

**BETONARME YÜKSEK KİRİŞ TASARIMINDA
GENETİK ALGORİTMALARIN KULLANILMASI**

Mustafa KAYA

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
(İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ)**

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Mart 2001
ANKARA**

114632

Mustafa KAYA tarafından hazırlanan BETONARME YÜKSEK KİRİŞ TASARIMINDA KAFES KİRİŞ ANALOJİSİ VE GENETİK ALGORİTMALAR adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.



Doç. Dr. Abdussamet ARSLAN

Tez Yöneticisi

Bu çalışma jürimiz tarafından İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan :  Prof. Dr. Fuat Erbatan

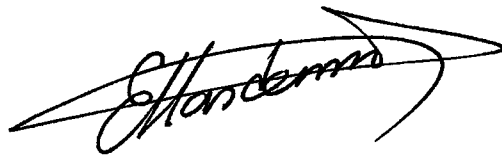
Üye :  Prof. Dr. Sinan Altın

Üye :  Doç. Dr. A. Samet Arslan

Üye :

Üye :

Bu tez Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR	III
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	IV
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	VII
SİMGELER VE KISALTMALAR	IX
1. GİRİŞ	1
2. GENETİK ALGORİTMALAR	4
2.1. Genetik Algoritmaların Tarihçesi	4
2.2. Genetik Algoritmaların Yaygın Olarak Kullanıldığı Alanlar	5
2.3. Genetik Algoritmaların Yapısı Ve Temel İlkeleri	6
2.4. Kodlama	7
2.4.1. İkili düzende kodlama	7
2.4.2. Permütasyon kodlama	7
2.5. Başlangıç topluluğunun oluşturulması	9
2.6. Değerlendirme	9
2.7. Seçim yöntemleri	11
2.7.1. Orantılı seçim yöntemleri	11
2.7.1.1. Rulet çemberi ile seçim yöntemi	11
2.7.1.2 Stokastik artan seçim yöntemi	12
2.7.1.3 Stokastik üniversal seçim yöntemi	12
2.7.2. Sıralı seçim yöntemi	13
2.7.3. Turnuva seçim yöntemi	13
2.7.4. Denge durumu seçim yöntemi	14
2.8. Çaprazlama Operatörü	14
2.8.1. Bir noktalı çaprazlama operatörü	14
2.8.2. İki noktalı çaprazlama operatörü	15

2.8.3. Üniorm aprazlama operatörü	15
2.9. Mutasyon Operatörü	16
2.10. Genetik Algoritmaların stnlkleri	17
2.11. Genetik Algoritmaların Performansını Etkileyen Faktörler	18
2.12. Kontrol Parametreleri	19
2.12.1. Başlangıç topluluğunun büyüklüğü	19
2.12.2. Çaprazlama oranı	19
2.12.3. Mutasyon oranı	20
3. YÜKSEK KirişLER	21
3.1. Yüksek Kirişlerin Kullanıldığı Yerler	22
3.2. Yüksek Kirişlerin Davranışları	22
3.3. Kafes Kiriş Analojisi	23
3.3.1. Narin kirişlerde kafes kiriş analojisi	24
3.3.2. Plastik kafes modelin oluşturulması	25
3.3.3. Basıncı diyagonallarının yaptıkları aının belirlenmesi	27
3.3.4. Yüksek kirişlerde kafes kiriş analojisi	28
3.3.5. Yüksek kirişlerde strut and tie modeli	31
3.3.5.1. Basıncı Strutları	34
3.3.5.2. Çekme Kabloları	34
3.3.5.3. Düğüm Alanları	34
3.3.5.4. Basıncı Yelpezeleri	34
3.3.5.5. Basıncı Alanları	36
3.4. Strut and Tie Modelin Tasarımı	37
3.5. Yüksek Kirişlerin Tasarımı	37
3.5.1. Yüksek Kirişlerin Kesme Kuvvetlerine Karşı Tasarımı	38
3.5.2. Yüksek Kirişlerin Eğilme Momentlerine Karşı Tasarımı	40
4. EN UYGUN DONATI ÇAPININ EK1'DE VERİLEN	
BİLGİSAYAR PROGRAMI İLE BELİRLENMESİ AşAMALARI	41
4.1. Kodlama	42
4.2. Başlangıç Topluluğunun Oluşturulması	43

4.3.	Değerlendirme	43
4.4.	Başlangıç Topluluğuna Kopyalama Operatörünün Uygulanması ..	44
4.5.	Başlangıç Topluluğuna Çaprazlama Operatörünün Uygulanması	45
4.6.	Başlangıç Topluluğuna Mutasyon Operatörünün Uygulanması ..	47
5.	UYGULAMALAR	51
5.1.	Yüksek Kirişlerde En uygun Donatı Çapının Genetik Algoritmalar Kullanılarak Belirlenmesine Ait Uygulamalar... ..	51
5.1.1.	Bir nolu girişte en uygun donatı çapının genetik algoritmalar kullanılarak belirlenmesi için yapılan çalışmanın sonuçları	53
5.1.2.	İki nolu girişte en uygun donatı çapının genetik algoritmalar kullanılarak belirlenmesi için yapılan çalışmanın sonuçları	55
5.1.3.	Üç nolu girişte en uygun donatı çapının genetik algoritmalar kullanılarak belirlenmesi için yapılan çalışmanın sonuçları	57
5.1.4.	Dört nolu girişte en uygun donatı çapının genetik algoritmalar kullanılarak belirlenmesi için yapılan çalışmanın sonuçları	59
5.1.5.	Beş nolu girişte en uygun donatı çapının genetik algoritmalar kullanılarak belirlenmesi için yapılan çalışmanın sonuçları	61
5.1.6.	Altı nolu girişte en uygun donatı çapının genetik algoritmalar kullanılarak belirlenmesi için yapılan çalışmanın sonuçları	63
5.2.	Yüksek Kirişlerde Donatı Çaplarının ACI'de Belirtilen Koşullara Göre Belirlenmesine Ait Uygulamalar	64
5.2.1.	Bir nolu giriş için donatı çapının ACI'da belirtilen koşullara göre belirlenmesi	65
5.2.2.	İki nolu giriş için donatı çapının ACI'da belirtilen koşullara göre belirlenmesi	66
5.2.3.	Üç nolu giriş için donatı çapının ACI'da belirtilen koşullara göre belirlenmesi	67
5.2.4.	Dört nolu giriş için donatı çapının ACI'da belirtilen koşullara göre belirlenmesi	68
5.2.5.	Beş nolu giriş için donatı çapının ACI'da belirtilen koşullara göre belirlenmesi	69

5.2.6. Altı nolu giriş için donatı çapının ACI'da belirtilen koşullara göre belirlenmesi	70
5.3. ACI'ya Göre Donatı Ağırlıkları İle Genetik Algoritmalar kullanılarak Belirlenen Donatı Ağırlıklarının Karşılaştırılması.....	71
6. SONUÇLAR	72
KAYNAKLAR	73
EKLER	75
ÖZGEÇMİŞ	128



BETONARME YÜKSEK KİRİŞ TASARIMINDA
GENETİK ALGORİTMALARIN KULLANILMASI
(Yüksek Lisans Tezi)

Mustafa KAYA

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Şubat 2001

ÖZET

Genetik algoritmalar ayırık tasarım değişkenli problemlere çözüm getirmesi nedeni ile son yıllarda bir çok araştırmacının ilgisini çekmektedir. Bu çalışmada yüksek kirişlerde donatı çaplarının optimum tasarımını gerçekleştirmek üzere kesit özellikleri pratikte hazır olan standart kesitlerden seçebilen bir genetik yaklaşım sunulmaktadır. Değerlendirme, seçim, kopyalama, çaprazlama, ve mutasyon operatörlerinden oluşan genetik algoritma kullanılarak yüksek kiriş elemanları için üzerlerine etki eden yükleri belli bir emniyetle taşıyacak şekilde yatay ve düşey ortogonal donatı çapları belirlenmiştir. Yüksek kirişlerin ACI' da belirtilen koşullara göre analizi yapılarak ACI' nin yüksek kirişlerin analizinde uygulamada karşılaşılan güçlükler ve sınırlamalar ortaya konmuştur. Aynı problemlerin geliştirilen bilgisayar programı ile de analizi yapılarak bu programın ne derece kullanışlı olduğu ortaya konmuştur.

Bilim Kodu: 624.03.01

Anahtar Kelimeler: Genetik Algoritmalar, Yüksek Kirişler, Kafes Kiriş analojisi

Sayfa Adeti: 125

Tez Yöneticisi: Doç. Dr. Abdussamet ARSLAN

**DESIGN OF REINFORCED CONCRETE DEEP BEAMS
USING GENETIC ALGORITHMS
(M.Sc. Thesis)**

Mustafa KAYA

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
İNSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
February 2001**

ABSTRACT

Genetic algorithms have attracted great attention due to their ability of providing a solution to discrete optimum design problems. In this study a genetic algorithm approach to select bar diameters from a standard section library to design deep beams is given stated. The horizontal and vertical bars are determined to safely bear the loads acting on the beam using genetic algorithm operators as evaluation, selection, copying, crossover and mutation. Deep beams are analysed according to ACI code provisions and the restrictions and difficulties of the provisions in ACI code are stated. Same problems are analysed using the computer program developed and usefulness of the program is stated.

Science Code: 624.03.01
Key Words: Genetic Algorithm, Deep beam, Truss Analogy
Page Number: 125
Adviser: Doç. Dr. Abdussamet ARSLAN

TEŞEKKÜR

Bu tezin konu tesbitinden son aşamasına kadar her konuda bilgi ve tecrübelerini ve ayrıca hiç tereddüt etmeden büyük bir hoşgörüyü birtakım kaynaklarını, fikirlerini ve desteğini esirgemeyen tez danışmanım Doç. Dr. Abdüssamet Arslan Bey'e teşekkürü bir borç bilirim.



ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge.2.1. Profil numaraları ve profillerin kodları	8
Çizelge.2.2. İkilik kodlama düzeninde rastgele bir bireyin kodu	8
Çizelge.2.3. Permütasyon kodlama türünde rastgele bir bireyin kodu....	8
Çizelge.2.4. Bir noktalı çaprazlama örneği	14
Çizelge.2.5. İki noktalı çaprazlama örneği	15
Çizelge.2.6. Üniform çaprazlama örneği	16
Çizelge.2.7. İkilik kodlu iki farklı bireyin mutasyona uğratılması	16
Çizelge.4.1. Problemden kullanılan tasarım değişkenleri ve bu	
değişkenleri temsil eden kodlar.....	42
Çizelge.4.2. Problemden kullanılan herhangi bir bireyin kromozom yapısı	42
Çizelge.4.3. 10 adet bireyden oluşan başlangıç topluluğu	43
Çizelge.4.4. Başlangıç topluluğunu oluşturan bireylerin uygunluk.....	
değerleri	45
Çizelge.4.5. Başlangıç topluluğunun kopyalamadan sonraki hali	45
Çizelge.4.6. Çaprazlama işlemine tabi tutulacak birinci topluluk	46
Çizelge.4.7. Çaprazlama işlemine tabi tutulacak ikinci topluluk	46
Çizelge.4.8. Çaprazlama işlemi sonunda oluşan birinci topluluk	46
Çizelge.4.9. Çaprazlama işlemi sonunda oluşan ikinci topluluğun yerine Dışarıdan getirilen topluluk	47
Çizelge.4.10. Çaprazlama işlemi sonucunda oluşan yeni topluluk	47
Çizelge.4.11. Mutasyon işlemi sonucunda oluşan yeni topluluk	48
Çizelge.4.12. Dördüncü bölümde genetik algoritmalar kullanılarak yüksek girişlerde en uygun donatı çapının belirlenmesi probleminde uygun bulunan 10 bireyin uygunluk değerleri ve kodları	48
Çizelge.4.13. Şekil.4.1 de verilen yüksek girişin genetik algoritmalarla.... çözümünde en uygun bulunan bireyin uygunluk değeri ve kodu	49

Çizelge.4.14. Şekil.4.1 de verilen yüksek girişin genetik algoritmalarla.... çözümünde en uygun bulunan bireyin kodu ve bu koda.... karşı gelen donatı çapları	49
Çizelge.5.1. Yüksek girişlerin boyutları ve yükleme durumları	51
Çizelge.5.2. Genetik algoritma ile ilgili veriler	52
Çizelge.5.3. Bir nolu giriş için başlangıç topluluğundaki eleman sayısı... 20,40,60,80 ve 100 için yapılan çalışmalarda elde edilen... bireylerin uygunluk değerleri ve kodları	53
Çizelge.5.4. Bir nolu giriş için elde edilen en uygun bireyin uygunluk.... değeri ve kodu	53
Çizelge.5.5. Bir nolu giriş için elde edilen en uygun bireyin kodları ve Bu kodlara karşı gelen donatı çapları.....	53
Çizelge.5.6 İki nolu giriş için başlangıç topluluğundaki eleman sayısı... 20,40,60,80 ve 100 için yapılan çalışmalarda elde edilen... bireylerin uygunluk değerleri ve kodları	55
Çizelge.5.7 İki nolu giriş için elde edilen en uygun bireyin uygunluk.... değeri ve kodu	55
Çizelge.5.8 İki nolu giriş için elde edilen en uygun bireyin kodları ve bu kodlara karşı gelen donatı çapları	55
Çizelge.5.9 Üç nolu giriş için başlangıç topluluğundaki eleman sayısı... 20,40,60,80 ve 100 için yapılan çalışmalarda elde edilen... bireylerin uygunluk değerleri ve kodları	57
Çizelge.5.10 Üç nolu giriş için elde edilen en uygun bireyin uygunluk.... değeri ve kodu	57
Çizelge.5.11 Üç nolu giriş için elde edilen en uygun bireyin kodları ve bu kodlara karşı gelen donatı çapları	57
Çizelge.5.12 Dört nolu giriş için başlangıç topluluğundaki eleman sayısı... 20,40,60,80 ve 100 için yapılan çalışmalarda elde edilen... bireylerin uygunluk değerleri ve kodları	59
Çizelge.5.13 Dört nolu giriş için elde edilen en uygun bireyin uygunluk.... değeri ve kodu	59
Çizelge.5.14 Dört nolu giriş için elde edilen en uygun bireyin kodları ve. ..	

bu kodlara karşı gelen donatı çapları	59
Çizelge.5.15 Beş nolu kiriş için başlangıç topluluğundaki eleman sayısı...	
20,40,60,80 ve 100 için yapılan çalışmalarda elde edilen...	
bireylerin uygunluk değerleri ve kodları	61
Çizelge.5.16 Beş nolu kiriş için elde edilen en uygun bireyin uygunluk.....	
değeri ve kodu	61
Çizelge.5.17 Beş nolu kiriş için elde edilen en uygun bireyin kodları ve	
bu kodlara karşı gelen donatı çapları	61
Çizelge.5.18 Altı nolu kiriş için başlangıç topluluğundaki eleman sayısı...	
20,40,60,80 ve 100 için yapılan çalışmalarda elde edilen...	
bireylerin uygunluk değerleri ve kodları	63
Çizelge.5.19 Altı nolu kiriş için elde edilen en uygun bireyin uygunluk.....	
değeri ve kodu	63
Çizelge.5.20 Altı nolu kiriş için elde edilen en uygun bireyin kodları ve...	
bu kodlara karşı gelen donatı çapları	63
Çizelge.5.21. Bir nolu yüksek kirişin ACI'da belirtilen koşullara göre analizi	
sonucu belirlenmiş olan donatı çapları ve aralıkları	65
Çizelge.5.22. İki nolu yüksek kirişin ACI'da belirtilen koşullara göre analizi	
sonucu belirlenmiş olan donatı çapları ve aralıkları	66
Çizelge.5.23. Üç nolu yüksek kirişin ACI'da belirtilen koşullara göre analizi	
sonucu belirlenmiş olan donatı çapları ve aralıkları	67
Çizelge.5.24. Dört nolu yüksek kirişin ACI'da belirtilen koşullara göre analizi	
sonucu belirlenmiş olan donatı çapları ve aralıkları	68
Çizelge.5.25. Beş nolu yüksek kirişin ACI'da belirtilen koşullara göre analizi	
sonucu belirlenmiş olan donatı çapları ve aralıkları	69
Çizelge.5.26. Altı nolu yüksek kirişin ACI'da belirtilen koşullara göre analizi	
sonucu belirlenmiş olan donatı çapları ve aralıkları	70
Çizelge.5.27. Yüksek kirişlerin ACI'da belirtilen koşullara göre ve EK1'de	
verilen bilgisayar programı ile bulunmuş donatı ağırlıkları.	71

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil.2.1. Kodlama türlerinin açıklanmasında kullanılan kafes kiriş.... kiriş modeli	8
Şekil 2.2. Genetik algoritmaların yapısı	20
Şekil 3.1. Narin kirişlerde kafes kiriş analojisi	24
Şekil.3.2. Çatlaklar oluşmuş narin kirişte kafes kiriş modelin..... oluşturulması	26
Şekil.3.3. Üst kenarından tekil yükle yüklü yüksek kirişte kafes kiriş.. modelin oluşturulması	29
Şekil.3.4. Üst kenarından düzgün yayılı yükle yüklü yüksek kirişte kafes kiriş modelin oluşturulması	30
Şekil.3.5. Alt kenarından düzgün yayılı yükle yüklü yüksek kirişte..... kafes kiriş modelin oluşturulması	31
Şekil.3.6. Basit basınç ve çekme elemanlarından oluşan strut and tie modeli	32
Şekil.3.7. Basit basınç ve çekme elemanlarınınyanında ikincil basınç... ve çekme elemanlarından oluşan strut and tie modeli	33
Şekil.4.1. Dördüncü bölümde genetik algoritmalar kullanılarak yüksek kirişlerde en uygun donatı çapının belirlenmesinde..... kullanılacak olan yüksek kiriş modeli.	41
Şekil.4.2. En uygun bulunan 10 bireyin uygunluk değerleri	49
Şekil.4.3. Şekil.4.1 de verilen yüksek kirişin yatay ve düşey donatı.... çapları.....	50
Şekil.5.1. Bir nolu yüksek kirişin genetik algoritmalar kullanılarak EK1'de verilen bilgisayar programı ile çözülmesi ile bulunan donatı çapları	54
Şekil.5.2. İki nolu yüksek kirişin genetik algoritmalar kullanılarak EK1'de verilen bilgisayar programı ile çözülmesi ile bulunan donatı çapları	56
Şekil.5.3. Üç nolu yüksek kirişin genetik algoritmalar kullanılarak	

	EK1'de verilen bilgisayar programı ile çözülmesi ile bulunan donatı çapları	58
Şekil.5.4.	Dört nolu yüksek kirişin genetik algoritmalar kullanılarak EK1'de verilen bilgisayar programı ile çözülmesi ile bulunan donatı çapları	60
Şekil.5.5.	Beş nolu yüksek kirişin genetik algoritmalar kullanılarak EK1'de verilen bilgisayar programı ile çözülmesi ile bulunan donatı çapları	62
Şekil.5.6.	Altı nolu yüksek kirişin genetik algoritmalar kullanılarak EK1'de verilen bilgisayar programı ile çözülmesi ile bulunan donatı çapları	64
Şekil.5.7.	Bir nolu kirişin ACI'da belirtilen koşullara göre yapılan..... analizleri sonucunda bulunan donatı çapları	65
Şekil.5.8.	İki nolu kirişin ACI'da belirtilen koşullara göre yapılan..... analizleri sonucunda bulunan donatı çapları	66
Şekil.5.9.	Üç nolu kirişin ACI'da belirtilen koşullara göre yapılan..... analizleri sonucunda bulunan donatı çapları	67
Şekil.5.10.	Dört nolu kirişin ACI'da belirtilen koşullara göre yapılan..... analizleri sonucunda bulunan donatı çapları	68
Şekil.5.11.	Beş nolu kirişin ACI'da belirtilen koşullara göre yapılan..... analizleri sonucunda bulunan donatı çapları	69
Şekil.5.12.	Altı nolu kirişin ACI'da belirtilen koşullara göre yapılan..... analizleri sonucunda bulunan donatı çapları	70
Şekil.5.13.	Yüksek kirişlerin ACI'da belirtilen koşullara göre ve EK1'de verilen bilgisayar programı ile bulunmuş donatı ağırlıkları.	71

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar açıklamaları ile birlikte aşağıda verilmiştir.

Simgeler	Açıklama
$f(s)$:	Amaç fonksiyonu
$\emptyset(s)$:	Sınırlandırılmamış amaç fonksiyonu
$\Phi(Z)$:	Hata fonksiyonu
$F(s)$:	Uygunluk fonksiyonu
R :	Hata fonksiyonuna ait katsayı
h :	Kiriş yüksekliği
l :	Kiriş uzunluğu
b_w :	Kiriş genişliği
l_n :	Kirişte temiz açıklık
d :	Kiriş hesap yüksekliği
V_c :	Beton kesitin karşıladığı kesme kuvveti
θ_{min} :	Basınç strutlarının yatayla yaptığı açı
f'_c :	Betonun efektif basınç dayanımı
$j.d$:	Moment kolu
V_n :	Hesap kesme kuvveti
V_s :	Donatının karşıladığı kesme kuvveti
l_n :	Kirişte temiz açıklık
a :	Kiriş kesme açıklığı
ρ_w :	Maksimum eğilmedonatısı oranı
s :	Düşey doğrultudaki kesme donatısı aralığı
s_2 :	Yatay doğrultudaki kesme donatısı aralığı
A_s :	Eğilme donatısı alanı

A_v :	Düsey doğrultudaki kesme donatısı alanı
A_{vh} :	Yatay doğrultudaki kesme donatısı alanı
f_y =	Donatının akma gerilmesi
$\emptyset_{max}$:	Sınırlandırılmamış amaç fonksiyonunun Maksimum değeri

Kısaltmalar

N:	Başlangıç topluluğunun büyüklüğü
L:	Kromozom uzunluğu
P_c :	Çaprazlama oranı
P_m :	Mutasyon oranı

1. GİRİŞ

İnsanlar yeryüzünde varolduğu günden beri hep doğayı taklit etme ihtiyacı duymuş ve hala duymaktadırlar. Bu taklit etme ihtiyacı insanların günlük yaşayışında karşılaştığı problemlerine ve ihtiyaçlarına çözümler bularak hayatlarını kolaylaştırma arayışlarından kaynaklanmaktadır. Bu arayışlar sonucunda zaman içinde değişik alanlarda birçok başarılı çalışmalar yapılmıştır. Son yıllarda yapılan bu çalışmalardan birisi de Yapay zeka sistemleridir.

Yapay zeka sistemleri insan zekasının ve düşüncesinin gerçekleştirdiği işlemlerin bilgisayarlar tarafından yapılmasını sağlamaktadır. Yapay zeka sistemleri, doğada cereyan eden olayları taklit ederek özelleşmiş alanlarda önemli problemleri çözmeye yönelik yazılımlardır.

Yapay zeka sistemleri sayesinde insan zekasının bilgisayarda benzeşimi yapılarak bilgisayarların beceri alanları çözüm yolu önceden basamaklar halinde belirlenmiş problemlerin ötesine çıkartılmıştır. Düşünce gerektiren zor problemleri çözebilen, algılama, yorum, karar verme gibi yeteneklere sahip yapay zeka sistemlerinden birisi de genetik algoritmalarıdır.

Genetik algoritmalar olarak adlandırılan yapay zeka sistemlerinde yürütülen işlemler doğal topluluklara benzer şekilde bilgisayar hafızasına depo edilmiş birimler üzerinde icra edilmektedir.

Evrin teorisi biyolojik sistemleri doğal seleksiyon işleminin devamlı üretimi olarak tanımlamaktadır. Buna benzer olarak genetik algoritmalarda, bilgisayar üzerinde oluşturulan evrim ile tasarım değişkenlerinin çok fazla olduğu optimizasyon problemlerinin çözümünde geleneksel optimizasyon yöntemlerine göre daha verimli sonuçlar vermektedir.

Stokastik bir arama yöntemi olan genetik algoritmalar verilen bir problem için optimum çözümü bulamayabilir fakat geleneksel yöntemlerle çözilemeyen veya çözümü ekonomik olmayan problemlerde optimuma çok yakın değerler vermektedir.

Mühendislik alanında genetik algoritma ile yapılan çalışmalar topoloji, şekil ve boyut optimizasyonlarında olmuştur. "Burkulma yükünü maksimum yapacak şekilde çelik profilleri haddelme suretiyle optimum olarak şekillendirilmesi" (Riche and Haftka,1994) ve "Minimum ağırlıklı kafes kiriş şeklinin belirlenmesi (Sugimoto,1993) örnek olarak verilebilir.

Yapı mühendisliğinin en önemli problemi yapıların en ekonomik biçim ve boyutlarda projelendirilmesi olmuştur. Bu nedenle yapıların minimum ağırlıklı olması projelendirme ilkesi olmuştur. Öte yandan bu ilke içinde projelendirilen yapıların etkiyen yükler altındaki davranışının kabul edilebilir sınırlar içinde kalması gerekir. Böylece etkiyen yüklere emniyetle ve belirli rijitlikle dayanan ve ağırlığı minimum olan yapıların belirlenmesi problemi optimum tasarım problemi olmuştur.

Bilindiği gibi betonarmenin iki ana elemanı beton ve çeliktir. Betonlu oluşturan malzemeler doğada bol miktarda bulunabilmektedir. Çelik ise betona göre doğada az bulunan ve özellikle ülkemizde çok pahalı olan ve yapının maliyetini birinci dereceden etkileyen bir malzemedir. Bu durumda minimum ağırlık optimizasyonu yapıda kullanılan donatının ağırlığı minimum olacak şekilde gerçekleştirilmelidir.

Bu tez çalışmasında genetik algoritmalar kullanılarak yüksek kirişler için en uygun donatı çapının belirlenmesi amaçlanmıştır.

Birinci aşamada yüksek kiriş 3x3 levhalardan oluşan bir eleman olarak düşünülmüştür. Ve bu elemanı oluşturan levhalardaki en uygun yatay ve dikey donatıların çaplarının genetik algoritmalar kullanılarak belirlenmesi basamaklar halinde açıklanmıştır.

İkinci aşamada yükleme durumları ve boyutları farklı altı adet yüksek kirişin en uygun donatı çapları genetik algoritmalar kullanılarak belirlenmiştir.

Üçüncü aşamada bu altı değişik yüksek kirişin ACI'de yüksek kirişler için verilen koşullara göre analizleri yapılarak donatı çapları belirlenmiştir.

Sonuçta ise altı adet yüksek kiriş için genetik algoritmalar kullanılarak bulunan donatı çapları ile ACI'de yüksek kirişler için verilen koşullara göre belirlenen donatı çapları ve ayrıca bu yöntemlerin kolayca uygulanabilirlikleri karşılaştırılmıştır.

2. GENETİK ALGORİTMALAR

Stokastik bir araştırma yöntemi olan genetik algoritmalar Darwin'in "en iyi olan hayatta kalır (survival of the fittest)" prensibine dayalı olarak biyolojik sistemlerin gelişim sürecinin bilgisayar ortamına uyarlanması ile ortaya çıkmıştır. Genetik algoritmalarda yürütülen işlemler doğal topluluklara benzer şekilde bilgisayar hafızasına depo edilmiş birimler üzerinde icra edilmektedir.

Günümüzde optimizasyon problemlerinin çözümü için lineer veya lineer olmayan bir çok yöntem geliştirilmiştir. Optimizasyon problemlerinin bu yöntemlerle tasarım değişkenlerinin sürekli olduğu kabul edilmektedir. Fakat bu kabul her zaman için geçerli olmamaktadır. Bazı problemlerde tasarım değişkenlerinin ve sınırlayıcıların çok fazla olmasından dolayı bu tür problemlerin çözümünde geleneksel optimizasyon yöntemlerinin kullanılması bazen hatalı sonuçlar vermektedir veya çözüm süresi çok fazla olmaktadır. Genetik algoritmalar sezgisel bir yöntem olduğundan dolayı verilen bir problem için optimum sonucu bulamayabilir. Ancak bilinen yöntemlerle çözülemeyen yada çözüm zamanı problemin çözümü ile üstel olarak artan problemlerde optimuma çok yakın değerler vermektedir. Başlangıçta doğrusal olmayan optimizasyon problemlerine uygulanan genetik algoritmalar son zamanlarda gezgin satıcı, atölye çizelgeleme, ders programı hazırlanması gibi karmaşık optimizasyon problemlerine de başarı ile uygulanmıştır.

2.1. Genetik Algoritmaların Tarihçesi

Genetik algoritmaların temel esasları ilk olarak Holland (1975) tarafından ortaya konulmuştur. (Goldberg,1989) Holland tarafından çaprazlama operatörünün bulunması genetik algoritmaların gelişiminde büyük rol oynamıştır. Holland çalışmalarında cinsel birleşme, çoğalma ve doğal seleksiyon etkisi ile çevrelerine çok iyi derecede uyum sağlayabilen türleri

geliştirmek düşüncesinden hareket etmiştir. Genetik algoritmalarla ilgili literatüre geçen ilk çalışma John Holland 'ın Machine Learning adlı çalışmasıdır. Daha sonra bu çalışmadan etkilenen Holland'ın öğrencisi olan David E. Goldberg'in gaz borusu hatlarının denetimi üzerine yapmış olduğu çalışma genetik algoritmaların pratik olarak kullanım alanlarının olabileceğini kanıtlamıştır.

2.2. Genetik Algoritmaların Yaygın Olarak Kullanıldığı Alanlar

Genetik algoritmaların en uygun olduğu problemler geleneksel yöntemler ile çözümü mümkün olmayan yada çözüm süresi problemin büyüklüğü ile üstel orantılı olarak artan problemlerdir. Bu güne kadar genetik algoritmalar ile farklı alanlarda problemlerin çözümüne çalışılmıştır. Bu çalışma alanlarının bazıları şunlardır.

Optimizasyon: Genetik algoritmalar sayısal optimizasyon problemleri olan devre tasarımı, doğrusal olmayan denklem sistemlerinin çözümünde ve fabrika üretim planlamasında kullanılmaktadır.

Otomatik programlama: Genetik algoritmalar bilgisayar programları yardımı ile network sıralamasında (sorting), ders programı hazırlanmasında kullanılmaktadır.

Makine öğrenmesi: Genetik algoritmalar robot sensörlerinde yapay sinir ağlarında, WLSI yonga tasarımı ve protein yapısal analizinde kullanılmaktadır.

Ekonomi: Genetik algoritmalar ekonomik modellerin geliştirilmesinde ve işleminde kullanılmaktadır.

İmmün sistemler: Genetik algoritmalar çok genli ailelerin evrimi esnasında ve doğal immün sistem modellerinde kullanılmaktadır.

Popülasyon genetiği: Genetik algoritmalar evrim ile ilgili sorulara cevap bulmada kullanılmaktadır.

Evrım ve ğrenme: Genetik algoritmalar fertlerin öğrenmesini ve türlerin evrilmesinde kullanılmaktadır.

Sosyal sistemler: Genetik algoritmalar sosyal sistemlerin analizinde kullanılmaktadır.

2.3. Genetik Algoritmaların Yapısı Ve Temel İlkeleri

Genetik algoritmaların ilk aşamasında, tüm mümkün üzümlerin alt kümesinden oluşan bir başlangıç topluluğu elde edilmektedir. Topluluğun her elemanı bir birey olarak kodlanmaktadır. Her birey biyolojik olarak bir kromozoma eşdeğerdir. Topluluktaki her birey bir uygunluk değerine sahiptir. Uygunluk değeri hangi bireyin bir sonraki topluluğa taşınacağını belirlemektedir. Bir bireyin gücü uygunluk değerine bağlı olup iyi bir birey maksimizasyon problemi ise yüksek uygunluk değerine, minimizasyon problemi ise düşük uygunluk değerine sahip olmaktadır. (Michalewicz, 1992)

Herhangi bir problemin üzümünde kullanılan genetik algoritmalar aşağıdaki bileşenlerden oluşmaktadır.

- Topluluğu oluşturacak bireylerin dizi ("kromozom") olarak gösterimi.
- Başlangıç topluluğunun oluşturulması.
- Bireylerin uygunluğunun belirlenmesi ve değerlendirme fonksiyonunun oluşturulması
- Yeni toplulukların elde edilmesi için genetik operatörler.
- Kontrol değişkenleri (aprazlama ve mutasyon operatörlerinin olasılıkları ve topluluktaki eleman sayısı) .

2.4. Kodlama

Genetik algoritmaları diğer yöntemlerden ayıran en önemli özellik değişkenlerin yerine bu değişkenleri temsil eden kodların kullanılmasıdır.

Herhangi bir probleme genetik algoritmanın uygulanmasında ilk adım problem için en uygun kodlama türünün seçilmesidir.

2.4.1 İkilik düzende kodlama

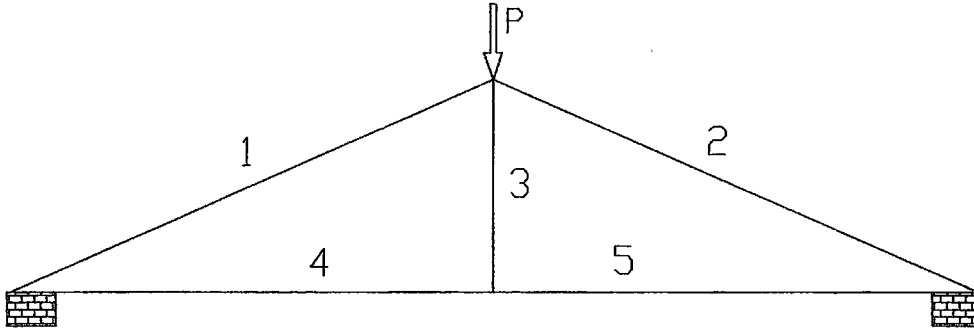
İkilik düzende kodlamada her birey 0 ve 1 rakamlarından oluşmaktadır. (Çizelge.2.2.) Bireyin kromozom uzunluğu parametre veya değişkenlerin alt ve üst sınırları arasındaki tüm noktaları içerecek şekilde seçilmelidir. Birden fazla değişkene sahip bir fonksiyon için kromozom uzunluğu ise her değişken için belirlenen kromozom uzunluklarının toplamına eşittir. (Goldberg,1989)

İkili düzende kodlama çok sık kullanılan bir kodlama türü olmasına rağmen bazı sakıncaları vardır. Çok değişkenli fonksiyon optimizasyonlarında değişkenlerin alt ve üst sınırlarına bağlı olarak elde edilen birey uzunluğu çok büyük olmaktadır. Aynı zamanda gezgin satıcı çizelgeleme v.b. karmaşık optimizasyon problemlerinde ikili düzende kodlama tasarım uzayını tam olarak temsil etmemektedir. Bu nedenle ikili düzende kodlamanın yanında gerçel sayılı kodlama ve permütasyon kodlama türleri de kullanılmaktadır.

2.4.2 . Permütasyon kodlama

Permütasyon kodlama türünde kromozom uzunluğu tasarım değişkenlerinin sayısına eşittir. Permütasyon kodlama türü özellikle tasarım değişkenlerinin birden fazla alt değişkenden oluştuğu problemlerde tercih edilmektedir. Bu kodlama türünün şekil optimizasyonunda üstünlüğü Örnek.2.1. de verilen basit bir örnekle açıklanmıştır. Bu kodlama türünde tasarım değişkenlerinin kodları 1 ile tasarım değişkeni sayısı arasında rastgele seçilen rakamlardan oluşmaktadır.(Çizelge 2.3)

Örnek.2.1. "Şekil 2.1 deki kafes kirişin en uygun şekilde boyutlandırılması" probleminde başlangıç topluluğunda yer alacak herhangi bir bireyin kodunun permütasyon kodlama ve binary kodlama olarak ayrı ayrı gösterilmesi .



