

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**YÜZEYSEL TEMELLERİN META-SEZGİSEL YÖNTEMLERLE
OPTİMUM TASARIMI**

Mustafa Alpay TUNAY

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

MART 2019

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**YÜZEYSEL TEMELLERİN META-SEZGİSEL YÖNTEMLERLE
OPTİMUM TASARIMI**

Mustafa Alpay TUNAY

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

MART 2019

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜZEYSEL TEMELLERİN META-SEZGİSEL YÖNTEMLERLE
OPTİMUM TASARIMI

Mustafa Alpay TUNAY
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ

Bu tez 07/03/2019 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / ~~Oyçokluğu~~ ile kabul edilmiştir.

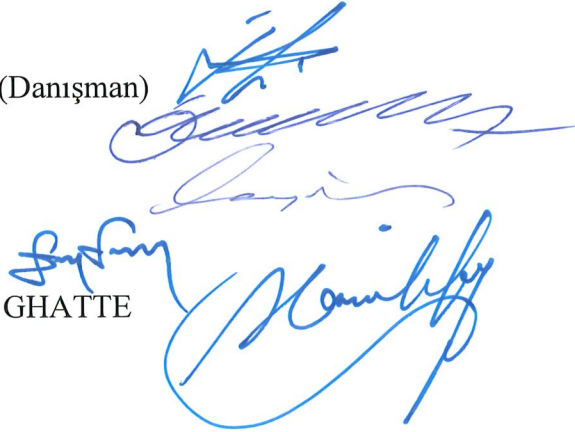
Doç. Dr. İbrahim AYDOĞDU (Danışman)

Prof. Dr. Ömer CİVALEK

Doç. Dr. Erkan DOĞAN

Dr. Öğr. Üyesi Engin EMSEN

Dr. Öğr. Üyesi Hamid Farrokh GHATTE



ÖZET

YÜZEYSEL TEMELLERİN META-SEZGİSEL YÖNTEMLERLE OPTİMUM TASARIMI

Mustafa Alpay TUNAY

Doktora Tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. İbrahim AYDOĞDU

Mart 2019; 348 sayfa

Yapı mühendisleri kaynakları en verimli şekilde kullanmak adına uygulanabilir tasarımlar arasından en uygun olanı bulma çabası içindedir. Bu çabaların amacı maliyeti minimum yapmaktır ve bunun için ise stabilite ve dayanım koşullarını sağlayan en uygun (optimum) tasarımların bulunması gerekir. Çalışmamızda öncelikle yüzeysel temellerin hesap ve konstrüktif esasları irdelenmiştir. Yüzeysel temellerin projelendirilmesi ve uygulanması aşamalarında boyut ve maliyet arasındaki en uygun ilişkiyi bularak optimizasyonunu sağlamak amacıyla projelendirmeye yardımcı yazılım olarak YTOP (Yüzeysel Temellerin Optimizasyon Programı) optimizasyon yazılımı TS500 (2000) Şartnamesine göre analiz yapmak için, SFOP (Shallow foundation optimization programme) optimizasyon yazılımı ise ACI318-14 (Amerikan şartnamesi) şartnamesine göre analiz yapmak için oluşturulmuştur. Çalışmamızda kullanılmak üzere üç adet tekil temel, üç adet sürekli temel ve üç adet radye temel yapı örnekleri temin edilmiştir. Bu temel örneklerinin karşılaştırılması amacıyla STA4-CAD yazılımında modellenerek analizleri yapılmıştır. Daha sonra temel örneklerinin YTOP yazılımında optimize edilebilmesi için veri girişi için gerekli olan SAP dosyalarının oluşturulması amacıyla, örneklerin SAP2000 analiz yazılımında modellenmesi yapılmıştır. Aynı temel örnekleri tarafımızca yazılan YTOP optimizasyon yazılımında TS500 e göre analiz edilerek optimize sonuçlar elde edilmiştir. Temel örnekleri Yapay Arı Kolonisi (YAK) Bio-Coğrafya (BC), Arama Grup (AG) meta sezgisel optimizasyon yöntemleri kullanılarak optimize edilmiştir. Seçilen örneklerin tamamı uygulanmış örnekler olup elde edilen optimum tasarımların gerçek tasarımlarıyla karşılaştırılması amaçlanmıştır. SAP yazılımında modellenen, YTOP yazılımında optimize edilen tekil, sürekli ve radye temel örneklerinin sonuçları, aynı örneklerin STA4-CAD yazılımında yapılan analiz sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Yüzeysel temellerin optimizasyonunu Amerikan şartnamesine göre çözen farklı bir optimizasyon programı SFOP yazılmıştır. Temel örnekleri SFOP yazılımında aynı meta-sezgisel yöntemlerle optimize edilmiştir. Elde edilen sonuçlar optimizasyon yazılımı açısından STA4-CAD yazılımı ile TS500 ve ACI318.14 ile karşılaştırılarak oluşturulan optimizasyon yazılımının verimliliği incelenmiştir. Sonuç olarak yüzeysel temellerin YTOP ve SFOP yazılımları ile meta-sezgisel yöntemler kullanılarak yapılan optimizasyon analizlerinde beton, donatı ve özellikle maliyet yönünden ciddi oranda fayda sağlandığı görülmüştür.

ANAHTAR KELİMELEER: Arama grup, Bio-coğrafya, Meta-sezgisel optimizasyon yöntemleri, Optimizasyon, Yapay arı kolonisi, Yüzeysel temeller.

JÜRİ: Doç. Dr. İbrahim AYDOĞDU

Prof. Dr. Ömer CİVALEK

Doç. Dr. Erkan DOĞAN

Dr. Öğr. Üyesi Engin EMSEN

Dr. Öğr. Üyesi Hamid Farrokh GHATTE



ABSTRACT

OPTIMUM DESIGN OF SHALLOW FOUNDATIONS BY META-HEURISTIC METHODS

Mustafa Alpay TUNAY

PhD. Thesis in Civil Engineering

Supervisor: Asst. Prof. Dr. İbrahim AYDOĞDU

March 2019; 348 pages

Civil engineers intend to find the most appropriate design from applicable designs to use resources more efficiently. The aim of these efforts is to make the cost minimum. For this reason, the most suitable designs providing stability and strength conditions have to be found. In this study, calculation and constructive basis were examined. YTOP optimization software analysing according to TS500 (Turkish specification) specification and SFOP (Shallow foundation optimization programme) optimization software analysing according to ACI318-14 specification are both created for being the helper software finding the most suitable relation between dimension and cost and making optimization in designing. In this study, three spread footing samples, three combined footing samples and three mat foundation samples were supplied for use. These samples were modelled and analysed in STA4-CAD software for comparison. After this step, the SAP2000 (Static Analyse Programme) files, required for data input that is necessary for optimization of the samples in YTOP software, were created in SAP analyse software. Same samples were analysed in YTOP software according to TS500 specification. Then obtained optimized results. The samples were optimized by using meta-heuristic optimization methods as artificial bee colony, biogeography based optimization and group search optimizer. The samples used were taken from real life to make a comparison between obtained optimum designs and real life designs. The results of spread footing, combined footing and mat foundation samples modelled in SAP software and optimized in YTOP software were compared with the results of samples obtained from analyses in STA4-CAD software. After this process, the SFOP software was created based on analysing the optimization of shallow foundations according to ACI specification. Same samples were optimized in SFOP software by using the same meta-heuristic optimization methods. The efficiency of the softwares (YTOP and SFOP) that we created, were examined by comparing the results obtained from YTOP and SFOP softwares according to TS500 and ACI specifications and STA4-CAD software. As a result, serious benefits in terms of concrete, steel area and especially cost, were seen in optimization analyse results obtained in YTOP and SFOP softwares by using meta-heuristic methods.

KEYWORDS: Artificial bee colony, Biogeography based optimization, Group search optimizer, Meta-heuristic optimization methods, Optimization, Shallow foundation.

COMMITTEE: Asst. Prof. Dr. İbrahim AYDOĞDU

Prof. Dr. Ömer CİVALEK

Prof. Asst. Dr. Erkan DOĞAN

Asst. Prof. Dr. Engin EMSEN

Asst. Prof. Dr. Hamid Farrokh GHATTE



ÖNSÖZ

Optimizasyon problemi mühendislik biliminin amaçlarının başında gelir. Mühendislik projeleri ve bu projelerin uygulandığı eserler için birden fazla sayısız çözüm elde edilse de, bir mühendis için önemli olan tüm bu çözümler içinde minimum maliyet ile maksimum faydanın olduğu çözüme ulaşmaktır. Sayısız çözümler içinden mümkün olan en optimum çözümü bulmak için gerekli olan çok sayıda kombinasyonun iterasyon ile denenmesi oldukça zor bir işlem iken son dönemde bilgisayar ortamında gerekli yazılımlar ile bu mümkün olabilmektedir. Bu sebeple mühendislik tarihinin başından bu yana, elde edilen problem çözümünün optimum olanına ulaşmak en büyük hedef ve amaç olmuştur. Bu doğrultuda zaman içinde mühendislik alanlarında doğru analiz sonuçlarına ulaşmaktan bir adım öteye, sağlayan birden çok sonuçtan en optimum olanı bulmak amaç haline gelmiştir. Bu denli önem kazanan optimizasyon da kendi içinde gelişerek çeşitli alt yöntemleri bünyesi içine almıştır. Çalışmamızda oluşturulan optimizasyon yazılımı ile yüzeysel temellerin statik ve betonarme analizlerinde optimum çözüme ulaşılması hedeflenmiştir. Bu yönde yazılan optimizasyon yazılımı ile yüzeysel temellerde malzeme-maliyet ilişkisi açısından maksimum fayda minimum maliyet çözümlerine ulaşılarak, yüzeysel temeller ile ilgili optimum sonuçlar elde edilmesi sağlanmıştır. İmalat ve üretimin arttığı ancak buna karşın kaynakların azaldığı çağımızda mühendislik yüzeysel temeller ile ilgili projelerde optimizasyon analizi yaparak optimum sonuçların elde edilmesini sağlayacak bir yazılımın olduğu bu çalışmada yer almanın gurur verici olduğu düşüncesindeyim. Bu tezin oluşmasına katkı sağlayan, her türlü bilgi ve tecrübesini benimle paylaşan, uzmanlık alanlarıma özellikle farklı disiplinlerden yeni konular ekleyerek ufku genişlemesine büyük katkı sağlayan ve çalışmanın her aşamasında desteğini esirgemeyen danışman hocam Doç. Dr. İbrahim AYDOĞDU'ya, tez izleme komitesinde yer alarak tezin şekillenmesine katkı sağlayan hocalarıma, emeği geçen tüm arkadaşlarıma ve aileme teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ.....	v
AKADEMİK BEYAN	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xviii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xxiii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI	5
3. MATERYAL VE METOT.....	7
3.1 TS500 ile Amerikan Şartnamesi ACI 318.14 Kıyaslanması	7
3.1.1 Taşıma gücü yöntemi:.....	7
3.1.2 Şartnamelerden elde edilen taşıma gücü momentleri	10
3.1.3 Sonuçlar ve öneriler	13
3.2 Yüzeysel Temellerin Tasarım İlkeleri	14
3.2.1 Temel tipleri.....	14
3.2.2 Tekil temeller	16
3.2.2.1 Tekil temellerin incelenmesi ve hesap adımları (TS500).....	16
3.2.2.2 TS500 (2000) Konstruktif koşulları	32
3.2.2.3 Tekil temel (Amerikan şartnamesi ACI)	33
3.2.3 Sürekli temeller.....	37
3.2.3.1 Sürekli temellerin tasarımı TS500 (2000)	37
3.2.3.2 Sürekli temeller (Amerikan şartnamesi ACI 31814).....	43
3.2.4 Radye temeller (TS500).....	54
3.2.4.1 Radye temellerin taban basınçlarının hesabı	56
3.2.5 Radye temeller (Amerikan şartnamesi ACI 31814)	67
3.2.5.1 Konvansiyonel rijit yöntem:	67
3.2.5.2 Yaklaşık esnek yöntem.....	67
3.2.5.3 Ayırık yöntemler	67

3.2.5.4	Radye temellerin konvansiyonel rijit yöntemle tasarım adımları:	68
3.3	Optimizasyon Kavramı.....	72
3.3.1	Optimal tasarım metodları:	74
3.3.1.1	Sezgisel teknikler (algoritmalar)	79
3.3.1.2	Optimizasyon problemlerinde sezgisel algoritmaların değerlendirilme kriterleri.	79
3.3.2	Optimizasyon türleri	81
3.3.2.1	Boyutlandırma optimizasyonu	81
3.3.2.2	Şekillendirme optimizasyonu	81
3.3.2.3	Topoloji optimizasyonu.....	81
3.3.3	Optimizasyon problemi.....	82
3.3.3.1	Amaç fonksiyonu	84
3.3.3.2	Tasarım değişkeni.....	84
3.3.3.3	Sınırlayıcılar	85
3.3.3.4	Ön tasarım değişkenleri.....	86
3.3.3.5	Durum ve bağlı değişkenleri	86
3.3.4	Optimizasyon yöntemleri.....	86
3.3.4.1	Deterministik yöntemler	87
3.3.4.2	Stokastik / meta-sezgisel yöntemler	87
3.3.4.3	Yapay arı koloni algoritması (YAK).....	90
3.3.4.4	Biyocoğrafya yöntemi (BO).....	101
3.3.4.5	Arama grup yöntemi (SGA).....	103
3.3.5	Yüzeysel temellerin optimizasyon probleminin matematiksel modeli.....	107
3.3.5.1	Amaç fonksiyonunu değerlendirilmesi ve tasarım performansının ölçülmesi.....	109
3.4	Yüzeysel temellerin optimizasyonu programı (Ytop)	110
3.5	Sfop (shallow foundations optimization programme) (ACI 318-14).....	120
4.	BULGULAR VE TARTIŞMA.....	123
4.1	Tekil Temeller	123
4.1.1	3D Ev1d kazıksız isimli tekil temel örneği (T5 tekil temeli)	124
4.1.1.1	Tekil temel örneklerinin Ytop yazılımında optimizasyonu.....	126
4.1.1.2	Ytop yazılımında yapılan optimizasyon analizleri sonucu:.....	126

4.1.2	3D Ev1d kazıksız isimli tekil temel örneği (T6 tekil temeli)	128
4.1.2.1	Ytop yazılımında yapılan optimizasyon analizleri sonucu:.....	129
4.1.3	Altıgen isimli tekil temel örneği (T2 tekil temeli)	131
4.1.3.1	YTOP yazılımında yapılan optimizasyon analizleri sonucu:	133
4.2	Sürekli Temeller	134
4.2.1	Bodrum isimli sürekli temel örneği (T1 sürekli temel)	135
4.2.1.1	YTOP Yazılımı ile yapılan optimizasyon sonucu:	138
4.2.2	Bodrum isimli sürekli temel örneği (T2 sürekli temel)	139
4.2.2.1	YTOP Yazılımı ile yapılan optimizasyon sonucu:	140
4.2.3	Bodrum isimli sürekli temel örneği (T3 sürekli temel)	142
4.2.3.1	YTOP Yazılımı ile yapılan optimizasyon sonucu:	143
4.3	Radye Temeller	144
4.3.1	Tayfun&Burak radye temel örneği	144
4.3.1.1	Örneğin STA4-CAD modellenerek analizi	144
4.3.1.2	SAP Yazılımında Tayfun&Burak radye temel örneğinin modellenmesi... ..	149
4.3.1.3	Kolon boyutları ve moment ve yükler.....	149
4.3.1.4	Tayfun&Burak örneğinin Ytop yazılımında optimizasyon yapılmadan analizi.... ..	150
4.3.1.5	Tayfun&Burak örneğinin YTOP yazılımında arı kolonisi yöntemi ile optimizasyonu	151
4.3.1.6	Tayfun&Burak örneğinin Ytop yazılımında bio-coğrafya yöntemi ile optimizasyonu	151
4.3.1.7	Tayfun&Burak örneğinin Ytop yazılımında arama-grup yöntemi ile optimizasyonu	152
4.3.1.8	Tayfun&Burak örneğinin analiz sonuçlarının kıyaslanması:	153
4.3.2	Örnek D3 radye temel örneği.....	155
4.3.2.1	Örneğin STA4-CAD yazılımında modellenerek analizi:	155
4.3.2.2	SAP Yazılımında D3 radye temel örneğinin modellenmesi	158
4.3.2.3	Kolon boyutları ve moment ve yükler.....	159
4.3.2.4	D3 Örneğinin YTOP yazılımında optimizasyon yapılmadan analizi.....	159

4.3.2.5 D3 Örneğinin Ytop yazılımında arı kolonisi yöntemi ile optimizasyonu...	160
4.3.2.6 D3 Örneğinin Ytop yazılımında bio-coğrafya yöntemi ile optimizasyonu	161
4.3.2.7 D3 Örneğinin Ytop yazılımında arama-grup yöntemi ile optimizasyonu..	161
4.3.2.8 D3 Örneğinin analiz sonuçlarının kıyaslanması:.....	162
4.3.3 Kradye radye temel örneği.....	164
4.3.3.1 Örneğin STA4-CAD yazılımında modellenerek analizi	164
4.3.3.2 SAP Yazılımında kradye radye temel örneğinin modellenmesi.....	167
4.3.3.3 Kolon boyutları ve moment ve yükler:.....	168
4.3.3.4 Kradye örneğinin Ytop yazılımında optimizasyon yapılmadan analizi.....	169
4.3.3.5 Kradye örneğinin Ytop yazılımında arı kolonisi yöntemi ile optimizasyonu	170
4.3.3.6 Kradye örneğinin Ytop yazılımında bio-coğrafya yöntemi ile optimizasyonu	170
4.3.3.7 Kradye örneğinin Ytop yazılımında arama-grup yöntemi ile optimizasyonu	171
4.3.3.8 Kradye örneğinin analiz sonuçlarının kıyaslanması:.....	172
4.4 Örneklerin SFOP (Amerikan Şartnamesi 318-14) Yazılımında Modellenmesi.....	173
4.5 Tekil Temel Örnekleri	173
4.5.1 3D Ev1d kazıksız isimli tekil temel örneği (T5 tekil temeli):	173
4.5.1.1 SFOP yazılımında yapılan optimizasyon analizleri sonucu:	175
4.5.2 3D Ev1d kazıksız isimli tekil temel örneği (T6 tekil temeli)	176
4.5.2.1 Sfop yazılımında yapılan optimizasyon analizleri sonucu:	176
4.5.3 Altıgen isimli tekil temel örneği (T2 tekil temeli).....	177
4.5.3.1 SFOP yazılımında yapılan optimizasyon analizleri sonucu:	178
4.6 Sürekli Temel Örnekleri.....	179
4.6.1 Bodrum T1 sürekli temeli:.....	179
4.6.1.1 SFOP Yazılımı ile yapılan optimizasyon sonucu:.....	180

4.6.2	Bodrum isimli sürekli temel örneği (T2 sürekli temel)	181
4.6.2.1	SFOP Yazılımı ile yapılan optimizasyon sonucu:	182
4.6.3	Bodrum isimli sürekli temel örneği (T3 sürekli temel)	184
4.6.3.1	SFOP Yazılımı ile yapılan optimizasyon sonucu:	184
4.7	Radye Temel Örnekleri	186
4.7.1	Tayfun&Burak örneği.....	186
4.7.1.1	Tayfun&Burak radye örneğinin SFOP yazılımında analizi	186
4.7.1.2	Tayfun&Burak örneğinin Sfop yazılımında arı kolonisi yöntemi ile optimizasyonu	186
4.7.1.3	Tayfun&Burak örneğinin Sfop yazılımında bio-coğrafya yöntemi ile optimizasyonu	187
4.7.1.4	Tayfun&Burak örneğinin Sfop yazılımında arama-grup yöntemi ile optimizasyonu	188
4.7.1.5	Tayfun&Burak örneğinin analiz sonuçlarının kıyaslanması:	189
4.7.2	Örnek D3 radye temel örneği.....	190
4.7.2.1	D3 Radye temel örneğinin Sfop yazılımında analizi.....	190
4.7.2.2	D3 örneğinin Sfop yazılımında arı kolonisi yöntemi ile optimizasyonu....	191
4.7.2.3	D3 Örneğinin Sfop yazılımında bio-coğrafya yöntemi ile optimizasyonu.	192
4.7.2.4	D3 Örneğinin Sfop yazılımında arama grup yöntemi ile optimizasyonu... ..	192
4.7.2.5	D3 Örneğinin analiz sonuçlarının kıyaslanması:.....	193
4.7.3	Örnek kradye radye temel örneği.....	195
4.7.3.1	Kradye örneğinin Sfop yazılımında analizi.....	195
4.7.3.2	Kradye örneğinin Sfop yazılımında arı kolonisi yöntemi ile optimizasyonu	195
4.7.3.3	Kradye örneğinin Sfop yazılımında bio-coğrafya yöntemi ile optimizasyonu	196
4.7.3.4	Kradye örneğinin Sfop yazılımında arama-grup yöntemi ile optimizasyonu	197
4.7.3.5	Kradye örneğinin analiz sonuçlarının kıyaslanması:.....	198

5. SONUÇLAR.....	201
6. KAYNAKLAR	203
7. EKLER.....	213
ÖZGEÇMİŞ	



AKADEMİK BEYAN

Doktora Tezi olarak sunduğum “Yüzeysel Temellerin Meta-Sezgisel Yöntemlerle Optimum Tasarımı” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

07/03/2019

Mustafa Alpay TUNAY



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

ϵ_{cu}	:Betonun ezilme birim kısalması
k_1	:Beton basınç bileşke katsayısı
k_3	:Beton basınç bileşkesi katsayısı
e_x	:x-eksenindeki dış merkezlik
L	:x-eksenindeki temel uzunluğu
N	:Eksenel yük
B	:Tekil temelin y-eksenindeki uzunluğu
e_x	:x-eksenindeki dış merkezlik
σ_{emin}	:Emniyetli taşıma gücü değeri
A	:Temel yüzey alanı
M	:Temele etkiyen moment değeri
W	:Mukavemet momenti
f_{zu}	:Zemin dayanımı
h	:Temel kalınlığı
d'	:Pas payı
d	:Temelin faydalı yüksekliği
f_{zn}	:Net zemin dayanımı
f_{zu}	:Zemin dayanımı
a_x	:Temele etkiyen kolonun x-eksenindeki uzunluğu
a_y	:Temele etkiyen kolonun y-eksenindeki uzunluğu
U_p	:Zımbalama çevresinin uzunluğu
b_1, b_2	:Kolona $d/2$ uzaklığında oluşan zımbalama çevresinin boyutları
V_{pd}	:Hesap kesme kuvveti değeri
V_{pr}	:Zımbalama dayanımı
γ	:Zımbalama dayanımı azaltma katsayısı
f_{ctd}	:Betonun hesap çekme dayanımı
V_{dx}	:Eğilme nedeni ile X-ekseninde oluşan hesap kesme kuvveti
V_{dy}	:Eğilme nedeni ile Y-ekseninde oluşan hesap kesme kuvveti

V_{crx}	:x-eksenindeki Eğik çekme dayanım
V_{cry}	:y-eksenindeki Eğik çekme dayanımı
M_{dx}	:Temele x-ekseninde etki eden moment değeri
M_{dy}	:Temele y-ekseninde etki eden moment değeri
σ_z	:Zemin emniyet gerilmesi
b_x	:Tekil temelin x- eksenindeki uzunluğu
b_y	:Tekil temelin y- eksenindeki uzunluğu
A_{sx}	:x-eksenindeki donatı miktarı
A_{sy}	:y-eksenindeki donatı miktarı
σ_{zmax}	:Temelin altında oluşan en büyük zemin gerilmesi
σ_{zmin}	:Temelin altında oluşan en büyük zemin gerilmesi
σ_{zo}	:Temel altında oluşan ortalama zemin gerilmesi
σ_{zf}	:Kolon yüzündeki zemin gerilmesi
A_{req}	:Temel taban alanı
q_u	:Temel taban basıncı
A_{smin}	:Minimum Donatı
b_o	:Kritik kesme parametresi
M_u	:Maksimum moment
ΣP	:İzin verilebilen yük
ΣP_{ult}	:Nihai yük
r_u	:Nihai oturma
L	:Temel uzunluğu:
S	:Oturma
V	:Yük alanı
M	:Kesme alanı
N	:Donatı çubuk sayısı
A	:Radye temelin alanı
I_x	:x eksenini boyunca temelin atalet momenti
I_y	:y eksenini boyunca temelin atalet momenti

M_x	:x eksenini boyunca kolon yüklerinin momenti
M_y	:y eksenini boyunca kolon yüklerinin momenti
e_x	:x yönünde eksantrisite
e_y	:y yönünde eksantrisite
c	:Kohezyon
ϕ	:İçsel sürtünme açısı
q_u	:Serbest Basıncı Direnci
Q	:Temele etkiyen toplam yük
A	:Temel alanı
P	:Temel çevresi
q	: Temel altındaki sıkışma gerilmesi
s	:Temel çevresindeki birim kayma gerilmesi
Q_1	:Bir nolu plakaya uygulanan yük
Q_2	:İki nolu plakaya uygulanan yük
N	:SPT Sayısı
q_c	:Statik koni penetrasyon direnci
c_u	:Drenajsız kohezyon
I_x	:x eksenini yönünde atalet momenti
I_y	:y eksenini yönünde atalet momenti
M_x	:x eksenini yönünde yüke maruz kolonların momentleri
M_y	:y eksenini yönünde yüke maruz kolonların momentleri
μ	:Göç oranı
λ	:Göçmenlik oranı
E	:Maksimum göçmenlik oranı
I	:Maksimum göç oranı
P	:Populasyon boyutu

σ_{zem}	:Zemin emniyet gerilmesi
A_c	:Beton alanı
A_s	:Çelik kesitin alanı
A_{sx}	:x yönünde donatı alanı
A_{sy}	:y yönünde donatı alanı
E_c	:Betonun elastisite modülü
E_s	:Çelik elastisite modülü
f'_c	:Betonun belirtilen basınç dayanımı

Kısaltmalar

YAK	:Yapay arı kolonisi yöntemi
BO	:Bio-coğrafya yöntemi
DL	:Ölü yük (dead load)
LL	:Hareketli yük (liveload)
WL	:Rüzgar yükü (Wind load)
EL	:Deprem yükü (Earthquake load)
FDM	:Sonlu Farklar Yöntemi Finite Difference Method
FEM	:Sonlu Elemanlar Yöntemi Finite Element Method
FGM	:Sonlu Şebeke Yöntemi Finite Grid Method
SGA	:Arama grup yöntemi
YTOP	:Yüzeysel temellerin optimizasyon programı
SFOP	:Shallow foundations optimization programme
TS 500	:Türk Standartları
ACI	:Amerikan şartnamesi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Betonun ezilme birim kısalması (Ersoy 2016)	8
Şekil 3.2. Şartnamelerdeki k_3 değerleri (Ersoy 2016).....	9
Şekil 3.3. Şartnamelerde yer alan k_1 değerleri (Ersoy 2016).....	9
Şekil 3.4. Şartnamelerdeki k_1 , k_3 değerleri (Ersoy 2016).....	10
Şekil 3.5. Taşıma gücü hesabı yapılan kolon kesiti (Ersoy 2016)	11
Şekil 3.6. Dikdörtgen tip tekil temeller.....	16
Şekil 3.7. Tekil temel basınç dağılışı	18
Şekil 3.8. Zımbalama tahkiki	23
Şekil 3.9. Donatı doğrultusu	25
Şekil 3.10. Zımbalama çevresi.....	28
Şekil 3.11. Eğilme ve Kayma tahkiki	29
Şekil 3.12. Simetrik betonarme tekil temellerde kesit ve donatı	31
Şekil 3.13. Tekil temel minimum şartlar	32
Şekil 3.14. Tekil temel	33
Şekil 3.15. Tekil temel kritik kesit.....	34
Şekil 3.16. Tekil temel donatı çizimi	34
Şekil 3.17. Tekil temel kritik kesme kuvveti (Muhauwiss, 2015)	35
Şekil 3.18. Tekil temel kritik kesit (Muhauwiss, 2015).....	36
Şekil 3.19. Sürekli temel.....	38
Şekil 3.20. Sürekli giriş donatı detaylandırması	40
Şekil 3.21. Sürekli temellerin donatılandırılması	42
Şekil 3.22. Sürekli temel yükler (Muhauwiss, 2015).....	43
Şekil 3.23. Temel basınç dağılımı (Muhauwiss, 2015)	44
Şekil 3.24. Temel moment ve yükler (Muhauwiss, 2015).....	45
Şekil 3.25. Kesme ve moment diyagramı (Muhauwiss, 2015).....	46
Şekil 3.26. Kesme alanı (Muhauwiss, 2015)	48
Şekil 3.27. Zımbalama alanı (Muhauwiss, 2015)	49
Şekil 3.28. Taban moment etkisi (Muhauwiss)	51
Şekil 3.29. Sürekli temel uzun ve kısa yön temas ve projeksiyon alanı (Muhauwiss) ...	53
Şekil 3.30. Uniform kalınlıkta düz döşeme (Tuncan, 2019).....	55

Şekil 3.31. Kolon altlarında kalınlaştırılmış düz döşeme (Tuncan, 2019).....	55
Şekil 3.32. BxL boyutunda radye temel (Tuncan, 2019).....	57
Şekil 3.33. Winkler hipotezi (Tuncan, 2019).....	60
Şekil 3.34. Elastik zemine oturan dikdörtgen plak	61
Şekil 3.35. Konvansiyonel rijit yöntemle radye temel tasarımı (Muhauwiss, 2015).....	68
Şekil 3.36. Radye Temellerde Zımbalama Alanı (Muhauwiss, 2015).....	70
Şekil 3.37. JKQR Şeridi üzerindeki modifiye yükler (Muhauwiss, 2015)	71
Şekil 3.38. Gerçek hayat problemlerine sistematik çözüm yaklaşımı (Yaman, 2005)...	75
Şekil 3.39. Optimizasyon sürecinin temel aşamaları (Yaman, 2005).....	75
Şekil 3.40. Optimizasyon yöntemlerinin sınıflandırılması (Akay, 2009).....	78
Şekil 3.41. Topoloji opt. örnek: debriyaj mahfazası tasarımı (Aydoğdu 2015)	81
Şekil 3.42. Optimizasyon türleri (Aydoğdu, 2015).....	82
Şekil 3.43. Basit optimizasyon işlemi (Karaboğa ve Akay, 2010)	83
Şekil 3.44. Opt. probleminin bileşenlerinin oluşturulması (Aydoğdu, 2015).....	83
Şekil 3.45. BA giriş tasarımı tasarım değişkenlerinin şematik gösterimi (Aydoğdu, 2015)	85
Şekil 3.46. Arıların yem arama davranışları (Akay, 2009).....	92
Şekil 3.47. ABC algoritmasında kaşif arıların gösterimi (Karaboğa, Akay, 2010)	96
Şekil 3.48. ABC algoritmasında görevli arıların gösterimi (Karaboğa ve Akay, 2010)	97
Şekil 3.49. ABC algoritmasında görevli arıların nektar seçimi (Karaboğa, Akay, 2010).....	98
Şekil 3.50. ABC algoritmasında yemek kaynağının terk edilme işlemi (Karaboğa, Akay, 2010).....	98
Şekil 3.51. ABC algoritmasında hafızada bulunan yemek kaynağı ile rastgele bulunan arasındaki kıyaslama (Karaboğa, Akay, 2010)	99
Şekil 3.52. Yapay arı kolonisi algoritmasının genel işleyişi (Karaboğa ve Akay, 2007)	100
Şekil 3.53. 3D Tarama Alanı	105
Şekil 3.54. Ytop yazılımı arayüzü.....	110
Şekil 3.55. Ytop yazılımı tekil temel veri giriş menüsü	111
Şekil 3.56. Ytop yazılımı tekil temel analiz sonuç menüsü.....	112

Şekil 3.57. Ytop yazılımı tekil temel optimizasyon menüsü	112
Şekil 3.58. Ytop yazılımı tekil temel optimizasyon yöntemi seçim menüsü.....	113
Şekil 3.59. Tekil temel optimizasyon sonuç menüsü.....	114
Şekil 3.60. Ytop yazılımı sürekli temel veri giriş menüsü.....	114
Şekil 3.61. Ytop yazılımı sürekli temel yükleme menüsü	115
Şekil 3.62. Sürekli temel analiz sonuç menüsü.....	116
Şekil 3.63. Ytop yazılımı sürekli temel optimizasyon menüsü	116
Şekil 3.64. Ytop yazılımı sürekli temel optimizasyon yöntemi seçim menüsü	117
Şekil 3.65. Ytop yazılımında sürekli temel optimizasyon sonuç menüsü	118
Şekil 3.66. Ytop Yazılımında Radye Temel veri giriş menüsü	118
Şekil 3.67. Ytop yazılımında radye temel optimizasyon menüsü.....	119
Şekil 3.68. Ytop yazılımında radye temel optimizasyon yöntemi seçim menüsü	120
Şekil 3.69. Sfop yazılım menüsü	121
Şekil 4.1. Tekil temelin şematik görünümü	124
Şekil 4.2. Ev1d Kazıksız isimli konut örneğinin üç boyutlu görünümü	124
Şekil 4.3. T5 ve T6 tekil temellerinin yapı üzerindeki yerleşimi.....	125
Şekil 4.4. T5 tekil temelin STA4-CAD modeli	125
Şekil 4.5. Ytop yazılım menüsü.....	126
Şekil 4.6. T5 temeli örneğinde optimizasyon yöntemlerinin arama geçmişi.....	128
Şekil 4.7. T6 Tekil Temeli	128
Şekil 4.8. T6 Tekil Temel	129
Şekil 4.9. T5 temeli örneğinde optimizasyon yöntemlerinin arama geçmişi.....	131
Şekil 4.10. Altıgen isimli Yapı Örneği	131
Şekil 4.11. T2 Tekil Temel	132
Şekil 4.12. T2 Tekil Temel	132
Şekil 4.13. T2 temeli örneğinde optimizasyon yöntemlerinin arama geçmişi.....	134
Şekil 4.14. Temel boyutları.....	136
Şekil 4.15. Bodrum İsimli Yapı Örneği	136
Şekil 4.16. T1 Sürekli Temeli	137
Şekil 4.17. T1 sürekli temeli.....	137
Şekil 4.18. T1 Sürekli Temeli	137
Şekil 4.19. T2 Sürekli Temeli	140

Şekil 4.20. T2 sürekli temeli.....	140
Şekil 4.21. T3 Sürekli Temeli.....	142
Şekil 4.22. T3 Sürekli Temeli.....	142
Şekil 4.23. Tayfun&Burak Radye Yapı 3D Görünüm.....	145
Şekil 4.24. Tayfun&Burak Yapı 3D Görünüm.....	145
Şekil 4.25. Tayfun&Burak radye temel kolon aplikasyonu.....	146
Şekil 4.26. Tayfun&Burak Radye Temel kolon yükleri dağılımı.....	146
Şekil 4.27. Tayfun&Burak Radye Temel Gerilme Dağılımı	147
Şekil 4.28. Tayfun&Burak Radye Temel STA4-CAD Analiz sonuçları.....	147
Şekil 4.29. Tayfun&Burak Radye Temel STA4-CAD Analizi Donatı Çizimi	148
Şekil 4.30. Tayfun&Burak Radye Temel Örneğinin SAP Yazılımında Modellenmesi.....	149
Şekil 4.31. D3 Yapı Örneği 3D Görünümü	155
Şekil 4.32. D3 radye temel örneği kolon aplikasyonu	155
Şekil 4.33. D3 Radye Temel kolon yükleri dağılımı	156
Şekil 4.34. D3 Radye Temel Gerilme dağılımı.....	156
Şekil 4.35. D3 Radye Temel STA4-CAD Analiz sonuçları	157
Şekil 4.36. D3 Radye Temel STA4-CAD Analizi Donatı Çizimi	158
Şekil 4.37. D3 Radye Temel Örneğinin SAP Yazılımında Modellenmesi.....	158
Şekil 4.38. Kradye Yapı Örneği 3D Görünümü	164
Şekil 4.39. Kradye radye temel örneği kolon aplikasyonu	164
Şekil 4.40. Kradye Radye Temel kolon yükleri dağılımı	165
Şekil 4.41. Kradye Radye Temel Gerilme dağılımı.....	165
Şekil 4.42. Kradye Radye Temel STA4-CAD Analiz sonuçları	166
Şekil 4.43. Kradye Radye Temel STA4-CAD Analizi Donatı Çizimi	167
Şekil 4.44. Kradye Radye Temel Örneğinin SAP Yazılımında Modellenmesi.....	167
Şekil 4.45. T5 ve T6 tekil temellerinin yapı üzerindeki yerleşimi.....	174
Şekil 4.46. SFOP yazılımı menüsü	174
Şekil 4.47. T6 Tekil Temeli	176
Şekil 4.48. T2 Tekil Temel	177
Şekil 4.49. T1 Sürekli Temeli ızgara	179
Şekil 4.50. T1 Sürekli Temel	179

Şekil 4.51. T1 Sürekli Temeli moment etkisi	180
Şekil 4.52. T2 Sürekli Temeli	182
Şekil 4.53. T2 Sürekli Temeli	182
Şekil 4.54. T3 Sürekli Temeli	184
Şekil 4.55. T3 Sürekli Temeli	184



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Şekil 3.5'deki kesit için bulunan taşıma gücü momentleri.....	12
Çizelge 3.2. Şartname değerlerinin M-K değerlerine oranı	13
Çizelge 3.3. Betonun dayanım değerleri çizelgesi.....	22
Çizelge 3.4. Zemin-yatak katsayısı ilişkisi	60
Çizelge 3.5. SPT sayısı serbest basınç direnci ilişkisi	62
Çizelge 3.6. SPT sayısı içsel sürtünme açısı direnci ilişkisi	63
Çizelge 3.7. Granüler zeminler için izin verilebilir ampirik taşıma kapasitesi (kPa)	64
Çizelge 3.8. Kohezyonlu zeminler için izin verilebilir ampirik taşıma kapasitesi (kPa)	65
Çizelge 3.9. ABC algoritmasının adımları.....	93
Çizelge 4.1. Tekil temel girdi değerleri	123
Çizelge 4.2. T5 temelinin tasarım ayrıntıları	127
Çizelge 4.3. T6 temelinin tasarım ayrıntıları	130
Çizelge 4.4. T2 tekil temel tasarım ayrıntıları	133
Çizelge 4.5. Sürekli temel örnekleri için belirlenen kritik yük değerleri.....	135
Çizelge 4.6. Sürekli temel örnekleri için tanımlanan girdi değerleri.....	135
Çizelge 4.7. T1 sürekli temeli analiz sonuçları.....	138
Çizelge 4.8. T2 Sürekli temeli analiz sonuçları	141
Çizelge 4.9. T3 sürekli temeli analiz sonuçları.....	143
Çizelge 4.10. Tayfun&Burak Radye Temel Örneği Kolon Boyutları, Yük ve Moment Değerleri	149
Çizelge 4.11. Tayfun&Burak Örneğinin YTOP Yazılımında analiz sonuçları:	150
Çizelge 4.12. Tayfun&Burak örneğinin YTOP yazılımında arı kolonisi yöntemi ile optimizasyon sonuçları	151
Çizelge 4.13. Tayfun&Burak örneğinin Ytop yazılımında bio-coğrafya yöntemi ile optimizasyon sonuçları.....	152
Çizelge 4.14. Tayfun&Burak örneğinin Ytop yazılımında arama-grup yöntemi ile optimizasyon sonuçları.....	153
Çizelge 4.15. Tayfun&Burak örneğinin Ytop Yazılımında yapılan analiz sonuçları	154

Çizelge 4.16. D3 Radye Temel Örneği Kolon Boyutları, Yük ve Moment Değerleri.....	159
Çizelge 4.17. D3 örneğinin YTOP yazılımında optimizasyon yapılmadan analiz	159
Çizelge 4.18. D3 Örneğinin Ytop yazılımında arı kolonisi yöntemi ile optimizasyonu sonuçları	160
Çizelge 4.19. D3 Örneğinin Ytop yazılımında bio-coğrafya yöntemi ile optimizasyon sonuçları	161
Çizelge 4.20. D3 Örneğinin Ytop yazılımında arama-grup yöntemi ile optimizasyon sonuçları	162
Çizelge 4.21. D3 örneğinin Ytop Yazılımında yapılan analiz sonuçları	163
Çizelge 4.22. Kradye Radye Temel Örneği Kolon Boyutları, Yük ve Moment Değerleri.....	168
Çizelge 4.23. Kradye örneğinin Ytop yazılımında optimizasyon yapılmadan analiz sonuçları.....	169
Çizelge 4.24. Kradye örneğinin Ytop yazılımında arı kolonisi yöntemi ile optimizasyon sonuçları	170
Çizelge 4.25. Kradye örneğinin Ytop yazılımında bio-coğrafya yöntemi ile optimizasyon sonuçları	170
Çizelge 4.26. Kradye örneğinin Ytop yazılımında arama-grup yöntemi ile optimizasyon sonuçları	171
Çizelge 4.27. Kradye örneğinin Ytop Yazılımında yapılan analiz sonuçları	172
Çizelge 4.28. T5 Tekil temelinin SFOP yazılımında analiz sonuçları.....	175
Çizelge 4.29. T6 Tekil temelinin SFOP yazılımında analiz sonuçları.....	177
Çizelge 4.30. T2 Tekil temelinin SFOP yazılımında analiz sonuçları.....	178
Çizelge 4.31. T1 sürekli temeli SFOP yazılımında analiz sonuçları	180
Çizelge 4.32. T2 sürekli temeli SFOP yazılımında analiz sonuçları	183
Çizelge 4.33. T3 sürekli temeli SFOP yazılımında analiz sonuçları	185
Çizelge 4.34. Tayfun&Burak radye örneğinin SFOP yazılımında analiz sonuçları	186
Çizelge 4.35. Tayfun&Burak örneğinin Sfop yazılımında arı kolonisi yöntemi ile optimizasyon sonuçları	187
Çizelge 4.36. Tayfun&Burak örneğinin Sfop yazılımında bio-coğrafya yöntemi ile optimizasyon sonuçları	187

Çizelge 4.37. Tayfun&Burak örneğinin Sfop yazılımında arama-grup yöntemi ile optimizasyon sonuçları.....	188
Çizelge 4.38. Tayfun&Burak örneğinin Sfop Yazılımında yapılan analiz sonuçları ...	189
Çizelge 4.39. D3 Radye temel örneğinin Sfop yazılımında analiz sonuçları	190
Çizelge 4.40. D3 örneğinin Sfop yazılımında arı kolonisi yöntemi ile optimizasyon sonuçları.....	191
Çizelge 4.41. D3 Örneğinin Sfop yazılımında bio-coğrafya yöntemi ile optimizasyon sonuçları.....	192
Çizelge 4.42. D3 Örneğinin Sfop yazılımında arama grup yöntemi ile optimizasyon sonuçları.....	193
Çizelge 4.43. D3 örneğinin Sfop Yazılımında yapılan analiz sonuçları.....	194
Çizelge 4.44. Kradye örneğinin Sfop yazılımında analiz sonuçları.....	195
Çizelge 4.45. Kradye örneğinin Sfop yazılımında arı kolonisi yöntemi ile optimizasyon sonuçları.....	196
Çizelge 4.46. Kradye örneğinin Sfop yazılımında bio-coğrafya yöntemi ile optimizasyon sonuçları.....	196
Çizelge 4.47. Kradye örneğinin Sfop yazılımında arama-grup yöntemi ile optimizasyon sonuçları.....	197
Çizelge 4.48. Kradye örneğinin Sfop Yazılımında yapılan analiz sonuçları	198
Çizelge 7.1. Tayfun&Burak Örneğinin Ytop Yazılımında Analizi:	213
Çizelge 7.2. Tayfun&Burak Örneğinin Ytop yazılımında Arı Kolonisi Yöntemi ile Optimizasyonu:	217
Çizelge 7.3. Tayfun&Burak Örneğinin Ytop yazılımının Bio-Coğrafya Yöntemi ile Optimizasyonu:	223
Çizelge 7.4. Tayfun&Burak Örneğinin Ytop yazılımında Arama-Grup Yöntemi ile Optimizasyonu:	228
Çizelge 7.5. SAP Yazılımında Modellenen D3 Örneğinin Ytop Yazılımında Analizi.....	234
Çizelge 7.6. D3 Örneğinin Ytop yazılımının Arı Kolonisi Yöntemi ile Optimizasyonu	238
Çizelge 7.7. D3 Örneğinin Ytop yazılımında Bio-Coğrafya Yöntemi ile Optimizasyonu	243

Çizelge 7.8. D3 Örneğinin Ytop yazılımında Arama-Grup Yöntemi ile Optimizasyonu	248
Çizelge 7.9. SAP Yazılımında Modellenen Kradye Örneğinin Ytop Yazılımında Analizi:	253
Çizelge 7.10. Kradye Örneğinin Ytop yazılımının Arı Kolonisi Yöntemi ile Optimizasyonu:	257
Çizelge 7.11. Kradye Örneğinin Ytop yazılımının bio-coğrafya yöntemi ile optimizasyonu:	262
Çizelge 7.12. Kradye Örneğinin Ytop yazılımının Arama-Grup Yöntemi ile Optimizasyonu:	266
Çizelge 7.13. Tayfun&Burak Radye Örneğinin SFOP Yazılımında Analizi:	271
Çizelge 7.14. Tayfun&Burak Örneğinin Sfop yazılımında Arı Kolonisi Yöntemi ile Optimizasyonu:	275
Çizelge 7.15. Tayfun&Burak örneğinin Sfop yazılımında Bio-Coğrafya Yöntemi ile Optimizasyonu:	279
Çizelge 7.16. Tayfun&Burak Örneğinin Sfop yazılımının Arama-Grup Yöntemi ile Optimizasyonu:	283
Çizelge 7.17. D3 Radye Temel Örneğinin Sfop yazılımında Analizi:	288
Çizelge 7.18. D3 Örneğinin Sfop yazılımında Arı Kolonisi Yöntemi ile Optimizasyonu	291
Çizelge 7.19. D3 Örneğinin Sfop yazılımında Bio-Coğrafya Yöntemi ile Optimizasyonu	296
Çizelge 7.20. D3 Örneğinin Sfop yazılımında Arama Grup Yöntemi ile Optimizasyonu	300
Çizelge 7.21. Kradye Örneğinin Sfop Yazılımında Analizi:	305
Çizelge 7.22. Kradye Örneğinin Sfop yazılımında Arı Kolonisi Yöntemi ile Optimizasyonu	308
Çizelge 7.23. Kradye Örneğinin Sfop yazılımında Bio-Coğrafya Yöntemi ile Optimizasyonu	313
Çizelge 7.24. Kradye Örneğinin Sfop yazılımında Arama-Grup Yöntemi ile Optimizasyonu	317

1. GİRİŞ

Mühendislik bilimi genel olarak minimum maliyet ile maksimum faydayı elde etmeyi amaçlamaktadır. Yapı mühendisleri kaynakları en verimli şekilde kullanmak adına uygulanabilir tasarımlar arasından en uygun olanı bulma çabası içindedir. Bu çabaların amacı maliyeti minimum yapmaktır. Bunun için ise stabilite ve dayanım koşullarını sağlayan en uygun (optimum) tasarımların bulunması gerekir. En uygun tasarımların belirlenmesi boyut ve kesit özelliklerinin varsayımı, yapı analizi, kesitlerin seçimi ve tahkiki gibi işlemlerinin tekrarlı ve birbiri ile etkileşimli olarak uygulanması ile elde edilebilir. Bu işlemlerin gerekli koşullar (kısıtlar) sağlanıncaya kadar yapılması zaman alıcı ve hata ihtimalinin yüksek olduğu bir işlemdir. Ancak bu işlemleri geliştirilmiş optimizasyon algoritmaları ve bilgisayarlar yardımı ile yapmak mümkündür. Optimizasyon, belirli amaç(lar) ve sınırlayıcı(lar) altında tanımlanan problemin mevcut çözümleri arasından en uygun olanını bulma işlemidir. Hem yeterli performansa sahip hem de en ekonomik yapıyı tasarlamak mühendisler için çok kolay bir işlem değildir. Çünkü yapı tasarımında birçok çözüm seçenekleri bulunmakta bu seçenekler arasından deneme yanılma veya tecrübe ile en uygun tasarımı bulmak neredeyse imkansızdır. Optimizasyon, bu tip problemlerin çözümü için oldukça kuvvetli bir araçtır. Optimizasyon kısaca bir veya birden fazla amaç doğrultusunda tanımlanan problemin mevcut çözümleri arasından belirli teknikler kullanılarak en uygun çözümü bulma işlemine denir. Optimizasyon temel olarak iki ana işlemde oluşur. Bunlar optimizasyon probleminin oluşturulması ve optimizasyon yönteminin optimizasyon problemine uygulanmasıdır. Optimizasyon problemi üç kısımdan oluşur. Bunlar amaç fonksiyonu, kısıt fonksiyonu (fonksiyonları) ve tasarım (karar) değişkenidir. Amaç fonksiyonu karı maksimum yapmak, ağırlığı minimuma indirmek ya da verimliliğin en çok olmasını sağlamak gibi yapılmak istenileni yani amacı tanımlayan fonksiyondur. Kısıt fonksiyonu (fonksiyonları) tasarımını ve çözümü problem başında tanımlanan koşullara göre sınırlandıran fonksiyon veya fonksiyonlardır. Tasarım (karar) değişkeni ise amaç ve kısıt fonksiyonların bağlı olduğu çözümde en uygun değerlerin bulunması gereken değişkenlerdir. Problem çözümünde kullanılan belirli teknikleri bir başka deyişle optimizasyon tekniklerini deterministik ve stokastik (meta-sezgisel) diye iki ana grupta toplamak mümkündür. Deterministik teknikler kesin en uygun çözümü vermesine karşın çözüm sırasında türevsel işlemler gerektirdiği için bu tekniklerin uygulama alanları kısıtlıdır ve yapı tasarımı problemlerine uygulanması neredeyse imkansızdır. Buna karşın, stokastik (meta-sezgisel) yöntemlerde türevsel işlemlere ihtiyaç duyulmaz. Bu sebeple ayırık değişkenlerle (kullanılan taşıyıcı profil, beton sınıfı gibi) tanımlanmış bir problemin çözümü meta-sezgisel yöntemlerle çözümü mümkündür. Meta-sezgisel yöntemler 1990 yıllardan beri hem akademik hem de özel sektörde kullanılmakta olup genel olarak doğadaki olaylardan esinlenerek geliştirilmiştir yöntemlerdir. Ayrıca, genetik algoritma, karınca kolonisi optimizasyonu, harmoni arama, parçacık küme optimizasyonu ve yapay arı kolonisi, biyocoğrafya,

arama grup optimizasyon yöntemleri yapı optimizasyonunda oldukça sık kullanılan optimizasyon yöntemleridir.

