 1                 | 1,2G+1,6Q+0,5S       |
| 2                 | 1,2G+1,6Q+0,5S       |
| 3                 | 1,2G+1,6Q+0,5S       |
| 4                 | 1,2G+1,6Q+0,5S       |
| 5                 | 1,2G+1Q+0,5S+1,6WSAĞ |
| 6                 | 1,2G+1Q+0,5S+1,6WSOL |
| 7                 | 1,2G+1Q+0,5S+1,6WSAĞ |
| 8                 | 1,2G+1Q+,5S+1,6WSOL  |
| 9                 | 1,2G+1,6Q+0,5S       |
| 10                | 1,2G+1,6Q+0,5S       |
| 11                | 1,2G+1Q+0,2S+1ESAĞ   |
| 12                | 1,2G+1Q+0,2S+1ESOL   |
| 13                | 1,2G+1Q+0,2S+1ESAĞ   |
| 14                | 1,2G+1Q+0,2S+1ESOL   |
| 15                | 1,2G+1Q+0,2S+1ESAĞ   |
| 16                | 1,2G+1Q+0,2S+1ESOL   |

GA çözümünde en ağır çerçeveyi veren no'lu yük birleşimine göre hesaplanan kısıtlanmış deplasman değerleri sınır değerlerinden daha küçük çıkmıştır. (4.1) ve (4.2) denklemlerinde verilen mukavemet kısıtları ise sağlanmıştır.

Çizelge 5.5'de ikinci yük birleşimine ait GA tasarım sonuçları verilmektedir.

Çizelge 5.5 Genetik algoritma ile tek açıklıklı- dört katlı çerçeve sistemin ikinci yük birleşimine göre tasarımı

|                                  | Kesitler |        |         |         |         |         | İterasyon Sayısı |
|----------------------------------|----------|--------|---------|---------|---------|---------|------------------|
| Grup Numarası                    | 1.Grup   | 2.Grup | 3.Grup  | 4.Grup  | 5.Grup  | 6.Grup  |                  |
| Kesit Listesindeki Sıra Numarası | 53       | 38     | 7       | 29      | 35      | 35      |                  |
| Optimum Ağırlık 66,278 kN        | HE 550A  | HE340A | HE 140A | HE 280B | HE 320A | HE 320A | 132              |

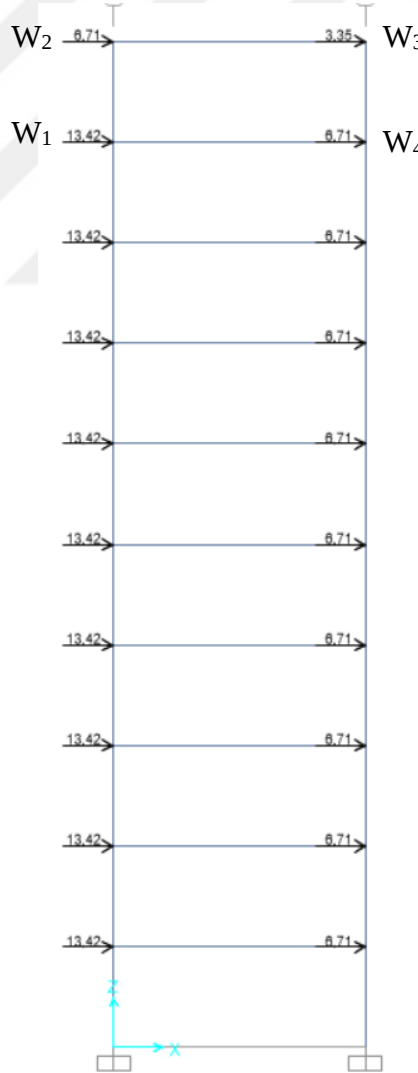
Çizelge 5.4'te çerçevenin tüm elemanları için SAP 2000'in hangi yük birleşimine göre tasarım yaptığı gösterilmektedir. SAP 2000 tasarımında da GA tasarımı için kullanılan aynı 64 elemanlı kesit listesi ve aynı yük birleşimleri kullanılmıştır. SAP 2000 bu kesit listesinden 13 yük birleşimi çözümü sonucu mukavemet koşullarını sağlayan mümkün olan en hafif kesitleri seçmektedir. Çizelge 5.6 ve Şekil 5.12'de SAP 2000'e göre tasarım sonuçları verilmiştir. Burada tasarım, 2018 Türk Çelik Yönetmeliği YDKT ile çok benzer olan AISC 360-10 LFRD yöntemiyle yapılmıştır. Buna göre SAP 2000 tasarımında Çizelge 5.4'teki yük birleşimlerine göre çerçevenin ağırlığı 77,618 kN olarak hesaplanmıştır. Sonuçlar karşılaştırıldığında çeşitli yük birleşimleri için GA ile tasarlanan optimum çerçevelerden en ağır olanı bile, SAP 2000 ile elde edilen tasarıma oranla %14,6 daha hafif olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, GA tasarımında Çizelge 5.1'den görüldüğü gibi 12. veya 13. yük birleşimine göre hesaplanan en hafif çerçevenin ağırlığı 47,221 kN 'dur. Buna göre GA tasarımı SAP 2000 tasarımına göre %39,2 daha hafiftir.



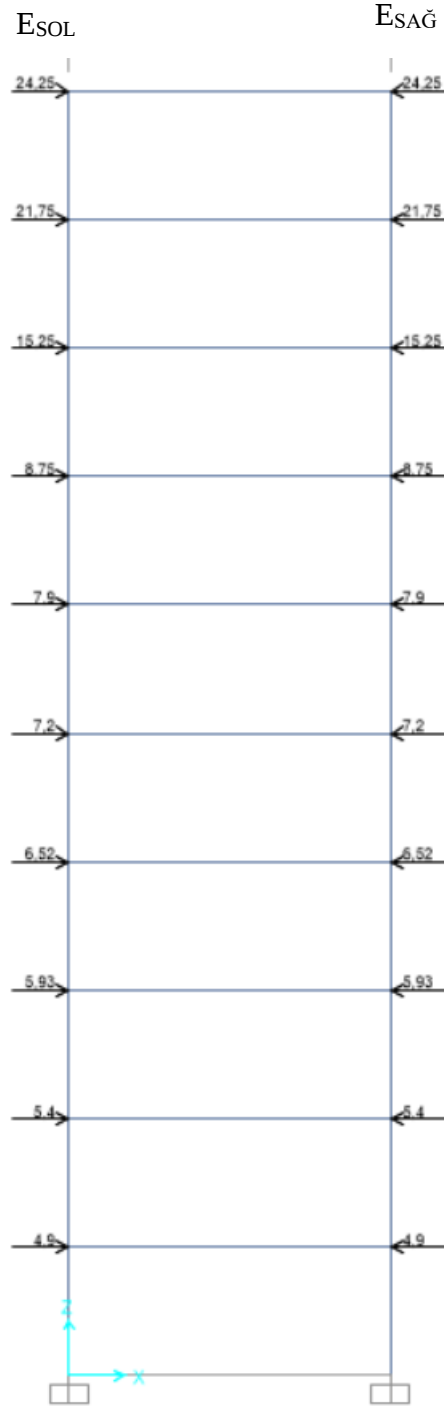
kN,  $W_4=6$  kN etki etmektedir. Bu yükler TS 498-2021 Yönetmeliği ve 2018 TBDY Deprem Yönetmeliğine göre hesaplanmıştır ve katlara etki eden deprem yükleri Şekil 5.14'te gösterilmiştir.

Kiriş yayılı yükleri düğüm noktalarına etkiyen tekil yüklere çevrilmiştir. Yük birleşimleri ÇYTHYDE (2018) yönetmeliğinin YDKT yük birleşimlerine göre alınmıştır. Çelik sınıfı S235 seçilmiştir. Çeliğin karakteristik akma gerilmesi  $F_y=23,5$  kN/cm<sup>2</sup>, çekme dayanımı  $F_u=36$  kN/cm<sup>2</sup> olarak alınmıştır.

En üst katın 30, 31 ve 32'inci düğüm noktalarının yatay deplasmanların sınır değerleri yapı yüksekliğinin üç yüzde biri olan 10,17 cm alınmıştır. 28 ve 31 no.lu düğüm noktalarının düşey deplasman sınırları kiriş açıklığının üç yüzde biri olan 3,047 cm alınmıştır. Kesit profil listesi bir önceki örnekte olduğu gibi HE 100A' dan başlayarak A, B, M tipleri olarak HE 700M'e kadar olan 64 kesitten oluşmaktadır.



Şekil 5.13 Tek açıklıklı-on katlı çerçevenin yatay doğrultuda kat hizalarına etkiyen rüzgâr yükleri



Şekil 5.14 Tek açıklıklı-on katlı çerçevenin yatay doğrultuda kat hizalarına etkiyen deprem yükleri

YDKT yük birleşimlerine göre oluşturulmuş 13 yük kombinasyonu çelik çerçeve sistemine etki ettirilerek GA'da optimum tasarım sonuçları elde edilmiştir. 13 yük kombinasyonu altında GA'nın tasarım sonuçları aşağıda Çizelge 5.7'de verilmiştir.

Çizelge 5.7 İkinci sayısal örnek çelik çerçeve sistemin yük birleşimleri altında GA tasarım sonuçları

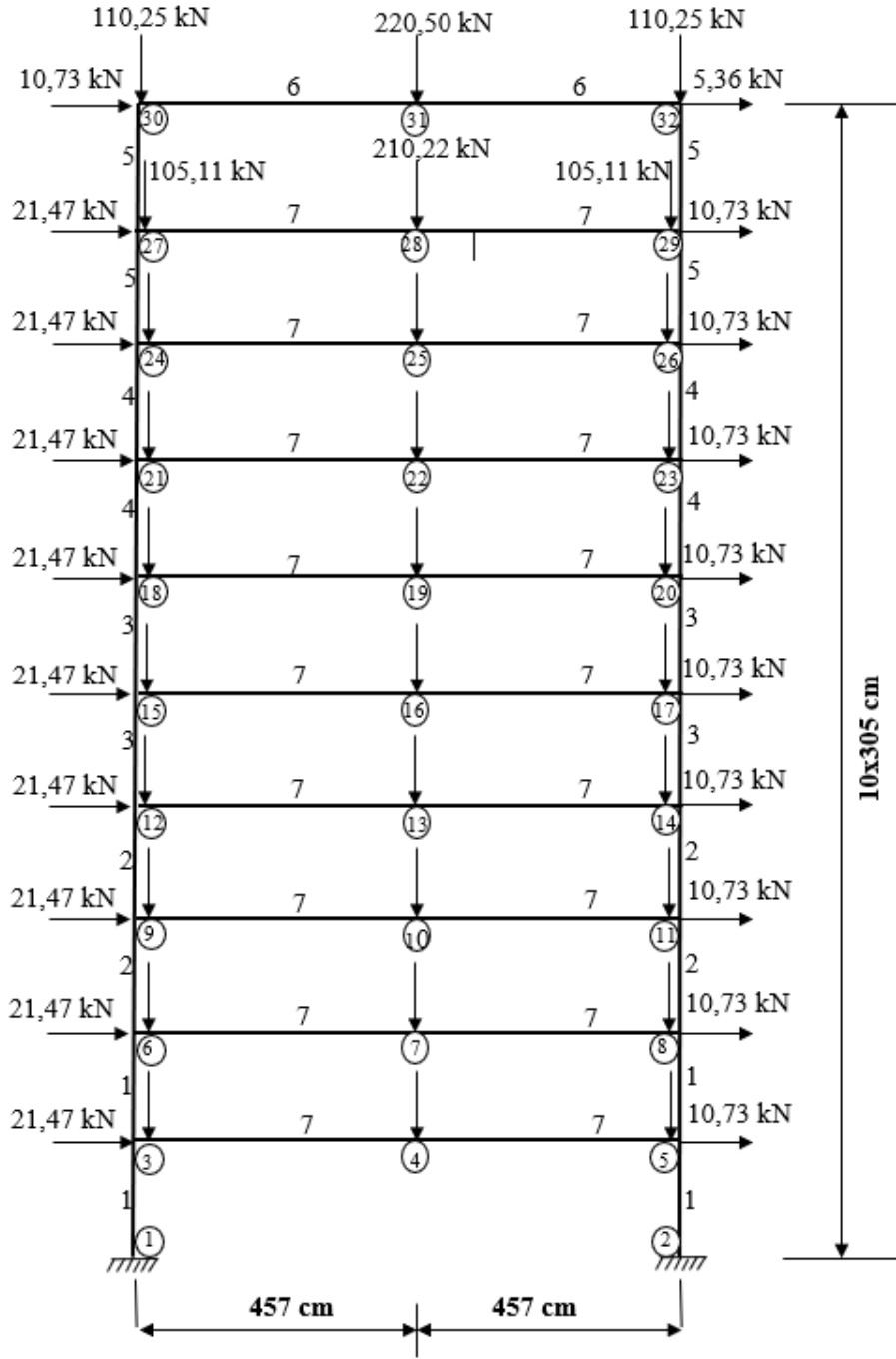
| Yük Birleşimleri     | Grup Kesitleri |        |        |        |        |        |        | Sistemin Ağırlığı (kN) |
|----------------------|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------------------------|
|                      | 1.grup         | 2.grup | 3.grup | 4.grup | 5.grup | 6.grup | 7.grup |                        |
| 1,4G                 | HE260M         | HE360A | HE280A | HE240B | HE240A | HE500A | HE360A | 164,67                 |
| 1,2G+1,6Q+0,5S       | HE340B         | HE400A | HE260M | HE320A | HE260A | HE600A | HE400A | 188,07                 |
| 1,2G+1,6S+Q          | HE450A         | HE400A | HE400A | HE400A | HE280A | HE450B | HE340A | 170,53                 |
| 1,2G+1,6S+0,8WSOL    | HE450B         | HE400A | HE300A | HE240B | HE220A | HE450A | HE340A | 159,03                 |
| 1,2G+1,6S+0,8WSAĞ    | HE450B         | HE400A | HE300A | HE240B | HE220A | HE450A | HE340A | 159,03                 |
| 1,2G+1Q+0,5S+1,6WSOL | HE550B         | HE450A | HE240M | HE360A | HE320A | HE340B | HE450A | 209,17                 |
| 1,2G+1Q+0,5S+1,6WSAĞ | HE550B         | HE450A | HE240M | HE360A | HE320A | HE340B | HE450A | 209,17                 |
| 1,2G+1Q+0,2S+1ESOL   | HE500B         | HE400A | HE360A | HE320A | HE300A | HE340B | HE340A | 169,57                 |
| 1,2G+1Q+0,2S+1ES AĞ  | HE500B         | HE400A | HE360A | HE320A | HE300A | HE340B | HE340A | 169,57                 |
| 0,9G+1,6WSOL         | HE500B         | HE500A | HE320A | HE240B | HE140M | HE320B | HE500A | 206,58                 |
| 0,9G+1,6WSAĞ         | HE500B         | HE500A | HE320A | HE240B | HE140M | HE320B | HE500A | 206,58                 |
| 0,9G+1ESOL           | HE260M         | HE320A | HE280A | HE220B | HE220A | HE400A | HE400A | 167,91                 |
| 0,9G+1ESOL           | HE260M         | HE320A | HE280A | HE220B | HE220A | HE400A | HE400A | 167,91                 |

Çizelge 5.8’de çerçevenin tüm elemanları için SAP 2000’in hangi yük birleşimine göre tasarım yapıldığı gösterilmektedir.