Şekil 2.1. Kodlama türlerinin açıklanmasında kullanılan kafes kiriş modeli

Çizelge 2. 1. Profil numaraları ve bu profillerin kodları

Profil No	Profil Kesidi
1	IPE200
2	IPE220
3	IPE240
4	IPE270

Çizelge 2.2. İkili kodlama türünde rastgele bir bireyin kodu

No	1.çubuk				2.çubuk				3.çubuk				4.çubuk				5.çubuk			
Prf.No	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Kod	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0

Çizelge 2.3. Permütasyon kodlama türünde rastgele bir bireyin kodu

No	1.çubuk	2.çubuk	3.çubuk	4.çubuk	5.çubuk
Kod= Prf.No	3	1	4	2	3

2.5. Başlangıç Topluluğunun Oluşturulması

Genetik algoritmaları diğer yöntemlerden ayıran diğer önemli özellik ise noktadan noktaya değil noktaların oluşturduğu bir topluluk içinde aramayı gerçekleştirmesidir. (Goldberg,1989) Bu nedenle genetik algoritmanın ilk adımı başlangıç topluluğunun oluşturulmasıdır. Değişken sayısı L olan bir problemde, başlangıç topluluğundaki eleman sayısının $2L \sim 4L$ arasında olmasını tavsiye edilmektedir.(Turgut, 1995)

Başlangıç topluluğu en basit olarak rastgele oluşturulmaktadır. Ancak özellikle sınırlı optimizasyon problemlerinde başlangıç topluluğunun rastgele oluşturulması sonucunda uygun olmayan, sınırları sağlamayan çözümler ortaya çıkmaktadır. Bu durumu ortadan kaldırmak için problem için geliştirilen sezgisel yöntemlerden faydalanmaktadır. Literatürde başlangıç topluluğunun oluşturulmasında sezgisel yöntemlerden yararlanan çeşitli çalışmalar vardır. Örneğin Grefenstette gezgin satıcı probleminde gredey sezgisellerinden faydalanırken, Kapsalis ve arkadaşları Stenier ağaç probleminde minimum ağaç yaklaşımını, Thiel ve Vass 0-1 Sırt çantası problemlerinde ekleme-çıkarma sezgiselini Chen ve arkadaşları ise çizelgeleme problemi için Capbell Dubek-Smith ve Dannenbrig sezgisellerinden yararlanmıştır. (Altıparmak, 1996)

2.6. Değerlendirme

Her jenerasyonda topluluktaki bireylerin bir değerlendirme fonksiyonu ile uygunluk değerleri hesaplanmaktadır. Uygunluk değeri bir sonraki topluluğu oluşturacak yeni aday çözümlerin elde edilmesi için mevcut topluluktan hangi aday çözümlerin kullanılacağına belirlenmesinde rol oynamaktadır. Genetik algoritmalarda kullanılan değerlendirme fonksiyonu problemin amaç fonksiyonudur. Fakat bazı problemlerde amaç fonksiyonları tasarım değişkenleri ile sınırlandırılmış olabilir. Bu durumda tasarım değişkenleri ile

sınırlandırılmış amaç fonksiyonlarının iki adet dönüşüm işlemi ile tasarım değişkenlerinden bağımsız sınırlandırılmamış amaç fonksiyonlarına dönüştürülmesi gerekir. (Rao, 1995)

Birinci dönüşümde sınırlandırılmış amaç fonksiyonu $f(s)$ 'e aşağıdaki dönüşüm uygulanarak sınırlayıcısız amaç fonksiyonu $\emptyset(s)$ 'e dönüştürülmektedir. Bu dönüşümde hata fonksiyonları kullanılmaktadır.

$$\emptyset(s) = [f(s) + R \cdot \sum \Phi(Z)] \quad (2.1)$$

Eğer $Z > 0$ ise $\Phi(Z) = Z^2$

eğer $Z \leq 0$ ise $\Phi(Z) = 0$ (2.2)

İkinci dönüşümde ise $\emptyset(s)$ sınırlandırılmamış amaç fonksiyonu uygunluk fonksiyonu $F(s)$ 'e dönüştürülmektedir.

$$F(s) = \emptyset_{\max} [f(s) + R \cdot \sum \Phi(g_j(x))] \quad F(s) = \emptyset_{\max} - \emptyset(s) \quad (2.3)$$

$f(s)$: Sınırlandırılmış amaç fonksiyonu

R : Önceden belirlenmiş hata katsayısı ($R=10, 100, \dots$)

$\Phi(Z)$: Hata fonksiyonu

$\emptyset(s)$: Sınırlandırılmamış amaç fonksiyonu

$\emptyset_{\max}$: Sınırlandırılmamış amaç fonksiyonunun maksimum değeri

$F(s)$: Uygunluk fonksiyonu

Denklemler 2.3 den bireylerin uygunluk değerleri hesaplanmaktadır. (Rao, 1995)

Daha sonra bu uygunluk değerlerine göre aşağıdaki yöntemlerden herhangi birisi ile bir sonraki aşamada kullanılacak bireyler belirlenmektedir.

Minimizasyon problemlerinde orantılı seçim yöntemleri kullanıldığında uygunluk değerlerinin hesaplanması için amaç fonksiyonunun doğrudan

kullanılması mümkün olmamaktadır. Çünkü bu seçim mekanizmalarında uygunluğun maksimizasyonu ile ilgilenilmektedir. Minimizasyon problemlerini maksimizasyon problemlerine dönüştürmek için kullanılan bir yöntem minimizasyon probleminin amaç fonksiyonunu (-1) ile çarpmaktır. Ancak genetik algoritmalarda uygunluk değerlerinin pozitif olması koşulundan dolayı bu yöntem kullanılmamaktadır. Genetik algoritmalar ile çözülen bir minimizasyon problemi başlangıçta belirlenen büyük bir değerden problemin amaç fonksiyonu değeri çıkartılarak maksimizasyon problemine dönüştürülmektedir. (Goldberg,1989)

2.7. Seçim Yöntemleri

Başlangıç topluluğu oluşturulduktan sonra her jenerasyonda yeni topluluğun bireyleri bir seçim süreci ile mevcut topluluğun bireyleri arasından seçilmektedir. Yüksek uygunluk değerine sahip bireyler yeni bireylerin elde edilmesinde yüksek olasılığa sahip olmaktadır. Bu operatör doğal seçimi yapay olarak gerçekleştirmektedir. Doğal toplulukların uygunlukları bireylerin büyümesi ve çoğalmasının engellere karşı koyma yeteneği ile belirlenmektedir. Kullanılan çeşitli seçim yöntemleri aşağıda özetlenmektedir.

2.7.1. Orantılı seçim yöntemleri

2.7.1.1. Rulet Çemberi ile seçim yöntemi

Genetik algoritmalarda kullanılan en basit seçim yöntemi Rulet çemberi (Roulette Wheel) yöntemidir. Bu yöntemde çember N eşit aralığa bölünmektedir. Çemberdeki i . aralık topluluktaki i . elemanı temsil etmektedir. Ve bu aralığın genişliği, bu bireyin seçilme olasılığına eşittir. Bu durumda çemberdeki aralık genişliklerinin toplamı 1'e eşittir. Seçim aşamasında çember N defa çevrilmektedir. Her çevirmede rulet kadrınının gösterdiği birey yeni topluluğa kopyalanmaktadır.(Goldberg, 1989)

Rulet çemberi yöntemi basit olmasına karşın bir stokastik hataya sahiptir. Yeni toplulukta her bireyin beklenen kopya sayısı ile gerçekleşen kopya sayısı arasında fark olmaktadır. İleriki jenerasyonlarda bu hata artmakta ve teorik olarak tahmin edilenden çok daha farklı yönlerde aramaya devam edilmektedir. Bu olay jenerasyonların zamansız olarak yakınsamasına sebep olabilmektedir.

2.7.1.2. Stokastik artan seçim yöntemi

Bu yöntemde öncelikle topluluktaki dizilerin beklenen kopya sayısı (μ_i) hesaplanmaktadır. Her bireyin beklenen değerinin tamsayı kadar kopyası yeni topluluğa kaydedilmektedir. Topluluk genişliğine ulaşılmadıysa topluluğu doldurmak için beklenen değerlerin kesirli kısımları olasılıklı olarak kullanılmaktadır. Kesirli kısımların kullanımında iki yaklaşım söz konusudur. Birinci yaklaşım yerine koymadan seçimdir. Bu yaklaşımda kesirli kısım olasılık değeri olarak dikkate alınır. Örneğin bir bireyin kopyasının beklenen değeri 1,5 ise bu bireyin bir kopyası yeni toplulukta yer almaktadır. Diğer kopyasının toplulukta olma ihtimali ise %50 dir. Diğer yaklaşım ise yerine koyarak seçimdir. Bu yaklaşımda rulet çemberi kullanılmaktadır. Kesirli kısımlar çemberdeki aralıkların belirlenmesinde kullanılmaktadır. (Altıparmak,1996)

2.7.1.3. Stokastik universal seçim yöntemi

Bu yöntem rulet çemberi ile seçim yöntemine benzemektedir. En önemli farkı çemberin dış kısımlarında eşit parçalara bölünmesidir. Bu parçaların sayısı topluluğun genişliğine eşittir. Seçim aşamasında çember bir defa döndürülür. Bir bireyin kopya sayısı çemberin dış kısmındaki parça sayısı ile belirlenmektedir. Bu durumda bir bireyin çemberdeki ağırlıklandırılmış ağırlığına düşen parça sayısı o bireyin kopya sayısını vermektedir. (Goldberg, 1991)

2.7.2. Sıralı seçim yöntemi

Bu mekanizmanın işleyişi şu şekilde özetlenmektedir. Öncelikle topluluktaki bireyler uygunluk değerlerine göre en iyiden en kötüye doğru sıralanmaktadır. Bir azalan fonksiyon yardımı ile bireylere kopya sayısı atanmaktadır. Kullanılan en genel atama fonksiyonu ise doğrusaldır. Bir fonksiyon yardımı ile atanan kopya sayıları yeni topluluğun oluşturulmasında kullanılmaktadır. Bu aşamada orantılı seçim mekanizmalarından birisi kullanılarak yeni topluluk elde edilmektedir. Bir toplulukta seçim baskısını kontrol edebilmek için en iyi bireyin kopya sayısının 1 ile 2 arasında olması gerektiği belirtilmektedir. Sıralı seçim mekanizmasının iki büyük avantajı vardır. Birincisi açıklanan sebeplerden dolayı kullanılması gereken ölçeklendirme fonksiyonlarının bu seçim mekanizmasında kullanılmasına gerek olmayışıdır. İkincisi ise minimizasyon problemlerinde de uygunluk değerlerinin amaç fonksiyonu değerlerine eşit alınmasıdır. Bu durum orantılı seçim mekanizmalarında geçerli değildir.

2.7.3. Turnuva seçim yöntemi

Sıralı seçim mekanizmasının sahip olduğu avantajlara sahip olan bu mekanizmada topluluktan rastgele bir grup birey seçilmektedir. Bu grup içindeki en iyi uygunluk değerine sahip birey yeni topluluğa kopyalanmaktadır. Topluluk genişliğine ulaşıncaya kadar bu işleme devam edilmektedir. Genellikle grup genişliği iki alınmaktadır. Ancak bu sayının artırılması da mümkündür.(Goldberg, 1989)

2.7.4. Denge durumu seçim yöntemi

Bu mekanizmanın işleyişi diğerlerinden farklıdır. Anlatılan yöntemlerde öncelikle mevcut topluluktan bireylerin seçimi ile yeni topluluk elde edilmekte ve elde edilen topluluğa genetik operatörler uygulanarak yeni bireyler elde

2.8.2. İki noktalı çaprazlama operatörü

Bu çaprazlama operatörünün bir noktalı çaprazlama operatöründen tek farkı 1 ile L-1 arasında rastgele iki farklı kesme noktasının seçilmektedir. Yeni bireyler eşleşen bireylerin bu kesme noktaları arasındaki bölgelerinin yerdeğiştirmesi ile elde edilmektedir. Çizelge 2.5.de 3. ve 6. kesme noktaları arasındaki sitelerde gerçekleştirilen iki noktalı çaprazlama örneği verilmiştir.

Çizelge 2.5. İki noktalı çaprazlama örneği

1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1
ebeveyn1								çocuk1							
1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
ebeveyn2								çocuk2							

2.8.3. Üniform çaprazlama operatörü

Bu operatörde öncelikle üniform çaprazlamada kullanılmak üzere geçici olarak ikili düzende rastgele bir birey oluşturulmaktadır. Bu bireyin kromozom uzunluğu topluluktaki diğer bireylerin kromozom uzunluklarına eşittir. Geçici bireyin kromozomunun n. sitesinin kodu 0 ise birinci yeni bireyin n. sitesinde 1. eski bireyin kodu ikinci yeni bireyin n. sitesinde 2. eski bireyin kodu kullanılacaktır. Aynı şekilde geçici bireyin kromozomunun n. sitesinin kodu 1 ise birinci yeni bireyin n. sitesinde 2. eski bireyin kodu ikinci yeni bireyin n. sitesinde 1. eski bireyin kodu kullanılacaktır. Çizelge 2.6 da üniform çaprazlama örneği verilmiştir. (Syswerda, 1991) Bu çaprazlama yönteminde kullanılacak olan geçici birey sayısının toplulukta çaprazlama işlemine tabi tutulacak çift sayısına eşit olması ve bu geçici bireylerin birbirine benzememesi çaprazlama operatörünün verimliliğinde etkili olmaktadır.

Çizelge 2.6. Üniform çaprazlama örneği

0	1	1	0	0	1	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---

Geçici dizi

1	0	1	1	0	1	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---

ebeveyn1

1	0	0	1	0	0	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---

ebeveyn2

1	0	0	1	0	0	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---

çocuk1

1	0	1	1	0	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

çocuk2

2.9. Mutasyon Operatörü

Sınırlı bir topluluk üzerinde çalışıldığında bir süre sonra topluluktaki bazı genetik bilgilerin erkenden kaybolma ihtimali vardır. Bir kromozomu oluşturan genlerin tümü aynı olabilmektedir. Böyle bir kromozomu çaprazlama operatörü ile değiştirmek mümkün değildir. Bu durumda topluluğu oluşturan kromozomlara belli oranda dışarıdan müdahale ederek kromozom üzerinde rastgele seçilmiş sitedeki gen değişikliğe uğratılmaktadır.(Goldberg, 1989) Çizelge 2.7.) Mutasyon oranının 0.0001 ile 0.05 arasında alınması tavsiye edilmektedir. (Erbatur ve Hasancebi,1999)

Çaprazlama vasıtasıyla üretemediğimiz uygunluk değeri yüksek bireyleri mutasyonla üretebilme imkanımız vardır. Bunun yanında uygunlukları yüksek olan bireylerin mutasyon sonucunda bozulma tehlikesi de bulunmaktadır.

Çizelge 2.7. İkili kodlu iki farklı bireyin mutasyona uğratılması

1.Birey	2.Birey
0 1 0 1 0 <u>1</u> 1	0 1 0 1 0 <u>0</u> 1
Mutasyondan önce	Mutasyondan önce
↓	↓
0 1 0 1 0 <u>0</u> 1	0 1 0 1 0 <u>1</u> 1
Mutasyondan sonra	Mutasyondan sonra

2.10. Genetik Algoritmanın Üstünlükleri

Genetik algoritmalar herhangi bir optimizasyon probleminin çözümüne optimum çözüm olması muhtemel bir tek birey yerine başlangıç topluluğu olarak adlandırılan bir topluluk ile başlamaktadır.

Genetik algoritmalar ile optimizasyon problemlerinin çözümünde geleneksel optimizasyon yöntemlerine göre yerel optimum tuzaklarına yakalanma riski daha azdır.

Genetik algoritmalar optimizasyon problemlerinin çözümünde sınırlandırılmamış amaç fonksiyonlarını kullanılmaktadır. Sınırlandırılmamış amaç fonksiyonlarının kullanılması çok değişkenli optimizasyon problemlerinin de çözümüne imkan sağlanmaktadır.

Sıradan bir araştırma tekniği olmayan Genetik algoritmalar en iyi amaç fonksiyonu ve en iyi uygunluk fonksiyonu değerlerini kullanarak her jenerasyonda uygunluk değeri daha yüksek yeni kombinozomların keşfedilmesini sağlar.

Genetik algoritmalar tasarım uzayının süreksiz ve konveks olmadığı durumlarda ve tasarım değişkenlerinin karışık, sürekli, süreksiz olduğu durumlarda da optimizasyon problemlerine uygulanabilmektedir.

Klasik optimizasyon yöntemlerinde amaç fonksiyonlarının birinci türevleri nin bulunması gerekmektedir. Bazı karmaşık optimizasyon problemlerinde ise amaç fonksiyonunun türevinin bulunması ya çok zor veya imkansızdır. Genetik algoritmaların optimizasyon problemlerinde kullanımında ise klasik optimizasyon yöntemlerinin aksine amaç fonksiyonlarının türevlerine ihtiyaç yoktur.

2.11. Genetik Algoritmanın Performansını Etkileyen Faktörler

Mutasyon oranı: Kromozomlar birbirine benzemeye başladığında hala çözüm noktalarının uzağında bulunuyorsa mutasyon işlemi genetik algoritmayı sıkıştığı yerden kutarmak için tek yoldur. Ancak yüksek bir değer vermek genetik algoritmayı kararlı bir noktaya ulaştırmaktan alıkoyacaktır.

Çaprazlama site sayısı: Normal olarak çaprazlama tek noktada gerçekleştirilmekle beraber yapılan araştırmalar bazı problemlerde çok noktalı çaprazlamanın çok yararlı olduğunu göstermiştir.

Çaprazlama sonucunda elde edilen bireylerin nasıl değerlendirileceği: Elde edilen iki bireyin birden kullanılıp kullanılmayacağı bazen önemli olmaktadır.

Nesillerin birbirinden ayrık olup olmadığı: Normal olarak her nesil tümüyle bir önceki nesle bağlı olarak yaratılır. Bazı durumlarda yeni nesli eski nesil ile birlikte yeni neslin o ana kadar elde edilen bireyleri ile yaratmak yararlı olabilir.

Kodlama gösteriminin nasıl yapıldığı: Nasıl olduğu yeterince açık olmamakla beraber genetik algoritmanın performansını etkileyen bir noktadır. İkilik düzen kodlama, permütasyon kodlama ve gerçel sayılı kodlama en yaygın kodlama yöntemleridir.

Başarı değerlendirmesinin nasıl yapıldığı: Akıllıca yazılmamış bir değerlendirme işlevi çalışma zamanını uzatabileceği gibi çözüme hiçbir zaman ulaşılmamasına neden olabilir.

2.12. Kontrol parametreleri

Bir genetik algortmada başlangıç topluluğunun büyüklüğü, çaprazlama oranı, mutasyon oranı, olmak üzere üç farklı kontrol parametresi vardır. Bir genetik

algoritmanın performansı bu parametrelerin değerine çok bağlıdır. Bu nedenle bir probleme genetik algoritmaları uygulamadan önce parametrelerin en iyi kombinasyonunun belirlenmesi gerekir.

2.12.1. Başlangıç topluluğunun büyüklüğü(N)

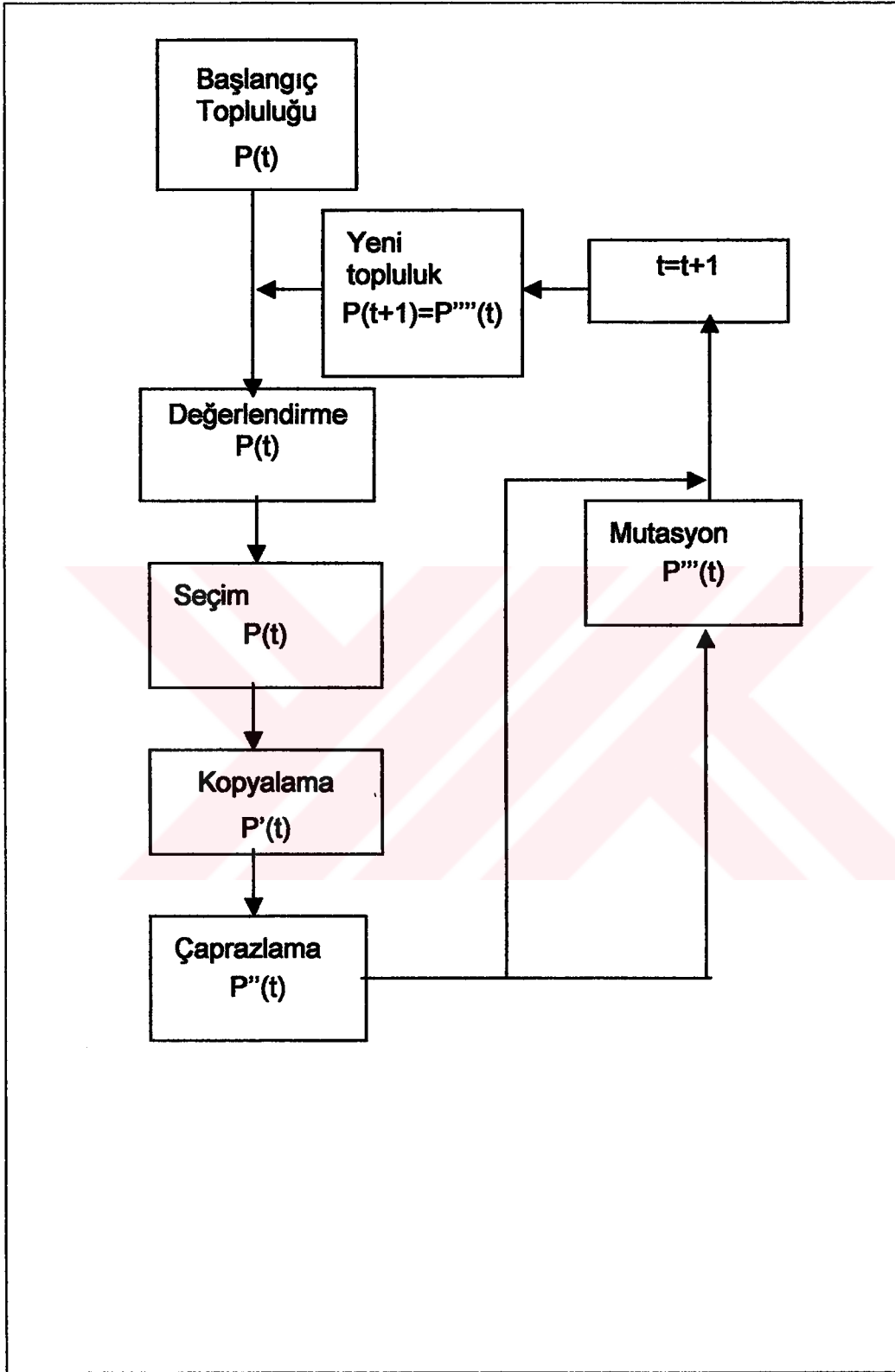
Başlangıç topluluğunun büyüklüğü algoritmanın yakınsaması ile ilgilidir. başlangıç topluluğunun büyüklüğü küçük olduğunda genetik algoritmanın performansı azalmaktadır. Çünkü küçük yığınlar arama uzayını örneklemede yetersiz kalmaktadır ve zamansız yakınsamaya sebep olmaktadır. Başlangıç topluluğunun büyüklüğünün büyük olması ise çözüm uzayının çok iyi örneklenmesini sağladığı için aramanın etkinliğini artırır ve zamansız yakınsamayı önlemektedir. Ancak başlangıç topluluğunun büyüklüğü büyük olduğunda her iterasyonda dizilerin değerlendirilmesi çalışma zamanını artırmakta ve yakınsama çok yavaş gerçekleşmektedir.

2.12.2. Çaprazlama oranı (P_c)

Çaprazlama oranı çaprazlama operatörünün kullanım sıklığını kontrol etmektedir. Her yeni yığında $P_c \cdot N$ adet diziye çaprazlama operatörü uygulanmaktadır. Yüksek çaprazlama oranı topluluk değişkenliğini hızlı bir şekilde gerçekleştirmektedir. Düşük çaprazlama oranı aramanın çok yavaş gerçekleşmesine sebep olmaktadır.

2.12.3. Mutasyon oranı (P_m)

Seçim işlemi ile elde edilen yeni yığındaki her dizinin her elemanı P_m mutasyon oranına eşit bir olasılıkla rastgele değişime uğramaktadır. Yüksek mutasyon oranı genetik algoritmanın yapmış olduğu aramayı rastgele aramaya dönüştürdüğünden mutasyon oranının düşük olması tercih edilmelidir.



Şekil 2.2. Genetik algoritmaların yapısı

3. YÜKSEK KİRİŞLER

Bazı betonarme elemanlar açıklıklarına oranla normalden çok büyük yüksekliğe sahip olmalarından dolayı klasik kiriş davranışından farklı davranış göstermektedir. Bu elemanların düzlemine dik doğrultudaki kalınlıkları hem açıklıklarından hemde derinliklerinden çok küçüktür. Bu elemanların tanımının yapılmasında ülkelerin yönetmelikleri arasında tam bir uyum bulunmamakla birlikte yapılmış olan bazı tanımlar şunlardır.

TS 500'e göre: Sürekli kirişlerde kiriş açıklığının kiriş yüksekliğine oranı 2.5, basit kirişlerde kiriş açıklığının kiriş yüksekliğine oranı 2 den küçük olan kirişler yüksek kiriş olarak kabul edilmektedir. (TS 500, 1984)

ACI'ya göre: Eğilme hesabında; Sürekli kirişlerde kiriş temiz açıklığının kiriş yüksekliğine oranı $5/2$, basit kirişlerde kiriş temiz açıklığının kiriş yüksekliğine oranı $5/4$ den küçük olan kirişler yüksek kiriş olarak kabul edilmektedir. (ACI, 1999)

ACI'ya göre: Kesme hesabında; Kiriş açıklığının kiriş yüksekliğine oranı 5 ten küçük olması ve kirişin üst yüzünden yüklenmesi durumunda kiriş yüksek kiriş olarak kabul edilmektedir. (ACI, 1999)

Bir başka tanımlama ise şu şekilde yapılabilir. Yükünün önemli bir kısmı yük ve reaksiyonlar arasında oluşan basınç kemeri ile taşıtılan kirişler yüksek kiriş olarak kabul edilmektedir. Bu durum tekil yük ile yüklü kirişlerde tekil yük mesnede kiriş faydalı yüksekliğinden daha yakınsa veya düzgün yayılı yük ile yüklü kirişlerde kiriş açıklığının kiriş yüksekliğine oranı 5 den daha az ise sağlanmaktadır. (ACI, 1999)

3.1. Yüksek Kirişlerin Kullanıldığı Yerler

Bu tür elemanlar dörtgen tankların duvarlarında ve depolarında, yer diyaframlarında, kesme duvarlarında, katlanmış çatı plaklarında, haznelerde, rıhtım duvarlarında ve silolarda kullanılmaktadır.(Nilson, 1997)

3. 2. Yüksek Kirişlerin Davranışı

Yüksek kirişlerin açıklıklarının yüksekliklerine oranı normal kirişlere göre çok küçük olduğundan davranışları da normal kirişlerin davranışlarından donatının detaylandırılması, tasarım ve analizde önemli ölçüde farklılık göstermektedir.

Yüksek kirişlerde çatlamaadan önceki gerilmeler iki boyutlu elastisite veya sonlu elemanlar yöntemleri ile belirlenebilir. Fakat bu yöntemlerin esası olan düzlem kesitlerin eğilmeden sonrada düzlem kalacakları hipotezi yüksek kirişler için geçerli değildir. Bu elemanlarda yüksek kayma gerilmeleri nedeni ile kesitler önemli oranda çarpılmaktadır. Bu yüzden yüksek kirişlerde eğilme gerilmeleri elastik durumda bile doğrusal olarak dağılmazlar. Bu elemanlarda servis yüklerinden oluşan dönmeler fazla değildir. Yüksek kirişlerde elastik analiz kesme ve eğilme çatlaklarının yerlerinin ve doğrultularının belirlenmesinde kullanılmaktadır. Kirişin taşıma gücünü belirlemek için dayanım analizinin yapılması gerekir.(Nawy, 1996)

Yüksek kirişlerde kesme kuvveti dört mekanizma ile taşınmaktadır.

Çatlamamış beton basınç bölgesinin taşıdığı kesme kuvveti ; V_{cc}

- Çekme donatısının kaldıraç görevi üstlenerek taşıdığı kesme kuvveti ; V_{cd}
- Agreganın geometrisinden dolayı çatlak yüzeyinde oluşan çatlak içi kayma gerilmeleri ; V_{ci}

- Kayma donatısının taşıdığı kesme kuvveti ; V_{cs}

$$V_c = V_{cc} + V_{cd} + V_{cl} + V_{cs} \quad (3. 1)$$

Yüksek kirişlerde üç tür kırılma görülmektedir;

- Yeterli gövde donatısının bulunmadığı durumlarda asal çekme gerilmelerinden oluşan eğik çatlaklar kırılmaya neden olabilmektedir.
- Gövde betonunun asal basınç gerilmelerinden dolayı ezilmesi kırılmaya neden olabilmektedir.
- Mesnet dolaylarında ankrajın yok olması ile kiriş yük taşıma kapasitesini yitirebilmektedir.

3.3. Kafes Kiriş Analojisi

1899 ve 1902 yıllarında sırası ile İsveçli mühendis Ritter ve Alman mühendis Mörsch birbirlerinden bağımsız olarak betonarme kirişlerin kesme tasarımları için kafes kiriş analojisini anlatan çalışmalarını açıklamışlardır. Bu bilim adamları çalışmalarında kesme nedeni ile göçen etriyeli kirişler için en iyi modelin kafes kiriş modeli olduğunu belirtmişlerdir.

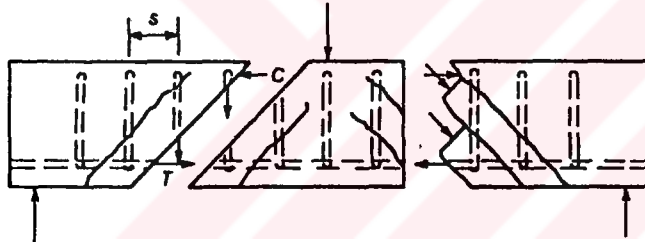
Bir kirişin kesme analizini yapmakta kullanılan kafes kiriş modelini oluştururken şu kabuller yapılmaktadır.

Göçme yüküne ulaşıldığında bütün etriyelerin aktığı kabul edilerek oluşturulan kafes kiriş modeline plastik kafes kiriş modeli denir. Bu durumda A_v etriye bacaklarının alanı olmak üzere her bir etriye çatlak boyunca $A_v.f_y$ kadar bir kuvvet aktarabilecektir. Kafes kiriş etriyeleri kiriş betonu kırılmadan önce akacak şekilde boyutlandırılmalıdır. Böylece kiriş betonunun ezilmesinden dolayı gevrek kırılmaya müsaade edilmeyecektir.

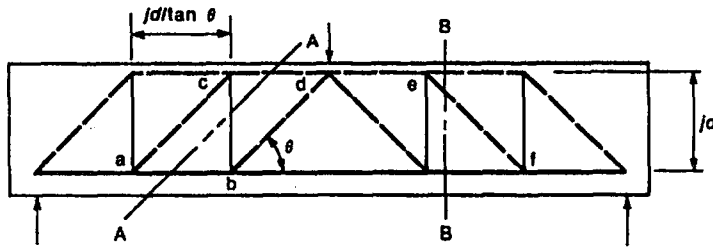
Kafes kiriş modeli oluşturulurken esas kirişteki çatlamamış betonun taşıdığı kesme kuvveti, çatlamış kesitteki agregaların kendi aralarında sürtünmelerinden dolayı oluşan sürtünme kuvveti ve kirişteki eğilme donatısının karşıladığı kesme kuvveti ihmal edilmektedir. Bu yapıldığında kafes kiriş izostatik hale gelmektedir. Kafes kiriş analojisi narin kirişler için ve yüksek kirişler için olmak üzere ayrı ayrı açıklanmıştır.

3.3.1. Narin Kirişler İçin Kafes Kiriş Analojisi

Şekil 3.1.a da gösterilen eğik çatlaklı kirişte çatlaklar arasında oluşan diyagonallarda basınç kuvvetleri, düşey doğrultudaki etriyelerde çekme kuvvetleri kirişin üstünde C ve kirişin altında T ile gösterilen kuvvetler oluşmaktadır.



(a) Çatlak Kirişte İç Kuvvetler



(b) Plastik Kafes Kiriş

Şekil.3.1 Narin Kirişte Kafes Kiriş Analojisi

Şekil 3.1.b de A-A kesitinde bulunan bütün etriyeler tek bir düşey eleman olan b-c ile ve B-B kesitindeki diyagonal beton elemanları diyagonal e-f elemanı olarak gösterilebilir. B-B kesitindeki kesmeye karşı koymak için bu diyagonal eleman basınç kuvveti almaktadır. Kafes kirişin üst yüzü boyunca

uzanan basınç elemanı gerçekte kafesin bir elemanı olmayıp uygulanan dış yükten dolayı betonda oluşan basınç kuvvetidir. Bu kafes modelde basınç elemanları kesikli çizgilerle, çekme elemanları ise sürekli çizgilerle gösterilmişlerdir.

3.3.2. Plastik Kafes Modelin Oluşturulması

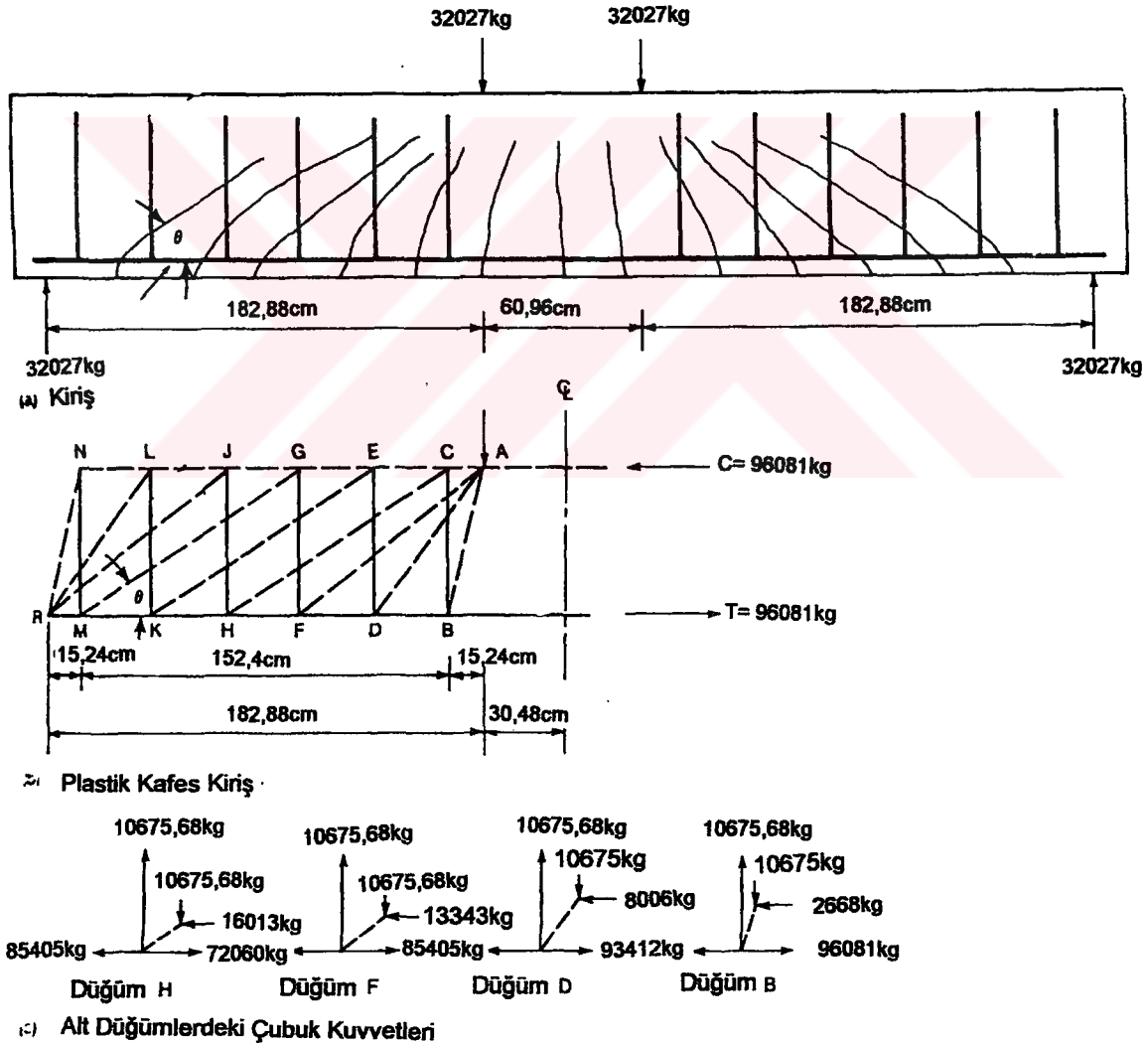
Şekil 3.2.a da eğik çatlaklı bir kiriş gösterilmektedir. Bu kirişteki etriyelerin aktığı kabul edilmektedir. Bu yapıldığında kafes kiriş izostatik hale gelmektedir. Bu kiriş için en uygun plastik kafes kiriş modeli şekil 3.2.b de verilmiştir. Bu kirişin sol tarafı için şekil 3.2.b de gösterilen kafes kiriş şekli belirlenmiştir. Kafes kiriş şeklini belirlerken şu kabuller yapılmıştır. (MacGroger, 1998)

- Çatlaklar $\theta=25\sim65$ derece arasında olacak şekilde yatayla θ kadar bir açı yaparlar.
- Kesme kuvvetlerinin tamamı etriyeler tarafından karşılanır.
- Kiriş eş zamanlı kesme ve eğilme göçmesinin sınırındadır.Yani bütün etriyeler akmıştır ve herbiri $A_v.f_y$ 'ye eşit düşey bir kuvvet taşımaktadır.