Optimizasyon yeni bir kavram gibi görünmesine karşın mühendislik sağlık tıp gibi hemen hemen her alanda kullanılmaktadır. Meta-sezgisel optimizasyon yöntemleri fen ve mühendislik disiplinlerinde büyük boyutlu optimizasyon problemlerin çözümünde kullanımları giderek yaygınlaşmaktadır.

Yukarıda da belirttiğimiz üzere, optimizasyonun ilk aşamasında, problem (tasarım problemi) optimizasyon problemine dönüştürülür. İkinci aşamada ise seçilen uygun optimizasyon yöntem(ler)i, oluşturulan optimizasyon problemine uygulanarak problem çözülür. Tipik bir optimizasyon probleminin oluşturulması için üç ana bileşenin oluşturulması gerekmektedir. Bunlar; amaç fonksiyonu/fonksiyonları, sınırlayıcı fonksiyonu/ fonksiyonları ve tasarım değişkenleridir. Bu tez çalışmasında amaç; yapının maliyetini minimize etmektir. Bu sebeple amaç fonksiyonu, yüzeysel temellerin maliyeti olacaktır. Problemden tasarım değişkenleri ise yapıların maliyetinin bağlı olduğu değişkenler olan, temelin boyutu, kullanılan donatı miktarı, beton miktarı ve nihai maliyettir. Tez çalışmasının sınırlayıcı fonksiyonları ise şartnamelerce belirlenmiş gerilme/ mukavemet sınırlayıcı, deplasman sınırlayıcı ve geometrik (uygulama) sınırlayıcı fonksiyonlarıdır. Yapı optimizasyonu probleminde tanımlı amaç ve sınırlayıcı fonksiyonlar, genelde hem doğrusal hem de sürekli olmayan fonksiyonlar olup tasarım değişkenleri de genellikle sürekli değildirler. Bu sebeple; yapı optimizasyon probleminin matematiksel optimizasyon yöntemleri ile çözümü oldukça zor olup, bu tip problemlerin çözümü için genellikle meta-sezgisel optimizasyon yöntemleri tercih edilmektedir.

Yapay zeka tekniklerine dayanan meta sezgisel yöntemler, türevsel ifadeler ve başlangıç tahminlerine ihtiyaç duymazlar ve genellikle doğa olaylarından ve doğadaki canlıların davranışlarından esinlenerek geliştirilirler. Genetik algoritma; karınca kolonisi, parçacık küme, harmoni arama, yapay arı kolonisi ve biyocoğrafya yöntemleri meta-sezgisel yöntemlerin en yaygın olanları arasındadır.

Bu tez çalışmasında, optimizasyonla, üst betonarme yapıdan kolonlar aracılığıyla temele aktarılan yük ve momentler altında, belirtilen zemin emniyet gerilmesi, beton sınıfı, çelik donatı türü gibi sınırlayıcılar karşısında, temel boyutu, dolayısıyla beton miktarı, kullanılacak donatı miktarı gibi değişkenlerle minimum maliyete ulaşmak hedeflenmiştir. Yapay arı kolonisi, Biyocoğrafya ve arama-grup yöntemleri kullanılmıştır.

Bu doğrultuda yüzeysel temellerin projelendirilmesi ve uygulanması aşamalarında boyut ve maliyet arasındaki en uygun ilişkiyi bularak optimizasyonunu sağlamak amacıyla projelendirmeye yardımcı yazılım oluşturmak amaçlanmıştır.

Çalışmamızda öncelikle yüzeysel temellerin hesap ve konstrüktif esasları irdelenmiştir. Ardından YTOP yazılımında radye temel örneklerinin veri girişinin sağlanabilmesi amacıyla örneklerin modellenmesi yapılacak olan SAP yazılımının kullanımı ile ilgili modelleme esasları incelenmiştir. Analiz sonuçlarının kıyaslanması amacıyla örneklerin analizlerini yaptığımız STA4-CAD analiz yazılımı ile ilgili modelleme esasları ve kullanımı ile ilgili esaslar incelenmiştir.

Bu çalışmada genel olarak; Üç tekil temel, üç sürekli temel, üç radye temel olmak üzere, dokuz farklı yüzeysel temel örneği Yapay Arı Kolonisi (YAK) Bio-Coğrafya (BC), Arama Grup (AG) optimizasyon yöntemleri kullanılarak optimize edilmiştir. Seçilen örneklerin tamamı uygulanmış örnekler olup elde edilen optimum tasarımların gerçek tasarımlarıyla karşılaştırılması amaçlanmıştır. Tüm temel tiplerin C30 beton sınıfı ve ST37 çelik sınıfı kullanılmış olup birim fiyatları sırasıyla 200 TL/m³ ve 2.500 TL/ton alınmıştır.(Ref.Türkiye Beton Birliği fiyatlandırma listesi)



2. KAYNAK TARAMASI

Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde yüzeysel temellerin optimum tasarımları ile ilgili çalışmalar mevcuttur. Jawad (2001) radye temellerin optimizasyonu ile bir tez yazmıştır. Khajehzadeh vd. (2011) modifiye edilmiş parçacık küme optimizasyonu ile sürekli temelleri optimize etmiştir. Khajehzadeh vd. (2011) yüzeysel temelleri yerçekimsel arama algoritması kullanarak optimize etmiştir. Khajehzadeh vd. (2013) hibrid ateş böceği yöntemini yüzeysel temel optimizasyonunda kullanmıştır. Al-Ansari (2013) betonarme izole temellerin yapsal maliyet optimizasyonunu yapmıştır. Camp (2013) tekil temellerin maliyet ve karbondioksit salınımını hibrit büyük patlama-büyük çökme algoritması ile optimize etmiştir. Assadollahi ve Camp (2014) büyük patlama-büyük çökme algoritması kullanarak iki eksenli eğilme altında yayılmış ayak temeller için CO2 emisyonlarının minimizasyonlarını yapmıştır.

Tez çalışmasında seçilen Yapay Arı Kolonisi yöntemi Karaboga (2005) tarafından geliştirilen yöntem olup birçok mühendislik problemlerine başarılı uygulamaları vardır. Sönmez (2011), kafes yapıların kesikli optimum tasarımı problemi için ABC algoritmasına dayanan bir çözüm algoritması sunmuştur. Dört farklı yapısal modelin çözümünü ABC algoritması ile çözmüş ve sonuçları diğer metasezgisel yöntemlerle kıyaslandığında onlar kadar iyi ya da daha etkili ve sağlam olduğunu göstermiştir. Eser (2014), çelik yapıların ABC yöntemi ile optimum tasarımı konusunu incelemiştir. Uygulamasını gerçek boyutlardaki modeller ile yaparak daha önce çalışılmış farklı algoritmalar ile kıyaslayarak performans değerlendirmesi yapmıştır. ABC algoritmasının güvenilir ve verimli bir optimizasyon yöntemi olduğunu göstermiştir. Sevim ve Sönmez (2014), ABC algoritması kullanarak düzlem ve kafes çelik çerçevelerin ayrık optimizasyonunu iki farklı yapısal örnek çözerek incelemiştir. Sonuçların düzlemsel ve kafes çelik çerçeve yapıların tasarımı için ABC algoritmasının etkili ve güçlü bir yöntem olduğunu kanıtlamıştır.

Tez çalışmasında kullanılan Biyocoğrafya yöntemi Simon (2008) tarafından geliştirilmiş yöntem olup inşaat mühendisliği problemlerine başarılı uygulamaları bulunmaktadır. Aydogdu ve Akin (2015); Aydogdu (2017) biyocoğrafya yöntemini kullanarak betonarme konsol istinat duvarının maliyet ve karbondioksit salınımı üzerine optimizasyon çalışması gerçekleştirmiştir. Saka vd. (2015) soğuk haddeli çelik yapıların optimizasyonunda biyocoğrafya yöntemini kullanmıştır. Aydogdu (2016) betonarme konsol istinat duvarlarının deprem yükleri altında biyocoğrafya yöntemi kullanarak maliyet optimizasyonunu yapmıştır. Sakavd (2016) küme tabanlı optimizasyon algoritmalarının çelik yapılar üzerindeki performans karşılaştırması çalışmasında biyocoğrafya yöntemini kullanmıştır. Aydogdu vd. 2017 biyocoğrafya dahil üç metasezgisel yöntemde levy uçuş stratejisinin etkisini araştırmıştır. Belirtilen çalışmalarda biyocoğrafya çalışmasının temel optimizasyonuna uygulanmadığı

görülmektedir. Bu nedenle tez çalışmasında biyocoğrafya yöntemi yüzeysel temel optimizasyonu problemlerine ilk defa uygulanacaktır.

Tez çalışmasında seçilen Arama Grup yöntemi Goncalves vd. (2015) tarafından geliştirilen yöntem oldukça yeni bir yöntemdir. Rajaram ve Selvaperumal. (2016) enerji sistemlerin voltaj stabilitesi probleminde arama grup yöntemini kullanmıştır. Noorbin vd. (2018) ağ bağlantılı kontrol sistemlerine uygulanan bulanık mantık kullanılarak arama grubu algoritmasının uyarlamalı parametre kontrolü yapmıştır. Arama grup yönteminin inşaat mühendisliği ile ilgili tek uygulaması Carraro vd. (2017) tarafından düzlem çelik çerçevelerin optimizasyonu problemi. Bu nedenle arama Agrup yöntemi uygulaması açısından tez çalışması özgün bir çalışmadır.

Özetle tez çalışmasında kullanılan meta sezgisel yöntemleri olan yapay arı kolonisi, bio-coğrafya ve arama grup algoritmaları kullanılarak yüzeysel temel optimizasyonu çalışmalarına rastlanmamıştır. Bu kapsamda Yapay arı kolonisi, Biyocoğrafya ve Arama grup tekniklerinin temel optimizasyonu problemi için özgün değer açısından özgün olduğu düşünülmektedir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1 TS500 ile Amerikan Şartnamesi ACI 318.14 Kıyaslanması

3.1.1 Taşıma gücü yöntemi:

İki şartnamenin içeriğindeki taşıma gücü ile ilgili varsayımlar, iki varsayım dışında aynıdır. Farkları, betonun ezilme birim kısalması ϵ_{cu} ve basınç bölgesindeki gerilme dağılımının özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Amerikan şartnamesi ACI318 ve Türk Şartnamesi TS500 (2000)'de beton basınç bölgesinde deneylerden elde edilen beton bileşkesi F_c ve onun ağırlık merkezi ile örtüşen herhangi bir dağılımın kullanılabileceği kabul edilmekte, ancak dikdörtgen dağılım ön plana çıkartılmaktadır.

İki şartnamede yer alan dikdörtgen dağılımların özellikleri farklıdır. ACI318'de tüm beton dayanımları için beton ezilme birim kısalması $\epsilon_{cu} = 0.003$ olarak belirtilmiştir. TS500'deki beton dayanımı 50 Mpa ile sınırlandırılmıştır.

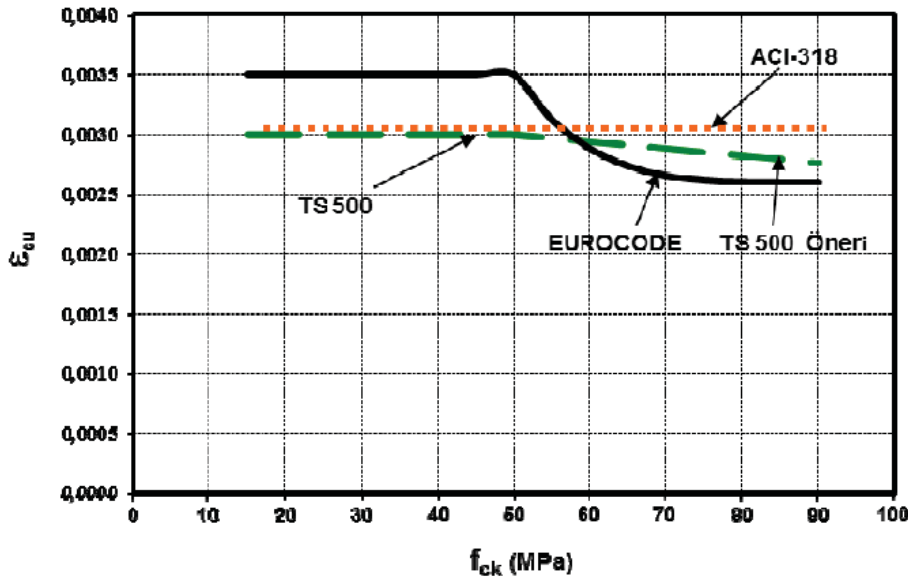
$$\epsilon_{cu} = 0,0026 + 0,035 \left(\frac{90 - f_{ck}}{100} \right)^4 \quad (3.1)$$

ϵ_{cu} için TS500'de belirtilen değer normal dayanımlı betonlar ($f_{ck} \leq 50$ Mpa) için 0,003'tür.

Yüksek dayanımlı betonlar ($f_{ck} > 50$ MPa) için bağıntı (3.2)'de verilmiştir.

$$\epsilon_{cu} = 0,0033 - 6 \times 10^{-6} f_{ck} \quad (3.2)$$

Şekil 3.1’ de şartnamelerde belirtilen ϵ_{cu} değerleri kıyaslanmıştır.



Şekil 3.1. Betonun ezilme birim kısalması (Ersoy 2016)

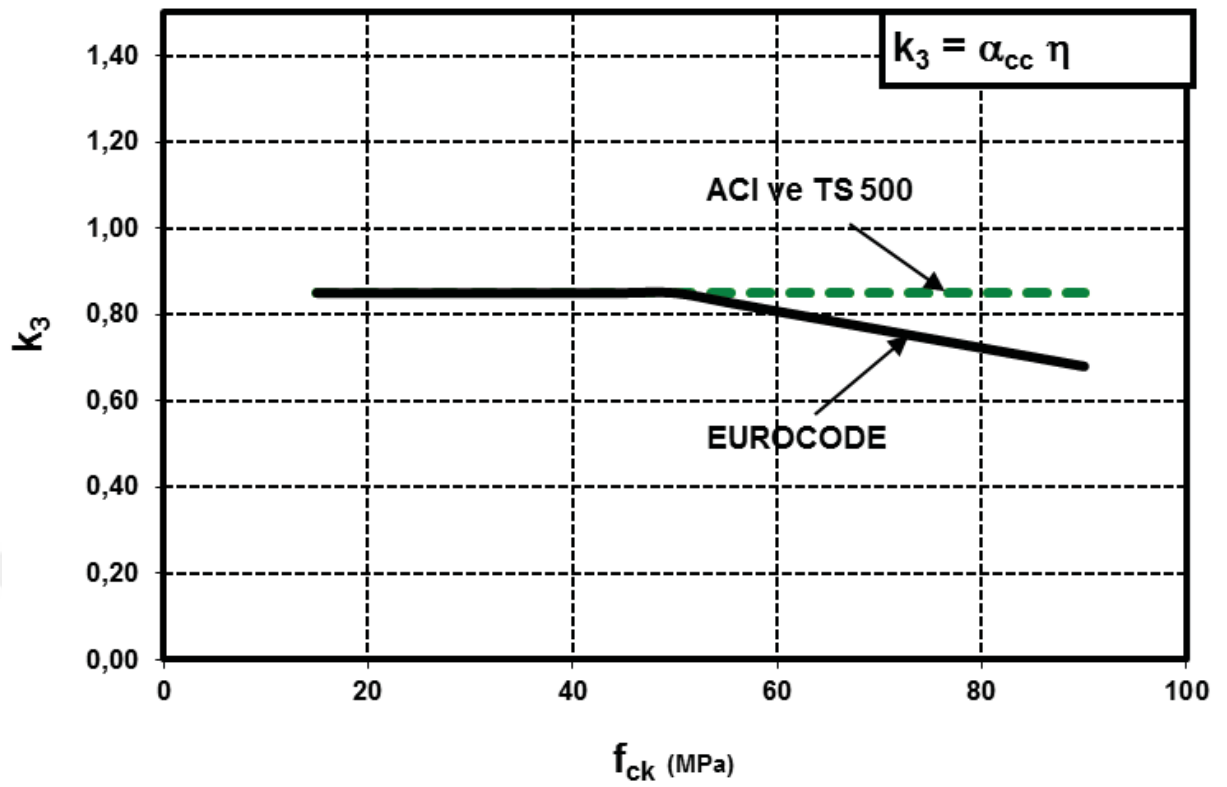
Amerikan şartnamesi ACI318’de k_3 , tüm beton dayanımları için 0.85 olarak kullanılmaktadır. ACI318’de β_1 olarak belirtilen k_1 ise $f_{ck} \leq 28$ MPa için 0,85 sayılmakta, daha yüksek dayanımlı betonlar için, dayanım değerindeki her 7 MPa’lık artış için bu katsayı değeri 0,05 değerinde düşürülmektedir. k_1 için alt sınır değeri de 0,65 olarak belirtilmiştir. Bu durumda $f_{ck} \leq 28$ MPa için k_1 değeri (3.3) formülü ile ifade edilir.

$$k_1 = (1,05 - 0,007 f_{ck}) \geq 0,65 \quad (3.3)$$

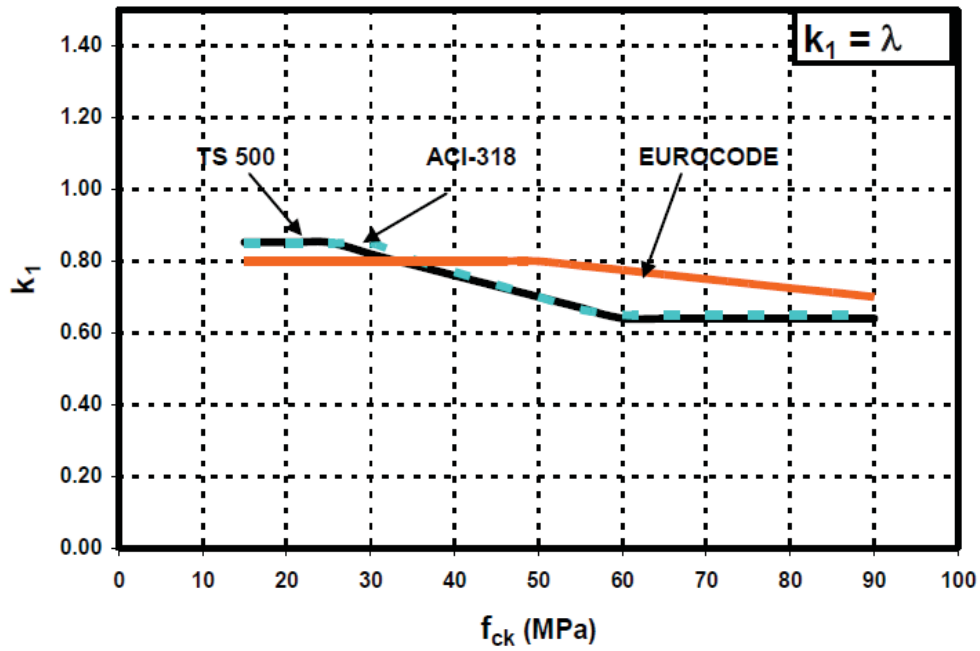
TS500 şartnamesinde $f_{ck} \leq 25$ Mpa betonlarda k_1 için sabit bir değer, 0,85 belirtilmekte, dayanımı 25 MPa’n üstünde olan betonlar için ise k_1 (3.4) bağıntısında gösterildiği gibi dayanımın bir fonksiyonu olarak azaltılmaktadır. TS500’de tüm beton dayanımları için $k_3=0,85$ olarak belirtilmektedir.

$$k_1 = (1,0 - 0,006 f_{ck}) \geq 0,64 \quad (3.4)$$

Şartnamelerde belirtilen k_1 ve k_3 değerleri şekil 3.2 ve şekil 3.3 de kıyaslanmıştır.



Şekil3.2. Şartnamelerdeki k_3 değerleri (Ersoy, 2016)

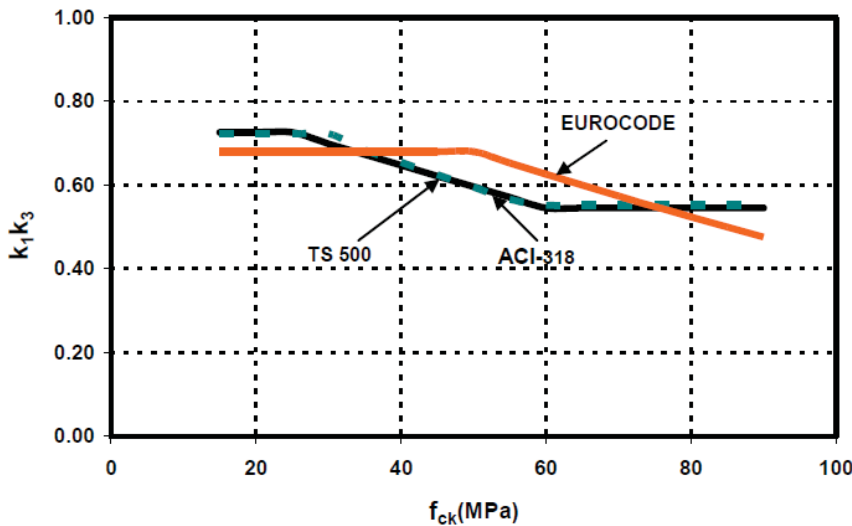


Şekil 3.3. Şartnamelerde yer alan k_1 değerleri (Ersoy, 2016)

- Şekil 3.2’de görüldüğü üzere k_3 değeri TS500 ve ACI318’de tüm beton dayanımları için sabit kabul edilmiştir, $k_3=0,85$.
- Şekil 3.3’te görüleceği üzere, $f_{ck} \leq 40$ MPa betonlar için şartnamelerde belirtilen k_1 değerleri arasında önemli oranda fark görünmemektedir. $F_{ck} > 40$ MPa betonlar için ACI318 ve TS500 birbirine oldukça yakın değerler içermektedir.
- Şekil 3.4’te beton basınç bileşkesini belirten k_1 , k_3 değerlerinin beton dayanımı ile değişim grafiği verilmiştir.

Şekil 3.4’ten görüldüğü üzere ACI318 ve TS500 birbirine çok yakın neredeyse aynı sonuçları vermektedir.

Bu ana kadar görüleceği gibi iki şartnamede ξ_{cu} , k_1 ve k_3 için değerler verilmiştir. Bunlar birbiriyle kıyaslanmıştır. Esas olan bu değerler ışığında bulunacak taşıma gücü momentleridir.

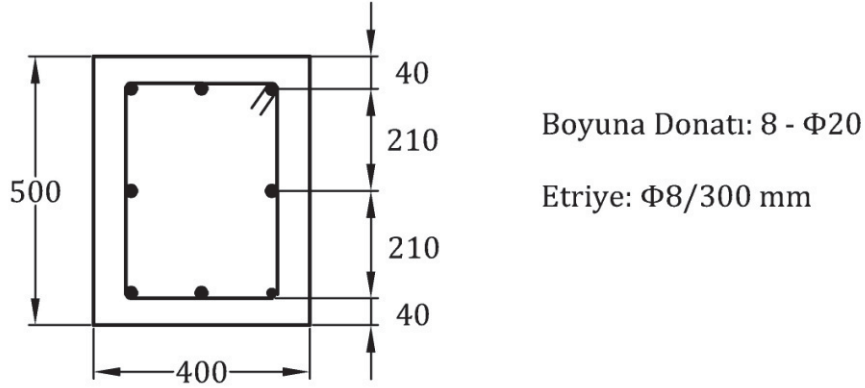


Şekil 3.4. Şartnamelerdeki k_1 , k_3 değerleri (Ersoy 2016)

3.1.2 Şartnamelerden elde edilen taşıma gücü momentleri

İrdelediğimiz iki şartname ile bulunan taşıma gücü momentleri kıyaslanırken denge altı kiriş kesitlerini ve düşük eksenel yük altındaki kolon kesitlerini kullanmak yanlış olur, bunun nedeni bu tip kesitlerde betonun davranışı değil, donatının davranışı etkindir. Bu sebeple beton dayanımının etkin olduğu yüksek eksenel yük düzeylerinin alınması gereklidir. Fakat, “*Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik*’te” (kısaca TDY) eksenel yük değeri için bir üst sınır kabul edilmiştir, $N \leq 0,5f_{ck} A_c$

Yenileme çalışmalarında bu üst sınır değeri süneklik düzeyi yüksek olan kolonlar için bir miktar daha aşağıya indirilmiştir, $N \leq 0,4f_{ck} A_c$. Şekil 3.5’de görülen kolon kesitine $0,4 f_{ck} A_c$ derecesinde eksenel yük uygulanarak, taşıma gücü momentleri farklı beton dayanımları için belirtilen iki şartnameye göre ayrı ayrı hesapları yapılmış ve sonuçları Çizelge 3.1’de gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Taşıma gücü hesabı yapılan kolon kesiti (Ersoy 2016)

Çizelge 3.1’de sınır eksenel yük değerinin yarı değeri uygulandığında şartnamelere göre hesap edilen taşıma gücü momentleri de gösterilmiştir. Bu sayede eksenel yük düzeyinin yaptığı etki de gösterilmiştir. Çizelge 3.1’in sonuncu kolonunda uygulamaya daha yakın beton ve çelik modelleri kullanılarak, Moment-Eğrilik ilişkisinden bulunan maksimum moment değerleri gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Şekil 3.5’deki kesit için bulunan taşıma gücü momentleri

f_{ck} (MPa)	N (kN)	M_r (KN.m)			
		Eurocode 2	TS500	ACI-318	M-K İlişkisi
25	2000	430	430	429	426
25	1000	380	381	381	377
40	3200	588	570	572	564
40	1600	499	494	494	486
50	4000	693	661	661	662
50	2000	577	567	567	558
60	4800	738	751	754	758
60	2400	636	639	640	632
70	5600	778	855	859	857
70	2800	703	716	712	707
80	6400	804	959	964	958
80	3200	745	792	794	782
90	7200	810	1063	1069	1060
90	3600	793	869	871	856

Not: Boyuna ve enine donatı için $f_y = 420$ MPa, $f_{su} = 525$ MPa (Ersoy 2016)

“Çizelge 3.2’de şartnamelerden bulunan taşıma gücü momentlerinin, Moment-Eğrilik ilişkisinden bulunan maksimum momentlere oran değerleri verilmiştir. Çizelge 3.2’de görüleceği üzere beton dayanımının 70 MPa’dan düşük olduğu durumlarda iki şartname de yakın sonuçlar vermekte, bulunan taşıma gücü momentlerinin Moment-Eğrilik ilişkisinden bulunan maksimum momentlere oranları da çok farklı olmamaktadır. Fakat beton dayanımının 70-90 MPa olduğu ve eksenel yük değerinin yüksek olduğu durumlarda TS500 ve ACI318’den bulunan sonuç değerleri örtüşürken, Eurocode 2 farklı sonuçlar vermektedir. Bu seviyede beton dayanımlarında TS500 ve ACI318’den bulunan moment değerlerinin, maksimum momentlere oranları çok düşük değerler olup, bu oranlar 1,0-1,02 değerleri aralığında olmaktadır.

Çizelge 3.2. Şartname değerlerinin M-K değerlerine oranı

f_{ck} (MPa)	N (kN)	$M_{y\ddot{o}net} / M_{M-K}$		
		Eurocode 2	TS500	ACI-318
25	2000	1,01	1,01	1,01
25	1000	1,01	1,01	1,01
40	3200	1,04	1,01	1,01
40	1600	1,03	1,02	1,02
50	4000	1,05	1	1
50	2000	1,03	1,02	1,02
60	4800	0,97	0,99	0,99
60	2400	1,01	1,01	1,01
70	5600	0,91	1	1
70	2800	0,99	1,01	1,01
80	6400	0,84	1	1,01
80	3200	0,95	1,01	1,02
90	7200	0,76	1	1,01
90	3600	0,93	1,02	1,02

Şartnameden bulunan taşıma gücü moment değerinin M-K ilişkisinden bulunan değere oranı (Ersoy, 2016)

3.1.3 Sonuçlar ve öneriler

Burada eğilme ve bileşik eğilmeye maruz betonarme kesitlerin taşıma gücü hesabıyla ilgili TS500 ve ACI318'in ilgili esasları anlatılmış ve iki şartnameden bulunan sonuçlar gerçeğe daha yakın malzeme modellerine ait Moment-Eğrilik analizlerinden bulunanlarla ve deneysel verilerle kıyaslanmıştır. Elde ettiğimiz sonuçlar ve öneriler aşağıda açıklanmıştır.

İki şartnameden bulunan taşıma gücü momentlerinin güvenli tarafta kaldığı görülmektedir. TS500 ve ACI318 şartnamelerinden yakın taşıma gücü momentleri elde

edilmektedir. Bu momentler, özellikle yüksek dayanımlı betonlarda M-K'den ve deneysel çalışmalardan bulunan sonuç değerleriyle hemen hemen aynıdır.

Yüksek dayanımlı betonlar için ACI318 ve TS500 şartnamesinde, farklı ϵ_{cu} değerleri kullanılmasına rağmen bulunan taşıma gücü moment değerlerinin neredeyse aynı çıktığı görülmektedir. Bu veriler doğrultusunda TS500'de fazla değişiklik yapılmasına gerek olmadığı kararı verilerek şu öneriler yapılabilir.

- a) $k_3 = 0,85$ ve $\epsilon_{cu} = 0,003$ tüm beton dayanımları için geçerli kabul edilebilir.
- b) k_1 için TS500, çizelge 3.1'de belirtilen değerler, 0,64 veya 0,65 değerlerinde bir alt sınır değeri koyularak (3.5) bağıntısı gibi belirlenebilir.

$$k_1 = (1,0 - 0,006 f_{ck}) \leq 0,64 \quad (3.5)$$

- c) Betonun ezilme birim kısalması ϵ_{cu} değerinin ACI318'deki gibi tüm beton dayanımları için 0,003 değeri alınabilecektir.

Eksenel yük değerleri ($N/f_{ck}A_c$) 0,1 ile 0,6 arasında değişen daha çok sayıda kolon ile yapılacak deneylerin kıyaslanmaları gereklidir.

Betonarmede dayanımı belirleyen etkenler birçok koşula bağlı olarak büyük değişiklikler gösterir. Bunları yüzde yüz doğrulukla belirlemek mümkün değildir. Beton davranışı zamanın etkisi ve yük geçmişi ile değişiklik sergilediği de malumdur. Bunlar bilinirken, yapılan varsayımları ve deneysel kısıtları göz ardı ederek deneylerden veya analizlerden belirlenen sonuç değerlerini kesin olduğunu düşünmek ve karmaşık denklemlerle belirtmek yanlıştır. Bu yüzden oluşturulacak ve kullanılacak ilgili bağıntı denklemler mümkün olduğunca basit olmalıdır.

3.2 Yüzeysel Temellerin Tasarım İlkeleri

Üst yapıyı etkileyen, sabit ve hareketli, yatay ve düşey yükleri taşıyan, kolon ve taşıyıcı duvarların altına inşa edilen ve bu yükleri emniyetle taşıyarak üniform bir şekilde zemine aktaran yapı elamanlarına “**Temel**” denir.

3.2.1 Temel tipleri

A. Yüzeysel temeller

1. Duvar altı temeli
2. Tekil temel
3. Birleşik temel
4. Sürekli temel
 - a) Bir doğrultuda sürekli temel
 - b) İki doğrultuda sürekli temel

5. Radye temel

a) Kirişsiz radye

b) Kirişli radye

B. Derin temeller

6. Kazıklı temel

7. Keson temel

Üst yapıdan gelen kesit tesirleri ve zeminin taşıma gücü kapasitesi, temel sistemi ve boyutlarında etkindir.

1. Öngörölmüş veya belirlenmiş temel boyutlarında zemin emniyet gerilmesi kontrolünün yapılması durumunda,

2. Üst yapıdan gelen yüklere göre temel boyutlarının belirlenmesi durumunda,

Düşey yükler altında, kullanma durumu, $G + Q$ (elastik hesap yük kabulleri) ile belirlenen kesit tesirleri (üst yapı etkileri) dikkate alınırken düşey yük ve deprem etkisinin birlikte olduğu $G + Q + E$ yüklemesi durumundaki kesit tesirleri kullanma durumuna göre oldukça nadir olması ve kısa süreli devam edeceği düşüncesiyle Deprem Yönetmeliği, zemin emniyet gerilmesinin %50 artırılabilceğini öngörmüştür.

Yani,

$$G + Q \text{ yüklemesi} \rightarrow q_{\text{zemin}} \leq q_{\text{zemin emniyet}} \quad (3.6)$$

$$G + Q + E \text{ yüklemesi} \rightarrow q_{\text{zemin}} \leq 1.50 q_{\text{zemin emniyet}} \quad (3.7)$$

Zeminin fiziksel özellikleri ile yük altındaki davranışındaki, mekanik özelliklerindeki belirsizlikler, zemin gerilmesinin ve temel sisteminin belirlenmesinde, temel kesitlerinin boyutlandırılmasında dikkate alınmalıdır.

Çalışma, yüzeysel temeller olan tekil, sürekli ve radye temellerin meta-sezgisel yöntemlerle optimum tasarımı üzerine olacağı için bu üç temelin hesap esasları incelenecektir.

3.2.2 Tekil temeller

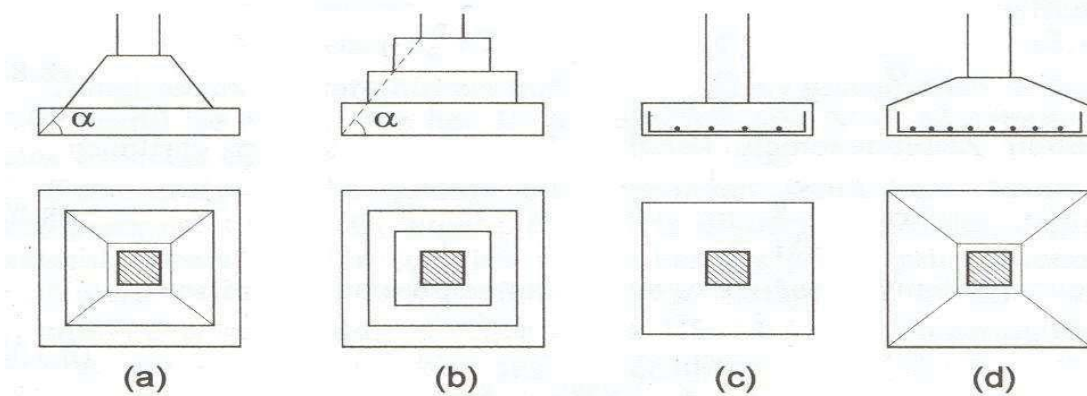
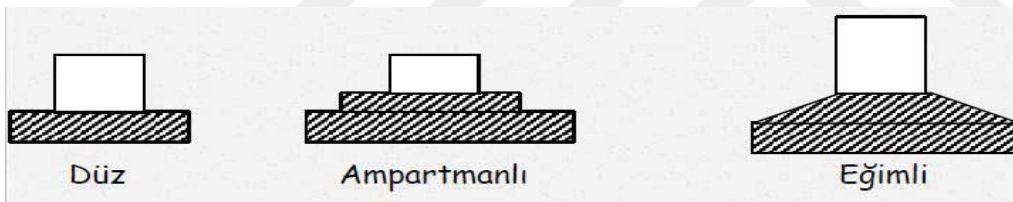
Tek bir kolon için düzenlenen temel türüdür. Plandaki şekli kare, dikdörtgen veya daire olabilir. Düşey kesitleri ise dikdörtgen veya yamuk olarak ortaya çıkar. Tekil temellerde düşey ve deprem etkilerinden oluşan normal kuvvet ve deprem etkisi temele iletilir. Genellikle kolon kesitinin eğilme rijitliğinin büyük olduğu ekseninde daha büyük eğilme momenti ortaya çıkar. Bu eğilme momentinin de temelden zemine iletilmesi gerekeceğinden, uygun bir düzende kolon boyutları ile temel boyutlarının uyumlu olması yerinde olur.

3.2.2.1 Tekil temellerin incelenmesi ve hesap adımları (TS500)

Çerçeve taşıyıcı sisteme sahip yapılarda üst yapıdan kolonlar vasıtasıyla gelen yüklerin zemine aktarılabilmesi için temeller yapılır. Zeminin güçlü ve nispeten homojen olduğu veya kolon ara mesafelerinin büyük olduğu durumlarda kullanılır. En sık kullanılan Tekil temeller ise kare veya dikdörtgen şekle sahip tekil temellerdir.

Temel zeminin orta ve daha üstü sertlikte ve bina ağırlığının az olduğu durumlarda uygulanırlar.

Tekil temellerin sömelleri düz, kademeli (ampartmanlı) ve eğimli olarak yapılırlar.



Şekil 3.6. Dikdörtgen tip tekil temeller

Taban basınç dağılışının hesaplanması

Tek yönde eksantrikliğe maruz kalan dikdörtgen temelde taban basınç dağılımı geleneksel yöntem esas alınarak belirlenir. Temel tabanında oluşan maksimum ve minimum gerilmeler temele etki eden eksenel yükün dış merkezliğine bağlı olarak üç duruma göre hesaplanır.

Eksenel Yük çekirdek içinde ($e_x < L/6$)

Böyle bir durumda taban basınç dağılışı yamuk biçimli olur. Taban basınç dağılışının en büyük ve en küçük değerleri,

$$\sigma_{\max, \min} = \frac{N}{BxL} \pm \left(1 \pm \frac{6}{L} e_x\right) \text{ ile hesaplanır.} \quad (3.8)$$

Burada;

e_x =X-eksenindeki dış merkezlik

L =X-eksenindeki temel uzunluğu

N=Eksenel yük

İfade eder.

Eksenel yük çekirdek sınırında olması ($e_x = L/6$)

Bu durumda taban basınç dağılışı üçgen biçimli olup, en büyük değeri denklem (3.9) yardımıyla hesaplanır.

$$\sigma_{\max} = \frac{2N}{BL} \quad (3.9)$$

Yukarıdaki formülde;

B=Tekil temelin Y-eksenindeki uzunluğu ifade eder.

Yük çekirdek dışında ($e_x > L/6$)

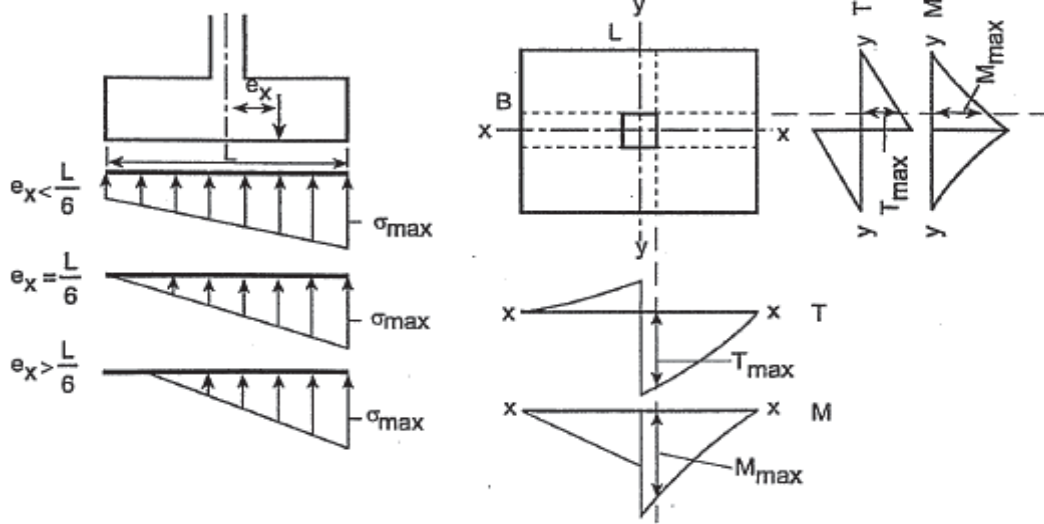
Bu tür bir durumda temel tabanı ile zeminin teması belli bir alanda kaybolur (kopmuş üçgen dağılışı). Geleneksel yöntemin koşulları çerçevesince, taban basınç dağılımı oluşur. Dağılımın en büyük değeri denklem (3.10) daki gibi hesaplanır.

$$\sigma_{\max} = 4N / (3(L - 2e_x)B) \quad (3.10)$$

Yukarıdaki formülde;

B =Tekil temelin Y-Eksenindeki uzunluğu,

e_x = X-eksenindeki dış merkezlik ifade eder.



Şekil 3.7. Tekil temel basınç dağılışı

Elde edilen maksimum basınç gerilmesinin emniyetli taşıma gücü değerinden küçük veya eşit olma şartı aranır. Bu şart denklem (3.11)' de gösterilmiştir.

$$\sigma_{max} \leq \sigma_{emin} \quad (3.11)$$

Yukarıdaki formülde;

σ_{emin} =Emniyetli taşıma gücü değerini ifade eder.

Zemin gerilmesi kontrolü

Tekil temellerin pratik hesabında kullanılan en önemli zemin parametresi, temel zemininde kullanım yükleri ($G+Q$) altında meydana gelmesine müsaade edilebilen gerilme, başka birdeyişle zemin emniyet gerilmesidir. Bunun yanında $G+Q \pm E$ veya bazen $G+1.3Q \pm 1.3W$ yükleme durumları da dikkate alınmalıdır.

Ancak; TDY-2007, zemin emniyet gerilmesinin, kullanma durumuna göre ender ortaya çıktığı ve kısa sürdüğünden dolayı deprem yüklemesi durumunda % 50 'ye kadar artırılabilirliğini öngörmektedir. Benzer şekilde rüzgâr yüklemesi durumunda % 25 zemin emniyet gerilmesi artırılabilir.

Bu açıklamalara göre; zemin gerilmelerinin kontrolü, aşağıdaki şekilde yapılabilir.

(G+Q yüklemesi için : $\sigma_z \leq \sigma_{zem}$)

(1.4G+1.6Q yüklemesi için : $\sigma_z \leq 1.45 \sim 1.5\sigma_{zem}$) (3.12)

(G+Q±E yüklemesi için : $\sigma_z \leq 1.5\sigma_{z,em}$)

Temel boyutlandırılırken depremli ve depremsiz durum ayrı ayrı düşünülmeli ve en büyük temel boyutlarının (Bve L) hangi yüklemeden oluşacağına karar verilmelidir.

$$\sigma_{1,2} = \frac{N}{A} + \frac{M}{W} \quad (3.13)$$

Bu denklemde;

A = Temel yüzey alanı

M = Temele etkiyen moment değeri

W= Mukavemet momenti

olarak ifade edilir.

Kullanılan temel dikdörtgen şekle sahip olduğu için temel yüzey alanı temel boyutlarının çarpımına eşittir. Dikdörtgen şekle sahip temellerin yüzey alanı ve mukavemet momenti sırasıyla denklem (3.14) ve denklem (3.15)'de ifade edilmiştir.

Not: M değerinin içinde kesme kuvvetinin katkısı da alınacaktır

$$A=b_x.b_y \quad (3.14)$$

$$W= b_x.b_y^2/6 \quad (3.15)$$

$$M=M_d+V_d \times h_{temel} \quad (3.16)$$

Tekil temel hesap adımları

Eksenel yük taşıtan tekli kolon temellerin hesap adımı

Temel altında oluşan moment sebebi ile meydana gelen yamuk gerilme dağılımındaki maksimum zemin gerilmesi ile, $(N_d/b_x.b_y)$ ile hesaplanan ortalama gerilme arasındaki fark %15 den küçük ise, moment ihmal edilir ve aşağıdaki adımlara göre temelin boyutlandırılması yapılır.

Yaklaşık temel boyutlarının hesabı:

Bu kısımda ilk olarak zemin dayanımı (f_{zu}) denklem (3.17)'e göre hesap edilir. Daha sonra kritik alan denklem (3.18) esas alınarak hesaplanır. Seçilen temel boyutlarının alanı ($b_x.b_y$) kritik alandan büyük olacak şekilde temel boyutları belirlenir. Sonra (σ_{zmax}) hesaplanarak ($\sigma_{zmax} > f_{zu}$) şartı kontrol edilir.

$$F_{zu} = 1.5 \sigma_{z,emn} \quad (3.17)$$

$$b_x.b_y = (N_d / f_{zu}) \quad (3.18)$$

Burada;

f_{zu} = Zemin dayanımı ifade eder.

Moment X-ekseninde ise:

$$\sigma_{zmax} = \frac{N_d}{A} + \frac{M_{dx}(x)}{I_x} = \frac{N_d}{b_x b_y} + \frac{M_{dx} \frac{b_x}{2}}{\frac{b_y b_x^3}{12}} \quad (3.19)$$

Moment Y-ekseninde ise:

$$\sigma_{zmax} = \frac{N_d}{A} + \frac{M_{dy}(y)}{I_y} = \frac{N_d}{b_x b_y} + \frac{M_{dy} \frac{b_y}{2}}{\frac{b_x b_y^3}{12}} \quad (3.20)$$

Temel boyutları belirlendikten sonra denklem (3.21)'e göre temelde oluşacak gerilme (σ_z) hesaplanır.

$$\sigma_z = (N_d / b_x.b_y) \text{ dir.} \quad (3.21)$$

Temel kalınlığının belirlenmesi

Bu kısımda daha önce verilen TS500 koşullara göre temelin yüksekliği (h) belirlenir. Buna göre ($d = h - d'$) işlemi yapılarak (d) elde edilir. Temel'in diğer boyutlarının TS500 kurallarına uygun olup olmadığı belirlendikten sonra ön tasarım tamamlanmış olur.

Burada;

h = Temel kalınlığı

d' = Pas payı

d = Temelin faydalı yüksekliği
olarak ifade edilirler.

Net zemin dayanımı hesabı

Bu adımda Net zemin dayanımını denklem (3.22)'ya göre hesaplanarak, $(\sigma_z \leq f_{zu})$ koşulunun sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilir.

$$F_{zn} = f_{zu} - 18h \quad (3.22)$$

Burada;

f_{zn} =Net zemin dayanımı

f_{zu} =Zemin dayanımı

olarak ifade edilirler.

Zımbalama tahkiki

Bu adımda temele gelen kesme kuvveti (V_{pd}) ve temelin zımbalama dayanımı (V_{pr}) değerleri sırasıyla denklem (3.26) ve (3.27)'e göre hesaplanır. Daha sonra kesme kuvvetinin temelin zımbalama dayanımından küçük olma durumuna bakılır ($V_{pd} \leq V_{pr}$). Eğer koşul sağlanmaz ise 2. Adıma dönülerek temel yüksekliği (h) arttırılır

$$b_1 = a_x + d \quad b_2 = a_y + d \quad (3.23)$$

Burada;

a_x =Temele etkiyen kolonun X-eksenindeki uzunluğu

a_y =Temele etkiyen kolonun Y-eksenindeki uzunluğu

olarak ifade edilirler.

$$U_p = 2(b_1 + b_2) \quad (3.24)$$

$$A_0 = b_1 \cdot b_2 \quad (3.25)$$

Burada;

U_p =Zımbalama çevresinin uzunluğu

b_1, b_2 = Kolona d/2 mesafesinde oluşan zımbalama çevresinin boyutları

olarak ifade edilirler.

$$V_{pd} = N_d - A_p \cdot \sigma_z \quad (3.26)$$

Yukarıdaki denklemde;

V_{pd} =Hesap kesme kuvveti değeri ifade eder.

$$V_{pr} = \gamma \cdot f_{ctd} \cdot U_p \cdot d \quad (3.27)$$

Yukarıdaki denklemde;

V_{pr} = Zımbalama dayanımı

γ = Zımbalama dayanımı azaltma katsayısı

f_{ctd} = Betonun hesap çekme dayanımı

Zımbalama dayanımı azaltma katsayısı (γ) denklem (3.29)'e göre hesap edilir.

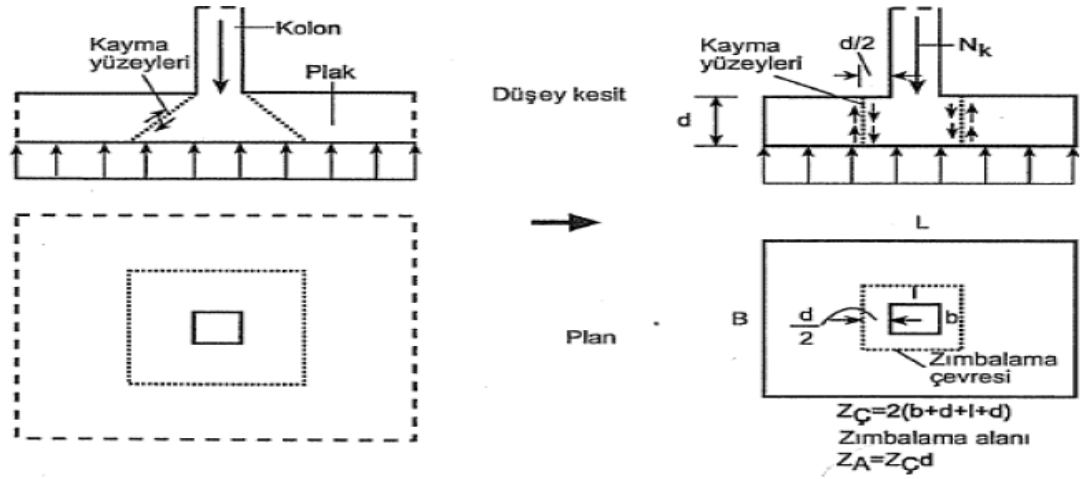
$$\frac{M_d}{N_d} \leq e_{min} \quad \text{ise, } \gamma=1 \text{ dir.} \quad (3.28)$$

Çizelge 3.3. Betonun dayanım değerleri çizelgesi

Beton Sınıfı	Karakteristik Basınç Dayanımı, f_{ck}	Eşdeğer Küp (150 mm.) Basınç Dayanımı	Karakteristik Eksenel Çekme Dayanımı, f_{ck}	28 Günlük Elastisite Modülü E_c
	MPa	MPa	MPa	MPa
C16	16	20	1,4	27000
C18	18	22	1,5	27500
C20	20	25	1,6	28000
C25	25	30	1,8	30000
C30	30	37	1,9	32000
C35	35	45	2,1	33000
C40	40	50	2,2	34000
C45	45	55	2,3	36000
C50	50	60	2,5	37000

Dikdörtgen kesitli kolonlarda

$$\gamma = \frac{1}{1 + 1,5 \frac{(ex+ey)}{\sqrt{b_1 b_2}}} \quad (3.29)$$



Şekil 3.8. Zımbalama tahkiki

Kesme kuvveti kontrolü

Bu adımda kesme kuvveti (V_d) denklem (3.30)'e göre, eğik çekme dayanımı (V_{cr}) denklem (3.15)'e göre hesaplanır. Bundan sonra kesme kuvvetinin eğik çekme dayanımından küçük olmasına bakılır ($V_d \leq V_{cr}$)

$$V_{dx} = \sigma_z \left(\frac{b_x - a_x}{2} \right) \cdot b_y, \quad V_{dy} = \sigma_z \left(\frac{b_y - a_y}{2} \right) \cdot b_x \quad (3.30)$$

Burada;

V_{dx} = Eğilme nedeni ile X-ekseninde oluşan hesap kesme kuvvetidir.