Çizelge 5.8 İkinci sayısal örnek SAP 2000 çözümünde elemanların tasarımı yapıldığı yük birleşimleri

| Eleman Numaraları | Yük Birleşimi        |
|-------------------|----------------------|
| 1                 | 1,2G+1Q+0,5S+1,6WSAĞ |
| 2                 | 1,2G+1Q+0,5S+1,6WSOL |
| 3                 | 1,2G+1Q+0,5S+1,6WSAĞ |
| 4                 | 1,2G+1Q+0,5S+1,6WSOL |
| 5                 | 1,2G+1Q+0,2S+1ESAĞ   |
| 6                 | 1,2G+1Q+0,2S+1ESOL   |
| 7                 | 1,2G+1Q+0,2S+1ESAĞ   |
| 8                 | 1,2G+1Q+0,2S+1ESOL   |
| 9                 | 1,2G+1Q+0,2S+1ESAĞ   |
| 10                | 1,2G+1Q+0,2S+1ESOL   |
| 11                | 1,2G+1Q+0,2S+1ESAĞ   |
| 12                | 1,2G+1Q+0,2S+1ESOL   |
| 13                | 1,2G+1Q+0,2S+1ESAĞ   |
| 14                | 1,2G+1Q+0,2S+1ESOL   |
| 15                | 1,2G+1Q+0,2S+1ESAĞ   |
| 16                | 1,2G+1Q+0,2S+1ESOL   |
| 17                | 1,2G+1Q+0,2S+1ESAĞ   |
| 18                | 1,2G+1Q+0,2S+1ESOL   |
| 19                | 1,2G+1,6Q+0,5S       |
| 20                | 1,2G+1,6Q+0,5S       |
| 21                | 1,2G+1,6Q+0,5S       |
| 22                | 1,2G+1,6Q+0,5S       |
| 23                | 1,2G+1,6Q+0,5S       |
| 24                | 1,2G+1,6Q+0,5S       |
| 25                | 1,2G+1Q+0,5S+1,6WSAĞ |
| 26                | 1,2G+1Q+0,5S+1,6WSOL |
| 27                | 1,2G+1Q+0,5S+1,6WSAĞ |
| 28                | 1,2G+1Q+0,5S+1,6WSOL |
| 29                | 1,2G+1Q+0,5S+1,6WSAĞ |
| 30                | 1,2G+1Q+0,5S+1,6WSOL |
| 31                | 1,2G+1Q+0,5S+1,6WSAĞ |
| 32                | 1,2G+1Q+0,5S+1,6WSOL |
| 33                | 1,2G+1Q+0,5S+1,6WSAĞ |
| 34                | 1,2G+1Q+0,5S+1,6WSOL |
| 35                | 1,2G+1Q+0,5S+1,6WSAĞ |
| 36                | 1,2G+1Q+0,5S+1,6WSOL |
| 37                | 1,2G+1Q+0,5S+1,6WSAĞ |
| 38                | 1,2G+1Q+0,5S+1,6WSOL |
| 39                | 1,2G+1Q+0,5S+1,6WSAĞ |
| 40                | 1,2G+1Q+0,5S+1,6WSOL |

Çizelge 5.7’de görüldüğü gibi 1.2G+1Q+0.5S+1.6WSOL yük kombinasyonunda sistemin ağırlığı en fazla çıkmıştır.



Şekil 5.15 Tek açıklıklı-on katlı çelik çerçevede 6. yük birleşimine göre yükler (1.2G+1Q+0.5S+1.6WSOL)

Bir önceki örneğe benzer bu çerçevenin veri dosyası hazırlanarak Şekil 5.16-5.25’de verilmiştir.

ON KATLI TEK AÇIKLIKLI 40 ELEMANLI LINEER-ELASTİK DÜZLEM ÇERÇEVENİN  
GENETİK ALGORİTMAYLA OPTİMİZASYONU , KESİTLER : HE

|    |      |       |          |      |     |            |
|----|------|-------|----------|------|-----|------------|
| 10 | 7    | 5     | 6        | 30   | 64  | 250        |
| 40 | 32   | 6     | 2 20000. | 23.5 | 36. | .000076982 |
| 1  | 0.   | 0.    |          |      |     |            |
| 2  | 914. | 0.    |          |      |     |            |
| 3  | 0.   | 305.  |          |      |     |            |
| 4  | 457. | 305.  |          |      |     |            |
| 5  | 914. | 305.  |          |      |     |            |
| 6  | 0.   | 610.  |          |      |     |            |
| 7  | 457. | 610.  |          |      |     |            |
| 8  | 914. | 610.  |          |      |     |            |
| 9  | 0.   | 915.  |          |      |     |            |
| 10 | 457. | 915.  |          |      |     |            |
| 11 | 914. | 915.  |          |      |     |            |
| 12 | 0.   | 1220. |          |      |     |            |
| 13 | 457. | 1220. |          |      |     |            |
| 14 | 914. | 1220. |          |      |     |            |
| 15 | 0.   | 1525. |          |      |     |            |
| 16 | 457. | 1525. |          |      |     |            |
| 17 | 914. | 1525. |          |      |     |            |
| 18 | 0.   | 1830. |          |      |     |            |
| 19 | 457. | 1830. |          |      |     |            |
| 20 | 914. | 1830. |          |      |     |            |
| 21 | 0.   | 2135. |          |      |     |            |
| 22 | 457. | 2135. |          |      |     |            |
| 23 | 914. | 2135. |          |      |     |            |
| 24 | 0.   | 2440. |          |      |     |            |
| 25 | 457. | 2440. |          |      |     |            |
| 26 | 914. | 2440. |          |      |     |            |
| 27 | 0.   | 2745. |          |      |     |            |
| 28 | 457. | 2745. |          |      |     |            |

Şekil 5.16 On katlı tek açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (Birinci Kısım)

|    |      |       |
|----|------|-------|
| 29 | 914. | 2745. |
| 30 | 0.   | 3050. |
| 31 | 457. | 3050. |
| 32 | 914. | 3050. |

|   |    |    |    |    |
|---|----|----|----|----|
| 4 | 1  | 2  | 3  | 4  |
| 4 | 5  | 6  | 7  | 8  |
| 4 | 9  | 10 | 11 | 12 |
| 4 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 4 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 2 | 21 | 22 |    |    |

|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 18 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 |
|    |    | 1  |    |    |    | 3  |    |    | 1  |    |    | 1  |    |    |    | 1  |    |    |
|    |    | 2  |    |    |    | 5  |    |    | 2  |    |    | 1  |    |    |    | 1  |    |    |
|    |    | 3  |    |    |    | 3  |    |    | 6  |    |    | 1  |    |    |    | 2  |    |    |
|    |    | 4  |    |    |    | 5  |    |    | 8  |    |    | 1  |    |    |    | 2  |    |    |
|    |    | 5  |    |    |    | 6  |    |    | 9  |    |    | 1  |    |    |    | 3  |    |    |
|    |    | 6  |    |    |    | 8  |    |    | 11 |    |    | 1  |    |    |    | 3  |    |    |
|    |    | 7  |    |    |    | 9  |    |    | 12 |    |    | 1  |    |    |    | 4  |    |    |
|    |    | 8  |    |    |    | 11 |    |    | 14 |    |    | 1  |    |    |    | 4  |    |    |
|    |    | 9  |    |    |    | 12 |    |    | 15 |    |    | 2  |    |    |    | 5  |    |    |
|    |    | 10 |    |    |    | 14 |    |    | 17 |    |    | 2  |    |    |    | 5  |    |    |
|    |    | 11 |    |    |    | 15 |    |    | 18 |    |    | 2  |    |    |    | 6  |    |    |
|    |    | 12 |    |    |    | 17 |    |    | 20 |    |    | 2  |    |    |    | 6  |    |    |
|    |    | 13 |    |    |    | 18 |    |    | 21 |    |    | 2  |    |    |    | 7  |    |    |
|    |    | 14 |    |    |    | 20 |    |    | 23 |    |    | 2  |    |    |    | 7  |    |    |
|    |    | 15 |    |    |    | 21 |    |    | 24 |    |    | 2  |    |    |    | 8  |    |    |
|    |    | 16 |    |    |    | 23 |    |    | 26 |    |    | 2  |    |    |    | 8  |    |    |
|    |    | 17 |    |    |    | 24 |    |    | 27 |    |    | 3  |    |    |    | 9  |    |    |
|    |    | 18 |    |    |    | 26 |    |    | 29 |    |    | 3  |    |    |    | 9  |    |    |
|    |    | 19 |    |    |    | 27 |    |    | 30 |    |    | 3  |    |    |    | 10 |    |    |
|    |    | 20 |    |    |    | 29 |    |    | 32 |    |    | 3  |    |    |    | 10 |    |    |
|    |    | 21 |    |    |    | 30 |    |    | 31 |    |    | 4  |    |    |    | 0  |    |    |

Şekil 5.17 On katlı tek açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (İkinci Kısım)

|    |    |    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 22 | 31 | 32 | 4  | 0  |    |    |    |
| 23 | 27 | 28 | 4  | 0  |    |    |    |
| 24 | 28 | 29 | 4  | 0  |    |    |    |
| 25 | 24 | 25 | 4  | 0  |    |    |    |
| 26 | 25 | 26 | 4  | 0  |    |    |    |
| 27 | 21 | 22 | 4  | 0  |    |    |    |
| 28 | 22 | 23 | 4  | 0  |    |    |    |
| 29 | 18 | 19 | 4  | 0  |    |    |    |
| 30 | 19 | 20 | 4  | 0  |    |    |    |
| 31 | 15 | 16 | 4  | 0  |    |    |    |
| 32 | 16 | 17 | 4  | 0  |    |    |    |
| 33 | 12 | 13 | 4  | 0  |    |    |    |
| 34 | 13 | 14 | 4  | 0  |    |    |    |
| 35 | 9  | 10 | 4  | 0  |    |    |    |
| 36 | 10 | 11 | 4  | 0  |    |    |    |
| 37 | 6  | 7  | 4  | 0  |    |    |    |
| 38 | 7  | 8  | 4  | 0  |    |    |    |
| 39 | 3  | 4  | 4  | 0  |    |    |    |
| 40 | 4  | 5  | 4  | 0  |    |    |    |
| 3  | 1  | 1  | 0  | 0  | 39 | 0  | 0  |
| 4  | 2  | 2  | 0  | 40 | 0  | 0  | 0  |
| 3  | 1  | 5  | 3  | 0  | 39 | 0  | 37 |
| 4  | 2  | 6  | 4  | 40 | 0  | 38 | 0  |
| 5  | 3  | 7  | 5  | 0  | 37 | 0  | 35 |
| 6  | 4  | 8  | 6  | 38 | 0  | 36 | 0  |
| 7  | 5  | 9  | 7  | 0  | 35 | 0  | 33 |
| 8  | 6  | 10 | 8  | 36 | 0  | 34 | 0  |
| 9  | 7  | 11 | 9  | 0  | 33 | 0  | 31 |
| 10 | 8  | 12 | 10 | 34 | 0  | 32 | 0  |
| 11 | 9  | 13 | 11 | 0  | 31 | 0  | 29 |
| 12 | 10 | 14 | 12 | 32 | 0  | 30 | 0  |
| 13 | 11 | 15 | 13 | 0  | 29 | 0  | 27 |

Şekil 5.18 On katlı tek açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (Üçüncü Kısım)

|    |       |         |    |    |    |    |    |
|----|-------|---------|----|----|----|----|----|
| 14 | 12    | 16      | 14 | 30 | 0  | 28 | 0  |
| 15 | 13    | 17      | 15 | 0  | 27 | 0  | 25 |
| 16 | 14    | 18      | 16 | 28 | 0  | 26 | 0  |
| 17 | 15    | 19      | 17 | 0  | 25 | 0  | 23 |
| 18 | 16    | 20      | 18 | 26 | 0  | 24 | 0  |
| 19 | 17    | 0       | 19 | 0  | 23 | 0  | 21 |
| 20 | 18    | 0       | 20 | 24 | 0  | 22 | 0  |
| 1  | 1     | 1       | 1  |    |    |    |    |
| 2  | 1     | 1       | 1  |    |    |    |    |
| 1  | 1     |         |    |    |    |    |    |
| 30 |       |         |    |    |    |    |    |
| 3  | 21.47 | -105.11 | 0. |    |    |    |    |
| 4  | 0.    | -210.22 | 0. |    |    |    |    |
| 5  | 10.73 | -105.11 | 0. |    |    |    |    |
| 6  | 21.47 | -105.11 | 0. |    |    |    |    |
| 7  | 0.    | -210.22 | 0. |    |    |    |    |
| 8  | 10.73 | -105.11 | 0. |    |    |    |    |
| 9  | 21.47 | -105.11 | 0. |    |    |    |    |
| 10 | 0.    | -210.22 | 0. |    |    |    |    |
| 11 | 10.73 | -105.11 | 0. |    |    |    |    |
| 12 | 21.47 | -105.11 | 0. |    |    |    |    |
| 13 | 0.    | -210.22 | 0. |    |    |    |    |
| 14 | 10.73 | -105.11 | 0. |    |    |    |    |
| 15 | 21.47 | -105.11 | 0. |    |    |    |    |
| 16 | 0.    | -210.22 | 0. |    |    |    |    |
| 17 | 10.73 | -105.11 | 0. |    |    |    |    |
| 18 | 21.47 | -105.11 | 0. |    |    |    |    |
| 19 | 0.    | -210.22 | 0. |    |    |    |    |
| 20 | 10.73 | -105.11 | 0. |    |    |    |    |
| 21 | 21.47 | -105.11 | 0. |    |    |    |    |
| 22 | 0.    | -210.22 | 0. |    |    |    |    |
| 23 | 10.73 | -105.11 | 0. |    |    |    |    |

Şekil 5.19 On katlı tek açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (Dördüncü Kısım)

|    |       |         |    |
|----|-------|---------|----|
| 24 | 21.47 | -105.11 | 0. |
| 25 | 0.    | -210.22 | 0. |
| 26 | 10.73 | -105.11 | 0. |
| 27 | 21.47 | -105.11 | 0. |
| 28 | 0.    | -210.22 | 0. |
| 29 | 10.73 | -105.11 | 0. |
| 30 | 10.73 | -110.25 | 0. |
| 31 | 0.    | -220.50 | 0. |
| 32 | 5.36  | -110.25 | 0. |
| 3  | 0.    | -105.11 | 0. |
| 4  | 0.    | -210.22 | 0. |
| 5  | 0.    | -105.11 | 0. |
| 6  | 0.    | -105.11 | 0. |
| 7  | 0.    | -210.22 | 0. |
| 8  | 0.    | -105.11 | 0. |
| 9  | 0.    | -105.11 | 0. |
| 10 | 0.    | -210.22 | 0. |
| 11 | 0.    | -105.11 | 0. |
| 12 | 0.    | -105.11 | 0. |
| 13 | 0.    | -210.22 | 0. |
| 14 | 0.    | -105.11 | 0. |
| 15 | 0.    | -105.11 | 0. |
| 16 | 0.    | -210.22 | 0. |
| 17 | 0.    | -105.11 | 0. |
| 18 | 0.    | -105.11 | 0. |
| 19 | 0.    | -210.22 | 0. |
| 20 | 0.    | -105.11 | 0. |
| 21 | 0.    | -105.11 | 0. |
| 22 | 0.    | -210.22 | 0. |
| 23 | 0.    | -105.11 | 0. |
| 24 | 0.    | -105.11 | 0. |
| 25 | 0.    | -210.22 | 0. |