Şekil.3.2'deki kirişte açıklık ortasında oluşan eğilme momenti 5857105 kg.cm'dir. Moment kolu(j.d)=(d-a/2)=60.96cm kabul edilerek açıklık ortasındaki basınç ve çekme kuvvetleri C ve T şekil 3.2.b de gösterildiği üzere 96081,12 kg bulunur. A noktasından düşeyde etkiyen 32027,04 kg'lık yük etriyelere diyagonal basınç elemanları ile aktarılmalıdır. Herbir etriye 10675,68 kg'lık düşey kuvvete karşı koyabildiğinden 32027,04 kg'ı taşımak için üç etriye gerekmektedir. Düşeyde etkiyen 32027,04 kg kuvvet A-B, A-D ve A-F den oluşan üç diyagonal ile kafes kirişin altındaki B, D ve F düğümlerine aktarılır. Etriyedeki düşey kuvvet $A_v.f_y=10675,68$ kg'dır. Diyagonal eleman a-b'deki kuvvetin düşey bileşeni B düğümünde dengenin

sağlanması için 10675,68 kg olmalıdır. A-B'nin eğiminden 2668,9 kg'lık bir yatay bileşene sahip olması gerektiğini buluruz. Açıklık ortasında alt donatıdaki çekme kuvveti $T=96081,12$ kg'dır. B deki yatay kuvvetleri toplayarak B ve D arasındaki çekme kuvveti $96081,12 - 2668,9=93412,2$ kg bulunur. D ve F düğümleri içinde benzer hesaplamalar yapılmıştır.

BC etriyesi 10675,68 kg'lık düşey kuvveti kafesin tepesindeki C düğümüne iletmektedir. Bu C düğümünde C-H diyagonalindeki basınç kuvvetinin düşey bileşeni ile BC etriyesindeki çekme kuvveti ile dengelenmektedir.



Şekil.3.2 Çatlaklar oluşmuş narin kirişte kafes kiriş modelin oluşturulması

Yük ile başlayan basınç diyagonallerine (A-B, A-D ve A-F) basınç yelpazesi denir. Yelpazedeki benzer diyagonallerin sayısı öyle olmalıdır ki A daki düşey yük A da birleşen diyagonallerin düşey bileşenleri ile karşılanabilsin. Benzer bir basınç yelpazesi R mesnedinde R-N, R-L ve R-J'den oluşmaktadır. Basınç yelpazeleri arasında paralel diyagonal elemanlardan (C-H, E-K ve G-M) oluşan bir basınç bölgesi vardır. Basınç bölgesinin açısı θ yelpazelerdeki düşey kuvveti dengelemek için gereken etriye sayısından bulunur. (MacGroger, 1998)

3.3.3. Basınç Diyagonallarının Yaptıkları Açının Belirlenmesi

Etriyeli bir kiriş göçmeye kadar yüklendiğinde eğik çatlaklar yatayla 35~45 derecelik bir açı yaparlar. Çatlak genişliklerinin kontrolü için ilgili standartlarda θ için şu sınırlamalar yapılmıştır. (MacGroger, 1998)

İsveç standardında; θ 'nın izin verilebilir sınırı $0,5 \leq \cot \theta \leq 2$ ($\theta=26\sim64$ derece) dir.

Euro-International Concrete Committee'nin (CEB) model standardında daha fazla sınırlandırılmış olan θ 'nın izin verilebilir sınırı $3/5 \leq \cot \theta \leq 5/3$ ($\theta=31\sim59$ derece) arasındadır. (CEB, 1978)

Colins ve Mitchell yapmış oldukları deneysel çalışmaların sonuçlarına dayanarak θ için şu sınırları önermişlerdir. (MacGroger, 1998)

$$\theta_{\min} = 10 + 110(V_u / \phi \cdot f_c' \cdot b_w \cdot j \cdot d) \quad (3.2)$$

Tasarımda θ 'nın değeri $25^\circ \leq \theta \leq 65^\circ$ sınırları arasında olmalıdır. θ için yapılacak küçük bir değer seçimi gereken etriye sayısını düşürür. Fakat kafes kirişteki basınç gerilmelerini artırır. Büyük açılar için ise bu ifadenin tersi geçerlidir. (MacGroger, 1998)

3.3.4. Yüksek Kirişlerde Kafes Kiriş Analojisi

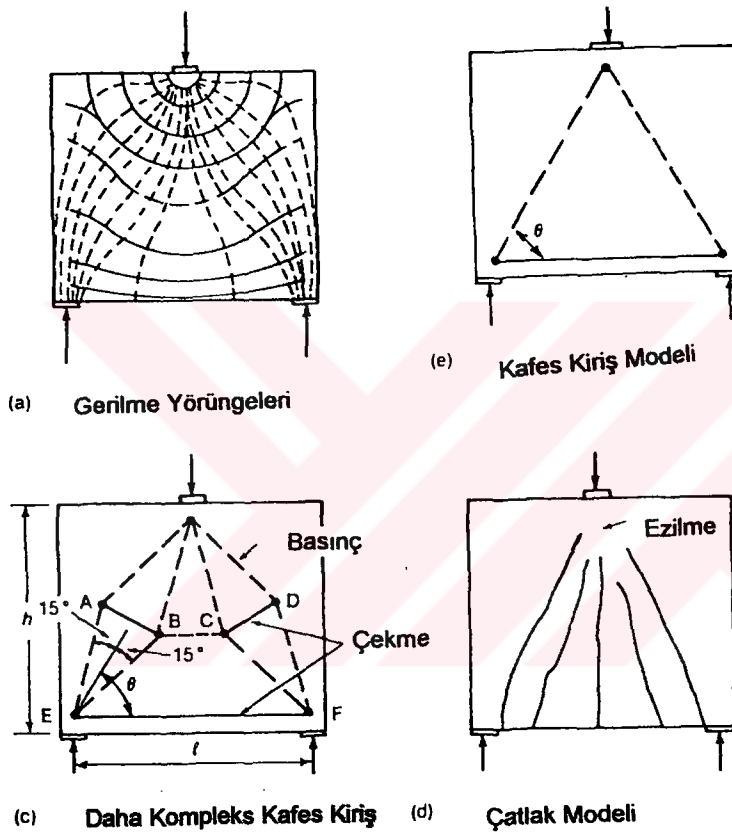
Çatlakların oluşum yerleri ve doğrultuları deneylere dayalı tecrübelerin bir araya getirilmesi ile belirlenir. Bu çatlakların şekline uygun şekilde kesit bünyesinde oluşturulan basınç ve çekme elemanları ile yük taşıtılır. Çatlakların oluşum yerleri ve doğrultuları deneylere dayalı tecrübelerin bir araya getirilmesi ile belirlenir. Her yükleme durumu ve kirişin temiz açıklığının kirişin faydalı yüksekliğine oranı için çatlakların oluşum yerleri ve doğrultuları farklıdır. (MacGroger, 1998)

Aşağıda basit açıklıklı yüksek kirişlerin değişik yükleme durumları için çatlak şekilleri ve bu çatlak şekillerine en uygun kafes kiriş şekilleri verilmiştir.

Şekil.3.3.a, Şekil.3.4.a ve Şekil.3.5.a da kesikli çizgilerle gösterilen asal basınç yörüngeleri asal basınç gerilmelerine paralel olmaktadır. Sürekli çizgilerle gösterilen asal çekme yörüngeleri asal çekme gerilmelerine paralel olmaktadır. Çatlakların bu çekme çizgilerine dik olarak ortaya çıkması beklenir. (MacGroger, 1998)

Üst kenarından tekil yükle yüklü basit kirişte asal basınç gerilmeleri yörüngesi mesnet ile kuvveti birbirine bağlayan çizgiye yaklaşık olarak paralel olmaktadır. En büyük asal çekme gerilmesi yörüngesi ise yaklaşık olarak kiriş alt kenarına paralel olmaktadır. Gerilme yörüngelerinden çekme gerilmelerinin açıklığın büyük bir kısmında sabit kaldığı görülmektedir. Şekil.3.3.a için Şekil.3.3.c'deki modelde kesikli çizgiler basınç diyagonallarını sürekli çizgiler çekme gergilerini göstermektedir. Burada θ açısı l_n/d oranına göre lineer olarak 40° den 68° 'ye kadar değişmektedir. $l_n/d=2,0$ iken $\theta=68^\circ$ $l_n/d=0,8$ iken $\theta=37^\circ$ olmaktadır.

Ortasından tekil yüklü kirişlerin test sonuçlarından çatlakların Şekil.3.3.d deki gibi olduğu görülmüştür. Şekil.3.3.d deki AB CD ve EF diyagonal elemanları çatlamıştır. Kırılma şekil.3.3.d deki gibi koyu renkli bölgelerde ezilme E ve F mesnet bölgelerinde ankrajın kaybolması şeklinde ortaya çıkmaktadır. Şekil 3.3.c'deki modelin daha basit olanı şekil.3.3.e de gösterilmiştir. Fakat bu model eğik çatlakları açıklamamaktadır. (MacGroger, 1998)



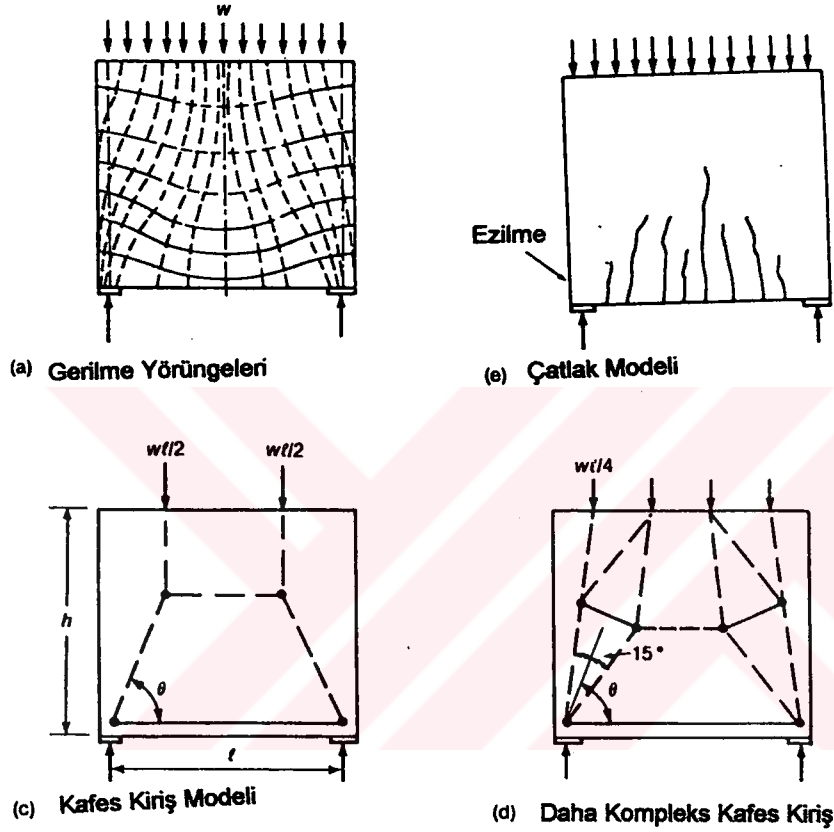
Şekil.3.3. Üst kenarından tekil yükle yüklü yüksek kirişte kefes kiriş modelin oluşturulması

Üst kenarından düzgün yayılı w yükü ile yüklü basit mesnetli kirişte yük altındaki gerilme dağılımı şekil.3.4.a da gösterilmektedir. Şekil.3.4.c de ise gerilme yörüngelerine uygun basit kefes kiriş şekli görülmektedir. Şekil.3.4.d de ise daha kompleks bir kefes modeli görülmektedir. Birinci durumda şekil. Şekil.3.4.c de görüldüğü gibi iki adet tekil yüke ayrılmıştır. İkinci durumda ise üniform yük dört eşit parçaya bölünmüş ve kefesin düğümlerine tekil yük olarak dağıtılmıştır. Şekil.3.4.e de çatlak modeli gösterilmiştir.

Burada θ açısı l_n/d oranına göre lineer olarak 45° den 68° 'ye kadar değişmektedir. (MacGroger, 1998)

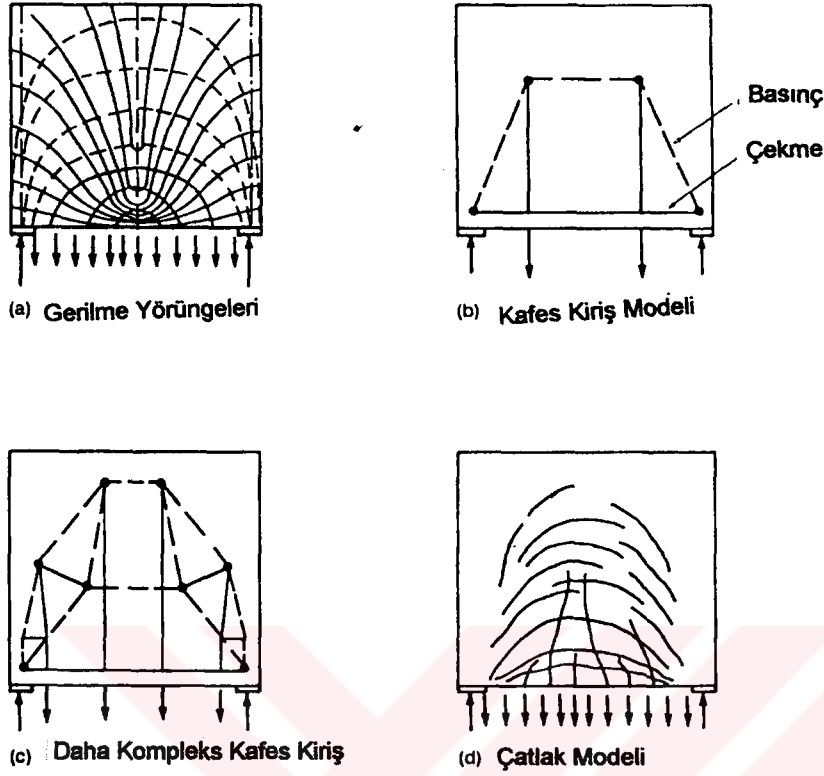
$l_n/d=1,0$ iken $\theta=68^\circ$

$l_n/d=2$ iken $\theta=55^\circ$ olmaktadır.



Şekil.3.4. Üst kenarından düzgün yayılı yükü taşıyan yüksek kirişte kafes kiriş modelin oluşturulması

Alt kenarından düzgün yayılı w yükü ile yüklü basit mesnetli kirişte yük altındaki gerilme dağılımı Şekil.3.5.a da gösterilmektedir. Şekil.3.5.b de ise gerilme yörüngelerine uygun basit kafes kiriş şekli görülmektedir. Şekil.3.5.c de ise daha kompleks bir kafes modeli görülmektedir. Şekil.3.5.d de ise çatlak modeli gösterilmiştir. (MacGroger, 1998)



Şekil.3.5. Alt kenarından düzgün yayılı yükle yüklü yüksek kirişte kafes kiriş modelin oluşturulması.

Kafes kiriş analojisinde görüldüğü gibi yüksek kirişlerde kirişin çatlama sonrası yük kafes kirişteki basınç ve çekme çubuklarına benzer şekilde beton basınç bölgelerinden ve donatı çekme çubuklarından oluşan basınç ve çekme elemanları taşınmaktadır.

3.3.5. Strut and Tie Modeli

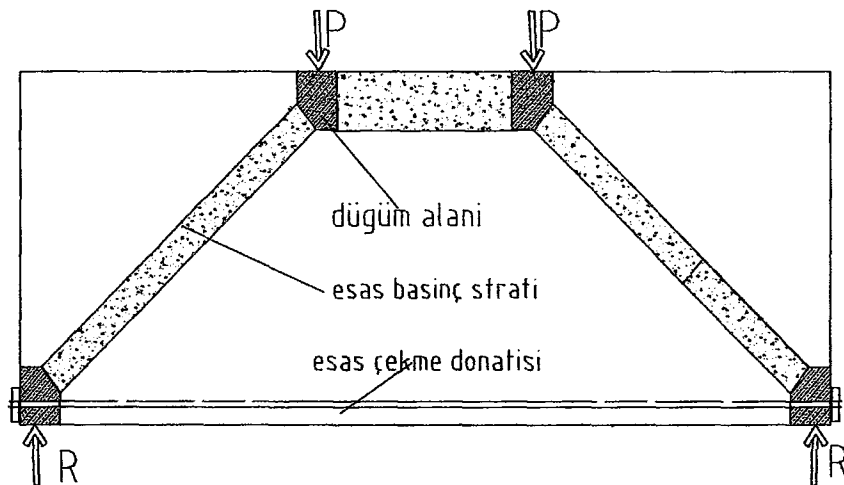
Strut and tie modeli olarak adlandırılan yöntem kafes kiriş analojisinin geliştirilmiş hali olup yüksek kirişe uygulanan yük kiriş bünyesinde oluşturulan en uygun bir kafes kiriş modeli ile taşınmaktadır. Strut and tie modeli yüksek kirişler ve kısa konsollar gibi düzensiz davranış gösteren betonarme elemanlarında Avrupa ülkelerinde ve Kanada 'da yaygın olarak kullanılmaktadır.

Strut and tie modelinin beş temel elemanı vardır.

- Basıç Strutları
- Çekme Gergileri
- Düğüm Alanları
- Basıncı Yelpazeleri
- Basıncı Alanları

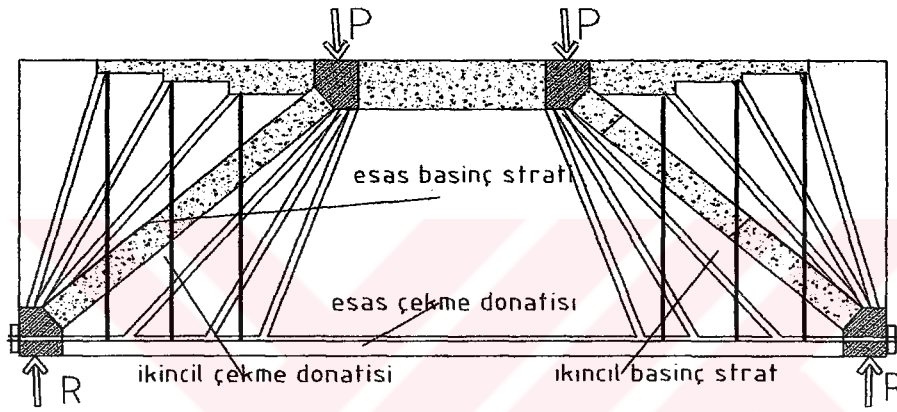
Bu elemanların yüksek kirişlerde strut and tie modelleri oluşturmak üzere kullanılması şekil.3.6. ve şekil .3.7 de gösterilmiştir.

Şekil.3.6. daki etriyesiz yüksek kirişte tekil yükler reaksiyonlar ile tekil yüklerin uygulandığı nokta arasında oluşturulan koyu renkle gösterilmiş iki basınç çubuğu ile mesnetlere aktarılmaktadır. Çubukların altındaki dışarı doğru itme kuvveti ise uygun olarak ankrajlanmış çekme çubuğu ile dengelenir. Yükler arasındaki yatay basınç çubuğu ise diyagonal çubukların tepesindeki içe doğru itme kuvvetini dengelemektedir.



Şekil 3.6. Basit Basıncı Ve Çekme Elemanlarından Oluşan Strut And Tie Modeli

Şekil.3.7 deki yüksek kirişte etriyeler kafes modeldeki yüklerin içsel akışını düzenlemektedir. Temel yük akımı yük ile mesnetler arasındaki ana basınç diyagonelleri boyunca olurken etriyeler yükün altındaki ve mesnetin üstündeki ikincil çubuklardaki itme kuvvetlerini dengelenmektedir. Kirişin alt esas çekme gergisindeki çekme kuvveti etriyeler yardımı ile adım adım azalmaktadır. Benzer olarak kirişin tepesindeki yatay basınç çubuğundaki tepkide açıklık boyunca açıklığın ortasından itibaren adım adım azalmaktadır.



Şekil 3.7. Basit Basınç Ve Çekme Elemanlarının Yanında İkincil Basınç Ve Çekme Elemanlarından Oluşan Strut And Tie Modeli

Strut and Tie modelleri;

- Çekme gergisinin akmasıyla ile,
- Basınç çubuklarından birisinin kırılması ile,
- Düğüm alanının kırılması ile göçebilir.

Esas donatının akması sonucu ortaya çıkacak göçme sünek olacağından tercih edilmelidir. Kirişin basınç çubuklarından birisinin kırılması veya düğüm alanının kırılması gevrek göçmeye neden olacağından istenmez. Kiriş esas donatının akması sonucu sünek bir davranış göstererek göçecek şekilde tasarlanmalıdır.

3.3.5.1. Basıç Strutları

Basıç Strutları betondaki basınç gerilme alanlarını temsil eden elemanlardır. Bu elemanların kesitleri sabit olabilir veya strut boyunca üniform olarak değişebilir. Çoğunlukla bu elemanların kesitleri strutlar boyunca değişmektedir. Strutların açıklık ortasındaki genişlikleri uçlarından daha fazla olmaktadır. Strutların genişliklerinin değişimi şişe şekilli olabildiği gibi yerel kafes kiriş şeklinde de olabilir. Strutlar aldığı basınç kuvvetlerini kiriş yüksekliğince yükselterek çekme elemanlarına aktarırlar. Strutlar aldığı basınç kuvvetlerini boyuna çatlaklardan dolayı aktaramayarak kırılırlar veya bu basınç kuvvetlerini aktardıktan sonra ezilerek kırılırlar.

3.3.5.2. Çekme Kabloları

Strut and tie modelinin ikinci ana elemanı çekme kablolarıdır. Aynı doğrultudaki farklı katmanlarında bulunan çekme kabloları $A_s \cdot f_y \max \geq T_{\max}$ şartını sağlamalıdır.

Çekme kablolarının uçlarındaki ankrajların yetersiz olması kırılmaya sebep olmaktadır. Çekme kablolarının düğüm alanlarında ankraji strut and tie modelinin tasarımında önemli bir sorun olmaktadır.

3.3.5.3. Düğüm Alanları

Basınç strutları ve çekme çubuklarının oluşturduğu üç veya daha fazla çubuk düğüm alanlarında birleşir. Düğüm alanları bu kuvvetler altında dengede olmalıdır. Denge ise bu düğüm alanlarında ancak $\Sigma F_x=0$, $\Sigma F_y=0$ ve $\Sigma M=0$ olması durumunda sağlanır.

Düğüm alanında üç basınç kuvveti birleşiyorsa CCC veya iki basınç bir çekme kuvveti birleşiyorsa CCT olarak adlandırılır. Ayrıca bir basınç kuvveti ve iki çekme kuvvetinin birleştiği CTT ve üç çekme kuvvetinin birleştiği TTT türü düğüm alanlarında oluşabilmektedir.

Düğüm alanı CCC tipinde ise düğüm alanında birleşen strutların basınç kuvvetleri C_1 , C_2 , C_3 ve genişlikleri a_1 , a_2 , a_3 ise $C_1/a_1 = C_2/a_2 = C_3/a_3$ olmalıdır.

Bu kuvvetlerden birisi çekme kuvveti ise düğüm alanında basınç strutlarından dolayı oluşan gerilmelere eşit gerilme oluşturacak şekilde kablonun ucuna ankraj plakası yerleştirilmelidir.

Bu şekilde düzenlenen düğüm alanlarında oluşan düzlem gerilmeler her yönde aynı olduğu için bu düğüm alanları hidrostatik elemanlar olarak adlandırılır. Bu durumda içsel gerilmeler bir noktaya indirgenir. CCC türü düğüm alanlarının dışında düğüm alanlarının hidrostatik düğüm alanı olarak tasarımı çok zor olmaktadır.

Düğüm alanlarının tasarımında şu kolaylıklar uygulanabilir. CCT tipi düğüm alanlarında olduğu gibi çekme kablusunun ankraj plakasından dolayı oluşan gerilme σ_1 strutlardan dolayı oluşan gerilmeler σ_2 ve σ_3 olmak üzere bu düğüm alanlarının tasarımında şu şartların sağlanması yeterli olmaktadır.

- Bu gerilmelerin bileşkelerinin doğrultuları düğüm alanı içinde bir noktada kesişmelidir.
- Bu gerilmeler belli limitler içinde olmalıdır.
- Herhangi bir yüzde gerilme sabit olmalıdır.

Düğüm alanları bu alandaki betonun parçalanması ile mukavementlerini kaybederler. Düğüm alanlarında çekme kablolarının ankrajlanması önemli tasarım sorunu olmaktadır. Eğer bir çekme kablosu düğüm alanında ankrajlanırsa bu kablodan dolayı oluşan çekme gerilmeleri ile strutlarda oluşan basınç gerilmeleri arasında uyumsuzluk düğüm alanını zayıflatır.

Kanada ulusal standardı düğüm alanlarının aşağıdaki hususlar gözönünde bulundurularak tasarlanması gerektiği belirtilmektedir.

- CCC türü düğüm alanlarında efektif basınç mukavementi $f_{ce} \leq 0.85.f_c'$ olarak sınırlandırılmıştır.
- CCT türü düğüm alanlarında efektif basınç mukavementi $f_{ce} \leq 0.75.f_c'$ olarak sınırlandırılmıştır. . Bu tür düğüm alanlarında bir yönde çekme kablosu ankrajlanması vardır.
- CTT veya TTT türü düğüm alanlarında efektif basınç mukavementi $f_{ce} \leq 0.65.f_c'$ olarak sınırlandırılmıştır. Bu tür düğüm alanlarında birden fazla yönde çekme kablosu ankrajlanması vardır.
- CCT veya CTT türü düğüm alanları uygun detaylandırılabilirse efektif basınç mukavementi $f_{ce} \leq 0.80.f_c'$ alınabilir.

Kanada ulusal standardında düğüm alanları için şu tasarım esasları tavsiye edilmektedir.

- Düğüm alanlarındaki gerilmeler yukarıda verilen değerleri aşmamalıdır.
- Çekme kablolarının donatısı strutlardan dolayı oluşan gerilmelere eşit gerilme sağlayacak şekilde ankraj plakaları ile yayılmalıdır.

3.3.5.4. Basınç Yelpazeleri

Yüksekliği az ve uzun kirişlerde kuvvetin altında oluşan basınç yelpazesi ile mesnetlerde oluşan basınç yelpazesi üstüste gelmez. Esas basınç strutu oluşmaz. Bu durumda esas basınç strutlarının yerine basınç alanları oluşur. Bu basınç alanlarının yapmış olduğu açı 25 derece ile 65 derece arasında değişmektedir.

3.3.5.5. Basınç Alanları

Kendine ait çekme kabloları ve basınç kordları ile kapanmış basınç strutlarıdır. Yüksekliği az ve uzun kirişlerde kuvvetin altında oluşan basınç yelpazesi ile mesnetlerde oluşan basınç yelpazesi üstüste gelmez. Bu durumda esas basınç strutlarının yerine basınç alanları oluşur.

3.4.2. Strut And Tie Modelinin Tasarımı

Tasarım aşamasında $V_n=0,75f_c'.b_w.d$ olacak şekilde yüksek kirişe ön boyut verilir. Daha sonra yükleme durumuna uygun kafes kiriş modeli belirlenir. Strut and tie modeli tasarlanırken kafes kiriş elemanların kesit ağırlık merkezlerinden geçen doğru ile yük ve reaksiyonların doğrultularının herhangi bir düğümde çakışmasına dikkat edilmelidir. Daha sonra kafes kiriş elemanları kendilerine etki eden yükleri iletecek şekilde boyutlandırılır.

En uygun kafes kiriş model ise ağırlığı minimum olan kafes kiriş modelidir. Betondaki deformasyonlar küçük olduğu için basınç strutlarının yapmış olduğu deformasyonlar ihmal edilebilir. Bu durumda kafes kiriş modelin uygunluğunu çekme çubukları belirlemektedir.

Bu tez çalışmasında yüksek kirişler için en uygun "strut and tie" modelinin genetik algoritmalar kullanılarak belirlenmesi amaçlanmıştır. Fakat çalışmalarda elde edilen sayısal sonuçlar anlamlı kafes kiriş şekilleri ifade edilemediğinden bu çalışmadan vazgeçilmiş olup bunun yerine yüksek kiriş belirli sayıda bölgelere ayrılarak bu bölgeler için en uygun donatı çaplarının belirlenmesine çalışılmıştır.

3.5. Yüksek Kirişlerin Tasarımı

Yüksek kirişlerin açıklıklarının yüksekliklerine oranının küçük olması nedeni ile dayanımları kesmeye bağlı olmakla birlikte kesme dayanımları alışılmış denklemlerle hesaplanandan oldukça farklıdır. Bu farklılıklardan dolayı yüksek kirişler için özel tasarım yöntemleri geliştirilmiştir. Yüksek kirişlerin tasarım kriterleri ACI da şu şekilde belirtilmektedir.

ACI 10.7 de yüksekliğinin temiz açıklığına oranı 4/5 ten büyük basit kirişler ve 2/5 ten büyük sürekli kirişler eğilme tasarımında yüksek kiriş olarak kabul edilmektedir. Bu elemanlarda gerilmenin nonlinear olarak yayıldığı kabul edilmektedir. Ayrıca bu elemanların tasarımında yanıl burkulmalarda göz önünde bulundurulmalıdır.

ACI 10.5 e göre yüksek kirişlerde minimum eğilme donatısı $\rho_{min} \geq 160/f_y$ olmalıdır.

ACI 13.10 a göre yüksek kirişlerde çekme donatılarında gerekli ankraj sağlanmalıdır. Donatıdaki gerilme direkt olarak momentle orantılı değildir.

ACI 11.8.e göre I_r/d oranı 5 ten az olan bir yüzünden yüklü diğer yüzünden mesnetli, yük ile mesnetler arasında diyagonal basınç strutları oluşacak şekilde yüklenmiş kirişlerin tasarımında şu şartlar uygulanmalıdır.

3.5.1 Yüksek Kirişlerin Kesme Kuvvetlerine Karşı Tasarımı

Yüksek kirişlerin kesmeye karşı tasarım esasları ACI'ya göre açıklanmıştır. Gövde yüksekliğince veya alt kenarından yüklenmiş basit mesnetli kirişlerde yüksek kirişler için belirtilen şartlar geçerli değildir. Bu elemanlar normal kiriş olarak tasarlanmalıdır.(ACI, 1999)

$$V_u \leq \phi \cdot V_n \quad (3.3)$$

$$V_n = V_c + V_s \quad (3.4)$$

Yüksek kirişlerde V_n aşağıda belirtilen değerlerden daha büyük olmamalıdır.

$$I_r/d < 2 \text{ ise } V_n = 8 \cdot b_w \cdot d \cdot (f_c')^{0.5} \quad (3.5)$$

$$2 \leq I_r/d < 5 \text{ ise } V_n = 2 \cdot (10 + I_r/d) \cdot b_w \cdot d \cdot (f_c')^{0.5} / 3 \quad (3.6)$$

Yüksek kirişlerde V_n aşağıda belirtilen değerlerden daha küçük olmamalıdır.

$$V_n \geq 2.b_w.d.(f_c')^{0.5} \quad (3.7)$$

Kritik kesit düzgün yayılı yükle yüklü kirişte mesnet iç yüzünden $0,15.l_n$, tekil yükle yüklü kirişte mesnet iç yüzünden $0,5.a$ mesafededir. Fakat bu mesafeler d den büyük olamaz. Kirişin hesap kesme kuvvetinin kritik kesitlerde hesaplanması gerekir.

ACI betonun maksimum (denk.3.7) de verilen eşitlikteki beton kesme dayanımını taşımasına izin verir.

$$V_c = (3.5 - 2.5.M_u / V_u.d).(1.9.(f_c')^{0.5} + 2500.\rho_w.V_u.d / M_u).b_w.d \quad (3.8)$$

$V_c \leq 6.(f_c')^{0.5}.b_w.d$ olmalıdır.

M_u ve V_u moment ve kesme kuvveti değerleri aynı kritik kesitte alınmalıdır. Yüksek kirişlerin kesme dayanımındaki yükseliş kritik kesitteki $M_u/V_u.d$ değerinin azalmasına bağlıdır. Kesme kuvveti betonun kesme mukavementini aştığı zaman bu artışı sağlayabilecek şekilde (denk.3.8)'e göre kirişe kayma donatısı yerleştirilmelidir.

$$V_s = [A_v/s(1/12 + l_n/12.d) + A_{vh}/s_2(11/12 - l_n/12.d)].f_y.d \quad (3.9)$$

Bu formülde A_v düşey doğrultudaki kesme donatısı alanı ve s ise düşey doğrultudaki kesme donatısı aralığıdır. Bu formülde A_{vh} yatay doğrultudaki kesme donatısı alanı ve s_2 ise yatay doğrultudaki kesme donatısı aralığıdır.

(3. 8) nolu denklemde verilen yatay donatıya ait (A_{vh}, s_2) ve düşey donatıya ait (A_v, s) değerleri şu şartları sağlamalıdır.

$$A_v \geq 0,0015.b_w.s \text{ veya}$$

$$s \leq d/5 \text{ ve } s \leq 45\text{cm olmalıdır.} \quad (3.10)$$

$$A_{vh} \geq 0,0025.b_w.s_2 \text{ veya}$$

$$s_2 \leq d/3 \text{ ve } s_2 \leq 45 \text{ cm olmalıdır.} \quad (3.11)$$

Tasarımın verimliliğinde (denk.3.11) de verilen yatay ve düşey donatıların katsayıları önemlidir. Çok yüksek kirişlerde yatay donatının verimliliği düşey donatıya göre daha fazladır. A_v düşey kesme donatısının mukavemete etkisi daha azdır. Yüksek kirişlerde gerekli minimum düşey donatı A_v mevcut ise kirişin tasarım dayanımını sağlaması için yatay donatı A_{vh} ' in artırılması daha uygundur.

$$[A_v/s(1/12 + l_n/12.d) + A_{vh}/s_2(11/12 - l_n/12.d)] = [(V_u - \phi.V_c) / (\phi.f_y.d)] \quad (3.12)$$

3.5.2. Yüksek Kirişlerin Eğilme Momentlerine Karşı Tasarımı

Yüksek kirişlerin eğilmeye göre tasarım ve analizi nonlineer analiz gerektirmektedir. ACI'da yüksek kirişlerin eğilme tasarımı için şu koşullar belirtilmiştir.