V_{dy} = Eğilme nedeni ile Y-ekseninde oluşan hesap kesme kuvvetidir.

$$V_{crx} = 0,65 \cdot f_{ctd} \cdot b_y \cdot d, \quad V_{cry} = 0,65 \cdot f_{ctd} \cdot b_x \cdot d \quad (3.31)$$

Burada;

V_{crx} = X-eksenindeki Eğik çekme dayanımıdır.

V_{cry} = Y-eksenindeki Eğik çekme dayanımıdır.

$$V_{dx} \leq V_{crx} \quad V_{dy} \leq V_{cry} \quad (3.32)$$

Kolon yüzündeki kritik kesit için eğilme kontrolü

Bu adımda her iki doğrultuda kritik kesitlerdeki moment değerleri ve (K_x , K_y) hesaplanır. Kritik kesitlerdeki moment değerleri denklem (3.33)'ye göre, (K_x , K_y) denklem (3.34)'e göre hesaplanır. Bundan sonra (K_x , K_y)'nin K_L den büyük olma şartı sağlanacak şekilde denklem (3.35) 'e göre kontrol edilir

$$M_{dx} = \frac{\sigma_z}{2} \left(\frac{b_x - a_x}{2} \right)^2 \cdot b_y \quad M_{dy} = \frac{\sigma_z}{2} \left(\frac{b_y - a_y}{2} \right)^2 \cdot b_x \quad (3.33)$$

Burada;

M_{dx} = Temele X-ekseninde etki eden moment değeri

M_{dy} = Temele Y-ekseninde etki eden moment değeri

σ_z = Zemin emniyet gerilmesi

b_x = Tekil temelin X- eksenindeki uzunluğu

b_y = Tekil temelin Y- eksenindeki uzunluğu

ifade eder.

$$K_x = \frac{b_y \cdot d^2}{M_{dx}} \quad K_y = \frac{b_x \cdot d^2}{M_{dy}} \quad (3.34)$$

Sağlanması gereken koşul;

$$K_x \geq K_L \quad K_y \geq K_L \quad (3.35)$$

$$K_L = 4.95/f_{cd} \quad (3.36)$$

Donatı hesaplanması

Kolon yüzündeki kritik kesitler için eğilme momentleri (M_{dx} , M_{dy}) denklem (3.33)'de hesaplanmıştı. Buradan denklem (3.37) 'e göre hesabı yapılarak donatı miktarı tespit edilir ve denklem (3.38) 'e göre kontrol edilir.

$$A_{sx} = \frac{M_{dx}}{f_{yd}(0,86) \cdot d} \quad A_{sy} = \frac{M_{dy}}{f_{yd}(0,86) \cdot d} \quad (3.37)$$

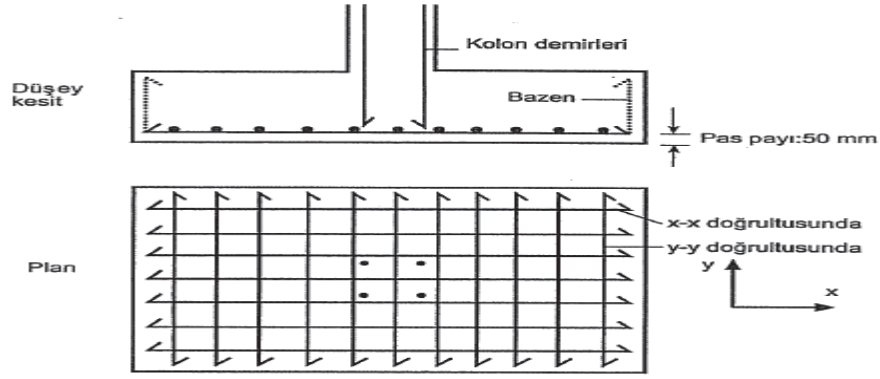
$$A_{sx}/b_y \cdot d \geq 0,002 \quad A_{sy}/b_x \cdot d \geq 0,002 \text{ olmalıdır.} \quad (3.38)$$

Burada

A_{sx} = X-eksenindeki donatı miktarı

A_{sy} = Y-eksenindeki donatı miktarı

ifade eder.



Şekil 3.9. Donatı doğrultusu

Eksenel yüke ek olarak momentle zorlanan temellerin hesap adımı

Tekil temele etkiyen momentin ihmal edilemeyecek kadar büyük olduğu durumlarda ($\sigma_{zmax} > 1.15\sigma_{zo}$) temel altındaki zemin gerilmesinin doğrusal değiştiği varsayılır. (yamuk veya üçgen dağılım). Bu durumda temel kare dahi olsa iki doğrultudaki moment ve kesme kuvveti değerleri farklı olacaktır. Moment ve kesme kuvvetinde kritik kesit kolon yüzünde alınacak ve zımbalama çevresi ($d/2$) mesafede olacaktır.

X ve Y yönünde oluşan dışmerkezliğin ($e = M_d/N_d$) temelin o yöndeki boyutunun 6 'da birinden küçük olduğu durumlarda zemin gerilme dağılımı yamuk, büyük olduğu durumlarda ise üçgen olacaktır. Üçgen dağılım durumunda temelin bir bölümünde zemin gerilmesi oluşmayacağından, genelde dış merkezliğin o yöndeki boyutun 6 'da birinden küçük tutulmasına özen gösterilir.

Bu durumda aşağıdaki hesap adımlarına göre temel tasarlanır.

Temel boyutlarının belirlenmesi

İlk olarak f_{zu} denklem (3.39)' ye göre hesap edilerek elde edilir. Bundan sonra denklem (3.40) uygulanarak tekil temel kolon boyutları belirlenir.

$$f_{zu} = 1.5\sigma_{z,emn} \quad (3.39)$$

$$b_x \cdot b_y = (N_d / f_{zu}) \quad (3.40)$$

Dışmerkezlik ve kritik dışmerkezlik hesaplanması

Bu adımda denklem (3.41) kullanılarak e_x , denklem (3.42) kullanılarak e_{kritik} edilir. Elde ettiğimiz (e_x ve e_{kritik}) değerleri denklem (3.43) uygunluk şartına göre kontrol edilir.

Eğilme X-yönünde ise;

$$e_x = M_{dx} / N_d \quad (3.41)$$

$$e_{kritik} = b_x / 6 \quad (3.42)$$

$$e_x < e_{kritik} \quad (3.43)$$

Eğilme Y-yönünde ise;

$$e_y = M_{dy} / N_d \quad (3.44)$$

$$e_{kritik} = b_y / 6 \quad (3.45)$$

$$e_y < e_{kritik} \quad (3.46)$$

Temelin altında oluşacak en büyük ve en küçük zemin gerilmelerini hesaplanması

Eğilme X-yönünde ise;

$$\sigma_{zmax} \text{ ve } \sigma_{zmin} = N_d / b_x \cdot b_y \pm \frac{M_{dx} \cdot b_x / 2}{b_y b_x^2 / 12} \quad (3.47)$$

Eğilme Y-yönünde ise;

$$\sigma_{zmax} \text{ ve } \sigma_{zmin} = N_d / b_x \cdot b_y \pm \frac{M_{dy} \cdot b_y / 2}{b_x b_y^2 / 12} \quad (3.48)$$

Burada

σ_{zmax} = Temelin altında oluşan en büyük zemin gerilmesi

σ_{zmin} = Temelin altında oluşan en küçük zemin gerilmesi
olarak ifade edilir.

Ortalama zemin gerilmesi hesaplanması

$$\sigma_{zo} = (\sigma_{zmax} + \sigma_{zmin}) / 2 \quad (3.49)$$

Burada

σ_{zo} = Temel altında oluşan ortalama zemin gerilmesi olarak ifade edilir

Kolon yüzündeki zemin gerilmesi hesaplanması

$$\sigma_{zf} = \sigma_{zmax} - \left(\frac{\sigma_{zmax} - \sigma_{zmin}}{b_x} \cdot \left(\frac{b_x - a_x}{2} \right) \right) \quad (3.50)$$

Burada

σ_{zf} = Kolon yüzündeki zemin gerilmesini ifade eder.

Tekil temel kalınlığı belirlenmesi

Temel kalınlığı (h) için varsayım yapılarak belirlenir.

Net zemin dayanımı hesaplanması

Net zemin dayanımı aşağıdaki denklemlere göre belirlenir. Bundan sonra net zemin dayanımı denklem (3.53) uygunluk şartına göre kontrol edilir. Eğer uygunluk şartı sağlanmıyor ise kolon boyutları (b_x , b_y) değiştirilir.

$$f_{zn} = f_{zu} - 18h \quad (\text{birimler: ton ve m. cinsinden ise}) \quad (3.51)$$

$$f_{zn} = f_{zu} - 18h \quad (\text{birimler: kN ve m. cinsinden ise}) \quad (3.52)$$

$$\sigma_{zmax} < f_{zn} \quad (3.53)$$

Zımbalama kontrolünün yapılması

Bu adımda temele gelen kesme kuvveti (V_{pd}) ve temelin zımbalama dayanım (V_{pr}) değerleri sırasıyla denklem (3.54) ve (3.58)'ye göre hesaplanır. Daha sonra kesme kuvvetinin temelin zımbalama dayanımından küçük olma durumuna bakılır ($V_{pd} \leq V_{pr}$). Eğer koşul sağlanmaz ise yukarıdaki adıma dönülerek temel yüksekliği (h) arttırılır.

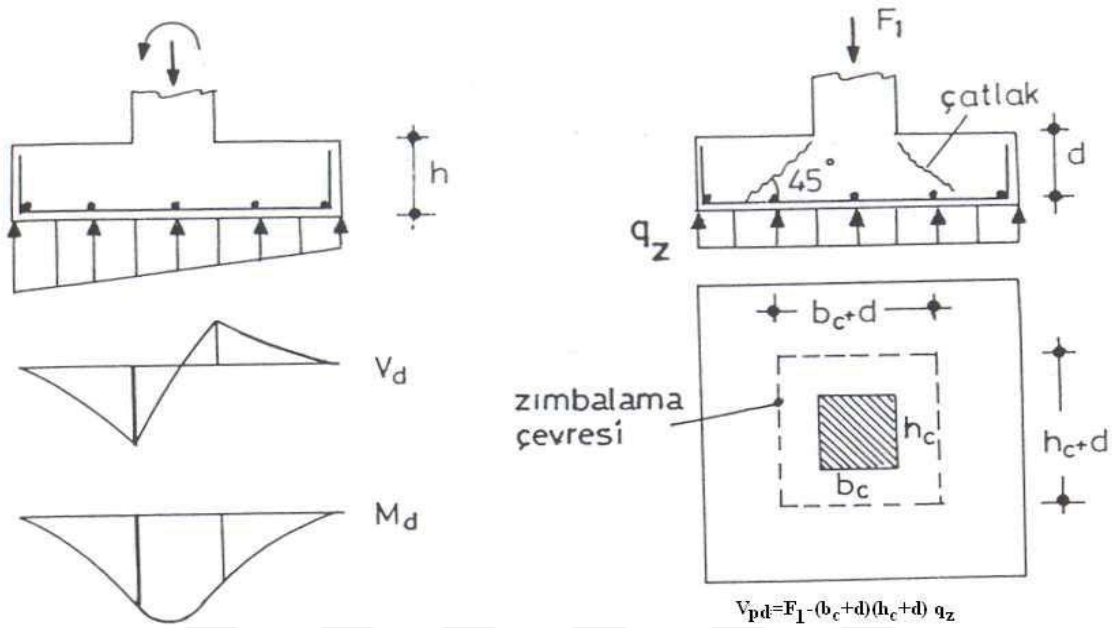
$$V_{pd} = N_d - A_p \cdot \sigma_{zo} \quad (3.54)$$

$$\gamma = \frac{1}{1 + 1,5 \frac{(ex + ey)}{\sqrt{b_1 b_2}}} \quad (3.55)$$

$$U_p = 2(b_1 + b_2) \quad (3.56)$$

$$A_p = b_1 \cdot b_2 \quad (3.57)$$

$$V_{pr} = \gamma (f_{ctd}) U_p(d) \quad (3.58)$$



Şekil 3.10. Zımbalama çevresi

Kesme kontrolü yapılması

Bu adımda kesme kuvveti V_d denklem (3.59)'e göre, eğik çekme dayanımı V_{cr} denklem (3.60) e göre hesaplanır. Bundan sonra kesme kuvvetinin eğik çekme dayanımından küçük olmasına bakılır ($V_d \leq V_{cr}$). Eğer bu koşul sağlanmıyorsa h değiştirilir.

Eğilme X-ekseninde ise;

$$V_{dx} = \left(\frac{\sigma_{zmax} + \sigma_{zf}}{2} \right) \left(\frac{b_x - a_x}{2} \right) b_y \quad (3.59)$$

$$V_{crx} = 0,65 \cdot f_{ctd} \cdot b_y \cdot d \quad , \quad V_{cry} = 0,65 \cdot f_{ctd} \cdot b_x \cdot d \quad (3.60)$$

$$V_{dx} \leq V_{crx} \quad (3.61)$$

Diğer yönde kesme kuvveti için ortalama gerilme kullanılır.

$$V_{dy} = \sigma_{zo} \left(\frac{b_y - a_y}{2} \right) b_x \quad (3.62)$$

$$V_{dy} \leq V_{cry} \quad (3.63)$$

Eğilme Y-ekseninde ise;

$$V_{dy} = \left(\frac{\sigma_{zmax} + \sigma_{zf}}{2} \right) \left(\frac{b_y - a_y}{2} \right) b_x \quad (3.64)$$

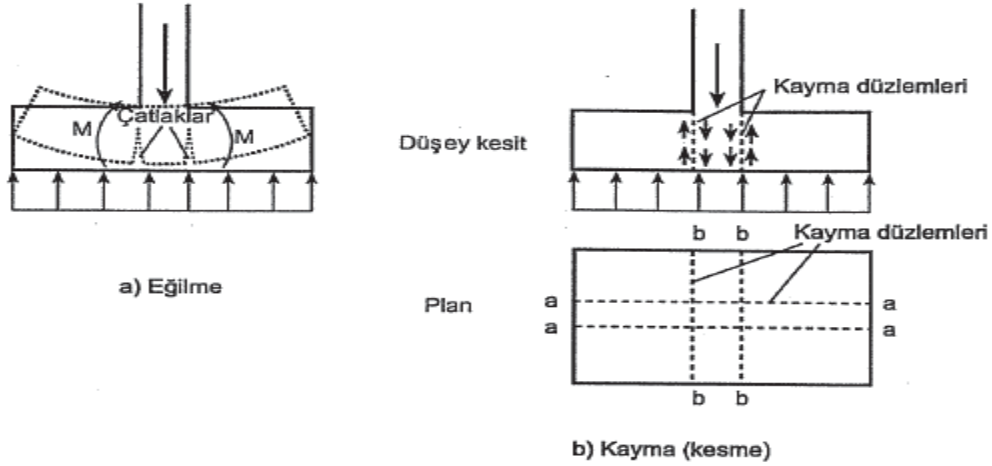
$$V_{crx} = 0,65 \cdot f_{ctd} \cdot b_y \cdot d \quad , \quad V_{cry} = 0,65 \cdot f_{ctd} \cdot b_x \cdot d \quad (3.65)$$

$$V_{dy} \leq V_{cry} \quad (3.66)$$

Diğer yönde kesme kuvveti için ortalama gerilme kullanılır.

$$V_{dx} = \sigma_{zo} \left(\frac{b_x - a_x}{2} \right) b_y \quad (3.67)$$

$$V_{dx} \leq V_{crx} \quad (3.68)$$



Şekil 3.11. Eğilme ve Kayma tahkiki

Eğilme kontrolünün yapılması ve donatı miktarının belirlenmesi

Denklem (3.69) ve (3.72) kullanılarak moment değerleri X ve Y eksenine için bulunur. Bundan sonra denklem (3.78) uygunluk şartına göre kontrol edilerek donatı miktarı (A_s) elde edilir.

Eğilme X- ekseninde ise;

$$M_{dx} = \frac{(b_x - a_x)^2}{24} b_y (2\sigma_{zmax} + \sigma_{zf}) \quad (3.69)$$

$$K = \frac{b_y \cdot d^2}{M_{dx}} \quad \text{Eğer } K \geq K_L \text{ ise uygundur.} \quad (3.70)$$

$$A_{sx} = \frac{M_{dx}}{f_{yd}(0,86) \cdot d} \quad (3.71)$$

Y yönünde;

$$M_{dy} = \sigma_{zo} \left(\frac{b_y - a_y}{2} \right)^2 \frac{b_x}{2} \quad (3.72)$$

$$A_{sy} = \frac{M_{dy}}{f_{yd}(0,86) \cdot d} \quad (3.73)$$

Eğilme Y- ekseninde ise;

$$M_{dy} = \frac{(b_y - a_y)^2}{24} b_x (2\sigma_{zmax} + \sigma_{zf}) \quad (3.74)$$

$$K = \frac{b_x \cdot d^2}{M_{dy}} \quad \text{Eğer } K \geq K_L \text{ ise uygundur.} \quad (3.75)$$

X yönünde;

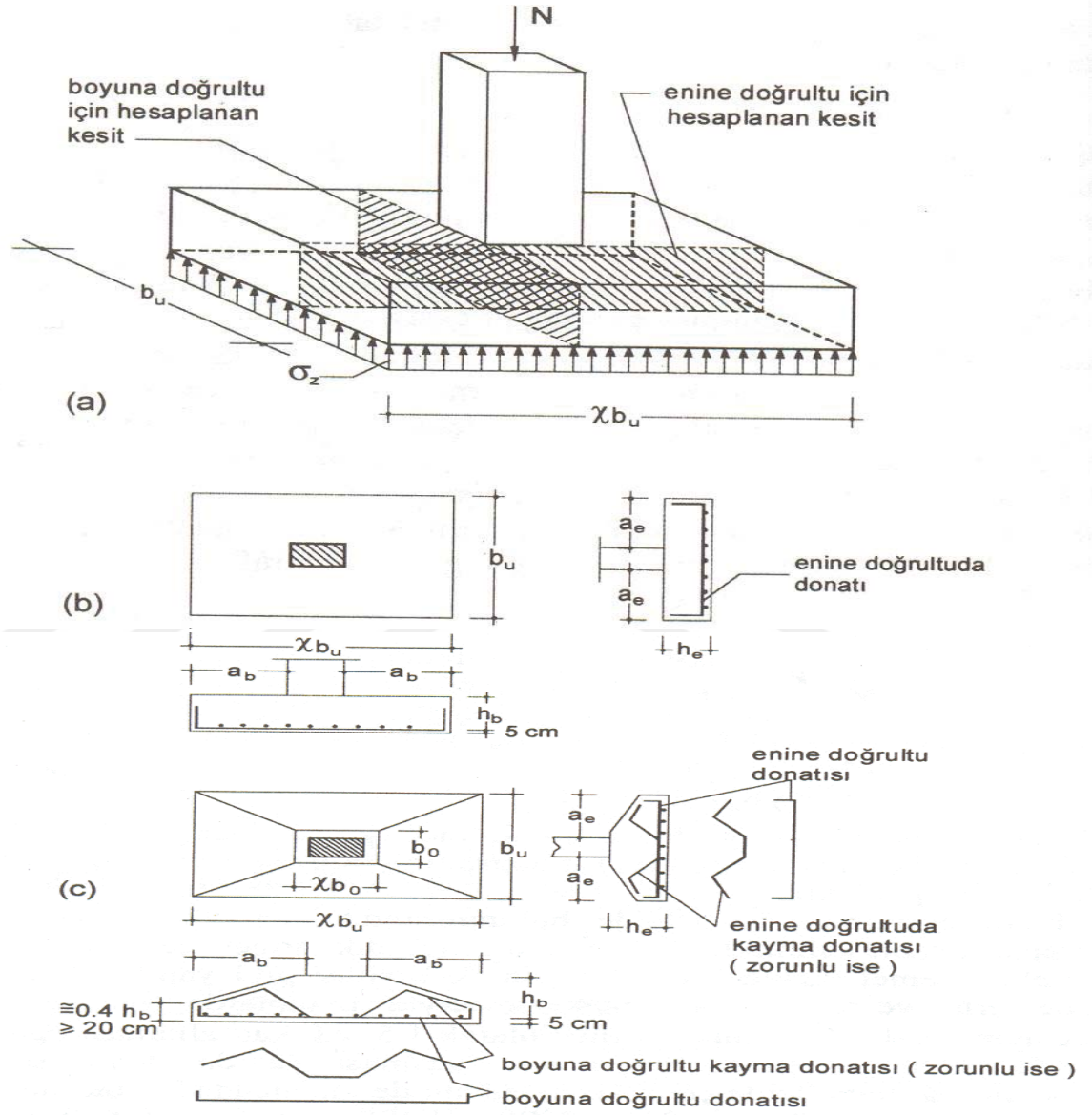
$$M_{dx} = \sigma_{zo} \left(\frac{b_x - a_x}{2} \right)^2 \frac{b_y}{2} \quad (3.76)$$

$$A_{sx} = \frac{M_{dx}}{f_{yd}(0,86) \cdot d} \quad (3.77)$$

$$A_{sx}/b_y \cdot d \geq 0,002 \quad A_{sy}/b_x \cdot d \geq 0,002 \text{ olmalıdır.} \quad (3.78)$$

Donatı seçilmesi ve yerleştirilmesi

Elde edilen donatı miktarları seçilen donatının alanına bölünerek gerekli donatı sayısı bulunur.

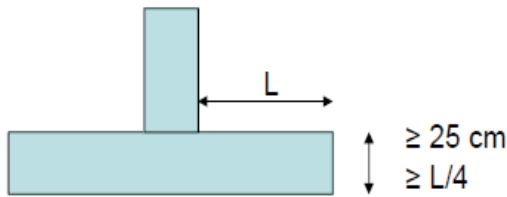


Şekil 3.12. Simetrik betonarme tekil temellerde kesit ve donatı

3.2.2.2 TS500 (2000) Konstruktif koşulları

Temel boyutlama ve donatı hesaplarında, eğilme, kesme kuvveti ve zımbalama açısından gerekli tahkikler yapılmalıdır. Kolon yüzüne taşan temel parçaları yaklaşık olarak konsol çalışan tek yönlü plak şeklinde hesap edilebilir. Bu durumda, moment ve kesme için kritik kesitin kolon yüzünde, zımbalama çevresinin de kolon yüzünden $d/2$ kadar içeride olduğu varsayılır.

- Temel kalınlığı 25 cm den ve konsol açıklığının $1/4$ 'ünden küçük olmamalıdır.
- Temel boyutları (b_x ve b_y) 70 cm den küçük olmamalıdır.
- Temel alanı $1,00 \text{ m}^2$ 'den az olamaz.
- İki yönde de bulunan eğilme donatıları temel tabanında ızgara oluşturacak şekilde eşit aralıklı olarak yerleştirilir. Momentin fazla olduğu yöndeki donatı altta olacaktır.
- Temeldeki çekme donatısı oranı x ve y doğrultularında, ayrı ayrı 0,002' den eşit veya büyük olmalıdır. Donatı aralığı 250 mm. den büyük olamaz.
- Donatının beton örtüsü kalınlığı 5 cm. 'den az olmamalıdır.



Şekil 3.13. Tekil temel minimum şartlar

3.2.2.3 Tekil temel (Amerikan şartnamesi ACI)

Yük kombinasyonları:

$$P_{ult} = 1.4 \text{ DL}$$

$$P_{ult} = 1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ LL}$$

$$P_{ult} = 1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ WL} + 1.0 \text{ LL}$$

$$P_{ult} = 0.9 \text{ DL} + 1.6 \text{ WL}$$

$$P_{ult} = 1.2 \text{ DL} + 1.0 \text{ EL} + 1.0 \text{ LL}$$

$$P_{ult} = 0.9 \text{ DL} + 1.0 \text{ EL}$$

DL:Ölü yük (dead load) LL:Hareketli yük (liveload) WL:Rüzgar yükü (Wind load)

EL:Deprem yükü (Earthquake load)

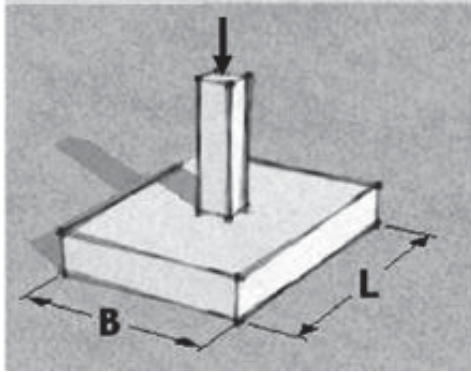
Gerekli temel alanı

Temel taban alanı $A_{req} (B \times L) = \text{Servis Yüğü} / q_e$

q_u (temel taban basıncı)

$q_u = \text{Kolondan etkiyen yük} / A_{req}$

$$q_u = \frac{P_{ult}}{A_{req}} \quad (3.79)$$



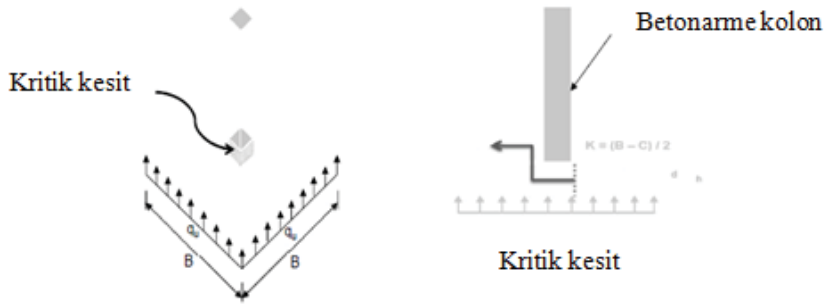
Şekil 3.14. Tekil temel

Tasarım esasları

Maksimum arttırılmış moment kritik kesitte hesaplanır.

Tekil temelde kritik kesit kolon yüzeyinde yer alır.

$$M_u = q_u B k^2 / 2 \quad k = (B - C) / 2 \quad (3.80)$$



Şekil 3.15. Tekil temel kritik kesit

Minimum donatı (A_{smin})

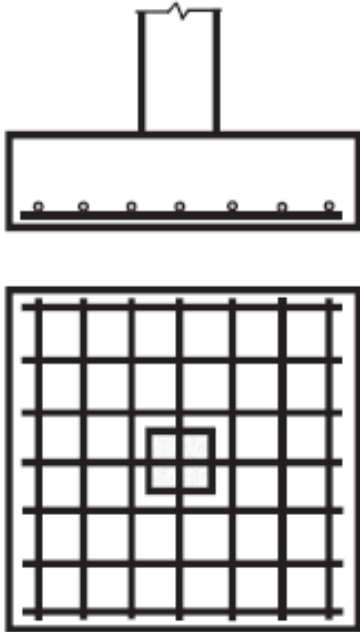
$$A_{smin} = 0.005Bd_{avg} \quad (3.81)$$

Maksimum donatı aralığı

$$3h \text{ veya } 18''$$

Donatı dağılımı

İki yönlü kare tekil temelerde donatı uniform olarak temelin tüm genişliği boyunca karşılıklı konur.



Şekil 3.16. Tekil temel donatı çizimi

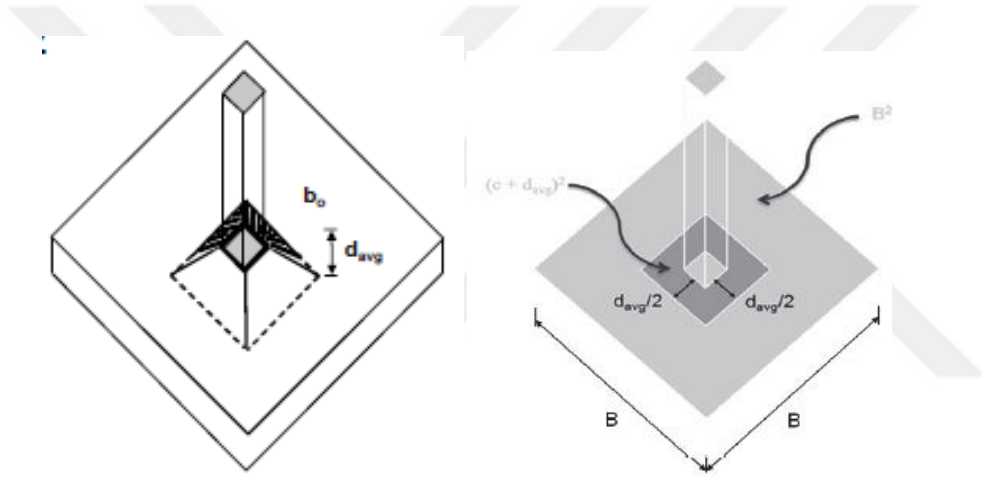
Kesme tasarım esasları

Temel kalınlığı (derinlik) kesme esaslarına göre belirlenir. Tekil temelde iki yönde hareket esastır. İki yönlü kesme genel olarak zımbalama dayanımı olarak adlandırılır. Tekil temellerde mesnet kesme kuvveti genellikle sorun oluşturmaz. Zımbalama dayanımı için kritik kesit kolon yüzeyinden $d/2$ mesafeden alınır.

Kritik Kesme kuvvetinin ' $d/2$ ' mesafede hesaplanması:

$$V_{up} = q_u B^2 - q_u (c + d_{avg})^2 \quad (3.82)$$

$$V_{up} = q_u \{B^2 - (c + d_{avg})^2\} \quad (3.83)$$

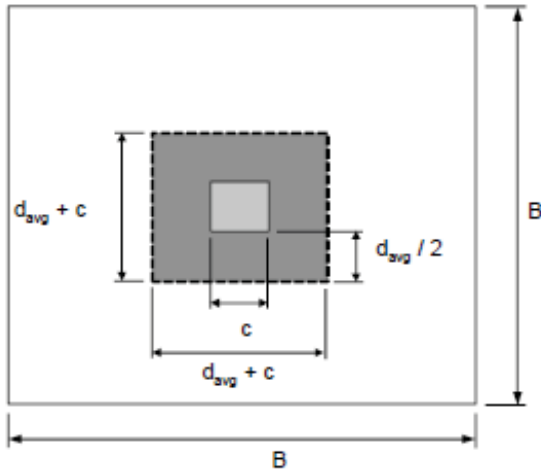


Şekil 3.17. Tekil temel kritik kesme kuvveti (Muhauwiss, 2015)

Zımbalama kesme dayanım kapasitesi (ΦV_{cp})

$$\Phi V_{cp} = \Phi 4 \sqrt{f'c} b_o d_{avg} \quad (3.84)$$

$$b_o \text{ Kritik kesme parametresi, } b_o = 4 \times (c + d_{avg}) \quad (3.85)$$



Şekil 3.18. Tekil temel kritik kesit (Muhauwiss, 2015)

ΦV_{cp} , V_{up} ye eşit ya da ondan büyük olmalıdır. Eğer $\Phi V_{cp} < V_{up}$, ise temel kalınlığı başka bir şeye bakılmaksızın artırılmalıdır.

Tasarım adımları:

1. Adım : Temel kalınlığı h tahmini olarak belirlenir.

Tahmini alınan temel kalınlığının gerekli kesme esaslarına uygun olup olmadığı irdelenir. (Min. Temel kalınlığı = 6 in.). Ayrıca 'd' belirlenir.

2. Adım : Hesaplanan Dolgu ağırlığı + Beton ağırlığı, W

$$W = W_{bet} + W_{dol} \text{ hesaplanır.} \quad (3.86)$$

3. Adım : Efektif Taşıma gücü, q_e hesaplanır.

$$Q_e = q_a - W \quad (q_a = \text{Zeminin kabul edilebilir taşıma kapasitesi}) \quad (3.87)$$

4. Adım : Temel tabanı hesaplanır, A_{req}

$$A_{req} = \text{service load} / q_e \quad (3.88)$$

5. Adım : Kritik kesme parametresi b_o hesaplanır.

$$B_o = 4 \times (c + d_{avg}) \quad (3.89)$$

6. Adım : Temel tabanında etkiyen yüklere bağlı olarak oluşan basınç hesaplanır. q_u

$$q_u = \text{Arttırılmış yük} / \text{taban alanı} \quad (3.90)$$

7. Adım : Zımbalama kesme kuvveti hesaplanır. V_{up}

$$V_{up} = q_u \{B^2 - (c + d_{avg})^2\} \quad (3.91)$$

8. Adım : Zımbalama kesme dayanımı kontrol edilir. ΦV_{cp}

$$\Phi V_{cp} = \Phi 4 \sqrt{f'c} b_o d_{avg} \quad (3.92)$$

$$\Phi V_{cp} \geq V_{up}$$

ΦV_{cp} değerinin V_{up} değerinden büyük ya da eşit olması gereklidir.

Eğer $\Phi V_{cp} < V_{up}$, ise temel kalınlığı arttırılır.

9. Adım : Maksimum moment hesaplanır. M_u

$$M_u = q_u B k^2 / 2, \quad k = (B - C) / 2 \quad (3.93)$$

10. Adım : Donatı Alanı hesaplanır, A_s

$$A_s = M_u / \Phi f_y (d - a/2), \quad a = 0.2 d_{avg} \quad (3.94)$$

11. Adım : Minimum donatı alanı tahkiki yapılır,

$$A_{smin} = 0.005 B d_{avg} \quad (3.95)$$

12. Adım : Donatı boyutları seçilir ve yerleştirilir.

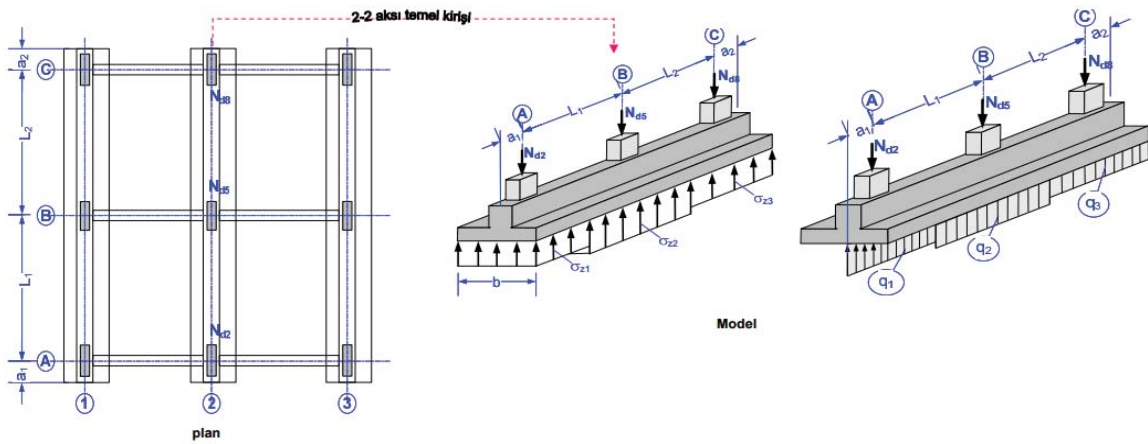
3.2.3 Sürekli temeller

3.2.3.1 Sürekli temellerin tasarımı TS500 (2000)

Artan kolon yükleri ve/veya azalan zeminin taşıma gücü ile planda temel boyutları artar ve temel pabuçları birbirine yaklaşır. Bu durumda sürekli temeller ortaya çıkar. Yüklerin büyük, temel pabuçlarının birbirine yakın olduğu durumlarda kolon altlarındaki temel pabuçları birleştirilerek sürekli temeller meydana gelir. Sürekli temel

zeminin uniform olmadığı, heterojen olduğu ve farklı oturma olasılığı yüksek olan durumlarda iyi bir çözümdür. Gerçek dağılımın, temelin deformasyon eğrisi ile zeminin deformasyonunu karşılaştıracak biçimde bulunması gerekir. Sürekli temellerin çözümünde en önemli esas, mümkün olduğunca çok yaklaşıklıkla zemin gerilmelerinin bulunmasıdır. İki kolon için düzenlenen sürekli temelin yeterli rijitliğe sahip olduğu durumda ise, zemin gerilmeleri tekil temellerde olduğu gibi hesaplanabilir.

Bir doğrultuda sürekli her temel birbirinden bağımsız davranış sergiler. Bağ kirişin görevi depremde sadece yatay yönde bir bütün gibi davranışı sağlamaktadır. Sürekli kiriş temellerin çözüm adımları aşağıda adımlar halinde belirtilmiştir.



Şekil 3.19. Sürekli temel

Adım 1:

Temel uzunluk ve genişliğin yaklaşık olarak seçilir. Burada temelin tabanında düzgün basınç dağılımını sağlamak için yüklerin bileşkesinin etkiye noktası ile temelin geometrik merkezi çakıştırılacaktır.

Şekil 3.19'daki kiriş tasarımından yararlanılarak;

$$q_1 = \frac{N_{d2}}{a_1 + \frac{L_1}{2}} \quad (3.96)$$

Formülden bulunan sayısal değerler sol kolun kenarındaki çıkma a_1 ve buna bağlı olarak sağ kolundaki çıkma a_2 konsol boyutları belirlenir. a_1 ve a_2 konsol boyutları olabildiğince $q'_1 \approx q'_2$ ve $q'_3 \approx q'_4$ olacak şekilde belirlenir.

$$B \geq \frac{\sum N}{L \cdot f_{zu}} \quad (3.97)$$

Fonksiyonuna göre temel genişlik belirlenir.

Adım 2:

Temel yüksekliğini zemindeki taban basıncında kullanılan neticesinde B kalınlık belirlenir.

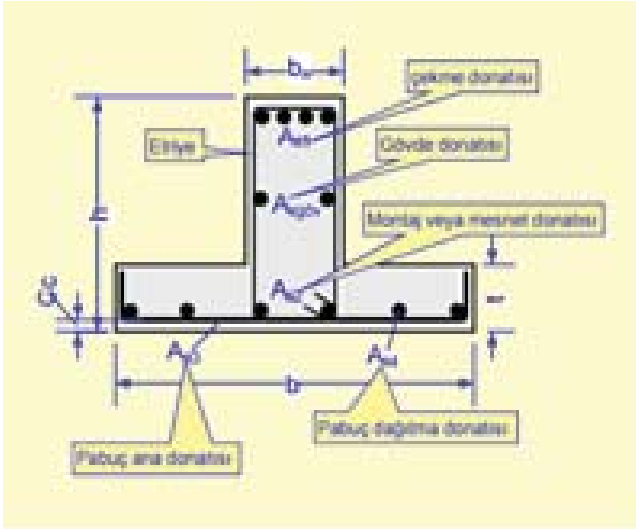
$$\sigma_z = \frac{\sum N}{L \cdot B} \quad (3.98)$$

Formülü neticesinde belirlenen kalınlık için taşıma gücü kontrolü yapılır.

$$\text{Taşıma gücü kontrolü } f_{zn} = f_{zu} - 18 \cdot H \quad (3.99)$$

formülü yardımıyla yapılır.

$f_{zn} > \sigma_z$ ise temel kalınlığı uygun olarak seçilmiştir.



Şekil 3.20. Sürekli kiriş donatı detaylandırması

Adım 3:

İç tesir hesaplarından bulmuş olduğumuz kesme kuvveti moment diyagramlarını değerlerini kullanılır.

Zeminin elastik davranış gösterdiğini kabul edilir.

Adım 4:

Zımbalama kontrolü yapılır.

$$b_1 = h + d \quad (3.100)$$

$$b_2 = b + d \quad (3.101)$$

Formüllerinden

$$A_p = b_1 \cdot b_2 \quad (3.102)$$

formülü ile $U_p = 2 \cdot (b_1 + b_2) \quad (3.103)$

formülü elde edilir.

$$V_{pd} = N_d - A_p \cdot \sigma_{zo} \quad (3.104)$$

$$V_{pr} = \gamma \cdot f_{ctd} \cdot u_p \cdot d \quad (3.105)$$

Formülleri $V_{pd} \leq V_{pr}$ sağlıyorsa zımbalama yönünde güvenlik sağlanmıştır.

Adım 5:

Kesme kuvveti kontrolü yapılır.

$$V_{dx} = \left(\frac{\sigma_{zmax} + \sigma_{zf}}{2} \right) \cdot \left(\frac{B_x - h}{2} \right) \cdot B_y \quad (3.106)$$

ve

$$V_{cr} = 0,65 \cdot f_{ctd} \cdot B_y \cdot d \quad (3.107)$$

Formülleri;

$V_{cr} > V_{dx}$ Sağlıyorsa kesme yönünde güvenlik sağlanmış olur.

Adım 6:

Minimum etriye için

$$A_{sw}/s = 0,3 \cdot b_w \cdot f_{ctd} / f_{ywd} \quad (3.108)$$

$$Ve \quad A_{sw}/s = (V_d - V_c) / (f_{ywd} \cdot d) \quad (3.109)$$

formüllerinden yararlanılarak donatı seçimi yapılır.

$$s = 2\phi_{\text{çap}} / (\text{minimum}) A_{sw}/s \quad (3.110)$$

Formülünden elde edilen s ile $\phi_{\text{çap}}/s$ bulunur.

Adım 7:

Eğilme güvenliği için donatıları belirlenir.

Önce kolon ekseninde hesaplanan mesnet momentlerinin azaltılarak, kolon yüzündeki hesap momentlerini bulunur.

$$M'_d = M_d - V_d (a)/3 \quad (3.111)$$

Kolon yüzündeki mesnet momentleri bu formülle hesaplanır.

Açıklıklar için;

$$(Tablalı kesit j \approx 9 \text{ için}) \quad a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2M_d}{0,85f_{cd}B}} \quad (3.112)$$

$$\text{Formülünü} \quad A_s = \frac{M_d}{f_{yd}(d-\alpha/2)} \quad (3.113)$$

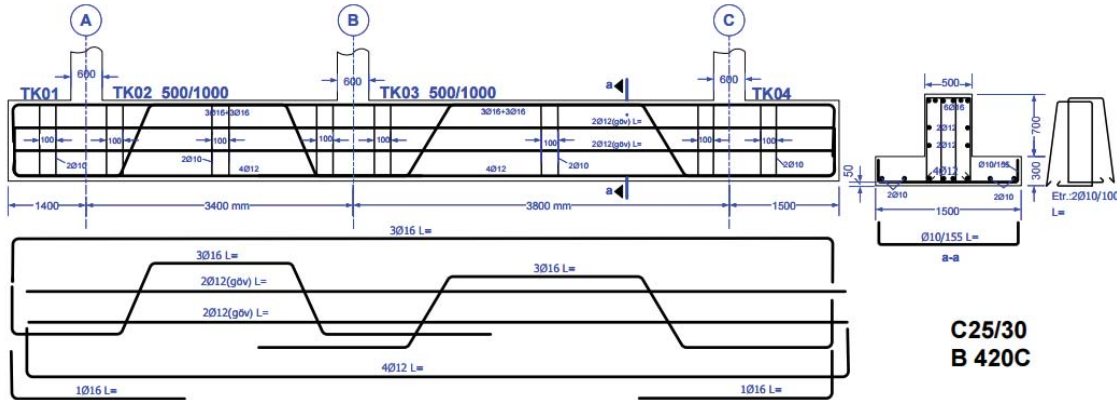
formülü için kullanılarak A_s değeri elde edilir. Bu değer $A_s < \min A_s$ koşuluna göre donatı seçimi yapılır.

Mesnetler için ise;

Üstteki formüller kullanılarak aynı koşulu sağlayarak donatı seçim yapılır.

$$\text{Bulduğumuz moment değerlerini de kullanarak } K = b_w d^2 / M_d \quad (3.114)$$

formülünü kullanarak altta montaj donatısı hesabı yapılır.



Şekil 3.21. Sürekli temellerin donatılandırılması

3.2.3.2 Sürekli temeller (Amerikan şartnamesi ACI 31814)

Yük kombinasyonları:

$$P_{ult} = 1.4 DL$$

$$P_{ult} = 1.2 DL + 1.6 LL$$

$$P_{ult} = 1.2 DL + 1.6 WL + 1.0 LL$$

$$P_{ult} = 0.9 DL + 1.6 WL$$

$$P_{ult} = 1.2 DL + 1.0 EL + 1.0 LL$$

$$P_{ult} = 0.9 DL + 1.0 EL$$

DL:Ölü yük (dead load) LL:Hareketli yük (liveload) WL:Rüzgar yükü (Wind load)

EL:Deprem yükü (Earthquake load)

Tasarım adımları:

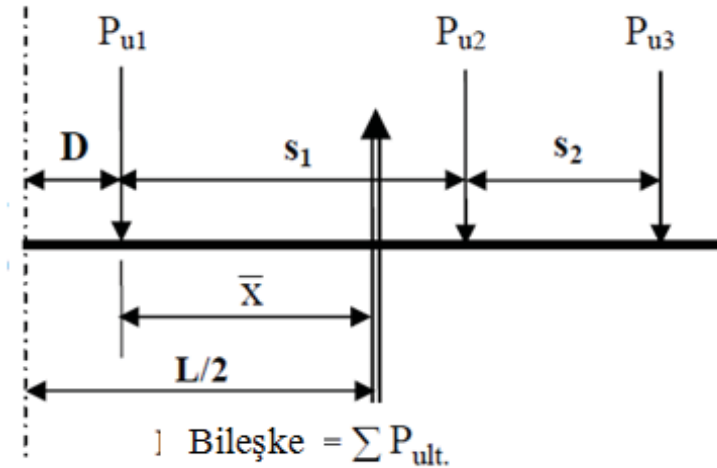
Nihai yüklerin belirlenmesi

İzin verilebilen yük: $\Sigma P = P_1 + P_2 + P_3$;

Nihai yük: $\Sigma p_{ult.} = P_{u1} + P_{u2} + P_{u3}$;

$$\text{Nihai oturma } (r_u) = \frac{\Sigma P_{ult.}}{\Sigma P}$$

Nihai uygulanan basınç (q_u) veya $q_{all}(\text{arttırılmış})$: $q_u = q_a \dots \dots \dots (r_u)$



Şekil 3.22. Sürekli temel yükler (Muhauwiss, 2015)

Temel basınç dağılımı:

Uniform zemin basıncı olduğunda temel uzunluğu L belirlenir. Bu nedenle bileşke aşağıda görüldüğü gibi $L/2$ noktasında olur.

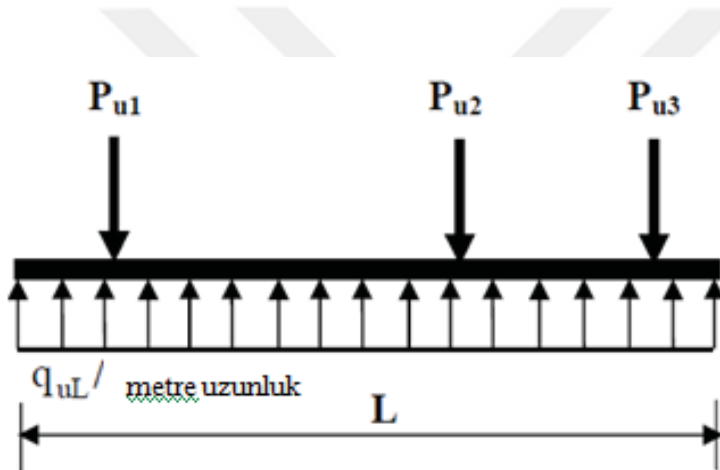
Kolondaki moment alınır.(1):

$$\Sigma M_{col} \dots (1) = 0$$

$$P_{u2} \cdot s_1 + P_{u3} \cdot (s_1 + s_2) = \Sigma P_{ult} \dots \dots (x) \quad (3.115)$$

$x=?$

$$\text{Temel uzunluğu: } L = 2(D+x) \quad (3.116)$$



Şekil 3.23. Temel basınç dağılımı (Muhauwiss, 2015)

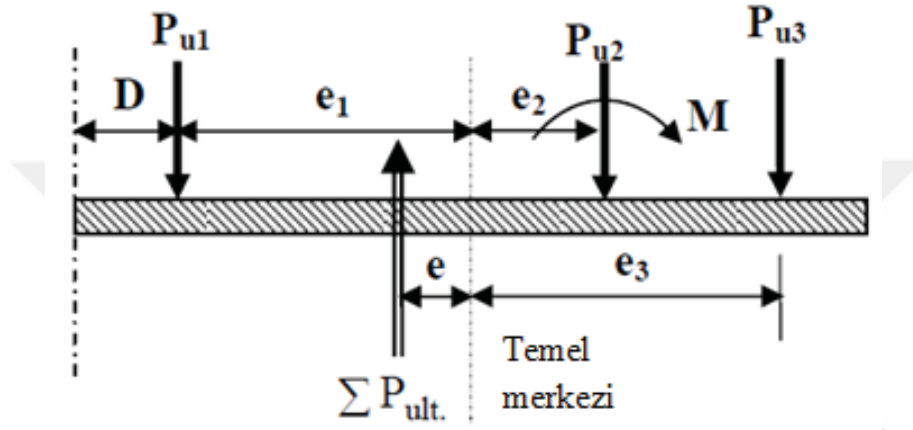
$$\text{Nihai zemin basıncı } (q_{ul}) = \frac{\Sigma P_{ult}}{L}$$

$$\text{Temel genişliği: } B = \frac{q_{ul}}{q_{all}(\text{arttırılmış})}$$

Not: Eğer bir kolon eğilme momentine maruz kalırsa, hesapta moment etkisi aşağıdaki şekilde alınır. Böylece temelin merkezi ile bileşke kuvvetin etkidiği noktanın örtüşmesine çalışılır. ($e=0$ olacak şekilde (L) seçilir.)

$$e = \frac{P_{u2}.e_2 + P_{u3}.e_3 + M - P_{u1}.e_1}{\sum P_{ult}} \quad (3.117)$$

ve $L = 2(D + e_1 - e) \quad (3.118)$



Şekil 3.24. Temel moment ve yükler (Muhauwiss, 2015)

Ancak, eğer etkiyen kuvvetlerin bileşkesi temel merkezinden geçmezse, zemin basıncı uniform olmaz ve şu şekilde belirlenir;

$$q_{\max/\min} = \frac{\sum P}{B.L} \left[1 \pm \frac{6e}{L} \right] \dots\dots\dots e \leq \frac{L}{6} \text{ için} \quad (3.119)$$

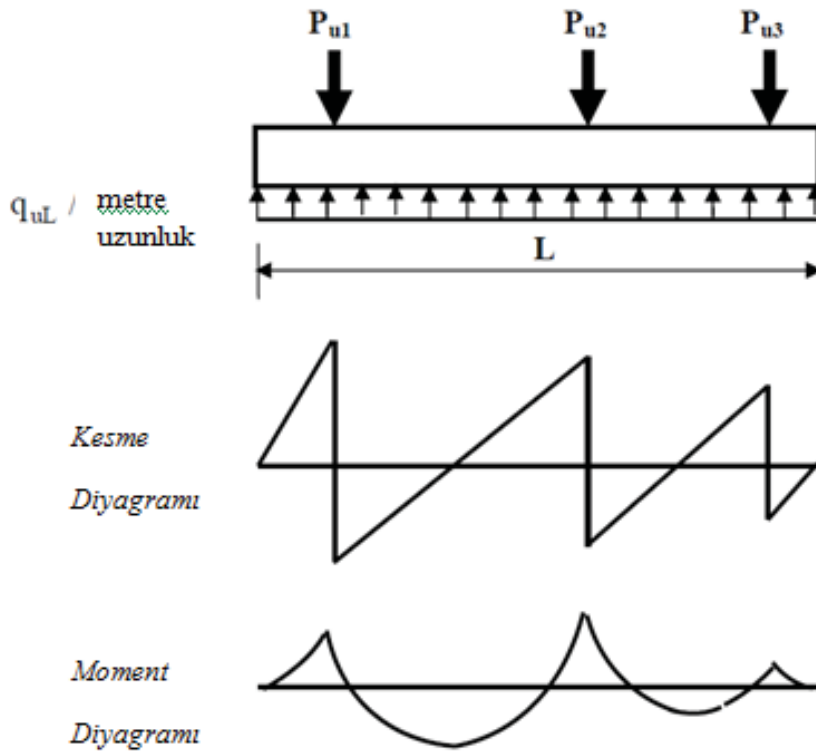
veya

$$q_{\max} = \frac{2\sum P}{3\left(\frac{L}{2} - e\right)} \dots\dots\dots e > \frac{L}{6} \text{ için} \quad (3.120)$$

Tahkikler:(a) Taşıma Kapasitesi [S.F. ≥ 3.0](b) Oturma [$S \leq S_{\text{dayanım}}$].**Kesme ve moment diyagramlarının çizilmesi**

$$V = \text{yük alanı} = 0 \int_0^x q \cdot dx \quad (3.121)$$

$$M = \text{kesme alanı} = 0 \int_0^x V \cdot dx \quad (3.122)$$

**Şekil 3.25.** Kesme ve moment diyagramı (Muhauwiss, 2015)

- Negatif moment için donatı yukarıda kullanılır.
- Pozitif moment için donatı aşağıda kullanılır.