Şekil 5.20 On katlı tek açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (Beşinci Kısım)

|    |       |         |    |
|----|-------|---------|----|
| 26 | 0.    | -105.11 | 0. |
| 27 | 0.    | -105.11 | 0. |
| 28 | 0.    | -210.22 | 0. |
| 29 | 0.    | -105.11 | 0. |
| 30 | 0.    | -110.25 | 0. |
| 31 | 0.    | -220.50 | 0. |
| 32 | 0.    | -110.25 | 0. |
| 3  | 21.47 | 0.      | 0. |
| 4  | 0.    | 0.      | 0. |
| 5  | 10.73 | 0.      | 0. |
| 6  | 21.47 | 0.      | 0. |
| 7  | 0.    | 0.      | 0. |
| 8  | 10.73 | 0.      | 0. |
| 9  | 21.47 | 0.      | 0. |
| 10 | 0.    | 0.      | 0. |
| 11 | 10.73 | 0.      | 0. |
| 12 | 21.47 | 0.      | 0. |
| 13 | 0.    | 0.      | 0. |
| 14 | 10.73 | 0.      | 0. |
| 15 | 21.47 | 0.      | 0. |
| 16 | 0.    | 0.      | 0. |
| 17 | 10.73 | 0.      | 0. |
| 18 | 21.47 | 0.      | 0. |
| 19 | 0.    | 0.      | 0. |
| 20 | 10.73 | 0.      | 0. |
| 21 | 21.47 | 0.      | 0. |
| 22 | 0.    | 0.      | 0. |
| 23 | 10.73 | 0.      | 0. |
| 24 | 21.47 | 0.      | 0. |
| 25 | 0.    | 0.      | 0. |
| 26 | 10.73 | 0.      | 0. |
| 27 | 21.47 | 0.      | 0. |

Şekil 5.21 On katlı tek açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (Altıncı Kısım)

|       |        |       |       |       |       |      |     |      |      |      |
|-------|--------|-------|-------|-------|-------|------|-----|------|------|------|
| 28    | 0.     | 0.    | 0.    |       |       |      |     |      |      |      |
| 29    | 10.73  | 0.    | 0.    |       |       |      |     |      |      |      |
| 30    | 10.73  | 0.    | 0.    |       |       |      |     |      |      |      |
| 31    | 0.     | 0.    | 0.    |       |       |      |     |      |      |      |
| 32    | 5.36   | 0.    | 0.    |       |       |      |     |      |      |      |
| 21    |        | 1     | 1     | 10.17 |       |      |     |      |      |      |
| 21    |        | 2     | 1     | 10.17 |       |      |     |      |      |      |
| 22    |        | 2     | 1     | 10.17 |       |      |     |      |      |      |
| 21    |        | 2     | 2     | 3.047 |       |      |     |      |      |      |
| 23    |        | 2     | 2     | 3.047 |       |      |     |      |      |      |
| 21.24 | 349.2  | 72.76 | 83.01 | 2.51  | 5.24  | 100. | 8.  | 96.  | 56.  | 5.   |
| 26.04 | 449.5  | 89.91 | 104.2 | 2.53  | 9.25  | 100. | 10. | 100. | 56.  | 6.   |
| 53.24 | 1143.  | 190.4 | 235.8 | 2.74  | 68.21 | 106. | 20. | 120. | 56.  | 12.  |
| 25.34 | 606.2  | 106.3 | 119.5 | 3.02  | 5.99  | 120. | 8.  | 114. | 74.  | 5.   |
| 34.01 | 864.4  | 144.1 | 165.2 | 3.06  | 13.84 | 120. | 11. | 120. | 74.  | 6.5  |
| 66.41 | 2018.  | 288.2 | 350.6 | 3.25  | 91.66 | 126. | 21. | 140. | 74.  | 12.5 |
| 31.42 | 1033.  | 155.4 | 173.5 | 3.52  | 8.13  | 140. | 8.5 | 133. | 92.  | 5.5  |
| 42.96 | 1509.  | 215.6 | 245.4 | 3.58  | 20.06 | 140. | 12. | 140. | 92.  | 7.   |
| 80.56 | 3291.  | 411.4 | 493.8 | 3.77  | 120.  | 146. | 22. | 160. | 92.  | 13.  |
| 38.77 | 1673.  | 220.1 | 245.1 | 3.98  | 12.19 | 160. | 9.  | 152. | 104. | 6.   |
| 54.25 | 2492.  | 311.5 | 354.  | 4.05  | 31.24 | 160. | 13. | 160. | 104. | 8.   |
| 97.05 | 5098.  | 566.5 | 674.6 | 4.26  | 162.4 | 166. | 23. | 180. | 104. | 14.  |
| 45.25 | 2510.  | 293.6 | 324.9 | 4.52  | 14.8  | 180. | 9.5 | 171. | 122. | 6.   |
| 65.25 | 3831.  | 425.7 | 481.4 | 4.57  | 42.16 | 180. | 14. | 180. | 122. | 8.5  |
| 113.3 | 7483.  | 748.3 | 883.4 | 4.77  | 203.3 | 186. | 24. | 200. | 122. | 14.5 |
| 53.83 | 3692.  | 388.6 | 429.5 | 4.98  | 20.98 | 200. | 10. | 190. | 134. | 6.5  |
| 78.08 | 5696.  | 569.6 | 642.5 | 5.07  | 59.28 | 200. | 15. | 200. | 134. | 9.   |
| 131.3 | 10640. | 967.4 | 1135. | 5.27  | 259.4 | 206. | 25. | 220. | 134. | 15.  |
| 64.34 | 5410.  | 515.2 | 568.5 | 5.51  | 28.46 | 220. | 11. | 210. | 152. | 7.   |
| 91.04 | 8091.  | 735.5 | 827.  | 5.59  | 76.57 | 220. | 16. | 220. | 152. | 9.5  |
| 149.4 | 14600. | 1217. | 1419. | 5.79  | 315.3 | 226. | 26. | 240. | 152. | 15.5 |
| 76.84 | 7763.  | 675.1 | 744.6 | 6.    | 41.55 | 240. | 12. | 230. | 164. | 7.5  |

Şekil 5.22 On katlı tek açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (Yedinci Kısım)

|       |         |       |       |      |       |      |      |      |      |      |
|-------|---------|-------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|
| 76.84 | 7763.   | 675.1 | 744.6 | 6.   | 41.55 | 240. | 12.  | 230. | 164. | 7.5  |
| 106.  | 11260.  | 938.3 | 1053. | 6.08 | 102.7 | 240. | 17.  | 240. | 164. | 10.  |
| 199.6 | 24290.  | 1799. | 2117. | 6.39 | 627.9 | 248. | 32.  | 270. | 164. | 18.  |
| 86.82 | 10450.  | 836.4 | 919.8 | 6.5  | 52.37 | 260. | 12.5 | 250. | 177. | 7.5  |
| 118.4 | 14920.  | 1148. | 1283. | 6.58 | 123.8 | 260. | 17.5 | 260. | 177. | 10.0 |
| 219.6 | 31310.  | 2159. | 2524. | 6.9  | 719.  | 268. | 32.5 | 290. | 177. | 18.0 |
| 97.26 | 13670.  | 1013. | 1112. | 7.0  | 62.1  | 280. | 13.  | 270. | 196. | 8.0  |
| 131.4 | 19270.  | 1376. | 1534. | 7.09 | 143.7 | 280. | 18.  | 280. | 196. | 10.5 |
| 240.2 | 39550.  | 2551. | 2966. | 7.4  | 807.3 | 288. | 33.  | 310. | 196. | 18.5 |
| 112.5 | 18260.  | 1260. | 1383. | 7.49 | 85.17 | 300. | 14.  | 290. | 208. | 8.5  |
| 149.1 | 25170.  | 1678. | 1869. | 7.58 | 185.  | 300. | 19.  | 300. | 208. | 11.0 |
| 225.1 | 40950.  | 2559. | 2927. | 7.81 | 598.3 | 305. | 29.  | 320. | 208. | 16.0 |
| 303.1 | 59200.  | 3482. | 4078. | 8.0  | 1408. | 310. | 39.  | 340. | 208. | 21.0 |
| 124.4 | 22930.  | 1479. | 1628. | 7.49 | 108.  | 300. | 15.5 | 310. | 225. | 9.0  |
| 161.3 | 30820.  | 1926. | 2149. | 7.57 | 225.1 | 300. | 20.5 | 320. | 225. | 11.5 |
| 312.  | 68130.  | 3796. | 4435. | 7.95 | 1501. | 309. | 40.  | 359. | 225. | 21.0 |
| 133.5 | 27690.  | 1678. | 1850. | 7.46 | 127.2 | 300. | 16.5 | 330. | 243. | 9.5  |
| 170.9 | 36660.  | 2156. | 2408. | 7.53 | 257.2 | 300. | 21.5 | 340. | 243. | 12.0 |
| 315.8 | 76370.  | 4052. | 4718. | 7.9  | 1506. | 309. | 40.  | 377. | 243. | 21.0 |
| 142.8 | 33090.  | 1891. | 2088. | 7.43 | 148.8 | 300. | 17.5 | 350. | 261. | 10.0 |
| 180.6 | 43190.  | 2400. | 2683. | 7.49 | 292.5 | 300. | 22.5 | 360. | 261. | 12.5 |
| 318.8 | 84870.  | 4297. | 4989. | 7.83 | 1507. | 308. | 40.  | 395. | 261. | 21.0 |
| 159.  | 45070.  | 2311. | 2562. | 7.34 | 189.  | 300. | 19.  | 390. | 298. | 11.0 |
| 197.8 | 57680.  | 2884. | 3232. | 7.4  | 355.7 | 300. | 24.  | 400. | 298. | 13.5 |
| 325.8 | 104100. | 4820. | 5571. | 7.7  | 1515. | 307. | 40.  | 432. | 298. | 21.0 |
| 178.0 | 63720.  | 2896. | 3216. | 7.29 | 243.8 | 300. | 21.  | 440. | 344. | 11.5 |
| 218.0 | 79890.  | 3551. | 3982. | 7.33 | 440.5 | 300. | 26.  | 450. | 344. | 14.0 |
| 335.4 | 131500. | 5501. | 6331. | 7.59 | 1529. | 307. | 40.  | 478. | 344. | 21.0 |
| 197.5 | 86970.  | 3550. | 3949. | 7.24 | 309.3 | 300. | 23.  | 490. | 390. | 12.0 |
| 238.6 | 107200. | 4287. | 4815. | 7.27 | 538.4 | 300. | 28.  | 500. | 390. | 14.5 |
| 344.3 | 161900. | 6180. | 7094. | 7.46 | 1539. | 306. | 40.  | 524. | 390. | 21.0 |
| 211.8 | 111900. | 4146. | 4622. | 7.15 | 351.5 | 300. | 24.  | 540. | 438. | 12.5 |

Şekil 5.23 On katlı tek açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (Sekizinci Kısım)

|         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 254.1   | 136700. | 4971.   | 5591.   | 7.17    | 600.3   | 300.    | 29.     | 550.    | 438.    | 15.0    |
| 354.4   | 198000. | 6923.   | 7933.   | 7.35    | 1554.   | 306.    | 40.     | 572.    | 438.    | 21.0    |
| 226.5   | 141200. | 4787.   | 5350.   | 7.05    | 397.8   | 300.    | 25.     | 590.    | 486.    | 13.0    |
| 270.    | 171000. | 5701.   | 6425.   | 7.08    | 667.2   | 300.    | 30.     | 600.    | 486.    | 15.5    |
| 363.7   | 237400. | 7660.   | 8772.   | 7.22    | 1564.   | 305.    | 40.     | 620.    | 486.    | 21.0    |
| 241.6   | 175200. | 5474.   | 6136.   | 6.97    | 448.3   | 300.    | 26.     | 640.    | 534.    | 13.5    |
| 286.3   | 210600. | 6480.   | 7320.   | 6.99    | 739.2   | 300.    | 31.     | 650.    | 534.    | 16.0    |
| 373.7   | 281700. | 8433.   | 9657.   | 7.13    | 1579.   | 305.    | 40.     | 668.    | 534.    | 21.0    |
| 260.5   | 215300. | 6241.   | 7032.   | 6.84    | 513.9   | 300.    | 27.     | 690.    | 582.    | 14.5    |
| 306.4   | 256900. | 7340.   | 8327.   | 6.87    | 830.9   | 300.    | 32.     | 700.    | 582.    | 17.0    |
| 383.    | 329300. | 9198.   | 10540.  | 7.01    | 1589.   | 304.    | 40.     | 716.    | 582.    | 21.0    |
| HE 100A | HE 100B | HE 100M | HE 120A | HE 120B | HE 120M | HE 140A | HE 140B | HE 140M | HE 160A | HE 160B |
| HE 160M | HE 180A | HE 180B | HE 180M | HE 200A | HE 200B | HE 200M | HE 220A | HE 220B | HE 220M | HE 240A |
| HE 240B | HE 240M | HE 260A | HE 260B | HE 260M | HE 280A | HE 280B | HE 280M | HE 300A | HE 300B | HE 300C |
| HE 300M | HE 320A | HE 320B | HE 320M | HE 340A | HE 340B | HE 340M | HE 360A | HE 360B | HE 360M | HE 400A |
| HE 400B | HE 400M | HE 450A | HE 450B | HE 450M | HE 500A | HE 500B | HE 500M | HE 550A | HE 550B | HE 550M |
| HE 600A | HE 600B | HE 600M | HE 650A | HE 650B | HE 650M | HE 700A | HE 700B | HE 700M |         |         |

Şekil 5.24 On katlı tek açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (Dokuzuncu Kısım)

Şekil 5.25’de gösterildiği gibi en son adımda optimum ağırlık ve kesitler, kısıtlanmış deplasman değerleri gibi sonuç değerleri verilmiştir.

```

30 NOLU BİREYİN AĞIRLIĞI= .20917D+03
.20917E+03 .21942E+03 .20982E+03

MUTASYONLARIN SAYISI = 1
RT= .86667D+00
IPM= 30
SINIRLANMIŞ DEPLASMANLAR :
.968202128D+01 .966686796D+01 .965171464D+01 -.282758345D+01 -.174482136D+01
ÇUBUKLARIN MUKAVEMET KISIT FONKSİYON DEĞERLERİ :
-.15544D-01 -.16738D-01 -.20504D+00 -.20440D+00 -.19844D-01 -.19932D-01 -.85253D-01 -.85253D-01 -.11510D+00 -.11510D+00
-.22631D+00 -.22631D+00 -.23370D+00 -.23371D+00 -.35982D+00 -.35980D+00 -.51404D+00 -.51418D+00 -.31648D+00 -.31638D+00
-.39024D+00 -.39024D+00 -.60639D+00 -.60009D+00 -.60133D+00 -.60133D+00 -.61469D+00 -.61469D+00 -.60746D+00 -.60746D+00
-.59616D+00 -.59616D+00 -.61583D+00 -.61583D+00 -.62572D+00 -.62572D+00 -.63062D+00 -.63062D+00 -.63129D+00 -.63129D+00
118 NESİL SONRA OPTİMUM AĞIRLIK .20917D+03
54 47 24 41 35 39 47
HE 550B HE 450A HE 240M HE 360A HE 320A HE 340B HE 450A
20:49:06:43