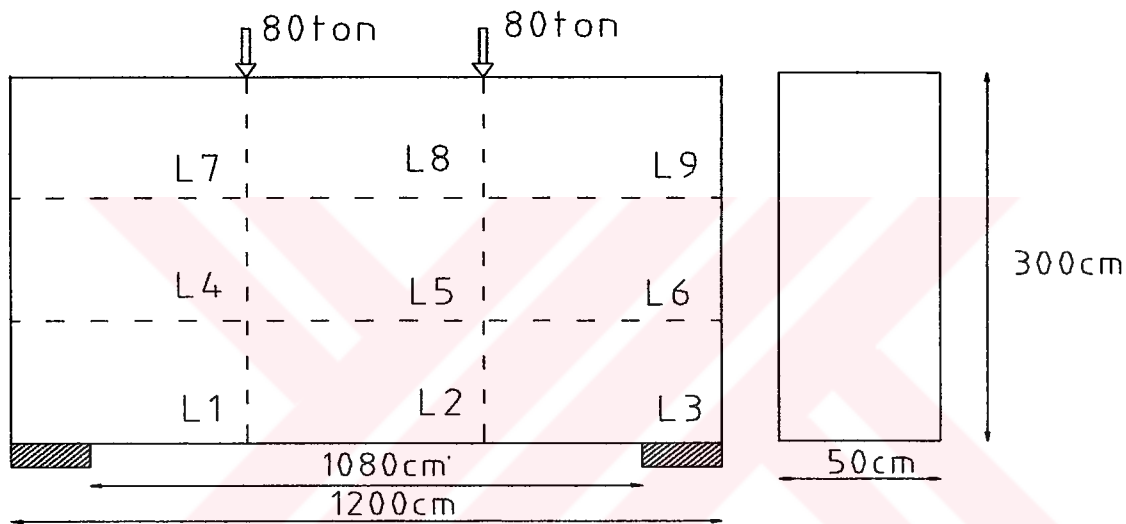
Yüksek kirişte minimum eğilme donatısı alanı

$$A_s \geq 3.b_w.d.(f_c')^{0.5}/f_y \text{ ve}$$

$$\rho_{min} \geq 160/f_y \text{ olmalıdır.} \quad (3.13)$$

4. YÜKSEK KİRİŞLERDE EN UYGUN DONATI ÇAPININ BELİRLENMESİ AŞAMALARI

Bu bölümde genetik algoritmalar kullanılarak yüksek kirişlerde farklı yükleme durumları ve farklı kiriş boyutları için donatı aralıkları sabit tutularak en uygun donatı çapının belirlenmesi Şekil 4.1 deki yüksek kiriş kullanılarak adım adım açıklanmıştır.



Şekil 4.1. Dördüncü bölümde genetik algoritmalar kullanılarak yüksek kirişlerde en uygun donatı çapının belirlenmesinde kullanılacak olan yüksek kiriş modeli

Yüksek kiriş 3x3 adet levhadan oluşan bir eleman olarak düşünülmüştür. Daha sonra bu dokuz adet levhadan oluşan yüksek kirişin üst yüzünün açıklık ortasından etki eden tekil yük altında sonlu elemanlar yöntemi ile analizi yapılarak bu levhalara tesir eden kuvvetler belirlenir. (Carroll, W, F, 1999) Bu kuvvetlerin yüksek kirişe yerleştirilecek olan yatay donatı ile $\phi > 0$ gibi bir açı yaptığı da dikkate alınarak her levha için gerekli yatay ve düşey donatı alanları belirlenmiştir. Yatay eksen ve düşey eksen donatı aralıkları seçilerek her levha için yatay eksen ve düşey eksen kullanılacak en uygun donatı çapının belirlenmesi işlemine başlanmıştır. En

uygun donatı çapının belirlenmesi işlemi bir optimizasyon problemi olduğundan bu problemin çözümü için optimizasyon yöntemlerinden genetik algoritmalar kullanılmıştır.

4.1. Kodlama

Genetik algoritmaları diğer yöntemlerden ayıran en önemli özellik değişkenlerin yerine bu değişkenleri temsil eden kodların kullanılmasıdır. Problem için en uygun kodlama türünün permütasyon kodlama olduğuna karar verilmiştir.

Genetik algoritmalarda kromozom uzunluğunun tasarım değişkenlerinin tümünü temsil edecek şekilde seçilmesi gerekmektedir. Problemimizde her levha için yatay ve dikey donatı çapları olmak üzere 16 adet tasarım değişkenimiz vardır. Tasarım değişkeni sayısı kromozom uzunluğuna eşit olduğundan kromozom uzunluğumuzda 16 olarak belirlenmiştir. Bu tasarım değişkenlerimizin herbiri için 8 adet değişken (donatı çapı) bulunmaktadır. (çizelge 4.1.)

Çizelge 4.1. Problemde kullanılan tasarım değişkenleri ve bu değişkenleri temsil eden kodlar

Donatı Çapı	Ø10	Ø12	Ø14	Ø16	Ø18	Ø20	Ø22	Ø24
Donatı Kodu	1	2	3	4	5	6	7	8

Permütasyon kodlamada kullandığımız ve kromozomların üzerine gen olarak işaretlediğimiz rakamlar 1 ile 8 arasından rastgele seçilmiştir. (Şekil 4.2)

Çizelge 4.2. Problemde kullanılan herhangi bir bireyin kromozom yapısı

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
6	1	7	8	3	4	2	5	3	6	8	1	6	7	2	4	1	3

4.2. Başlangıç Topluluğunun Oluşturulması

Başlangıç topluluğu rastgele oluşturulmalıdır. Genetik algoritmanın verimliliği açısından başlangıç topluluğundaki bireylerin birbirine benzememesi gerekmektedir .

Bu bölümde genetik algoritmanın problemine nasıl uygulandığının basamaklar halinde anlatılabilmesi için başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 10 ile sınırlandırılmıştır. Çizelge 4.3 de 10 bireyden oluşan başlangıç topluluğu verilmiştir.

Çizelge 4.3. 10 adet bireyden oluşan başlangıç topluluğu

Birey No	Birey Kodu																	
1	7	2	8	1	5	3	6	4	8	6	3	4	7	2	1	5	4	2
2	3	5	8	1	2	4	7	6	6	2	3	8	5	1	7	4	8	1
3	3	1	7	6	2	4	8	5	2	3	6	4	7	5	1	8	3	7
4	5	6	3	4	1	7	2	8	7	4	8	2	1	5	3	6	1	2
5	8	7	3	2	4	5	1	6	5	7	4	1	8	2	6	3	4	5
6	5	4	6	3	7	2	1	8	8	6	5	4	8	2	6	3	4	5
7	4	3	5	1	2	6	7	8	5	2	7	3	3	1	2	7	2	8
8	5	1	2	6	8	7	3	4	5	4	2	6	8	4	1	6	1	4
9	4	7	5	6	8	1	3	2	1	7	2	8	1	3	8	7	3	6
10	4	6	8	2	5	1	7	3	2	8	3	5	4	6	7	1	6	7

4.3. Değerlendirme

Değerlendirme aşamasında öncelikle probleme uygun bir amaç fonksiyonu belirlenmiştir.(Denk.4.1)

$$f(s) = \min [\sum p.l.A] \quad (4.1)$$

Bu amaç fonksiyonu tasarım değişkenleri ile sınırlandırılmış bir amaç fonksiyonu olduğundan denklem 4.1 de verilen amaç fonksiyonunun denk.4.2

de verilen hata fonksiyonları kullanılarak tasarım değişkenlerinden bağımsız sınırlandırılmamış amaç fonksiyonuna dönüşümü yapılmıştır. (Denk.4.3)

$$f_h = A_s \cdot c_s / F_e$$

$$\begin{aligned} \text{Eğer } f_h < 1 & \text{ ise } \Phi(g) = \max(F_e) \cdot 10 \\ \text{Eğer } f_h \geq 1 & \text{ ise } \Phi(g) = f_h \end{aligned} \quad (4.2)$$

$$\Phi(s) = [R \cdot \sum \Phi(g)] \quad (4.3)$$

R=Probleme özgü hata katsayısı R=1 alınmıştır.

$\Phi(s)$ sınırlandırılmamış amaç fonksiyonuna aşağıdaki dönüşüm yapılarak uygunluk fonksiyonu F(s) elde edilir. (Denk.4.4)

$$F(s) = \max [1 - \Phi(s) / \Phi_{ort}] \quad (4.4)$$

Daha sonra başlangıç topluluğundaki bireylerin uygunluk değerleri hesaplanır. Uygunluk değeri bir sonraki topluluğu oluşturacak bireylerin belirlenmesinde kullanılacaktır.

4.4. Başlangıç Topluluğuna Kopyalama Operatörünün Uygulanması

Başlangıç topluluğunu oluşturan bireyler uygunluk değerlerine göre sıralanmıştır. (Çizelge 4.4.) Bu sıralamadan sonra uygunluk değerleri önceden belirlenmiş başarı sınırından düşük olan bireyler başarısız kabul edilip topluluktan atılmıştır. Topluluktan atılan başarısız bireylerin yerine başarılı bireyler kopyalanır. (Çizelge 4.5.) Bu çalışmada başarı sınırı % 50 olarak kabul edilmiştir.

Başlangıç topluluğundaki 6,2,5,4,3 nolu bireyler uygunluk değerleri başarı sınırının altında olduğu için topluluktan atılmıştır ve bunların yerine 1,8,7,10,9 nolu bireyler kopyalanmıştır.

Çizelge 4.4. Başlangıç topluluğunu oluşturan bireylerin uygunluk değerleri

Uygunluk değerleri		Uygunluk değerlerinin sıralanmış hali		Kopyalama işleminden sonraki uygunluk değerleri	
Birey No	Uygunluk değeri	Birey No	Uygunluk değeri	Birey No	Uygunluk değeri
1	0.4172	6	0.3923	1	0.4172
2	0.3989	2	0.3989	8	0.4189
3	0.4152	5	0.4127	10	0.4233
4	0.4134	4	0.4134	7	0.4203
5	0.4127	3	0.4152	9	0.4562
6	0.3923	1	0.4172	1	0.4172
7	0.4203	8	0.4189	8	0.4189
8	0.4189	10	0.4233	10	0.4233
9	0.4562	7	0.4203	7	0.4203
10	0.4233	9	0.4562	9	0.4562

Çizelge 4.5. Başlangıç topluluğunun kopyalamadan sonraki hali P'(t)

Birey No	Kopyalama İşlemi Sonunda Oluşan Yeni Topluluk																	
1	7	2	8	1	5	3	6	4	8	6	3	4	7	2	1	5	4	2
8	5	1	2	6	8	7	3	4	5	4	2	6	8	4	1	6	1	4
10	4	6	8	2	5	1	7	3	2	8	3	5	4	6	7	1	6	7
7	4	3	5	1	2	6	7	8	5	2	7	3	3	1	2	7	2	8
9	4	7	5	6	8	1	3	2	1	7	2	8	1	3	8	7	3	6
1	7	2	8	1	5	3	6	4	8	6	3	4	7	2	1	5	4	2
8	5	1	2	6	8	7	3	4	5	4	2	6	8	4	1	6	1	4
10	4	6	8	2	5	1	7	3	2	8	3	5	4	6	7	1	6	7
7	4	3	5	1	2	6	7	8	5	2	7	3	3	1	2	7	2	8
9	4	7	5	6	8	1	3	2	1	7	2	8	1	3	8	7	3	6

4.5. Başlangıç Topluluğuna Çaprazlama Operatörünün Uygulanması

Başlangıç topluluğu uygunluk değerleri daha yüksek bireylerin elde edilebilmesi için çaprazlama işlemine tabi tutulmuştur. Bu uygulamada bir noktalı çaprazlama yöntemi kullanılmıştır. Topluluğu oluşturan bireyler iki

gruba ayrılmıştır. Ebeveyn1 (Çizelge 4.6.) ve Ebeveyn2 (Çizelge 4.7.) olarak adlandırılan bu iki grup kendi aralarında çaprazlama işlemine tutulmuştur. Çaprazlama işleminden sonra çocuk1(Çizelge 4.8.) ve çocuk2 olarak adlandırılan iki yeni topluluk oluşmuştur. Bu iki yeni topluluktan çocuk1 toplulukta bekletilirken çocuk2 topluluktan atılmıştır. Topluluktan atılan çocuk2'nin yerine yeni bir grup üretilmiştir. (Çizelge 4.9.) Daha sonra çocuk1 ve taransver1 birleştirilir. (Çizelge 4.10.)

Çizelge 4.6. Çaprazlama işlemine tabi tutulacak 1.topluluk

Birey No	Birey Kodu																	
1	7	2	8	1	5	3	6	4	8	6	3	4	7	2	1	5	4	2
10	4	6	8	2	5	1	7	3	2	8	3	5	4	6	7	1	6	7
9	4	7	5	6	8	1	3	2	1	7	2	8	1	3	8	7	3	6
8	5	1	2	6	8	7	3	4	5	4	2	6	8	4	1	6	1	4
7	4	3	5	1	2	6	7	8	5	2	7	3	3	1	2	7	2	8

Çizelge 4.7. Çaprazlama işlemine tabi tutulacak 2.topluluk

Birey No	Birey Kodu																	
8	5	1	2	6	8	7	3	4	5	4	2	6	8	4	1	6	1	4
7	4	3	5	1	2	6	7	8	5	2	7	3	3	1	2	7	2	8
1	7	2	8	1	5	3	6	4	8	6	3	4	7	2	1	5	4	2
10	4	6	8	2	5	1	7	3	2	8	3	5	4	6	7	1	6	7
9	4	7	5	6	8	1	3	2	1	7	2	8	1	3	8	7	3	6

Çizelge 4.8. Çaprazlama işlemi sonucunda oluşan 1.topluluk

Birey No	Birey Kodu																	
1	7	2	8	1	5	3	6	4	8	4	2	6	8	4	1	6	1	4
2	4	6	8	2	5	1	7	3	2	2	7	3	3	1	2	7	2	8
3	4	7	5	6	8	1	3	2	1	6	3	4	7	2	1	5	4	2
4	5	1	2	6	8	7	3	4	5	8	3	5	4	6	7	1	6	7
5	4	3	5	1	2	6	7	8	5	7	2	8	1	3	8	7	3	6

Çizelge 4.9. Çaprazlanma işlemi sonucunda oluşan 2.topluluğun yerine dışarıdan getirilen topluluk

Birey No	Birey Kodu																	
1*	1	5	1	2	5	2	6	3	6	1	5	1	1	5	1	1	8	1
2*	2	6	2	3	3	3	3	4	3	4	2	4	3	3	3	2	6	2
3*	3	5	3	3	3	3	3	4	3	4	2	4	3	3	3	2	6	2
4*	3	1	5	6	4	7	3	7	3	8	8	5	4	6	7	3	6	3
5*	5	7	5	7	8	6	7	8	6	7	7	4	3	3	3	2	6	2

Çizelge 4.10. Çaprazlanma işlemi sonucunda oluşan yeni topluluk P''(t)

Birey No	Birey Kodu																	
1	7	2	8	1	5	3	6	4	8	4	2	6	8	4	1	6	1	4
2	4	6	8	2	5	1	7	3	2	2	7	3	3	1	2	7	2	8
3	4	7	5	6	8	1	3	2	1	6	3	4	7	2	1	5	4	2
4	5	1	2	6	8	7	3	4	5	8	3	5	4	6	7	1	6	7
5	4	3	5	1	2	6	7	8	5	7	2	8	1	3	8	7	3	6
1*	1	5	1	2	5	2	6	3	6	1	5	1	1	5	1	1	8	1
2*	2	6	2	3	3	3	3	4	3	4	2	4	3	3	3	2	6	2
3*	3	5	3	3	3	3	3	4	3	4	2	4	3	3	3	2	6	2
4*	3	1	5	6	4	7	3	7	3	8	8	5	4	6	7	3	6	3

4.6. Başlangıç Topluluğuna Mutasyon Operatörünün Uygulanması

Program çalışırken belli bir süre sonra kromozomu oluşturan genlerin tamamı aynı olabilmektedir. Böyle bir kromozomu çaprazlama operatörü ile değiştirmek mümkün değildir. Topluluk önceden belirlenmiş bir mutasyon oranına göre mutasyon işlemine uğratılır. (Çizelge 4.11.) Bu çalışmada mutasyon oranı 0.01 kabul edilmiştir .

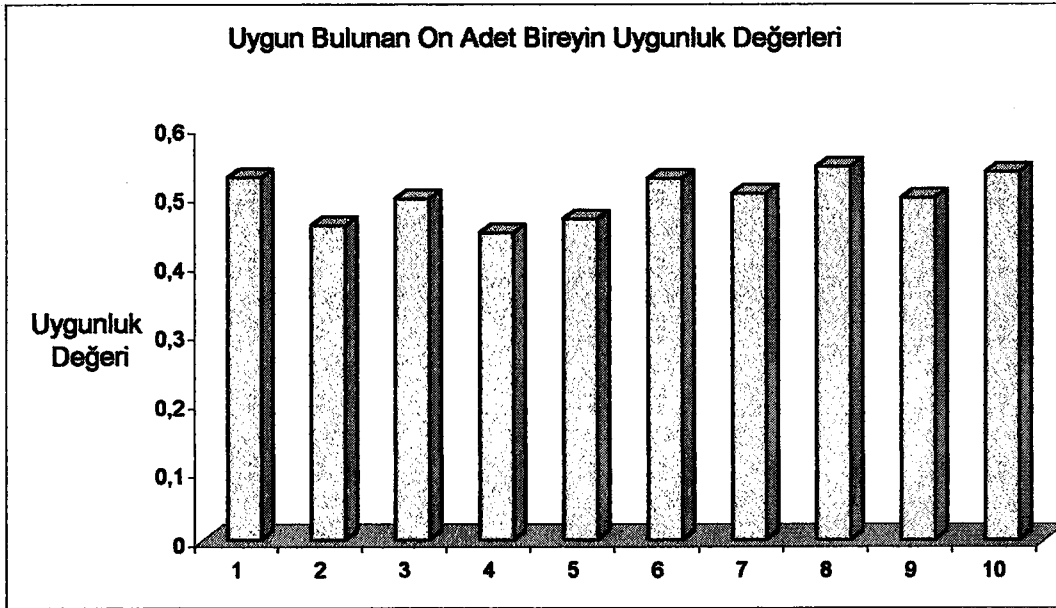
Çizelge 4.11. Mutasyon işlemi sonucunda oluşan yeni topluluk $P'''(t)$

Birey No	Birey Kodu																	
1	7	7	8	1	5	3	6	4	8	4	2	6	8	4	1	6	1	4
2	4	6	8	5	5	1	7	3	2	2	7	3	3	1	2	7	2	8
3	4	7	5	6	8	1	3	2	1	6	6	4	7	2	1	5	4	2
4	5	6	2	6	8	7	3	4	5	8	3	5	4	6	7	1	6	7
5	4	3	5	1	2	6	7	8	5	7	2	8	1	1	8	7	3	6
6	1	5	8	2	5	2	6	3	6	1	5	1	1	5	1	1	8	1
7	2	6	2	3	2	3	3	4	3	4	2	4	3	3	3	2	6	2
8	3	5	3	3	3	3	3	4	3	4	5	4	3	3	3	2	6	2
9	3	1	5	6	4	7	3	7	3	8	8	5	4	6	7	3	6	1
10	5	7	5	7	2	6	7	8	6	7	7	4	3	3	3	2	6	2

Başlangıç topluluğuna kopyalama çaprazlama ve mutasyon operatörlerinin uygulanması ile elde edilen yeni topluluk bir sonraki jenerasyon için başlangıç topluluğu olarak kabul edilmiştir. Bu uygulamada işlemler belirttiğimiz özellikleri taşıyan eleman sayısı 10 oluncaya kadar tekrarlanmıştır. (Çizelge 4.12.)

Çizelge 4.12. Dördüncü bölümde genetik algoritmalar kullanılarak yüksek kırımlarda en uygun donatı çapının belirlenmesi probleminde en uygun bulunan 10 bireyin uygunluk değerleri ve kodları

No	U.Değ.	Uygun Bulunan Bireylerin Kodları																	
1	0.5260	4	6	4	6	3	6	5	5	5	1	5	1	1	6	1	3	5	3
2	0.4565	4	6	4	6	3	6	5	5	5	1	5	1	1	6	1	3	5	3
3	0.4947	4	6	4	6	3	6	5	5	5	1	5	1	1	6	1	3	5	3
4	0.4451	3	6	3	3	4	3	3	5	3	3	6	3	4	3	4	3	5	3
5	0.4660	4	6	4	6	3	6	5	5	5	1	5	1	1	6	1	3	5	3
6	0.5252	3	5	3	4	6	4	7	4	7	1	2	1	1	7	1	1	8	1
7	0.5028	3	5	3	1	3	1	7	8	7	1	4	1	1	7	1	1	2	1
8	0.5417	3	5	3	1	3	1	7	4	7	1	4	1	1	7	1	1	2	1
9	0.4966	3	5	3	1	3	1	7	4	7	1	4	1	1	7	1	1	2	1
10	0.5341	3	5	3	1	3	1	7	4	7	1	4	1	1	7	1	1	2	1



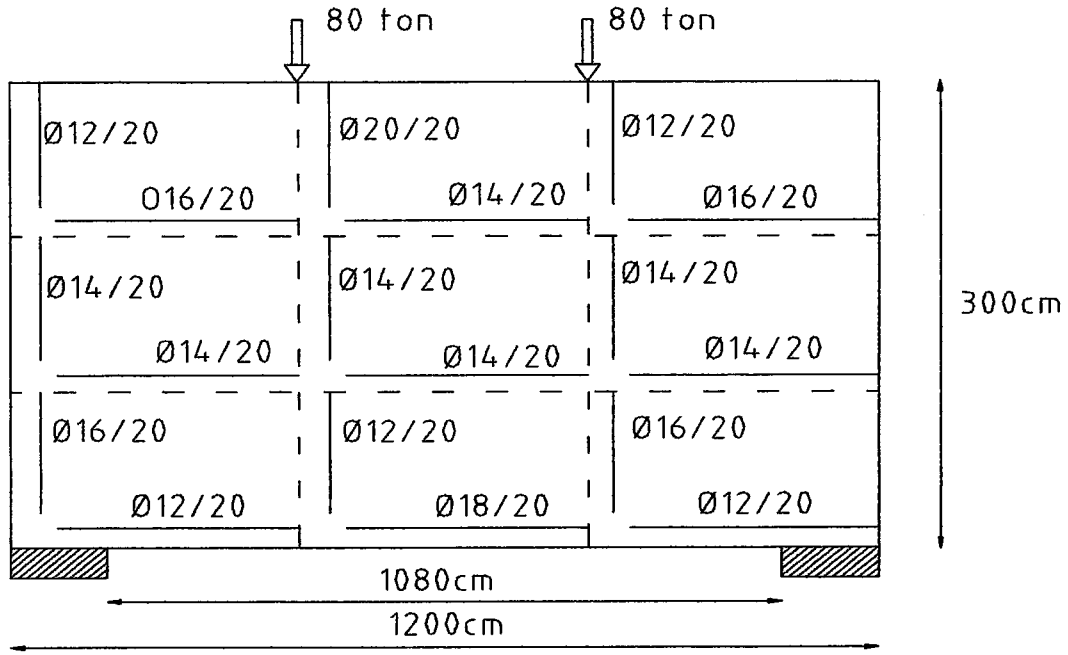
Şekil.4.2 En uygun bulunan 10 bireyin uygunluk değerleri

Çizelge 4.13. Şekil 4.1 de verilen yüksek kirişin genetik algoritmalarla çözümünde en uygun bireyin uygunluk değeri ve kodu

U.Değeri	En Uygun Bulunan Bireyin Kodu																	
0.4825	2	5	2	3	3	3	3	4	3	4	2	4	3	3	3	2	6	2

Çizelge 4.14. Şekil 4.1 de verilen yüksek kirişin genetik algoritmalarla çözümünde en uygun bulunan bireyin kodu ve bu koda karşı gelen donatı çapları

Bölge No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yatay Donatı kodu	2	5	2	3	3	3	4	3	4
Yatay Donatı Çapı	Ø12	Ø18	Ø12	Ø14	Ø14	Ø14	Ø16	Ø14	Ø16
Düşey Donatı kodu	4	2	4	3	3	3	2	6	2
Düşey Donatı Çapı	Ø16	Ø12	Ø16	Ø14	Ø14	Ø14	Ø12	Ø20	Ø12



Şekil 4.3. Şekil.4.1 de verilen yüksek kirişin yatay ve düşey donatı çapları

Çizelge 5.2. Genetik algoritma ile ilgili veriler

Değerlendirmede başarı oranı	%50
Çaprazlama türü	Bir noktalı Çaprazlama
Mutasyon oranı	0.01

Yüksek kirişlerde en uygun yatay ve düşey donatı çaplarının genetik algoritmalar kullanılarak belirlenmesi üç aşamada gerçekleştirilmektedir.

Birinci aşama; Çizelge 5.1 ve Çizelge 5.2’de verilen verilere göre altı adet kirişin hepsi için başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 20, 40, 60, 80, 100 alınarak uygun olan 10 bireyin uygunluk değerleri ve bu bireylerin genetik kodları belirlenmiştir. Bu aşamanın sonuçları Ek2 de verilmiştir.

İkinci aşama; Bu aşamada ise birinci aşamada başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 20, 40, 60, 80, 100 alınarak altı adet kiriş için belirlenen uygun olan 10 bireyin arasından en uygun olan bireyin uygunluk değerleri ve genetik kodları Çizelge 5.3, Çizelge 5.6, Çizelge 5.9, Çizelge 5.12, Çizelge 5.15, Çizelge 5.18’de verilmiştir.

Üçüncü aşama; Bütün kirişler için başlangıç topluluğundaki eleman sayısı farklı durumlar için belirlenmiş olan bireyler arasından en uygun bireyin uygunluk değeri, genetik kodu Çizelge 5.4, Çizelge 5.7, Çizelge 5.10, Çizelge 5.13, Çizelge 5.16, Çizelge 5.19’da verilmiştir. Genetik kodların temsil ettiği yatay ve düşey donatı çapları ise Çizelge 5.5, Çizelge 5.8, Çizelge 5.10, Çizelge 5.13, Çizelge 5.16, Çizelge 5.20’de verilmiştir.

5.1.1. Bir nolu kirişte en uygun donatı çapının genetik algoritmalar kullanılarak belirlenmesi için yapılan çalışmanın sonuçları

Çizelge 5.3. Bir nolu kiriş için başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 20,40,60,80 ve 100 için yapılan çalışmalarda elde edilen en uygun bireylerin uygunluk değerleri ve kodları (x: Başlangıç topluluğundaki eleman sayısı)

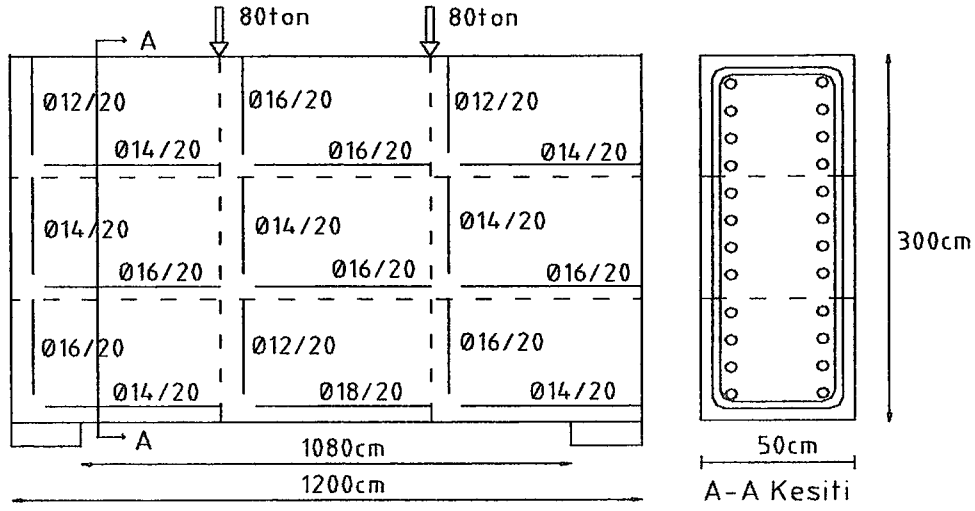
x	U.Değ	Uygun Bulunan Bireylerin Kodları																	
20	0.4825	2	5	2	3	3	3	3	4	3	4	2	4	3	3	3	2	6	2
40	0.4559	3	5	3	4	4	4	3	4	3	4	2	4	3	3	3	2	5	2
60	0.4485	3	5	3	3	3	3	3	4	3	4	2	4	3	3	3	2	6	2
80	0.4559	3	5	3	4	4	4	3	4	3	4	2	4	3	3	3	2	5	2
100	0.4562	2	5	2	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	6	2

Çizelge 5.4. Bir nolu kiriş için elde edilen en uygun bireyin uygunluk değeri ve kodu(x: Başlangıç topluluğundaki eleman sayısı)

x	U.Değ	En Uygun Bulunan Bireyin Kodu																	
80	0.4559	3	5	3	4	4	4	3	4	3	4	2	4	3	3	3	2	5	2

Çizelge 5.5. Bir nolu kiriş için elde edilen en uygun bireyin kodları ve bu kodlara karşı gelen donatı çapları

Bölge No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yatay Donatı kodu	3	5	3	4	4	4	3	4	3
Yatay Donatı Çapı	Ø14	Ø18	Ø14	Ø16	Ø16	Ø16	Ø14	Ø16	Ø14
Düşey Donatı kodu	4	2	4	3	3	3	2	5	2
Düşey Donatı Çapı	Ø16	Ø12	Ø16	Ø14	Ø14	Ø14	Ø12	Ø18	Ø12



Şekil 5.1. Bir nolu yüksek kirişin genetik algoritmalar kullanılarak ek1 de verilen bilgisayar programı ile çözülmesi ile bulunan donatı çapları

5.1.2. İki nolu girişte en uygun donatı çapının genetik algoritmalar kullanılarak belirlenmesi için yapılan çalışmanın sonuçları

Çizelge 5.6. İki nolu giriş için başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 20,40,60,80 ve 100 için yapılan çalışmalarda elde edilen en uygun bireylerin uygunluk değerleri ve kodları (x: Başlangıç topluluğundaki eleman sayısı)

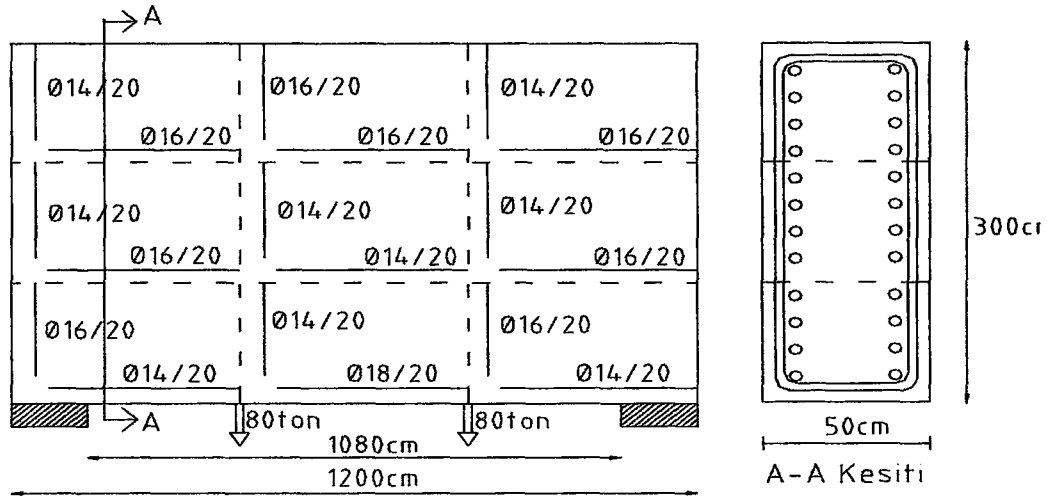
x	U.Değ	Uygun Bulunan Bireylerin Kodları															
20	0.6366	3	6	3	3	4	3	3	5	3	3	6	3	4	3	4	3
40	0.5791	3	5	3	4	4	4	3	5	3	3	6	3	4	3	4	3
60	0.5843	3	6	3	4	3	4	4	4	4	4	3	4	4	3	4	3
80	0.5728	2	6	2	4	4	4	3	5	3	3	6	3	4	3	4	3
100	0.5746	3	6	3	4	5	4	3	5	3	3	6	3	4	3	4	2

Çizelge 5.7. İki nolu giriş için elde edilen en uygun bireyin uygunluk değeri ve kodu (x: Başlangıç topluluğundaki eleman sayısı)

x	U.Değ	En Uygun Bulunan Bireyin Kodu															
60	0.5843	3	6	3	4	3	4	4	4	4	4	3	4	4	3	4	3

Çizelge 5.8. İki nolu giriş için elde edilen en uygun bireyin kodları ve bu kodlara karşı gelen donatı çapları

Bölge No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yatay Donatı kodu	3	6	3	4	3	4	4	4	4
Yatay Donatı Çapı	Ø14	Ø20	Ø14	Ø16	Ø14	Ø16	Ø16	Ø16	Ø16
Düşey Donatı kodu	4	3	4	4	3	4	3	5	3
Düşey Donatı Çapı	Ø16	Ø14	Ø16	Ø16	Ø14	Ø16	Ø14	Ø18	Ø14



Şekil 5.2. İki nolu yüksek kirişin genetik algoritmalar kullanılarak ek1 de verilen bilgisayar programı ile çözülmesi ile bulunan donatı çapları

5.1.3. Üç nolu kirişte en uygun donatı çapının genetik algoritmalar kullanılarak belirlenmesi için yapılan çalışmanın sonuçları

Çizelge 5.9. Üç nolu kiriş için başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 20,40,60,80 ve 100 için yapılan çalışmalarda elde edilen en uygun bireylerin uygunluk değerleri ve kodları (x: Başlangıç topluluğundaki eleman sayısı)

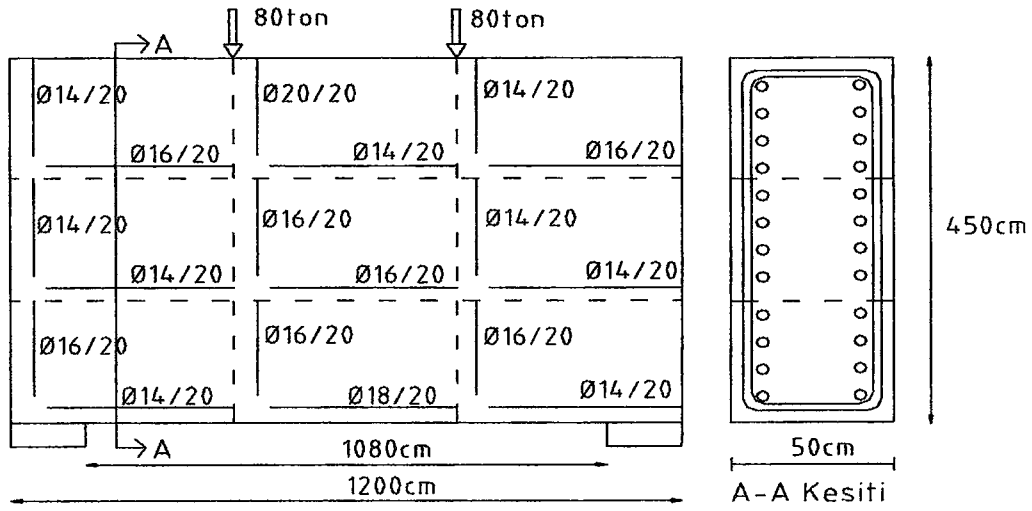
No	U.Değ.	Uygun Bulunan Bireylerin Kodları																	
20	0.5449	3	6	3	4	3	4	4	4	4	4	3	4	4	3	4	3	5	3
40	0.5944	3	6	3	3	4	3	3	4	3	3	4	3	4	3	4	3	5	3
60	0.6014	3	6	3	4	4	4	3	4	3	4	3	4	3	3	3	3	5	3
80	0.5588	3	5	3	3	4	3	4	3	4	4	4	4	3	4	3	3	6	3
100	0.5563	3	5	3	3	4	3	4	3	4	4	3	4	3	3	3	2	5	2