Temel kalınlığının belirlenmesi:

- (i) **Kolon yüzeyinden (d) mesafesinde tek yönlü veya kiriş eni yönünde kesme tahkiki:**

$$v_{c \text{ all}} = 0.17 \phi \sqrt{f'c} \quad (3.123)$$

$$\phi = 0.75 ; \quad v_{c \text{ actual}} = \frac{V}{d} \quad (3.124)$$

Sağ taraftan:

$$V = q_{av} \cdot L_1 \quad (3.125)$$

$$q_{av} = \frac{q_{\max} + q_1}{2} \quad (3.126)$$

ve

$$L_1 = \frac{L - b_1}{2} - d \quad (3.127)$$

Sol taraftan:

$$V = q_{av} \cdot L_2 \quad (3.128)$$

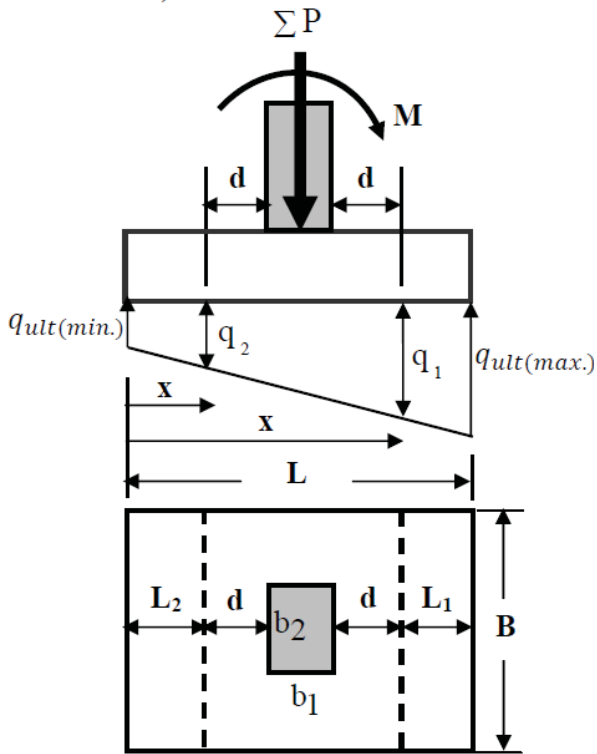
$$q_{av} = \frac{q_{\min} + q_2}{2} \quad (3.129)$$

ve

$$L_2 = \frac{L - b_1}{2} - d \quad (3.130)$$

$$\text{Burada:} \quad q_1, q_2 = q_{\min} + (q_{\max} - q_{\min}) \frac{x}{L} \quad (3.131)$$

$v_{c \text{ actual}} = v_{c \text{ all}}$ olacak şekilde düzenlenip (d) için çözülür.



Şekil 3.26. Kesme alanı (Muhauwiss, 2015)

(ii)Kolon yüzeyinden $(d/2)$ mesafede iki Yönlü veya Zımbalama dayanımı tahkiki:

$$v_{call} = 0.17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \phi \sqrt{f'c} \dots\dots\dots(a) \quad (3.132)$$

$$v_{call} = 0.083 \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \phi \sqrt{f'c} \dots\dots\dots(b) \quad (3.133)$$

$$v_{call} = 0.33 \phi \sqrt{f'c} \dots\dots\dots(c) \quad (3.134)$$

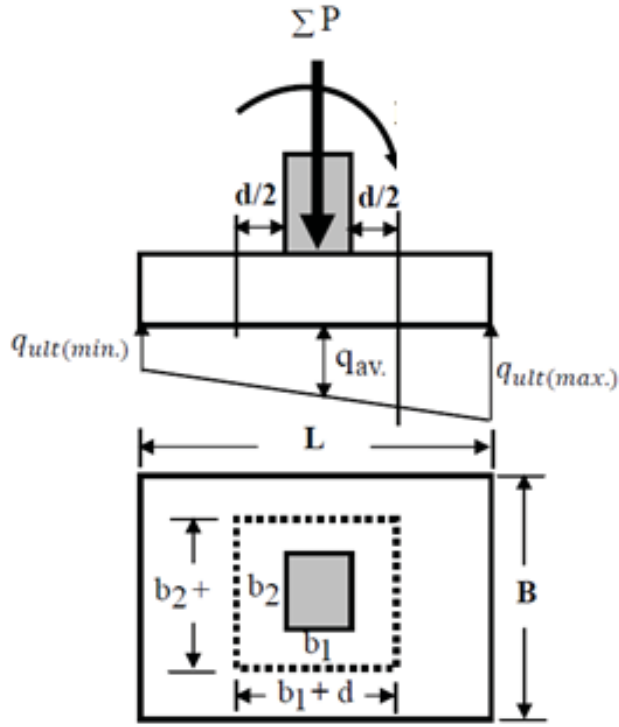
(a), (b), (c) den değeri küçük olanı alınır.

$$B = \frac{\text{kolon boyu}}{\text{kolon genişliği}} = \frac{b_1}{b_2} \quad \text{veya} \quad \frac{b_2}{b_1}, \phi = 0.75$$

$\alpha_s = 50$ cm köşe kolonlar için,

= 75 cm kenar kolonlar için,

= 100 cm iç kolonlar için.



Şekil 3.27. Zımbalama alanı (Muhauwiss, 2015)

- **Kare kolon için:**
$$v_{cactual} = \frac{q_{av} [A_f - (b+d)^2]}{4(b+d)d} \quad (3.135)$$

- **Dikdörtgen kolon için:**
$$v_{cactual} = \frac{q_{av} [A_f - (b_1+d)(b_2+d)]}{(2(b_1+d)+2(b_2+d))d} \quad (3.136)$$

$$q_{av} = \frac{q_{max} + q_{min}}{2} \quad (3.137)$$

$v_{cactual} = v_{c all}$ olarak (d) için çözülür ve (i) ve (ii) den büyük değere sahip olan alınır.

Gerekli Donatı miktarının her farklı yön için belirlenmesi

i) Uzun yönde donatı miktarı:

Kolon yüzeyinin sağ ve sol yanından momentler hesaplanır ve maksimum olanı dizayn için esas alınır.

(a) Moment sağ kenardan:

$$M_{u(1-1)R} = M_1 + M_2 \quad (3.138)$$

$$M_1 = \frac{q_1 \cdot x_1^2}{2} ; \quad (3.139)$$

$$M_2 = \frac{(q_{\max} - q_1)}{2} \quad (3.140)$$

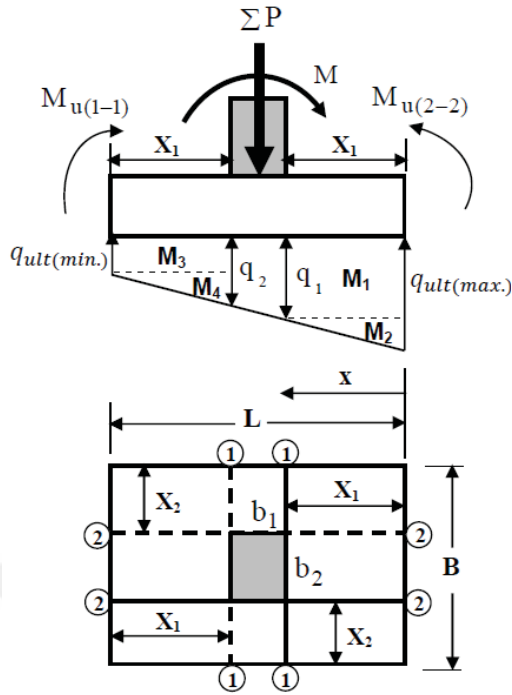
ve $x_1 = \frac{L - b_1}{2} \quad (3.141)$

(b) Moment sol kenardan:

$$M_{u(1-1)L} = M_3 + M_4 \quad (3.142)$$

$$M_3 = \frac{q_{\min} \cdot x_1^2}{2} \quad (3.143)$$

$$M_4 = \frac{(q_2 - q_{\min})}{2} x_1 \frac{x_1}{3} \quad (3.144)$$



Şekil 3.28. Taban moment etkisi (Muhauwiss, 2015)

$$A_{s(1-1)} = \frac{\max.(Mu(1-1)R \text{ veya } Mu(1-1)L)}{0.9f_y \cdot 0.9d} \quad (3.145)$$

$$A_{smin} = \rho_{min} b \cdot d \quad (3.146)$$

ρ_{min} ; $1.4/f_y$ veya $0.25\sqrt{f_c}/f_y$ den en büyüğüdür.

$$A_{smin(ısı\&büzülme)} = 0.0020 b t \dots\dots\dots f_y < 420 \text{ Mpa için.}$$

$$= 0.0018 b t \dots\dots\dots F_y = 420 \text{ Mpa için.} \quad (3.147)$$

$$= \frac{0.0018 \times 420}{f_y} b t \dots\dots\dots F_y > 420 \text{ Mpa için.} \quad (3.148)$$

$$T = d + \frac{db}{2} + \text{pas payı} \quad (3.149)$$

$A_{s(1-1)}$ ile A_{smin} kıyaslanarak büyük olan değer tasarımda esas alınır.

$$A_{s \text{ total(uzun yön)}} = (A_{s(1-1)} \text{ veya } A_{smin}) \times B \quad (3.150)$$

ii) Kısa yönde donatı miktarı:

$$M_{u(2-2)} = \frac{q_{av}.x_2^2}{2} \quad (3.151)$$

$$q_{av} = \frac{q_{max}+q_{min}}{2} \quad (3.152)$$

$$x_2 = \frac{B-b_2}{2} \quad (3.153)$$

$$A_{s(2-2)} = \frac{M_{u(2-2)}}{0.9f_y.0.9d} \quad (3.154)$$

$A_{s(2-2)}$ ile A_{smin} kıyaslanarak büyük olan değer tasarımda esas alınır.

$$A_{s \text{ total(kısa yön)}} = (A_{s(2-2)} \text{ veya } A_{smin}) \times L \quad (3.155)$$

Donatı dağıtılması ve donatı aralığı:

i) *Donatı uzun yön:*

Kare ve dikdörtgen temeller için uzun yön doğrultusunda donatı belirlenmesi aşağıdaki şekildedir:

$$\text{Donatı çubuk sayısı : } N = \frac{A_{stotal} (\text{uzunyön})}{\text{çubukalanı}} \quad (3.156)$$

$$\text{Donatı aralığı (c/c)} = \frac{B-15\text{cm (paspayı)}}{N-1} \quad (3.157)$$

ii) *Donatı kısa yön:*

Kare temel için: Uzun yöndeki donatı miktarı ile aynı.

Dikdörtgen temel için: $A_{stotal} (\text{kısa yön})$ % lik kısmı B mesafesinde

$$S\% = \frac{2}{\left(\frac{L}{B}\right)+1} \quad (3.158)$$

ve kalan kısmı uniform olarak her yönde

$$\left(\frac{L-B-15\text{cm}}{2}\right) \quad (3.159)$$

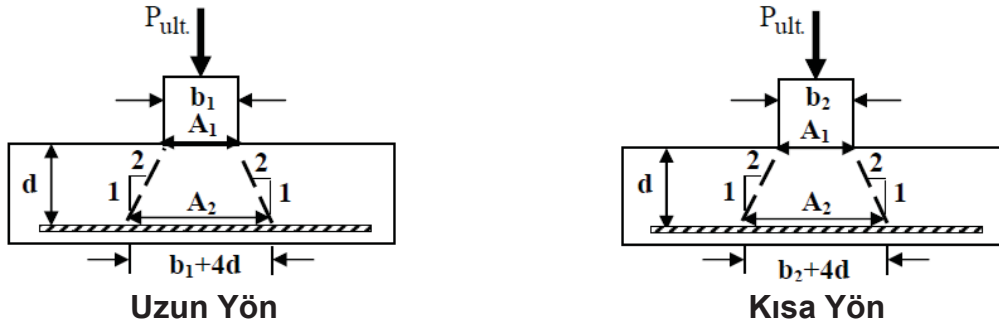
mesafesi arasında yerleştirilir.

Kolon ve temel arasındaki temas basıncı zımbalama dayanımının tahkiki:

$$f_{c(\text{actual})} = \frac{P_{\text{ult}}}{A_1} \quad (3.160)$$

$$f_{c(\text{allowable})} = 0.85 \phi f'_c \sqrt{A_2/A_1} < 0.85 \phi f'_c ; \quad (3.161)$$

$$\phi=0.65 \text{ ve } \sqrt{A_2/A_1} \leq 2.0 \text{ iken} \quad (3.162)$$



Şekil 3.29. Sürekli temel uzun ve kısa yön temas ve projeksiyon alanı (Muhauwiss)

$A_1 = \text{Temas alanı (veya kolon alanı)} = b_1 \times b_2$, $A_2 = \text{projeksiyon alanı} = (b_1 + 4d)(b_2 + 4d)$

Not: Eğer $f_{c(\text{uygulanan})} > f_{c(\text{dayanım})}$:

- 1- Kolon kesitinin büyütülmesi gerekli.
- 2- Aşırı yük için çelik çivi tasarımı gereklidir.

$$A_{s \text{ çelikçivi}} = \frac{(f_{c(\text{actual})} - f_{c(\text{allowable})})A_1}{0.9f_y} \quad (3.163)$$

Çelik çivi tasarımı

Minimum çelik çivi sayısı = 4 (kare ve dikdörtgen kolonlar için)

Minimum A_s (çelik çivi) = 0,005 A_1

A_1 = kolon alanı iken

3.2.4 Radye temeller (TS500)

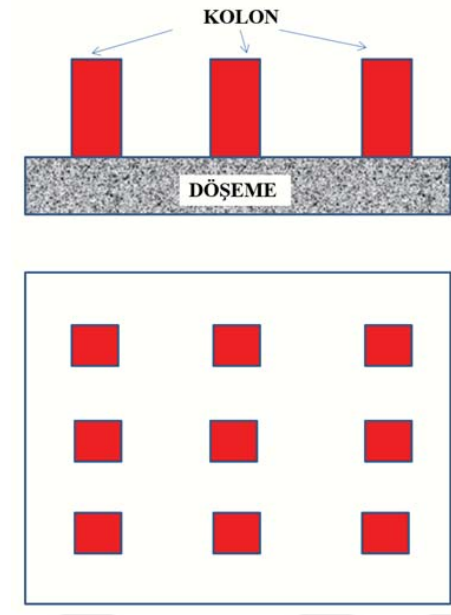
Yapı ağırlığının büyük olduğu ve/veya zeminin taşıma gücünün oldukça düşük olduğu durumda, tüm yapının altına tek bir plak yapılması gerekli olabilir. Radye temel, üstten gelen yapı yüklerini tüm yapı alanından tabii zemin tabakasına aktaran bir plak döşemidir. Bu temelde tüm alan temel görevi görür. Zeminin taşıma kapasitesinin düşük veya yapı yüklerinin ağır olduğu durumlarda kullanılır. Taban basıncı dağılımı gerçek durumu temsil etmez. Bu nedenle gerek rijit yöntem ve gerekse esnek yöntem ile yapılan hesaplar yaklaşık olmaktadır.

Zemin taşıma kapasitesinin yeterli olmadığı, tekil temel alanının yapı alanının yarısından fazlasını kapladığı durumlarda kullanılır. Yüzeysel temellerin bina oturma alanının % 50 den fazlasını kaplaması durumunda temel daha ekonomik olur.

Radye temel tipleri aşağıda verilmiştir.

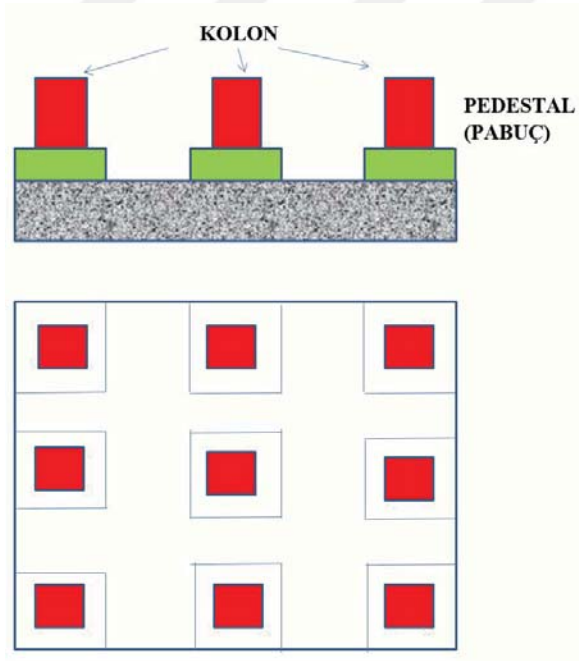
Düz Döşeme (Kirişsiz) Radye Temel: Kolon aralıklarının nispeten eşit ve kolon yüklerinin çok fazla olmadığı durumlarda düşünülebilir. Düz radyede radye kalınlığı tipik olarak 0.5-1.5 m. arasında değişebilir.

İnşası açısından en basit olan kolonların doğrudan düz plağın üzerine mesnetlenmesidir. Kirişsiz plak temel olarak adlandırılan bu durum ters dönmüş kirişsiz döşemeye benzemektedir. Bu tip radye temellerde, kolon tabanı çevresinde zımbalama önemli bir sorun olarak ortaya çıkar. Temel plağındaki etkileri azaltmak amacıyla kolonlar temel kirişleriyle bağlanarak arada plak temel yapılır. Bu kirişli plak temel de ters dönmüş kirişli plak döşemelere benzemektedir. Bu durum kesit etkileri bakımından daha uygun olmasına karşın kalıp işçiliği ve beton dökümü açısından güç ve maliyetlidir. Ayrıca, bodrum katın kullanımı sırasında kirişlerin bodrum döşemesi açısından olumsuzluğu da söz konusudur. Zemin gerilmelerinin düzgün yayılı olarak ortaya çıkmasını sağlamak için temel plağının ağırlık merkezini düşey yüklerin bileşkesine yaklaştırmak uygundur. Üst yapının plandaki bir takım küçük girinti çıkıntılarına uymadan temeli mümkün mertebe basit dikdörtgen şeklinde oluşturmak faydalıdır.



Şekil 3.30. Uniform kalınlıkta düz döşeme (Tuncan, 2019)

Kolon yüklerinin büyük olduğu hallerde, kolon altlarında plak üstten veya alttan kalınlaştırılabilir.



Şekil 3.31. Kolon altlarında kalınlaştırılmış düz döşeme (Tuncan, 2019)

3.2.4.1 Radye temellerin taban basınçlarının hesabı

Boyutlandırmada en önemli esas zemin gerilmelerinin hesaplanmasıdır. Çok katlı düzgün çerçeve sisteminde düşey yüklerin ağırlık merkezi temel plağının ağırlık merkezine yakın oluşuyorsa ve özellikle temel plağı kalın ise, zemin gerilmelerini, kolon momentlerine bakılmaksızın, sadece düşey kuvvetlerden hesaplamak uygun olur.

$$q = \frac{\Sigma N}{\text{temel alanı}} \quad (3.164)$$

Temelin ağırlık merkezi ile düşey yüklerin bileşkesi arasındaki dışmerkezlilik hesaba katılarak iki doğrultuda değişen zemin gerilmeleri hesaplanır.

Yayıllı temellerin yapısal boyutlandırma yöntemleri

Yayıllı temeller için birçok hesap yöntemi mevcuttur. Bunları şu şekilde sıralayabiliriz.

Geleneksel yöntemler:

- Geleneksel Rijit Yöntem:** Yayıllı temelin şeritlere bölünüp birleşik temel gibi analiz edildiği yaklaşık yöntemdir. Bu yöntem yayıllı temelin çok rijit olduğu zamanlarda, kolon yüklerinin üniform dağıldığı ve kolonların temel alanına üniform yerleştirildiği zamanlarda kullanılır. Bu yöntem keyfi yaklaşımların ve kabullerin çokluğu ve geliştirilen bilgisayar programlarının kolayca kullanılabilirliği yüzünden tavsiye edilmemektedir.
- Yaklaşık Esnek Yöntem:** Bu yöntem ACI Committee 336 (Birleşik Temeller ve Liman Temelleri) tarafından önerilmeye devam etmektedir. Fakat yoğun ve karışık hesapların bolluğu, bunun sonucunda da kolayca hata yapılabilmesi bu yöntemin kullanılmamasının tavsiye edilmesine neden olmaktadır.

Bilgisayar yöntemleri:

Bunlarda yayıllı temel elemanlara ayrılır ve elle yapılması mümkün olmayan hesaplar bilgisayar yardımıyla yapılır.

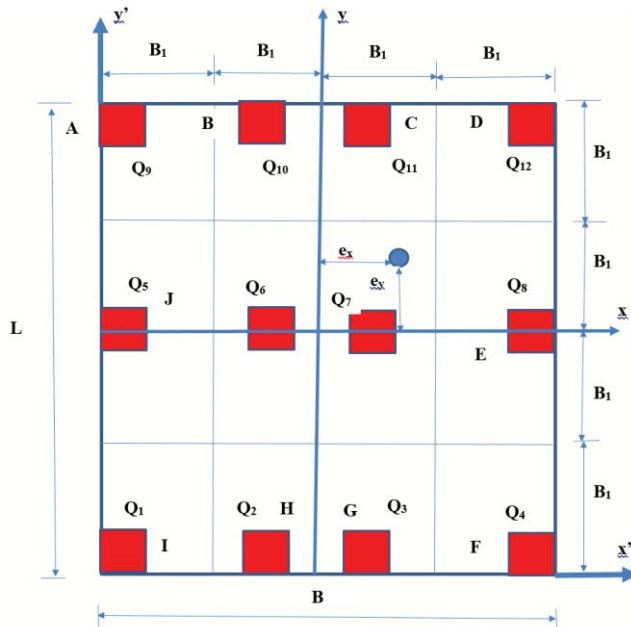
- Sonlu Farklar Yöntemi (Finite Difference Method- FDM)
- Sonlu Elemanlar Yöntemi (Finite Element Method- FEM)
- Sonlu Şebeke Yöntemi (Finite Grid Method- FGM)

Verilen bir problemin sonlu elemanlar yöntemi ile çözümü için sırası ile aşağıdaki işlemlerin uygulanması gerekir.

1. Cismi bir sonlu elemanlar sistemi halinde “parçalama”
2. Cismi temsil eden elemanların herbirinin direngenlik matrisi ve diğer özelliklerinin çıkarılması.
3. Direngenlik matrisi $[K]$ ve “tümel kuvvet vektörü” $\{P\}$ toplama işlemi
4. $\{\delta\}$ belirlemek için belirlenmiş sınır şartlarıyla $[K] \cdot \{\delta\} = \{P\}$ denkleminin çözülmesi
5. Hesaplanan düğüm yer değiştirmelerinden $\{\delta\}$ elemanların zorlanmalarının ve gerilmelerinin hesaplanması

Uygulamada ve mühendislik problemlerinde genellikle büyük $[K]$ matrisleri doğar. Bu nedenle çözüm için bilgisayar kullanımı şart hale gelir. Yapılan işlemleri otomatik hale getirmek için yazılımlar oluşturulabilir. Gerçekten sonlu elemanlar yöntemi otomatik hesaplama ile birleştirilmekle, çözümü çok zor hatta olanaksız karmaşık fiziksel problemleri hassas olarak çözmekte çok etkin bir yöntem oluşturur.

Rijit metod



Şekil 3.32. BxL boyutunda radye temel (Tuncan, 2019)

$Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, \dots, Q_{12}$ Kolon yükleridir.

Toplam Kolon Yüğü $\sum Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8 + Q_9 + Q_{10} + Q_{11} + Q_{12}$

Kolon altlarında zemin basıncının belirlenmesi

$$q = \frac{\sum Q}{A} \pm \frac{M_y X}{I_y} \pm \frac{M_x Y}{I_x} \quad q_{\max.} \leq q_{em} \quad q_{\min} > 0 \quad (3.165)$$

$$A = B \times L \text{ (radye temel alanı)} \quad (3.166)$$

$$I_x = \frac{BL^3}{12} \text{ (x eksen boyunca temel atalet momenti)} \quad (3.167)$$

$$I_y = \frac{LB^3}{12} \text{ (y eksen boyunca temel atalet momenti)} \quad (3.168)$$

$$M_x = Qe_y \text{ (x eksen boyunca kolon yüklerinin momenti)} \quad (3.169)$$

$$M_y = Qe_x \text{ (y eksen boyunca kolon yüklerinin momenti)} \quad (3.170)$$

e_x (x yönünde eksantrite)

e_y (y yönünde eksantrite)

$$X' = \frac{Q_1 x'_1 + Q_2 x'_2 + Q_3 x'_3 + \dots + Q_{12} x'_{12}}{\sum Q} \quad e_x = X' - B/2 \quad (3.171)$$

$$Y' = \frac{Q_1 y'_1 + Q_2 y'_2 + Q_3 y'_3 + \dots + Q_{12} y'_{12}}{\sum Q} \quad e_y = Y' - L/2 \quad (3.172)$$

Radye temelin rijit metotla analiz ediliş edilemeyeceği aşağıda verilen (3.173) bağıntısı ile belirlenebilir.

$$B = \sqrt[4]{\frac{B_1 k}{4E_F I_F}} (\text{uzunluk})^{-1} \quad (3.173)$$

Eğer kolonlar arası mesafe $1.75/\beta$ değerinden kúçük ise rijit metot kullanılabilir.

Eğer kolonlar arası mesafe $1.75/\beta$ değerinden büyük ise esnek metot kullanılabilir.

Esnek metot

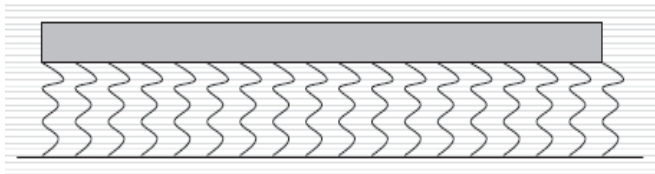
Esnek metotda temelin altında sonsuz sayıda yay olduğu var sayılır. Bu Winkler Temel olarak bilinir. Olduğu varsayılan yayların elastik sabitleri, yatak katsayısı, k olarak bilinir.

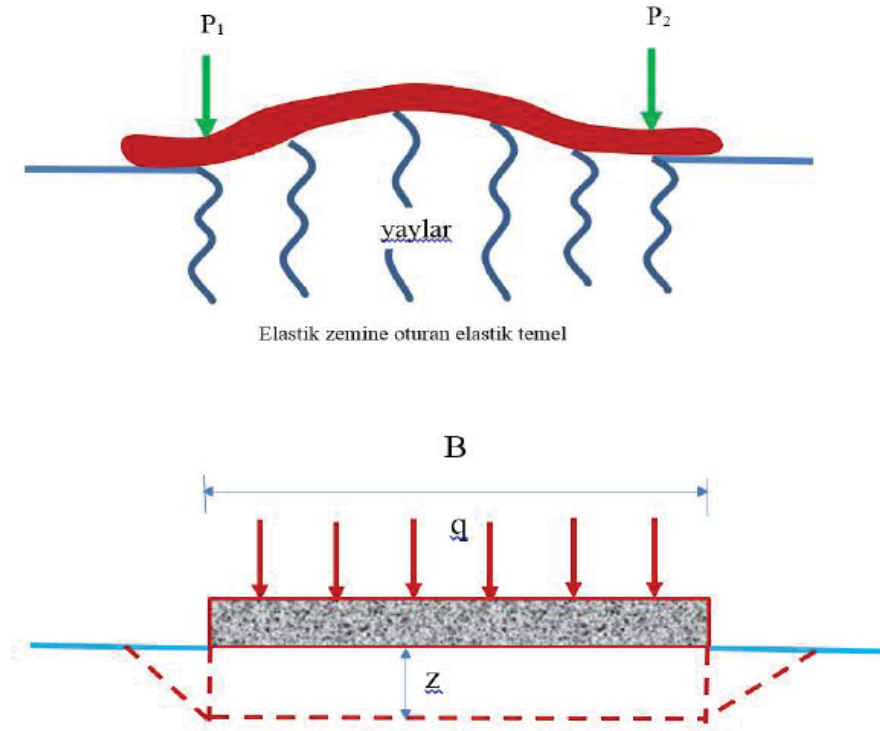
Winkler hipotezi

Zemin ve temel arasındaki ilişkiyi tarif etmek için “yaylar”, ilk kez 1867’de Winkler tarafından kullanılmış ve bu ilk yaklaşım “Winkler Yöntemi” olarak isimlendirilmiştir.

Winkler yönteminde zemin, düşey yönde birbirinden bağımsız hareket eden sürekli yaylar ile temsil edilir.

Çubuk elemanlar için tek doğrultuda uzanan yay gösterimi çoğunlukla “Elastik zeminler üzerine oturan kirişler yöntemi” olarak isimlendirilir.





Şekil 3.33. Winkler hipotezi (Tuncan, 2019)

B genişliğindeki bir temel q basıncı etkisinde kalırsa z oturmasını yapar.

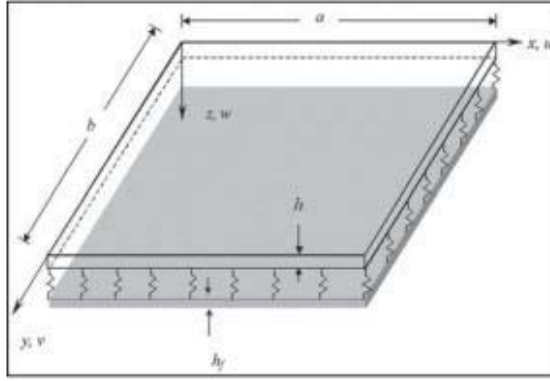
Bu durumda yatak katsayısı, $k=q/z$ (kN/m³) olur. (3.174)

Winkler hipotezinde var olduğu kabul edilen yaylar aralarında sürtünme olmadığı ve bağımsız oldukları kabul edilen yaylardır. Bu tür bir varsayım zemin içindeki kayma gerilmesini tamamen yok sayar. Fakat bu varsayım aslında hatalı ve yüzeysel bir varsayımdır. Yatak katsayısı varsayımı yapay bir kabuldür ve gerçek zemin-yapı etkileşimini yansıtmaz. Yatak katsayısı k, sabit olup temel zemininin fiziksel özelliklerine ve temel genişliğine, uzunluğuna ve derinliğine bağlıdır. Zeminin elastisite modülü ve temel derinliğindeki artış yatak katsayısını artırır.

Çizelge 3.4. Zemin-yatak katsayısı ilişkisi

Zemin Cinsi	Yatak katsayısı k (t/m ³)
Gevşek kum	800-2500
Orta sıkı kum	2500-12500

Sıkı kum	12500-37500
Suya doymun gevşek kum	1000-1500
Suya doymun orta sıkı kum	3500-4000
Suya doymun sıkı kum	13000-15000
Katı kil ($q_u=1-2 \text{ kg/cm}^2$)	1200-2500
Çok katı kil ($q_u=2-4 \text{ kg/cm}^2$)	2500-5000
Sert kil ($q_u>4 \text{ kg/cm}^2$)	>5000



Şekil 3.34. Elastik zemine oturan dikdörtgen plak

Elastik zemine oturan dikdörtgen plak: Elastik (Winkler-pasternak) zemine oturan dikdörtgen ve izotrop plağın denklemi:

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2\beta^2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \beta^4 \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} - KW - G\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \beta^2 \frac{\partial^2 w}{\partial y^2}\right) - Q = 0 \quad (3.175)$$

Şeklinde verilir. Burada β plak kenar boyutlarının oranıdır. Winkler zemin etkisi dikkate alınmadığı takdirde ilgili denklem:

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2\beta^2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \beta^4 \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} - KW - Q = 0 \quad (3.176)$$

Şeklinde olur. Elastik zemine (Winkler-Pasternak) oturan dikdörtgen ve izotrop plağın lineer olmayan hareket denklemleri ise şu şekildedir:

$$\frac{\partial^2 U}{\partial X^2} + \beta^2 \frac{(1-\nu)\partial^2 U}{2\partial Y^2} + \beta \frac{(1+\nu)\partial^2 V}{2\partial X\partial Y} + \left(\frac{\partial^2 W}{\partial X^2} + \beta^2 \frac{(1-\nu)\partial^2 U}{2\partial Y^2}\right) \frac{\partial W}{\partial X} + \beta^2 \frac{(1+\nu)\partial}{2\partial Y} \frac{W\partial^2 W}{\partial X\partial Y} = 0 \quad (3.177)$$

$$\beta^2 \frac{(\partial^2 V}{\partial Y^2} + \frac{(1-\nu)\partial^2 V}{2\partial X^2} + \beta \frac{(1+\nu)\partial^2 U}{2\partial X\partial Y} + \beta \left(\beta^2 \frac{(\partial^2 W}{\partial Y^2} + \frac{(1-\nu)\partial^2 W}{2\partial X^2}\right) \frac{\partial W}{\partial Y} + \beta \frac{(1+\nu)\partial}{2\partial X} \frac{W\partial^2 W}{\partial X\partial Y} - \frac{\partial W}{\partial Y} = 0 \quad (3.178)$$

$$\begin{aligned} & \frac{\partial^4 W}{\partial X^4} + 2\beta^2 \frac{\partial^4 W}{\partial X^2\partial Y^2} + \beta^4 \frac{\partial^4 W}{\partial Y^4} - 12\left(\frac{\partial U}{\partial X} + \beta\nu\frac{\partial V}{\partial Y} + \frac{1}{2}\left(\frac{\partial W}{\partial X}\right)^2 + \frac{1}{2}\beta^2\nu\left(\frac{\partial W}{\partial Y}\right)^2\right) \frac{\partial^2 W}{\partial X^2} - 12\left(\beta\frac{\partial V}{\partial Y} + \nu\frac{\partial U}{\partial X} + \right. \\ & \left. \frac{1}{2}\nu\left(\frac{\partial W}{\partial X}\right)^2 + \frac{1}{2}\beta^2\left(\frac{\partial W}{\partial Y}\right)^2\right) \left(\beta^2 \frac{\partial^2 W}{\partial Y^2}\right) - 12\left(\beta\frac{\partial U}{\partial Y} + \frac{\partial V}{\partial X} + \beta\frac{\partial W}{\partial X} \frac{\partial W}{\partial Y}\right)(1-\nu)\beta \frac{\partial^2 W}{\partial X\partial Y} + KW - G\left(\frac{\partial^2 W}{\partial X^2} + \beta^2 \right. \\ & \left. \frac{\partial^2 W}{\partial Y^2}\right) - 12(1-\nu^2)\frac{qa^4}{Eh^4} + \frac{\partial^2 W}{\partial r^2} + C\frac{\partial W}{\partial r} + m_r \frac{\partial^2 W}{\partial r^2} = 0 \end{aligned} \quad (3.179)$$

Arazi deneyleri ile yüzeyel temel tasarımı

Taşıma kapasitesini, taşıma kapasitesi bağıntıları ile bulabilmek için kayma mukavemeti parametrelerinin (c , ϕ) laboratuvar ortamında deneysel (üç eksenli, serbest basınç ve kesme kutusu vb.) olarak belirlenmesi gereklidir. Laboratuvar deneylerinin mümkün olmadığı durumda arazi deney sonuçları da kullanılabilir.

Standart penetrasyon deneylerine (SPT) göre taşıma kapasitesi

Standart penetrasyon direnci (N) ile serbest basınç ve kıvam arasındaki ilişki:

Çizelge 3.5. SPT sayısı serbest basınç direnci ilişkisi

SPT Sayısı (N)	Kıvamı	Serbest Basınç Direnci q_u (kN/m ²)

0-2	Çok yumuşak	0-25
2-5	yumuşak	25-50
5-10	Orta katı	50-100
10-20	katı	100-200
20-30	Çok katı	200-400
>30	sert	>400

Çizelge 3.6. SPT sayısı içsel sürtünme açısı direnci ilişkisi

SPT Sayısı (N)	Relatif Yoğunluk (Dr %)	İçsel Sürtünme açısı (ϕ)
0-5	0-5	26-30
5-10	5-30	28-35
10-30	30-60	35-42
30-50	60-95	38-46

$D_f < B$ için

$$q_u = 30 \text{ N (kPa)}$$

(Parry, 1977)

$$q_{em} = \frac{N}{100} \text{ (Mpa)}$$

$$\frac{N}{150} \text{ (su altında)}$$

(Tassias, 1983)

$$\phi^0 = 25 + 28 \left(\frac{N}{P_o} \right)^{1/2} \quad (3.180)$$

Konik penetrasyon deneylerine (CPT) göre:

Kuru kumdan oluşan bir zeminde maksimum 2.54 cm. oturmasına izin verilen bir temelin taşıma kapasitesi aşağıdaki şekilde hesaplanabilir. Temel alt seviyesinden itibaren temel genişliğine eşit bir derinlikte su bulunması durumunda taşıma kapasitesi, önerilen değerin yarısının alınması önerilir.

$$B < 1.2 \text{ için} \quad q_{em} = \frac{q_c}{15} \text{ (kPa)} \quad q_c \text{ (kPa)} \quad \text{Meyerhof (1956)} \quad (3.181)$$

$$B > 1.2 \text{ için} \quad q_{em} = \frac{q_c}{25} \left(\frac{3.28B_{temel} + 1}{3.28B} \right)^2 \quad (3.182)$$

$$\text{Kum} \quad \text{Şerit Temel} \quad q_u = 28 - 0.0052 (300 - q_c)^{1.5} \quad (3.183)$$

$$\text{Kum} \quad \text{Kare Temel} \quad q_u = 48 - 0.0052 (300 - q_c) \quad (3.184)$$

$$\text{Kum} \quad \text{Şerit Temel} \quad q_u = 2 + 0.2 \quad (3.185)$$

$$\text{Kil} \quad \text{Kare Temel} \quad q_u = 5 + 0.34 q_c \quad (3.186)$$

q_c : (kg/cm^2) temel seviyesinin (0.5 B) mesafe yukarısında ve (1.1 B) mesafe aşağısında bulunan bir bölgenin ortalama değeri olarak kullanılır.

Çizelge 3.7. Granüler zeminler için izin verilebilir ampirik taşıma kapasitesi (kPa)

Zemin cinsi	SPT (N)	B=1m	B=2m	B=4m
Çok sıkı kum ve çakıl	>50	600	500	400
Sıkı kum ve çakıl	30-50	350-600	300-500	250-400
Orta sıkı kum ve çakıl	10-30	150-300	100-300	100-250
Gevşek kum ve çakıl	5-10	50-150	50-100	50-100

Çizelge 3.8. Kohezyonlu zeminler için izin verilebilir ampirik taşıma kapasitesi (kPa)

Zemin cinsi	SPT (N)	B=1m	B=2m	B=4m
Sert kil	>300	800	600	400
Çok katı kil	150-300	400-800	300-500	150-250
Katı kil	75-150	200-400	150-250	75-125
Orta katı kil	40-75	100-200	75-100	50-75
Yumuşak kil	20-40	50-100	25-50	-----

Arazi yükleme deneyi ile:

Temellerin taşıma kapasitesi arazi yükleme deneyleri ile de belirlenebilir. Bunun için dairesel kesitli (15.24 cm.-76.2 cm çapları arasında) ve kare kesitli (30.48x30.48 cm) çelik plakalar kullanılır. Deney çukuru derinliği gerçek temel derinliğine kadar kazılır. Deney çukurunun genişliği, deney plakası genişliğinin en az 4 katı büyüklükte olmalıdır. Deney plakası temel çukuru tabanına yerleştirilir ve plakaya yükleme yapılır. Her yüklemede belli bir süre beklenir ve plakanın oturma değeri belirlenir. Plakanın oturma miktarı, ihmal edilebilecek kadar küçük seviyeye geldiğinde, diğer bir yük kademesine geçilir. Bu verilerle yük-oturma eğrisi çizilir. Yükleme deneyi ile zeminin taşıma kapasitesi yaklaşık olarak hesaplanabilir.

$$\text{Kil zeminler için;} \quad q_{u(\text{temel})} = q_{u(\text{plaka})} \quad (3.187)$$

$$\text{Kum zeminler için;} \quad q_{u(\text{temel})} = q_{u(\text{plaka})} \frac{B(\text{temel})}{B(\text{plaka})} \quad (3.188)$$

Kil zemin üzerinde inşa edilen bir temele ait taşıma kapasitesini yükleme deneyi sonuçlarına göre hesaplayan bir bağıntı (Housel, 1929) tarafından verilmiştir.

$$Q = Aq + Ps \quad (3.189)$$

Q: Temele etkiyen toplam yük

A: Temelin alanı

P: Temelin çevresi

q: Temelin altındaki sıkışma gerilmesi

s: Temelin çevresindeki birim kayma gerilmesi

q ve s bulunması gerekli iki bilinmeyen değerdir. Bu bilinmeyenler iki farklı boyutta plaka kullanılarak bulunabilir. Aşağıda verilen iki bağıntıdan q ve s bulunabilir.

$$Q_1 = A_1 q + P_1 s \quad (3.190)$$

$$Q_2 = A_2 q + P_2 s \quad (3.191)$$

Q_1 : bir nolu plakaya uygulanan yük

Q_2 : iki nolu plakaya uygulanan yük

Kum zemine ait Elastisite Modülü E_s (kN/m^2)=766 N

$E=2q_c$ (Kum) (Schmertmann, 1970)

$E=3q_c$ (Kum) (Trofimenkov, 1974)

$E=7q_c$ (Kil) (Trofimenkov, 1974)

N: SPT Sayısı q_c : statik koni penetrasyon direnci

Normal Konsolide Kil Zeminler için Elastisite Modülü:

$E_s = 250 c_u$ ile $500 c_u$ arasında değişebilir.

Aşırı Konsolide Kil Zeminler için Elastisite Modülü:

$E_s = 750 c_u$ ile $1000 c_u$ arasında değişebilir.

C_u : Drenajsız kohezyon

Kum zeminler için: $\frac{q_c}{N} = 400-600$ q_c : (kN/m^2)

Çakıl zeminler için: $\frac{q_c}{N} = 800-1000$ q_c : (kN/m^2)

3.2.5 Radye temeller (Amerikan şartnamesi ACI 31814)

3.2.5.1 Konvansiyonel rijit yöntem:

Bu yöntem genelde şu şartlarda kullanılır;

1. Radye plak çok kalın
2. Kolon yüklerindeki değişim ve aralık < 20%,

$$3. \text{ Kolon aralığı} < 1.75 \lambda, \quad \lambda = \sqrt[4]{\frac{k_s \cdot B}{4 \cdot E_s \cdot I}}; \quad (3.192)$$

k_s = yatak katsayısı

$$E_s = \text{Zemin elastisite modülü.} \quad I = \frac{B \cdot d^3}{12}, \quad (3.193)$$

ve d = Efektif zımbalama plak kalınlığı

Bu yöntemde, radye temel, çok sayıda kolon yükü olan, sürekli kiriş veya sürekli temel gibi düşünülür. Bu amaçla, radye plak kolon aksları yönünde şeritlere bölünür. Zemin basıncının uniform veya düzgün değiştiği ve radye plağının rijit olduğu kabul edilir.

3.2.5.2 Yaklaşık esnek yöntem

Bu yöntem, genelde kolonlar arası mesafe > 20% olduğunda kullanılır. Ancak kolonlar arası mesafeye bakılmaksızın da kullanılabilir. Plak, düz levha ve/veya kiriş olarak kabul edilir.