```

Şekil 5.25 On katlı tek açıklıklı düzlem çerçevenin çıkış dosyası sonuç gösterimi

Çizelge 5.9 İkinci çerçeve örneği genetik algoritma tasarımında kısıtlanmış deplasman değerleri (6. yük birleşimine göre)

| Düğüm noktası        | Kısıtlanmış Deplasman Değeri (cm) |
|----------------------|-----------------------------------|
| 30 (yatay deplasman) | 9,682                             |
| 31 (yatay deplasman) | 9,666                             |
| 32 (yatay deplasman) | 9,651                             |
| 28 (düşey deplasman) | 2,827                             |
| 31 (düşey deplasman) | 1,744                             |

Çizelge 5.10 İkinci çerçeve örneği SAP 2000 tasarımında kısıtlanmış deplasman değerleri

| Düğüm Noktası        | Kısıtlanmış Deplasman Değeri (cm) |
|----------------------|-----------------------------------|
| 31 (yatay deplasman) | 1,324                             |
| 31 (düşey deplasman) | 1,999                             |
| 28 (düşey deplasman) | 1,853                             |
| 30 (yatay deplasman) | 3,720                             |
| 32 (yatay deplasman) | 0,667                             |

GA’ da en ağır yük çerçeve ağırlığını veren 6 no.lu yük birleşimine göre SAP 2000’de kısıtlanmış deplasman değerleri 6 no’lu yük birleşimine ait değerler Çizelge 5.10’da verilmiştir. Programın çalıştırılması ile sistemin Genetik Algoritma ile optimum tasarım sonuçları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Çizelge 5.11’de çerçevenin 6. yük birleşimine göre GA optimum tasarım sonuçları verilmiştir.

Çizelge 5.11 İkinci örnekte genetik algoritma ile tek açıklıklı-on katlı çerçeve sistemin 6. yük birleşimine göre tasarım sonuçları

| Kesitler                         |         |         |         |         |         |         |         | İterasyon Sayısı |
|----------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------------------|
| Grup Numarası                    | 1.Grup  | 2.Grup  | 3.Grup  | 4.Grup  | 5.Grup  | 6.Grup  | 7.Grup  |                  |
| Kesit Listesindeki Sıra Numarası | 54      | 47      | 24      | 41      | 35      | 39      | 47      |                  |
| Optimum Ağırlık 209,17 kN        | HE 550B | HE 450A | HE 240M | HE 360A | HE 320A | HE 340B | HE 450A | 118              |

Aynı çerçevenin GA’da kullanılan kesit listesiyle SAP 2000’e göre tasarım sonuçları Şekil 5.26’ da ve Çizelge 5.12’de verilmiştir. Burada tasarım, 2018 Türk Çelik Yönetmeliği YDKT yöntemiyle aynı olan AISC 360-10 LFRD yöntemiyle yapılmıştır. Buna göre SAP 2000 tasarımında Çizelge 5.8’teki yük birleşimlerine göre çerçevenin ağırlığı 223,91 kN olarak hesaplanmıştır. Sonuçlar karşılaştırıldığında çeşitli yük birleşimleri için GA ile tasarlanan optimum çerçevelerden en ağır olanı bile, SAP 2000 ile elde edilen tasarıma oranla %6,6 daha hafif olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, GA tasarımında Çizelge 5.7’den görüldüğü gibi 4. veya 5. yük birleşimine göre hesaplanan en hafif çerçevenin ağırlığı 159,03 kN ‘dur. Buna göre GA tasarımı SAP 2000 tasarımına göre %29 daha hafiftir.



Şekil 5.26 İkinci örnek SAP 2000 tasarım sonucu

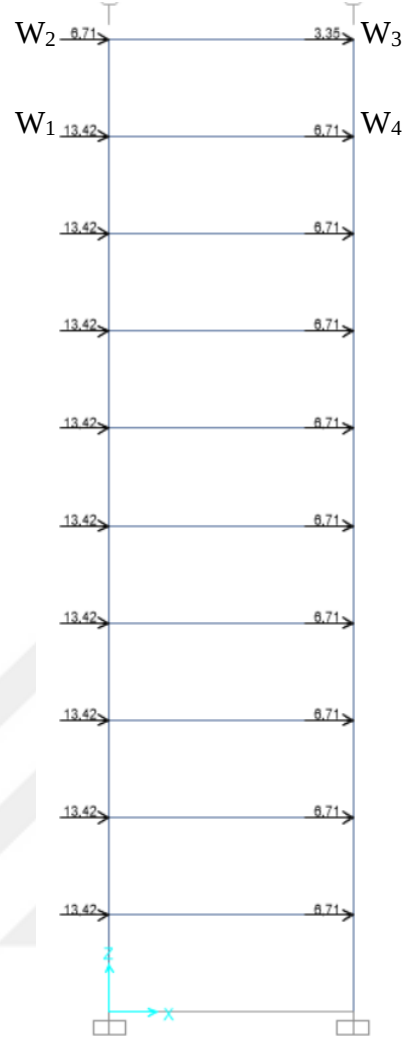
Çizelge 5.12 İkinci örnek çerçevenin SAP 2000 ile tasarım sonuçları

| Optimum<br>Ağırlık(kN) | Kesitler |         |         |         |         |         |        |
|------------------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
|                        | 1.Grup   | 2.Grup  | 3.Grup  | 4.Grup  | 5.Grup  | 6.Grup  | 7.Grup |
| 223,910                | HE 700A  | HE 600A | HE 550A | HE 600A | HE 450A | HE 360A | HE450A |

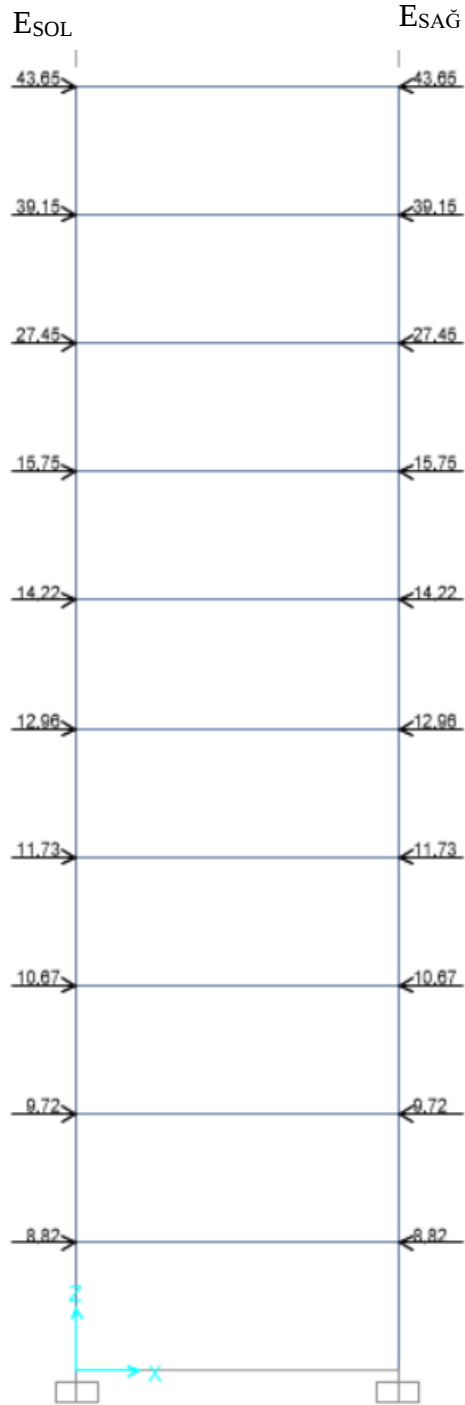
### 5.3 Üç Açıklıklı On Katlı Çerçeve

Üçüncü tasarım örneği olan üç açıklıklı, on katlı çelik çerçeveye ait eleman grupları, yükleme durumu ve sistem geometrisi Şekil 5.29’ da verilmiştir. Sistemin elemanları tüm kat kirişleri, ilk dört kat kolonları, sonraki üçer kat kolonları olacak şekilde 4 farklı eleman grubuna ayrılmıştır. Çerçevenin maruz kaldığı yükler, düşey doğrultuda her katta etki eden sabit yük (G)=30 kN/m ve hareketli yük(Q)=10 kN/m ve sadece çatı katına etki eden kar yükü (S)=4,5 kN/m etki etmektedir. Yatay doğrultuda etki eden rüzgâr yükleri Şekil 5.27’de gösterildiği gibi ilk katta ( $W_1$ ) =6 kN,  $W_2$ =3 kN, ikinci kata etki eden  $W_3$ =12 kN,  $W_4$ =6 kN ve diğer katlarda da  $W_3$ =12 kN,  $W_4$ =6 kN etki etmektedir. Bu yükler TS 498-2021 Yönetmeliği ve 2018 TBDY Deprem Yönetmeliğine göre hesaplanmıştır ve Şekil 5.28’de yatay doğrultuda etkiyen deprem yükleri verilmiştir. Çelik sınıfı S355 seçilmiştir. Kiriş yayılı yükleri düğüm noktalarına etkiyen tekil yüklere çevrilmiştir. Yükleme YDKT’nın yük birleşimlerine göre alınmıştır. Çeliğin karakteristik akma gerilmesi  $F_y$ =35,5 kN/cm<sup>2</sup>, çekme dayanımı  $F_u$ =51 kN/cm<sup>2</sup> olarak alınmıştır.

68-74 düğüm noktalarının yatay deplasmanların sınır değerleri düşey yük birleşimlerinde 2,0 cm, alınmıştır. 69,71,73 numaralı düğüm noktalarının düşey deplasman sınır değerleri ilk açıklık için 1,4 cm, ikinci açıklık için 0,90 cm ve üçüncü açıklık için 0,60 cm alınmıştır. Kesit profil özellikleri HE 100A’ dan başlayarak A, B, M tipi HE 700M’e kadar olan 64 kesitten oluşmaktadır.



Şekil 5.27 Üç açıklıklı-on katlı çerçevenin yatay doğrultuda kat hizalarına etkiyen rüzgâr yükleri



Şekil 5.28 Üç açıklıklı-on katlı çerçevenin yatay doğrultuda kat hizalarına etkiyen deprem yükleri

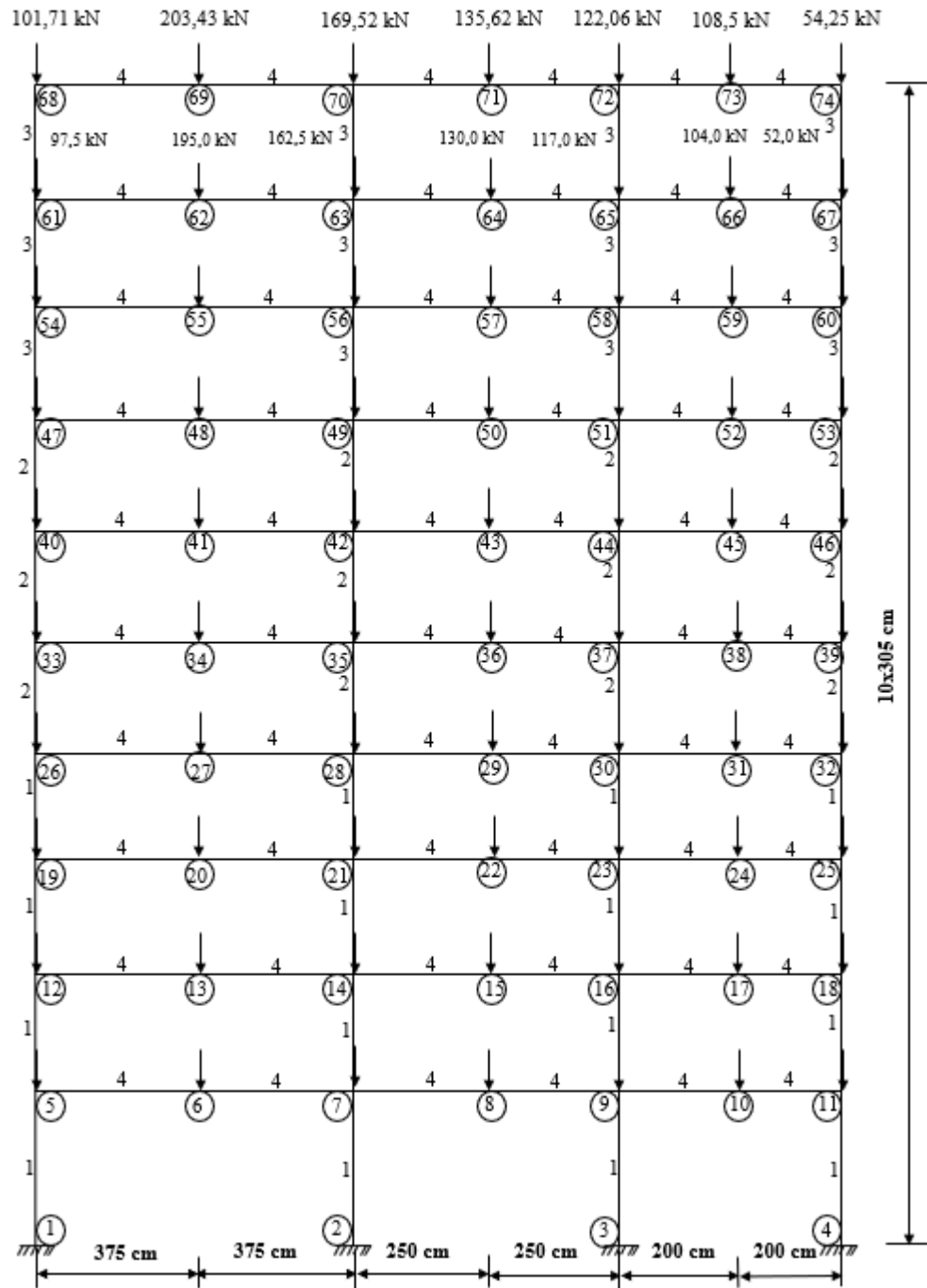
YDKT yönetmeliğine göre oluşturulmuş 13 yük kombinasyonu çelik çerçeve sistemine etki ettirilerek GA’da optimum tasarım sonuçları elde edilmiştir. 13 yük kombinasyonu altında GA’ nın optimum tasarım sonuçları Çizelge 5.12’de verilmiştir.