Çizelge 5.10. Üç nolu kiriş için elde edilen en uygun bireyin uygunluk değeri ve kodu(x: Başlangıç topluluğundaki eleman sayısı)

x	U.Değ	En Uygun Bulunan Bireyin Kodu																	
80	0.5588	3	5	3	3	4	3	4	3	4	4	4	4	3	4	3	3	6	3

Çizelge 5.11. Üç nolu kiriş için elde edilen en uygun bireyin kodları ve bu kodlara karşı gelen donatı çapları

Bölge no	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yatay donatı kodu	3	5	3	3	4	3	4	3	4
Yatay donatı çapı	Ø14	Ø18	Ø14	Ø14	Ø16	Ø14	Ø16	Ø14	Ø16
Düşey donatı kodu	4	4	4	3	4	3	3	6	3
Düşey donatı çapı	Ø16	Ø16	Ø16	Ø14	Ø16	Ø14	Ø14	Ø20	Ø14



Şekil 5.3. Üç nolu yüksek kirişin genetik algoritmalar kullanılarak ek1 de verilen bilgisayar programı ile çözülmesi ile bulunan donatı çapları

5.1.4. Dört nolu kirişte en uygun donatı çapının genetik algoritmalar kullanılarak belirlenmesi için yapılan çalışmanın sonuçları

Çizelge 5.12. Dört nolu kiriş için başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 16,40,60,80 ve 100 için yapılan çalışmalarda elde edilen en uygun bireylerin uygunluk değerleri ve kodları (x: Başlangıç topluluğundaki eleman sayısı)

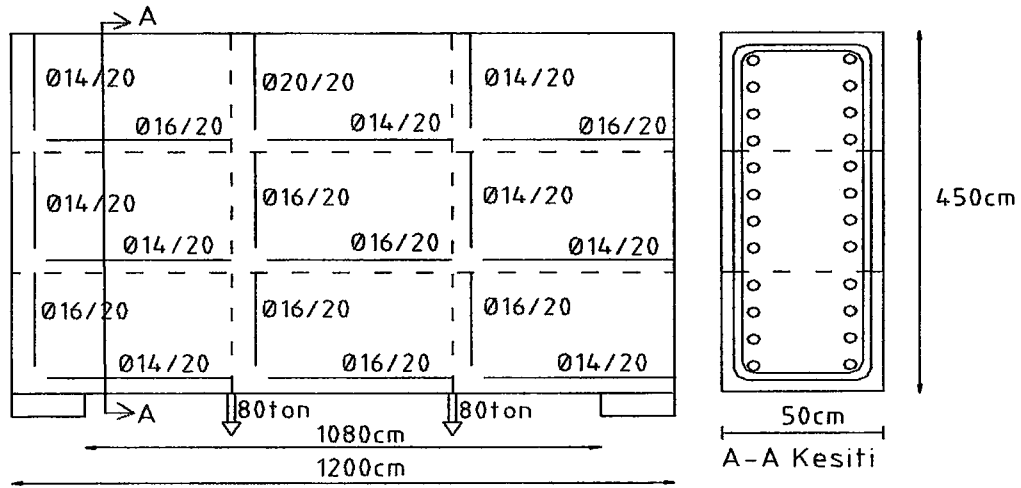
No	U.Değ.	Uygun Bulunan Bireylerin Kodları																	
20	0.5678	3	5	3	4	4	4	4	3	4	4	4	4	3	3	3	3	6	3
40	0.5366	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	5	3
60	0.5619	3	5	3	4	3	4	3	4	3	4	4	4	4	3	4	3	6	3
80	0.5588	3	5	3	3	4	3	4	3	4	4	4	4	3	4	3	3	6	3
100	0.5656	3	6	3	3	4	3	3	4	3	3	4	3	3	4	3	3	4	3

Çizelge 5.13. Dört nolu kiriş için elde edilen en uygun bireyin uygunluk değeri ve kodu(x: Başlangıç topluluğundaki eleman sayısı)

x	U.Değ	En Uygun Bulunan Bireyin Kodu																	
20	0.5678	3	5	3	4	4	4	4	3	4	4	4	4	3	3	3	3	6	3

Çizelge 5.14. Dört nolu kiriş için elde edilen en uygun bireyin kodları ve bu kodlara karşı gelen donatı çapları

Bölge No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yatay Donatı kodu	3	5	3	3	4	3	4	3	4
Yatay Donatı Çapı	Ø14	Ø18	Ø14	Ø14	Ø16	Ø14	Ø16	Ø14	Ø16
Düşey Donatı kodu	4	4	4	3	4	3	3	6	3
Düşey Donatı Çapı	Ø16	Ø16	Ø16	Ø14	Ø16	Ø14	Ø14	Ø20	Ø14



Şekil 5.4. Dört nolu yüksek kirişin genetik algoritmalar kullanılarak ek1 de verilen bilgisayar programı ile çözülmesi ile bulunan donatı çapları

5.1.5. Beş nolu kirişte en uygun donatı çapının genetik algoritmalar kullanılarak belirlenmesi için yapılan çalışmanın sonuçları

Çizelge 5.15. Beş nolu kiriş için başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 20,40,60,80 ve 100 için yapılan çalışmalarda elde edilen en uygun bireylerin uygunluk değerleri ve kodları (x: Başlangıç topluluğundaki eleman sayısı)

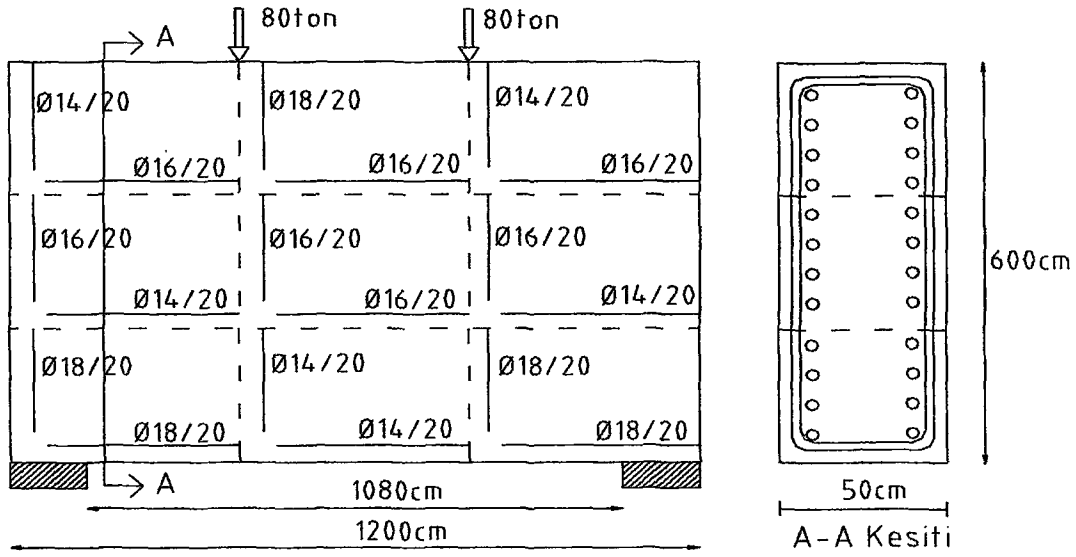
x	U.Değ.	Uygun Bulunan Bireylerin Kodları																	
20	0.5692	3	5	3	4	4	4	5	4	5	4	3	4	4	4	4	5	4	
40	0.5696	3	6	3	4	4	4	3	5	3	5	3	5	3	3	3	5	3	
60	0.5859	3	5	3	4	4	4	4	5	4	5	3	5	4	4	4	3	5	3
80	0.5984	3	5	3	3	4	3	4	4	4	5	3	5	4	4	4	3	5	3
100	0.5908	4	5	4	4	4	4	3	4	3	4	2	4	3	3	3	2	5	2

Çizelge 5.16. Beş nolu kiriş için elde edilen en uygun bireyin uygunluk değeri ve kodu(x: Başlangıç topluluğundaki eleman sayısı)

x	U.Değ	En Uygun Bulunan Bireyin Kodu																	
80	0.5984	3	5	3	3	4	3	4	4	4	5	3	5	4	4	4	3	5	3

Çizelge 5.17. Beş nolu kiriş için elde edilen en uygun bireyin kodları ve bu kodlara karşı gelen donatı çapları

Bölge No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yatay Donatı kodu	5	3	5	3	4	3	4	4	4
Yatay Donatı Çapı	Ø18	Ø14	Ø18	Ø14	Ø16	Ø14	Ø16	Ø16	Ø16
Düşey Donatı kodu	5	3	5	4	4	4	3	5	3
Düşey Donatı Çapı	Ø18	Ø14	Ø18	Ø16	Ø16	Ø16	Ø14	Ø18	Ø14



Şekil 5.5. Beş nolu yüksek kirişin genetik algoritmalar kullanılarak ek1 de verilen bilgisayar programı ile çözülmesi ile bulunan donatı çapları

5.1.6. Altı nolu kirişte en uygun donatı çapının genetik algoritmalar kullanılarak belirlenmesi için yapılan çalışmanın sonuçları

Çizelge 5.18. Altı nolu kiriş için başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 20,40,60,80 ve 100 için yapılan çalışmalarda elde edilen en uygun bireylerin uygunluk değerleri ve kodları (x: Başlangıç topluluğundaki eleman sayısı)

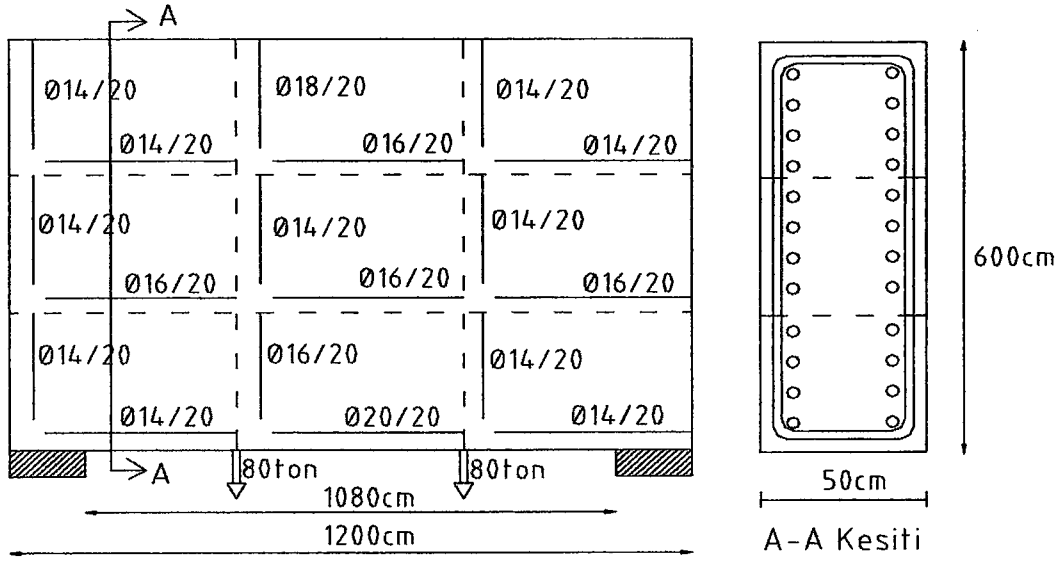
x	U.Değ.	Uygun Bulunan Bireylerin Kodları															
20	0.5449	3	6	3	4	3	4	4	4	4	4	3	4	4	3	4	3
40	0.5944	3	6	3	3	4	3	3	4	3	3	4	3	4	3	4	3
60	0.6014	3	6	3	4	4	4	3	4	3	4	3	4	3	3	3	3
80	0.5579	2	6	2	3	3	3	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3
100	0.5563	3	5	3	3	4	3	4	3	4	4	3	4	3	3	3	2

Çizelge 5.19. Altı nolu kiriş için elde edilen en uygun bireyin uygunluk değeri ve kodu(x: Başlangıç topluluğundaki eleman sayısı)

x	U.Değ.	En Uygun Bulunan Bireyin Kodu															
60	0.6014	3	6	3	4	4	4	3	4	3	4	3	4	3	3	3	3

Çizelge 5.20. Altı nolu kiriş için elde edilen en uygun bireyin kodları ve bu kodlara karşı gelen donatı çapları

Bölge No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Donatı kodu	3	6	3	4	4	4	3	4	3
Donatı Çapı	Ø14	Ø20	Ø14	Ø16	Ø16	Ø16	Ø14	Ø16	Ø14
Donatı kodu	3	5	3	3	3	3	3	5	3
Donatı Çapı	Ø14	Ø18	Ø14	Ø14	Ø14	Ø14	Ø14	Ø18	Ø14



Şekil 5.6. Altı nolu yüksek kirişin genetik algoritmalar kullanılarak ek1 de verilen bilgisayar programı ile çözülmesi ile bulunan donatı çapları

5.2. Yüksek kirişlerde donatı çaplarının ACI'da belirtilen koşullara göre belirlenmesine ait uygulamalar

Malzeme sınıfları boyutları ve yükleme durumları Çizelge 5.1.1'de verilen altı adet kirişin ACI'da (American Concrete Institute) belirtilen koşullara göre analizi yapılarak donatı çapları belirlenmiştir. Analiz sonuçları Çizelge 5.21, Çizelge 5.22, Çizelge 5.23, Çizelge 5.24, Çizelge 5.25, Çizelge 5.26'da ve analizinin hesapları EK3 de verilmiştir.

5.2.1. Bir nolu kiriş için donatı çapının ACI'da belirtilen koşullara göre belirlenmesi

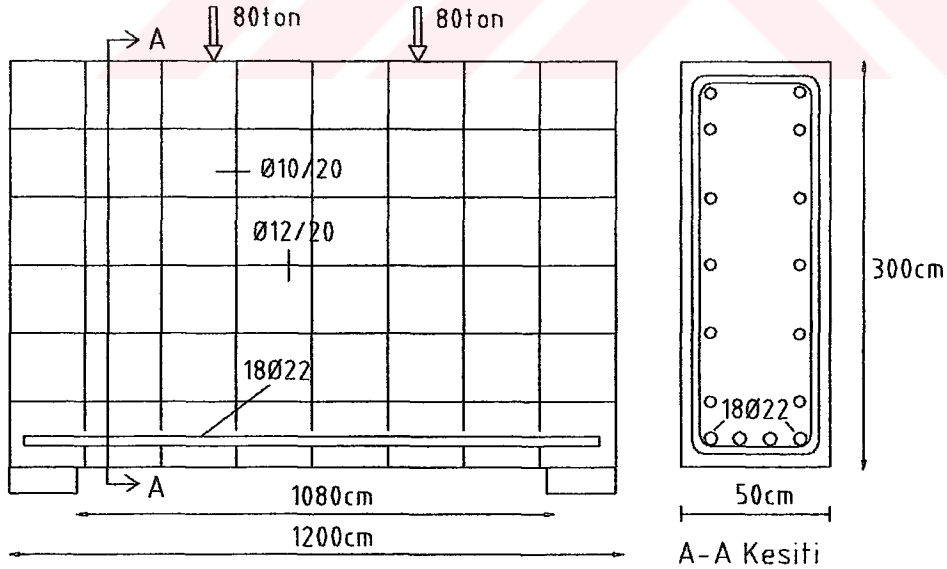
$$L_r/d=1080/270=4$$

$L_r/d > 5/4$ olduğundan bu kirişin ACI'ya göre eğilme analizi normal kirişlerin eğilme analizi esaslarına göre yapılmıştır.

$L_r/d < 5$ olduğundan ve üst kenarından yüklü alt kenarından mesnetli olduğundan kirişin kesme analizi yüksek kiriş kabulüne göre yapılmıştır.

Çizelge 5.21. Bir nolu yüksek kirişin ACI'da belirtilen koşullara göre analizi sonucu belirlenmiş olan donatı çapları ve donatı aralıkları

Kiriş No	Eğilme Donatısı	Yatay Kay. Donatısı	Düşey Kay. Donatısı
1	18 Ø 22	Ø12/ 20	Ø10/ 20



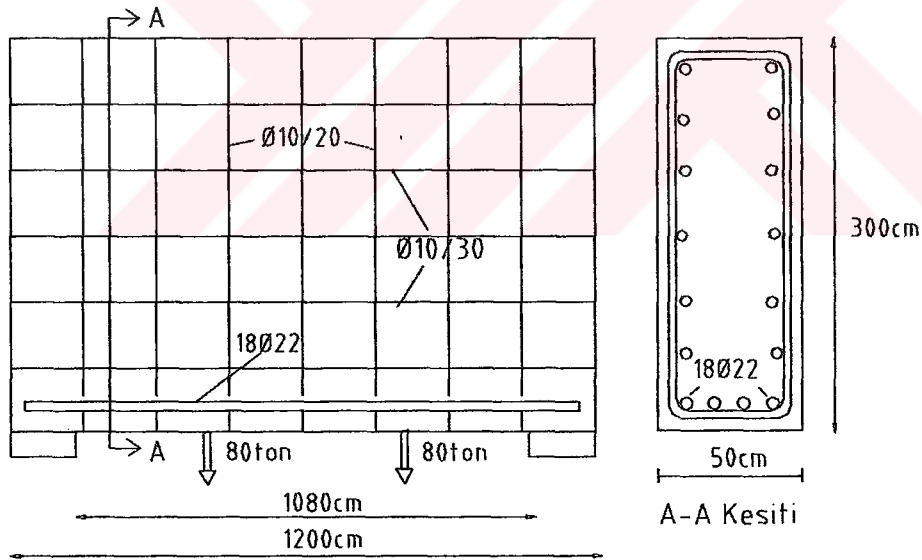
Şekil 5.7. Bir nolu yüksek kirişin ACI da belirtilen koşullara göre çözümü sonucunda bulunan donatı çapı

5.2.2. İki nolu kiriş için donatı çapının ACI'da belirtilen koşullara göre belirlenmesi

Bu kiriş alt kenarından yüklü olduğundan boyutları ne olursa olsun ACI'ya göre yüksek kiriş olarak kabul edilmemektedir. Bu kirişin eğilme ve kesme analizi normal kiriş kabulüne göre yapılmıştır.

Çizelge 5.22. İki nolu yüksek kirişin ACI'da belirtilen koşullara göre analizi sonucu belirlenmiş olan donatı çapları ve donatı aralıkları

Kiriş No	Eğilme Donatısı	Yatay Kay. Donatısı	Düşey Kay. Donatısı
2	18 Ø 22	Yok	Ø10/ 20



Şekil 5.8. İki nolu yüksek kirişin ACI da belirtilen koşullara göre çözümü sonucunda bulunan donatı çapı

5.2.3. Üç nolu kiriş için donatı çapının ACI'da belirtilen koşullara göre belirlenmesi

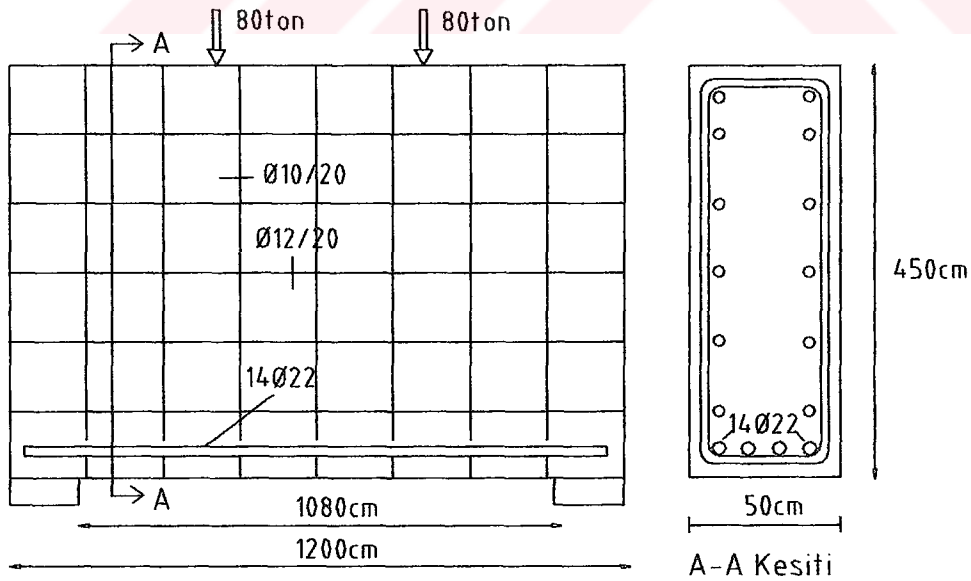
$$L_n/d = 1080/405 = 2,67$$

$L_n/d > 5/4$ olduğundan bu kirişin ACI'ya göre eğilme analizi normal kirişlerin eğilme analizi esaslarına göre yapılmıştır.

$L_n/d < 5$ olduğundan ve üst kenarından yüklü alt kenarından mesnetli olduğundan kirişin kesme analizi yüksek kiriş kabulüne göre yapılmıştır.

Çizelge 5.23. Üç nolu yüksek kirişin ACI'da belirtilen koşullara göre analizi sonucu belirlenmiş olan donatı çapları ve donatı aralıkları

Kiriş No	Eğilme Donatısı	Yatay Kay. Donatısı	Düşey Kay. Donatısı
3	14 Ø 22	Ø12/ 20	Ø10/ 20



Şekil 5.9. Üç nolu yüksek kirişin ACI da belirtilen koşullara göre çözümü

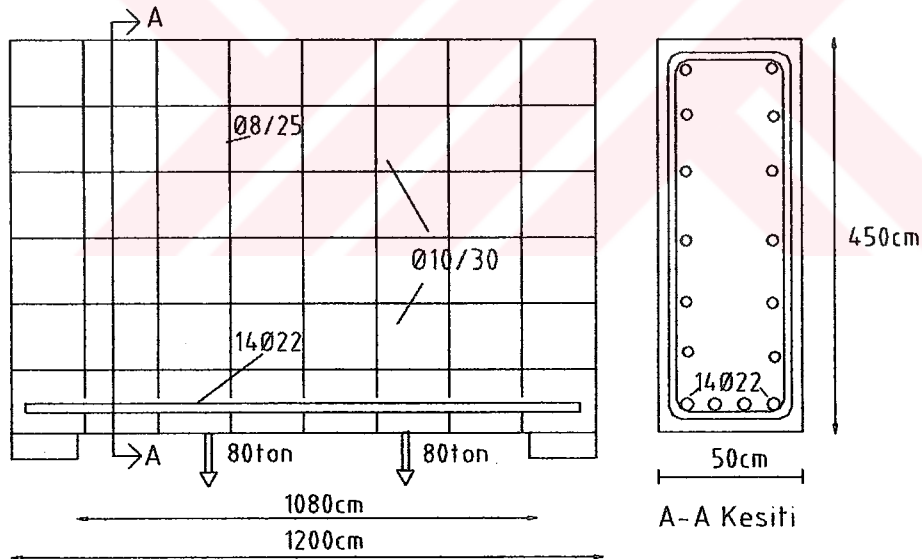
sonucunda bulunan donatı çapı

5.2.4. Dört nolu kiriş için donatı çapının ACI'da belirtilen koşullara göre belirlenmesi

Bu kiriş alt kenarından yüklü olduğundan boyutları ne olursa olsun ACI'ya göre yüksek kiriş olarak kabul edilmemektedir. Bu kirişin eğilme ve kesme analizi normal kiriş kabulüne göre yapılmıştır.

Çizelge 5.24. Dört nolu yüksek kirişin ACI'da belirtilen koşullara göre analizi sonucu belirlenmiş olan donatı çapları ve donatı aralıkları

Kiriş No	Eğilme Donatısı	Yatay Kay. Donatısı	Düşey Kay. Donatısı
4	14 Ø 22	yok	Ø8/ 25



Şekil 5.10. Dört nolu yüksek kirişin ACI da belirtilen koşullara göre çözümü sonucunda bulunan donatı çapı

5.2.5. Beş nolu kiriş için donatı çapının ACI'da belirtilen koşullara göre belirlenmesi

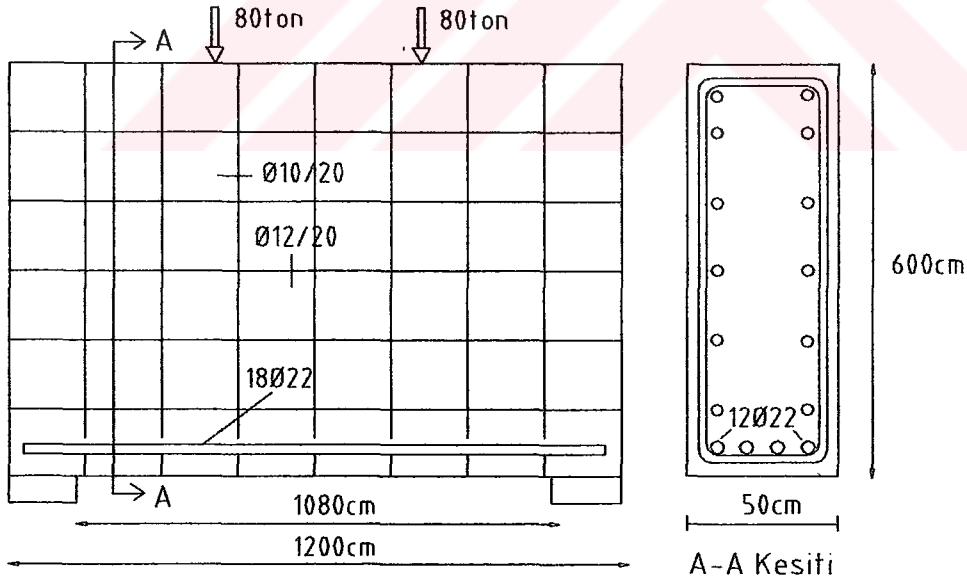
$$L_r/d = 1080/540 = 2,0$$

$L_r/d > 5/4$ olduğundan bu kirişin ACI'ya göre eğilme analizi normal kirişlerin eğilme analizi esaslarına göre yapılmıştır.

$L_r/d < 5$ olduğundan ve üst kenarından yüklü alt kenarından mesnetli olduğundan kirişin kesme analizi yüksek kiriş kabulüne göre yapılmıştır.

Çizelge 5.25. Beş nolu yüksek kirişin ACI'da belirtilen koşullara göre analizi sonucu belirlenmiş olan donatı çapları ve donatı aralıkları

Kiriş No	Eğilme Donatısı	Yatay Kay. Donatısı	Düşey Kay. Donatısı
5	12 Ø 22	Ø12/ 20	Ø10/ 20



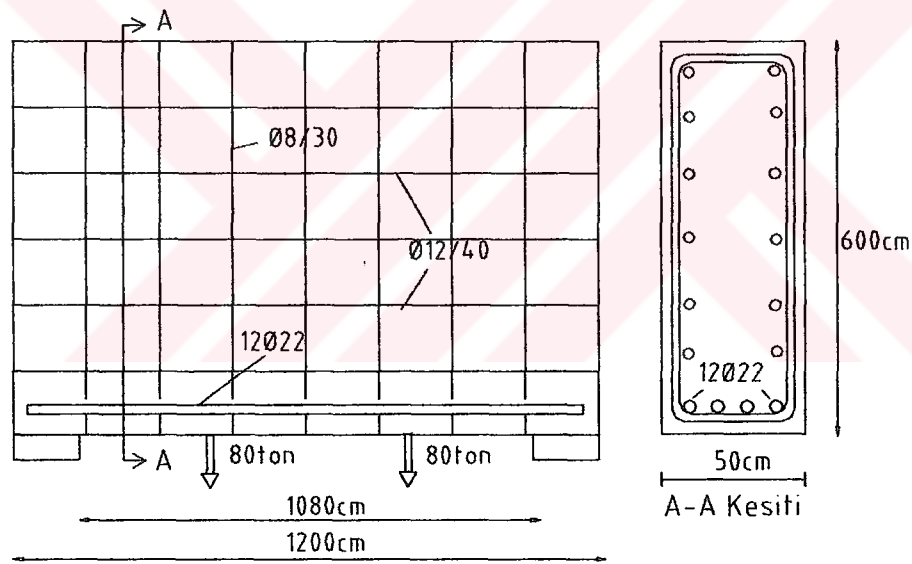
Şekil 5.11. Beş nolu yüksek kirişin ACI da belirtilen koşullara göre çözümü sonucunda bulunan donatı çapı

5.2.6. Altı nolu kiriş için donatı çapının ACI'da belirtilen koşullara göre belirlenmesi

Bu kiriş alt kenarından yüklü olduğundan boyutları ne olursa olsun ACI'ya göre yüksek kiriş olarak kabul edilmemektedir. Bu kirişin eğilme ve kesme analizi normal kiriş kabulüne göre yapılmıştır.

Çizelge 5.26. Dört nolu yüksek kirişin ACI'da belirtilen koşullara göre analizi sonucu belirlenmiş olan donatı çapları ve donatı aralıkları

Kiriş No	Eğilme Donatısı	Yatay Kay. Donatısı	Düşey Kay. Donatısı
6	12 Ø 22	yok	Ø8/ 30



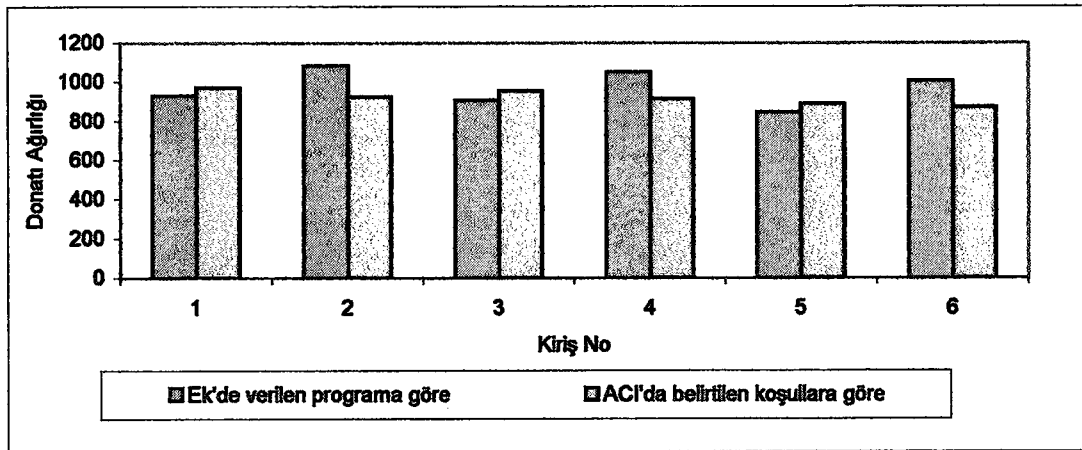
Şekil 5.12. Altı nolu yüksek kirişin ACI da belirtilen koşullara göre çözümü sonucunda bulunan donatı çapı

5.3. ACI'ya Göre Donatı Ağırlıkları İle Genetik Algoritmalar kullanılarak Belirlenen Donatı Ağırlıklarının Karşılaştırılması

Yükleme durumları ve boyutları farklı altı adet yüksek kirişin ACI'da belirtilen koşullara göre ve genetik algoritmalar kullanılarak hazırlanmış olan bilgisayar programı ile analizleri yapılmıştır. Analizler sonucunda genetik algoritmalar kullanılarak bulunan sonuçların üst kenarından yüklü kirişlerde (1, 3, 5 nolu kirişler) ortalama %5 daha az donatı ağırlığı verdiği ve alt kenarından yüklü kirişlerde (2, 4, 6 nolu kirişler) ise ortalama %16 daha fazla donatı ağırlığı verdiği görülmüştür. Analizlerin sonuçları Çizelge 5.27'de verilmiştir. Şekil 5.13'de ise sonuçlar grafik olarak karşılaştırılmıştır.

Çizelge 5.27. Yüksek kirişlerin yapılan analizler sonucunda bulunan ağırlıkları

Kiriş No	Donatı Ağırlığı(kg)	
	EK1'de verilen program ile analiz	ACI'ya göre analiz
1	930	970
2	1082	925
3	905	955
4	1049	915
5	845	890



Şekil 5.13. Çizelge 5.4 Yüksek kirişlerin yapılan analizler sonucunda bulunan ağırlıklarının grafik olarak karşılaştırılması

6. SONUÇLAR

Genetik algoritmalar, son yıllarda optimizasyon problemlerinin çözülmesinde geleneksel yöntemlere alternatif olarak kullanılan yöntemlerden biridir ve mühendislik alanında topoloji, şekil ve boyut optimizasyonlarında yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmada genetik algoritmalar, boyutları ve yükleme durumları farklı altı adet yüksek kırışte en uygun donatı çaplarının belirlenmesi problemine uygulanmıştır. Analizler sonucunda genetik algoritmalar kullanılarak belirlenen donatı ağırlıkları ACI'da belirtilen koşullara göre belirlenen donatı ağırlıkları ile karşılaştırılmış ve şu sonuçlar elde edilmiştir. Genetik Algoritmalar kullanılarak belirlenen donatı ağırlıklarının üst kenarından yüklü 1, 3 ve 5 nolu üç adet kırış için ortalama %5 daha az olduğu görülmüştür. Alt kenarından yüklü 2, 4 ve 6 nolu üç adet kırış için ise genetik algoritmalar kullanılarak belirlenen donatı ağırlıklarının ACI'da belirtilen koşullara göre belirlenen donatı ağırlıklarından ortalama %16 daha fazla olduğu görülmüştür.

Yapılan çalışmada yüksek kırışlerde en uygun donatı çaplarının genetik algoritmalar kullanılarak belirlenmesi inşaat mühendisliği alanında karşılaşılan tasarım değişkenlerinin süreksiz olduğu ve sınırlayıcıların çok fazla olduğu optimizasyon problemlerine genetik algoritmaların uygulanabilirliğini göstermesi açısından iyi bir örnek olmuştur.

KAYNAKLAR

TSE 500, Nisan 1984 , Türk Standartları Enstitüsü Kurumu

ACI 318-95, 1999, American Concrete Institute

Holland, J. H., Adaptation in Natural and Artificial Systems, The University of Michigan Press, Ann Arbor, 1975

Goldberg, D, E, 1989, Genetic Algorithms In Search,Optimization And Machine Learning, Addison-Wesley Publishing Company,Inc

Rao, S., 1995, Engineering Optimization, Wiley Eastern Limited, Publishers And New Age International Publishers, Ltd.