3.2.5.3 Ayrık yöntemler

Bu yöntemlerde, plak aşağıdaki gibi kafes, ızgara elemanlara bölünür;

1. Sonlu Farklar Yöntemi (FDM).
2. Sonlu Elemanlar Yöntemi (FEM).
3. Sonlu Kafes Yöntemi (FGM).

3.2.5.4 Radye temellerin konvansiyonel rijit yöntemle tasarım adımları:

i) Toplam kolon yükleri hesaplanır:

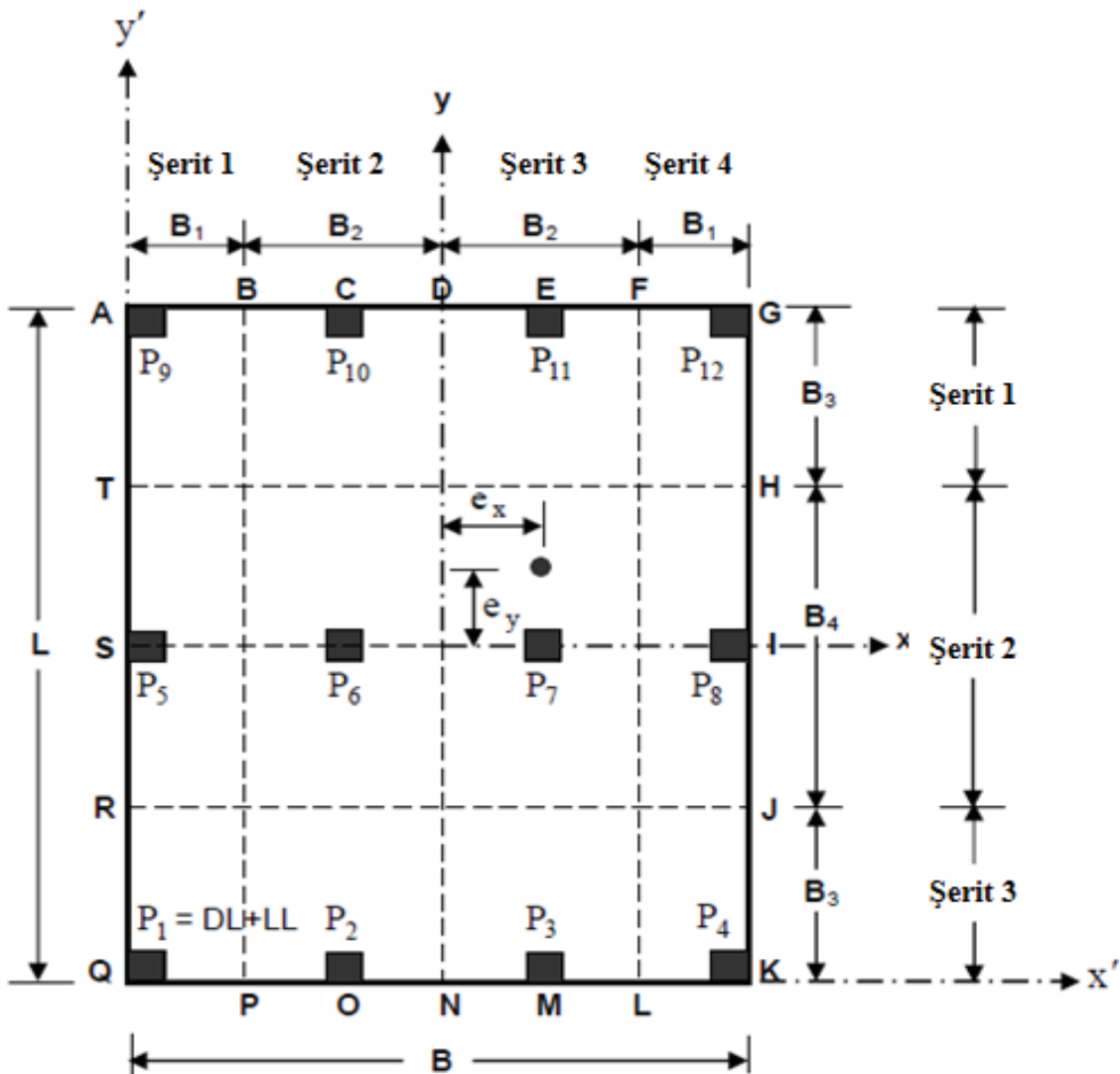
$$\Sigma P = (DL+LL)_{col.1} + (DL+LL)_{col.2} + (DL+LL)_{col.3} + \dots \quad (3.194)$$

$$P_{u1} = [1.2D.L + 1.6L.L]_{col.1} ; \quad (3.195)$$

$$P_{u2} = [1.2D.L + 1.6L.L]_{col.2} ; \quad (3.196)$$

$$P_{u3} = [1.2D.L + 1.6L.L]_{col.3} \quad (3.197)$$

$$\Sigma P_{ult} = P_{u1} + P_{u2} + P_{u3} + \dots \quad (r_u) \text{ veya } (L.F.) = \frac{\Sigma p_{ult}}{\Sigma P} \quad (3.198)$$



Şekil 3.35. Konvansiyonel rijit yöntemle radye temel tasarımı (Muhauwiss, 2015)

- ii) **x, y koordinatları kullanılarak, x, y yönlerinde e_x ve e_y eksantrisitelerinin belirlenmesi:**

$$x' = \frac{(P1+P5+P9)X'1+(P2+P6+P10)X'2+(P3+P7+P11)X'3+\dots}{\Sigma P} \quad (3.199)$$

$$e_x = x' \frac{B}{2} \quad (3.200)$$

$$y' = \frac{(P1+P2+P3+P4)y'1+(P5+P6+P7+P8)y'2+(P9+P10+P11+P12)y'3+\dots}{\Sigma P} \quad (3.201)$$

$$e_y = y' \frac{L}{2} \quad (3.202)$$

- iii) **Radye Temel altında oluşan zemin basınçlarının çeşitli noktalarda (A,B,C,D..) belirlenmesi:**

$$q = \frac{\Sigma P}{A} \pm \frac{M_y.X}{I_y} \pm \frac{M_x.Y}{I_x} \quad (3.203)$$

$$A=B L \quad (3.204)$$

$$I_x = BL^3/12 = x \text{ eksenini yönünde atalet momenti} \quad (3.205)$$

$$I_y = LB^3/12 = y \text{ eksenini yönünde atalet momenti} \quad (3.206)$$

$$M_x = \Sigma P.e_y = x \text{ eksenini yönünde yüke maruz kolonların momentleri} \quad (3.207)$$

$$M_y = \Sigma P.e_x = y \text{ eksenini yönünde yüke maruz kolonların momentleri} \quad (3.208)$$

x...ve... y = x ve y eksenini üzerinde seçilen noktalar

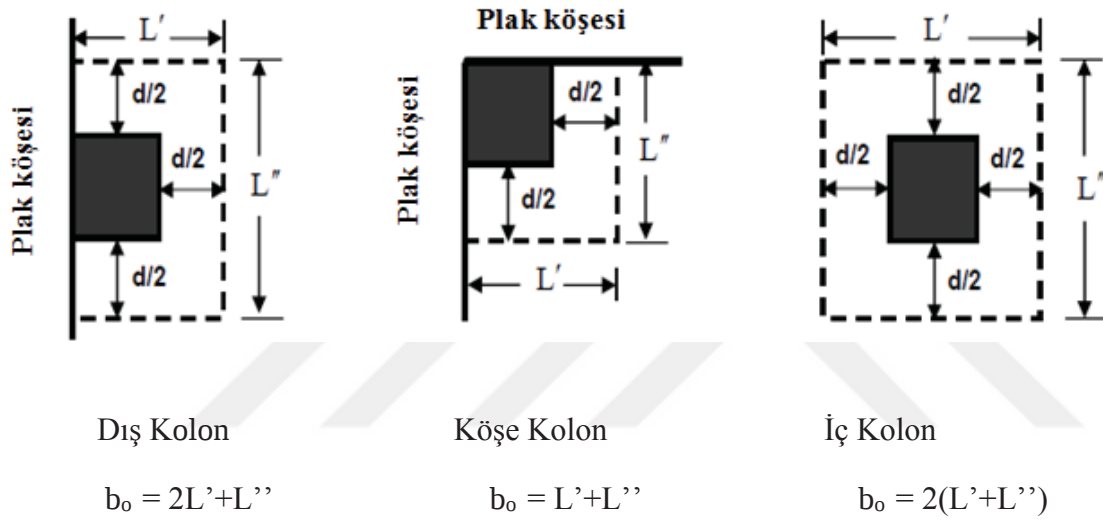
- iv) **Temel altında çeşitli noktalarda hesaplanan zemin basınç (q) değerlerinin izin verilen net zemin basıncı ($q_{all(net)}$) ile kıyaslanması**
 $q \leq q_{all(net)}$

- v) **Kolon yüzeylerinden (d/2) mesafede zımbalama göçme kontrolü yapılarak plak kalınlığı (d) nin belirlenmesi.**

$$v_{call} = 0.33 \phi \sqrt{f'c} \quad \phi = 0.75 \text{ iken} \quad (3.209)$$

$$v_{c \text{ act}} = \frac{P_{col.(L.F.)}}{b_o.d} \quad (3.210)$$

b_o değeri, radye temelin planı uyarınca kolonun bulunduğu yere göre değişen bir değerdir. Aşağıdaki şekilde belirlenir:



Şekil 3.36. Radye Temelerde Zımbalama Alanı (Muhauwiss, 2015)

- vi) **Radye temel, x ve y yönünde şeritlere bölünür.**

Örneğin, şekilde görüldüğü üzere, y yönünde 4 şerit B_1, B_2, B_2 ve B_1 ile x yönünde 3 şerit B_3, B_4 ve B_3 oluşturulur.

- vii) **Kesme (V) ve moment (M) diyagramları, x ve y yönünde oluşturulan şeritler için arttırılmış yükler kullanılarak çizilir.**

Örneğin, x yönünde (şerit JKQR) tabanın ortalama zemin basıncı:

$$q_{avg} = \frac{q_J + q_K + q_Q + q_R}{4} \quad (3.211)$$

q_J, q_K, q_Q, q_R : J,K,Q, ve R noktalarındaki zemin basıncı iken; 3. Adımda açıklandığı gibi bulunur.

$$\text{Toplam zemin etkisi} = q_{avg}(\text{Alan}) = q_{avg}(B_3 B) \quad (3.212)$$

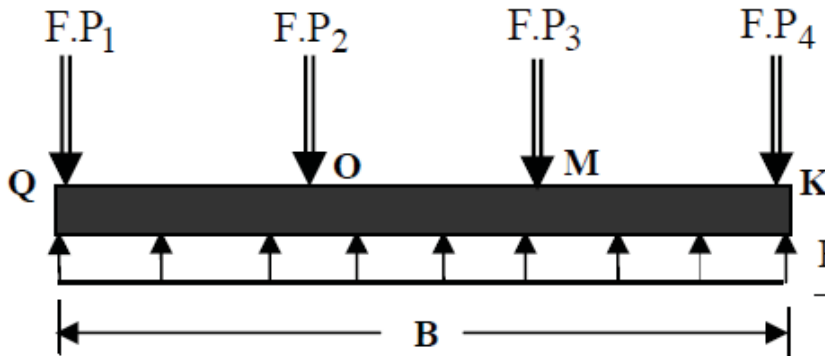
Ancak, şeritteki kolon yüklerinin toplamı $\Sigma P_{\text{şerit}} \neq q_{avg} B_3.B$, çünkü bitişik şeritler arasındaki kesme kuvveti toplama katılmamıştır. Bu yüzden zemin etkisi ve kolon yükleri aşağıdaki şekilde düzenlenmelidir:

$$\text{Ortalama yük (average load)} = \frac{q_{avg} B_3 B + \Sigma P_{\text{şerit}}}{2} \quad (3.213)$$

$$\text{Yük modifiye faktörü: } (F) = \frac{\text{Ort.yük}}{\Sigma P_{\text{şerit}}} \quad (3.214)$$

$$q_{avg} (\text{modifiye}) = q_{avg} \left[\frac{\text{Avg.load}}{(q_{avg}.B_3.B)} \right] \quad (3.215)$$

Modifiye edilmiş kolon yükleri: $FP_1 \dots FP_2 \dots FP_3$, ve FP_4 . Şeritteki modifiye yükler şekilde görülmektedir.



Şekil 3.37. JKQR Şeridi üzerindeki modifiye yükler (Muhauwiss, 2015)

Not: Kuvvet bileşkesi ile radye plağının orta noktasının örtüşüp örtüşmediğinin kontrol edilmesi gerekir. Ancak bundan sonra şerit için kesme ve moment diyagramları çizilebilir. Bu yolun her şerit için x ve y yönlerinde tekrarlanması gerekir.

viii) Şeritlerin bir yöndeki moment diyagramlarından, birim genişlik için maksimum pozitif ve negatif momentler elde edilir.

ix) x ve y yönünde birim genişlik için Donatı miktarının belirlenmesi:

$$A_s = \frac{M_u}{0.9f_y \cdot 0.9d} = \frac{M_u (L.F)}{0.9f_y \cdot 0.9d} \quad (3.216)$$

$$A_{smin} = \rho_{min} b \cdot d \quad (3.217)$$

ρ_{min} ; $1.4/f_y$ veya $0.25\sqrt{f'_c}/f_y$ den en büyüğüdür.

$$A_{smin(ısı\&büzülme)} = 0.0020 b t \dots\dots\dots f_y < 420 \text{ Mpa için.} \quad (3.218)$$

$$= 0.0018 b t \dots\dots\dots F_y = 420 \text{ Mpa için.} \quad (3.219)$$

$$= \frac{0.0018 \times 420}{f_y} b t \dots\dots\dots F_y > 420 \text{ Mpa için.} \quad (3.220)$$

A_s ile A_{smin} kıyaslanarak büyük olan değer tasarımda esas alınır.

x) Donatı dağıtımı ve aralığı

$$\text{Donatı çubuk sayısı : } N = \frac{A_{stotal}}{\text{çubuk alanı}} \quad (3.221)$$

$$\text{Donatı aralığı (c/c)} = \frac{B - 15 \text{ cm (paspayı)}}{N - 1} \quad (3.222)$$

3.3 Optimizasyon Kavramı

Optimizasyon kavramının en basit ve genel tanımı şu şekilde yapılabilir: Optimizasyon, belirli amaç(lar) doğrultusunda ve koşul(lar) altında tanımlanan problemin mevcut çözümleri arasından en uygun çözümü bulma işlemidir. Matematiksel olarak bakıldığında, optimizasyon, kısıtlamaları altında tanımlanan fonksiyonun bağlı olduğu değişkenlere göre küçültülmesi veya maksimize edilmesidir.

Daha teknik bir şekilde ifade edersek, belli kısıtlar altında (eğer varsa) bir fonksiyonun maksimum değerini ya da minimum değerini belirleme ile ilgilenen bir matematiksel disiplindir. Optimizasyon modelleri ise sistem çıktılarının en iyi değerini bulmak için, sistemin ilişkilerinin matematiksel ifadelerle tanımlanmış şeklindedir.

Optimizasyon kavramı ilk olarak, 1940’larda George Dantzig’in (Dantzig, 1991, 2002), askeri uygulamalar için (eğitim programları ve zaman çizelgesi) matematiksel teknikleri kullanmasıyla ortaya çıkmıştır. O günden bu yana, doğrusal programlama teknikleri ve uzantıları üretim araçlarını programlamadan hava yolları yönetimine geniş bir alanda uygulama gelmiştir. Bugün, optimizasyon kavramı, yapay zeka ve farklı diğer bilgisayar uygulama alanları gibi bir çok alanda karar verme aracı olmuştur. (Bergey ve Ragsdale, 2005.).

Kimya, biyoloji, fizik, astronomi gibi temel bilim dallarından elde edilen bilgiler kullanılarak, sistemlerin tasarımının yapılması ve hayata geçirilmesi tasarım-mühendislik bilim dallarının konusudur. Mevcutolan veya tasarlanan sonradan üretilmiş/ üretilen/ üretilecek sistemlerin belirli şartlar altında nasıl davranış sergilediklerinin incelenmesine, ortama ve sisteme ilişkin bilgilerin ortaya konmasına “analiz” denir (Karaboğa, 2004). Mühendislikte yapılan bilimsel çalışmaları, analiz ve tasarım olarak iki ana grupta toplayabiliriz. Mühendislikte, içinde tasarımın bulunmadığı bir alt dal ya da kısmın söz konusu olmadığı görülmektedir.

Tasarlanan bir sistemin gereksinimleri ne derece sağlayıp sağlayamadığı elbette tasarımın ne derece başarılı yapıldığına bağlıdır. Tasarlanması istenilen sistemden beklentiler arttıkça tasarım daha karmaşık hale gelmektedir. Bu durumda problemin çözümü de o kadar zor hale gelmektedir. Bir sistem için gereksinimleri doğru biçimde karşılayan çok sayıda olası alternatif çözüm elde edilebilir, bu çözümler içerisinde en iyi olanı (optimum), en kısa zamanda bulabilmek önemli bir mühendislik gayretidir. Bu ve buna benzer mühendislik çalışmaları “optimizasyon problemi” olarak isimlendirilir (Karaboğa, 2004).

Tasarım süreci içinde problemler ve çözüm yol ve yöntemleri çok kez değiştirilir, geliştirilebilir. Bu sayede daha iyi olanı, daha az maliyete elde etme metodları denenir. 1950’den bu güne geliştirilen optimizasyon teknik ve yöntemleri, çok sayıda tasarım problemlerinin çözümünde kullanılmıştır. Özellikle bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler sayesinde optimizasyon uygulamaları çok daha kolay bir hal almış ve kullanımı yaygın hale gelmiştir.

Optimizasyon çalışmalarında uygun bir çözüm alanını bulmak için çok çeşitli arama teknikleri kullanılmaktadır. Bu tekniklerin çoğunu üç temel sınıfta gruplandırabiliriz. Bunlardan ilki hesaplama tabanlı tekniktir. İkinci, çözüm uzayında her noktayı göz önüne aldığımız ve bunları değerlendirdiğimiz optimizasyon tekniğidir. Hesap işlem çokluğu sebebiyle bu tür bir yaklaşım, özellikle basit problemler dışında sınırlı fayda sağlamaktadır. Üçüncü ise, yönlendirme yaparak rastgele arama yapabileceğimiz bir yöntemdir. Bu teknik kullanılırken, arama işlemlerinde daha iyiyi elde etmek için sezgisellikten yararlanılmaktadır. Gelişime Dayalı (GD) algoritmalar bu grupta olan algoritma türleridir. (Bergey and Ragsdale, 2005).

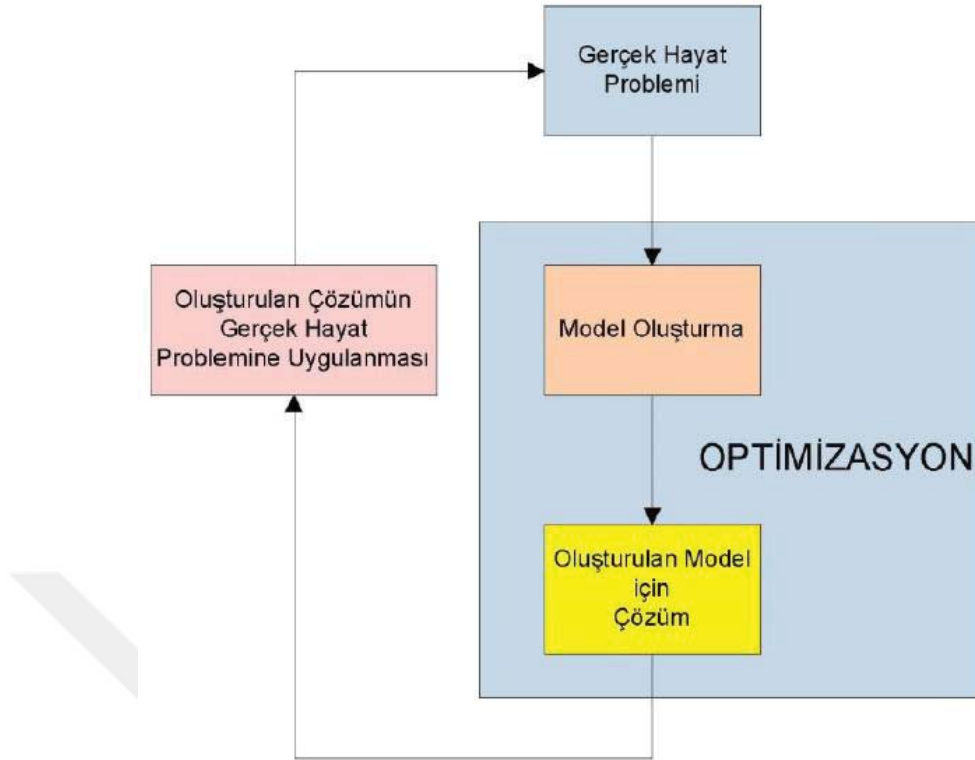
Gerçek hayatta var olan problemlerin çözümleri için karar verilmesi gereklidir. Karar verme süreci içinde öngörülen çözümlerin sınırlı olması veya çözüm arayışında bakış açısının yeterince geniş olmaması sebebiyle önerilen veya gerçekleştirilen çözümler ancak öngörülen çözüm veya olası çözüm olarak nitelendirilebilir.

Zor hale gelen koşullar sebebiyle öngörülen veya olası çözümlerin yetersiz olduğu ve bu çözümler arasında en iyisinin elde edilemediği sürece başarının sınırlı olacağı ortadadır. Başarının artırılması yönünde karar verme sürecinde sistematik yaklaşım akılcıdır. Bu sistematik yaklaşım doğru uygulanırsa, birçok durumda başarı derecesi yüksek olmaktadır. (Sinanoğlu ve Börklü, 2002).

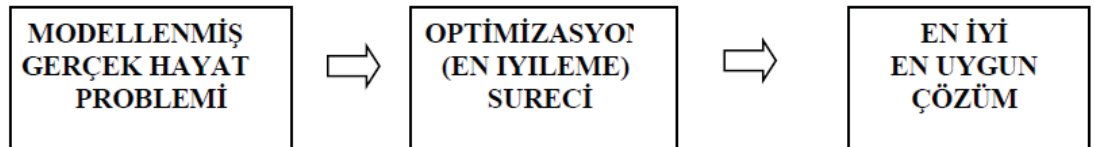
3.3.1 Optimal tasarım metodları:

- i) Evrimle optimizasyon: Benzer tasarım veya doğal sistemlerin incelenmesiyle tasarımın geliştirilmesi.
- ii) Sezgiyle optimizasyon: Sezgiye veya ilhama dayanan tasarım çözümlerinin bulunması.
- iii) Deneme yanılma yöntemi ile optimizasyon: Gerçek olarak, optimizasyona dayalı tasarım olarak isimlendirilmez.
- iv) Nümerik algoritmalarla optimizasyon: Bu metod, mevcut gelişme alanından oluşur.

Gerçekteki hayata dair problemin optimizasyon yoluyla analizi şekil 3.38’de şematik şekilde gösterilmiştir. Bu şemanın basite indirgenmiş hali, optimizasyon işleminin temel adımları olarak şekil 3.39’da gösterilmiştir.



Şekil 3.38. Gerçek hayat problemlerine sistematik çözüm yaklaşımı (Yaman, 2005).



Şekil 3.39. Optimizasyon sürecinin temel aşamaları (Yaman, 2005)

Optimizasyon yönteminin tercih edilmesinin sebepleri;

- i) Matematik, mühendislik, tasarım ve gerçek hayat problemleri arasında benzerlikler ve geçişlerin var oluşu,
- ii) Optimizasyonun, mevcut durum ve şartlarda en iyi çözümün belirlenmesi ve seçilmesi anlamında olmasıdır. (Yaman, 2005).

Gerçek hayattaki problemlerin ve tasarımı gerektiren (yerleştirme, düzenleme, vb.) hesaplamaların optimizasyon yoluyla analizinde öncelikle bu problemlerin ifade edilebildiği matematik modelleri oluşturulur. Bu tür modelde bir amaç fonksiyonu ve kısıtlar mevcuttur. Bu amaç fonksiyonunun alabilecek olduğu değerler (kısıtlar dahilinde) uygun analiz çözümünü verir. Uygun çözümdeki değerler içinde en iyiyi sağlayan değer optimum değer olarak kabul edilir. Uygulamalı bilimler, mühendislik, ekonomi, tıp ve istatistik gibi alanlardaki problemler optimizasyon problemleri olarak nitelendirilebilir. Özellikle matematik modelleri problemlerin anlaşılabilmesi ve analiz edilebilmesi için oluşturulur. Optimizasyon işleminde model karakteristiklerinin gerçekte alakalı olduğu savunması yapılarak en uygun değer belirlenmesi amacıyla kullanılır.

Optimizasyona dair bilgiler, formülize edilerek ifade edilirse; bir dizi terimin yeniden açıklanması gereklidir. Sonuçta; optimal tasarımın, mümkün olan tasarımların en iyisi olarak tanımlanabileceği açıktır. Optimizasyonun, istenilen bir büyüklüğün maksimum yapılırken; istenilmeyenlerin minimum yapılması işlemi olarak tanımlanması mümkündür. Optimizasyon teorisi, maksimum ve minimum yapan değerleri ele alan ve bunları elde etmeye yönelik bir matematik dalıdır. Genel bir optimizasyon probleminde tasarımı yapan, bağımsız değişkenlere ait nümerik değerlerin sabit olmadığı genel bir durumu oluşturmaktadır. Burada bağımsız değişkenlerin tasarım değerlerini tanımlayacak bir amaç fonksiyonu belirlenir. (Sinanoğlu ve Börklü, 2002, Yaman, 2005). Yaygın amaç fonksiyonları genellikle; maliyet, ağırlık, güvenilirlik ve üretilebilirlik olur. Amaç fonksiyon, belirli sınırlayıcılarla karşı karşıyadır. Sınırlayıcılar, fiziki kuralların ve sınırlandırmaların veya bağımsız değişkenlerin üzerindeki uyum koşullarından çıkar.

Tasarım uygulamalarında doğal olarak oluşmuş bölgesel sınırlandırma çeşidi, tasarımın tanımlarına dayanır. Tasarım tanımları, sisteme ait diğer parçalarla etkileşim noktaları olur.

Genel durumda optimizasyon problemi formülasyonunda bir takım özellikler amaç fonksiyonu olarak seçilir; diğer birtakım özellikler ise, sınırlayıcılar konumuna düşürülür.

Optimizasyon işlemi bir başka deyişle en iyiyi bulma probleminin analizinin daha önce nasıl yapıldığına ilişkin; Karaboğa (2004) “Optimizasyon problemlerinin çözümüyle ilgili bilimsel çalışmalar oldukça eskidir ve bu çalışmalar tüm mühendislik alanlarını ilgilendirdiğinden önemli bir bilim alanı haline gelmiştir. Pozitif bilimlerin etkisiyle önceleri bu tür problemler için geliştirilen çoğu yöntemler, çeşitli kabullerle elde edilen matematiksel bağıntılara dayalı belirgin yöntemlerdir” (Karaboğa, 2004) demektedir. Klasik yöntemler olarak isimlendirilen matematik bağıntılarına dayanan bu yöntemlerin, probleme özel olması, başka tip veya benzeyen problemlere ait analizinde kullanılamaması, bir başka deyişle genel (esnek) olamaması, problemlerin kesin şekilde matematik fonksiyonlarıyla tanımlanmasının gerekli oluşu gibi, çok sayıda dezavantajlar mevcuttur. (Karaboğa, 2004).

Bugüne değin, özellikle son 30-40 yıl süresince, optimizasyon işlemlerinin ve süreçlerinin üzerinde çalışmakta olan bazı bilim insanları genel amaçlı, esnek ve performans açısından yüksek yöntemlerin geliştirilmesi için çalışmalarını doğada mevcut olan sistemler ve bu sistemler içinde meydana gelmekte olan olaylara yöneltmişlerdir. Nedeni; doğada karmaşık ve zor olan optimizasyon problemlerinin yine doğada var olan doğal yöntemlerle çözülebilmesidir. Doğada var olan sistemler ve olaylar temel alınarak oluşturulan optimizasyon yöntemlerine sezgisel yöntem, zeki yöntem veya yapay zeka yöntemi şeklinde çeşitli adlar verilebilmektedir. Yapay ısıtma işlem algoritması, tabu araştırma algoritması, genetik algoritma, karınca koloni algoritması, yapay bağışıklık algoritması, diferansiyel gelişim algoritması, yapay arı koloni algoritması vb. gibi algoritmalar bu sınıfta olan, sıklıkla kullanılmakta olan algoritmalarlardır. Günümüzde bu algoritmalar oldukça farklı mühendislik alanlarında çok sayıda karmaşık problemin çözümünde kullanılmaktadır. (Karaboğa, 2004).

Aşağıda Şekil 3.40’da optimizasyon arama metodlarının düzenli ve hiyerarşik şekilde gösterimi verilmektedir.

Optimizasyon Metotları						
Klasik Metotlar		Modern Sezgisel Teknikler				
Analitik Metotlar	Cözüm Yapılandırma Metotları	Deterministik Metotlar	Olasılık Temelli Metotlar			
Doğrusal Programlama	Dinamik Programlama		Tek Çözümün Geliştirildiği Metotlar	Popülasyon Tabanlı Metotlar (Evrimsel hesaplamalı yaklaşımlar)		
Bölgesel Arama	Ayr ve Bağla Metodu	Tabu Araştırma	Isıl İşlem	Evrimsel (gelişime dayalı) Algoritmalar	Sürü Zekası Temelli Algoritmalar	
Türeve Dayalı Metotlar	Böl ve Keşfet Metodu		Stokastik Hill Climber	Genetik Algoritma	Karınca Koloni Optimizasyon Algoritması (1991)	
				Genetik programlama	Parçacık Sürüşü Optimizasyon Algoritması (1995)	
				Evrimsel programlama	Yapay Arı Kolonisi Algoritması (2005)	
		Diferansiyel Gelişim Algoritması				

Şekil 3.40. Optimizasyon yöntemlerinin sınıflandırılması (Akay, 2009)

Optimizasyon problemlerinin çözümü için, çok sayıda algoritma mevcuttur. Optimizasyon yöntemlerinin çoğunluğu sadece belli türdeki problemlerin analizi için uygundur. Bu nedenle, uygun olan çözüm tekniğinin tespit edilebilmesi amacıyla problem özelliklerinin tanınabilmesi önemli bir durumdur. Her bir problem grubunun analizi için, hesaplama gereksinimi, yakınsama özellikleri, vb. yönlerden farklı olan değişik algoritmalar mevcuttur.

3.3.1.1 Sezgisel teknikler (algoritmalar)

Amaçlananı gerçekleştirmek veya hedefe ulaşmak amacıyla çeşitli alternatif hareketler içinden etkili olanların hangisi olduğunun kararının verilmesi amacıyla tanımlanmış kriter veya bilgisayar metotlarıdır. Bu algoritmalar, çözüm uzayında optimum çözüme yakınsaması ispatlanamayan algoritmalar olarak da isimlendirilir.

Bu tip algoritmalar yakınsama niteliğine haizdir, ancak kesin çözüm bunlarla garanti edilemez. Bunlarla yalnızca kesin çözümün yakınlarındaki bir çözüm garanti edilebilir (Karaboğa, 2004).

Optimizasyon problemlerinde sezgisel algoritmaların gerekli olmasının nedenleri;

- i) Optimizasyon problemi, kesin çözümün bulunması işleminin tanımlanmasının mümkün olmadığı bir yapıda olabilir.
- ii) Anlaşılabilirlik yönünden sezgisel algoritmaları karar veren açısından çok daha basit olabilir.
- iii) Sezgisel algoritmalar, öğrenme amaçlanmış ve kesin çözümün bulunması işleminin bir parçası olabilir.
- iv) Matematiksel bağıntılarla yapılan tanımlamalarda genel olarak gerçek dünyadaki problemlerin en zor yönleri (hangi amaçların ve hangi sınırlamaların kullanılması, hangi alternatiflerin test edilmesi, problem verilerinin nasıl toplanması bilgisi) ihmal edilebilir. Model parametrelerinin belirlenmesi aşamalarında kullanılan verilerin yanlış olması, sezgisel yaklaşımın oluşturabileceği alt optimal çözümden daha büyük hataların oluşmasına neden olabilir (Karaboğa, 2004).

3.3.1.2 Optimizasyon problemlerinde sezgisel algoritmaların değerlendirilme kriterleri

Çözüm kalitesi ve hesaplama zamanı: Çözüm kalitesi ve hesaplama zamanı herhangi bir algoritmanın etkinliği açısından değerlendirilmesi yönünde önemli kriterlerdendir. Bu yüzden iyi bir algoritmada, ayarlanabilir parametreler seti olmalı ve bu parametreler kullanana önemlilik bakımından hesaplama maliyeti ve çözüm kalitesi arasında bir vurgulamanın yapılmasına imkan sağlamalıdır. Yani, çözümün kalitesi ve hesap zamanı arasında bulunan ilişki kontrol edilmelidir.

Kod basitliği ve gerçekleştirilebilirlik: Algoritma prensiplerinin basit olması ve genel olarak uygulanabilirlik özelliğine sahip olması gereklidir. Bu durum, problemin yapısına dair başlarda çok az bilgiye sahip olunması durumunda dahi algoritmanın yeni alanlara kolaylıkla uygulanabilmesi ile sağlanır (Karaboğa, 2004).

Esneklik: Algoritmalar modeller, sınırlamalar ve amaç fonksiyonları açısından yapılması öngörülen değişiklikleri kolaylıkla karşılayabilmelidir.

Dinçlik (Robustness):Başlangıç çözümü seçimine bağlı olunmaksızın her zaman yüksek kaliteli, kabul edilebilen çözümlerin üretilebilmesi kabiliyetine haiz olmalıdır.

Basitlik ve Analiz Edilebilirlik: Karmaşık algoritmalar, esneklik ve çözüm kalitesi bakımından basit algoritmalara oranladaha zor analiz edilmektedir. Algoritmanın kolaylıkla analiz edilebilir olması gereklidir.

Etkileşimli Hesaplama ve Teknoloji Değişimleri: Algoritma içinde insan-makine etkileşiminin kullanılması düşüncesi birçok sistemde yaygın olarak mevcuttur. Herkes tarafından bilindiği üzere iyi bir uygulayıcı arayüzü herhangi bir bilgisayar sistemini veya algoritmayı daha albenili hale getirmektedir. Bu durumun getirdiği önemli avantaj, çözümlerin grafik ortamında gösterilebilmesidir (Karaboğa, 2004).

Birtakım sezgisel-bölgesel araştırma algoritmalarınca başlangıçtaki çözüme bağlı olmak üzere bölgesel optimum çözümler üretilir. Bu, genelde iteratif gelişme metotlarında karşılaşılmakta olan bir durumdur. Bölgesel optimal çözümler küresel optimal çözümlerden çok farklı olabilmektedir. Yine çok sayıda ayrık optimizasyon problemlerinde uygun olan başlangıç çözümünün seçilmesi için genel bilgiler söz konusu olmayabilir. Sezgisel-bölgesel araştırma metotlarının dezavantajlarının bazılarının ortadan kaldırılması için basitlik ve genellik korunmak şartıyla aşağıda belirtilen bilgiler verilebilir (Karaboğa, 2004):

- v) Çok sayıda başlangıç çözümleri kullanılarak algoritmanın tekrar tekrar koşturulması. Fakat bu durumda rastgele farklı başlangıç çözümleri kullanılarak hesaplama işleminin yapılması oldukça yüksek maliyetlidir. Bunun yanında optimal çözümün bulunmasının hiçbir zaman garantisi verilemez.
- vi) Çok daha karmaşık komşuluk yapılarının tanımlanması sayesinde çok daha iyi komşu çözümlerin üretilmesi sağlanır.
- vii) Algoritmanın koşulması sırasında bilgi toplanmasını sağlayan karmaşık öğrenme stratejilerinin kullanılması ve bu bilginin her bir koşma sonunda belli bölgeleri veya çözümleri cezalandırmak amacıyla kullanılması.
- viii) Bölgesel araştırma metotlarındaki amaç, sadece fonksiyon değerinin azaltıldığı çözümlerin kabul edilmesi olmasına rağmen, bölgesel optimallikten kaçınmak için bazı gelişmelerin önlendiği hareketlerin kabul edilmesi gereklidir. (Karaboğa, 2004).

Optimizasyon işlemi; genel olarak iki işlemden oluşur. Bunlar modelleme ve çözümleme olarak isimlendirilebilir. Modelleme diğer bir deyişle matematiksel modelleme fiziksel bir problemin matematiksel fonksiyona dönüştürme işlemidir. Optimizasyon probleminde matematiksel modelleme, tanımlanan optimizasyon probleminin matematiksel fonksiyonlar şeklinde tanımlamaktır. Çözümleme işleminde oluşturulan matematiksel modelin uygun bir optimizasyon yöntemi uygulanarak problem çözülür.

3.3.2 Optimizasyon türleri

Genel olarak optimizasyon, uygulama yönünden boyutlandırma, şekil ve topoloji olmak üzere üçe ayrılır.

3.3.2.1 Boyutlandırma optimizasyonu

Optimizasyonu yapılacak şeklin/yapının/nesnenin oluşturulacak şekil üzerinde herhangi bir değişiklik yapmadan şekli/yapıyı/nesneyi oluşturan parçaların en kesitlerini değiştirerek amaca en uygun nesnenin/şeklin/yapının bulunması işlemine denir. Örnekle açıklanmak istenirse, çelik bir yapıda kolon kirişlerin yerlerini ve sayılarını değiştirmeden sadece kiriş ve kolonlara atanan profilleri değiştirilerek yapılan optimizasyon boyutlandırma optimizasyonu türüne girmektedir.

3.3.2.2 Şekillendirme optimizasyonu

Optimizasyonu yapılacak şeklin/yapının/nesnenin oluşturulacak elemanlar üzerinde ekleme çıkarma yapmadan şekli/yapıyı/nesneyi oluşturan parçaların şeklini değiştirerek amaca en uygun şeklin bulunması işlemine denir. Kafes bir çatıda elemanların bağlantı noktaları ve eleman uzunluklarını değiştirerek yapılan optimizasyon, çelik çerçevede kolon ve kirişlerin yerlerini değiştirerek yapılan optimizasyon şekillendirme optimizasyonuna girmektedir.

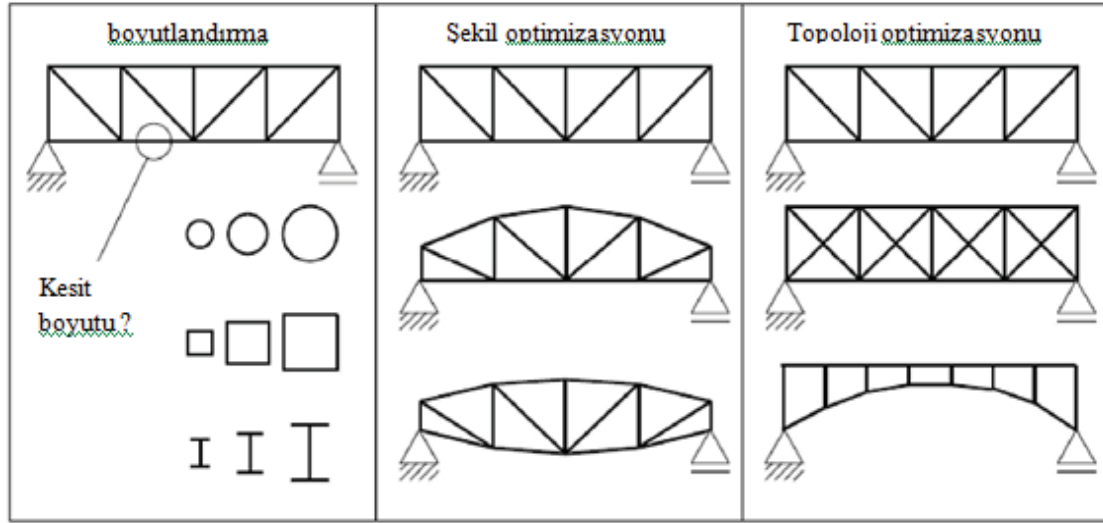
3.3.2.3 Topoloji optimizasyonu

Optimizasyonu yapılacak nesnenin dış boyutlarında herhangi bir değişiklik yapmadan belirli bölgelerden malzeme çıkarılması ve/veya belirli gölgelere malzeme ekleme amaca en uygun şekli bulma işlemine denir. Makine parçalarında ekleme çıkarma yapılarak en uygun şeklin bulunması topoloji optimizasyonu türüne girmektedir (Şekil 3.41).



Şekil 3.41. Topoloji optimizasyonu örnek: debriyaj mahfazası tasarımı (Aydoğdu 2015)

Daha iyi kavranması açısından optimizasyon türleri aşağıdaki şekilde gösterilen kafes köprü tasarımı gösterilmiştir (Şekil 3.42).



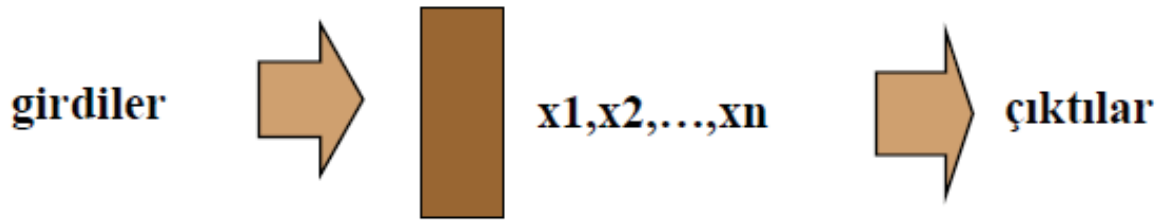
Şekil 3.42. Optimizasyon türleri (Aydoğdu, 2015).

3.3.3 Optimizasyon problemi

Optimizasyon işleminin modelleme ve çözüm işlemlerinden oluştuğu yukarıdaki kısımlarda bahsedilmiştir. Modelleme aşamasında fiziksel problem veya tasarım problemi optimizasyon problemine dönüştürülerek matematiksel veya algoritma şeklinde tanımlanır.

Optimizasyon probleminin tanımlanması için optimizasyon tanımında da belirtilen üç kavramın net şekilde belirtilmesi gerekir. Bunlar amaç, koşullar ve amacın bağlı olduğu değişkenlerdir. Bunlar optimizasyon probleminde amaç fonksiyonu, tasarım değişkeni ve sınırlayıcılar olarak belirtilirler (Şekil 3.43). Bu üç kavram net şekilde tanımlanmadan çözümleme aşamasına geçilemez. Bazı problemlerde koşul belirtilmediği durumlarda sınırlayıcı tanımlanmasına gerek yoktur. Bunların dışında ön tasarım parametreleri ve durum değişkenleri de optimizasyon probleminde kullanılabilir.

Belirtilen bu kavramlar ayrıntılı olarak aşağıda belirtilmiştir.



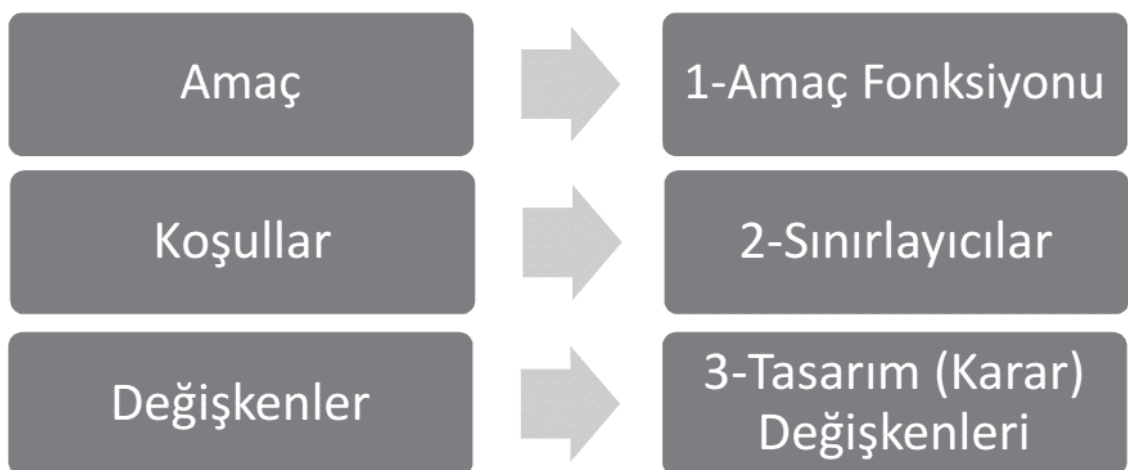
Şekil 3.43. Basit optimizasyon işlemi (Karaboğa ve Akay, 2010)

Amaç Fonksiyon $\rightarrow f(x_1, x_2, \dots, x_n)$

Amaç Fonksiyon $\rightarrow$ (arzu edilen çıktılar-gerçek çıktılar)

- Hesaplamalı tasarım
- Nümerik tasarım
 - sınırlamasız
 - sınırlamalı

Teknik sistemler her geçen gün büyük ve karmaşık hale gelmektedir. Bu sistemler için fazla sayıda tasarım parametreleri ve doğrusal olmama durumları söz konusu olabilmektedir.



Şekil 3.44. Optimizasyon probleminin bileşenlerinin oluşturulması (Aydoğdu, 2015)

3.3.3.1 Amaç fonksiyonu

Bir optimizasyon probleminde tanımlanan amacın minimize veya maksimize edilecek şekilde matematik bağıntısına dönüşmüş halidir. Tasarım probleminin veya fiziksel problemin optimize edilebilmesi amacıyla mutlaka amaç fonksiyonun matematik ifadesine ($F(\vec{x}) = \dots$ şekline) dönüştürülmesi gereklidir. Amaca bağlı olarak amaç fonksiyonu ağırlık, maliyet, verimlilik, performans gibi çeşitlilikler gösterebilir. Amaç fonksiyonu tanımlanan amaç sayısına göre ikiye ayrılır.

Tek amaçlı amaç fonksiyonu: Burada tanımlanan problemde tek amaç belirlenir. Tek amaç doğrultusunda fonksiyon oluşturulur. Örneğin, bir yapının maliyetini minimize etmek, bir arabanın performansını maksimize etmek için kavramlar $F(\vec{x})$, $\max F(\vec{x})$ şeklinde yazılarak tek amaçlı amaç fonksiyonu olarak tanımlanırlar.

Çok amaçlı amaç fonksiyonu: Bazı problemlerde çözümlerde birden fazla amaç olabilir. Örneğin, en ekonomik ve en performanslı araba imal etmek için iki tane amaç gerekmektedir. Ekonomi amaç fonksiyonu $\min F(\vec{x})$, performans amaç fonksiyonunu ise $\max G(\vec{x})$, olarak belirlenirse, iki amaç fonksiyonu yeni bir tek amaca dönüştürülmeye çalışılır. Bu tanımlı matematiksel olarak

$$H(\vec{x}) = \min F(\vec{x}) \& \max G(\vec{x}) = \min(F(\vec{x}) + \frac{1}{G(\vec{x})}) = \min(f_1(\vec{x}), f_2(\vec{x})) \quad (3.223)$$

Şeklinde ifade edebiliriz. Çok amaçlı problemlerde amaç fonksiyonunun tanımlanmasında birçok yöntem kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları:

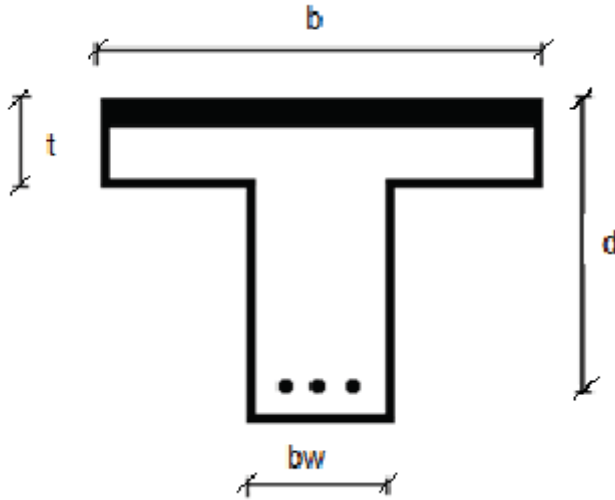
$$\text{Katsayılarla çarpmanın } (f_1(\vec{x}), f_2(\vec{x})) = \min(a_1 f_1(\vec{x}) + a_2 f_2(\vec{x})), \quad (3.224)$$

$$\text{Sınırlayıcılarla sınırlama : } \min(f_1(\vec{x}), f_2(\vec{x})) = \min(f_1(\vec{x})) \vee f_2(\vec{x}) < S, \quad (3.225)$$

Amaç Programlama ve çok amaçlı programlama olarak tanımlanabilir. Tez çalışmasında tek amaç fonksiyonu kullanıldığı için bu kavramlardan ayrıntılı olarak bahsedilmeyecektir.

3.3.3.2 Tasarım değişkeni

Optimizasyon probleminde amaç fonksiyonun değerini değiştiren/ayarlayan değişkendir. Optimizasyon probleminin bulunması gereken esas değerlerdir. Amaç fonksiyonundaki $(f_1(\vec{x}))\vec{x}$ ifadesi tasarım değişkenlerin vektörel ifadesidir. $\vec{x} = [x_1, x_2, x_3 \dots x_n]$. Örneğin, BA giriş tasarım probleminde giriş tablasına ait boyutları (b, t, b_w) , kullanılması öngörülen beton cinsi (C20, C25, C30), kullanılacak olan donatının sayısı ve çapı, tasarım değişkenleri olarak tanımlanabilmektedir. Tasarım parametrelerin tamamı optimizasyon probleminde tasarım değişkeni olarak tanımlanmayabilir. Örneğin, BA giriş sınıfında tek bir beton veya çelik sınıfı var ise bu değişkenler tasarım değişkenleri olarak tanımlanmayabilir.



Şekil 3.45. BA kiriş tasarımda tasarım değişkenlerinin şematik gösterimi (Aydoğdu, 2015)

Tasarım değişkenleri değerlerine göre ayrık ve sürekli olmak ise ikiye ayrılır. Sürekli tasarım değişkeni tanımlı alt üst limit aralığından herhangi bir değer olabilen tasarım değişkenleridir. Değer değişimlerinde kesiklikler oluşmadığından dolayı aralıkta sonsuz sayıda tasarım değişkeni değeri bulunabilir. Buna karşın, kesikli tasarım değişkeni sürekli tasarım değişkeninin aksine belirli bir aralıkta herhangi bir değer almaz. Sadece belirli sayıda tasarım değişkeni tanımlanabilir. Örneğin, kirişin genişliğini sürekli tasarım değişkeni olarak alınıp sınırları $20\text{ cm} \leq x_1 \leq 60\text{ cm}$ olarak seçilirse ve x_1 ifadesi bu değerler arasında herhangi bir değer alabiliyorsa (örneğin 20.514143454 cm gibi), x_1 değişkeni sürekli değişkendir. x_1 değişkenini 5 cm aralıklar değişen tamsayılar olarak düşünersek ($x_1 = [20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60]$) x_1 değişkeni ayrık tasarım değişkeni olur.

3.3.3.3 Sınırlayıcılar

Optimizasyon probleminde amaç fonksiyonların çözüm kümesi belirli şekilde sınırlandırılabilir. Örneğin, BA bir yapı şartnamelerce belirlenen performans değerlerine ulaşmak zorundadır. Performans değerlerini sağlamayan yapılar amaç fonksiyon değeri ne kadar iyi olursa olsun uygun tasarım olarak değer almazlar. Bu sebeple bu tasarımlar mevcut çözüm kümesinden çıkarılması gerekir. Bu yapmak için tanımlı koşulların eşitlik veya eşitsizlik fonksiyonlarına dönüştürülmesi gerekir. Dönüştürülen bu eşitsizlik fonksiyonlarına sınırlayıcı fonksiyonlar adı verilir. Optimizasyon probleminde matematiksel olarak “ $g_1(x) < 0, g_2(x) \leq 0, h_3(x) = 0$ ” şeklinde gösterilirler. Optimizasyon probleminde herhangi bir koşul tanımlanmaz ise sınırlayıcı tanımlanmasına gerek yoktur.

3.3.3.4 Ön tasarım değişkenleri

Problemin başında tanımlanan optimizasyon işlemi boyunca değeri değişmeyen ifadelerdir. Yapının boyutları, kullanılan malzemelerin özellikleri ön tasarım değişkenleri olarak tanımlanabilir.

3.3.3.5 Durum ve bağlı değişkenleri

Durum değişkenleri ön tasarım değişkenleri gibi optimizasyon işlemi boyunca değeri değişmeyen ifadelerdir ancak verilen değerler çözüm işleminin davranışını etkiler. Genelde problem başında tanımlanırlar. Problem içerisindeki tasarım değişkeni sayısı, değişken sayısı ve türleri, tasarım değişkenlerin varsa sınırları örnek verilebilir.

Genel olarak optimizasyon probleminin matematiksel ifadesi aşağıdaki şekilde gösterilebilir.

$F(\vec{x})$ fonksiyonunu $g(\vec{x}) \leq 0 ; h(\vec{x}) = 0$ koşulları altında minimum veya maksimum yapan $\vec{x}$ değerleri bulunması.

$F(\vec{x})$: Amaç Fonksiyonu

$\vec{x}$: Tasarım değişkenleri

$g(\vec{x}) \leq 0 ; h(\vec{x}) = 0$: Sınırlayıcılar

3.3.4 Optimizasyon yöntemleri

Optimizasyon problemlerin tamamının çözümü için kesin bir teknik olmamakla birlikte kullanılan optimizasyon teknikleri de kesin bir çözüm üretemeyebilirler. Fakat, optimizasyon tekniğinin başarısı en iyi çözüme yaklaşmasıyla ve tolerans aralığı içinde kalmasıyla anlaşılabilir. Optimizasyon problemleri aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir (Karaboğa, 2004);

- Sınırlamasız Optimizasyon: Amaç fonksiyonunun maksimize veya minimize ederken değişkenler ile ilgili bir sınırlamanın olmadığı optimizasyon şeklidir.
- Sınırlamalı Optimizasyon: Amaç fonksiyonu sınırlamasız optimizasyonda olanın aksine değişkenlere bağlı olarak sınırlamalara tabi tutulduğu optimizasyondur.
- Lineer Optimizasyon: Parametreler ile amaç fonksiyonunun lineer olduğu optimizasyondur.
- Lineer Olmayan Optimizasyon: Parametreler ile amaç fonksiyonunun lineer olmadığı optimizasyondur.
- Ayrık Optimizasyon: Ayrık niceliklerin optimum şekilde seçildiği, gruplandırıldığı optimizasyondur.
- Sürekli Optimizasyon: Tasarım değişkenlerinin süreklilik gösterdiği optimizasyondur.