Çizelge 5.13 Üçüncü örnek çelik çerçeve sistemin yük birleşimleri altında GA tasarım sonuçları

| Yük Birleşimleri     | Grup Kesitleri |        |        |        | Sistemin Ağırlığı (kN) |
|----------------------|----------------|--------|--------|--------|------------------------|
|                      | 1.Grup         | 2.Grup | 3.Grup | 4.Grup |                        |
| 1,4G                 | HE320M         | HE300C | HE300A | HE400A | 414,29                 |
| 1,2G+1,6Q+0,5S       | HE320M         | HE450B | HE550A | HE500A | 489,17                 |
| 1,2G+1,6S+Q          | HE650B         | HE320B | HE240M | HE500A | 460,11                 |
| 1,2G+1,6S+0,8WSOL    | HE260M         | HE340B | HE340A | HE500A | 419,13                 |
| 1,2G+1,6S+0,8WSAĞ    | HE260M         | HE340B | HE340A | HE500A | 419,13                 |
| 1,2G+1Q+0,5S+1,6WSOL | HE650B         | HE400B | HE300A | HE450A | 421,08                 |
| 1,2G+1Q+0,5S+1,6WSAĞ | HE650B         | HE400B | HE300A | HE450A | 421,08                 |
| 1,2G+1Q+0,2S+1ESOL   | HE700B         | HE550B | HE450B | HE360A | 429,51                 |
| 1,2G+1Q+0,2S+1ESAĞ   | HE700B         | HE550B | HE450B | HE360A | 429,51                 |
| 0,9G+1,6WSOL         | HE450A         | HE400A | HE360A | HE500A | 402,77                 |
| 0,9G+1,6WSAĞ         | HE450A         | HE400A | HE360A | HE500A | 402,77                 |
| 0,9G+1ESOL           | HE600A         | HE340A | HE400A | HE300B | 356,89                 |
| 0,9G+1ESAĞ           | HE600A         | HE340A | HE400A | HE300B | 356,89                 |

Çizelge 5.13'den çerçevenin GA ile 1.2G+1.6Q+0.5S yük birleşimine göre tasarımında sistemin ağırlığı en fazla olmaktadır.

Bir önceki örneğe benzer olarak bu çerçevenin veri dosyası hazırlanarak Şekil 5.30-5.48'de verilmiştir.



Şekil 5.29 Üç açıklıklı-on katlı çelik çerçeve (1.2G+1.6Q+0.5S)

| ON KATLI ÜÇ AÇIKLIKLI 100 ELEMANLI LINEER-ELASTİK DÜZLEM ÇERÇEVENİN<br>GENETİK ALGORİTMAYLA OPTİMİZASYONU , KESİTLER : HE |       |       |   |        |      |     |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|---|--------|------|-----|------------|
| 10                                                                                                                        | 4     | 10    | 6 | 30     | 64   | 250 |            |
| 100                                                                                                                       | 74    | 12    | 4 | 20000. | 35.5 | 51. | .000076982 |
| 1                                                                                                                         | 0.    | 0.    |   |        |      |     |            |
| 2                                                                                                                         | 750.  | 0.    |   |        |      |     |            |
| 3                                                                                                                         | 1250. | 0.    |   |        |      |     |            |
| 4                                                                                                                         | 1650. | 0.    |   |        |      |     |            |
| 5                                                                                                                         | 0.    | 305.  |   |        |      |     |            |
| 6                                                                                                                         | 375.  | 305.  |   |        |      |     |            |
| 7                                                                                                                         | 750.  | 305.  |   |        |      |     |            |
| 8                                                                                                                         | 1000. | 305.  |   |        |      |     |            |
| 9                                                                                                                         | 1250. | 305.  |   |        |      |     |            |
| 10                                                                                                                        | 1450. | 305.  |   |        |      |     |            |
| 11                                                                                                                        | 1650. | 305.  |   |        |      |     |            |
| 12                                                                                                                        | 0.    | 610.  |   |        |      |     |            |
| 13                                                                                                                        | 375.  | 610.  |   |        |      |     |            |
| 14                                                                                                                        | 750.  | 610.  |   |        |      |     |            |
| 15                                                                                                                        | 1000. | 610.  |   |        |      |     |            |
| 16                                                                                                                        | 1250. | 610.  |   |        |      |     |            |
| 17                                                                                                                        | 1450. | 610.  |   |        |      |     |            |
| 18                                                                                                                        | 1650. | 610.  |   |        |      |     |            |
| 19                                                                                                                        | 0.    | 915.  |   |        |      |     |            |
| 20                                                                                                                        | 375.  | 915.  |   |        |      |     |            |
| 21                                                                                                                        | 750.  | 915.  |   |        |      |     |            |
| 22                                                                                                                        | 1000. | 915.  |   |        |      |     |            |
| 23                                                                                                                        | 1250. | 915.  |   |        |      |     |            |
| 24                                                                                                                        | 1450. | 915.  |   |        |      |     |            |
| 25                                                                                                                        | 1650. | 915.  |   |        |      |     |            |
| 26                                                                                                                        | 0.    | 1220. |   |        |      |     |            |
| 27                                                                                                                        | 375.  | 1220. |   |        |      |     |            |
| 28                                                                                                                        | 750.  | 1220. |   |        |      |     |            |

Şekil 5.30 On katlı üç açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (Birinci Kısım)

|    |       |       |
|----|-------|-------|
| 29 | 1000. | 1220. |
| 30 | 1250. | 1220. |
| 31 | 1450. | 1220. |
| 32 | 1650. | 1220. |
| 33 | 0.    | 1525. |
| 34 | 375.  | 1525. |
| 35 | 750.  | 1525. |
| 36 | 1000. | 1525. |
| 37 | 1250. | 1525. |
| 38 | 1450. | 1525. |
| 39 | 1650. | 1525. |
| 40 | 0.    | 1830. |
| 41 | 375.  | 1830. |
| 42 | 750.  | 1830. |
| 43 | 1000. | 1830. |
| 44 | 1250. | 1830. |
| 45 | 1450. | 1830. |
| 46 | 1650. | 1830. |
| 47 | 0.    | 2135. |
| 48 | 375.  | 2135. |
| 49 | 750.  | 2135. |
| 50 | 1000. | 2135. |
| 51 | 1250. | 2135. |
| 52 | 1450. | 2135. |
| 53 | 1650. | 2135. |
| 54 | 0.    | 2440. |
| 55 | 375.  | 2440. |
| 56 | 750.  | 2440. |
| 57 | 1000. | 2440. |
| 58 | 1250. | 2440. |
| 59 | 1450. | 2440. |
| 60 | 1650. | 2440. |

Şekil 5.31 On katlı üç açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (İkinci Kısım)

|    |       |       |
|----|-------|-------|
| 61 | 0.    | 2745. |
| 62 | 375.  | 2745. |
| 63 | 750.  | 2745. |
| 64 | 1000. | 2745. |
| 65 | 1250. | 2745. |
| 66 | 1450. | 2745. |
| 67 | 1650. | 2745. |
| 68 | 0.    | 3050. |
| 69 | 375.  | 3050. |
| 70 | 750.  | 3050. |
| 71 | 1000. | 3050. |
| 72 | 1250. | 3050. |
| 73 | 1450. | 3050. |
| 74 | 1650. | 3050. |

16 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16  
12 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28  
12 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40  
60 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63  
64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87  
88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100

Şekil 5.32 On katlı üç açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (Üçüncü Kısım)

|    |    |    |   |   |
|----|----|----|---|---|
| 1  | 5  | 1  | 1 | 1 |
| 2  | 7  | 2  | 1 | 1 |
| 3  | 9  | 3  | 1 | 1 |
| 4  | 11 | 4  | 1 | 1 |
| 5  | 5  | 12 | 1 | 2 |
| 6  | 7  | 14 | 1 | 2 |
| 7  | 9  | 16 | 1 | 2 |
| 8  | 11 | 18 | 1 | 2 |
| 9  | 12 | 19 | 1 | 3 |
| 10 | 14 | 21 | 1 | 3 |
| 11 | 16 | 23 | 1 | 3 |
| 12 | 18 | 25 | 1 | 3 |
| 13 | 19 | 26 | 1 | 4 |
| 14 | 21 | 28 | 1 | 4 |
| 15 | 23 | 30 | 1 | 4 |
| 16 | 25 | 32 | 1 | 4 |
| 17 | 26 | 33 | 2 | 5 |
| 18 | 28 | 35 | 2 | 5 |
| 19 | 30 | 37 | 2 | 5 |
| 20 | 32 | 39 | 2 | 5 |
| 21 | 33 | 40 | 2 | 6 |
| 22 | 35 | 42 | 2 | 6 |
| 23 | 37 | 44 | 2 | 6 |
| 24 | 39 | 46 | 2 | 6 |
| 25 | 40 | 47 | 2 | 7 |
| 26 | 42 | 49 | 2 | 7 |
| 27 | 44 | 51 | 2 | 7 |
| 28 | 46 | 53 | 2 | 7 |
| 29 | 47 | 54 | 3 | 8 |
| 30 | 49 | 56 | 3 | 8 |
| 31 | 51 | 58 | 3 | 8 |
| 32 | 53 | 60 | 3 | 8 |

Şekil 5.33 On katlı üç açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (Dördüncü Kısım)

|    |    |    |   |    |
|----|----|----|---|----|
| 33 | 54 | 61 | 3 | 9  |
| 34 | 56 | 63 | 3 | 9  |
| 35 | 58 | 65 | 3 | 9  |
| 36 | 60 | 67 | 3 | 9  |
| 37 | 61 | 68 | 3 | 10 |
| 38 | 63 | 70 | 3 | 10 |
| 39 | 65 | 72 | 3 | 10 |
| 40 | 67 | 74 | 3 | 10 |
| 41 | 5  | 6  | 4 | 0  |
| 42 | 6  | 7  | 4 | 0  |
| 43 | 7  | 8  | 4 | 0  |
| 44 | 8  | 9  | 4 | 0  |
| 45 | 9  | 10 | 4 | 0  |
| 46 | 10 | 11 | 4 | 0  |
| 47 | 12 | 13 | 4 | 0  |
| 48 | 13 | 14 | 4 | 0  |
| 49 | 14 | 15 | 4 | 0  |
| 50 | 15 | 16 | 4 | 0  |
| 51 | 16 | 17 | 4 | 0  |
| 52 | 17 | 18 | 4 | 0  |
| 53 | 19 | 20 | 4 | 0  |
| 54 | 20 | 21 | 4 | 0  |
| 55 | 21 | 22 | 4 | 0  |
| 56 | 22 | 23 | 4 | 0  |
| 57 | 23 | 24 | 4 | 0  |
| 58 | 24 | 25 | 4 | 0  |
| 59 | 26 | 27 | 4 | 0  |
| 60 | 27 | 28 | 4 | 0  |
| 61 | 28 | 29 | 4 | 0  |
| 62 | 29 | 30 | 4 | 0  |
| 63 | 30 | 31 | 4 | 0  |
| 64 | 31 | 32 | 4 | 0  |

Şekil 5.34 On katlı üç açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (Beşinci Kısım)

|    |    |    |   |   |
|----|----|----|---|---|
| 65 | 33 | 34 | 4 | 0 |
| 66 | 34 | 35 | 4 | 0 |
| 67 | 35 | 36 | 4 | 0 |
| 68 | 36 | 37 | 4 | 0 |
| 69 | 37 | 38 | 4 | 0 |
| 70 | 38 | 39 | 4 | 0 |
| 71 | 40 | 41 | 4 | 0 |
| 72 | 41 | 42 | 4 | 0 |
| 73 | 42 | 43 | 4 | 0 |
| 74 | 43 | 44 | 4 | 0 |
| 75 | 44 | 45 | 4 | 0 |
| 76 | 45 | 46 | 4 | 0 |
| 77 | 47 | 48 | 4 | 0 |
| 78 | 48 | 49 | 4 | 0 |
| 79 | 49 | 50 | 4 | 0 |
| 80 | 50 | 51 | 4 | 0 |
| 81 | 51 | 52 | 4 | 0 |
| 82 | 52 | 53 | 4 | 0 |
| 83 | 54 | 55 | 4 | 0 |
| 84 | 55 | 56 | 4 | 0 |
| 85 | 56 | 57 | 4 | 0 |
| 86 | 57 | 58 | 4 | 0 |
| 87 | 58 | 59 | 4 | 0 |
| 88 | 59 | 60 | 4 | 0 |
| 89 | 61 | 62 | 4 | 0 |
| 90 | 62 | 63 | 4 | 0 |
| 91 | 63 | 64 | 4 | 0 |
| 92 | 64 | 65 | 4 | 0 |
| 93 | 65 | 66 | 4 | 0 |
| 94 | 66 | 67 | 4 | 0 |
| 95 | 68 | 69 | 4 | 0 |
| 96 | 69 | 70 | 4 | 0 |

Şekil 5.35 On katlı üç açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (Altıncı Kısım)

|     |    |    |    |    |    |    |    |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|
| 97  | 70 | 71 | 4  | 0  |    |    |    |
| 98  | 71 | 72 | 4  | 0  |    |    |    |
| 99  | 72 | 73 | 4  | 0  |    |    |    |
| 100 | 73 | 74 | 4  | 0  |    |    |    |
| 5   | 1  | 1  | 0  | 0  | 41 | 0  | 0  |
| 6   | 2  | 2  | 0  | 42 | 43 | 0  | 0  |
| 7   | 3  | 3  | 0  | 44 | 45 | 0  | 0  |
| 8   | 4  | 4  | 0  | 46 | 0  | 0  | 0  |
| 5   | 1  | 9  | 5  | 0  | 41 | 0  | 47 |
| 6   | 2  | 10 | 6  | 42 | 43 | 48 | 49 |
| 7   | 3  | 11 | 7  | 44 | 45 | 50 | 51 |
| 8   | 4  | 12 | 8  | 46 | 0  | 52 | 0  |
| 9   | 5  | 13 | 9  | 0  | 47 | 0  | 53 |
| 10  | 6  | 14 | 10 | 48 | 49 | 54 | 55 |
| 11  | 7  | 15 | 11 | 50 | 51 | 56 | 57 |
| 12  | 8  | 16 | 12 | 52 | 0  | 58 | 0  |
| 13  | 9  | 17 | 13 | 0  | 53 | 0  | 59 |
| 14  | 10 | 18 | 14 | 54 | 55 | 60 | 61 |
| 15  | 11 | 19 | 15 | 56 | 57 | 62 | 63 |
| 16  | 12 | 20 | 16 | 58 | 0  | 64 | 0  |
| 17  | 13 | 21 | 17 | 0  | 59 | 0  | 65 |
| 18  | 14 | 22 | 18 | 60 | 61 | 66 | 67 |
| 19  | 15 | 23 | 19 | 62 | 63 | 68 | 69 |
| 20  | 16 | 24 | 20 | 64 | 0  | 70 | 0  |
| 21  | 17 | 25 | 21 | 0  | 65 | 0  | 71 |
| 22  | 18 | 26 | 22 | 66 | 67 | 72 | 73 |
| 23  | 19 | 27 | 23 | 68 | 69 | 74 | 75 |
| 24  | 20 | 28 | 24 | 70 | 0  | 76 | 0  |
| 25  | 21 | 29 | 25 | 0  | 71 | 0  | 77 |
| 26  | 22 | 30 | 26 | 72 | 73 | 78 | 79 |
| 27  | 23 | 31 | 27 | 74 | 75 | 80 | 81 |
| 28  | 24 | 32 | 28 | 76 | 0  | 82 | 0  |