Erbatur, F. ve Hasancebi, O., 1999, Structural Design Optimization Using Genetic Algorithm, Department Of Civil Engineering Middle East Technical University, Uğur Ersoy Sempozyumu

Altıparmak, F. 1996, Genetik Algoritmalar İle Haberleşme Şebekelerinin Topolojik Optimizasyonu, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Michalewicz, Z., 1996, Genetic Algorithms+Data Structures=Evolutions Programs, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York, 3.Baskı

Syswerda, G., 1989, Uniform Crossover in Genetic Algorithms, Third International Conference on Genetic Algorithms, pp:2-9

Turgut, P., 1995, Yapılarda Hareketli Yük Kombinasyonlarının Genetik Algoritmalar İle Belirlenmesi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Nilson, A. ve Darwin, D., 1997, Design Of Concrete Structures, The McGraw Hill Companies, Inc

Nawy, E., G., 1996, Reinforced Concrete, Prentice Hall International Series In Civil Engineering Engineering Mechanics

MacGroger, J., 1998, Reinforced Concrete Mechanics And Design, Prentice Hall International Inc

Carroll, W., F., 1999, A Primer For Finite Elements In Elastic Structures, John Wiley & Sons Inc



EKLER



EK1 YÜKSEK KİRİŞLERDE EN UYGUN DONATI ÇAPLARININ GENETİK ALGORİTMALAR KULLANILARAK BELİRLENMESİNDE KULLANILAN BİLGİSAYAR PROGRAMI VE BU PROGRAMA AİT ALGORİTMA

Ek1.1. Başlangıç Topluluğunun Oluşturulmasında Kullanılan Program

```
% Genetik algoritma ile problemimizin çözümünde kullanacağımız önceden
belirlenen sayıda (btes) elemandan oluşan başlangıç topluluğu oluşturuluyor.
for s=1:btes
for k=1:18
Ay(:,k)=(randperm(8))';
end
bastop(s,:)=Ay(4,:);
end
```

Ek1.2. Uygun Olmayan Bireylerin Cezalandırılmasında Kullanılan Program

```
% Mevcut donatı alanı gerekli donatı alanından küçük olan bireylerin seçilme
şansını azaltmak veya onları ortadan kaldırmak için cezalandırılmaktadır.
for g=1:9
Wgx(g,d)=(Wg(bastop(d,g),1)*csy/Fex(g,1));
if Wgx(g,d)<1
WGx(g,d)=max(Fey)*10;
else
WGx(g,d)=Wgx(g,d);
end
end
for g=1:9
Wgy(g,d)=(Wg(bastop(d,g+9),1)*csd/Fey(g,1));
if Wgy(g,d)<1
Wgy(g,d)=max(Fey)*10;
```

```

else
Wgy(g,d)=Wgy(g,d);
end
end

```

Ek1.3. Bireylerin Değerlendirilmesinde Kullanılan Program.

% Değerlendirme işleminde yapılan sıralama sonucuna göre topluluktaki bireylerin yarısı topluluktan atılmaktadır.

```

Fc=(sum(WG))';
Fcort=mean(Fc);
for h=1:btes
uygunluk(h,1)=1-(Fc(h,1)/Fcort);
end
dec=sort(uygunluk);
dcc=(1:btes)';
arsa=[dcc uygunluk dec ];
for tu=1:btes;
for bt=1:btes;
if arsa(tu,3)==arsa(bt,2);
ber(tu,1:2)=arsa(bt,1:2);
end;end;end;
for d=1:btes
bas3top(d,:)=bastop(ber(d,1),:);
end
uy=ber(btes/2+1:btes,2);
bas4top=bas3top(btes/2+1:btes,:);

```

Ek1.4. Kopyalama İşleminde Kullanılan Program.

% Topluluktan atılan bireylerin yerine başarılı bireyler kopyalanmaktadır.

```

bas5top=[bas4top;bas4top];
uyuy=[uy;uy];

```

Ek1.5. Çaprazlama işleminde kullanılan program.

% Çaprazlama işleminde bir noktalı çaprazlama yöntemi uygulanmıştır.
Çaprazlama işleminde çaprazlama işlemine tabi tutulacak topluluktan birisi dışarıdan alınmaktadır.

```
Ma=0;Mb=0;ny=18;
for a=1:btes;
if((a/2)-fix(a/2))==0;
Ma=Ma+1;
ebeveyn1(Ma,:)=bas5top(a,:);
else
Mb=Mb+1;
ebeveyn2(Mb,:)=bas5top(a,:);
end;end;
bbpp(d,:)=randperm(18-1);
sy=bbpp(d,5);
for sp=1:Ma
bbpp(sp,:)=randperm(18-1);
sy=bbpp(sp,5);
parenta(sp,:)=[ebeveyn2(sp,1:sy),ebeveyn1(sp,sy+1:ny)];
end
parent1=parenta(1:btes/2,:);

for sc=1:btes/2
for k=1:18
yy(:,k)=(randperm(8))';
end
parentc(sc,:)=yy(4,:);
end
parent2=parentc(1:btes/2,:);
bas6top=[parent1;parent2];
```

Ek1.6. Mutasyon İşleminde Kullanılan Program.

% Mutasyon operatörünün topluluğa uygulanmasında mutasyon oranı 0.01 seçilmiştir.

```
if rem(bn,100)==0
for fn=1:btes
bbss(fn,:)=[randperm(8)randperm(8)randperm(8)];
bas6top(fn,bbss(fn,5))=bbss(fn,15);
end
end
```

Ek1. 7. Jenerasyonların Hangi Kritere Göre Sonlandırılacağını Belirleyen Program.

% Bu uygulamada jenerasyonlar yirmi adet uygun birey bulununcaya kadar devam etmektedir.

```
eut(1,:)=bas3top(btes,:);
maxu(1,1)=uyuy(btes,1);
if eut(1,1)==eut(1,3)&eut(1,4)==eut(1,6)&eut(1,7)==eut(1,9)&...
eut(1,10)==eut(1,12)&eut(1,13)==eut(1,15)&eut(1,16)==eut(1,18)
maxmaxu(pt,1)=maxu(1,1)
maxeut(pt,:)=eut(1,:);
pt=pt+1
if pt==21;
break
end
end
```

Ek2 BİLGİSAYAR PROGRAMI KULLANILARAK YAPILAN ÇÖZÜMLERDE ELDE EDİLEN SONUÇLARI

Ek 2.1.1 Bir nolu kirişte başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 20 alınarak yapılan çalışmanın sonuçları

Ek2.1.1.1 Bir nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 20 için uygun bulunan 10 bireyin uygunluk değerleri ve kodları

No	U.Değ.	Uygun Bulunan Bireylerin Kodları																	
1	0.4255	1	5	1	2	5	2	6	3	6	1	5	1	1	5	1	1	8	1
2	0.4558	2	6	2	3	3	3	3	4	3	4	2	4	3	3	3	2	6	2
3	0.4254	1	5	1	2	5	2	6	3	6	1	5	1	1	5	1	1	8	1
4	0.4409	1	5	1	2	5	2	6	3	6	1	5	1	1	5	1	1	8	1
5	0.4256	1	5	1	2	5	2	6	3	6	1	5	1	1	5	1	1	8	1
6	0.4092	1	5	1	2	5	2	6	3	6	1	5	1	1	5	1	1	8	1
7	0.4825	2	5	2	3	3	3	3	4	3	4	2	4	3	3	3	2	6	2
8	0.3543	1	5	1	2	5	2	6	3	6	1	5	1	1	5	1	1	8	1
9	0.3541	1	5	1	2	5	2	6	3	6	1	5	1	1	5	1	1	8	1
10	0.4100	1	5	1	2	5	2	6	3	6	1	5	1	1	5	1	1	8	1

Ek2.1.1.2 Bir nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 20 için en uygun bulunan bireyin uygunluk değeri ve kodu

U.Değeri	En Uygun Bulunan Bireyin Kodu																	
0.4825	2	5	2	3	3	3	3	4	3	4	2	4	3	3	3	2	6	2

Ek2.1.1.3 Bir nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 20 için en uygun bulunan bireyin kodu yatay ve düşey donatı çapları

Levha No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yatay Donatı kodu	2	5	2	3	3	3	4	3	4
Yatay Donatı Çapı	Ø12	Ø16	Ø12	Ø14	Ø14	Ø14	Ø16	Ø14	Ø16
Düşey Donatı kodu	4	2	4	3	3	3	2	6	2
Düşey Donatı Çapı	Ø16	Ø12	Ø16	Ø14	Ø14	Ø14	Ø12	Ø18	Ø12

Ek 2.1.2 Bir nolu kirişde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 40 alınarak yapılan çalışmanın sonuçları

Ek2.1.2.1 Bir nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 40 için uygun bulunan 10 bireyin uygunluk değerleri ve kodları

No	U.Değ.	Uygun Bulunan Bireylerin Kodları																	
1	0.4147	2	5	2	3	6	3	4	2	4	1	1	1	1	5	1	1	7	1
2	0.3735	2	5	2	3	6	3	4	2	4	1	1	1	1	5	1	1	7	1
3	0.3632	2	5	2	3	6	3	4	2	4	1	1	1	1	5	1	1	7	1
4	0.4003	2	5	2	3	6	3	4	2	4	1	1	1	1	5	1	1	7	1
5	0.4483	2	5	2	3	6	3	4	2	4	1	1	1	1	5	1	1	7	1
6	0.3637	2	5	2	3	6	3	4	2	4	1	1	1	1	5	1	1	7	1
7	0.4485	3	5	3	3	3	3	3	4	3	4	2	4	3	3	3	2	6	2
8	0.3438	2	5	2	3	6	3	4	2	4	1	1	1	1	5	1	1	7	1
9	0.4177	2	5	2	3	6	3	4	2	4	1	1	1	1	5	1	1	7	1
10	0.3730	3	5	3	3	4	3	3	4	3	4	2	4	3	3	3	2	5	2

Ek2.1.2.2 Bir nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 40 için en uygun bulunan bireyin uygunluk değeri ve kodu

U.Değeri	En Uygun Bulunan Bireyin Kodu																	
0.4485	3	5	3	3	3	3	3	4	3	4	2	4	3	3	3	2	6	2

Ek2.1.2.3 Bir nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 40 için en uygun bulunan bireyin kodu yatay ve düşey donatı çapları

Levha No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yatay Donatı kodu	3	5	3	3	3	3	4	3	4
Yatay Donatı Çapı	Ø14	Ø16	Ø14	Ø14	Ø14	Ø14	Ø16	Ø14	Ø16
Düşey Donatı kodu	4	2	4	3	3	3	2	6	2
Düşey Donatı Çapı	Ø16	Ø12	Ø16	Ø14	Ø14	Ø14	Ø12	Ø18	Ø12

Ek 2.1.3 Bir nolu kirişde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 60 alınarak yapılan çalışmanın sonuçları

Ek2.1.3.1 Bir nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 60 için uygun bulunan 10 bireyin uygunluk değerleri ve kodları

No	U.Değ.	Uygun Bulunan Bireylerin Kodları																	
1	0.4604	1	6	1	1	3	1	7	1	7	1	2	1	1	6	1	1	1	1
2	0.3604	3	3	3	4	3	4	4	2	4	1	4	1	1	5	1	1	5	1
3	0.4303	3	6	3	4	1	4	5	2	5	1	1	1	1	5	1	1	4	1
4	0.4312	3	3	3	3	2	3	4	1	4	1	1	1	1	5	1	1	4	1
5	0.4749	3	3	3	3	2	3	4	1	4	1	1	1	1	5	1	1	4	1
6	0.3549	3	3	3	3	2	3	4	1	4	1	1	1	1	5	1	1	4	1
7	0.4140	3	3	3	3	2	3	4	1	4	1	1	1	1	5	1	1	4	1
8	0.3927	3	3	3	3	2	3	4	1	4	1	1	1	1	5	1	1	4	1
9	0.4417	3	3	3	3	2	3	4	1	4	1	1	1	1	5	1	1	4	1
10	0.4210	2	5	2	4	4	4	3	4	3	4	2	4	3	3	3	3	4	3

Ek2.1.3.2 Bir nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 60 için en uygun bulunan bireyin uygunluk değeri ve kodu

U.Değeri	En Uygun Bulunan Bireyin Kodu																	
0.4910	2	5	2	4	4	4	3	4	3	4	3	4	3	3	3	3	4	3

Ek2.1.3.3 Bir nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 60 için en uygun bulunan bireyin kodu yatay ve düşey donatı çapları

Levha No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yatay Donatı kodu	2	5	2	4	4	4	3	4	3
Yatay Donatı Çapı	Ø12	Ø16	Ø12	Ø16	Ø16	Ø16	Ø14	Ø16	Ø14
Düşey Donatı kodu	3	4	3	3	3	3	3	4	3
Düşey Donatı Çapı	Ø14	Ø16	Ø14	Ø14	Ø14	Ø14	Ø14	Ø16	Ø14

Ek 2.1.4 Bir nolu kirişde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 80 alınarak yapılan çalışmanın sonuçları

Ek2.1.4.1 Bir nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 80 için uygun bulunan 10 bireyin uygunluk değerleri ve kodları

No	U.Değ.	Uygun Bulunan Bireylerin Kodları																	
1	0.4116	3	5	3	4	4	4	3	4	3	4	2	4	3	3	3	2	5	2
2	0.3697	3	5	3	4	4	4	3	4	3	4	2	4	3	3	3	2	5	2
3	0.3932	3	5	3	4	4	4	3	4	3	4	2	4	3	3	3	2	5	2
4	0.4559	3	5	3	4	4	4	3	4	3	4	2	4	3	3	3	2	5	2
5	0.4136	1	2	1	4	4	4	5	2	5	1	1	1	1	5	1	1	6	1
6	0.4182	1	2	1	4	4	4	5	2	5	1	1	1	1	5	1	1	6	1
7	0.3782	1	6	1	4	4	4	5	2	5	1	1	1	1	5	1	1	6	1
8	0.4410	1	6	1	4	4	4	5	2	5	1	1	1	1	5	1	1	6	1
9	0.4213	1	6	1	4	4	4	5	2	5	1	1	1	1	5	1	1	6	1
10	0.3634	1	6	1	4	4	4	5	2	5	1	1	1	1	5	1	1	6	1

Ek2.1.4.2 Bir nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 80 için en uygun bulunan bireyin uygunluk değeri ve kodu

U.Değeri	En Uygun Bulunan Bireyin Kodu																	
0.4559	3	5	3	4	4	4	3	4	3	4	2	4	3	3	3	2	5	2

Ek2.1.4.3 Bir nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 80 için en uygun bulunan bireyin kodu yatay ve düşey donatı çapları

Levha No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yatay Donatı kodu	3	5	3	4	4	4	3	4	3
Yatay Donatı Çapı	Ø14	Ø18	Ø14	Ø16	Ø16	Ø16	Ø14	Ø16	Ø14
Düşey Donatı kodu	4	2	4	3	3	3	2	5	2
Düşey Donatı Çapı	Ø16	Ø12	Ø16	Ø14	Ø14	Ø14	Ø12	Ø16	Ø12

Ek 2.1.5 Bir nolu kirişde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 100 alınarak yapılan çalışmanın sonuçları

Ek2.1.5.1 Bir nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 100 için uygun bulunan 10 bireyin uygunluk değerleri ve kodları

No	U.Değ.	Uygun Bulunan Bireylerin Kodları																	
1	0.4172	1	5	1	1	4	1	5	2	5	1	1	1	1	5	1	1	6	1
2	0.3989	3	6	3	1	2	1	4	2	4	1	4	1	1	5	1	1	6	1
3	0.4152	3	6	3	1	2	1	4	2	4	1	4	1	1	5	1	1	6	1
4	0.4134	3	6	3	2	1	2	4	1	4	1	1	1	1	5	1	1	7	1
5	0.4127	2	4	2	1	2	1	5	4	5	1	1	1	1	5	1	1	7	1
6	0.3923	2	5	2	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	6	2
7	0.4263	2	5	2	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	6	2
8	0.4189	2	5	2	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	6	2
9	0.4562	2	5	2	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	6	2
10	0.4233	1	7	1	1	3	1	5	4	5	1	1	1	1	5	1	1	7	1

Ek2.1.5.2 Bir nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 100 için en uygun bulunan bireyin uygunluk değeri ve kodu

U.Değeri	En Uygun Bulunan Bireyin Kodu																	
0.4562	2	5	2	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	6	2

Ek2.1.5.3 Bir nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 100 için en uygun bulunan bireyin kodu yatay ve düşey donatı çapları

Levha No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yatay Donatı kodu	2	5	2	3	4	3	3	3	3
Yatay Donatı Çapı	Ø12	Ø16	Ø12	Ø14	Ø16	Ø14	Ø14	Ø14	Ø14
Düşey Donatı kodu	3	2	3	3	3	3	2	6	2
Düşey Donatı Çapı	Ø14	Ø12	Ø14	Ø14	Ø14	Ø14	Ø12	Ø18	Ø12

Ek 2.1.6 Bir nolu giriş için başlangıç topluluğundaki birey sayıları farklı alınarak yapılan çalışmaların sonuçları

Ek2.1.6.1 Bir nolu giriş için başlangıç topluluğundaki birey sayıları farklı alınarak yapılan çözümlerde elde edilen en uygun bireylerin kodları ve uygunluk değerleri(x : Başlangıç topluluğundaki eleman sayısı)

x	U.Değ.	Uygun Bulunan Bireylerin Kodları																	
20	0.4825	2	5	2	3	3	3	3	4	3	4	2	4	3	3	3	2	6	2
40	0.4559	3	5	3	4	4	4	3	4	3	4	2	4	3	3	3	2	5	2
60	0.4485	3	5	3	3	3	3	3	4	3	4	2	4	3	3	3	2	6	2
80	0.4559	3	5	3	4	4	4	3	4	3	4	2	4	3	3	3	2	5	2
100	0.4562	2	5	2	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	6	2

Ek2.1.6.2 Ek2.1.6.1 de uygunluk değerleri ve kodları verilen bireylerin arasında en uygun bireyin uygunluk değeri ve kodu

No	U.Değ	En Uygun Bulunan Bireyin Kodu																	
80	0.4559	3	5	3	4	4	4	3	4	3	4	2	4	3	3	3	2	5	2

Ek2.1.6.3 Ek2.1.6.1 de verilen bireylerin arasında en uygun bireyin kodu ve bu kodlara karşı gelen donatı çapları

Levha No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yatay Donatı kodu	3	5	3	4	4	4	3	4	3
Yatay Donatı Çapı	Ø14	Ø18	Ø14	Ø16	Ø16	Ø16	Ø14	Ø16	Ø14
Düşey Donatı kodu	4	2	4	3	3	3	2	5	2
Düşey Donatı Çapı	Ø16	Ø12	Ø16	Ø14	Ø14	Ø14	Ø12	Ø16	Ø12

Ek 2.2.1 İki nolu kirişde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 20 alınarak yapılan çalışmanın sonuçları

Ek2.2.1.1 İki nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 20 için uygun bulunan 10 bireyin uygunluk değerleri ve kodları

No	U.Değ.	Uygun Bulunan Bireylerin Kodları																	
1	0.4812	4	6	4	6	3	6	5	5	5	1	5	1	1	6	1	3	5	3
2	0.5679	4	6	4	6	3	6	5	5	5	1	5	1	1	6	1	3	5	3
3	0.5179	4	6	4	6	3	6	5	5	5	1	5	1	1	6	1	3	5	3
4	0.6366	3	6	3	3	4	3	3	5	3	3	6	3	4	3	4	3	5	3
5	0.5289	4	6	4	6	3	6	5	5	5	1	5	1	1	6	1	3	5	3
6	0.5061	4	6	4	6	3	6	5	5	5	1	5	1	1	6	1	3	5	3
7	0.6140	3	6	3	3	4	3	3	6	3	3	6	3	4	3	4	5	3	5
8	0.4941	4	6	4	6	3	6	5	5	5	1	5	1	1	6	1	3	5	3
9	0.5396	4	6	4	6	3	6	5	5	5	1	5	1	1	6	1	3	5	3
10	0.5682	4	6	4	6	3	6	5	5	5	1	5	1	1	6	1	3	5	3

Ek2.2.1.2 İki nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 20 için en uygun bulunan bireyin uygunluk değeri ve kodu

U.Değeri	En Uygun Bulunan Bireyin Kodu																	
0.6366	3	6	3	3	4	3	3	5	3	3	6	3	4	3	4	3	5	3

Ek2.2.1.3 İki nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 20 için en uygun bulunan bireyin kodu yatay ve düşey donatı çapları

Levha No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yatay Donatı kodu	3	6	3	3	4	3	3	5	3
Yatay Donatı Çapı	Ø14	Ø18	Ø14	Ø14	Ø16	Ø14	Ø14	Ø16	Ø14
Düşey Donatı kodu	3	6	3	4	3	4	3	5	3
Düşey Donatı Çapı	Ø14	Ø18	Ø14	Ø16	Ø14	Ø16	Ø14	Ø16	Ø14

Ek 2.2.2 İki nolu kirişde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 40 alınarak yapılan çalışmanın sonuçları

Ek2.2.2.1 İki nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 40 için uygun bulunan 10 bireyin uygunluk değerleri ve kodları

No	U.Değ.	Uygun Bulunan Bireylerin Kodları																	
1	0.5300	3	5	3	4	6	4	7	4	7	1	2	1	1	7	1	1	8	1
2	0.5744	3	5	3	1	3	1	7	8	7	1	4	1	1	7	1	1	2	1
3	0.5873	3	5	3	1	3	1	7	4	7	1	4	1	1	7	1	1	2	1
4	0.5365	3	5	3	1	3	1	7	4	7	1	4	1	1	7	1	1	2	1
5	0.5563	3	5	3	1	3	1	7	4	7	1	4	1	1	7	1	1	2	1
6	0.5310	3	5	3	1	3	1	7	4	7	1	4	1	1	7	1	1	2	1
7	0.5515	3	5	3	1	3	1	7	4	7	1	4	1	1	7	1	1	2	1
8	0.5567	3	5	3	1	3	1	7	4	7	1	4	1	1	7	1	1	2	1
9	0.5611	3	5	3	1	3	1	7	4	7	1	4	1	1	7	1	1	2	1
10	0.5791	3	5	3	1	3	1	7	4	7	1	4	1	1	7	1	1	2	1

Ek2.2.2.2 2 İki nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 40 için en uygun bulunan bireyin uygunluk değeri ve kodu

U.Değeri	En Uygun Bulunan Bireyin Kodu																	
0.5791	3	5	3	4	4	4	3	5	3	3	6	3	4	3	4	3	5	3

Ek2.2.2.3 İki nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 40 için en uygun bulunan bireyin kodu yatay ve düşey donatı çapları

Levha No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yatay Donatı kodu	3	5	3	4	4	4	3	5	3
Yatay Donatı Çapı	Ø12	Ø16	Ø12	Ø12	Ø16	Ø12	Ø18	Ø14	Ø18
Düşey Donatı kodu	3	6	3	4	3	4	3	5	3
Düşey Donatı Çapı	Ø12	Ø16	Ø12	Ø12	Ø16	Ø12	Ø12	Ø26	Ø12

2.2.3 İki nolu kirişte başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 60 alınarak yapılan çalışmanın sonuçları

Ek2.2.3.1 İki nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 60 için uygun bulunan 10 bireyin uygunluk değerleri ve kodları

No	U.Değ.	Uygun Bulunan Bireylerin Kodları																	
1	0.5473	2	2	2	3	6	3	5	7	5	2	2	2	1	6	1	1	6	1
2	0.5506	2	2	2	3	6	3	5	7	5	2	2	2	1	6	1	1	6	1
3	0.5843	3	6	3	4	3	4	4	4	4	4	3	4	4	3	4	3	5	3
4	0.5234	1	6	1	3	6	3	7	4	7	1	2	1	1	7	1	1	7	1
5	0.5510	1	6	1	3	6	3	7	4	7	1	2	1	1	7	1	1	7	1
6	0.5843	1	6	1	3	6	3	7	4	7	1	2	1	1	7	1	1	7	1
7	0.5667	1	6	1	3	6	3	7	4	7	1	2	1	1	7	1	1	7	1
8	0.4999	1	6	1	3	6	3	7	4	7	1	2	1	1	7	1	1	7	1
9	0.5407	1	6	1	3	6	3	7	7	7	1	2	1	1	7	1	1	7	1
10	0.4956	1	6	1	3	6	3	7	7	7	1	2	1	1	7	1	1	7	1

Ek2.2.3.2 2 İki nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 60 için en uygun bulunan bireyin uygunluk değeri ve kodu

U.Değeri	En Uygun Bulunan Bireyin Kodu																	
0.5843	3	6	3	4	3	4	4	4	4	4	3	4	4	3	4	3	5	3

Ek2.2.3.3 İki nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 60 için en uygun bulunan bireyin kodu yatay ve düşey donatı çapları

Levha No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yatay Donatı kodu	3	6	3	4	3	4	4	4	4
Yatay Donatı Çapı	Ø14	Ø18	Ø14	Ø16	Ø14	Ø16	Ø16	Ø16	Ø16
Düşey Donatı kodu	4	3	4	4	3	4	3	5	3
Düşey Donatı Çapı	Ø16	Ø14	Ø16	Ø16	Ø14	Ø16	Ø14	Ø16	Ø14

Ek 2.2.4 İki nolu kirişde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 80 alınarak yapılan çalışmanın sonuçları

Ek2.2.4.1 İki nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 80 için uygun bulunan 10 bireyin uygunluk değerleri ve kodları

No	U.Değ.	Uygun Bulunan Bireylerin Kodları																	
1	0.5386	2	4	2	2	5	2	6	4	6	1	2	1	1	6	1	1	3	1
2	0.5187	2	4	2	2	5	2	6	4	6	1	2	1	1	6	1	1	3	1
3	0.5513	2	4	2	2	5	2	6	4	6	1	2	1	1	6	1	1	3	1
4	0.5877	1	3	1	3	5	3	6	5	6	1	2	1	1	6	1	1	6	1
5	0.5728	2	6	2	4	4	4	3	5	3	3	6	3	4	3	4	3	6	3
6	0.5637	1	3	1	3	5	3	6	5	6	1	2	1	1	6	1	1	6	1
7	0.5434	3	2	3	1	8	1	6	4	6	1	4	1	1	6	1	1	6	1
8	0.5605	3	2	3	1	8	1	6	4	6	1	4	1	1	6	1	1	6	1
9	0.5678	1	4	1	1	5	1	8	8	8	1	2	1	1	6	1	1	5	1
10	0.5662	1	5	1	3	3	3	5	5	5	1	4	1	1	6	1	1	5	1

Ek2.2.4.2 2 İki nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 80 için en uygun bulunan bireyin uygunluk değeri ve kodu

U.Değeri	En Uygun Bulunan Bireyin Kodu																	
0.5728	2	6	2	4	4	4	3	5	3	3	6	3	4	3	4	3	6	3

Ek2.2.4.3 İki nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 80 için en uygun bulunan bireyin kodu yatay ve düşey donatı çapları

Levha No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yatay Donatı kodu	2	6	2	4	4	4	3	5	3
Yatay Donatı Çapı	Ø12	Ø18	Ø12	Ø16	Ø16	Ø16	Ø14	Ø16	Ø14
Düşey Donatı kodu	3	6	3	4	3	4	3	6	3
Düşey Donatı Çapı	Ø14	Ø18	Ø14	Ø16	Ø14	Ø16	Ø14	Ø18	Ø14

Ek 2.2.5 İki nolu kirişde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 100 alınarak yapılan çalışmanın sonuçları

Ek2.2.5.1 İki nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 100 için uygun bulunan 10 bireyin uygunluk değerleri ve kodları

No	U.Değ.	Uygun Bulunan Bireylerin Kodları															
1	0.5679	2	5	2	1	7	1	6	4	6	1	3	1	1	6	1	1
2	0.5679	2	5	2	1	7	1	6	4	6	1	3	1	1	6	1	2
3	0.5452	2	5	2	1	7	1	6	4	6	1	3	1	1	6	1	2
4	0.5154	2	3	2	2	6	2	6	4	6	1	3	1	1	6	1	2
5	0.5770	3	6	3	4	5	4	3	5	3	3	6	3	4	3	4	2
6	0.5746	3	6	3	4	5	4	3	5	3	3	6	3	4	3	4	2
7	0.5675	3	7	3	4	3	4	6	5	6	1	2	1	1	6	1	1
8	0.5728	3	7	3	4	3	4	7	5	7	1	2	1	1	6	1	1
9	0.5561	3	7	3	4	3	4	7	5	7	1	2	1	1	6	1	1
10	0.5581	3	7	3	4	3	4	7	5	7	1	2	1	1	6	1	1

Ek2.2.5.2 2 İki nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 100 için en uygun bulunan bireyin uygunluk değeri ve kodu

U.Değeri	En Uygun Bulunan Bireyin Kodu															
0.5770	3	6	3	4	5	4	3	5	3	3	6	3	4	3	4	2

Ek2.3.2.5.3 İki nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 100 için en uygun bulunan bireyin kodu yatay ve düşey donatı çapları

Levha No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yatay Donatı kodu	3	6	3	4	5	4	3	5	3
Yatay Donatı Çapı	Ø14	Ø18	Ø14	Ø16	Ø16	Ø16	Ø14	Ø16	Ø14
Düşey Donatı kodu	3	6	3	4	3	4	2	6	2
Düşey Donatı Çapı	Ø14	Ø18	Ø14	Ø16	Ø14	Ø16	Ø12	Ø18	Ø12

Ek 2.2.6 İki nolu giriş için başlangıç topluluğundaki birey sayıları farklı alınarak yapılan çalışmaların sonuçları

Ek2.2.6.1 İki nolu giriş için başlangıç topluluğundaki birey sayıları farklı alınarak yapılan çözümlerde elde edilen en uygun bireylerin kodları ve uygunluk değerleri(x : Başlangıç topluluğundaki eleman sayısı)

No	U.Değ.	Uygun Bulunan Bireylerin Kodları																	
20	0.6366	3	6	3	3	4	3	3	5	3	3	6	3	4	3	4	3	5	3
40	0.5791	3	5	3	4	4	4	3	5	3	3	6	3	4	3	4	3	5	3
60	0.5843	3	6	3	4	3	4	4	4	4	4	3	4	4	3	4	3	5	3
80	0.5728	2	6	2	4	4	4	3	5	3	3	6	3	4	3	4	3	6	3
100	0.5746	3	6	3	4	5	4	3	5	3	3	6	3	4	3	4	2	6	2

Ek2.2.6.2 Ek2.2.6.1 de uygunluk değerleri ve kodları verilen bireylerin arasında en uygun bireyin uygunluk değeri ve kodu

No	U.Değ.	En Uygun Bulunan Bireyin Kodu																	
60	0.5843	3	6	3	4	3	4	4	4	4	4	3	4	4	3	4	3	5	3

Ek2.2.6.3 Ek2.1.6.1 de verilen bireylerin arasında en uygun bireyin kodu ve bu kodlara karşı gelen donatı çapları

Levha No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yatay Donatı kodu	3	6	3	4	3	4	4	4	4
Yatay Donatı Çapı	Ø14	Ø18	Ø14	Ø16	Ø14	Ø16	Ø16	Ø16	Ø16
Düşey Donatı kodu	4	3	4	4	3	4	3	5	3
Düşey Donatı Çapı	Ø16	Ø14	Ø16	Ø16	Ø14	Ø16	Ø14	Ø16	Ø14

Ek 2.3.1 Üç nolu kirişte başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 20 alınarak yapılan çalışmanın sonuçları

Ek2.3.1.1 Üç nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 20 için uygun bulunan 10 bireyin uygunluk değerleri ve kodları

No	U.Değ.	Uygun Bulunan Bireylerin Kodları																	
1	0.5049	3	6	3	2	4	2	2	5	2	3	5	3	3	4	3	6	2	6
2	0.5387	3	6	3	2	4	2	2	5	2	3	5	3	3	4	3	6	2	6
3	0.5080	3	6	3	2	4	2	2	5	2	3	5	3	3	4	3	6	2	6
4	0.5619	3	6	3	2	4	2	2	5	2	3	5	3	3	4	3	6	2	6
5	0.4859	2	7	2	2	4	2	3	4	3	3	5	3	3	4	3	6	2	6
6	0.5251	2	7	2	2	4	2	3	4	3	3	5	3	3	4	3	6	2	6
7	0.5263	2	7	2	2	4	2	3	4	3	3	5	3	3	4	3	6	2	6
8	0.5529	3	5	3	2	4	2	3	4	3	3	5	3	3	4	3	6	2	6
9	0.5468	3	5	3	2	4	2	3	4	3	3	5	3	3	4	3	6	2	6
10	0.5197	2	7	2	2	4	2	3	4	3	3	5	3	3	4	3	6	2	6

Ek2.3.1. 2 Üç nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 20 için en uygun bulunan bireyin uygunluk değeri ve kodu

U.Değeri	En Uygun Bulunan Bireyin Kodu																	
0.5529	3	5	3	2	4	2	3	4	3	3	5	3	3	4	3	6	2	6

Ek2.3.1.3 Üç nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 20 için en uygun bulunan bireyin kodu yatay ve düşey donatı çapları

Levha No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yatay Donatı kodu	3	5	3	2	4	2	3	4	3
Yatay Donatı Çapı	Ø14	Ø16	Ø14	Ø12	Ø16	Ø12	Ø14	Ø16	Ø14
Düşey Donatı kodu	3	5	3	3	4	3	5	2	5
Düşey Donatı Çapı	Ø14	Ø16	Ø14	Ø14	Ø16	Ø14	Ø16	Ø12	Ø16

Ek 2.3.2 Üç nolu kirişde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 40 alınarak yapılan çalışmanın sonuçları

Ek2.3.2.1 Üç nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 40 için uygun bulunan 10 bireyin uygunluk değerleri ve kodları

No	U.Değ.	Uygun Bulunan Bireylerin Kodları																	
1	0.4955	5	3	5	7	2	7	4	1	4	1	2	1	1	4	1	1	5	1
2	0.5366	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	5	3
3	0.5500	5	3	5	7	2	7	4	1	4	1	2	1	1	4	1	1	5	1
4	0.5188	5	3	5	7	2	7	4	1	4	1	2	1	1	4	1	1	5	1
5	0.5198	5	3	5	7	2	7	4	1	4	1	2	1	1	4	1	1	5	1
6	0.5165	5	3	5	7	2	7	4	1	4	1	2	1	1	4	1	1	5	1
7	0.5311	5	3	5	7	2	7	4	1	4	1	2	1	1	4	1	1	5	1
8	0.5129	5	3	5	7	2	7	4	1	4	1	2	1	1	4	1	1	5	1
9	0.5529	5	3	5	7	2	7	4	1	4	1	2	1	1	4	1	1	5	1
10	0.5158	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	5	3

Ek2.3.2.2 Üç nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 40 için en uygun bulunan bireyin uygunluk değeri ve kodu

U.Değeri	En Uygun Bulunan Bireyin Kodu																	
0.5366	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	5	3

Ek2.3.2.3 3 Üç nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 40 için en uygun bulunan bireyin kodu yatay ve düşey donatı çapları

Levha No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yatay Donatı kodu	3	4	3	3	3	3	3	3	3
Yatay Donatı Çapı	Ø14	Ø16	Ø14	Ø14	Ø14	Ø14	Ø14	Ø14	Ø14
Düşey Donatı kodu	3	3	3	4	3	4	3	5	3
Düşey Donatı Çapı	Ø14	Ø14	Ø14	Ø16	Ø14	Ø16	Ø14	Ø16	Ø14

Ek 2.3.3 Üç nolu kirişde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 60 alınarak yapılan çalışmanın sonuçları

Ek2.3.3.1 Üç nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 60 için uygun bulunan 10 bireyin uygunluk değerleri ve kodları

No	U.Değ.	Uygun Bulunan Bireylerin Kodları																	
1	0.5116	3	5	3	4	3	4	3	4	3	4	4	4	4	3	4	3	6	3
2	0.5506	3	5	3	4	3	4	3	4	3	4	4	4	4	3	4	3	6	3
3	0.5311	3	5	3	4	3	4	3	4	3	4	4	4	4	3	4	3	6	3
4	0.5472	3	5	3	4	3	4	3	4	3	4	4	4	4	3	4	3	6	3
5	0.5112	3	5	3	4	3	4	3	4	3	4	4	4	4	3	4	3	6	3
6	0.5049	3	5	3	4	3	4	3	4	3	4	4	4	4	3	4	3	6	3
7	0.5387	3	5	3	4	3	4	3	4	3	4	4	4	4	3	4	3	6	3
8	0.5080	3	5	3	4	3	4	3	4	3	4	4	4	4	3	4	3	6	3
9	0.5619	3	5	3	4	3	4	3	4	3	4	4	4	4	3	4	3	6	3
10	0.4859	3	5	3	4	3	4	3	4	3	4	4	4	4	3	4	3	6	3

Ek2.3.3.2 Üç nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 60 için en uygun bulunan bireyin uygunluk değeri ve kodu

U.Değeri	En Uygun Bulunan Bireyin Kodu																	
0.5619	3	5	3	4	3	4	3	4	3	4	4	4	4	3	4	3	6	3