3.3.4.1 Deterministik yöntemler

Deterministik yöntemler teorik olarak elde edilen tanımlanan hata payıyla (sayısal yöntemler için) çözümün optimum olduğunu garanti eden optimizasyon yöntemleridir. Çözümlerin yakınsama hızları oldukça yüksektir. Bu nedenle, zaman açısından stokastik/meta-sezgisel yöntemlere göre daha avantajlıdır. Deterministik yöntemler genelde türevsel kökenlidir. Bu sebeple amaç ve sınırlayıcı fonksiyonların sürekli fonksiyonlar şeklinde tanımlanmaları gerekmektedir. Bu durum deterministik yöntemlerin kullanılma alanları oldukça sınırlar ve birçok mühendislik tasarım problemlerine uygulanmalarını oldukça zorlaştırır. En sık kullanılan deterministik yöntemlerden bazıları aşağıda belirtilmiştir (Aydoğdu, 2015).

Doğrusal Programlama: Amaç ve sınırlayıcı fonksiyonları doğrusal denklemlerden/eşitsizliklerden oluşan optimizasyon probleminin çözümünde kullanılan deterministik bir yöntemdir. Yöntemde amaç fonksiyonu ve sınırlayıcı fonksiyonları bir arada yazılarak lineer denklem sistemine dönüştürülür. Eşitsizlik olma durumuna ekstra bolluk veya fazlalık değişkenleri eklenerek eşitsizlik fonksiyonları eşitliklere dönüştürülür. Tekrarlı işlemler yapılarak tasarım değişkenleri bulunur.

Lagrange Çarpan Yöntemi: Lagrange çarpanı yöntemi Joseph Louis Lagrange (Lagrange 1811) tarafından isimlendirilen türevsel kökenli deterministik optimizasyon yöntemidir. Yöntemde amaç ve sınırlayıcı fonksiyonları lagrange çarpan fonksiyonları ile birleştirilerek tek bir fonksiyona dönüştürülür. Oluşturulan fonksiyon içerisindeki bilinmeyenlere göre türevleri alınarak denklem sistemi oluşturulur. Oluşturulan denklem sisteminin çözülmesi ile optimum sonuç elde edilir. Elde edilen çözümün kesin optimum olmasına karşın, sadece sürekli fonksiyonlara uygulanabilir olması ve büyük ölçekli problemlerde denklem sistemlerinin çözümlerinin zor olması sebebiyle kullanım alanı sınırlıdır.

Optimallik Kriter Yöntemi: Optimallik Kriter yöntemi Prager tarafından geliştirilmiş bir yöntemdir (Prager, 1968). Sürekli değişkenler için geliştirilmiş bu yöntem Venkayya, Khot ve Reddy tarafından kesikli problemler içinde uygulaması yapılmıştır (Berke, Bresler vb). Bu yöntem Berke, Boz Rosvany gibi birçok araştırmacı tarafından kullanılmıştır (Rozvany, 2012). Teorik olarak yöntem lagrange çarpan yönteminde oluşturulan birleşik fonksiyon denklem sistemini doğrudan çözümü yerine tekrarlı bir işlem uygulanarak optimum sonucu elde eder. Optimellik kriter yöntemi mühendislik problemlerinde en sık kullanılan deterministik yöntemlerden biri olmasına göre kullanım alanı stokastik / meta sezgisel yöntemlere göre kullanımı oldukça azdır (Aydoğdu, 2015).

3.3.4.2 Stokastik / meta-sezgisel yöntemler

Stokastik ve meta-sezgisel kavramları birbirinden farklı olsa da bu tip optimizasyon yöntemleri iki özelliği de barındırır. Bu sebepten dolayı bazı çalışmalarda

stokastik yöntemler bazı çalışmalarda meta-sezgisel yöntemler ismi başlığında karşımıza çıkabilir.

Stokastik kelimesi İngilizce'den doğrudan çevrilen bir kelimedir. Kelime anlamı “olasılıksal” veya “rasgele”dir. Kelime adından da anlaşıldığı gibi stokastik yöntemler optimum sonucu ararken belirli bir olasılığa veya tesadüfe dayalı bir strateji(ler) kullanır. Bu stratejiler yöntemin bir bölümünde salt olarak kullanılabileceği gibi başka bir stratejiye de ilave olarak da eklenebilir veya bunların ikisinde de kullanılabilir. Rasgele değer bilgisayar işlemcisinin belirli dağılıma göre (genelde normal dağılım) zamana bağlı olarak ürettiği sayılarla belirlenir. Her işlem farklı zamanda gerçekleştiği için rasgele değeri de farklı olur. Bu nedenle, stokastik yöntemler bilgisayar ortamında yazılan programlar vasıtasıyla oluşturulur. Stokastik yöntemlerde seçim ölçütleri tamamen rasgele olmadan, belirli bir olasılığa göre yapılır. Seçilme olasılığı çözüme ait amaç fonksiyon değeri ile doğrudan ilişkilidir (Aydoğdu, 2015).

Meta-Sezgisel Yöntemler “Heuristic” olan sezgisel kelimesinin anlamı doğrultusunda isimlendirilen, üst seviye/kendine atıf yapan/kendi/ök anlamlarına gelen meta ön eki ile anlamı kuvvetlendirilen optimizasyon yöntemleridir. Adından da anlaşıldığı gibi bu yöntemler optimum sonucu bulurken elinde bulunan sezgiden yararlanarak çözüm üretir. Meta-Sezgisel yöntemlerde yeni çözüm oluşturulurken daha önce elde edilen çözümlerden yararlanarak yöntemin kendisine özgü bir arama stratejisi belirlenir.

Bu strateji, optimizasyon yönteminin her aşamasında değişiklikler gösterebilir, stokastik ifadeler içerebilir. Meta sezgisel yöntemlerin genelde uyguladığı strateji şu şekilde özetlenebilir (Kaveh 2014) :

1. Başlangıç çözümleri (genellikle rasgele oluşturulur) ile bir tasarım havuzu oluşturulur.
2. Tasarım havuzundan yararlanarak yeni çözümler oluşturulur.
3. Yeni çözümler iyi ise havuz güncellenir. 2. ve 3. İşlemler belirli bir tekrar sayısına ulaşıncaya kadar devam eder.

İyi bir meta sezgisellerin yönteminin en önemli özelliği çeşitlendirme (diversification) ve yoğunlaşma (intensification) arasındaki dinamik dengeyi oluşturabilmesidir. Bu dengeyi kurmak için yonteme ait parametrelerin iyi belirlenmesi gerekmektedir. Bu parametreler farklı optimizasyon problemlerinde farklı değerler alabilir.

Stokastik/Meta-Sezgisel yöntemlerinin deterministik yöntemlere göre en önemli avantajı türevsel işlemlere ihtiyaç duymamasıdır. Bu sebeple lineer olmayan, parçalı fonksiyonlar içeren, ayrık değişkenli optimizasyon problemlerine rahatlıkla uygulanabilir. Bu yöntemler en iyi çözümü bulacağını garanti etmese de belirli bir hata

ile en iyi sonuca yakın sonuç bulur. Fakat, hata miktarı en aza indirgendiği zaman elde edilen sonuç optimum sonuca oldukça yakın olur. Bu hatalar göz arda edilebilecek düzeye indirgenemediği için bu yöntemler mühendisliğin birçok alanında rahatlıkla uygulanabilmektedir.

Genelde, Stokastik / Meta-Sezgisel yöntemler doğadaki hayvanların davranışından veya fiziksel olaylardan esinlenilerek geliştirilmiş yöntemlerdir. Doğadaki hayvan yaptığı işleri genelde minimum enerji harcayacak şekilde yapıldığı gözlenmiştir (Aydoğdu, 2015). Örneğin, karınca yiyecek ararken en kısa yoldan gider. Aslan sürüsü avını avlarken minimum enerji harcamaya çalışır. Arılar polen toplarken en az enerji ile en fazla poleni toplamaya çalışırlar. Bu sebeplerden dolayı bu algoritmalar optimizasyon problemlerin çözümünde çok iyi performans sergilemiştir (Aydoğdu, 2015). Mühendislikte sıkça kullanılan bazı Stokastik/Meta-Sezgisel yöntemler aşağıda belirtilmiştir.

Optimizasyon problemleri için yeni yaklaşımlar sınıflandırılırsa;

- Doğal hesaplama (programlama)
- Hesaplamalı zeka
- Yumuşak programlama

1) Beyin benzetimli yaklaşımlar

- Sinir ağları
- Bulanık sistem

2) Evrimsel hesaplama yöntemleri

- Genetik Algoritmalar
- Genetik Programlama
- Evrimsel Stratejiler
- Evrimsel Programlama
- Sürü zekası

- * Karınca koloni Optimizasyon
- * Parçacık sürü optimizasyonu
- * Arı kolonisi Optimizasyonu

Evrimsel hesaplama modelleri ve tarihleri ise (Karaboğa, 2010)' a göre;

- evrimsel programlama (EP) – L. Fogel -1960.
- evrimsel stratejiler (ES) – I. I. Rechenberg-1960.
- genetik algoritmalar (GA) – J. Holland-1975.
- genetik programlama (GP) – J. Koza -1992.
- karınca koloni optimizasyonu (ACO)- M. Dorigo-1992.
- parçacık sürü optimizasyonu (PSO) – Kennedy & Eberhart-1995.
- difarensiyel gelişim (evrimi) (DE)- R. Storn and K. Price-1995.
- barışıklık(uyum) araması (HS)-Z. W. Geem, 2001.
- yapay arı kolonisi (ABC) – D. Karaboga-2005.
- ateş böceği algoritması (FA)- ;X-S. Yang-2008.

3.3.4.3 Yapay arı koloni algoritması (YAK)

Yapay arı kolonisi algoritması, bal arısı sürülerinin kendine has zeki davranışlarının örnek alınarak, arılarca besin ararken kullandıkları yöntemlerden esinlenerek oluşturulmuş bir optimizasyon algoritmasıdır. Sürü zekasına dayanmış olan bu algoritma, doğada sürü olarak hareket eden arıların besin bulma işinde ortaya koydukları davranışların temel alarak optimizasyon problemlerinin çözülmesi amacıyla kullanılmaktadır.

Doğada mevcut bal arılarının besin arama işinde kullandıkları yöntemlerden esin alınarak geliştirilmiş olan ABC algoritması, sürü zekâsına dayanan bir optimizasyon algoritmasıdır (Karaboga, 2005). Doğada sürü halinde hareket halinde olan arılarca besin bulmada ortaya koyulmuş olan davranışlardan esin alınan bu algoritma sayesinde genelde optimizasyon problemlerinin çözülmesi hedeflenmektedir.

Arıların yem bulma davranışları

Arı kolonisinin yaşamının devamı için en önemli işlem den birisi besin arama işlemidir. Bu süreçteki önemli parametreler ise; arılar tarafından kovanda biriktirilen kaynaklar, ortamdaki yemek kaynakları ve arıların birbirleriyle kurdukları haberleşme ağı olarak bilinir.

Arama işlemi arının kovandan ayrılmasıyla başlar ve bu süreci rastgele yapılan yiyecek aramaları takip eder. Yiyecek aramaya çıkmış olan arılar, buldukları kaynaklarda yiyecek miktarının azaldığını fark ettiklerinde, diğer arılardan aldığı bilgiye göre başka kaynaklara hareket ederler. Bu aşamada bulunan kaynaklara ait bilgilerin

arılar arasında iletilmesi ve ortamdaki polen, su gibi kaynakların kovana getirilmesi işlemleri yapılır.

Tereshko'ya göre yiyecek arama modelinde üç temel öge bulunmaktadır. Bunlar: yiyecek kaynakları, görevli arayıcılar, görevi belli olmayan arayıcılardır (Tereshko ve Loengarov, 2005).

Akay, çalışmasında yiyecek kaynakları, görevli arayıcılar, görevi belli olmayan arayıcıları aşağıdaki gibi açıklamıştır (Akay, 2009)

Yiyecek kaynakları

Arıların yiyecek bulma amacıyla gittiği kaynaklar yiyecek kaynakları olarak isimlendirilir. Doğada bulunan bir yiyecek kaynağının değerini, kaynağın çeşidi, kaynağın yuvaya olan uzaklığı ve kaynaktaki nektar miktarı gibi birçok etken belirlemesine rağmen daha basit modellenmesi için sadece kaynağın zenginliği parametre olarak kabul edilebilir.

Görevi belirli işçi arılar

Daha önceden belirlenmiş kaynaklardan toplanan yiyeceğin kovana getirilmesi işini işçi arılar yerine getirmektedir. İşçi arıların bir diğer önemli görevi de gittikleri kaynağın konumu ve kaynağın kalitesi hakkında diğer arılara bilgilendirme yapmaktır.

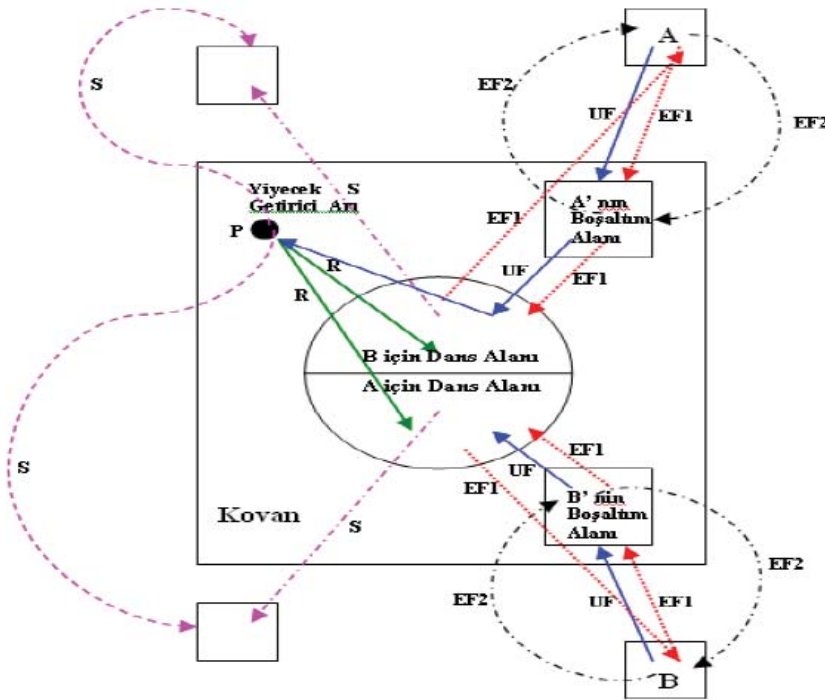
Görevi belirli olmayan işçi arılar

Bu arıların yiyecek olma ihtimâli olan kaynakları arama görevleri vardır. Görevi belli olmayan iki tip işçi arı vardır. Bunlar; kâşif ve gözcü arılardır. Kâşif arılar arama bölgesinde rastgele kaynak arayan arılardır. Gözcü arılar ise kovanda bekleyen ve görevli arıları izleyen arılardır. Bunun sonucunda görevli arılar tarafından gelen bilgiyi dikkate alarak yeni kaynaklara hareket ederler.

Birliktelik yapısının ve ortak bilginin oluşmasını sağlayan en önemli konu arıların birbirleri arasındaki bilgi paylaşımı konusudur. Arılar için yaşam alanı olarak tanımlanan kovan bazı bölümlere ayrılabilir. Bilgi paylaşımının yapıldığı dans alanı bu bölümlerden bir tanesidir. Arılar yapmış olduğu dansla kendi aralarında bilgi paylaşımını sağlarlar. Paylaşılan bu bilgi sayesinde kaliteli yeni besin kaynakları bulunmuş olur (Gruter ve Farina, 2009).

Kaynaklardan yiyecek getirmiş olan arıların, diğer arıların bu kaynaklara yönlendirilmesi için kaynağın konum bilgisini diğer arılara vermesi gerekir. Konum hakkında bilgiyi alan arı güneş ışığını kullanarak hedefine ulaşmış olur. Arılar sahip oldukları özellikleri gereği kendi yörüngeleri ile güneş arasındaki açıyı hesaplayabilmektedirler. Uzaklıklarını tükettikleri enerjiye göre ayarlayan arılar, taşıdıkları yüklere göre farklı yükseklikte uçarak enerjilerini ayarlamaktadırlar. (Akay, 2009).

Arıların besin arama davranış metodları Şekil 3.46'da gösterilmiştir. Bu davranışların şekil üzerinde irdelenmesi ve açıklanması Akay tarafından şu şekilde yapılmıştır: Şekildeki *A* ve *B* bulunmuş kaynaklar olarak kabul edilmiştir. Başlangıçta görevi belirsiz olan ve yiyecek kaynağı bilgisine sahip olmayan arı yiyecek aramaya başlayacaktır. Bu arı için iki durumdan bahsedilebilir: Birincisi; Şekil 3.46'da *S* ile gösterilen bu arı kâşif arı olduğu varsayılırsa bu durumda bu arı besin aramaya başlayabilir. İkincisi ise şekilde *R* ile gösterilen ve dans eden arılar izlenerek yönlendirilen kaynaklara giden bir gözcü arı olabilir.



Şekil 3.46. Arıların yem arama davranışları (Akay, 2009)

Yiyecek için kaynaklara giden arılarca kaynaklardan nektar getirilmeye başlanır. Bu durumda bu arılar görevli arıya dönüşmüş olurlar. Bu arılar için bundan sonra üç seçenek vardır:

Diğer arılarla herhangi bir bilgi paylaşımı yapmadan kaynaktan nektar getirme işlemine devam edebilir. Bu arı şekilde EF2 ile gösterilmiştir.

Bu arılar kaynağa varmadan dans işlemi yaparak nektar kaynağının konumu ve nektar miktarı hakkında diğer arılara bilgi paylaşımı yaparak arıları bu kaynağa yönlendirme yapabilir. Bu arı EF1 ile gösterilmiştir. Kaynağı terk edip dans alanında gözcü arı olabilir. Bu arı UF ile gösterilmiştir.

Yapay arı kolonisi algoritması ve temel adımları

Yapay Arı Kolonisi algoritması doğadaki arı kolonilerinin zeki davranışları ve besin arama aşamasındaki davranışları modellenerek Karaboga tarafından geliştirilmiştir (Karaboga, 2005). Algoritmada görevli arıların sayısı ile toplam yiyecek kaynağı birbirine eşittir. İşçi arıların sayısı da gözcü arıların sayısına eşittir. Kaynaktaki nektar miktarı bittiğinde görevli arı kâşif arıya dönüşmektedir. Kolonideki yemek kaynaklarının konumları problemin muhtemel çözümlerini ifade eder. Nektar miktarı ise çözümün kalite ölçüsünü ifade etmektedir. ABC algoritmasının hedefi, en çok nektara sahip yiyecek kaynağının konumunu bulmayı hedefler. Bunun sonucu olarak arama uzayındaki çözümlerden problemin en düşük ya da en yüksek değerini veren çözümü bulmaya çalışır (Akay, 2009).

Yiyecek arama işleminde kâşif arılar yiyecek aramaya ilk etapta rastgele başlarlar. Kaynağı bulan kâşif arı görevli arıya dönüşür ve bu görevli arılar artık kovana nektar götürmeye başlarlar. Görevli arı kovana nektar taşır ve kendine özgü dansı ile yiyecek bulunduğu kaynakla ilgili bilgiyi bekleyen gözcü arıya iletir. Kaynaktaki nektar bittiği anda görevli arılar da gözcü arıya dönüşür. Gözcü arılar dansları izledikten sonra yiyeceklerin kalite ölçüsüne göre bir kaynağa gider. Çizelge 3.9'da ABC algoritmasının adımları verilmiştir.

Çizelge 3.9. ABC algoritmasının adımları

ABC algoritmasının adımları

- Yiyecek kaynağı bölgelerinin (noktalarının) oluşturulması
- TEKRARLA (Çevrim sayısı maksimum çevrim sayısından küçük olduğu sürece)
 - İşçi arıları yiyecek kaynağına gönder ve nektar miktarının hesapla
 - Gözcü arıların seçim işleminde kullanacakları olasılık değerlerini hesapla
 - Gözcü arıların hesaplanan olasılık değerleri doğrultusunda yiyecek kaynağı bölgesi seç

Kaynaktan ayrılma kriteri için limit ve kâşif arı üret

İkili (Binary) yapay arı koloni algoritması

Yapay arı koloni algoritması çoklu değişken ve çok türlü sürekli fonksiyonları çözmek için kolayca uygulanabilen sürü zekasına dayalı bir optimizasyon algoritmasıdır. ABC Algoritma performansı incelendiğinde, daha az kontrol parametresi kullanma ve hızlı yakınsama özelliği olan diğer sürü zekâsına sahip algoritmalara göre ABC'nin daha başarılı olduğu görülmüştür. Algoritmanın basitlik ve kolayca uyarlanabilirlik gibi avantajlarından dolayı ABC çoğu optimizasyon problemlerini

çözmek için kullanılmıştır. ABC kısıtlı optimizasyon problemleri, sinir hücreleri ve kümeleme gibi bazı optimizasyon problemlerine başarılı bir şekilde uygulanmaktadır (Karaboga ve Basturk, 2007).

Yukarıda bahsedildiği gibi, ABC algoritmasının orijinal versiyonu sürekli değerleri optimize etmek için geliştirilmiştir. Fakat gerçek dünyada çoğu optimizasyon problemi değişken düzeyi arasındaki ve değişkenler arasındaki niteliksel ve ayrık farklılıklara sahip bir uzay kümesi içinde tanımlanır. Klasik örnekleri ise çizelgeleme ve routing problemleri gibi ayrık elemanların düzenlenmesi ve sıralanmasını gerektiren problemlerdir. Araştırmacılar, karmaşık olmayan bu kombinasyonlu problemlerin yanında sıklıkla problemleri daha etkin çözüme kavuşturmak için problemleri ikili ifadelerde ondalık tipli şekle dönüştürürler ve bunları kesikli sayı uzayında çözmeye çalışırlar.

Yeni ikili ABC algoritması, parametreleri ayarlama, işçi ve gözcü arılar sayesinde elde edilen pozisyon güncellemesi ve uygunluk fonksiyonunda herhangi bir iyileşme olmadığında kaşif arıların sisteme dahil edilmesi aşamalarından oluşur.

Başlangıç evresi

Önerilen modelde, arılar tarafından kullanılan ikili notasyonda temsil edilen yiyecek kaynakları ilgili optimizasyon problemine ilişkin muhtemel çözümleri ifade eder. Her bir arıya ait olan nektar miktarı ise uygunluk fonksiyonunu temsil eder. Başlangıçta, bir dizi yemek kaynağının konumları arılar tarafından rastgele belirlenir. Yani, arı kolonisi denklem 3.226'daki gibi arama uzayında rastsal şekilde başlatılır.

$$X_{ij}(t=0) = LB_j + (UB_j - LB_j) \times rand[0,1] \quad (3.226)$$

$$For i = 1, 2, \dots, N \text{ ve } j = 1, 2, \dots, D$$

Buradaki N sayısı kolonideki arı sayısını; D arama uzayının boyutunu; LB_j ve UB_j ikili uzayda sırasıyla 0 ve 1 olarak atanan j boyutu için alt ve üst sınırları ifade etmektedir. $rand[0,1]$ ise 0 ve 1 arasında rastgele olarak seçilen ondalık bir değerdir. i . Arı tarafından keşfedilen x_i yemek kaynağının konumundaki her bit tamamıyla rastgele seçilir (Wei ve Hanning, 2012).

İşçi arı evresi

Tüm arılar kovana bir miktar nektarla geldikten sonra, en iyi yiyecek kaynağını bulan koloninin ilk yarısı işçi arıya dönüşür. Bu evrede, x_i ismindeki her bir işçi arı için denklem (3.227)'de görüldüğü gibi şu anki konum komşuluğunda v_i isminde yeni bir yemek kaynağı üretilir.

$$V_{ij}(t) = x_{ij}(t-1) + \phi (x_{kj}(t-1) - x_{ij}(t-1)) \quad (3.227)$$

For $j= 1,2,...,D$

Buradaki $k \in (1,2,...,N)$ ve $j \in (1,2,...,D)$ random olarak seçilen indekslerdir ve k değeri i değerine eşit olmamalıdır. Φ_{ij} $(-1,1)$ aralığında üretilen random bir sayıdır.

Arının pozisyonunu $[0,1]$ aralığında sınırlandırmak için, normalizasyon metodunun kullanılması gerekmektedir. Ayrıca v_{ij} 'nin tüm gerçek değerli sayılarını $[0,1]$ aralığına dönüştürmek için eşik seviyesinin başlatılması gerekir. Pozisyon kırpma sınır durumu ve yuvarlama fonksiyonu bu son modifikasyonu gerçekleştirmek için kullanılabilir. Pozisyon güncelleme işlemi denklem (3.228)'deki kurala göre yapılır.

$$X_{ij}^e(t) = \text{round}(v_{ij}(t))$$

$$\text{Eğer } X_{ij}^e(t) \geq UB, \text{ ise } X_{ij}^e(t) = UB$$

$$\text{Eğer } X_{ij}^e(t) \leq LB, \text{ ise } X_{ij}^e(t) = LB$$

Buradaki round fonksiyonu v_{ij} değerini en yakın tamsayıya yuvarlar ve *if else* ifadeleri her bir boyuttaki elamanları probleme ait uzay aralığına sınırlandırır. $Xi(t)$ isimli yeni bir yemek kaynağı elde edildikten sonra uygunluk fonksiyonu hesaplanır ve $xi(t-1)$ ile karşılaştırılır. $Xi(t)$ 'nin uygunluk değeri $xi(t-1)$ 'inkine eşit ya da ondan daha iyi ise; $xi(t)$ ile $xi(t-1)$ yer değiştirir. Son durumda $xi(t)$ popülasyonun yeni üyesi olur.

Aksi halde $xi(t)$ o şekilde kalır. Kısaca; önceki ve şu anki yemek kaynakları arasındaki seçim operasyonu aç gözlü seçim mekanizması ile yapılır. İABC algoritmasının prosedürel kodu ise Çizelge 3.9'da gösterilmektedir (Wei ve Hanning, 2012).

Gözcü arı evresi

Orijinal ABC algoritmasında belirtildiği gibi, gözcü arılar hangi işçi arının takip edileceğine karar vermek için işçi arıların sallanma dansını izlerler. Gözcü arı denklem

(3.228)'de hesaplanan p_i olasılık değerine bağlı x_i işçi arı tarafından bulunan bir yemek kaynağını tercih eder.

$$P_i = \frac{f_i t_i}{\sum_{i=1}^{SN} f_i t_i} \quad (3.228)$$

Buradaki $f_i t_i$ değeri i . Yemek kaynağının nektar miktarını ifade eder. Herhangi bir yemek kaynağına gidecek olan gözcü arı sayısı kaynaktaki nektar miktarına bağlı olarak değişir. Buradaki, $f_i t_i$ değeri ne kadar yüksekse, i . Yemek kaynağının seçilme olasılığı o kadar yüksek demektir.

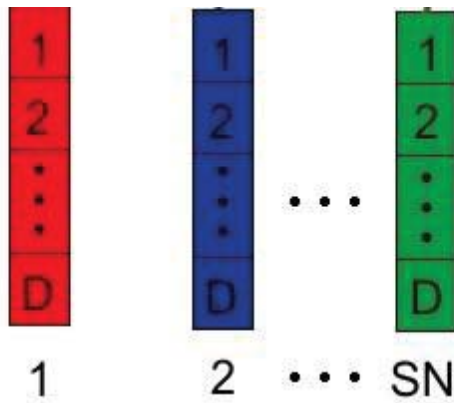
Gözcü arı x_i isimli işçi arı tarafından bulunan yemek kaynağını seçer ve gözcü arı denklem (3.227) ve (3.228)'e göre x_i konumunda bir modifikasyon yapar. İşçi arı evresinde olduğu gibi, modifiye edilmiş yemek kaynağı x_i 'den daha iyi nektara sahipse ya da nektar miktarları birbirine eşitse, modifiye edilmiş yeni yemek kaynağı x_i ile yer değiştirir ve arı popülasyonun yeni bireyi olur (Wei ve Hanning, 2012).

Kâşif arı evresi

Bu evrede, yeni potansiyel yemek kaynakları kâşif arılar tarafından bulunur. Eğer bir yemek kaynağı daha önceden belirlenmiş “limit” adı verilen sayıdaki döngü içerisinde iyileştirilemezse, bu durumda yemek kaynağının terk edilmesi gerekir (Wei ve Hanning, 2012).

Özetlemek gerekirse;

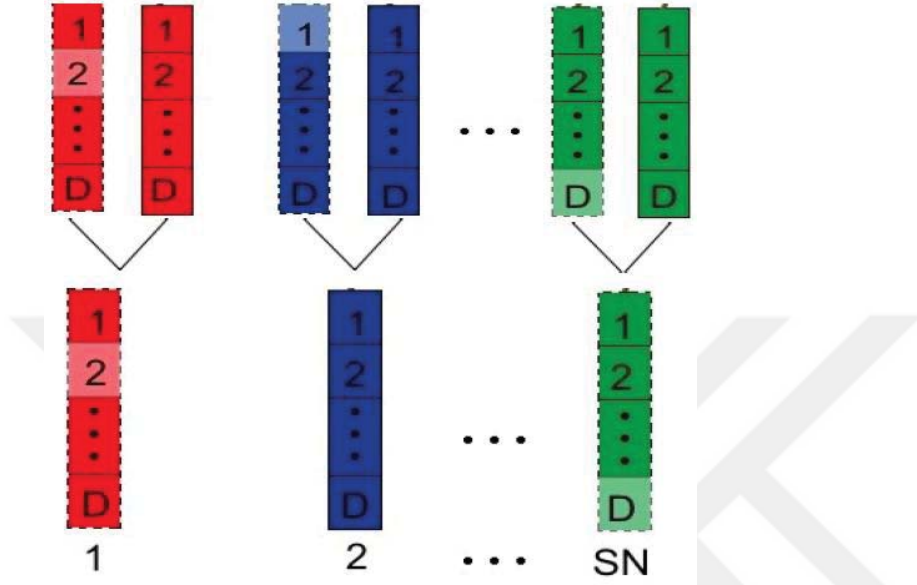
Basamak 1 : Kaşif arılar yemek kaynaklarının nektar büyüklüklerinin belirlenmesi için yollarır (Şekil 3.47)



Şekil 3.47. ABC algoritmasında kaşif arıların gösterimi (Karaboğa ve Akay, 2010)

Programdaki karşılığı: Uygun çözümler için arama yap.

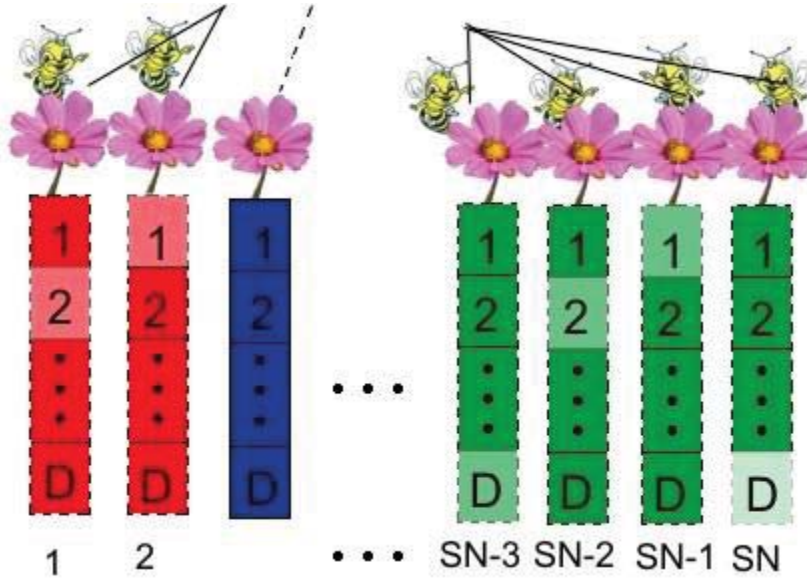
Basamak 2 : Görevli arıların yemek kaynaklarına yollanıp ve nektar büyüklüklerinin hesaplanması (Şekil 3.48)



Şekil 3.48. ABC algoritmasında görevli arıların gösterimi (Karaboğa ve Akay, 2010)

Programdaki karşılığı: Diğer uygun çözümler için arama yap ve uygun olduğunu düşündüğün çözümlerin büyüklüklerini değerlendir.

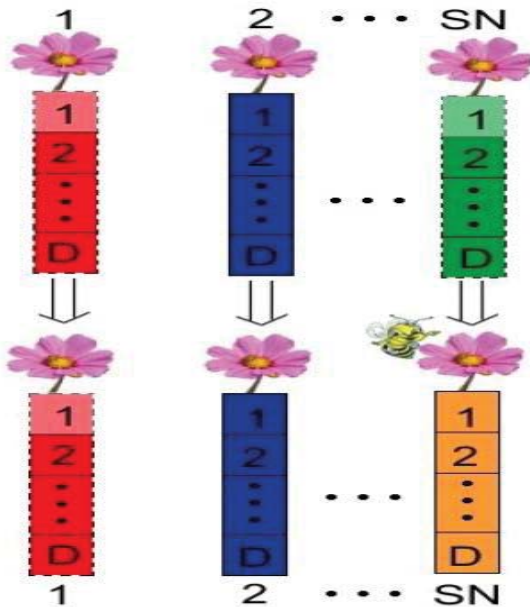
Basamak 3 : Yeni kaynaklar ile dans alanında gözcü arılar tarafından tercihen seçilen kaynaklar arasında olasılık hesabı yapılır ve gözcü arılar yollanır (Şekil 3.49).



Şekil 3.49. ABC algoritmasında görevli arıların nektar seçimi (Karaboğa, Akay, 2010)

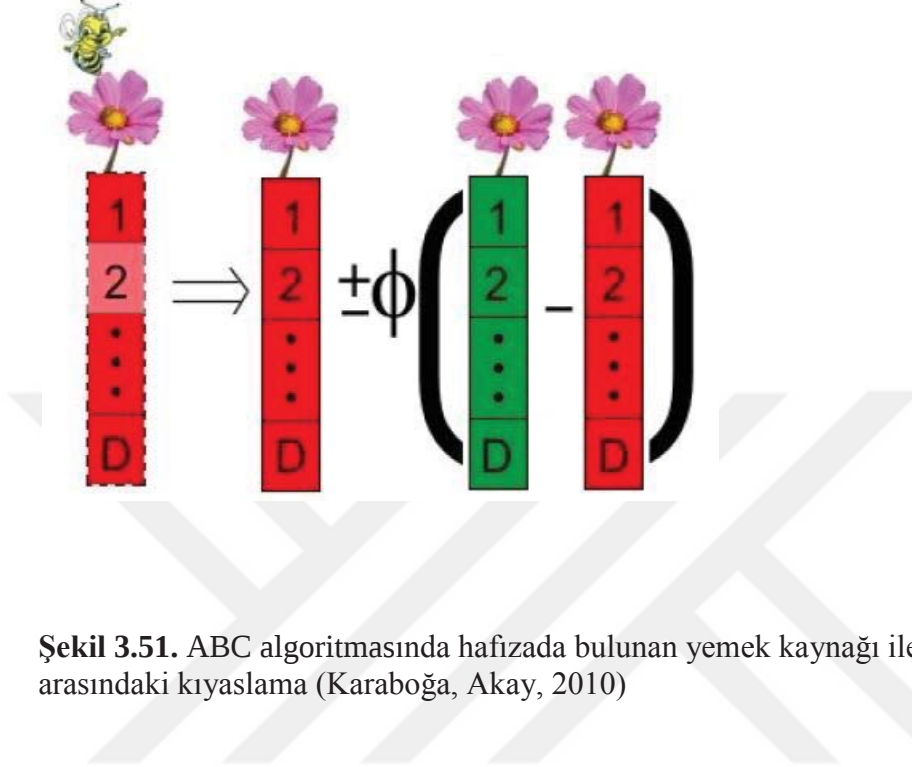
Basamak 4 : Tükenen kaynakların sömürülmesi bırakılır.

Basamak 5 : Kaşif arılar yeni çözüm olasılıkları bulunması için arama alanına rastgele gönderilir (Şekil 3.50).

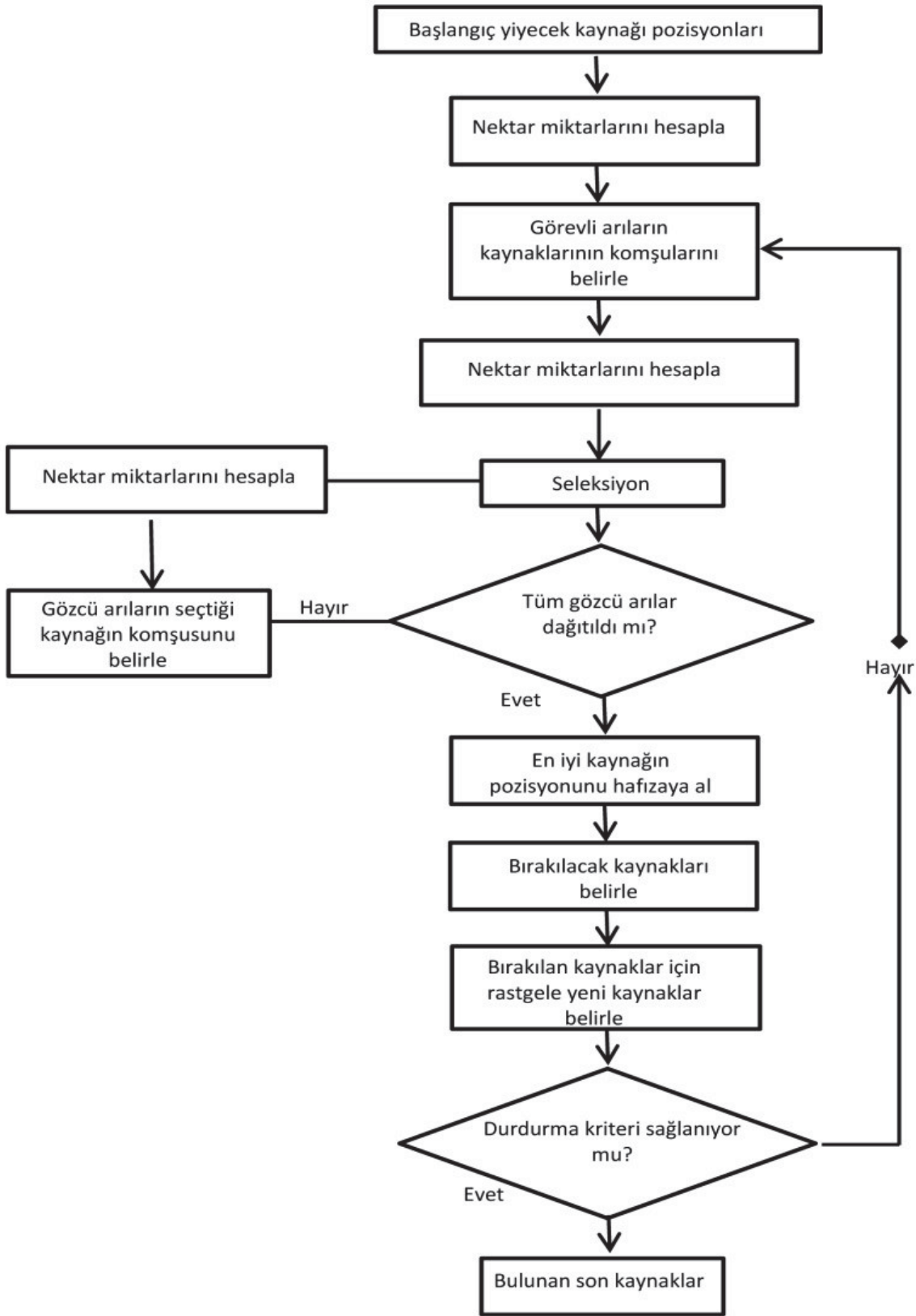


Şekil 3.50. ABC algoritmasında yemek kaynağının terk edilme işlemi (Karaboğa, Akay, 2010)

İşlem, gözcü arının veya görevli arının hafızasında bulunan komşu yemek kaynağın bulunması amacıyla kullanılır (Şekil 3.51).



Şekil 3.51. ABC algoritmasında hafızada bulunan yemek kaynağı ile rastgele bulunan arasındaki kıyaslama (Karaboğa, Akay, 2010)



Şekil 3.52. Yapay arı kolonisi algoritmasının genel işleyişi (Karaboğa ve Akay, 2007)

3.3.4.4 Biyocoğrafya yöntemi (BO)

Biyocoğrafya yöntemi Dan Simon (2008) tarafından habitat içindeki canlıların göç etme, habitatların göç alma ilkelerinden esinlenerek geliştirilmiş bir yöntemdir. Yeni bir biyo-ilham ve popülasyon tabanlı optimizasyon tekniğidir. Robert MacArthur ve Edward Wilson tarafından biyocoğrafya'nın matematik modellerinden esinlenilerek geliştirilmiştir. BBO yöntemi uçak motoru durumu tahmini ve genel kriter fonksiyonları için sensör seçimi probleminde kullanılmıştır. Bu algoritma dikdörtgen mikroşerit yama antenin rezonans frekansının hesaplanması, güç sistemlerinin analizi, standart güç akış problemi gibi optimizasyon problemlerinin çözümünde kendini kanıtlamıştır.

Yöntemde her bir birey için bulunduğu habitatın uygunluğuna göre bir göç etme olasılığı hesaplanır. Bu göç etme olasılığına göre bireyler göç eder. Biyocoğrafya algoritmasında göç etme durumu yeni tasarımların bulunması anlamına gelmektedir. Bunun dışında biocoğrafya yönteminde habitatın mutasyon olasılığı da vardır. Bu olasılık gerçekleşirse bireyler mutasyona uğrar. Bu olay biyocoğrafya yönteminde bazı tasarım değişkenlerinin yok edilerek yerine yeni tasarım değişkenlerinin rastgele oluşturulması anlamına gelmektedir. En basit şekliyle biyocoğrafya yönteminin çözüm algoritması aşağıdaki gibi gösterilebilir.

1. **Adım:** Habitat içerisindeki bireyleri (tasarımları) rastgele oluştur ve bireylerin (tasarımların) performans değerlerini hesapla
2. **Adım:** Habitat içerisindeki her bir bireylerin göç etme olasılığını hesapla, göç etme olasılığı gerçekleşirse habitatta göç eden bireylerin yerine yeni bireyler oluştur.
3. **Adım:** Mutasyon olasılığı gerçekleşirse mutasyon oranı gerçekleşen bireyi öldür. Yerine yeni bireyi rastgele oluştur.
4. **Adım:** Maksimum yineleme sayısı ulaşıncaya algoritmayı bitir. Ulaşılmadıysa 2. Adıma dön

Biyocoğrafya doğadaki türlerin dağılımına ait bir çalışmadır. Olası her çözüm bir ada olarak kabul edilir ve uygunluk endeksi değişkenleri (SIV) adı verilen yaşanabilirliğin karakterize edildiği özellikler mevcuttur. Her çözümün özüne kendi yaşam uygunluğu endeksi adı verilir (HIS). BBO'da, bir yaşam ortamı H , rastgele başlatılan N 'nin (SIVs) bir vektörü olarak kabul edilir. Daha sonra hedefe ulaşmak amacıyla asgari göç ve mutasyon adımı takip edilir. Göçteki bilgi her çözümün göç oranları μ ve göçmenlik oranları λ 'ya bağlı olan yaşam ortamları arasında paylaşılır. Her çözüm, kullanıcı tanımlı bir parametre olan P_{mod} olasılığına bağlı şekilde değiştirilir. Her bir bireyde λ ve μ mevcuttur ve doğal ortamı içinde K türlerinin sayısının bir fonksiyonu olup Eş. (3.229) ve (3.230) ile ifade edilebilir.

$$\lambda = \frac{EK}{P} \quad (3.229)$$

$$\mu = I \left(1 - \frac{K}{P}\right) \quad (3.230)$$

E: Maksimum λ

I: Maksimum μ

P: Populasyon boyutu dur.

Göçmenlik ve göç eğrileri E: I durumu için düz çizgilerdir. Daha çok tür ile yaşam ortamı (yüksek HIS, iyi çözüm) yüksek μ ve düşük λ 'ya sahip iken, birkaç tür ile yaşam ortamı (düşük HIS, zayıf çözüm) düşük μ ve yüksek λ 'ya sahiptir. Zayıf çözümler algoritma sömürü yeteneğini geliştiren iyi çözümden daha yararlı bilgileri kabul eder. Göç algoritması aşağıdaki gibi açıklanmıştır.

```
- $\alpha$ ,  $\lambda_i$  olasılığı ile  $H_i$  seçilir
-If  $H_i$ 
-For j = 1 to P
- $\alpha$ ,  $\mu_i$  olasılığı ile  $H_j$  seçilir
-If  $H_j$ 
- $H_j$ 'den SIV için rastgele bir  $\sigma$  seç
- $\sigma$  ile  $H_i$  de rastgele bir SIV'ı değiştir
-end if
-end for
-end if
```

$$m(s) = P_{mutate} \left(1 - \frac{P_i}{P_{max}}\right) \quad (3.231)$$

BBO da, mutasyon iyi çözümler edinmek amacıyla popülasyonun çeşitliliğinin artırılması amacıyla kullanılır. Mutasyon operatörü E: I durumu için m tabanlı mutasyon oranı ile rastgele bir yaşam kullanıcısının SIV'ını değiştirir. Mutasyon oranı m aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

```
-Burada,  $P_{mutate}$  kullanıcı tanımlı bir parametredir ve  $P_{max} = \arg_{max} P_i$ ,  $i = 1, \dots, p$ .
-Mutasyon algoritması aşağıdaki gibi tanımlanır.
-For j = 1 to N
- $P_i$  olasılığını hesaplamak için  $\lambda_i$  ve  $\mu_i$  kullan
- $\alpha$   $P_i$  olasılığı ile SIV  $H_i(j)$  seçilir
-If  $H_i(j)$ 
-Rastgele üretilen SIV ile  $H_i(j)$ 'yi yer değiştir
-end if
-end for
```

-BBO Algoritması aşağıdaki gibi tanımlanır:

Başlangıç Parametreleri:

P: Popülasyon boyutu

G: Maksimum nesil sayısı

Keep: Elitizm parametresi

P_{mod} : Ada modifikasyon olasılığı

-Adım 1: Olası her bir yaşam türü sayısı ve rastgele bir başlangıç popülasyonunun sayısı.

-Adım 2: Popülasyondaki her bir birey için uygunluğun denetlenmesi.

-Adım 3: Sonlandırma kriterinin karşılanmadığı durumda. (While)

-Adım 4: Geçici bir dizideki en iyi yaşam kaydedilir.

-Adım 5: Her bir yaşam için, S, λ ve μ türlerinin sayısı HSI ile eşleştirilir.

-Adım 6: Göç oranlarına dayanarak olasılıksal bir göçmen adası seçilir.

-Adım 7: 6. Adımda seçilen adaya dayalı rastgele seçilen SIV'ları göç ettirilir.

-Adım 8: Her mutasyon algoritması başına düşen popülasyonun en kötü yarısı değiştirilir.

-Adım 9: Popülasyondaki her bir birey için uygunluğun denetlenmesi.

-Adım 10: En iyiden en kötüye popülasyon sıralanır.

-Adım 11: $G = G + 1$

-Adım 12: Döngü sonu.

3.3.4.5 Arama grup yöntemi (SGA)

Arama grup yöntemi (Goncalves vd. 2015) tarafından topluluğun gruplar halinde en iyiyi bulma davranışından esinlenerek geliştirilmiştir. Yeni bir optimizasyon algoritması olan GAA grup yaşam teorisi ve canlıların besin arama davranışlarından esinlenilerek oluşturulmuştur. GAA popülasyon tabanlı bir algoritmadır ve PS modelin üzerine inşa edilmiştir. PS model, doğadaki canlıların besin kaynaklarını arama modellerinin kullanılarak, GAA için optimum arama stratejisini oluşturan temel bir modeldir. Modelde grup üyeleri yiyecekleri bulmak ya da bulunmuş olan yiyeceklere ulaşmak amacıyla arama yapar. GAA'da bir grupta üç çeşit üye mevcuttur. Bunlar; üretici, otlakçı ve korucu üyelerdir. Üretici ve otlakçı üyenin davranışları PS model üzerine kuruludur. Korucular ise rastgele yürüyüş yaparak çözümün yerel minimuma takılmasını önler. Burada hesaplama kolaylığı sağlamak amacıyla her bir iterasyonda sadece bir tane üretici olduğu kabulü yapılmaktadır. Kalan üyeler ise otlakçı ve korucu üyelerdir. Temel olarak tüm otlakçıların besin arama politikaları; üretici tarafından bulunmuş olan besin kaynaklarından yararlanma olarak kabul edilir. Bu yöntem temel hatlarıyla diğer meta-sezgisel optimizasyon yöntemlerine benzer gibi görünmesine rağmen, en iyi çözüm arama işlemini tüm koloni veya birey olarak yapmaz. Yöntemde topluluk gruplara ayrılır. Gruplar, hem kendi elemanları arasında hem de diğer gruplar ile iletişim kurar ve yeni bireyler oluşturur. Arama grup yönteminin temel algoritması aşağıdaki gibi özet şeklinde verilebilir.

1.Adım: Topluluk içerisinde bulunan bireyler (tasarımlar) rastgele oluşturulur.

Bireylerin (tasarımların) performans değerleri hesaplanır. En iyi ve en kötü bireyler tespit edilir.

2.Adım: Toplulukta bulunan bireyler gruplara ayrılır. Her grupta en iyi ve en kötü bireyler tespit edilir.

3.Adım: Tüm bireyler belli bir oranda mutasyona uğratılır.

4.Adım: Grup içerisinde aileler oluşturulur. Aileler aracılığıyla yeni bireyler grup içerisindeki en iyi birey veya topluluk içerisindeki en iyi bireye göre oluşturulur. Yeni bireylerin performansları hesaplanır, topluluk ve gruplar güncellenir.

5.Adım: Maksimum yinleme sayısına ulaşıncaya algoritma bitirilir. Ulaşılmadıysa 2. Adıma dönlür.