Şekil 5.36 On katlı üç açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (Yedinci Kısım)

|    |    |        |    |    |    |     |    |
|----|----|--------|----|----|----|-----|----|
| 29 | 25 | 33     | 29 | 0  | 77 | 0   | 83 |
| 30 | 26 | 34     | 30 | 78 | 79 | 84  | 85 |
| 31 | 27 | 35     | 31 | 80 | 81 | 86  | 87 |
| 32 | 28 | 36     | 32 | 82 | 0  | 88  | 0  |
| 33 | 29 | 37     | 33 | 0  | 83 | 0   | 89 |
| 34 | 30 | 38     | 34 | 84 | 85 | 90  | 91 |
| 35 | 31 | 39     | 35 | 86 | 87 | 92  | 93 |
| 36 | 32 | 40     | 36 | 88 | 0  | 94  | 0  |
| 37 | 33 | 0      | 37 | 0  | 89 | 0   | 95 |
| 38 | 34 | 0      | 38 | 90 | 91 | 96  | 97 |
| 39 | 35 | 0      | 39 | 92 | 93 | 98  | 99 |
| 40 | 36 | 0      | 40 | 94 | 0  | 100 | 0  |
| 1  | 1  | 1      | 1  |    |    |     |    |
| 2  | 1  | 1      | 1  |    |    |     |    |
| 3  | 1  | 1      | 1  |    |    |     |    |
| 4  | 1  | 1      | 1  |    |    |     |    |
| 1  | 1  | 1      | 1  |    |    |     |    |
| 70 |    |        |    |    |    |     |    |
| 5  | 0. | -97.5  | 0. |    |    |     |    |
| 6  | 0. | -195.  | 0. |    |    |     |    |
| 7  | 0. | -162.5 | 0. |    |    |     |    |
| 8  | 0. | -130.  | 0. |    |    |     |    |
| 9  | 0. | -102.6 | 0. |    |    |     |    |
| 10 | 0. | -104.  | 0. |    |    |     |    |
| 11 | 0. | -52.   | 0. |    |    |     |    |
| 12 | 0. | -97.5  | 0. |    |    |     |    |
| 13 | 0. | -195.  | 0. |    |    |     |    |
| 14 | 0. | -162.5 | 0. |    |    |     |    |
| 15 | 0. | -130.  | 0. |    |    |     |    |
| 16 | 0. | -102.6 | 0. |    |    |     |    |
| 17 | 0. | -104.  | 0. |    |    |     |    |
| 18 | 0. | -52.   | 0. |    |    |     |    |

Şekil 5.37 On katlı üç açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (Sekizinci Kısım)

|    |    |        |    |
|----|----|--------|----|
| 19 | 0. | -97.5  | 0. |
| 20 | 0. | -195.  | 0. |
| 21 | 0. | -162.5 | 0. |
| 22 | 0. | -130.  | 0. |
| 23 | 0. | -102.6 | 0. |
| 24 | 0. | -104.  | 0. |
| 25 | 0. | -52.   | 0. |
| 26 | 0. | -97.5  | 0. |
| 27 | 0. | -195.  | 0. |
| 28 | 0. | -162.5 | 0. |
| 29 | 0. | -130.  | 0. |
| 30 | 0. | -102.6 | 0. |
| 31 | 0. | -104.  | 0. |
| 32 | 0. | -52.   | 0. |
| 33 | 0. | -97.5  | 0. |
| 34 | 0. | -195.  | 0. |
| 35 | 0. | -162.5 | 0. |
| 36 | 0. | -130.  | 0. |
| 37 | 0. | -102.6 | 0. |
| 38 | 0. | -104.  | 0. |
| 39 | 0. | -52.   | 0. |
| 40 | 0. | -97.5  | 0. |
| 41 | 0. | -195.  | 0. |
| 42 | 0. | -162.5 | 0. |
| 43 | 0. | -130.  | 0. |
| 44 | 0. | -102.6 | 0. |
| 45 | 0. | -104.  | 0. |
| 46 | 0. | -52.   | 0. |
| 47 | 0. | -97.5  | 0. |
| 48 | 0. | -195.  | 0. |
| 49 | 0. | -162.5 | 0. |
| 50 | 0. | -130.  | 0. |

Şekil 5.38 On katlı üç açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (Dokuzuncu Kısım)

|    |    |         |    |
|----|----|---------|----|
| 51 | 0. | -102.6  | 0. |
| 52 | 0. | -104.   | 0. |
| 53 | 0. | -52.    | 0. |
| 54 | 0. | -97.5   | 0. |
| 55 | 0. | -195.   | 0. |
| 56 | 0. | -162.5  | 0. |
| 57 | 0. | -130.   | 0. |
| 58 | 0. | -102.6  | 0. |
| 59 | 0. | -104.   | 0. |
| 60 | 0. | -52.    | 0. |
| 61 | 0. | -97.5   | 0. |
| 62 | 0. | -195.   | 0. |
| 63 | 0. | -162.5  | 0. |
| 64 | 0. | -130.   | 0. |
| 65 | 0. | -102.6  | 0. |
| 66 | 0. | -104.   | 0. |
| 67 | 0. | -52.    | 0. |
| 68 | 0. | -101.71 | 0. |
| 69 | 0. | -203.43 | 0. |
| 70 | 0. | -169.52 | 0. |
| 71 | 0. | -135.62 | 0. |
| 72 | 0. | -107.66 | 0. |
| 73 | 0. | -108.5  | 0. |
| 74 | 0. | -54.25  | 0. |
| 5  | 0. | -97.5   | 0. |
| 6  | 0. | -195.   | 0. |
| 7  | 0. | -162.5  | 0. |
| 8  | 0. | -130.   | 0. |
| 9  | 0. | -102.6  | 0. |
| 10 | 0. | -104.   | 0. |
| 11 | 0. | -52.    | 0. |
| 12 | 0. | -97.5   | 0. |

Şekil 5.39 On katlı üç açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (Onuncu Kısım)

|    |    |        |    |
|----|----|--------|----|
| 13 | 0. | -195.  | 0. |
| 14 | 0. | -162.5 | 0. |
| 15 | 0. | -130.  | 0. |
| 16 | 0. | -102.6 | 0. |
| 17 | 0. | -104.  | 0. |
| 18 | 0. | -52.   | 0. |
| 19 | 0. | -97.5  | 0. |
| 20 | 0. | -195.  | 0. |
| 21 | 0. | -162.5 | 0. |
| 22 | 0. | -130.  | 0. |
| 23 | 0. | -102.6 | 0. |
| 24 | 0. | -104.  | 0. |
| 25 | 0. | -52.   | 0. |
| 26 | 0. | -97.5  | 0. |
| 27 | 0. | -195.  | 0. |
| 28 | 0. | -162.5 | 0. |
| 29 | 0. | -130.  | 0. |
| 30 | 0. | -102.6 | 0. |
| 31 | 0. | -104.  | 0. |
| 32 | 0. | -52.   | 0. |
| 33 | 0. | -97.5  | 0. |
| 34 | 0. | -195.  | 0. |
| 35 | 0. | -162.5 | 0. |
| 36 | 0. | -130.  | 0. |
| 37 | 0. | -102.6 | 0. |
| 38 | 0. | -104.  | 0. |
| 39 | 0. | -52.   | 0. |
| 40 | 0. | -97.5  | 0. |
| 41 | 0. | -195.  | 0. |
| 42 | 0. | -162.5 | 0. |
| 43 | 0. | -130.  | 0. |
| 44 | 0. | -102.6 | 0. |

Şekil 5.40 Üçüncü örnek veri dosyası on birinci kısım

|    |    |         |    |
|----|----|---------|----|
| 45 | 0. | -104.   | 0. |
| 46 | 0. | -52.    | 0. |
| 47 | 0. | -97.5   | 0. |
| 48 | 0. | -195.   | 0. |
| 49 | 0. | -162.5  | 0. |
| 50 | 0. | -130.   | 0. |
| 51 | 0. | -102.6  | 0. |
| 52 | 0. | -104.   | 0. |
| 53 | 0. | -52.    | 0. |
| 54 | 0. | -97.5   | 0. |
| 55 | 0. | -195.   | 0. |
| 56 | 0. | -162.5  | 0. |
| 57 | 0. | -130.   | 0. |
| 58 | 0. | -102.6  | 0. |
| 59 | 0. | -104.   | 0. |
| 60 | 0. | -52.    | 0. |
| 61 | 0. | -97.5   | 0. |
| 62 | 0. | -195.   | 0. |
| 63 | 0. | -162.5  | 0. |
| 64 | 0. | -130.   | 0. |
| 65 | 0. | -102.6  | 0. |
| 66 | 0. | -104.   | 0. |
| 67 | 0. | -52.    | 0. |
| 68 | 0. | -101.71 | 0. |
| 69 | 0. | -203.43 | 0. |
| 70 | 0. | -169.52 | 0. |
| 71 | 0. | -135.62 | 0. |
| 72 | 0. | -107.66 | 0. |
| 73 | 0. | -108.5  | 0. |
| 74 | 0. | -54.25  | 0. |

Şekil 5.41 On katlı üç açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (On ikinci Kısım)

|    |    |    |    |
|----|----|----|----|
| 5  | 0. | 0. | 0. |
| 6  | 0. | 0. | 0. |
| 7  | 0. | 0. | 0. |
| 8  | 0. | 0. | 0. |
| 9  | 0. | 0. | 0. |
| 10 | 0. | 0. | 0. |
| 11 | 0. | 0. | 0. |
| 12 | 0. | 0. | 0. |
| 13 | 0. | 0. | 0. |
| 14 | 0. | 0. | 0. |
| 15 | 0. | 0. | 0. |
| 16 | 0. | 0. | 0. |
| 17 | 0. | 0. | 0. |
| 18 | 0. | 0. | 0. |
| 19 | 0. | 0. | 0. |
| 20 | 0. | 0. | 0. |
| 21 | 0. | 0. | 0. |
| 22 | 0. | 0. | 0. |
| 23 | 0. | 0. | 0. |
| 24 | 0. | 0. | 0. |
| 25 | 0. | 0. | 0. |
| 26 | 0. | 0. | 0. |
| 27 | 0. | 0. | 0. |
| 28 | 0. | 0. | 0. |
| 29 | 0. | 0. | 0. |
| 30 | 0. | 0. | 0. |
| 31 | 0. | 0. | 0. |
| 32 | 0. | 0. | 0. |
| 33 | 0. | 0. | 0. |
| 34 | 0. | 0. | 0. |
| 35 | 0. | 0. | 0. |
| 36 | 0. | 0. | 0. |

Şekil 5.42 On katlı üç açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (On üçüncü Kısım)

|    |    |    |    |
|----|----|----|----|
| 37 | 0. | 0. | 0. |
| 38 | 0. | 0. | 0. |
| 39 | 0. | 0. | 0. |
| 40 | 0. | 0. | 0. |
| 41 | 0. | 0. | 0. |
| 42 | 0. | 0. | 0. |
| 43 | 0. | 0. | 0. |
| 44 | 0. | 0. | 0. |
| 45 | 0. | 0. | 0. |
| 46 | 0. | 0. | 0. |
| 47 | 0. | 0. | 0. |
| 48 | 0. | 0. | 0. |
| 49 | 0. | 0. | 0. |
| 50 | 0. | 0. | 0. |
| 51 | 0. | 0. | 0. |
| 52 | 0. | 0. | 0. |
| 53 | 0. | 0. | 0. |
| 54 | 0. | 0. | 0. |
| 55 | 0. | 0. | 0. |
| 56 | 0. | 0. | 0. |
| 57 | 0. | 0. | 0. |
| 58 | 0. | 0. | 0. |
| 59 | 0. | 0. | 0. |
| 60 | 0. | 0. | 0. |
| 61 | 0. | 0. | 0. |
| 62 | 0. | 0. | 0. |
| 63 | 0. | 0. | 0. |
| 64 | 0. | 0. | 0. |
| 65 | 0. | 0. | 0. |
| 66 | 0. | 0. | 0. |
| 67 | 0. | 0. | 0. |
| 68 | 0. | 0. | 0. |

Şekil 5.43 On katlı üç açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (On dördüncü Kısım)

|     |    |    |       |
|-----|----|----|-------|
| 69  | 0. | 0. | 0.    |
| 70  | 0. | 0. | 0.    |
| 71  | 0. | 0. | 0.    |
| 72  | 0. | 0. | 0.    |
| 73  | 0. | 0. | 0.    |
| 74  | 0. | 0. | 0.    |
| 95  |    | 1  | 1 2.0 |
| 95  |    | 2  | 1 2.0 |
| 96  |    | 2  | 1 2.0 |
| 96  |    | 1  | 2 1.4 |
| 97  |    | 2  | 1 2.0 |
| 98  |    | 2  | 1 2.0 |
| 98  |    | 1  | 2 0.9 |
| 99  |    | 2  | 1 2.0 |
| 99  |    | 2  | 2 0.6 |
| 100 |    | 2  | 1 2.0 |