Ek2.3.3.3 Üç nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 60 için en uygun bulunan bireyin kodu yatay ve düşey donatı çapları

Levha No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yatay Donatı kodu	3	5	3	4	3	4	3	4	3
Yatay Donatı Çapı	Ø14	Ø16	Ø14	Ø16	Ø14	Ø16	Ø14	Ø16	Ø14
Düşey Donatı kodu	4	4	4	4	3	4	3	6	3
Düşey Donatı Çapı	Ø16	Ø16	Ø16	Ø16	Ø14	Ø16	Ø14	Ø18	Ø14

Ek 2.3.4 Üç nolu kirişte başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 80 alınarak yapılan çalışmanın sonuçları

Ek2.3.4.1 Üç nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 80 için uygun bulunan 10 bireyin uygunluk değerleri ve kodları

No	U.Değ.	Uygun Bulunan Bireylerin Kodları															
1	0.5377	4	5	4	3	4	3	4	3	4	4	4	4	3	4	3	4
2	0.5378	4	5	4	3	4	3	4	3	4	4	4	4	3	4	3	4
3	0.5588	3	5	3	3	4	3	4	3	4	4	4	4	3	4	3	3
4	0.5476	4	5	4	3	4	3	4	3	4	4	4	4	3	4	3	4
5	0.5513	4	5	4	3	4	3	4	3	4	4	4	4	3	4	3	4
6	0.4895	4	5	4	3	4	3	4	3	4	4	4	4	3	4	3	4
7	0.5399	4	5	4	3	4	3	4	3	4	4	4	4	3	4	3	4
8	0.5436	4	5	4	3	4	3	4	3	4	4	4	4	3	4	3	4
9	0.5166	4	5	4	3	4	3	4	3	4	4	4	4	3	4	3	4
10	0.5531	4	5	4	3	4	3	4	3	4	4	4	4	3	4	3	4

Ek2.3.4.2 Üç nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 80 için en uygun bulunan bireyin uygunluk değeri ve kodu

U.Değeri	En Uygun Bulunan Bireyin Kodu																	
0.5588	3	5	3	3	4	3	4	3	4	4	4	4	3	4	3	3	6	3

Ek2.3.4.3 Üç nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 80 için en uygun bulunan bireyin kodu yatay ve düşey donatı çapları

Levha No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yatay Donatı kodu	3	5	3	3	4	3	4	3	4
Yatay Donatı Çapı	Ø14	Ø16	Ø14	Ø14	Ø16	Ø14	Ø16	Ø14	Ø16
Düşey Donatı kodu	4	4	4	3	4	3	3	6	3
Düşey Donatı Çapı	Ø16	Ø16	Ø16	Ø14	Ø16	Ø14	Ø14	Ø18	Ø14

Ek 2.3.5 Üç nolu kirişte başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 100 alınarak yapılan çalışmanın sonuçları

Ek2.3.5.1 Üç nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 100 için uygun bulunan 10 bireyin uygunluk değerleri ve kodları

No	U.Değ.	Uygun Bulunan Bireylerin Kodları																	
1	0.5467	3	6	3	3	4	3	3	4	3	3	4	3	3	4	3	6	2	6
2	0.5316	3	6	3	3	4	3	3	4	3	3	4	3	3	4	3	6	2	6
3	0.5263	3	6	3	3	4	3	3	4	3	3	4	3	3	4	3	6	2	6
4	0.5152	3	6	3	3	4	3	3	4	3	3	5	3	3	4	3	6	2	6
5	0.5468	3	6	3	3	4	3	3	4	3	3	4	3	3	4	3	6	2	6
6	0.5197	3	6	3	3	4	3	3	4	3	3	4	3	3	4	3	6	2	6
7	0.5399	3	6	3	3	4	3	3	4	3	3	4	3	3	4	3	6	2	6
8	0.5656	3	6	3	3	4	3	3	4	3	3	4	3	3	4	3	3	4	3
9	0.5410	3	6	3	3	4	3	3	4	3	3	5	3	3	4	3	6	2	6
10	0.5193	3	6	3	3	4	3	3	4	3	3	4	3	3	4	3	6	2	6

Ek2.3.5.2 Üç nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 100 için en uygun bulunan bireyin uygunluk değeri ve kodu

U.Değeri	En Uygun Bulunan Bireyin Kodu																	
0.5656	3	6	3	3	4	3	3	4	3	3	4	3	3	4	3	3	4	3

Ek2.3.5.3 Üç nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 100 için en uygun bulunan bireyin kodu yatay ve düşey donatı çapları

Levha No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yatay Donatı kodu	3	6	3	3	4	3	3	4	3
Yatay Donatı Çapı	Ø14	Ø18	Ø13	Ø14	Ø16	Ø14	Ø14	Ø14	Ø14
Düşey Donatı kodu	3	4	3	3	4	3	3	4	3
Düşey Donatı Çapı	Ø14	Ø16	Ø14	Ø14	Ø16	Ø14	Ø14	Ø16	Ø14

Ek 2.3.6 Üç nolu giriş için başlangıç topluluğundaki birey sayıları farklı alınarak yapılan çalışmaların sonuçları

Ek2.3.6.1 Üç nolu giriş için başlangıç topluluğundaki birey sayıları farklı alınarak yapılan çözümlerde elde edilen en uygun bireylerin kodları ve uygunluk değerleri(x : Başlangıç topluluğundaki eleman sayısı)

No	U.Değ.	Uygun Bulunan Bireylerin Kodları																	
20	0.5529	3	5	3	2	4	2	3	4	3	3	5	3	3	4	3	6	2	6
40	0.5366	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	5	3
60	0.5619	3	5	3	4	3	4	3	4	3	4	4	4	4	3	4	3	6	3
80	0.5588	3	5	3	3	4	3	4	3	4	4	4	4	3	4	3	3	6	3
100	0.5656	3	6	3	3	4	3	3	4	3	3	4	3	3	4	3	3	4	3

Ek2.3.6.2 Ek2.3.6.1 de uygunluk değerleri ve kodları verilen bireylerin arasında en uygun bireyin uygunluk değeri ve kodu

No	U.Değ.	En Uygun Bulunan Bireyin Kodu																	
80	0.5588	3	5	3	3	4	3	4	3	4	4	4	4	3	4	3	3	6	3

Ek2.3.6.3 Ek2.3.6.1 de verilen bireylerin arasında en uygun bireyin kodu ve bu kodlara karşı gelen donatı çapları

Levha No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yatay Donatı kodu	3	5	3	3	4	3	4	3	4
Yatay Donatı Çapı	Ø14	Ø16	Ø14	Ø14	Ø16	Ø14	Ø16	Ø14	Ø16
Düşey Donatı kodu	4	4	4	3	4	3	3	6	3
Düşey Donatı Çapı	Ø16	Ø16	Ø16	Ø14	Ø16	Ø14	Ø14	Ø18	Ø14

Ek 2.4.1 Dört nolu kirişte başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 20 alınarak yapılan çalışmanın sonuçları

Ek2.4.1.1 Dört nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 20 için uygun bulunan 10 bireyin uygunluk değerleri ve kodları

No	U.Değ.	Uygun Bulunan Bireylerin Kodları																	
1	0.5298	6	4	6	6	4	6	1	5	1	1	1	1	1	4	1	1	8	1
2	0.4611	2	5	2	5	6	5	3	1	3	1	3	1	1	5	1	1	8	1
3	0.5678	3	5	3	4	4	4	4	3	4	4	4	4	3	3	3	3	6	3
4	0.4387	4	5	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	3	3	3	3	6	3
5	0.4983	4	5	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	3	3	3	3	6	3
6	0.4399	4	5	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	3	3	3	3	6	3
7	0.4512	4	5	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	3	3	3	3	6	3
8	0.4544	4	5	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	3	3	3	3	6	3
9	0.4416	4	5	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	3	3	3	3	6	3
10	0.4784	4	5	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	3	3	3	3	6	3

Ek2.4.1.2 Dört nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 20 için en uygun bulunan bireyin uygunluk değeri ve kodu

U.Değeri	En Uygun Bulunan Bireyin Kodu																	
0.5678	3	5	3	4	4	4	4	3	4	4	4	4	3	3	3	3	6	3

Ek2.4.1.3 Dört nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 20 için en uygun bulunan bireyin kodu yatay ve düşey donatı çapları

Levha No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yatay Donatı kodu	3	5	3	4	4	4	4	3	4
Yatay Donatı Çapı	Ø14	Ø16	Ø14	Ø16	Ø16	Ø16	Ø16	Ø14	Ø16
Düşey Donatı kodu	4	4	4	3	3	3	3	6	3
Düşey Donatı Çapı	Ø16	Ø16	Ø16	Ø14	Ø14	Ø14	Ø14	Ø18	Ø14

Ek 2.4.2 Dört nolu kirişte başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 40 alınarak yapılan çalışmanın sonuçları

Ek2.4.2.1 Dört nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 40 için uygun bulunan 10 bireyin uygunluk değerleri ve kodları

No	U.Değ.	Uygun Bulunan Bireylerin Kodları																	
1	0.5692	3	5	3	3	3	3	4	3	4	4	4	4	3	3	3	3	6	3
2	0.5488	3	5	3	4	4	4	4	3	4	4	4	4	3	3	3	3	6	3
3	0.5657	3	5	3	4	4	4	4	3	4	4	4	4	3	3	3	3	8	3
4	0.5113	2	6	2	4	5	4	5	4	5	1	2	1	1	4	1	1	5	1
5	0.4893	2	6	2	4	2	4	5	4	5	1	2	1	1	4	1	1	5	1
6	0.4850	2	6	2	4	5	4	5	4	5	1	2	1	1	4	1	1	5	1
7	0.5668	2	6	2	4	5	4	5	3	5	1	2	1	1	4	1	1	5	1
8	0.5485	2	6	2	4	5	4	5	4	5	1	2	1	1	4	1	1	5	1
9	0.4319	2	6	2	4	5	4	5	4	5	1	2	1	1	4	1	1	5	1
10	0.5134	2	6	2	4	5	4	5	4	5	1	2	1	1	4	1	1	5	1

Ek2.4.2.2 Dört nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 40 için en uygun bulunan bireyin uygunluk değeri ve kodu

U.Değeri	En Uygun Bulunan Bireyin Kodu																	
0.5692	3	5	3	3	3	3	4	3	4	4	4	4	3	3	3	3	6	3

Ek2.4.2.3 Dört nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 40 için en uygun bulunan bireyin kodu yatay ve düşey donatı çapları

Levha No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yatay Donatı kodu	3	5	3	3	3	3	4	3	4
Yatay Donatı Çapı	Ø14	Ø16	Ø14	Ø14	Ø14	Ø14	Ø16	Ø14	Ø16
Düşey Donatı kodu	4	4	4	3	3	3	3	6	3
Düşey Donatı Çapı	Ø16	Ø16	Ø16	Ø14	Ø14	Ø14	Ø14	Ø18	Ø14

Ek 2.4.3 Dört nolu kirişde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 60 alınarak yapılan çalışmanın sonuçları

Ek2.4.3.1 Dört nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 60 için uygun bulunan 10 bireyin uygunluk değerleri ve kodları

No	U.Değ.	Uygun Bulunan Bireylerin Kodları																	
1	0.4635	5	7	5	1	8	1	2	2	2	1	1	1	1	4	1	1	6	1
2	0.5061	5	7	5	1	8	1	2	2	2	1	1	1	1	4	1	1	6	1
3	0.4648	5	7	5	1	8	1	2	2	2	1	1	1	1	4	1	1	6	1
4	0.5412	5	7	5	1	8	1	2	2	2	1	1	1	1	4	1	1	6	1
5	0.5030	5	7	5	1	8	1	2	2	2	1	1	1	1	4	1	1	6	1
6	0.4433	5	7	5	1	8	1	2	2	2	1	1	1	1	4	1	1	6	1
7	0.4668	5	7	5	1	8	1	2	2	2	1	1	1	1	4	1	1	6	1
8	0.5667	2	6	2	3	3	3	4	3	4	4	4	4	3	3	3	3	5	3
9	0.4511	5	7	5	1	8	1	2	2	2	1	1	1	1	4	1	1	6	1
10	0.5168	5	7	5	1	8	1	2	2	2	1	1	1	1	4	1	1	6	1

Ek2.4.3.2 Dört nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 60 için en uygun bulunan bireyin uygunluk değeri ve kodu

U.Değeri	En Uygun Bulunan Bireyin Kodu																	
0.5667	2	6	2	3	3	3	4	3	4	4	4	4	3	3	3	3	5	3

Ek2.4.3.3 Dört nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 60 için en uygun bulunan bireyin kodu yatay ve düşey donatı çapları

Levha No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yatay Donatı kodu	2	6	2	3	3	3	4	3	4
Yatay Donatı Çapı	Ø12	Ø18	Ø18	Ø14	Ø14	Ø14	Ø16	Ø14	Ø16
Düşey Donatı kodu	4	4	4	3	3	3	3	5	3
Düşey Donatı Çapı	Ø16	Ø16	Ø16	Ø14	Ø14	Ø14	Ø14	Ø16	Ø14

Ek 2.4.4 Dört nolu kirişde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 80 alınarak yapılan çalışmanın sonuçları

Ek2.4.4.1 Dört nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 80 için uygun bulunan 10 bireyin uygunluk değerleri ve kodları

No	U.Değ.	Uygun Bulunan Bireylerin Kodları																	
1	0.5181	1	5	1	6	2	6	5	2	5	1	3	1	3	6	3	1	5	1
2	0.4984	1	5	1	6	2	6	5	2	5	1	3	1	3	6	3	1	5	1
3	0.5602	1	5	1	6	2	6	5	2	5	1	3	1	3	6	3	1	5	1
4	0.5396	1	5	1	6	2	6	5	2	5	1	3	1	3	6	3	1	5	1
5	0.5143	1	5	1	6	2	6	5	2	5	1	3	1	3	6	3	1	5	1
6	0.5695	3	5	3	4	3	4	5	3	5	3	3	3	3	6	3	3	5	3
7	0.5092	1	5	1	6	2	6	5	2	5	1	3	1	3	6	3	1	5	1
8	0.5029	1	5	1	6	2	6	5	2	5	1	3	1	3	6	3	1	5	1
9	0.4662	1	5	1	6	2	6	5	2	5	1	3	1	3	6	3	1	5	1
10	0.4881	1	5	1	6	2	6	5	2	5	1	3	1	3	6	3	1	5	1

Ek2.4.4.2 Dört nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 80 için en uygun bulunan bireyin uygunluk değeri ve kodu

U.Değeri	En Uygun Bulunan Bireyin Kodu																	
0.5695	3	5	3	4	3	4	5	3	5	3	3	3	3	6	3	3	5	3

Ek2.4.4.3 Dört nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 80 için en uygun bulunan bireyin kodu yatay ve düşey donatı çapları

Levha No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yatay Donatı kodu	3	5	3	4	3	4	5	3	5
Yatay Donatı Çapı	Ø14	Ø16	Ø14	Ø16	Ø14	Ø16	Ø16	Ø14	Ø16
Düşey Donatı kodu	3	3	3	3	6	3	3	5	3
Düşey Donatı Çapı	Ø14	Ø14	Ø14	Ø14	Ø18	Ø14	Ø14	Ø16	Ø14

Ek 2.4.5 Dört nolu kirişte başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 100 alınarak yapılan çalışmanın sonuçları

Ek2.4.5.1 Dört nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 100 için uygun bulunan 10 bireyin uygunluk değerleri ve kodları

No	U.Değ.	Uygun Bulunan Bireylerin Kodları																	
1	0.5676	3	5	3	4	3	4	5	3	5	4	3	4	4	4	4	4	6	4
2	0.4414	3	6	3	4	2	4	5	2	5	4	3	4	4	4	4	2	5	2
3	0.4831	3	6	3	4	2	4	5	2	5	4	3	4	4	4	4	2	5	2
4	0.5136	3	6	3	4	2	4	5	2	5	4	3	4	4	4	4	2	5	2
5	0.5055	3	6	3	4	2	4	5	2	5	4	3	4	4	4	4	2	5	2
6	0.5187	3	6	3	4	2	4	5	2	5	4	3	4	4	4	4	2	5	2
7	0.4619	3	6	3	4	2	4	5	2	5	4	3	4	4	4	4	2	5	2
8	0.5612	3	5	3	4	3	4	5	3	5	4	3	4	4	4	4	3	6	3
9	0.4797	3	6	3	4	2	4	5	2	5	4	3	4	4	4	4	2	5	2
10	0.5608	3	6	3	4	2	4	5	2	5	4	3	4	4	4	4	2	5	2

Ek2.4.5.2 Dört nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 100 için en uygun bulunan bireyin uygunluk değeri ve kodu

U.Değeri	En Uygun Bulunan Bireyin Kodu																	
0.5612	3	5	3	4	3	4	5	3	5	4	3	4	4	4	4	3	6	3

Ek2.4.5.3 Dört nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 100 için en uygun bulunan bireyin kodu yatay ve düşey donatı çapları

Levha No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yatay Donatı kodu	3	5	3	4	3	4	5	3	5
Yatay Donatı Çapı	Ø14	Ø16	Ø14	Ø16	Ø14	Ø16	Ø16	Ø14	Ø16
Düşey Donatı kodu	4	3	4	4	4	4	3	6	3
Düşey Donatı Çapı	Ø16	Ø14	Ø16	Ø16	Ø16	Ø16	Ø14	Ø18	Ø14

Ek 2.4.6 Dört nolu giriş için başlangıç topluluğundaki birey sayıları farklı alınarak yapılan çalışmaların sonuçları

Ek2.4.6.1 Dört nolu giriş için başlangıç topluluğundaki birey sayıları farklı alınarak yapılan çözümlerde elde edilen en uygun bireylerin kodları ve uygunluk değerleri(x : Başlangıç topluluğundaki eleman sayısı)

No	U.Değ.	Uygun Bulunan Bireylerin Kodları																	
20	0.5678	3	5	3	4	4	4	4	3	4	4	4	4	3	3	3	3	6	3
40	0.5692	3	5	3	3	3	3	4	3	4	4	4	4	3	3	3	3	6	3
60	0.5667	2	6	2	3	3	3	4	3	4	4	4	4	3	3	3	3	5	3
80	0.5695	3	5	3	4	3	4	5	3	5	3	3	3	3	6	3	3	5	3
100	0.5612	3	5	3	4	3	4	5	3	5	4	3	4	4	4	4	3	6	3

Ek2.4.6.2 Ek2.4.6.1 de uygunluk değerleri ve kodları verilen bireylerin arasında en uygun bireyin uygunluk değeri ve kodu

No	U.Değ	En Uygun Bulunan Bireyin Kodu																	
20	0.5678	3	5	3	4	4	4	4	3	4	4	4	4	3	3	3	3	6	3

Ek2.4.6.3 Ek2.4.6.1 de verilen bireylerin arasında en uygun bireyin kodu ve bu kodlara karşı gelen donatı çapları

Levha No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yatay Donatı kodu	3	5	3	4	4	4	4	3	4
Yatay Donatı Çapı	Ø14	Ø16	Ø14	Ø16	Ø16	Ø16	Ø16	Ø14	Ø16
Düşey Donatı kodu	4	4	4	3	3	3	3	6	3
Düşey Donatı Çapı	Ø16	Ø16	Ø16	Ø14	Ø14	Ø14	Ø14	Ø18	Ø14

Ek 2.5.1 Beş nolu kirişte başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 20 alınarak yapılan çalışmanın sonuçları

Ek2.5.1.1 Beş nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 20 için uygun bulunan 10 bireyin uygunluk değerleri ve kodları

No	U.Değ.	Uygun Bulunan Bireylerin Kodları																	
1	0.5101	3	5	3	4	4	4	5	4	5	4	3	4	4	4	4	5	4	
2	0.5412	3	5	3	4	4	4	5	4	5	4	3	4	4	4	4	5	4	
3	0.5030	3	5	3	4	4	4	5	4	5	4	3	4	4	4	4	5	4	
4	0.4433	3	5	3	4	4	4	5	4	5	4	3	4	4	4	4	5	4	
5	0.4668	3	5	3	4	4	4	5	4	5	4	3	4	4	4	4	5	4	
6	0.4733	3	5	3	4	4	4	5	4	5	4	3	4	4	4	4	5	4	
7	0.4511	4	5	4	4	4	4	5	4	5	4	3	4	4	4	4	5	4	
8	0.5168	4	5	4	4	4	4	5	4	5	4	3	4	4	4	4	5	4	
9	0.5692	3	5	3	4	4	4	5	4	5	4	3	4	4	4	4	5	4	
10	0.4608	4	5	4	4	4	4	5	4	5	4	3	4	4	4	4	5	4	

Ek2.5.1.2 Beş nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 20 için en uygun bulunan bireyin uygunluk değeri ve kodu

U.Değeri	En Uygun Bulunan Bireyin Kodu																	
0.5692	3	5	3	4	4	4	5	4	5	4	3	4	4	4	4	5	4	

Ek2.5.1.3 Beş nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 20 için en uygun bulunan bireyin kodu yatay ve düşey donatı çapları

Levha No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yatay Donatı kodu	3	5	3	4	4	4	5	4	5
Yatay Donatı Çapı	Ø14	Ø16	Ø14	Ø16	Ø16	Ø16	Ø16	Ø16	Ø16
Düşey Donatı kodu	4	3	4	4	4	4	4	5	4
Düşey Donatı Çapı	Ø16	Ø14	Ø16	Ø16	Ø16	Ø16	Ø16	Ø16	Ø16

Ek 2.5.2 Beş nolu kirişde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 40 alınarak yapılan çalışmanın sonuçları

Ek2.5.2.1 Beş nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 40 için uygun bulunan 10 bireyin uygunluk değerleri ve kodları

No	U.Değ.	Uygun Bulunan Bireylerin Kodları																	
1	0.4741	4	6	4	6	3	6	5	5	5	1	5	1	1	6	1	3	5	3
2	0.5696	3	6	3	4	4	4	3	5	3	5	3	5	3	3	3	3	5	3
3	0.4594	3	6	3	4	4	4	3	5	3	5	3	5	3	3	3	3	5	3
4	0.4118	3	6	3	4	4	4	3	5	3	5	3	5	3	3	3	3	5	3
5	0.4902	3	6	3	4	4	4	3	5	3	5	3	5	3	3	3	3	5	3
6	0.4079	3	6	3	4	4	4	3	5	3	5	3	5	3	3	3	3	5	3
7	0.4541	3	6	3	3	4	3	3	6	3	3	6	3	4	3	4	5	3	5
8	0.5426	4	6	4	6	3	6	5	5	5	1	5	1	1	6	1	3	5	3
9	0.5697	4	6	4	6	3	6	5	5	5	1	5	1	1	6	1	3	5	3
10	0.4810	4	6	4	6	3	6	5	5	5	1	5	1	1	6	1	3	5	3

Ek2.5.2.2 Beş nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 40 için en uygun bulunan bireyin uygunluk değeri ve kodu

U.Değeri	En Uygun Bulunan Bireyin Kodu																	
0.5696	3	6	3	4	4	4	3	5	3	5	3	5	3	3	3	3	5	3

Ek2.5.2.3 Beş nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 40 için en uygun bulunan bireyin kodu yatay ve düşey donatı çapları

Levha No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yatay Donatı kodu	3	6	3	4	4	4	3	5	3
Yatay Donatı Çapı	Ø14	Ø18	Ø14	Ø16	Ø16	Ø16	Ø14	Ø16	Ø14
Düşey Donatı kodu	5	3	5	3	3	3	3	5	3
Düşey Donatı Çapı	Ø16	Ø14	Ø16	Ø14	Ø14	Ø14	Ø14	Ø16	Ø14

Ek 2.5.3 Beş nolu kirişte başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 60 alınarak yapılan çalışmanın sonuçları

Ek2.5.3.1 Beş nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 60 için uygun bulunan 10 bireyin uygunluk değerleri ve kodları

No	U.Değ.	Uygun Bulunan Bireylerin Kodları																	
1	0.5334	3	6	3	4	4	4	3	5	3	5	3	5	3	3	3	3	5	3
2	0.5212	3	6	3	4	4	4	3	5	3	5	3	5	3	3	3	3	5	3
3	0.5344	3	6	3	3	4	3	3	6	3	3	6	3	4	3	4	5	3	5
4	0.5859	3	5	3	4	4	4	4	5	4	5	3	5	4	4	4	3	5	3
5	0.4952	4	6	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	4	4	3	5	3
6	0.5421	4	6	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	4	4	3	5	3
7	0.5448	4	6	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	4	4	3	5	3
8	0.5275	4	6	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	4	4	3	5	3
9	0.4864	4	6	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	4	4	3	5	3
10	0.5636	4	6	4	4	4	4	4	4	4	6	3	6	4	3	4	4	5	4

Ek2.5.3.2 Beş nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 60 için en uygun bulunan bireyin uygunluk değeri ve kodu

U.Değeri	En Uygun Bulunan Bireyin Kodu																	
0.5859	3	5	3	4	4	4	4	5	4	5	3	5	4	4	4	3	5	3

Ek2.5.3.3 Beş nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 60 için en uygun bulunan bireyin kodu yatay ve düşey donatı çapları

Levha No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yatay Donatı Kodu	3	5	3	4	4	4	3	5	3
Yatay Donatı Çapı	Ø14	Ø16	Ø14	Ø16	Ø16	Ø16	Ø14	Ø16	Ø14
Düşey Donatı Kodu	5	3	5	4	4	4	3	5	3
Düşey Donatı Çapı	Ø16	Ø14	Ø16	Ø16	Ø16	Ø16	Ø14	Ø16	Ø14

Ek 2.5.4 Beş nolu kirişde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 80 alınarak yapılan çalışmanın sonuçları

Ek2.5.4.1 Beş nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 80 için uygun bulunan 10 bireyin uygunluk değerleri ve kodları

No	U.Değ.	Uygun Bulunan Bireylerin Kodları																	
1	0.5108	1	5	1	2	5	2	6	3	6	1	5	1	1	5	1	1	8	1
2	0.5607	2	6	2	3	3	3	3	4	3	4	2	4	3	3	3	2	6	2
3	0.5130	1	5	1	2	5	2	6	3	6	1	5	1	1	5	1	1	8	1
4	0.5958	1	5	1	2	5	2	6	3	6	1	5	1	1	5	1	1	8	1
5	0.5181	1	5	1	2	5	2	6	3	6	1	5	1	1	5	1	1	8	1
6	0.5827	2	5	2	3	6	3	4	2	4	1	1	1	1	5	1	1	7	1
7	0.5188	2	5	2	3	6	3	4	2	4	1	1	1	1	5	1	1	7	1
8	0.5984	3	5	3	3	4	3	4	4	4	5	3	5	4	4	4	3	5	3
9	0.5855	3	5	3	3	4	3	4	4	4	5	3	5	4	4	4	3	5	3
10	0.5597	3	5	3	3	4	3	4	4	4	5	3	5	4	4	4	3	5	3

Ek2.5.4.2 Beş nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 80 için en uygun bulunan bireyin uygunluk değeri ve kodu

U.Değeri	En Uygun Bulunan Bireyin Kodu																	
0.5984	3	5	3	3	4	3	4	4	4	5	3	5	4	4	4	3	5	3

Ek2.5.4.3 Beş nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 80 için en uygun bulunan bireyin kodu yatay ve düşey donatı çapları

Levha No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yatay Donatı kodu	5	3	5	3	4	3	4	4	4
Yatay Donatı Çapı	Ø16	Ø14	Ø16	Ø14	Ø16	Ø14	Ø16	Ø16	Ø16
Düşey Donatı kodu	5	3	5	4	4	4	3	5	3
Düşey Donatı Çapı	Ø16	Ø14	Ø16	Ø16	Ø16	Ø16	Ø14	Ø16	Ø14

Ek 2.5.5 Beş nolu kirişde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 100 alınarak yapılan çalışmanın sonuçları

Ek2.5.5.1 Beş nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 100 için uygun bulunan 10 bireyin uygunluk değerleri ve kodları

No	U.Değ.	Uygun Bulunan Bireylerin Kodları																	
1	0.5496	3	3	3	3	2	3	4	1	4	1	1	1	1	5	1	1	4	1
2	0.6023	3	3	3	3	2	3	4	1	4	1	1	1	1	5	1	1	4	1
3	0.5456	3	3	3	3	2	3	4	1	4	1	1	1	1	5	1	1	4	1
4	0.5523	3	3	3	3	2	3	4	1	4	1	1	1	1	5	1	1	4	1
5	0.5545	2	5	2	4	4	4	3	4	3	4	2	4	3	3	3	3	4	3
6	0.4832	3	5	3	4	4	4	3	4	3	4	2	4	3	3	3	2	5	2
7	0.5650	3	5	3	4	4	4	3	4	3	4	2	4	3	3	3	2	5	2
8	0.5566	3	5	3	4	4	4	3	4	3	4	2	4	3	3	3	2	5	2
9	0.5908	4	5	4	4	4	4	3	4	3	4	2	4	3	3	3	2	5	2
10	0.5460	1	2	1	4	4	4	5	2	5	1	1	1	1	5	1	1	6	1

Ek2.5.5.2 Beş nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 100 için en uygun bulunan bireyin uygunluk değeri ve kodu

U.Değeri	En Uygun Bulunan Bireyin Kodu																	
0.5908	4	5	4	4	4	4	3	4	3	4	2	4	3	3	3	2	5	2

Ek2.5.5.3 Beş nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 100 için en uygun bulunan bireyin kodu yatay ve düşey donatı çapları

Levha No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yatay Donatı kodu	4	5	4	4	4	4	3	4	3
Yatay Donatı Çapı	Ø16	Ø16	Ø16	Ø16	Ø16	Ø16	Ø14	Ø16	Ø14
Düşey Donatı kodu	4	2	4	3	3	3	2	5	2
Düşey Donatı Çapı	Ø16	Ø12	Ø16	Ø14	Ø14	Ø14	Ø12	Ø16	Ø12

Ek 2.5.6 Beş nolu giriş için başlangıç topluluğundaki birey sayıları farklı alınarak yapılan çalışmaların sonuçları

Ek2.5.6.1 Beş nolu giriş için başlangıç topluluğundaki birey sayıları farklı alınarak yapılan çözümlerde elde edilen en uygun bireylerin kodları ve uygunluk değerleri(x : Başlangıç topluluğundaki eleman sayısı)

No	U.Değ.	Uygun Bulunan Bireylerin Kodları																	
20	0.5692	3	5	3	4	4	4	5	4	5	4	3	4	4	4	4	4	5	4
40	0.5696	3	6	3	4	4	4	3	5	3	5	3	5	3	3	3	3	5	3
60	0.5859	3	5	3	4	4	4	4	5	4	5	3	5	4	4	4	3	5	3
80	0.5984	3	5	3	3	4	3	4	4	4	5	3	5	4	4	4	3	5	3
100	0.5908	4	5	4	4	4	4	3	4	3	4	2	4	3	3	3	2	5	2

Ek2.5.6.2 Ek2.5.6.1 de uygunluk değerleri ve kodları verilen bireylerin arasında en uygun bireyin uygunluk değeri ve kodu

No	U.Değ	En Uygun Bulunan Bireyin Kodu																	
80	0.5984	3	5	3	3	4	3	4	4	4	5	3	5	4	4	4	3	5	3

Ek2.5.6.3 Ek2.5.6.1 de verilen bireylerin arasında en uygun bireyin kodu ve bu kodlara karşı gelen donatı çapları

Levha No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yatay Donatı kodu	5	3	5	3	4	3	4	4	4
Yatay Donatı Çapı	Ø16	Ø14	Ø16	Ø14	Ø16	Ø14	Ø16	Ø16	Ø16
Düşey Donatı kodu	5	3	5	4	4	4	3	5	3
Düşey Donatı Çapı	Ø16	Ø14	Ø16	Ø16	Ø16	Ø16	Ø14	Ø16	Ø14

Ek 2.6.1 Altı nolu kirişte başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 20 alınarak yapılan çalışmanın sonuçları

Ek2.6.1.1 Altı nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 20 için uygun bulunan 10 bireyin uygunluk değerleri ve kodları

No	U.Değ.	Uygun Bulunan Bireylerin Kodları																	
1	0.4860	4	6	4	6	3	6	5	5	5	1	5	1	1	6	1	3	5	3
2	0.4565	4	6	4	6	3	6	5	5	5	1	5	1	1	6	1	3	5	3
3	0.4447	4	6	4	6	3	6	5	5	5	1	5	1	1	6	1	3	5	3
4	0.4451	3	6	3	3	4	3	3	5	3	3	6	3	4	3	4	3	5	3
5	0.4660	4	6	4	6	3	6	5	5	5	1	5	1	1	6	1	3	5	3
6	0.5449	5	3	5	4	3	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	3	5	3
7	0.5028	3	5	3	1	3	1	7	8	7	1	4	1	1	7	1	1	2	1
8	0.5417	3	5	3	1	3	1	7	4	7	1	4	1	1	7	1	1	2	1
9	0.4966	3	5	3	1	3	1	7	4	7	1	4	1	1	7	1	1	2	1
10	0.5341	3	5	3	1	3	1	7	4	7	1	4	1	1	7	1	1	2	1

Ek2.6.1.2 Altı nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 20 için en uygun bulunan bireyin uygunluk değeri ve kodu

U.Değeri	En Uygun Bulunan Bireyin Kodu																	
0.5449	3	6	3	4	3	4	4	4	4	4	3	4	4	3	4	3	5	3

Ek2.6.1.3 Altı nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 20 için en uygun bulunan bireyin kodu yatay ve düşey donatı çapları

Levha No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yatay Donatı kodu	3	6	3	4	3	4	4	4	4
Yatay Donatı Çapı	Ø14	Ø18	Ø14	Ø16	Ø14	Ø16	Ø16	Ø16	Ø16
Düşey Donatı kodu	4	3	4	4	3	4	3	5	3
Düşey Donatı Çapı	Ø16	Ø14	Ø16	Ø16	Ø14	Ø16	Ø14	Ø16	Ø14

Ek 2.6.2 Altı nolu kirişde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 40 alınarak yapılan çalışmanın sonuçları

Ek2.6.2.1 Altı nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 40 için uygun bulunan 10 bireyin uygunluk değerleri ve kodları

No	U.Değ.	Uygun Bulunan Bireylerin Kodları																	
1	0.4387	4	6	4	6	3	6	5	5	5	1	5	1	1	6	1	3	5	3
2	0.4983	3	6	3	3	4	3	3	5	3	3	6	3	4	3	4	3	5	3
3	0.4399	4	6	4	6	3	6	5	5	5	1	5	1	1	6	1	3	5	3
4	0.4512	4	6	4	6	3	6	5	5	5	1	5	1	1	6	1	3	5	3
5	0.5944	3	6	3	3	4	3	3	6	3	3	4	3	4	3	4	3	5	3
6	0.4416	3	5	3	1	3	1	7	4	7	1	4	1	1	7	1	1	2	1
7	0.4784	3	5	3	1	3	1	7	4	7	1	4	1	1	7	1	1	2	1
8	0.5548	3	5	3	1	3	1	7	4	7	1	4	1	1	7	1	1	2	1
9	0.4508	3	5	3	1	3	1	7	4	7	1	4	1	1	7	1	1	2	1
10	0.4398	3	5	3	1	3	1	7	4	7	1	4	1	1	7	1	1	2	1

Ek2.6.2.2 Altı nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 40 için en uygun bulunan bireyin uygunluk değeri ve kodu

U.Değeri	En Uygun Bulunan Bireyin Kodu																	
0.5944	3	6	3	3	4	3	3	4	3	3	4	3	4	3	4	3	5	3

Ek2.6.2.3 Altı nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 40 için en uygun bulunan bireyin kodu yatay ve düşey donatı çapları

Levha No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yatay Donatı kodu	3	6	3	3	4	3	3	4	3
Yatay Donatı Çapı	Ø14	Ø18	Ø14	Ø14	Ø16	Ø14	Ø14	Ø16	Ø14
Düşey Donatı kodu	3	4	3	4	3	4	3	5	3
Düşey Donatı Çapı	Ø12	Ø16	Ø12	Ø12	Ø16	Ø12	Ø12	Ø26	Ø12