GAA'nın popülasyonuna grup adı verilir ve popülasyondaki her birey üye olarak adlandırılır. n boyutlu arama uzayında k . İterasyondaki i . Üyeye ait geçerli konum; $X_i^k \in R^n$ ve başlangıç açısı $\varphi_i^k = (\varphi_{i1}^k, \dots, \varphi_{i(n-1)}^k) \in R^{n-1}$ dir. i . Üyenin arama yönündeki birim vektörü

$$d_{il}^k = \prod_{q=1}^{n-1} \cos(\varphi_{iq}^k) \quad (3.232)$$

$$d_{ij}^k = \sin(\varphi_{i(j-1)}^k) \prod_{q=j}^{n-1} \cos(\varphi_{iq}^k) \quad (3.233)$$

$$d_{in}^k = \cos(\varphi_{i(n-1)}^k) \quad (3.234)$$

ile verilir.

Optimizasyon probleminde, bilinmeyen optimum noktalar arama uzayına rastgele dağıtılmış açık yamalar olarak kabul edilebilir. Bunun sonucu grup üyeleri arama uzayı üzerinde hareketleri ile yamaları ararlar. Ayrıca üreticilerin ve otlakçıların aynı fenotipik özelliklere haiz olduğu kabul edilebilir. Böylece iki rol arasında geçiş yapılabilir. Her bir iterasyonda üretici olarak seçilen grup üyesi en çok gelecek vaat eden alan ve en iyi uygunluk değerini veren alana yerleştirilir. Sonrasında ise alana yerleştirilen üreticiler, besin kaynaklarını araştırmak için çevreyi tarar. Tarama, arama yönlendirmenin önemli bir bileşenidir. Bu arama ve tarama işlemleri sırasında hayvanlar, duyu alıcılarıyla ve çoğu zaman kendi bedenleri ya da uzantıları ile arama çevresinden bilgiler toplar. Tarama işlemi fiziksel temas, görsel, kimyasal ya da işitsel mekanizmalar yardımı ile gerçekleştirilebilir. GAA'da birçok hayvan çeşidi tarafından kullanılan temel tarama mekanizması olan vizyon, üretici tarafından kullanılmaktadır. Görsel arama yapmak için, birçok hayvan değişken mekânsal çözünürlüğe sahip olan retinalarca geniş bir alanın görüşü kodlanır. Sonrasında da yüksek hızlı göz hareketleri

kullanılarak yüksek çözünürlüklü bölgedeki potansiyel hedef yerlerine doğru yönlendirilirler. İyi tarama performansı canlıların yaşamı için gereklidir.

Algoritmada görüş alanının taranması n-boyutlu uzay için basitleştirilmiş ve genelleştirilmiştir. Maksimum takip açısı $\Theta_{\max}$, maksimum takip mesafesi $l_{\max}$ ile karakterize edilen 3D uzayı Şekil 3.53’de gösterilmiştir. GSO algoritmasında k.

İterasyondaki X_p üreticisinin davranışı aşağıdaki gibidir;

1)Üretici tarafından sıfır derecede taramaya başlanılacak daha sonra da tarama alanında rastgele üç nokta örnekleyecek şekilde yanal tarama yapılacaktır.

Bir nokta sıfır derecede;

$$X_z = X_p^k + r_1 l_{\max} D_p^k(\varphi^k) \quad (3.235)$$

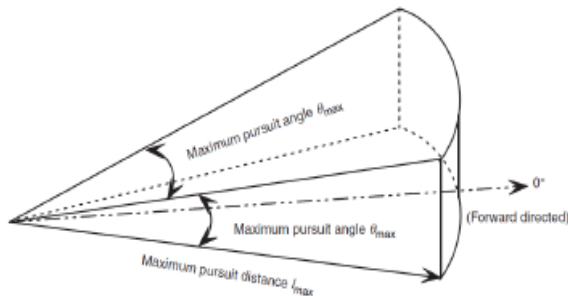
ile ifade edilir. Bir nokta hiperküpün sağtarafında;

$$X_r = X_p^k + r_1 l_{\max} D_p^k\left(\frac{\varphi^k + r_2 \Theta_{\max}}{2}\right) \quad (3.236)$$

İle verilir. Bir nokta hiperküpün sol tarafında;

$$X_l = X_p^k + r_1 l_{\max} D_p^k\left(\frac{\varphi^k - r_2 \Theta_{\max}}{2}\right) \quad (3.237)$$

Burada $r_1 \in R^1$ standart sapma değeri 1 ve ortalaması 0 olan normal dağılıma sahip rastgele sayıdır. $R_2 \in R^{n-1} (0,1)$ aralığında rastgele bir dizidir.



Şekil 3.53. 3D Tarama Alanı

2) Üretici tarafından sonrasında en iyi kaynak ile en iyi nokta bulunacaktır. Eğer en iyi nokta en uygun (fitness value) değere sahipse yeni konumu bu nokta olacaktır. Yoksa mevcut konumda kalarak yeni rastgele oluşturulmuş bir açığa doğru yönlendirilecektir. Bu aç;

$$\Phi^{k+1} = \varphi^k + r_2 \alpha_{\max} \quad (3.238)$$

ile ifade edilir. Burada $\alpha_{\max}$ maksimum dönüş açısıdır.

3) Eğer üretici tarafından a iterasyon sonrasında iyi bir alan bulunamazsa baştaki sıfır dereceye dönecektir.

Bu durum:

$$\Phi^{k+a} = \varphi^k \quad (3.239)$$

ile ifade edilir. Burada a sabit bir sayıdır.

Her bir iterasyonda, grup üyelerinden bir kısmı otlakçı olarak seçilir. Otlakçılar üreticinin bulunduğu besin kaynaklarından yararlanmak için fırsat kollar.

Genel olarak otlakçı davranışları; üretici etrafında alan takibi ve üreticinin yakın arama çevresinde tarama yapmak şeklinde ifade edilir. K. İterasyonda i. Otlakçının alan takip davranışı üreticiye doğru rastgele bir yürüyüş şeklinde modellenebilir.

Bu model;

$$X_i^{k+1} = X_i^k + r_3 (X_p^k - X_i^k) \quad (3.240)$$

ile ifade edilir. Burada $r_3 \in R^n (0,1)$ aralığında rastgele bir dizidir.

Doğadaki grup üyeleri farklı arama ve rekabet yeteneklerine sahiptir. Baskın arayıcılardan daha az etkin olan korucular ise grupta farklı yerlere dağıtılırlar. Korucular tarafından ilk aşamadaki aramalar hiç bir ipucu olmadan belirli kaynaklara doğru yapılır.

Korucular yeni yaşam alanları ve kolonileri keşfedebilir. GAA algoritmasında, korucular yeni arama uzaylarının keşfi ve böylece algoritmanın yerel minimuma takılmasının önlenmesi amacıyla sunulmuştur. Korucular tarafından verimli kaynakların bulunması için rastgele yürüyüş ve sistematik arama stratejileri içeren arama stratejileri kullanılır. GAA algoritmasında rastgele dağıtılan kaynakların en verimli arama yönteminin rastgele yürüyüş yöntemi olduğu düşünülmektedir. Eğer gruptaki i. Üye k. İterasyonda korucu olarak seçilmişse, bu φ_i^{k+1} ile rastgele bir başlangıç açısı üretir.

Bu açı;

$$\varphi_i^{k+1} = \varphi^k + r_2 \alpha_{\max} \quad (3.241)$$

ile verilir. Burada $\alpha_{\max}$ maksimum dönüş açısı olup, bu rastgele bir uzaklık seçer;

$$l_i = a.r_1 l_{\max} \quad (3.242)$$

Daha sonra yeni bir noktaya hareket edilir. Bu hareket noktası;

$$X_i^{k+1} = X_i^k + l_i D_i^k (\varphi^{k+1}) \quad (3.243)$$

İle verilir.

Hayvanlar besin kaynaklarını bulmada şanslarını en üst düzeye çıkarabilmek amacıyla arama uzaylarını sınırlar. Bunun ilk stratejisi olarak arama uzayının sonuna gelindiği anda üyenin tekrar arama uzayına dönüşü sağlanır. Bu strateji sınırlı arama uzayının taranması amacıyla GAA tarafından kullanılır. Bir üye arama uzayının dışına çıkarsa bu üye arama uzayı içerisindeki önceki konumuna döndürülecektir.

3.3.5 Yüzeysel temellerin optimizasyon probleminin matematiksel modeli

Yüzeysel temellerin optimizasyonunda amaç temel maliyetini minimize edecek ve tasarım şartnamelerinin sunduğu kriterleri sağlayacak şekilde en uygun temel boyutları ve donatı alanlarını bulmaktır. Bu ifade matematiksel olarak aşağıdaki şekilde gösterilebilir.

$$M(\vec{x}) = f(X_1, X_2) \quad (3.244)$$

$$\vec{x} = [B_x, B_y, h, A_{sx}, A_{sy}] \quad (3.245)$$

$$x_1 = B_x \cdot B_y \cdot h \cdot Br_{\text{Beton}} \quad (3.246)$$

$$x_2 = (A_{sx} \cdot B_x + A_{sy} \cdot B_y) \cdot \rho \cdot Br_{\text{çelik}} \quad (3.247)$$

Burada

- M : Toplam maliyeti
 X_1 : Temel betonun maliyetini,
 X_2 : Donatı alanının maliyetini,

Yukarıdaki denklem sisteminde (3.244) M ifadesi tekil temel toplam maliyetini, x vektörü tasarım değişkeni vektörünü, B_x , B_y temelin boyutlarını, h temel yüksekliği, A_{sx} ve A_{sy} ifadeleri ise temel donatı alanlarını temsil etmektedir. (3.245), (3.246), (3.247)

1. Gerilme:

$$g(\vec{x})_{gr} = \frac{\sigma_{max}}{\sigma_{emin}} - 1 \leq 0 \quad (3.248)$$

2. Zımbalama:

$$g(\vec{x})_{zim} = \frac{V_{pd}}{V_{pr}} - 1 \leq 0 \quad (3.249)$$

3. Kesme:

$$g(\vec{x})_{kes} = \frac{V_{dx}}{V_{crx}} - 1 \leq 0, \quad g(\vec{x})_{kes} = \frac{V_{dy}}{V_{cry}} - 1 \leq 0 \quad (3.250)$$

4. Eğrilik:

$$g(\vec{x})_{eğr} = \frac{K_L}{K_x} - 1 \leq 0, \quad g(\vec{x})_{eğr} = \frac{K_L}{K_y} - 1 \leq 0 \quad (3.251)$$

5. Minimum donatı:

$$g(\vec{x})_{min.d} = \frac{A_{min}}{A_{sx}} - 1 \leq 0 \quad g(\vec{x})_{min.d} = \frac{A_{min}}{A_{sy}} - 1 \leq 0 \quad (3.252)$$

6. Eğilme:

$$g(\vec{x})_{\text{eğl}} = \frac{M_{dx}}{M_{kx}} - 1 \leq 0 \quad g(\vec{x})_{\text{eğl}} = \frac{M_{dy}}{M_{ky}} - 1 \leq 0 \quad (3.253)$$

7. Çelik çivi (dowel): (ACI 318-14)

$$g(\vec{x})_{\text{dwl}} = \frac{A_{s\min}}{A_1} - 0,005 \leq 0 \quad (3.254)$$

Sınırlayıcıları sağlayacak şekilde minimum maliyeti sağlayan en uygun B_x , B_y , h , A_{sx} ve A_{sy} değerleri alınacaktır.

3.3.5.1 Amaç fonksiyonunu değerlendirilmesi ve tasarım performansının ölçülmesi

Optimizasyon işleminde tasarımlar doğrudan amaç fonksiyonun değerine göre değerlendirilmemişlerdir. Tez çalışmasında kullanılan denklemler (3.248) - (3.254) arasında belirtilen sınırlayıcı fonksiyonlar sağlanmazsa tasarımın denklem (3.244)'de belirtilen amaç fonksiyon değeri aşağıdaki denklemle değeri arttırılarak cezalandırılır.

$$Cost_p = Cost * (1 + TCeza)^\epsilon \quad (3.255)$$

Yukarıdaki denklemde $Cost_p$ cezalı amaç fonksiyon değerlerini, $TCeza$ toplam ceza değerini ve ϵ ise ceza katsayısını belirtmektedir. Bu çalışmada, ceza katsayısı 2 olarak belirlenmiştir. Toplam ceza değeri denklem (3.248) - (3.254) arasında belirtilen sınırlayıcı fonksiyonlara göre aşağıdaki şekilde ifade edilmiştir.

$$Tceza = \sum_{i=1}^{NC} Ceza_i; \quad Ceza_i = \begin{cases} 0 & \text{for } g_i(\vec{x}) \leq 0 \\ g_i(\vec{x}) & \text{for } g_i(\vec{x}) > 0 \end{cases} \quad (3.256)$$

3.4 Yüzeysel temellerin optimizasyonu programı (Ytop)

Yüzeysel temellerin optimizasyon analizinin yapılması amacıyla tarafımızca Gw-Basic dilinde oluşturulan Ytop yazılımının giriş arayüzü (menüsü) Şekil 3.54’de görüldüğü gibidir. Bu giriş arayüzünde yüzeysel temeller, tekil, sürekli ve radye temel tiplerinden birinin ikonunun üzeri tıklanarak seçimi yapılır.



Şekil 3.54. Ytop yazılımı arayüzü

Yazılımın temel bilgilerinin girildiği genel başlıklı ikinci arayüzünde, (Şekil 3.55) temel boyutları, kolon ebatları, etkiyen eksenel yük ve eğilme momenti değerleri ile analizde kullanılması öngörülen betonun sınıfı, m^3 bazında birim maliyeti, çelik sınıfı ve çelik birim maliyeti gibi değerler yazılım menüsünde girilir.

Tekil Temellerin Ytop yazılımında analizi:

Tekil temellerin Ytop yazılımında analizinde veri giriş menüsü Şekil 3.55’de görülmektedir.

Genel		Optimizasyon	
Temel Girdileri		☐ Optimize et	
Temel Uzunluğu Bx (m)	2.60	Maliyet=	
Temel genişliği By (m)	2.10	TL	Ceza=
Kolon genişliği X (m)	0.5	Gerekli Donatı Alanları	
Kolon genişliği Y (m)	0.5	Donatı Alanı X	cm ²
Temel kalınlığı (M)	0.5	Donatı Alanı Y	cm ²
Zemin Emn. Genilmesi	35	Malzeme	
Temel Yükleri		Çelik sınıfı	S220a
Eksenel Yük (t)	88.729	Beton sınıfı	C30
Moment x (t-m)	0.145	Beton birim maliyeti	200 TL/m ³
Moment y (t-m)	-0.193	Çelik birim maliyeti	2.5 TL/kg
		Çelik özgül ağırlığı	8.75 Ton/m ³
Bağlat			
Kontroller			
Net Zemin Day. K.			
Kesme kontrolü			
Eğilme kontrolü			
Zımbalama kontrolü			

Şekil 3.55. Ytop yazılımı tekil temel veri giriş menüsü

Veri girişleri yapıldıktan sonra yazılımda analizin başlaması için başlat ikonunun tıklanması gereklidir. Optimizasyon yapılmadan yapılan analiz sonucuna dair arayüz Şekil 3.56'da görülmektedir. Donatı alanları ve maliyet değeri ilgili kutucuklarda verilmektedir. Net zemin dayanımı kontrolü, kesme kontrolü, eğilme kontrolü, zımbalama kontrolü tahkiklerinin başarılı sonuçlandığı yeşil bant renginden görülmektedir.

Genel Optimizasyon

Temel Girdileri

Temel Uzunluğu Bx (m) 2.60

Temel genişliği By (m) 2.10

Kolon genişliği X (m) 0.5

Kolon genişliği Y (m) 0.5

Temel kalınlığı (M) 0.5

Zemin Emn. Genilmesi 20

Temel Yükleri

Eksenel Yük (t) 88.729

Moment x (t-m) 0.145

Moment y (t-m) -0.193

Bağlat

Optimize et

Maliyet= 788.68 TL Ceza= 0

Kontroller

Net Zemin Day. K. Oran: 0.544

Kesme kontrolü Oran: 0.294

Eğilme kontrolü Oran: 0.219

Zimbalama kontrolü Oran: 0.335

Gerekli Donatı Alanları

Donatı Alanı X 21.668451244 cm²

Donatı Alanı Y 26 cm²

Malzeme

Çelik sınıfı S220a

Beton sınıfı C30

Beton birim maliyeti 200 TL/m³

Çelik birim maliyeti 2.5 TL/kg

Çelik özgül ağırlığı 8.75 Ton/m³

Şekil 3.56. Ytop yazılımı tekil temel analiz sonuç menüsü

Optimizasyon analizi:

Yazılımda optimizasyon başlığı altındaki diğer menüde (Şekil 3.57) optimizasyon analizine ait öngörülen sınır değerleri, iterasyon sayısı vb. sınırlayıcı parametre değerleri tarafımızca oluşturulabilmektedir.

Genel Optimizasyon

Tasarım Değişkenleri

	Alt Limit	Üst Limit
Temel genişliği (m)	1	4
Temel yüksekliği (M)	1	4
Temel kalınlığı (M)	0.25	1.25
Beton Sınıfı	0.2	0.2
Tas. Değ. Sayısı:	3	
Tolerans:	0.5	
Maks Tekrar:	1000	

☒ Levy Flight Durumu

Aç Gözlü Seçim

☒ Kapalı

☐ Standart

☐ En iyi

Yapay An Kolonisi Optimizasyon Parametreleri

An sayısı: 20

Yiyecek Limiti 150

Bio-Coğrafya Optimizasyon Parametreleri

Habitat Sayısı: 50

Mutasyon Oranı 0.01

Arama Grup Optimizasyon Parametreleri

Topluluk Sayısı: 50

Glb Tekrar Oranı 0.3

Alfa Min 0.01

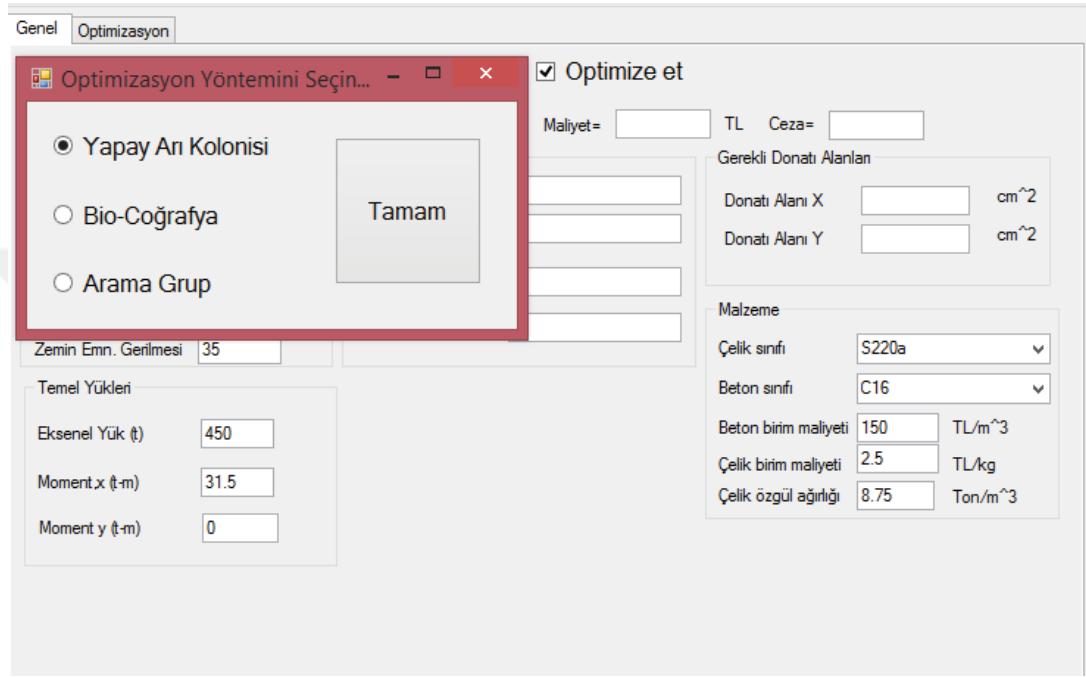
Mutasyon Oranı 0.01

Alfa Başlangıç 2

Arama Grup Oranı 0.1

Şekil 3.57. Ytop yazılımı tekil temel optimizasyon menüsü

Yazılımda optimizasyon analizinin yapılması için genel başlıklı arayüz içeriğinde bulunan optimize et kutucuğu tıklanarak aktif hale getirilir (Şekil 3.58). Bu işlem sonrası açılan alt menüde meta-sezgisel optimizasyon yöntemlerinden, yapay arı kolonisi, bio-coğrafya ya da arama grup yöntemlerinden biri seçilerek başlat iconu tıklanarak optimizasyon analizi başlatılır.



Şekil 3.58. Ytop yazılımı tekil temel optimizasyon yöntemi seçim menüsü

Yazılımda tekil temel optimizasyon sonuç menüsü Şekil 3.59’da görülmektedir. Temel ebatları, donatı alanı ve maliyet değerlerine ait sonuçlar verilmektedir. İlgili tahkiklerin başarılı olduğu yeşil bant rengi ile gösterilmektedir. Ceza değerinin 0 değerinde olması iterasyonun başarı ile sonuçlandığının göstergesidir.

Genel **Optimizasyon**

Temel Girdileri

Temel Uzunluğu Bx (m) 2

Temel genişliği By (m) 2

Kolon genişliği X (m) 0.5

Kolon genişliği Y (m) 0.5

Temel kalınlığı (M) 0.3

Zemin Emn. Gerilmesi 20

Temel Yükleri

Eksenel Yük (t) 88.729

Moment x (t-m) 0.145

Moment y (t-m) -0.193

Bağlat ☒ **Optimize et**

Maliyet= 466,36 TL Ceza= 0

Kontroller

Kontrol	Oran
Net Zemin Day. K.	0,743
Kesme kontrolü	0,515
Eğilme kontrolü	0,494
Zımbalama kontrolü	0,787

Gerekli Donatı Alanları

Donatı Alanı X 25,869477506 cm²

Donatı Alanı Y 25,869477506 cm²

Malzeme

Çelik sınıfı S220a

Beton sınıfı C30

Beton birim maliyeti 200 TL/m³

Çelik birim maliyeti 2.5 TL/kg

Çelik özgül ağırlığı 8.75 Ton/m³

Şekil 3.59. Tekil temel optimizasyon sonuç menüsü

Sürekli temellerin Ytop yazılımında analizi:

Sürekli temellerin Ytop yazılımında analizinde veri giriş menüsü Şekil 3.59'da görülmektedir.

Genel **Yükleme** **Grafikler** **Optimizasyon**

Temel Girdileri

Temel Uzunluğu (m) 5

Temel genişliği (m) 3.6

YatakKatsayısı (t/m³) 1500

Kolon sayısı 2

Kolon genişliği (M) 0.6

Temel yüksekliği (M) 1

Temel kalınlığı (M) 0.4

Zemin türüne göre yatak katsayısı

☒ Rijit Analiz ☐ Elastik Analiz

Bağlat ☐ **Optimize et**

Maliyet= TL Ceza=

Kontroller

Zemin emniyet K.

Eğilme kontrolü

Kesme kontrolü

Malzeme

Çelik sınıfı S220a

Beton sınıfı C30

Beton birim maliyeti 200 TL/m³

Çelik birim maliyeti 2.5 TL/kg

Çelik özgül ağırlığı 8.75 Ton/m³

Gerekli Donatı Alanları

Orta bölgede aralık

Sıklaştıma bölgesi

Toplam boyuna d.

Etriye alanı

Ön Tasarım

Zemin Emn. Gerilmesi 30

☐ Kırılgan Plak

☐ Otomatik Ampartman

Sağ Ampert 0 m

Sol Ampert 1 m

Şekil 3.60. Ytop yazılımı sürekli temel veri giriş menüsü

Sürekli temellerin Ytop yazılımında analizi ile ilgili, gerekli değerlerin yazılıma verildiği genel başlığı altındaki menü Şekil 3.59’da görüldüğü gibidir.

Yazılımda analize başlanmadan önce yükleme başlığı altındaki menüde (Şekil 3.60) kuvvet ve moment değerleri sürekli temel kirişi doğrultusunda soldan sağa sırasıyla girilir. Sürekli temelin sol başlangıç noktası referans noktası olarak kabul edilerek sürekli temel kiriş uzunluğu (L değeri) eklenir. Bu şekilde bu menüde, sürekli kirişe ait etkiyen kuvvet, moment değerleri ve kiriş uzunluğu değeri yazılıma verilmiş olur.

	Yük (kN)	Moment (t-m)	Uzaklık (m)
1. Kuvvet	13.858	5.381	0
	26.580	10.938	5

Şekil 3.61. Ytop yazılımı sürekli temel yükleme menüsü

Yazılımda gerekli verilerin girişi sonrası analiz işlemi yine başlat ikonu ile yapılır. Analiz sonuç menüsü Şekil 3.61’de görüldüğü gibidir. Analiz sonuç menüsünde donatı alanları, maliyet vb. sonuç değerlerinin yanında yapılan tahkiklere ait sonuçlar görülmektedir.

The screenshot displays the 'Optimize et' (Optimize) menu in the Ytop software. The interface is divided into several sections:

- Genel (General):** Includes tabs for 'Genel', 'Yükleme', 'Grafikler', and 'Optimizasyon'. The 'Optimize et' checkbox is checked.
- Temel Girdileri (Foundation Inputs):** Fields for 'Temel Uzunluğu (m)' (5), 'Temel genişliği (m)' (3.6), 'Yatak Katsayısı (t/m³)' (1500), 'Kolon sayısı' (2), 'Kolon genişliği (M)' (0.6), 'Temel yüksekliği (M)' (1), and 'Temel kalınlığı (M)' (0.4). A dropdown for 'Zemin türüne göre yatak katsayısı' is also present.
- Kontroller (Controls):** Fields for 'Zemin emniyet K' (Oran: 0,028), 'Eğilme kontrolü' (Oran: 0,118), and 'Kesme kontrolü' (Oran: 0,043).
- Malzeme (Material):** Fields for 'Çelik sınıfı' (S220a), 'Beton sınıfı' (C30), 'Beton birim maliyeti' (200 TL/m³), 'Çelik birim maliyeti' (2.5 TL/kg), and 'Çelik özgül ağırlığı' (8.75 Ton/m³).
- Gerekli Donatı Alanları (Required Reinforcement Areas):** Fields for 'Orta bölgede aralık' (20 cm), 'Sıkılaştırma bölgesi' (15 cm), 'Toplam boyuna d.' (cm²), and 'Etriye alanı' (0,5026548245 cm²).
- Ön Tasarım (Preliminary Design):** Fields for 'Zemin Emn. Gerilmesi' (30), 'Kırılgı Plak' (checkbox), 'Otomatik Ampartman' (checkbox), 'Sağ Ampir' (0 m), and 'Sol Ampir' (1 m).

Şekil 3.62. Sürekli temel analiz sonuç menüsü

Optimizasyon analizi:

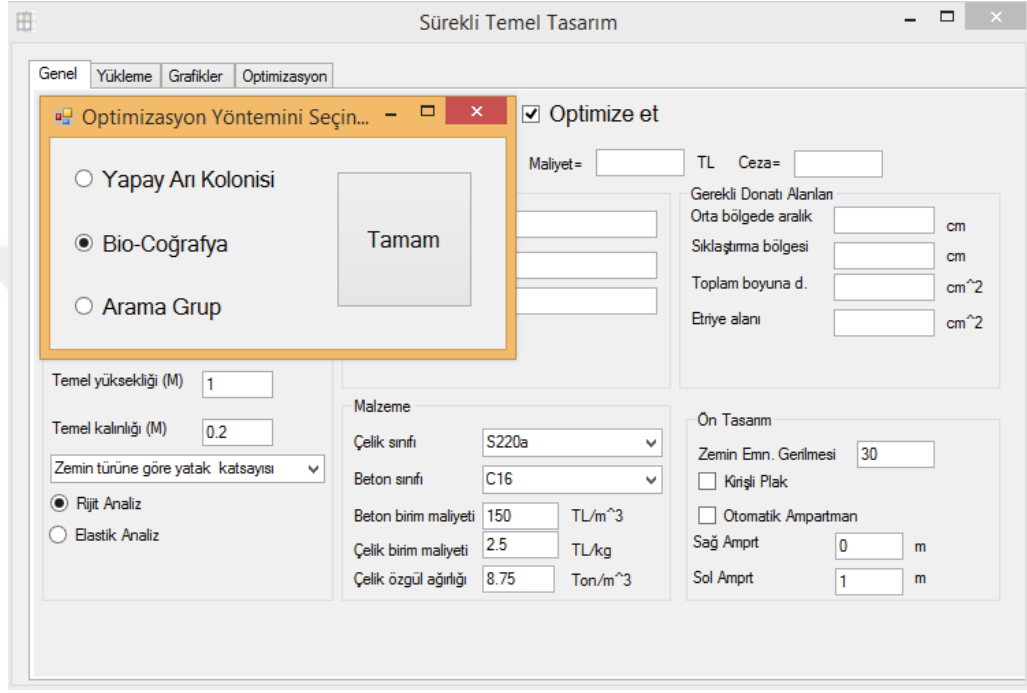
Ytop yazılımında sürekli temellerin optimizasyon analizi başlatılmadan önce, optimizasyon başlığı altındaki Şekil 3.62’de görülen menüden iterasyon adım sayısı ve alt üst limit değerleri yazılıma girilerek belirlenir.

The screenshot displays the 'Optimizasyon' (Optimization) menu in the Ytop software. The interface is divided into several sections:

- Tasarım Değişkenleri (Design Variables):** Fields for 'Temel genişliği (m)' (Alt Limit: 0.7, Üst Limit: 2), 'Temel yüksekliği (M)' (Alt Limit: 0.5, Üst Limit: 1.5), 'Temel kalınlığı (M)' (Alt Limit: 0.2, Üst Limit: 0.6), 'Beton Sınıfı' (Alt Limit: 0.2, Üst Limit: 0.2), 'Tas. Değ. Sayısı' (4), 'Tolerans' (0.5), 'Maks Tekrar' (1000), and a checked 'Levy Flight Durumu' checkbox.
- Aç Gözlü Seçim (Open Eye Selection):** Radio buttons for 'Kapalı' (selected), 'Standart', and 'En iyi'.
- Yapay An Kolonisi Optimizasyon Parametreleri (Artificial Colony Optimization Parameters):** Fields for 'An sayısı' (20) and 'Yiyecek Limiti' (150).
- Bio-Coğrafya Optimizasyon Parametreleri (Bio-Geography Optimization Parameters):** Fields for 'Habitat Sayısı' (50) and 'Mutasyon Oranı' (0.01).
- Arama Grup Optimizasyon Parametreleri (Search Group Optimization Parameters):** Fields for 'Topluluk Sayısı' (50), 'Gib Tekrar Oranı' (0.3), 'Alfa Min' (0.01), 'Mutasyon Oranı' (0.01), 'Alfa Başlangıç' (2), and 'Arama Grup Oranı' (0.1).

Şekil 3.63. Ytop yazılımı sürekli temel optimizasyon menüsü

Yazılımda optimizasyon analizi yapmak için genel başlığı altındaki menüden optimize et kutucuğu aktif hale getirilir. Bu işlem sonrası açılan alt menüde meta-sezgisel optimizasyon yöntemlerinden, yapay arı kolonisi, bio-coğrafya ya da arama grup yöntemlerinden biri seçilerek başlat ikonu tıklanarak optimizasyon analizi başlatılır.



Şekil 3.64. Ytop yazılımı sürekli temel optimizasyon yöntemi seçim menüsü

Yazılımda yapılan sürekli temel optimizasyon analiz sonuç menüsü Şekil 3.64'de görüldüğü gibidir. Temel ebatları, donatı alanı ve maliyet değerinin yanında yapılan ilgili tahkiklerin sonuçları da görülmektedir. Ceza değerinin 0 değerinde olması iterasyonun başarı ile tamamlandığını göstermektedir.

Şekil 3.65. Ytop yazılımında sürekli temel optimizasyon sonuç menüsü

Radye temellerin Ytop yazılımında analizi:

Radye temellerin Ytop yazılımında analizinde veri giriş menüsü Şekil 3.66'da görülmektedir.

Şekil 3.66. Ytop Yazılımında Radye Temel veri giriş menüsü

Radye temellerin Ytop yazılımında analiz yapılması için gerekli verilerin yazılıma girilmesi genel başlığı altındaki (Şekil 3.66) menüden gerçekleştirilmektedir. Ytop yazılımında radye temellerin analizi için örneğin öncelikle SAP yazılımında modellenmesi gerekmektedir. Oluşturulan SAP dosyası, veri giriş menüsünden (Şekil 3.66) seçilmek suretiyle Ytop yazılımına eklenerek analiz gerçekleştirilir.

Optimizasyon analizi:

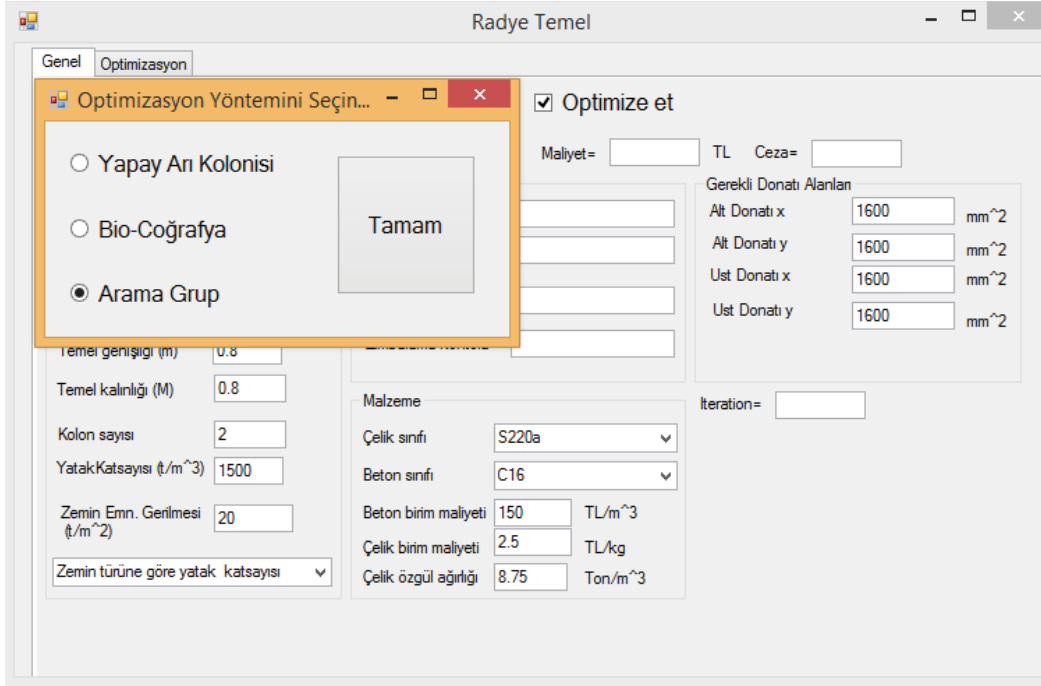
Yazılımda optimizasyon analizi yapılabilmesi için optimizasyon başlığı altındaki menüde (Şekil 3.67) limit değerleri ve iterasyon adım sayısı belirlenir.

The screenshot shows the 'Radye Temel' software window with the 'Optimizasyon' tab selected. The interface includes the following sections:

- Tasarım Değişkenleri (Design Variables):** A table with columns 'Alt Limit' (Lower Limit) and 'Üst Limit' (Upper Limit).

Tasarım Değişkenleri	Alt Limit	Üst Limit
Temel kalınlığı (M)	0.25	1
Donatı oranı	0	0.02
Beton Sınıfı	0.2	0.2
Tas. Değ. Sayısı:	5	
Tolerans:	0.5	
Maks Tekrar:	1000	
- Aç Gözlü Seçim (Open Selection):** Radio buttons for 'Kapalı' (selected), 'Standart', and 'En iyi'.
- Levy Flight Durumu:** A checked checkbox.
- Yapay An Kolonisi Optimizasyon Parametreleri (Artificial Colony Optimization Parameters):**
 - An sayısı: 20
 - Yiyecek Limiti: 150
- Bio-Coğrafya Optimizasyon Parametreleri (Bio-Geography Optimization Parameters):**
 - Habitat Sayısı: 50
 - Mutasyon Oranı: 0.01
- Arama Grup Optimizasyon Parametreleri (Search Group Optimization Parameters):**
 - Topluluk Sayısı: 50
 - Glb Tekrar Oranı: 0.3
 - Alfa Min: 0.01
 - Mutasyon Oranı: 0.01
 - Alfa Başlangıç: 2
 - Arama Grup Oranı: 0.1

Şekil 3.67. Ytop yazılımında radye temel optimizasyon menüsü

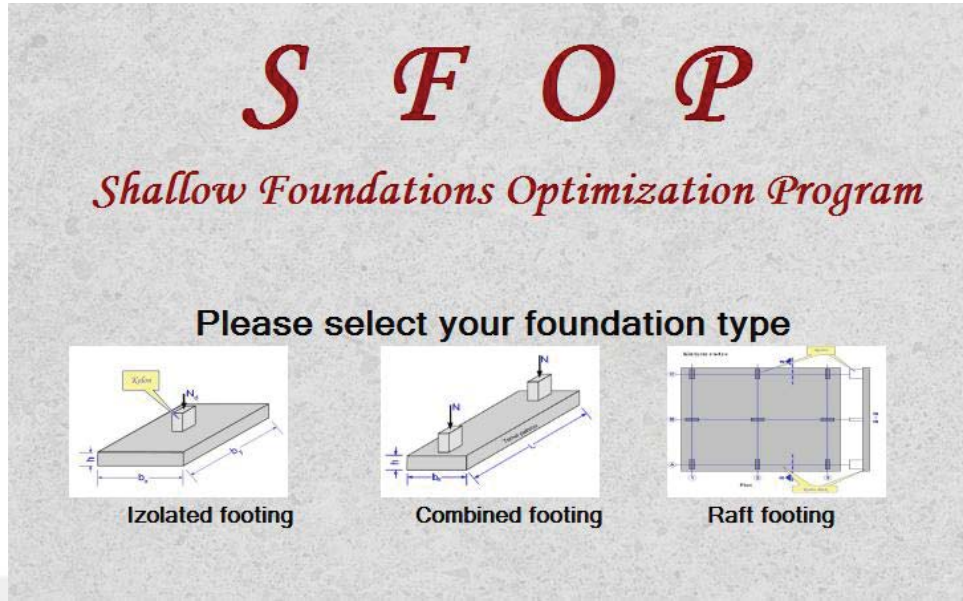


Şekil 3.68. Ytop yazılımında radye temel optimizasyon yöntemi seçim menüsü

Yazılımda optimizasyon analizi yapmak için genel başlığı altındaki menüden (Şekil 3.68) optimize et kutucuğu aktif hale getirilir. Bu işlem sonrası açılan alt menüde meta-sezgisel optimizasyon yöntemlerinden, yapay arı kolonisi, bio-coğrafya ya da arama grup yöntemlerinden biri seçilerek başlat ikonu tıklanarak optimizasyon analizi başlatılır. Optimizasyon analizi sonrası sonuçlar tekil ve sürekli temellerde olduğu gibi ilgili tahkikler yapılarak, genel başlıklı menüde temel ebatları, donatı alanı ve maliyet değerleri verilir.

3.5 Sfop (shallow foundations optimization programme) (ACI 318-14)

Tarafımızca yazılan ve Amerikan şartnamesine (ACI 318-14) göre optimizasyon analizi yapan Sfop yazılımının arayüzü Şekil 3.69’da görülmektedir. Sfop yazılımı arayüzleri ve menülerde veri girişleri ve sonuçların sunumu Ytop yazılımı ile aynı şekilde olmaktadır.



Şekil 3.69. Sfop yazılım menüsü



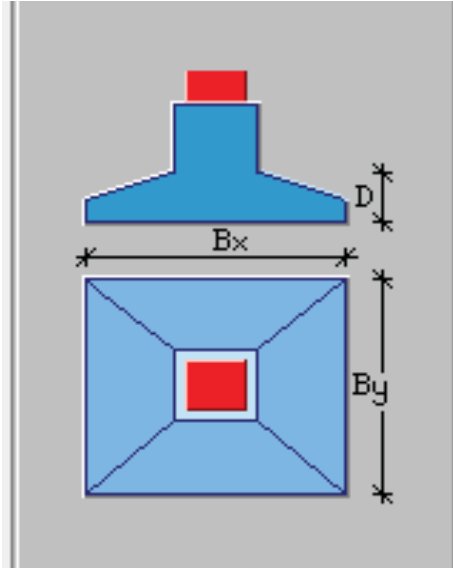
4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Tekil Temeller

Tez çalışmasında 3 adet tekil temel örneği alınmıştır. Bu temellerden ikisi Ankara’da yapılmış bir konut örneğinden sonuncusu ise İstanbul’da yapılmış bir iki katlı bir yapıdan alınmıştır. Örnek isimleri STA4-CAD yazılımında kullanılan isimleridir. Temel farklı yük kombinasyonları altında tasarlanmış olup en kritik yük kombinasyonu belirlenerek kritik yükler (N , M_x , M_y) Çizelge 4.1’de gösterilmiştir. Temel boyutlarının alt ve üst limit değerleri ve zemin emniyet gerilmeleri de Çizelge 4.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Tekil temel girdi değerleri

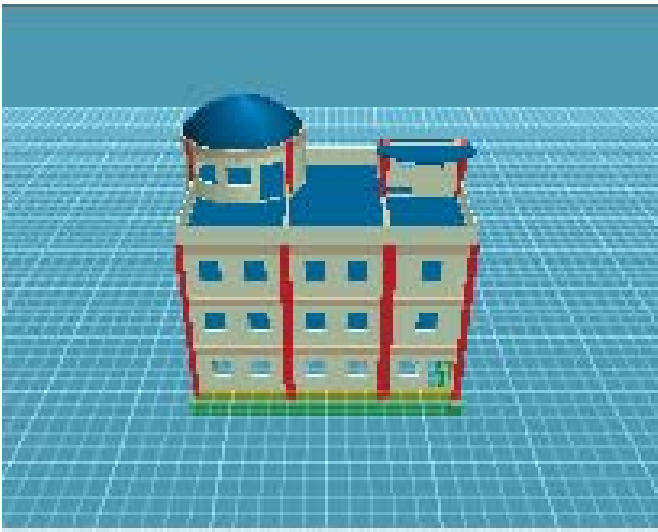
	T5 Temeli	T6 Temeli	T2 Temeli
N (ton)	88,729	97,073	23,131
M_x (ton-m)	0,145	-0,168	-1,162
M_y (ton-m)	-0,193	2,582	0,679
Temel boyutu alt limiti (B, alt) (m)	1	1	1
Temel boyutu üst limiti (B, alt) (m)	5	5	5
Yükseklik alt limiti (H, alt) (m)	0,25	0,25	0,25
Yükseklik üst limiti (H, alt) (m)	1,5	1,5	1,5
Zemin emniyet gerilmesi (Z_{em}) (t/m ²)	20	20	20
Üzerindeki kolon boyutları (b_x , b_y) (cmxcm)	50x50	180x120	40x40



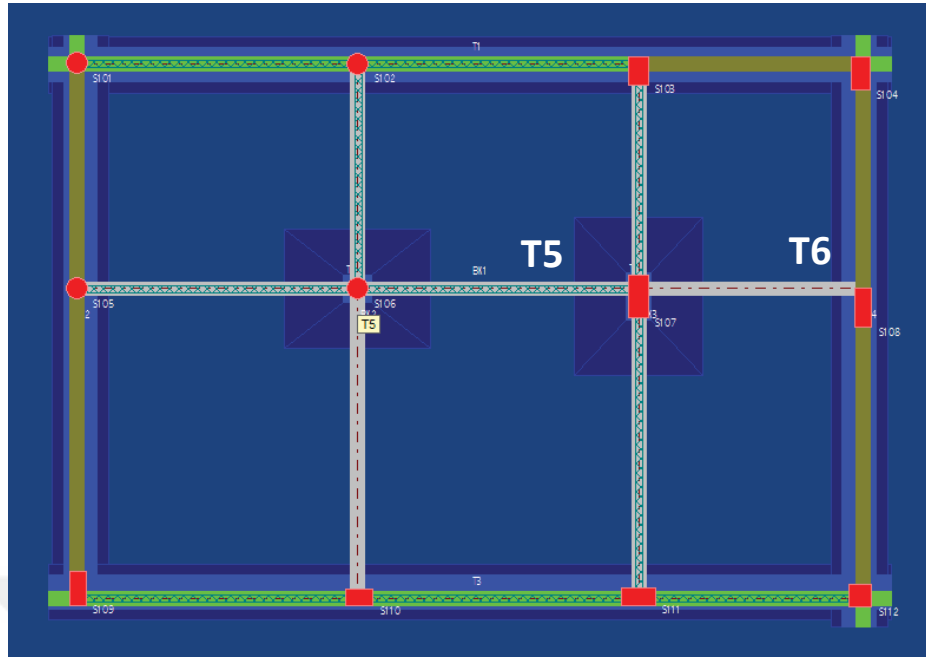
Şekil 4.1. Tekil temelin şematik görünümü

4.1.1 3D Ev1d kazıksız isimli tekil temel örneği (T5 tekil temeli)

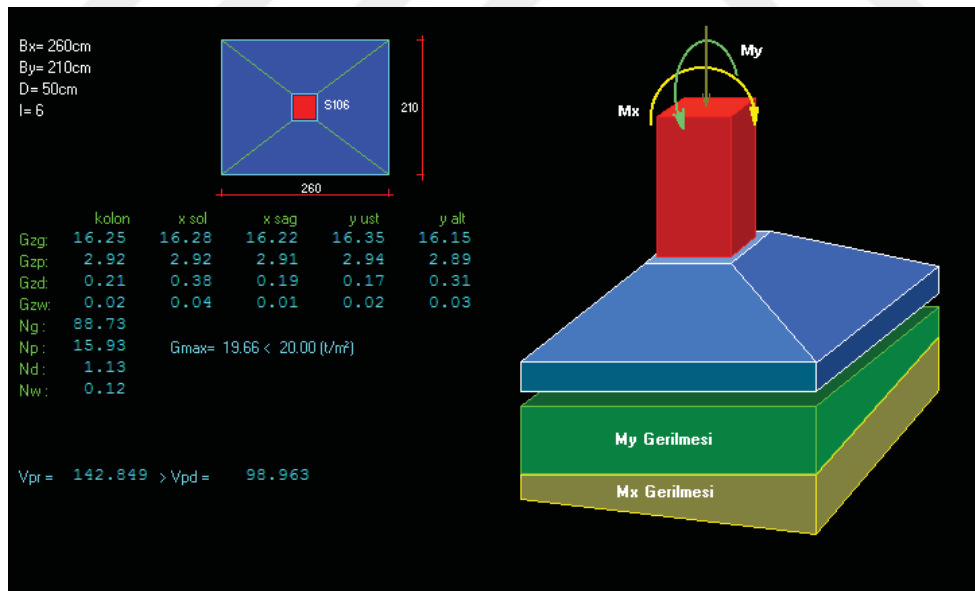
İlk örnek olarak Ankara’da yapılmış 3 katlı bir konuta ait T5 numaralı tekil temel kullanılmıştır. Söz konusu yapının statik hesapları STA4-CAD yazılımında yapılmış ve yerinde uygulanmıştır. Yapının üç boyutlu görünümü, temellerin yapı üzerindeki plan görünümü ve temelin STA4-CAD yazılımdaki modeli sırasıyla Şekil 4.1, Şekil 4.2 ve Şekil 4.3’te gösterilmektedir. Temelin şematik görünümü de Şekil 4.4’de verilmektedir. T5 tekil temel örneğinde; ilgili temel parametreleri, $B_x=260$ cm. $B_y=210$ cm. Kolon boyutları=50x50 cm. Temel kalınlığı $D=50$ cm. $\sigma_{zem}=20$ t/m² dir.



Şekil 4.2. Ev1d Kazıksız isimli konut örneğinin üç boyutlu görünümü



Şekil 4.3. T5 ve T6 tekil temellerinin yapı üzerindeki yerleşimi



Şekil 4.4. T5 tekil temelin STA4-CAD modeli

4.1.1.1 Tekil temel örneklerinin Ytop yazılımında optimizasyonu



Şekil 4.5. Ytop yazılım menüsü

T5 tekil temel örneğinin STA4-CAD yazılımında yapılan analizi sonucunda, $A_{sx}=20,991 \text{ cm}^2$, $A_{sy}=24,813 \text{ cm}^2$, maliyet:763 TL. olarak bulunmuştur. YTOP yazılımında optimize edilmeden yapılan analiz sonucunda, $A_{sx}= 21,668 \text{ cm}^2$, $A_{sy}= 26 \text{ cm}^2$ ve maliyet değeri; 788,68 TL. bulunmuştur. Temel örneği geliştirilen YAK, BC ve AG yöntemleri ile YTOP yazılımında optimize edilmiştir.

4.1.1.2 Ytop yazılımında yapılan optimizasyon analizleri sonucu:

Yapay Arı Kolonisi (YAK): $B_x=200 \text{ cm}$. $B_y=200 \text{ cm}$. Temel kalınlığı=30 cm.

$A_{sx}= 25,86 \text{ cm}^2$, $A_{sy}=25,86 \text{ cm}^2$ ve Maliyet=466,36 TL. olarak bulunmuştur.

Bio-Coğrafya (BO): $B_x=200 \text{ cm}$. $B_y=200 \text{ cm}$. Temel kalınlığı=30 cm.

$A_{sx}= 25,86 \text{ cm}$, $A_{sy}=25,86 \text{ cm}^2$ ve Maliyet=466,36 TL. olarak bulunmuştur.

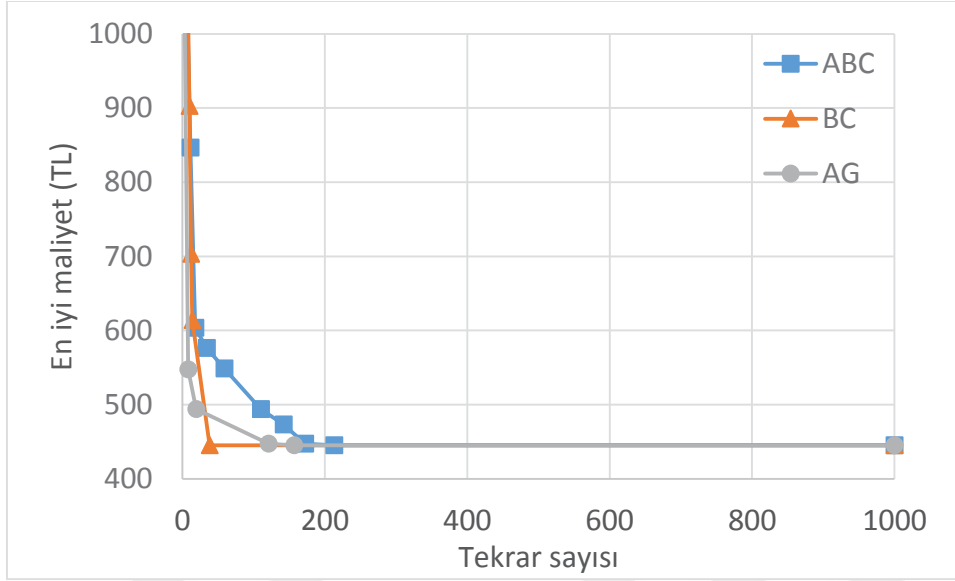
Arama Grup (AG): $B_x=200 \text{ cm}$. $B_y=200 \text{ cm}$. Temel kalınlığı=30 cm.