Şekil 5.44 On katlı üç açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (On beşinci Kısım)

|       |        |       |       |      |       |      |      |      |      |      |
|-------|--------|-------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|
| 21.24 | 349.2  | 72.76 | 83.01 | 2.51 | 5.24  | 100. | 8.   | 96.  | 56.  | 5.   |
| 26.04 | 449.5  | 89.91 | 104.2 | 2.53 | 9.25  | 100. | 10.  | 100. | 56.  | 6.   |
| 53.24 | 1143.  | 190.4 | 235.8 | 2.74 | 68.21 | 106. | 20.  | 120. | 56.  | 12.  |
| 25.34 | 606.2  | 106.3 | 119.5 | 3.02 | 5.99  | 120. | 8.   | 114. | 74.  | 5.   |
| 34.01 | 864.4  | 144.1 | 165.2 | 3.06 | 13.84 | 120. | 11.  | 120. | 74.  | 6.5  |
| 66.41 | 2018.  | 288.2 | 350.6 | 3.25 | 91.66 | 126. | 21.  | 140. | 74.  | 12.5 |
| 31.42 | 1033.  | 155.4 | 173.5 | 3.52 | 8.13  | 140. | 8.5  | 133. | 92.  | 5.5  |
| 42.96 | 1509.  | 215.6 | 245.4 | 3.58 | 20.06 | 140. | 12.  | 140. | 92.  | 7.   |
| 80.56 | 3291.  | 411.4 | 493.8 | 3.77 | 120.  | 146. | 22.  | 160. | 92.  | 13.  |
| 38.77 | 1673.  | 220.1 | 245.1 | 3.98 | 12.19 | 160. | 9.   | 152. | 104. | 6.   |
| 54.25 | 2492.  | 311.5 | 354.  | 4.05 | 31.24 | 160. | 13.  | 160. | 104. | 8.   |
| 97.05 | 5098.  | 566.5 | 674.6 | 4.26 | 162.4 | 166. | 23.  | 180. | 104. | 14.  |
| 45.25 | 2510.  | 293.6 | 324.9 | 4.52 | 14.8  | 180. | 9.5  | 171. | 122. | 6.   |
| 65.25 | 3831.  | 425.7 | 481.4 | 4.57 | 42.16 | 180. | 14.  | 180. | 122. | 8.5  |
| 113.3 | 7483.  | 748.3 | 883.4 | 4.77 | 203.3 | 186. | 24.  | 200. | 122. | 14.5 |
| 53.83 | 3692.  | 388.6 | 429.5 | 4.98 | 20.98 | 200. | 10.  | 190. | 134. | 6.5  |
| 78.08 | 5696.  | 569.6 | 642.5 | 5.07 | 59.28 | 200. | 15.  | 200. | 134. | 9.   |
| 131.3 | 10640. | 967.4 | 1135. | 5.27 | 259.4 | 206. | 25.  | 220. | 134. | 15.  |
| 64.34 | 5410.  | 515.2 | 568.5 | 5.51 | 28.46 | 220. | 11.  | 210. | 152. | 7.   |
| 91.04 | 8091.  | 735.5 | 827.  | 5.59 | 76.57 | 220. | 16.  | 220. | 152. | 9.5  |
| 149.4 | 14600. | 1217. | 1419. | 5.79 | 315.3 | 226. | 26.  | 240. | 152. | 15.5 |
| 76.84 | 7763.  | 675.1 | 744.6 | 6.   | 41.55 | 240. | 12.  | 230. | 164. | 7.5  |
| 106.  | 11260. | 938.3 | 1053. | 6.08 | 102.7 | 240. | 17.  | 240. | 164. | 10.  |
| 199.6 | 24290. | 1799. | 2117. | 6.39 | 627.9 | 248. | 32.  | 270. | 164. | 18.  |
| 86.82 | 10450. | 836.4 | 919.8 | 6.5  | 52.37 | 260. | 12.5 | 250. | 177. | 7.5  |
| 118.4 | 14920. | 1148. | 1283. | 6.58 | 123.8 | 260. | 17.5 | 260. | 177. | 10.0 |
| 219.6 | 31310. | 2159. | 2524. | 6.9  | 719.  | 268. | 32.5 | 290. | 177. | 18.0 |
| 97.26 | 13670. | 1013. | 1112. | 7.0  | 62.1  | 280. | 13.  | 270. | 196. | 8.0  |
| 131.4 | 19270. | 1376. | 1534. | 7.09 | 143.7 | 280. | 18.  | 280. | 196. | 10.5 |
| 240.2 | 39550. | 2551. | 2966. | 7.4  | 807.3 | 288. | 33.  | 310. | 196. | 18.5 |
| 112.5 | 18260. | 1260. | 1383. | 7.49 | 85.17 | 300. | 14.  | 290. | 208. | 8.5  |
| 149.1 | 25170. | 1678. | 1869. | 7.58 | 185.  | 300. | 19.  | 300. | 208. | 11.0 |

Şekil 5.45 On katlı üç açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (On altıncı Kısım)

|       |         |       |        |      |       |      |      |      |      |      |
|-------|---------|-------|--------|------|-------|------|------|------|------|------|
| 225.1 | 40950.  | 2559. | 2927.  | 7.81 | 598.3 | 305. | 29.  | 320. | 208. | 16.0 |
| 303.1 | 59200.  | 3482. | 4078.  | 8.0  | 1408. | 310. | 39.  | 340. | 208. | 21.0 |
| 124.4 | 22930.  | 1479. | 1628.  | 7.49 | 108.  | 300. | 15.5 | 310. | 225. | 9.0  |
| 161.3 | 30820.  | 1926. | 2149.  | 7.57 | 225.1 | 300. | 20.5 | 320. | 225. | 11.5 |
| 312.  | 68130.  | 3796. | 4435.  | 7.95 | 1501. | 309. | 40.  | 359. | 225. | 21.0 |
| 133.5 | 27690.  | 1678. | 1850.  | 7.46 | 127.2 | 300. | 16.5 | 330. | 243. | 9.5  |
| 170.9 | 36660.  | 2156. | 2408.  | 7.53 | 257.2 | 300. | 21.5 | 340. | 243. | 12.0 |
| 315.8 | 76370.  | 4052. | 4718.  | 7.9  | 1506. | 309. | 40.  | 377. | 243. | 21.0 |
| 142.8 | 33090.  | 1891. | 2088.  | 7.43 | 148.8 | 300. | 17.5 | 350. | 261. | 10.0 |
| 180.6 | 43190.  | 2400. | 2683.  | 7.49 | 292.5 | 300. | 22.5 | 360. | 261. | 12.5 |
| 318.8 | 84870.  | 4297. | 4989.  | 7.83 | 1507. | 308. | 40.  | 395. | 261. | 21.0 |
| 159.  | 45070.  | 2311. | 2562.  | 7.34 | 189.  | 300. | 19.  | 390. | 298. | 11.0 |
| 197.8 | 57680.  | 2884. | 3232.  | 7.4  | 355.7 | 300. | 24.  | 400. | 298. | 13.5 |
| 325.8 | 104100. | 4820. | 5571.  | 7.7  | 1515. | 307. | 40.  | 432. | 298. | 21.0 |
| 178.0 | 63720.  | 2896. | 3216.  | 7.29 | 243.8 | 300. | 21.  | 440. | 344. | 11.5 |
| 218.0 | 79890.  | 3551. | 3982.  | 7.33 | 440.5 | 300. | 26.  | 450. | 344. | 14.0 |
| 335.4 | 131500. | 5501. | 6331.  | 7.59 | 1529. | 307. | 40.  | 478. | 344. | 21.0 |
| 197.5 | 86970.  | 3550. | 3949.  | 7.24 | 309.3 | 300. | 23.  | 490. | 390. | 12.0 |
| 238.6 | 107200. | 4287. | 4815.  | 7.27 | 538.4 | 300. | 28.  | 500. | 390. | 14.5 |
| 344.3 | 161900. | 6180. | 7094.  | 7.46 | 1539. | 306. | 40.  | 524. | 390. | 21.0 |
| 211.8 | 111900. | 4146. | 4622.  | 7.15 | 351.5 | 300. | 24.  | 540. | 438. | 12.5 |
| 254.1 | 136700. | 4971. | 5591.  | 7.17 | 600.3 | 300. | 29.  | 550. | 438. | 15.0 |
| 354.4 | 198000. | 6923. | 7933.  | 7.35 | 1554. | 306. | 40.  | 572. | 438. | 21.0 |
| 226.5 | 141200. | 4787. | 5350.  | 7.05 | 397.8 | 300. | 25.  | 590. | 486. | 13.0 |
| 270.  | 171000. | 5701. | 6425.  | 7.08 | 667.2 | 300. | 30.  | 600. | 486. | 15.5 |
| 363.7 | 237400. | 7660. | 8772.  | 7.22 | 1564. | 305. | 40.  | 620. | 486. | 21.0 |
| 241.6 | 175200. | 5474. | 6136.  | 6.97 | 448.3 | 300. | 26.  | 640. | 534. | 13.5 |
| 286.3 | 210600. | 6480. | 7320.  | 6.99 | 739.2 | 300. | 31.  | 650. | 534. | 16.0 |
| 373.7 | 281700. | 8433. | 9657.  | 7.13 | 1579. | 305. | 40.  | 668. | 534. | 21.0 |
| 260.5 | 215300. | 6241. | 7032.  | 6.84 | 513.9 | 300. | 27.  | 690. | 582. | 14.5 |
| 306.4 | 256900. | 7340. | 8327.  | 6.87 | 830.9 | 300. | 32.  | 700. | 582. | 17.0 |
| 383.  | 329300. | 9198. | 10540. | 7.01 | 1589. | 304. | 40.  | 716. | 582. | 21.0 |

Şekil 5.46 On katlı üç açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (On yedinci Kısım)

|         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| HE 100A | HE 100B | HE 100M | HE 120A | HE 120B | HE 120M | HE 140A | HE 140B | HE 140M | HE 160A | HE 160B |
| HE 160M | HE 180A | HE 180B | HE 180M | HE 200A | HE 200B | HE 200M | HE 220A | HE 220B | HE 220M | HE 240A |
| HE 240B | HE 240M | HE 260A | HE 260B | HE 260M | HE 280A | HE 280B | HE 280M | HE 300A | HE 300B | HE 300C |
| HE 300M | HE 320A | HE 320B | HE 320M | HE 340A | HE 340B | HE 340M | HE 360A | HE 360B | HE 360M | HE 400A |
| HE 400B | HE 400M | HE 450A | HE 450B | HE 450M | HE 500A | HE 500B | HE 500M | HE 550A | HE 550B | HE 550M |
| HE 600A | HE 600B | HE 600M | HE 650A | HE 650B | HE 650M | HE 700A | HE 700B | HE 700M |         |         |

Şekil 5.47 On katlı üç açıklıklı düzlem çerçevenin veri dosyası (On sekizinci Kısım)

Programın çalıştırılmasından sonra yazdırılan Şekil 5.48’de verilmektedir.

```

=====
30 NOLU BİREYİN AĞIRLIĞI= .48917D+03
.48917E+03 .52935E+03 .50520E+03

MUTASYONLARININ SAYISI = 3
RT= .83333D+00
IPM= 29
SINIRLANMIŞ DEPLASMANLAR :
-.549781696D+00 -.560922340D+00 -.572062984D+00 -.115604186D+01 -.577657048D+00
-.583251112D+00 -.864876204D+00 -.585501853D+00 -.549811491D+00 -.587752594D+00
ÇUBUKLARIN MUKAVEMET KISIT FONKSİYON DEĞERLERİ :
-.72261D+00 -.63265D+00 -.75468D+00 -.91579D+00 -.72830D+00 -.66402D+00 -.77333D+00 -.91606D+00 -.83818D+00 -.70307D+00
-.88592D+00 -.91984D+00 -.84598D+00 -.74111D+00 -.89552D+00 -.92487D+00 -.71222D+00 -.68094D+00 -.76661D+00 -.90434D+00
-.82291D+00 -.73301D+00 -.88006D+00 -.91217D+00 -.83759D+00 -.88192D+00 -.89621D+00 -.92218D+00 -.85347D+00 -.90494D+00
-.91013D+00 -.93226D+00 -.87587D+00 -.93580D+00 -.92531D+00 -.94223D+00 -.83218D+00 -.93772D+00 -.93103D+00 -.93566D+00
-.84273D+00 -.84273D+00 -.92412D+00 -.93798D+00 -.95629D+00 -.95629D+00 -.84312D+00 -.84626D+00 -.93439D+00 -.93311D+00
-.95760D+00 -.95038D+00 -.83931D+00 -.84572D+00 -.93618D+00 -.93053D+00 -.95771D+00 -.94531D+00 -.83295D+00 -.84592D+00
-.93508D+00 -.92714D+00 -.95783D+00 -.94011D+00 -.82550D+00 -.84680D+00 -.93443D+00 -.92325D+00 -.95831D+00 -.93352D+00
-.81865D+00 -.84651D+00 -.93417D+00 -.92127D+00 -.95848D+00 -.92955D+00 -.80704D+00 -.84701D+00 -.93304D+00 -.91705D+00
-.95842D+00 -.92356D+00 -.79898D+00 -.84866D+00 -.93366D+00 -.91414D+00 -.95884D+00 -.91738D+00 -.79189D+00 -.84748D+00
-.93142D+00 -.90936D+00 -.95848D+00 -.91259D+00 -.80902D+00 -.82019D+00 -.92269D+00 -.91451D+00 -.95144D+00 -.93310D+00
60 NESİL SONRA OPTİMUM AĞIRLIK .48917D+03
37 48 53 50
HE 320M HE 450B HE 550A HE 500A
12:09:40:47

```

Şekil 5.48 On katlı üç açıklıklı düzlem çerçevenin çıkış dosyası sonuç gösterimi

Bu çerçevenin GA optimum tasarımı sonucunda hesaplanan kısıtlanmış deplasman değerleri Çizelge 5.14'te verilmiştir.

Çizelge 5.14 Üçüncü çerçeve örneği genetik algoritma tasarımı kısıtlanmış deplasman değerleri

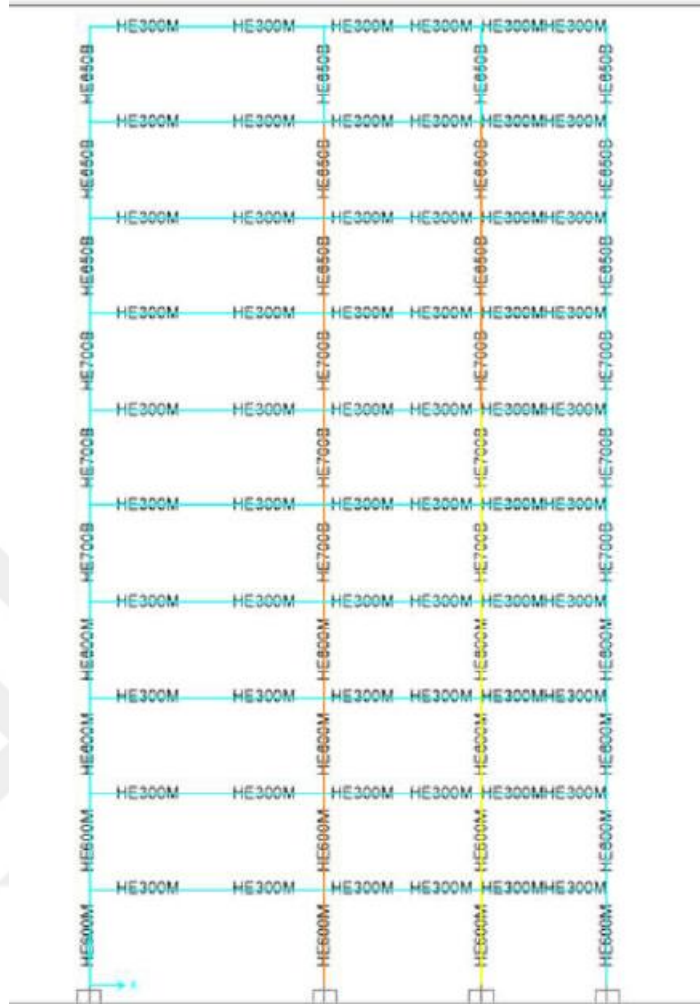
| Düğüm Noktası        | Kısıtlanmış Deplasman Değeri (cm) |
|----------------------|-----------------------------------|
| 68 (yatay deplasman) | 0,549                             |
| 69 (yatay deplasman) | 0,560                             |
| 69 (düşey deplasman) | 1,156                             |
| 70 (yatay deplasman) | 0,572                             |
| 71 (yatay deplasman) | 0,577                             |
| 71 (düşey deplasman) | 0,864                             |
| 72 (yatay deplasman) | 0,583                             |
| 73 (yatay deplasman) | 0,585                             |
| 73 (düşey deplasman) | 0,549                             |
| 74 (yatay deplasman) | 0,587                             |

İkinci yük birleşimi altında GA'nın ile optimum tasarım sonuçları Çizelge 5.15'te verilmiştir.