Ek 2.6.3 Altı nolu kirişte başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 60 alınarak yapılan çalışmanın sonuçları

Ek2.6.3.1 Altı nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 60 için uygun bulunan 10 bireyin uygunluk değerleri ve kodları

No	U.Değ.	Uygun Bulunan Bireylerin Kodları																	
1	0.5113	3	6	3	4	4	4	3	4	3	3	5	3	3	3	3	4	5	4
2	0.4893	3	6	3	4	4	4	3	4	3	3	5	3	3	3	3	4	5	4
3	0.4850	3	6	3	4	4	4	3	4	3	3	5	3	3	3	3	4	5	4
4	0.5668	3	6	3	4	4	4	3	4	3	3	5	3	3	3	3	4	5	4
5	0.5485	2	6	2	3	2	3	1	5	1	1	5	1	4	6	4	3	5	3
6	0.6014	3	6	3	4	4	4	3	4	3	4	3	4	3	3	3	3	5	3
7	0.5134	2	6	2	3	2	3	1	5	1	1	5	1	4	6	4	3	5	3
8	0.5534	2	6	2	3	2	3	1	5	1	1	5	1	4	6	4	3	5	3
9	0.4983	3	6	3	4	4	4	3	4	3	3	5	3	3	3	3	4	5	4
10	0.4344	3	6	3	4	4	4	3	4	3	3	5	3	3	3	3	4	5	4

Ek2.6.3.2 Altı nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 60 için en uygun bulunan bireyin uygunluk değeri ve kodu

U.Değeri	En Uygun Bulunan Bireyin Kodu																
0.6014	3	6	3	4	4	4	3	4	3	4	3	4	3	3	3	5	3

Ek2.6.3.3 Altı nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 60 için en uygun bulunan bireyin kodu yatay ve düşey donatı çapları

Levha No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yatay Donatı kodu	3	6	3	4	4	4	3	4	3
Yatay Donatı Çapı	Ø14	Ø18	Ø14	Ø16	Ø16	Ø16	Ø14	Ø16	Ø14
Düşey Donatı kodu	3	5	3	3	3	3	3	5	3
Düşey Donatı Çapı	Ø14	Ø16	Ø14	Ø14	Ø14	Ø14	Ø14	Ø16	Ø14

Ek 2.6.5 Altı nolu kirişte başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 100 alınarak yapılan çalışmanın sonuçları

Ek2.6.5.1 Altı nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 100 için uygun bulunan 10 bireyin uygunluk değerleri ve kodları

No	U.Değ.	Uygun Bulunan Bireylerin Kodları																	
1	0.5396	3	5	3	3	4	3	4	3	4	4	3	4	3	3	3	2	5	2
2	0.5563	3	5	3	3	4	3	4	3	4	4	3	4	3	3	3	2	5	2
3	0.4582	3	5	3	3	4	3	4	3	4	4	3	4	3	3	3	2	5	2
4	0.5092	3	5	3	3	4	3	4	3	4	4	3	4	3	3	3	2	5	2
5	0.5029	4	5	4	1	3	1	3	3	3	1	6	1	2	6	2	1	5	1
6	0.4662	4	5	4	1	3	1	3	3	3	1	6	1	2	6	2	1	5	1
7	0.4881	4	5	4	1	3	1	3	3	3	1	6	1	2	6	2	1	5	1
8	0.5312	3	4	3	1	3	1	3	3	3	2	5	2	2	6	2	1	5	1
9	0.5019	3	4	3	1	3	1	3	3	3	2	5	2	2	6	2	1	5	1
10	0.5651	3	4	3	1	3	1	3	3	3	2	5	2	2	6	2	1	5	1

Ek2.6.5.2 Altı nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 100 için en uygun bulunan bireyin uygunluk değeri ve kodu

U.Değeri	En Uygun Bulunan Bireyin Kodu																	
0.5563	3	5	3	3	4	3	4	3	4	4	3	4	3	3	3	2	5	2

Ek2.6.5.3 Altı nolu kirişin analizinde başlangıç topluluğundaki eleman sayısı 100 için en uygun bulunan bireyin kodu yatay ve düşey donatı çapları

Levha No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yatay Donatı kodu	3	5	3	3	4	3	4	3	4
Yatay Donatı Çapı	Ø14	Ø16	Ø14	Ø14	Ø16	Ø14	Ø16	Ø14	Ø16
Düşey Donatı kodu	4	3	4	3	3	3	2	5	2
Düşey Donatı Çapı	Ø16	Ø14	Ø16	Ø14	Ø14	Ø14	Ø12	Ø16	Ø12

Ek 2.6.6 Altı nolu giriş için başlangıç topluluğundaki birey sayıları farklı alınarak yapılan çalışmaların sonuçları

Ek2.6.6.1 Altı nolu giriş için başlangıç topluluğundaki birey sayıları farklı alınarak yapılan çözümlerde elde edilen en uygun bireylerin kodları ve uygunluk değerleri(x : Başlangıç topluluğundaki eleman sayısı)

No	U.Değ.	Uygun Bulunan Bireylerin Kodları															
20	0.5449	3	6	3	4	3	4	4	4	4	4	3	4	4	3	4	3
40	0.5944	3	6	3	3	4	3	3	4	3	3	4	3	4	3	4	3
60	0.6014	3	6	3	4	4	4	3	4	3	4	3	4	3	3	3	5
80	0.5579	2	6	2	3	3	3	4	4	4	3	3	3	3	3	3	5
100	0.5563	3	5	3	3	4	3	4	3	4	4	3	4	3	3	3	2

Ek2.6.6.2 Ek2.6.6.1 de uygunluk değerleri ve kodları verilen bireylerin arasında en uygun bireyin uygunluk değeri ve kodu

No	U.Değ	En Uygun Bulunan Bireyin Kodu															
60	0.6014	3	6	3	4	4	4	3	4	3	4	3	4	3	3	3	5

Ek2.6.6.3 Ek2.6.6.1 de verilen bireylerin arasında en uygun bireyin kodu ve bu kodlara karşı gelen donatı çapları

Levha No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yatay Donatı kodu	3	6	3	4	4	4	3	4	3
Yatay Donatı Çapı	Ø14	Ø18	Ø14	Ø16	Ø16	Ø16	Ø14	Ø16	Ø14
Düşey Donatı kodu	3	5	3	3	3	3	3	5	3
Düşey Donatı Çapı	Ø14	Ø16	Ø14	Ø14	Ø14	Ø14	Ø14	Ø16	Ø14

EK3 ALTI FARKLI YÜKSEK KİRİŞİN ACI'YA GÖRE YAPILAN ÇÖZÜMLERİNDE ELDE EDİLEN SONUÇLARI

Ek3.1 Bir Nolu Yüksek Kirişlerde Donatı Çapının ACI'ya Göre Belirlenmesi

$$\text{Kritik kesit} = 0.15.L_n = 0.1 \times 35.43 = 5.315 \text{ inc}$$

$$\Sigma P = (8.43.39.37 + 179.89 + 179.89) \cdot 1.4 = 645.371 \text{ lb}$$

$$R_a = \Sigma P / 2 = 645.371 / 2 = 322.681 \text{ lb}$$

Açıklık ortasında eğilme momenti

$$M_a = 143.5.6 - 3.75.6.3 - 80.2 = 56.06 \text{ lb.inc}$$

$$V_u = 322.678 - 8.43.5.31 = 309.027 \text{ lb}$$

$$M_u = (322.678 + 309.027) \cdot 0.5 \cdot 5.315 = 20145 \text{ lb.inc}$$

$$L_n/d = 35.43/9.84 = 3.6$$

$L_n/d > 4/5$ olduğundan eğilme analizi standartta belirtilen normal kiriş koşullarına göre yapılacaktır.

Başlangıçta $a = 20 \text{ inc}$ kabul ederek gerçek a değerini belirleyelim.

$$A_s = M_a / (\phi \cdot f_y \cdot (d - 0.5a))$$

$$A_s = 56061 / (0.9 \cdot 56 \cdot (106.29 - 10)) = 10.29 \text{ inc}^2$$

$$a = A_s \cdot f_y / (0.85 \cdot f_c' \cdot b) = 10.29 \cdot 56 / (0.85 \cdot 19.68 \cdot 1.6) = 21.52 \text{ inc} \quad a = 20 \text{ inc}$$

$$\rho_b = 0.85 \cdot f_c' \cdot B \cdot 87 / (f_y \cdot (87 + f_y)) = 0.85 \cdot 0.85 \cdot 1.6 \cdot 87 / (56 \cdot 143) = 0.0126$$

$$\rho_w = 0.75 \cdot \rho_b = 0.75 \cdot 0.0126 = 0.00945 \text{ bulunur.}$$

$$A_s = 10.29 \text{ inc}^2 \quad 18 \text{ } \emptyset 22$$

$$\rho = 10.29 / (118.08 \cdot 19.68) = 0.0044$$

$$L_n/d = 35.43/9.84 = 3.6$$

$L_n/d < 5$ olduğundan kirişin kesme analizi yüksek kiriş kabulüne göre yapılacaktır.

Nominal kesme kuvveti $\emptyset$. $V_n = \emptyset \cdot 8 \cdot b_w \cdot d \cdot (f_c')^{0,5}$

$\emptyset$. $V_n = 0,85 \cdot 8 \cdot 19,68 \cdot 111,08 \cdot 1600^{0,5} = 632,077 \text{ lb} > V_u = 309,027 \text{ lb}$

$M_u / (V_u \cdot d) = 20145 / (309,027 \cdot 111,08) = 0,5524$

$3,5 - 2,5 \cdot M_u / (V_u \cdot d) = 3,5 - 2,5 \cdot 0,5524 = 2,125 < 2,5$

$V_u \cdot d / M_u = 1,818$ bulunur.

$V_c = 2,125 \cdot (1,9 \cdot f_c' + 2500 \cdot \rho_w \cdot V_u \cdot d / M_u) \cdot b \cdot d < 6 \cdot f_c'^{0,5} \cdot b_w \cdot d$ olmalıdır.

$V_c = 2,125 \cdot (1,9 \cdot 1600^{0,5} + 2500 \cdot 0,0044 \cdot 1,818) \cdot 118,08 \cdot 19,68 = 474,168 \text{ lb}$

$474,168 \text{ lb} < 6 \cdot 1600^{0,5} \cdot 19,68 \cdot 111,08 = 557,857 \text{ lb}$

$V_s = V_u / \emptyset - V_c$

$V_s = 309,027 / 0,85 - 474,168$

$V_s = -130,12$ olduğundan kayma donatısına gerek yoktur .Fakat şartname gereği minimum kayma donatısı konmalıdır.

$s \leq d/5$ veya $s \leq 45 \text{ cm}$ olmalıdır.

$s \leq 111,08/5 = 22,216 \text{ inc}$ veya $s \leq 17,71 \text{ inc}$ olmalıdır.

$s = 7,87 \text{ inc}$ seçilsin.

$A_v = 0,0015 \cdot b_w \cdot s$ $A_v = 0,0015 \cdot 19,68 \cdot 7,87$

$A_v = 0,23 \text{ inc}^2$ bulunur. Düşey kayma donatısı $\emptyset 10/7,87 \text{ inc}$ ($\emptyset 10/20 \text{ cm}$)

$A_{vh} \geq 0,0025 \cdot b_w \cdot s_2$ veya

$s_2 \leq d/3$ ve $s \leq 45 \text{ cm}$ olmalıdır

$s \leq d/3$ veya $s \leq 45 \text{ cm}$ olmalıdır.

$s \leq 111,08/3 = 37,026 \text{ inc}$ veya $s \leq 17,71 \text{ inc}$ olmalıdır.

$s = 7,87 \text{ inc}$ seçilsin.

$A_{vh} = 0,0025 \cdot b_w \cdot s_2$ $A_{vh} = 0,0025 \cdot 19,68 \cdot 7,87$

$A_{vh} = 0,387 \text{ inc}^2$ bulunur. Yatay kayma donatısı $\emptyset 12/7,87 \text{ inc}$ ($\emptyset 12/20 \text{ cm}$)

Ek3.2 İki Nolu Yüksek Kirişlerde Donatı Çapının ACI'ya Göre Belirlenmesi

$$\text{Kritik kesit} = 0.15.L_n = 0.1 \times 35.43 = 63.78 \text{ inc}$$

$$\Sigma P = (8.43.39.37 + 179.89 + 179.89) \cdot 1.4 = 645.371 \text{ lb}$$

$$R_a = \Sigma P / 2 = 645.371 / 2 = 322.681 \text{ lb}$$

Açıklık ortasında eğilme momenti

$$M_a = 143.5.6 - 3.75.6.3 - 80.2 = 56.06 \text{ lb.inc}$$

$$V_u = 322.678 - 8.43.5.31 = 309.027 \text{ lb}$$

$$M_u = (322.678 + 309.027) \cdot 0.5 \cdot 5.315 = 20145 \text{ lb.inc}$$

$$L_n/d = 35.43/9.84 = 3.6$$

$L_n/d < 4/5$ olduğundan eğilme analizi standartta belirtilen normal kiriş koşullarına göre yapılacaktır.

Başlangıçta $a = 20 \text{ inc}$ kabul ederek gerçek a değerini belirleyelim.

$$A_s = M_a / (\phi \cdot f_y \cdot (d - 0.5a))$$

$$A_s = 56061 / (0.9 \cdot 56 \cdot (106.29 - 10)) = 10.29 \text{ inc}^2$$

$$a = A_s \cdot f_y / (0.85 \cdot f_c' \cdot b) = 10.29 \cdot 56 / (0.85 \cdot 19.68 \cdot 1.6) = 21.52 \text{ inc} \quad a = 20 \text{ inc}$$

$$\rho_b = 0.85 \cdot f_c' \cdot B \cdot 87 / (f_y \cdot (87 + f_y)) = 0.85 \cdot 0.85 \cdot 1.6 \cdot 87 / (56 \cdot 143) = 0.0126$$

$$\rho_w = 0.75 \cdot \rho_b = 0.75 \cdot 0.0126 = 0.00945 \text{ bulunur.}$$

$$A_s = 10.29 \text{ inc}^2 \quad 18 \text{ } \phi 22$$

$$\rho = 10.29 / (118.08 \cdot 19.68) = 0.0044$$

Kiriş alt kenarından yüklü olduğundan yüksek kiriş tanımına girmemektedir. Dolayısıyla kirişin kesme analizi normal kiriş kabulüne göre yapılacaktır.

$$\text{Nominal kesme kuvveti } \phi \cdot V_n = \phi \cdot 8 \cdot b_w \cdot d \cdot (f_c')^{0.5}$$

$$\phi \cdot V_n = 0.85 \cdot 8 \cdot 19.68 \cdot 111.08 \cdot 1600^{0.5} = 632.077 \text{ lb} > V_u = 309.027 \text{ lb} \quad \text{OK}$$

$$V_u \cdot d / M_u = 1.818 > 1 \text{ olduğundan } V_u \cdot d / M_u = 1 \text{ alınır.}$$

$$V_c = (1.9 \cdot f_c' + 2500 \cdot \rho_w \cdot V_u \cdot d / M_u) \cdot b \cdot d < 6 \cdot f_c'^{0.5} \cdot b_w \cdot d \text{ olmalıdır.}$$

$$V_c = (1,9 \cdot 1600^{0,5} + 2500 \cdot 0,0044 \cdot 1) \cdot 111,08 \cdot 19,68 = 190,187 \text{ lb}$$

$$2 \cdot b_w \cdot d \cdot (f_c')^{0,5} = 2 \cdot 1600^{0,5} \cdot 19,68 \cdot 111,08 = 174,67 \text{ lb}$$

$V_c > 2 \cdot b_w \cdot d \cdot (f_c')^{0,5}$ olmalıdır.

$$190,187 \text{ lb} > 174,67 \text{ lb}$$

$V_c < 3,5 \cdot b_w \cdot d \cdot (f_c')^{0,5}$ olmalıdır.

$$190,187 \text{ lb} < 306,047 \text{ lb}$$

$$V_s = V_u / \phi - V_c$$

$$V_s = 309,027 / 0,85 - 190,187$$

$$V_s = 173,37 \text{ lb}$$

Seçilen donatı Ø10 çift kollu etriye $A_v = 0,245 \text{ inc}^2$

$$s = A_v \cdot f_y \cdot d / V_s$$

$$s = 0,245 \cdot 56 \cdot 111,08 / 173,37 = 8,79 \text{ inc}$$

Hesaplanan kesme donatısı Ø10/8,79 inc (Ø10/20 cm)

Ek3.3 Üç Nolu Yüksek Kirişlerde Donatı Çapının ACI'ya Göre Belirlenmesi

$$\text{Kritik kesit} = 0.15.L_n = 0.1 \times 35.43 = 5.315 \text{ m}$$

$$\Sigma P = (12.64 \times 39.37 + 179.89 + 179.89) \times 1.4 = 857.613 \text{ lb}$$

$$R_a = \Sigma P / 2 = 857.613 / 2 = 428.806 \text{ lb}$$

Açıklık ortasında eğilme momenti

$$M_a = 358.11 \times 19.68 - 12.645 \times 19.68 \times 9.84 - 179.89 \times 6.56 = 61.43 \text{ lb.m}$$

$$V_u = 428.81 - 12.645 \times 5.315 = 337.70 \text{ lb}$$

$$M_u = (337.70 + 428.81) \times 0.5 \times 5.315 = 2216.8 \text{ lb.m}$$

$$L_n/d = 35.43 / 13.28 = 2.67$$

$L_n/d > 4/5$ olduğundan eğilme analizi standartta belirtilen normal kiriş koşullarına göre yapılacaktır.

Başlangıçta $a = 25 \text{ inc}$ kabul ederek gerçek a değerini belirleyelim.

$$A_s = M_u / (\phi \cdot f_y \cdot (d - 0.5a))$$

$$A_s = 61430 / (0.9 \cdot 56 \cdot (159.44 - 10)) = 8.29 \text{ inc}^2$$

$$a = A_s \cdot f_y / (0.85 \cdot f'_c \cdot b_w) = 8.29 \cdot 56 / (0.85 \cdot 19.68 \cdot 1.6) = 21.52 \text{ inc} \quad a = 20 \text{ inc}$$

$$\rho_b = 0.85 \cdot f'_c \cdot B \cdot 87 / (f_y \cdot (87 + f_y)) = 0.85 \cdot 0.85 \cdot 1.6 \cdot 87 / (56 \cdot 143) = 0.0126$$

$$\rho_w = 0.75 \cdot \rho_b = 0.75 \cdot 0.0126 = 0.00945 \text{ bulunur.}$$

$$A_s = 8.29 \text{ inc}^2 \quad 14 \text{ } \emptyset 22$$

$$\rho = 8.29 / (159.44 \cdot 19.68) = 0.00264$$

$$L_n/d = 35.43 / 13.28 = 2.67$$

$L_n/d < 5$ olduğundan kirişin kesme analizi yüksek kiriş kabulüne göre yapılacaktır.

$$\text{Nominal kesme kuvveti } \phi \cdot V_n = \phi \cdot 8 \cdot b_w \cdot d \cdot (f'_c)^{0.5}$$

$$\phi \cdot V_n = 0.85 \cdot 8 \cdot 19.68 \cdot 159.44 \cdot 1600^{0.5} = 853.35 \text{ lb} > V_u = 337.70 \text{ lb} \quad \text{OK}$$

$$M_u / (V_u \cdot d) = 2216.8 / (337.70 \cdot 159.44) = 0.41$$

$$3,5-2,5 \cdot \mu_u/(V_u.d)=3,5-2,5.0,5524=2,47 < 2,5$$

$V_u.d/\mu_u=2,42$ bulunur.

$$V_c=2,47 \cdot (1,9 \cdot f_c' + 2500 \cdot \rho_w \cdot V_u.d/\mu_u) \cdot b.d < 6 \cdot f_c'^{0,5} \cdot b_w.d \text{ olmalıdır.}$$

$$V_c=2,47 (1,9 \cdot 1600^{0,5} + 2500 \cdot 0,00264 \cdot 2,42) \cdot 159,44 \cdot 19,68 = 712,811 \text{ lb}$$

$$712,811 \text{ lb} < 6 \cdot 1600^{0,5} \cdot 19,68 \cdot 159,44 = 753,857 \text{ lb} \quad \text{OK.}$$

$$V_s = V_u/\phi - V_c$$

$$V_s = 337,70 / 0,85 = 712,811$$

$V_s = -315,52 < 0$ olduğundan kayma donatısına gerek yoktur .Fakat şartname gereği minimum kayma donatısı konmalıdır.

$s \leq d/5$ veya $s \leq 45 \text{ cm}$ olmalıdır.

$$s \leq 111,08/5 = 22,216 \text{ inc} \quad \text{veya} \quad s \leq 17,71 \text{ inc} \text{ olmalıdır.}$$

$s = 7,87 \text{ inc}$ seçilsin.

$$A_v = 0,0015 \cdot b_w \cdot s \quad A_v = 0,0015 \cdot 19,68 \cdot 7,87$$

$$A_v = 0,23 \text{ inc}^2 \text{ bulunur. Düşey kayma donatısı } \phi 10/7,87 \text{ inc } (\phi 10/20 \text{ cm})$$

$$A_{vh} \geq 0,0025 \cdot b_w \cdot s_2 \text{ veya}$$

$$s_2 \leq d/3 \text{ ve } s \leq 45 \text{ cm} \text{ olmalıdır}$$

$s \leq d/3$ veya $s \leq 45 \text{ cm}$ olmalıdır.

$$s \leq 111,08/3 = 37,026 \text{ inc} \quad \text{veya} \quad s \leq 17,71 \text{ inc} \text{ olmalıdır.}$$

$s = 7,87 \text{ inc}$ seçilsin.

$$A_{vh} = 0,0025 \cdot b_w \cdot s_2 \quad A_{vh} = 0,0025 \cdot 19,68 \cdot 7,87$$

$$A_{vh} = 0,387 \text{ inc}^2 \text{ bulunur. Yatay kayma donatısı } \phi 12/7,87 \text{ inc } (\phi 12/20 \text{ cm})$$

Ek3.4 Dört Nolu Yüksek Kirişlerde Donatı Çapının ACI'ya Göre Belirlenmesi

$$\text{Kritik kesit} = 0.15.L_n = 0.1 \cdot 35.43 = 5.31 \text{ m}$$

$$\Sigma P = (12.64 \cdot 35.43 + 179.89 + 179.89) \cdot 1.4 = 857.613 \text{ lb}$$

$$R_a = \Sigma P / 2 = 857.613 / 2 = 428.806 \text{ lb}$$

Açıklık ortasında eğilme momenti

$$M_a = 358.11 \cdot 19.68 - 12.645 \cdot 19.68 \cdot 9.84 - 179.89 \cdot 6.56 = 61.43 \text{ lb.m}$$

$$V_u = 428.81 - 12.645 \cdot 5.31 = 337.70 \text{ lb}$$

$$M_u = (337.70 + 428.81) \cdot 0.5 \cdot 5.31 = 22168 \text{ lb.m}$$

$$L_n / d = 35.43 / 13.28 = 2.67$$

$L_n / d > 4/5$ olduğundan eğilme analizi standartta belirtilen normal kiriş koşullarına göre yapılacaktır.

Başlangıçta $a = 25 \text{ inc}$ kabul ederek gerçek a değerini belirleyelim.

$$A_s = M_u / (\phi \cdot f_y \cdot (d - 0.5a))$$

$$A_s = 61430 / (0.9 \cdot 56 \cdot (159.44 - 10)) = 8.29 \text{ inc}^2$$

$$a = A_s \cdot f_y / (0.85 \cdot f_c' \cdot b_w) = 8.29 \cdot 56 / (0.85 \cdot 19.68 \cdot 1.6) = 21.52 \text{ inc} \quad a = 20 \text{ inc}$$

$$\rho_b = 0.85 \cdot f_c' \cdot B \cdot 87 / (f_y \cdot (87 + f_y)) = 0.85 \cdot 0.85 \cdot 1.6 \cdot 87 / (56 \cdot 143) = 0.0126$$

$$\rho_w = 0.75 \cdot \rho_b = 0.75 \cdot 0.0126 = 0.00945 \text{ bulunur.}$$

$$A_s = 8.29 \text{ inc}^2 \quad 14 \text{ } \phi 22$$

$$\rho = 8.29 / (159.44 \cdot 19.68) = 0.00264$$

Kiriş alt kenarından yüklü olduğundan yüksek kiriş tanımına girmemektedir. Dolayısıyla kirişin kesme analizi normal kiriş kabulüne göre yapılacaktır.

$$V_c = (1.9 \cdot f_c' + 2500 \cdot \rho_w \cdot V_u \cdot d / M_u) \cdot b \cdot d < 6 \cdot f_c'^{0.5} \cdot b_w \cdot d \text{ olmalıdır.}$$

$$V_c = (1.9 \cdot 1600^{0.5} + 2500 \cdot 0.00264 \cdot 1) \cdot 159.44 \cdot 19.68 = 259.194 \text{ lb}$$

$$V_c > 2 \cdot b_w \cdot d \cdot (f_c')^{0.5} \text{ olmalıdır.}$$

$$2. b_w.d.(f_c')^{0,5} = 2.1600^{0,5} . 19,68. 159,44 = 251,07 \text{ lb}$$

$$259,194 \text{ lb} > 251,07 \text{ lb}$$

$$V_c < 3,5. b_w.d.(f_c')^{0,5} \text{ olmalıdır.}$$

$$3,5.1600^{0,5} . 19,68. 159,44 = 439,289 \text{ lb}$$

$$259,194 \text{ lb} < 439,289 \text{ lb}$$

$$V_s = V_u / \phi - V_c$$

$$V_s = 337,70 / 0,85 - 259,194$$

$$V_s = 138,10 \text{ lb}$$

$$\text{Seçilen donatı } \varnothing 8 \text{ çift kollu etriye } A_v = 0,155 \text{ inc}^2$$

$$s = A_v.f_y.d / V_s$$

$$s = 0,155.56.159,45 / 138,10 = 10,02 \text{ inc}$$

$$\text{Hesaplanan kesme donatısı } \varnothing 8 / 10 \text{ inc (}\varnothing 8 / 25 \text{ cm)}$$

Ek3.5 Bir Nolu Yüksek Kirişlerde Donatı Çapının ACI'ya Göre Belirlenmesi

$$\text{Kritik kesit} = 0.15.L_n = 0.15 \cdot 35,43 = 5,31 \text{ m}$$

$$\sum P = (16,86 \cdot 3,37 + 179,89 + 179,89) \cdot 1,4 = 1023,56 \text{ lb}$$

$$R_a = \sum P / 2 = 1023,56 / 2 = 511,78 \text{ lb}$$

Açıklık ortasında eğilme momenti

$$M_a = 511,78 \cdot 19,68 - 16,86 \cdot 19,68 \cdot 9,84 - 179,89 \cdot 6,56 = 66,81 \text{ lb.m}$$

$$V_u = 511,78 - 16,86 \cdot 5,31 = 422,93 \text{ lb}$$

$$M_u = (511,78 + 422,93) \cdot 0,5 \cdot 5,31 = 34508 \text{ lb.m}$$

$$35,43 / 19,68 = 1,8$$

$L_n/d > 4/5$ olduğundan eğilme analizi standartta belirtilen normal kiriş koşullarına göre yapılacaktır.

Başlangıçta $a = 40 \text{ mm}$ kabul ederek gerçek a değerini belirleyelim.

$$A_s = M_u / (\phi \cdot f_y \cdot (d - 0,5a))$$

$$A_s = 56061 / (0,9 \cdot 56 \cdot (212,58 - 20)) = 6,7 \text{ cm}^2$$

$$a = A_s \cdot f_y / (0,85 \cdot f'_c \cdot b_w) = 6,7 \cdot 56 / (0,85 \cdot 19,68 \cdot 1,6) = 39,87 \text{ mm} \quad a = 40 \text{ mm}$$

$$\rho_b = 0,85 \cdot f'_c \cdot B \cdot 87 / (f_y \cdot (87 + f_y)) = 0,85 \cdot 0,85 \cdot 1,6 \cdot 87 / (56 \cdot 143) = 0,0126$$

$$\rho_w = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0126 = 0,00945 \text{ bulunur.}$$

$$A_s = 6,7 \text{ cm}^2 \quad 12 \text{ } \phi 22$$

$$\rho = 6,7 / (212,58 \cdot 19,68) = 0,00164$$

$$L_n/d = 35,43 / 19,68 = 1,8$$

$L_n/d < 5$ olduğundan kirişin kesme analizi yüksek kiriş kabulüne göre yapılacaktır.

$$\text{Nominal kesme kuvveti } \phi \cdot V_n = \phi \cdot 8 \cdot b_w \cdot d \cdot (f'_c)^{0,5}$$

$$\phi \cdot V_n = 0,85 \cdot 8 \cdot 19,68 \cdot 212,58 \cdot 1600^{0,5} = 1137,981 \text{ lb} > V_u = 422,93 \text{ lb}$$

$$M_u / (V_u \cdot d) = 34508 / (422,93 \cdot 212,58) = 0,4$$

$$3,5 - 2,5 \cdot M_u / (V_u \cdot d) = 3,5 - 2,5 \cdot 0,4 = 2,5$$

$V_u.d/M_u=2,5$ bulunur.

$V_c=2,5.(1,9.fc'+2500. \rho_w V_u.d/M_u).b.d<6.fc'^{0,5}.b.w.d$ olmalıdır.

$V_c=2,125(1,9.1600^{0,5}+2500. 0,00164.2,5). 212,58.19,68=901,978$ lb

$901,978 < 6.1600^{0,5}.19,68.111,08=1003,211$ lb.

$V_s=V_u/\phi-V_c$

$V_s=422,93 /0,85-901,978$

$V_s=-432,056$ olduğundan kayma donatısına gerek yoktur .Fakat şartname gereği minimum kayma donatısı konmalıdır.

$s \leq d/5$ veya $s \leq 45$ cm olmalıdır.

$s \leq 111,08/5 = 22,216$ inc veya $s \leq 17,71$ inc olmalıdır.

$s=7,87$ inc seçilsin.

$A_v=0,0015.b_w.s \quad A_v =0,0015.19,68.7,87$

$A_v=0,23$ inc² bulunur. Düşey kayma donatısı $\phi 10/7,87$ inc ($\phi 10/20$ cm) bulunur.

$A_{vh} \geq 0,0025.b_w.s_2$ veya

$s_2 \leq d/3$ ve $s \leq 45$ cm olmalıdır

$s \leq d/3$ veya $s \leq 45$ cm olmalıdır.

$s \leq 111,08/3 = 37,026$ inc veya $s \leq 17,71$ inc olmalıdır.

$s=7,87$ inc seçilsin.

$A_{vh}=0,0025.b_w.s_2 \quad A_{vh}=0,0025.19,68.7,87$

$A_{vh}=0,387$ inc² bulunur. Yatay kayma donatısı $\phi 12/7,87$ inc ($\phi 12/20$ cm).

Ek3.6 Altı Nolu Yüksek Kirişlerde Donatı Çapının ACI'ya Göre Belirlenmesi

$$\text{Kritik kesit} = 0.15.L_n = 0.1 \times 35.43 = 5.315 \text{ m}$$

$$\Sigma P = (16,86.39,37 + 179,89 + 179,89) \cdot 1,4 = 1023,56 \text{ lb}$$

$$R_a = \Sigma P / 2 = 1023,56 / 2 = 511,78 \text{ lb}$$

Açıklık ortasında eğilme momenti

$$M_a = 511,78 \cdot 19,68 - 16,86 \cdot 19,68 \cdot 9,84 - 179,89 \cdot 6,56 = 66,81 \text{ lb} \cdot \text{m}$$

$$V_u = 511,78 - 16,86 \cdot 5,315 = 422,93 \text{ lb}$$

$$M_u = (511,78 + 422,93) \cdot 0.5 \cdot 5,315 = 34508 \text{ lb} \cdot \text{m}$$

Başlangıçta $a = 40 \text{ mm}$ kabul ederek gerçek a değerini belirleyelim.

$$A_s = M_u / (\phi \cdot f_y \cdot (d - 0,5a))$$

$$A_s = 56061 / (0,9 \cdot 56 \cdot (212,58 - 20)) = 6,7 \text{ cm}^2$$

$$a = A_s \cdot f_y / (0,85 \cdot f_c' \cdot b_w) = 6,7 \cdot 56 / (0,85 \cdot 19,68 \cdot 1,6) = 39,87 \text{ mm} \quad a = 40 \text{ mm}$$

$$\rho_b = 0,85 \cdot f_c' \cdot B \cdot 87 / (f_y \cdot (87 + f_y)) = 0,85 \cdot 0,85 \cdot 1,6 \cdot 87 / (56 \cdot 143) = 0,0126$$

$$\rho_w = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0126 = 0,00945 \text{ bulunur.}$$

$$A_s = 6,7 \text{ cm}^2 \quad 12 \text{ } \phi 22$$

$$\rho = 6,7 / (212,58 \cdot 19,68) = 0,00164$$

Kiriş alt kenarından yüklü olduğundan yüksek kiriş tanımına girmemektedir. Dolayısıyla kirişin kesme analizi normal kiriş kabulüne göre yapılacaktır.

$$V_c = (1,9 \cdot f_c' + 2500 \cdot \rho_w \cdot V_u \cdot d / M_u) \cdot b \cdot d < 6 \cdot f_c'^{0,5} \cdot b_w \cdot d \text{ olmalıdır.}$$

$$V_c = (1,9 \cdot 1600^{0,5} + 2500 \cdot 0,00164 \cdot 1) \cdot 212,59 \cdot 19,68 = 335,120 \text{ lb}$$

$$V_c > 2 \cdot b_w \cdot d \cdot (f_c')^{0,5} \text{ olmalıdır.}$$

$$2 \cdot b_w \cdot d \cdot (f_c')^{0,5} = 2 \cdot 1600^{0,5} \cdot 19,68 \cdot 212,59 = 334,701 \text{ lb}$$

$$335,120 \text{ lb} > 334,701 \text{ lb}$$

$$V_c < 3,5 \cdot b_w \cdot d \cdot (f_c')^{0,5} \text{ olmalıdır.}$$

$$3,5 \cdot 1600^{0,5} \cdot 19,68 \cdot 212,59 = 585,727 \text{ lb}$$

$$335,120 \text{ lb} < 585,727 \text{ lb}$$

$$V_s = V_u / \phi - V_c$$

$$V_s = 422,93 / 0,85 - 335,120$$

$$V_s = 162,44 \text{ lb}$$

Seçilen donatı Ø8 çift kollu etriye $A_v = 0,155 \text{ inc}^2$

$$s = A_v \cdot f_y \cdot d / V_s$$

$$s = 0,155 \cdot 56 \cdot 212,59 / 162,44 = 11,36 \text{ inc}$$

Hesaplanan kesme donatısı Ø8/11 inc (Ø8/30 cm)



ÖZGEÇMİŞ

1974 Çankırı'da doğan Mustafa KAYA ilk ve orta okulu Çankırı'da liseyi Erzurum'da okuduktan sonra 1992 yılında Uludağ Üniversitesi Balıkesir Mühendislik Fakültesi İnşaat Bölümünü kazandı. 1996 yılında üniversiteyi bitirdikten sonra 1997 yılında Niğde Üniversitesi Aksaray Mühendislik Fakültesi İnşaat Bölümü Yapı anabilim dalında araştırma görevlisi olarak işe başladı. Aynı yıl Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Bölümünde yüksek lisansa başladı. 1999 yılı Nisan ayında Yüksek Öğretim Kurulu'nun çıkarmış olduğu bir kararname ile lisansüstü eğitimini tamamlamak üzere yüksek lisansını yaptığı Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsüne geçici olarak görevlendirildi. Halen aynı üniversitede araştırma görevlisi olarak görevine devam etmektedir. Evli ve bir çocuk babasıdır.