Çizelge 5.15 Üçüncü örnek çerçevenin 2. yük birleşimiyle GA optimum tasarım sonuçları

| Kesitler                         |         |        |         |         | İterasyon Sayısı |
|----------------------------------|---------|--------|---------|---------|------------------|
| Grup Numarası                    | 1.Grup  | 2.Grup | 3.Grup  | 4.Grup  | 60               |
| Kesit Listesindeki Sıra Numarası | 37      | 48     | 53      | 50      |                  |
| Optimum Ağırlık 489,17 kN        | HE 320M | HE450B | HE 550A | HE 500A |                  |

Problemin SAP 2000'e göre çözümü aşağıdaki aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.49 Üçüncü örnek SAP 2000 tasarım sonucu

Çizelge 5.16 Üçüncü örnek çerçevenin SAP 2000 ile tasarım sonuçları

| Optimum Ağırlık(kN) | Kesitler |         |         |         |
|---------------------|----------|---------|---------|---------|
|                     | 1.Grup   | 2.Grup  | 3.Grup  | 4.Grup  |
| 688,76              | HE 600M  | HE 700B | HE 650B | HE 300M |

Aynı çerçevenin GA'da kullanılan kesit listesiyle SAP 2000'e göre tasarım sonuçları Şekil 5.49'da ve Çizelge 5.16'da verilmiştir. Buna göre SAP 2000 tasarımında çerçevenin ağırlığı 688,76 kN olarak hesaplanmıştır. Aynı çerçevenin GA ile en ağır tasarımını veren 2. yük birleşimine göre optimum çözümünde çerçeve ağırlığı 489,17 kN olarak hesaplanmıştır. Sonuçlar karşılaştırıldığında çeşitli yük birleşimleri için GA ile tasarlanan optimum çerçevelerden en ağır olanı bile, SAP 2000 ile elde edilen

tasarıma oranla %29 daha hafif olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, GA tasarımında Çizelge 5.13’de görüldüğü gibi 12. veya 13. yük birleşimine göre hesaplanan en hafif çerçevenin ağırlığı 356,89 kN’dur. Buna göre GA tasarımı SAP 2000 tasarımına göre %48 daha hafiftir.



## 6. SONUÇLAR

Bu çalışmada, çelik çerçeve sistemlerinin GA optimizasyon yöntemiyle 2018 Türk Çelik Yönetmeliği (ÇYTHYDE 2018) YDKT'nın yük birleşimleri, eğilme momenti ve eksenel kuvvet etkileşim denklemlerine göre optimum tasarım yapılmıştır. İlk olarak ilgili yönetmeliklere göre yapıya etkiyen yükler belirlenmiştir. Bu yükler altında adı geçen yönetmeliğinin koşulları altında minimum ağırlık tasarımı (optimum tasarım) yapılmıştır. GA ile tasarımda program farklı başlangıç popülasyonlarıyla 5-10 kere çalıştırılmış ve bu çözümlerden en uygun olanı alınmıştır. Bazı uygun olmayan çözümler: örneğin alt kat kolon kesitlerinin üst kat kolon kesitlerinden küçük çıkması durumunda bu tasarımlar elenmişlerdir. Bu GA tasarımında HE ayrık kesitlerinin sadece A, B, M tiplerinin kullanılmasından ve ara değerlerdeki kesitlerin kullanılmamasından kaynaklanmaktadır. SAP 2000'in HE profil listesinde sadece A, B, M tiplerinin bulunmasından dolayı GA çözümlerinde de SAP 2000'in bire bir aynı kesit listesi kullanılmıştır. GA tasarımında çeşitli yük birleşimlerinden elde edilen en ağır çerçeve göz önüne alınmıştır. SAP 2000 programı ise her elemana kesit atamasını AISC 360-10 yönetmeliğinin mukavemet koşullarını sağlayacak şekilde en küçük kesiti veren farklı yük birleşimleri sonucu yapmıştır. AISC 360-10 yönetmeliğinin LRFD kısmındaki eğilme momenti ve eksenel kuvvet etkileşim denklemleri ÇYTHYDE (2018) yönetmeliğinkine ile bire bir aynıdır.

Bu çalışmada göz önüne alınan tüm çerçevelerin GA tasarımında deplasman ve mukavemet kısıtlarının tamamı sağlanmaktadır.

Sayısal çözümlerden aynı yük birleşimleri ve kesit listesi kullanarak elde edilen GA tasarımlarının en ağırlarının bile, SAP 2000 tasarımlarına göre %7-29 daha hafif olduğu görülmektedir. GA tasarımlarının en hafifleri göz önüne alındığında, çerçeve ağırlığındaki tasarruf oranları %29-%48'e kadar artmaktadır.

GA'nın üstün yanlarına gelince: Her çeşit ayrık kesit listesiyle çalışabilir. Bu kesit listesi herhangi bir tip çelik profil kesit listesi olduğu gibi, kullanıcı tarafından oluşturulan herhangi bir geometrik şekle sahip belirli boyutlardaki kesitler de olabilir. Örnek olarak dikdörtgen ya da tablalı kesitleri verebiliriz. GA'nın deplasman ve mukavemet kısıt fonksiyonları herhangi bir tasarım yönetmeliğinin deplasman ve mukavemet kısıtlarına kolaylıkla uyarlanabilir. Kesit listesinin büyüklüğü istendiği gibi artırılarak daha iyi optimum tasarımlar yapılabilir. GA

belirlenen yönetmeliğin kısıtlarına uyarak kesit ve yapı ağırlık minimizasyonu yapmakta ve böylece güvenli ve ekonomik tasarımlar üretmektedir.

GA'nın zayıf yanlarına gelince: GA programı her bağımsız çalışmasında farklı bir ilk popülasyon üreterek çözümlere başladığından, program birçok kez çalıştırıldığında her defasında farklı tasarımlar üretmektedir. Yukarıda bahsedildiği gibi bunların bir kısmı uygun olmayan tasarımlar olmakta ve bu tasarımlar elenmektedir. Bu da büyük sistemlerin tasarımında, hesaplama zamanını artırmaktadır.



## KAYNAKLAR

- [1] Ç. v. Ş. Bakanlığı, «Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik,» 2018. [Çevrimiçi]. Available: <https://csb.gov.tr/>. [Erişildi: 10 02 2024].
- [2] «ANSI/AISC 360-10, Specification for Structural Steel Buildings,» 22 Haziran 2010. [Çevrimiçi]. Available: <https://docs.google.com/>.
- [3] J. H. Holland, *Adaptation in Natural and Artificial Systems*, Michigan: The university of Michigan Press, 1975.
- [4] D. E. Goldberg, «Genetic Algorithm in Search Optimization and Machine Learning,» Addison-Wesley Publishing Company, New York, 1989.
- [5] M. P. Saka, «Optimum Design of Steel Frames with Stability Constraints,» *Computer and structures*, cilt 41, no. 6, pp. 1365-1377, 1991.
- [6] A. Daloğlu ve M. Armutçu, «Genetik Algoritma ile Düzlem Çelik Çerçevelerin Optimum Tasarımı,» *Teknik Dergi*, cilt 9, no. 42, pp. 483-487, 1998.
- [7] S. Ö. Değertekin, «Yarı-rijit Birleşimli Çelik Çerçeve Sistemlerin Genetik Algoritma Yöntemiyle Optimum Tasarımı,» Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, 2001.
- [8] S. Bekiroğlu, «Genetik Algoritma ile Çelik Çerçevelerin Optimum Boyutlandırılması,» Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, 2003.
- [9] S. Ö. Değertekin, M. Ülker ve M. S. Hayalioğlu, «Uzay Çelik Çerçevelerin Tabu Arama ve Genetik Algoritma Yöntemleri ile Optimum Tasarımı,» *İMO Teknik Dergi*, cilt 17, no. 83, pp. 3917-3934, 2006.
- [10] G. Y. Bayar, «Çerçeve Taşıyıcı Sistemlerin Optimum Tasarımı,» Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır, 2008.
- [11] T. Şeker, «Düzlemsel Çelik Çerçevelerin Genetik Algoritma ile Optimizasyonu,» İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2008.
- [12] S. Ö. Değertekin, M. S. Hayalioğlu ve H. Görgün, «Geometrik Bakımından Lineer Olmayan Yarı-rijit Birleşimli Çelik Çerçevelerin Gelişmiş Armoni Arama Yöntemi ile Optimum Tasarımı,» *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, cilt 2, no. 1, pp. 45-56, 2011.
- [13] Y. Efe, «Çelik Çerçevelerin Memetik Algoritma ile Optimum Tasarımı,» Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır, 2015.
- [14] Y. Özalp, «Çelik Taşıyıcı Sistemli Çerçeve Tipi Yapının ÇYTHYDE 2016, AISC 360-10 ve EUROCODE 3 Yönetmenliğine Göre Analiz ve Tasarımı,»

Kırıkkale Üniversitesi, Ankara, 2020.

- [15] M. S. Hayalioğlu ve S. Ö. Değertekin, «Design of Non-linear Steel Frames for Stress and Displacement Constraints with Semi-Rigid Connections Via Genetic Optimization. Structural and Multidisciplinary Optimization,» *Structural and Multidisciplinary Optimization*, cilt 27, pp. 259-271, 2004.
- [16] Ö. Yeniay, «An Overview Genetic Algorithms.,» *Anadolu Üniversitesi, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, cilt 2, no. 1, pp. 37-49, 2001.
- [17] O. Engin, «Akış Tipi Çizelgeleme Problemlerinin Genetik Algoritma ile Çözüm Performansının Artırılmasında Parametre Optimizasyonu.,» İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2001.
- [18] D. E. Goldberg, *Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning.*, Addison-Wesley Longman Publishing, 1989.
- [19] Türk Standartları Enstitüsü, *Türk Standart Yapılar Üzerindeki Etkiler-Yoğunluklar, binaların zati ağırlıkları ve maruz kaldığı diğer yükler (Eurocode 1).*, Ankara: TS EN 1991-1-1, 2021.
- [20] Türk Standartları Enstitüsü., *Yapıların Projelendirilme Esasları- Taşıyıcı Olan ve Olmayan Elemanlar Depolanmış Malzemeler- Yoğunluk.*, Ankara: TS ISO 9194., 2021.
- [21] Türk Standartları Enstitüsü, *Türk Standartla Yapılar Üzerindeki Etkiler- Bölüm 1-3: Genel Etkiler – Kar Yükleri (Eurocode 1).*, Ankara: TS EN 1991-1-3., 2021.
- [22] Türk Standartları Enstitüsü., *Yapılar Üzerindeki Etkiler- Bölüm 1-4: Genel Etkiler – Rüzgâr Yükleri (Eurocode 1).*, Ankara: TS EN 1991-1-4. , 2021.
- [23] T. 498, «Yapı Elemanların Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, 2021.,» 2021. [Çevrimiçi]. Available: <http://www.betoncelik.com>. [Erişildi: 16 03 2024].
- [24] T. B. D. Yönetmenliği, «Deprem Etkisi Altında Binaların Tasarımı İçin Esaslar,» 2018. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.resmigazete.gov.tr>. [Erişildi: 12 02 2024].

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyad, Ad

ACAR, Zeynep

Web sayfası

(Research Gate, Academia, vs.)

### Eğitim Bilgileri

| Derece        | Kurum                               | Mezuniyet Yılı |
|---------------|-------------------------------------|----------------|
| Yüksek Lisans | Dicle Üniversitesi                  | 2024           |
| Lisans        | Dicle Üniversitesi                  | 2021           |
| Lise          | Vali Gökhan Aydın<br>Anadolu Lisesi | 2016           |

### İş Deneyimi

| Dönem (Yıl) | Şirket, Kurum | Görev             |
|-------------|---------------|-------------------|
| 2021-2022   | Hevsel İnşaat | Saha Mühendisliği |
| 2023-       | Kayasan Yapı  | Saha Mühendisliği |

### Yabancı Dil

İngilizce

### Yayınlar

1. Çelik Çerçevelerin Genetik Algoritma Yöntemiyle 2018 Türk Çelik Tasarım Yönetmeliğine Göre Optimum Tasarımı
- 2.
- 3.
- 4.

### Özel İlgiler

**DİCLE ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**TEZ BENZERLİK BİLDİRİMİ FORMU**

|                                                    |                                                                                                                                                           |                                                   |                                  |
|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------|
| Öğrencinin Adı, Soyadı                             | Zeynep ACAR                                                                                                                                               |                                                   |                                  |
| Öğrenci No                                         | 228066019                                                                                                                                                 |                                                   |                                  |
| Ana Bilim Dalı                                     | İnşaat Mühendisliği                                                                                                                                       |                                                   |                                  |
| Program Türü                                       | Proje <input type="checkbox"/>                                                                                                                            | Yüksek Lisans <input checked="" type="checkbox"/> | Doktora <input type="checkbox"/> |
| Tez Danışmanı<br>(Unvanı, Adı, Soyadı)             | Prof. Dr. M. Sedat HAYALİOĞLU                                                                                                                             |                                                   |                                  |
| (Varsa) II. Tez Danışmanı<br>(Unvanı, Adı, Soyadı) |                                                                                                                                                           |                                                   |                                  |
| Tez Başlığı                                        | Çelik Çerçevelerin 2018 Türk Çelik Tasarım Yönetmeliğine Göre Genetik Algoritmayla Optimum Tasarımı ve Sonuçların SAP 2000 Çözümleriyle Karşılaştırılması |                                                   |                                  |
| <b>RAPOR BİLGİLERİ</b>                             |                                                                                                                                                           |                                                   |                                  |
| Raporlama Aşaması                                  | Tez Savunma Sınavı Sonrası                                                                                                                                |                                                   |                                  |
| Sayfa Sayısı                                       | 80                                                                                                                                                        |                                                   |                                  |
| Raporlama Tarihi                                   | 12/06/2024                                                                                                                                                |                                                   |                                  |
| Benzerlik Oranı (%)                                | 22                                                                                                                                                        |                                                   |                                  |

Yukarıda bilgileri verilen tez çalışmamın toplam 80 sayfalık kısmına ilişkin, 12/06/2024 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından TURNİTİN isimli intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan intihal raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 22 olarak tespit edilmiştir.

Uygulanan filtrelemeler:

- ☐Başlangıç Bölümleri (Kabul ve Onay sayfası, Teşekkür sayfası, Özet/Abstract) hariç  
☐Kaynaklar hariç  
☐Alıntılar hariç/dâhil  
☒Diğer (Her şey dahil)

Tezimin benzerlik oranı, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İntihal Raporu Uygulama Esaslarında belirtilen üst sınır benzerlik oranını aşmamaktadır. Benzerlik oranım üst sınır benzerlik oranının altında olsa dahi aksinin tespit edilmesi durumunda her türlü yasal sorumluluğu kabul ettiğimi ve hukuki sonuçlarına razı olduğumu bildirir, gereğini arz ederim.

**Öğrencinin** Adı, Soyadı: Zeynep ACAR

Tarih: 12/06/2024

İmza:

**Danışman** Adı, Soyadı: Prof. Dr. M. Sedat HAYALİOĞLU

İmza:

Tarih: 12/06/2024

**Ana Bilim Dalı Başkanı** Adı, Soyadı: Prof. Dr. Zeynel Fuat TOPRAK

İmza:

Tarih: 12/06/2024