$A_{sx}= 25,86 \text{ cm}^2$, $A_{sy}=25,86 \text{ cm}^2$ ve Maliyet=466,36 TL. olarak bulunmuştur.

Elde edilen en iyi tasarımlara ve uygulanan tasarıma ait sonuçlar Çizelge 4.2’de de gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre YAK, BC ve AG optimizasyon yöntemleri ile elde edilen tasarımlar aynı olup tasarımların maliyet değeri 466,36 TL olarak elde edilmiştir. Uygulanan tasarım maliyet değeri ise 771,67 TL olup optimizasyon yöntemlerin elde ettiği tasarım maliyetlerinden % 42.6 daha fazladır.

Çizelge 4.2. T5 temelinin tasarım ayrıntıları

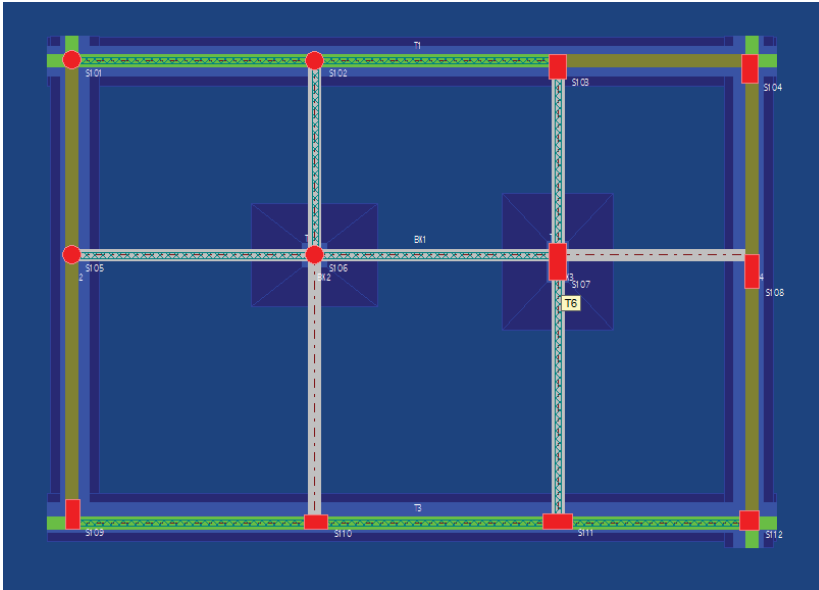
	Uygulanan Tasarım	YAK	BC	AG
B_x(m)	2,6	2	2	2
B_y(m)		2	2	2
D(m)		0,3	0,3	0,3
Zemin emniyet oranı	0,544	0,743	0,743	0,743
Kesme Oranı (V _{pd} /V _{pr})	0,294	0,515	0,515	0,515
Zımbalama Oranı (V _{pd} /V _{pr})	0,335	0,787	0,787	0,787
Eğilme Kontrolü (M _d /M _k)	0,993	0,989	0,989	0,989
Donatı x yönü	15/φ14/14 cm	13/φ16/15,4 cm		13/ φ16/15,4cm
Donatı Alanı (cm²)	23,09	25,86	25,86	25,86
Donatı y yönü	17 /φ14/15,3 cm	13/ φ16/15,4cm	13/ φ16/15,4cm	13/ φ16/15,4cm
Donatı Alanı (cm²)	26,17	25,86	25,86	25,86
Beton Hacmi (m³)	2,73	1,20	1,20	1,20
Beton Maliyeti (TL)	546,00	261,16	261,16	261,16
Çelik Ağırlığı (kg)	90,27	82,08	82,08	82,08
Çelik Maliyeti (TL)	225,67	205,20	205,20	205,20
Toplam Maliyet (TL)	771,67	466,36	466,36	466,36



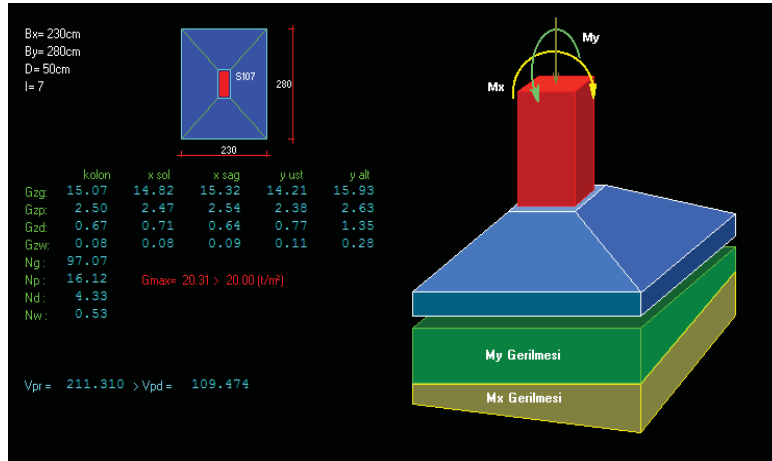
Şekil 4.6. T5 temeli örneğinde optimizasyon yöntemlerinin arama geçmişi

4.1.2 3D Ev1d kazıksız isimli tekil temel örneği (T6 tekil temeli)

T6 tekil temel örneğinin plan görüntüsü Şekil 4.7’de görülmektedir.



Şekil 4.7. T6 Tekil Temeli



Şekil 4.8. T6 Tekil Temel

Söz konusu yapının statik hesapları STA4-CAD yazılımında yapılmış ve yerinde uygulanmıştır. Yapının üç boyutlu görünümü, temellerin yapı üzerindeki plan görünümü ve temelin STA4-CAD yazılımındaki modeli sırasıyla Şekil 4.1 Şekil 4.2 ve Şekil 4.3’de gösterilmektedir. Temelin şematik görünümü de Şekil 4.1’de verilmektedir. T6 tekil temel örneğinde; ilgili temel parametreleri, $B_x=230$ cm. $B_y=280$ cm. Kolon boyutları=80x120 cm. Temel kalınlığı $D=50$ cm. $\sigma_{zem}=20$ t/m² dir. T6 tekil temel örneğinin STA4-CAD yazılımında yapılan analizi sonucunda, $A_{sx}=27,875$ cm², $A_{sy}=22$ cm², maliyet:873 TL. olarak bulunmuştur. Ytop yazılımında optimize edilmeden yapılan analiz sonucunda, $A_{sx}= 28,15$ cm², $A_{sy}=23,09$ cm² ve maliyet değeri; 897,94 TL. bulunmuştur. Temel örneği geliştirilen YAK, BC ve AG yöntemleri ile Ytop yazılımında optimize edilmiştir.

4.1.2.1 Ytop yazılımında yapılan optimizasyon analizleri sonucu:

Yapay Arı Kolonisi (YAK): $B_x=200$ cm. $B_y=200$ cm. Temel kalınlığı=25 cm.

$A_{sx}= 23,09$ cm², $A_{sy}=10,179$ cm² ve Maliyet=330,58 TL. olarak bulunmuştur.

Bio-Coğrafya (BO): $B_x=200$ cm. $B_y=200$ cm. Temel kalınlığı=25 cm.

$A_{sx}= 23,09$ cm², $A_{sy}=10,179$ cm² ve Maliyet=330,58 TL. olarak bulunmuştur.

Arama Grup (AG): $B_x=200$ cm. $B_y=200$ cm. Temel kalınlığı=25 cm.

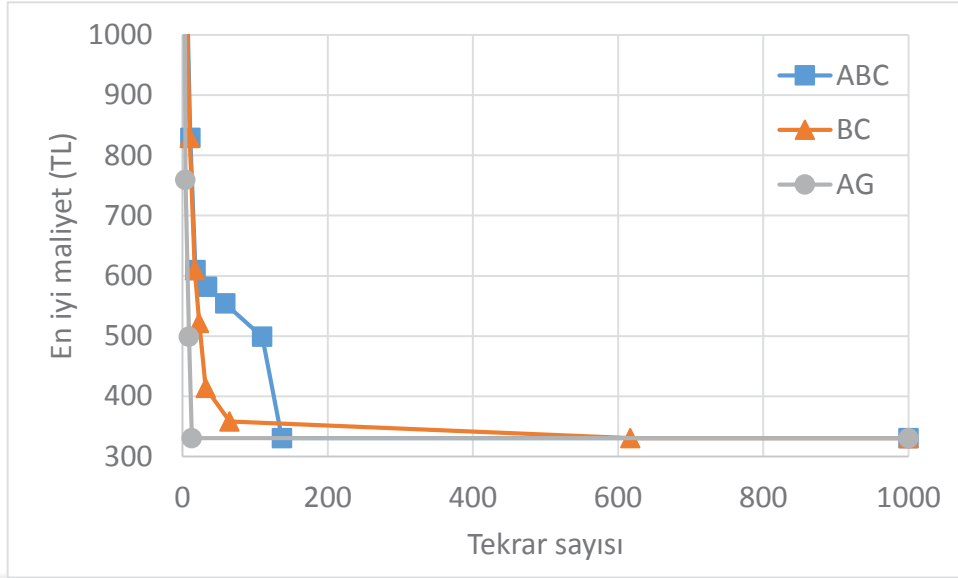
$A_{sx}= 23,09$ cm², $A_{sy}=10,179$ cm² ve Maliyet=330,58 TL. olarak bulunmuştur.

Elde edilen en iyi tasarımlara ve uygulanan tasarıma ait sonuçlar Çizelge 4.3’de de gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre YAK, BC ve AG optimizasyon yöntemleri ile elde edilen tasarımlar aynı olup tasarımların maliyet değeri 330,58 TL olarak elde edilmiştir. Uygulanan tasarım maliyet değeri ise 897,94 TL olup optimizasyon yöntemlerinin elde ettiği tasarım maliyetlerinden % 63,2 daha fazladır.

T6 tekil temeli S107 Kolonu altında bulunan tekil temeldir. S107 kolonu 80x120 cm boyutlu dikdörtgen kolondur.

Çizelge 4.3. T6 temelinin tasarım ayrıntıları

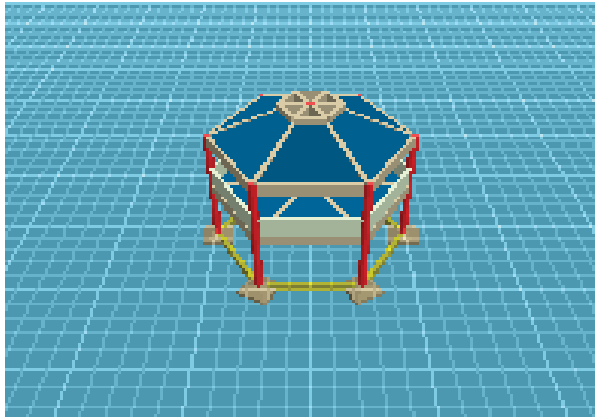
	Uygulanan Tasarım	YAK	BC	AG
B_x(m)	2,3	2	2	2
B_y(m)	2,8	2	2	2
D(m)	0,5	0,25	0,25	0,25
Zemin emniyet oranı	0,531	0,874	0,874	0,874
Kesme Oranı (V_{pd}/V_{pr})	0,195	0,564	0,564	0,564
Zımbalama Oranı (V_{pd}/V_{pr})	0,196	0,509	0,509	0,509
Eğilme Kontrolü (M_d/M_k)	0,994	0,988	0,988	0,988
Donatı x yönü	14/φ16/20cm	15/φ14/13,3cm	15/φ14/13,3cm	15/φ14/13,3cm
Donatı Alanı (cm²)	28,15	23,09	23,09	23,09
Donatı y yönü	15/ φ14/15,3cm	9/ φ12/22,2cm	9/ φ12/22,2cm	9/ φ12/22,2cm
Donatı Alanı (cm²)	23,09	10,179	10,179	10,179
Beton Hacmi (m³)	3,22	1,00	1,00	1,00
Beton Maliyeti (TL)	644,00	200,00	200,00	200,00
Çelik Ağırlığı (kg)	101,58	52,23	52,23	52,23
Çelik Maliyeti (TL)	253,94	130,58	130,58	130,58
Toplam Maliyet (TL)	897,94	330,58	330,58	330,58



Şekil 4.9. T5 temeli örneğinde optimizasyon yöntemlerinin arama geçmişi

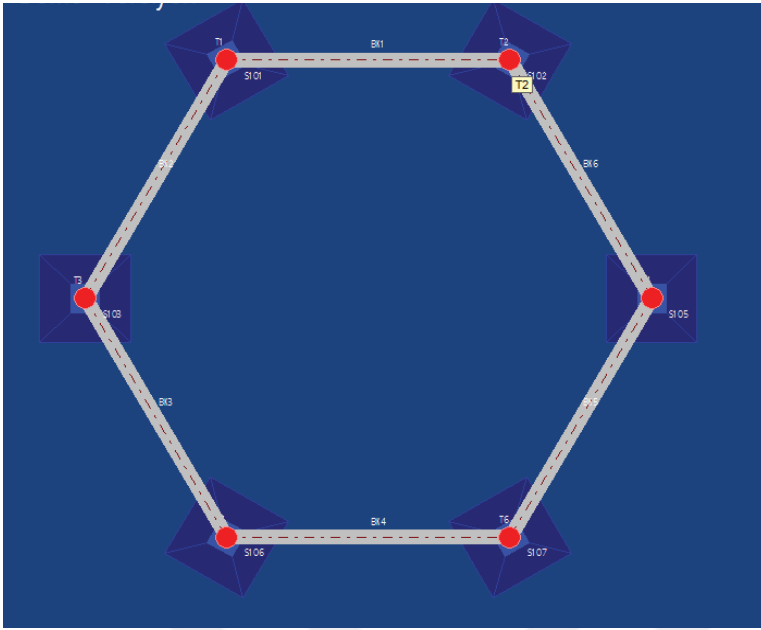
4.1.3 Altıgen isimli tekil temel örneği (T2 tekil temeli)

Bu örnek İstanbul'da yapılmış 2 katlı bir yapıya ait temeldir. Söz konusu yapının statik hesapları STA4-CAD yazılımında yapılmış ve yerinde uygulanmıştır. Temelde bulunan T2 numaralı tekil temel ele alınmıştır. T2 tekil temel örneği ve plan görüntüsü Şekil 4.10 ve Şekil 4.11'de görülmektedir.

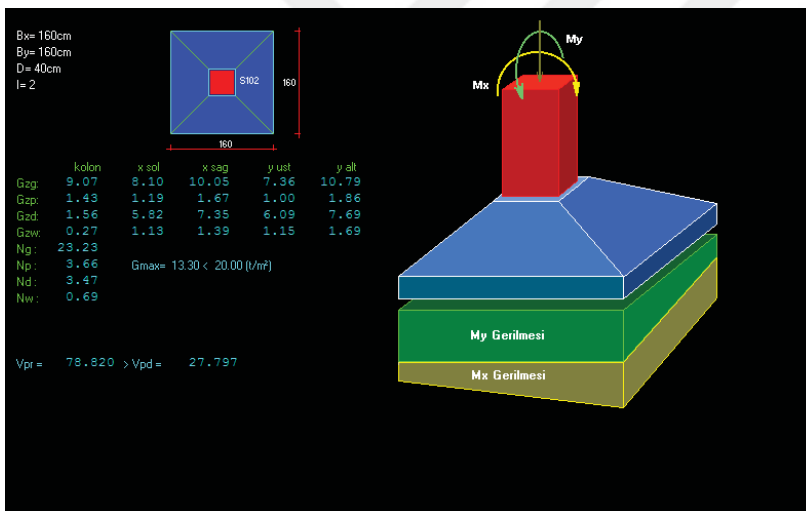


Şekil 4.10. Altıgen isimli Yapı Örneği

T2 tekil temeli S102 Kolonu altında bulunan tekil temeldir.



Şekil 4.11. T2 Tekil Temel



Şekil 4.12. T2 Tekil Temel

Söz konusu yapının statik hesapları STA4-CAD yazılımında yapılmış ve yerinde uygulanmıştır. Yapının üç boyutlu görünümü, temellerin yapı üzerindeki plan görünümü ve temelin STA4-CAD yazılımdaki modeli sırasıyla Şekil 4.10, Şekil 4.11 ve Şekil 4.12’de gösterilmektedir. Altıgen isimli T2 tekil temel örneğinde; ilgili temel parametreleri, $B_x=160$ cm. $B_y=160$ cm. Kolon boyutları=40x40 cm. Temel kalınlığı $D=40$ cm. $\sigma_{zem}=20$ t/m² dir. T2 tekil temel örneğinin STA4-CAD yazılımında yapılan analizi sonucunda, $A_{sx}=13,375$ cm², $A_{sy}=13,375$ cm², maliyet:305 TL. olarak bulunmuştur. YTOP yazılımında optimize edilmeden yapılan analiz sonucunda, $A_{sx}=13,57$ cm², $A_{sy}=13,57$ cm² ve maliyet değeri, 290,02 TL. bulunmuştur. Temel örneği geliştirilen YAK, BC ve AG yöntemleri ile YTOP yazılımında optimize edilmiştir.

4.1.3.1 YTOP yazılımında yapılan optimizasyon analizleri sonucu:

Yapay Arı Kolonisi (YAK): Bx=100 cm. By=100 cm. Temel kalınlığı=25 cm. $A_{sx}=5,65 \text{ cm}^2$, $A_{sy}=5,65 \text{ cm}^2$ ve Maliyet=72,18 TL. olarak bulunmuştur.

Bio-Coğrafya (BO): Bx=110 cm. By=100 cm. Temel kalınlığı=25 cm. $A_{sx}=5,65 \text{ cm}^2$, $A_{sy}=5,65 \text{ cm}^2$ ve Maliyet=78,29 TL. olarak bulunmuştur.

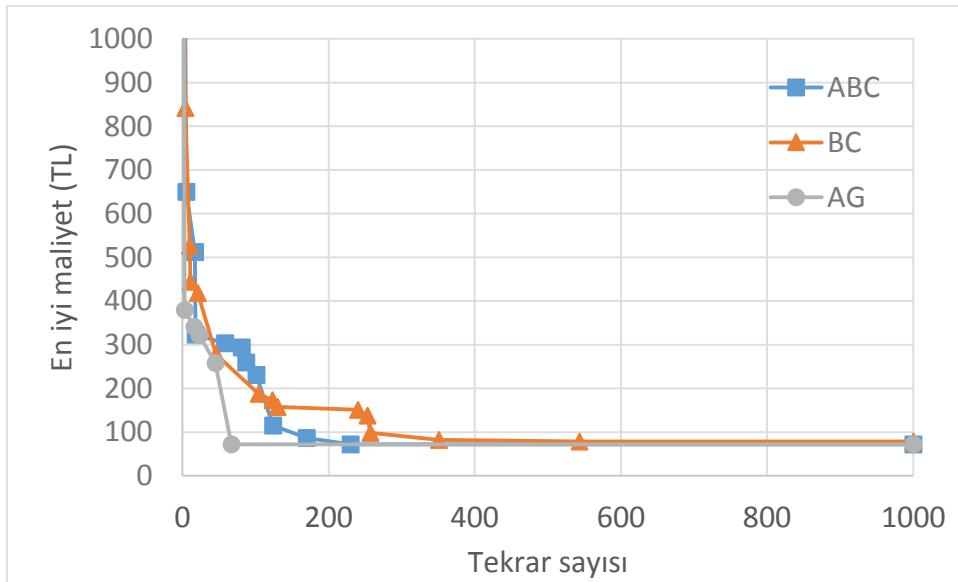
Arama Grup (AG): Bx=100 cm. By=100 cm. Temel kalınlığı=25 cm. $A_{sx}=5,65 \text{ cm}^2$, $A_{sy}=5,65 \text{ cm}^2$ ve Maliyet=72,18 TL. olarak bulunmuştur.

Elde edilen en iyi tasarımlara ve uygulanan tasarıma ait sonuçlar Çizelge 4.4’de de gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre YAK, BC ve AG optimizasyon yöntemleri ile elde edilen tasarımlar aynı olup tasarımların maliyet değerleri YAK ve AG yöntemlerinde 72,18 TL. BO yöntemi için 78.29 TL. olarak elde edilmiştir. Uygulanan tasarım maliyet değeri ise 290,02 TL olup optimizasyon yöntemlerinin elde ettiği tasarım maliyetlerinden % 75 daha fazladır.

Çizelge 4.4. T2 tekil temelin tasarım ayrıntıları

	Uygulanan Tasarım	YAK	BC	AG
B_x(m)	1,6	1	1,1	1
B_y(m)	1,6	1	1	1
D(m)	0,4	0,25	0,25	0,25
Zemin emniyet oranı	0,336	0,91	0,828	0,91
Kesme Oranı (V_{pd}/V_{pr})	0,12	0,27	0,388	0,27
Zımbalama Oranı (V_{pd}/V_{pr})	0,134	0,24	0,342	0,24
Eğilme Kontrolü (M_d/M_k)	0,943	0,988	0,988	0,988
Donatı x yönü	12/ ϕ 12/13,3cm	5/ ϕ 12/20cm	5/ ϕ 12/20cm	5 ϕ 12/20cm
Donatı Alanı (cm²)	13,57	5,65	5,65	5,65
Donatı y yönü	12/ ϕ 12/13,3cm	5/ ϕ 12/20cm	5 ϕ 12/20cm	5 ϕ 12/20cm

Donatı Alanı (cm²)	13,57	5,65	5,65	5,65
Beton Hacmi (m³)	1,02	0,25	0,28	0,25
Beton Maliyeti (TL)	204,80	50,00	55,00	50,00
Çelik Ağırlığı (kg)	34,09	8,87	9,31	8,87
Çelik Maliyeti (TL)	85,22	22,18	23,29	22,18
Toplam Maliyet (TL)	290,02	72,18	78,29	72,18



Şekil 4.13. T2 temeli örneğinde optimizasyon yöntemlerinin arama geçmişi

4.2 Sürekli Temeller

Tez çalışmasında gerçek uygulamalardan alınan üç farklı sürekli temel örneği optimize edilmiştir. Temel farklı yük kombinasyonları altında tasarlanmış olup en kritik yük kombinasyonu belirlenerek kritik yükler Çizelge 4.5’de gösterilmiştir. Örnekler için diğer girdi parametreleri Çizelge 4.5’de verilmiştir. Sürekli temel analizinde temel rijit olarak kabul edilmiş olup optimizasyon yöntemi buna göre hesaplanmıştır. Sürekli temellerin isimleri STA4-CAD yazılımında kullanıldığı şekliyle alınmıştır.

Çizelge 4.5. Sürekli temel örnekleri için belirlenen kritik yük değerleri

		Mesafe (m)	Eksenel Yük (ton)	Moment (ton-m)
T1	Kolon 1	0	5,381	-13,858
	Kolon 2	5	10,938	-26,580
T2	Kolon 1	0	4,02	-14,174
	Kolon 2	5	5,492	-10,574
T3	Kolon 1	0	2,337	-12,591
	Kolon 2	4	8,441	-9,872

Çizelge 4.6. Sürekli temel örnekleri için tanımlanan girdi değerleri

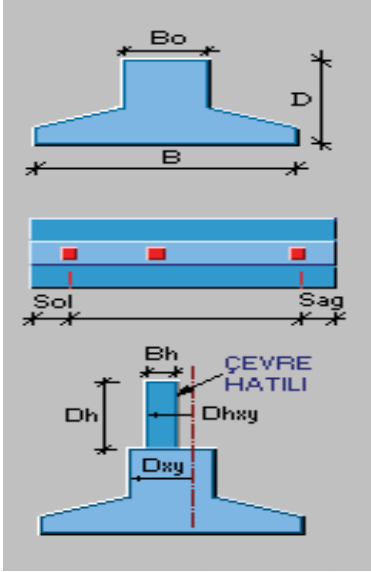
	T1	T2	T3
Zemin Dayanımı (ton/m ²)	30,00	30,00	30,00
Pas payı (m)	0,05	0,05	0,05
Temeldeki toplam düşey kuvvet (ton)	-16,32	-9,96	-10,75
Temelde oluşan toplam moment (ton-m)	-14,25	-4,96	-11,18
Temelin kuvvet merkezi (m)	0,87	0,50	1,04
Konsollu temel uzunluğu (m)	6,00	6,00	5,00
Sol ampatman uzunluğu (m)	1,00	1,00	0,50
Sağ ampatman uzunluğu (m)	0,00	0,00	0,50

4.2.1 Bodrum isimli sürekli temel örneği (T1 sürekli temel)

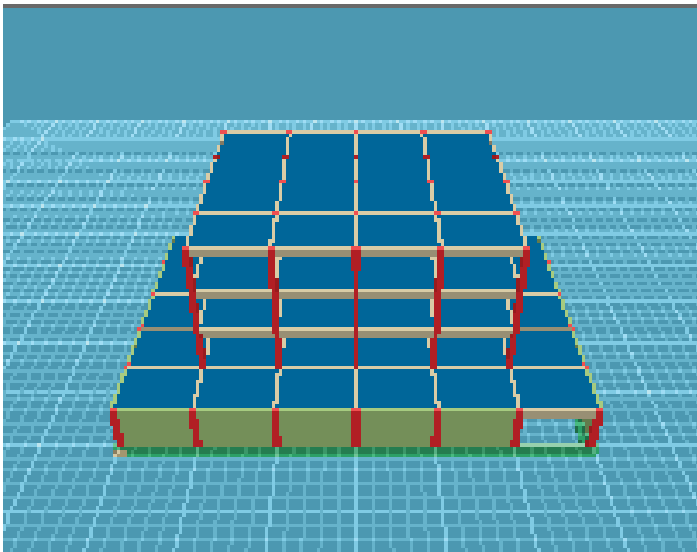
Bu örnek İstanbul'da yapılmış 4 katlı bir yapıya ait temeldir. Söz konusu yapının statik hesapları STA4-CAD yazılımında yapılmış ve yerinde uygulanmıştır. Temelde bulunan T1 numaralı sürekli temel ele alınmıştır. T1

sürekli temeli, S101 ve S102 kolonları arasında bulunmaktadır. Ampatman boyu 1 m. Sürekli temel boyu L:5 m. dir. Zemin emniyet gerilmesi:15,00 t/m² B:40/25 cm., D:60/360 cm.

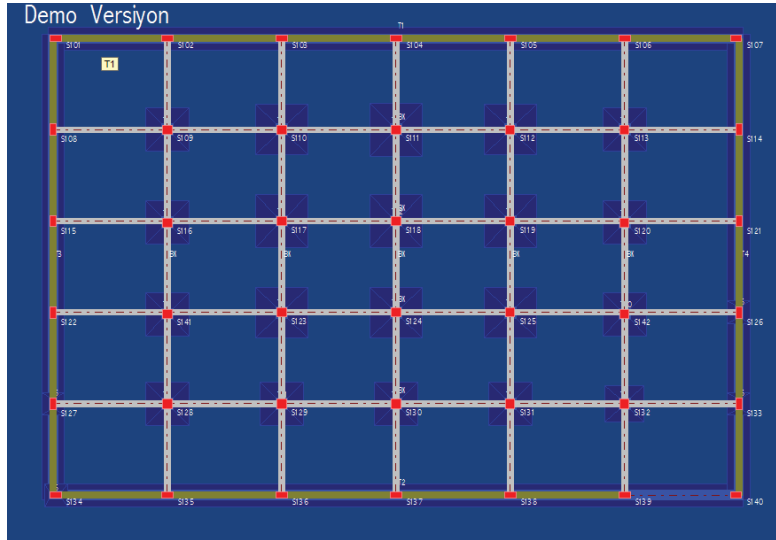
T1 sürekli temel örneği ve plan görüntüsü Şekil 4.15 ve Şekil 4.16’da görülmektedir.



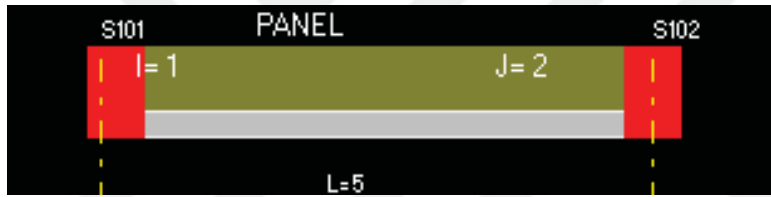
Şekil 4.14. Temel boyutları



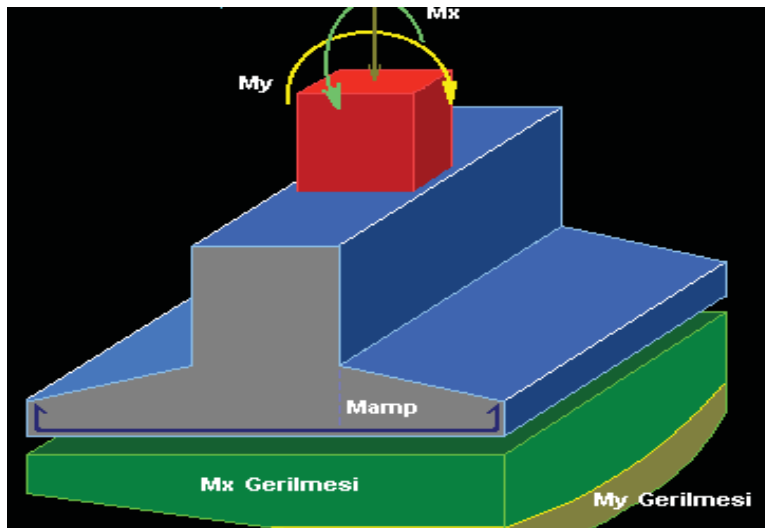
Şekil 4.15. Bodrum İsimli Yapı Örneği



Şekil 4.16. T1 Sürekli Temeli



Şekil 4.17. T1 sürekli temeli



Şekil 4.18. T1 Sürekli Temeli

STA4-CAD yazılımı ile yapılan temelin statik hesabı sonucunda T1 sürekli temelinde As:36,32 cm² olarak bulunmuştur. Bu değerlere göre yapılan maliyet hesabında bulunan değer: 1.954 TL. olarak bulunmuştur. (C30 beton fiyatı:200 TL/m³, Kardemir inşaat demiri fiyatı: 2.000 TL/ton)

YTOP Optimizasyon yazılımı ile optimizasyon yapılmadan yapılan hesaplamada; As:35,06 cm² Maliyet:1.896,12 TL. olarak bulunmuştur.

4.2.1.1 YTOP Yazılımı ile yapılan optimizasyon sonucu:

- Yapay Arı kolonisi yöntemi ile yapılan optimizasyon: Temel genişliği:1,2 m. Temel yüksekliği: 0,5 m. As:20,30 cm², Maliyet:910,87 TL.
- Bio-Coğrafya yöntemi ile yapılan optimizasyon: Temel genişliği:1,2 m. Temel yüksekliği:0,5 m. As:20,30 cm², Maliyet:910,87 TL.
- Arama Grup yöntemi ile yapılan optimizasyon: Temel genişliği:1,2 m. Temel yüksekliği:0,5 m. As:20,30 cm², Maliyet:910,87 TL. bulunmuştur.

Optimizasyon sonucunda maliyette % 56 oranında düşme olduğu görülmüştür.

T1 sürekli temeli analiz sonuçları Çizelge 4.7’de görülmektedir.

Çizelge 4.7. T1 sürekli temeli analiz sonuçları

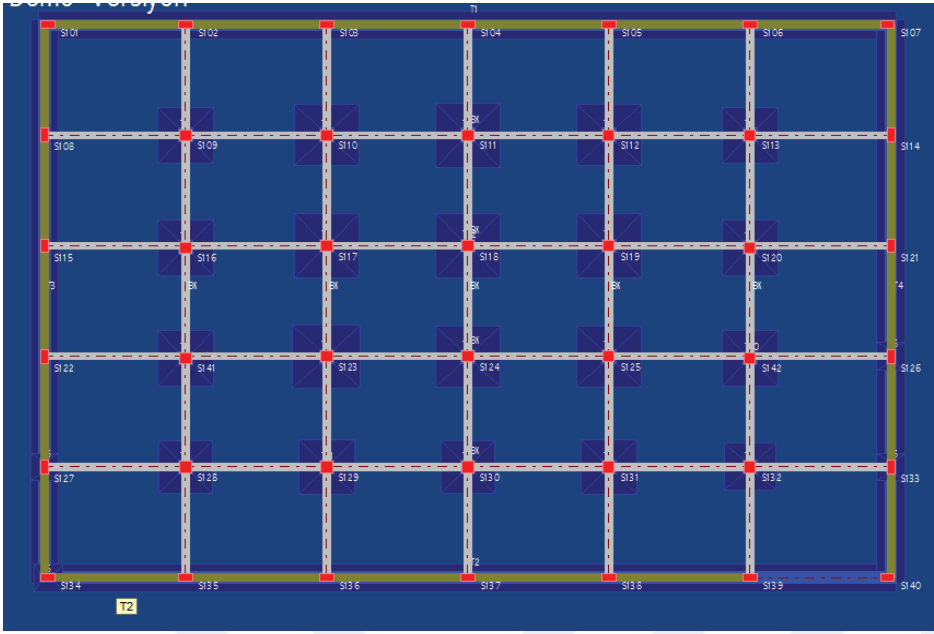
T1 Sürekli Temel Örneği	STA4-CAD ile yapılan analiz	YTOP Yazılımında opt. Yapılmadan analiz	YTOP Yazılımında Arı Kolonisi Yön. İle analiz	YTOP Yazılımında Bio Coğrafya Yön. İle analiz	YTOP Yazılımında Arama Grup Yön. İle analiz
Temel Genişliği (cm)	360	360	120	120	120
Temel Yüksekliği (cm)	60	60	50	50	50
Zemin Dayanımı Kontrol Oranı		0,028	0,05	0,03	0,05

Eğilme kontrol Oranı		0,118	0,463	0,463	0,463
Kesme Kontrol Oranı		0,043	0,081	0,062	0,062
As (cm²)	36,32	35,06	20,30	20,30	20,30
Maliyet (TL)	1.954	1.896,12	910,87	910,87	910,87

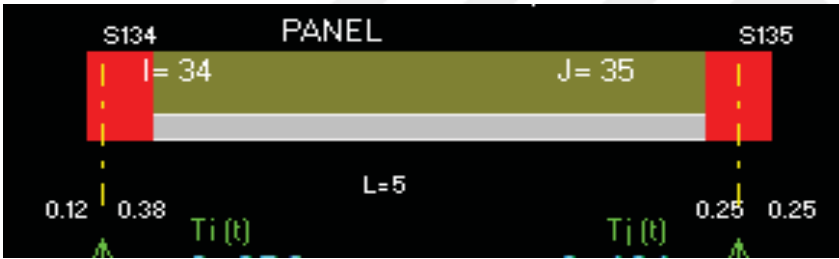
4.2.2 Bodrum isimli sürekli temel örneği (T2 sürekli temel)

Bu örnek İstanbul'da yapılmış 4 katlı bir yapıya ait temeldir. Söz konusu yapının statik hesapları STA4-CAD yazılımında yapılmış ve yerinde uygulanmıştır. Temelde bulunan T2 numaralı sürekli temel ele alınmıştır. T2 sürekli temeli, S134 ve S135 kolonları arasında bulunmaktadır. Ampatman boyu 1m. Sürekli temel boyu L:5 m. dir. Zemin emniyet gerilmesi: 15,00 t/m² B: 40/25 cm., D: 60/360 cm.

T2 sürekli temel örneği ve plan görüntüsü Şekil 4.19 ve Şekil 4.20'de görülmektedir.



Şekil 4.19. T2 Sürekli Temeli



Şekil 4.20. T2 sürekli temeli

STA4-CAD yazılımı ile yapılan temelin statik hesabı sonucunda T2 sürekli temelinde $A_s:36,32 \text{ cm}^2$ olarak bulunmuştur. Bu değerlere göre yapılan maliyet hesabında bulunan değer: 1.754 TL. olarak bulunmuştur. (C30 beton fiyatı:200 TL/m³, Kardemir inşaat demiri fiyatı:2.000 TL/ton)

YTOP Optimizasyon yazılımı ile optimizasyon yapılmadan yapılan hesaplamada; $A_s:35,06 \text{ cm}^2$ Maliyet:1.709,40 TL. olarak bulunmuştur.

4.2.2.1 YTOP Yazılımı ile yapılan optimizasyon sonucu:

- Yapay Arı kolonisi yöntemi ile yapılan optimizasyon: Temel genişliği:1,55 m. Temel yüksekliği: 0,5 m. $A_s:16,80 \text{ cm}^2$, Maliyet:841,69 TL.

- Bio-Coğrafya yöntemi ile yapılan optimizasyon: Temel genişliği:1,55 m. Temel yüksekliği:0,5 m. As:16,80 cm² , Maliyet:841,69 TL.
- Arama Grup yöntemi ile yapılan optimizasyon: Temel genişliği:0,7 m. Temel yüksekliği:0,5 m. As:23,99 cm² , Maliyet:687,23 TL. bulunmuştur.

Optimizasyon sonucunda maliyette % 53 (YAK, BO), % 60 (AG) oranında düşme olduğu görülmüştür. T2 sürekli temeli analiz sonuçları Çizelge 4.8’de görülmektedir.

Çizelge 4.8. T2 Sürekli temeli analiz sonuçları

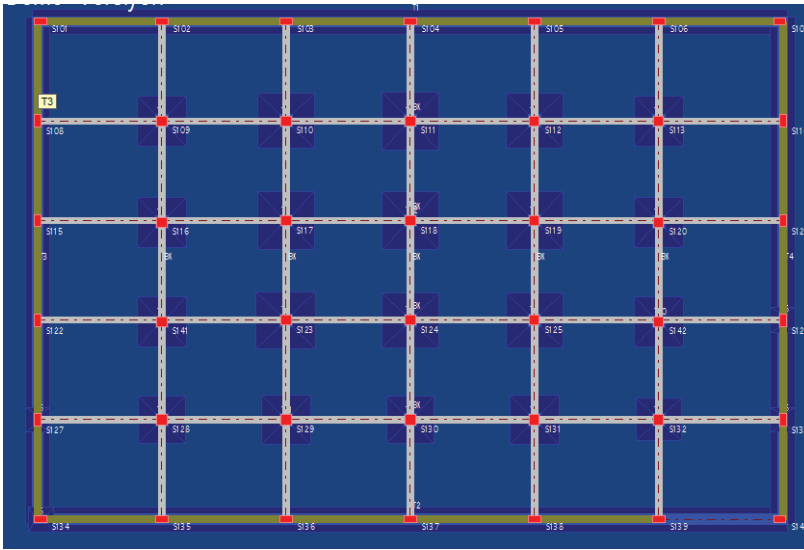
T2 Sürekli Temel Örneği	STA4-CAD ile yapılan analiz	YTOP Yazılımında opt. Yapılmadan analiz	YTOP Yazılımında Arı Kolonisi Yön. İle analiz	YTOP Yazılımında Bio Coğrafya Yön. İle analiz	YTOP Yazılımında Arama Grup Yön. İle analiz
Temel Genişliği (cm)	360	360	155	155	70
Temel Yüksekliği (cm)	60	60	50	50	50
Zemin Dayanımı Kontrol Oranı		0,04	0,02	0,04	0,04
Eğilme Kontrol Oranı		0,284	0,425	0,425	0,425
Kesme Kontrol Oranı		0,023	0,049	0,049	0,034
As (cm²)	36,32	35,06	16,80	16,80	23,99
Maliyet (TL)	1.754	1.709,40	841,69	841,69	687,23

4.2.3 Bodrum isimli sürekli temel örneği (T3 sürekli temel)

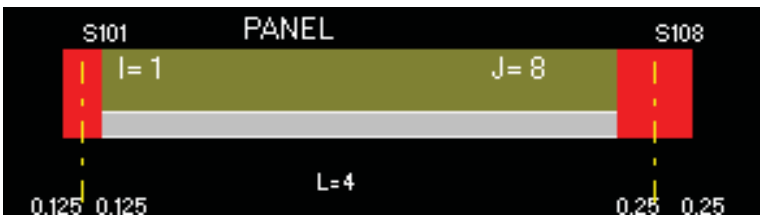
Bu örnek İstanbul'da yapılmış 4 katlı bir yapıya ait temeldir. Söz konusu yapının statik hesapları STA4-CAD yazılımında yapılmış ve yerinde uygulanmıştır.

Temelde bulunan T3 numaralı sürekli temel ele alınmıştır. T3 sürekli temeli, S101 ve S108 kolonları arasında bulunmaktadır. Ampatman boyu 1m. Sürekli temel boyu L:4m. dir. Zemin emniyet gerilmesi:15,00 t/m² B:40/25 cm., D:60/360 cm.

T3 sürekli temel örneği ve plan görüntüsü Şekil 4.21 ve Şekil 4.22'de görülmektedir.



Şekil 4.21. T3 Sürekli Temeli



Şekil 4.22. T3 Sürekli Temeli

STA4-CAD yazılımı ile yapılan temelin statik hesabı sonucunda T3 sürekli temelinde As:26,322 cm² olarak bulunmuştur. Bu değerlere göre yapılan maliyet hesabında bulunan değer: 1.354 TL. olarak bulunmuştur. (C30 beton fiyatı:200 TL/m³, Kardemir inşaat demiri fiyatı:2.000 TL/ton)

YTOP Optimizasyon yazılımı ile optimizasyon yapılmadan yapılan hesaplamada; As:23,38 cm² Maliyet:1.219,71 TL. olarak bulunmuştur.

4.2.3.1 YTOP Yazılımı ile yapılan optimizasyon sonucu:

- Yapay Arı kolonisi yöntemi ile yapılan optimizasyon: Temel genişliği:1,1 m. Temel yüksekliği: 0,5 m. As:15,62 cm² , Maliyet:748,25 TL.
- Bio-Coğrafya yöntemi ile yapılan optimizasyon: Temel genişliği:1,1 m. Temel yüksekliği:0,5 m. As:15,62 cm² , Maliyet:748,25 TL.
- Arama Grup yöntemi ile yapılan optimizasyon: Temel genişliği:1,2 m. Temel yüksekliği:0,5 m. As:15,62 cm² , Maliyet:783,36 TL. bulunmuştur.

Optimizasyon sonucunda maliyette % 38 (YAK, BO), % 36 (AG) oranında düşme olduğu görülmüştür. T3 sürekli temeli analiz sonuçları Çizelge 4.9’da görülmektedir.

Çizelge 4.9. T3 sürekli temeli analiz sonuçları

T3 Sürekli Temel Örneği	STA4-CAD ile yapılan analiz	YTOP Yazılımında opt. Yapılmadan analiz	YTOP Yazılımında Arı Kolonisi Yön. İle analiz	YTOP Yazılımında Bio Coğrafya Yön. İle analiz	YTOP Yazılımında Arama Grup Yön. İle analiz
Temel Genişliği (cm)	360	360	110	110	120
Temel Yüksekliği (cm)	60	60	50	50	50
Zemin Dayanımı Kontrol Oranı		0,05	0,03	0,02	0,03
Eğilme Kontrol Oranı		0,253	0,377	0,377	0,377
Kesme Kontrol Oranı		0,033	0,069	0,069	0,048

As (cm²)	26,322	23,38	15,62	15,62	15,62
Maliyet (TL)	1.354	1.219,71	748,25	748,25	783,36

4.3 Radye Temeller

Tez çalışmasında 3 adet radye temel örneği alınmıştır. Bu temeller Ankara ve İstanbul'da yapılmış yapıların radye temelleridir. Radye temeller winkler hipotezi (yay katsayıları) esas alınan yöntemlerin kullanıldığı yazılımlarda analiz edilmiştir.

Radye temel örneklerimiz yerinde uygulanmış olan gerçek örneklerdir. İsimleri STA4-CAD yazılımında kullanıldığı şekliyle alınmıştır.

Örneklerimiz:

- Tayfun&Burak: İstanbul'da uygulanmış 5 katlı bir konut yapı örneğidir.
- Örnek D3:Ankara'da uygulanmış 2 katlı bir iş merkezi yapı örneğidir.
- Kradye:İstanbul'da uygulanmış 3 katlı bir iş merkezi yapı örneğidir.

Örneklerin sırasıyla STA4-CAD yazılımında analiz çözümleri yapılmıştır.

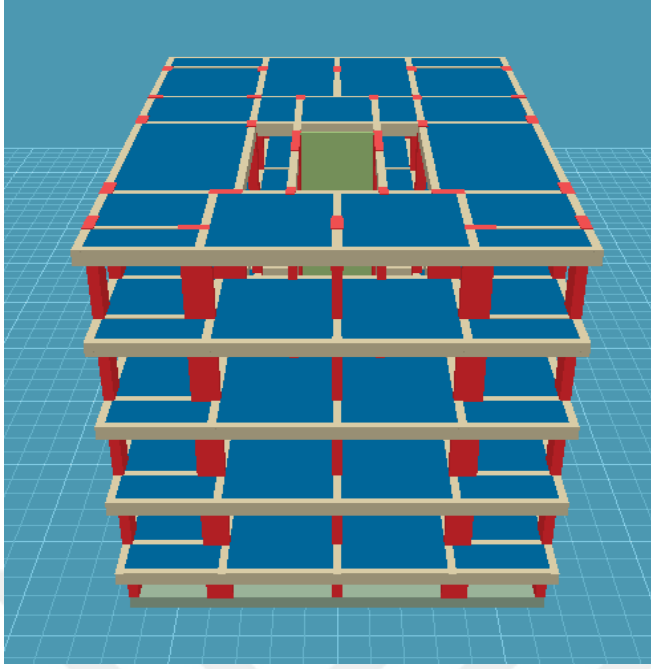
Yüzeysel temellerin optimizasyonu amacıyla yazılmış olan YTOP programında önce normal analizleri yapılmış ardından Arı Kolonisi, Bio Coğrafya ve Arama Grup yöntemleriyle yazılımda örneklerin optimizasyonu gerçekleştirilmiştir.

4.3.1 Tayfun&Burak radye temel örneği

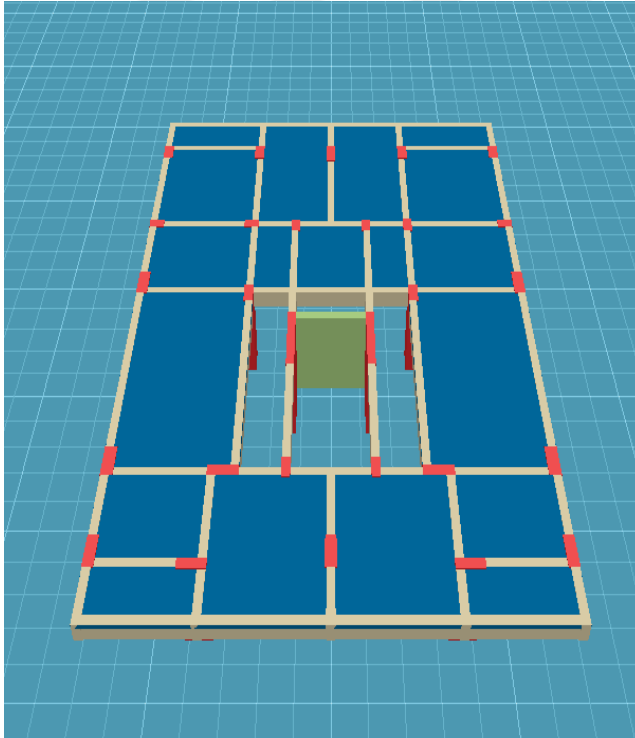
4.3.1.1 Örneğin STA4-CAD modellenerek analizi

Örneğin analizinde C30 beton sınıfı ve ST37 çelik sınıfı kullanılmış olup birim fiyatları sırasıyla 200 TL/m³ ve 2.500 TL/ton alınmıştır.(Türkiye Beton Birliği fiyatlandırma listesi)

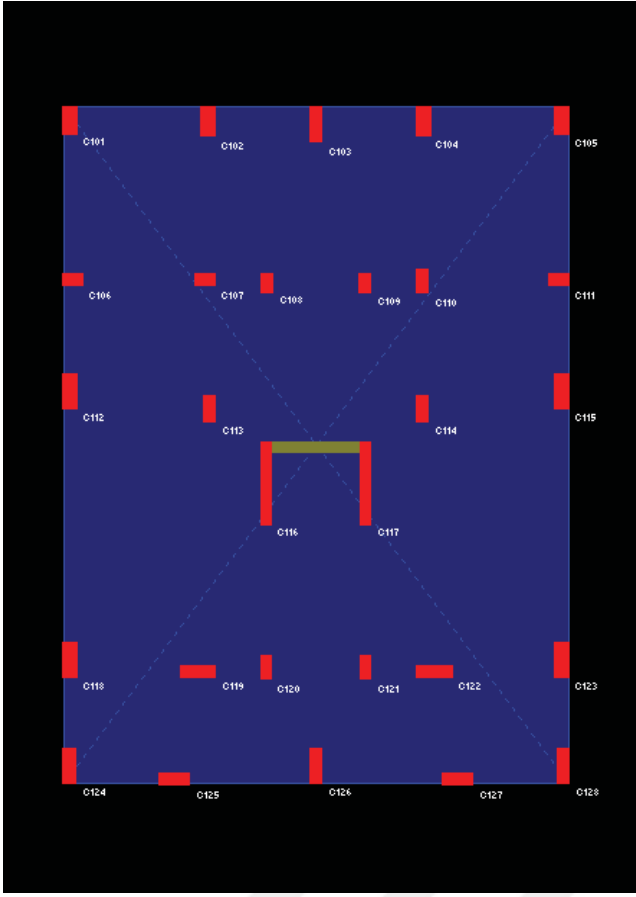
Zemin emniyet gerilmesi σ_{zem} :15,00 t/m² dir. Tayfun&Burak örneği ve planı Şekil 4.23, Şekil 4.24 ve Şekil 4.25'de görülmektedir.



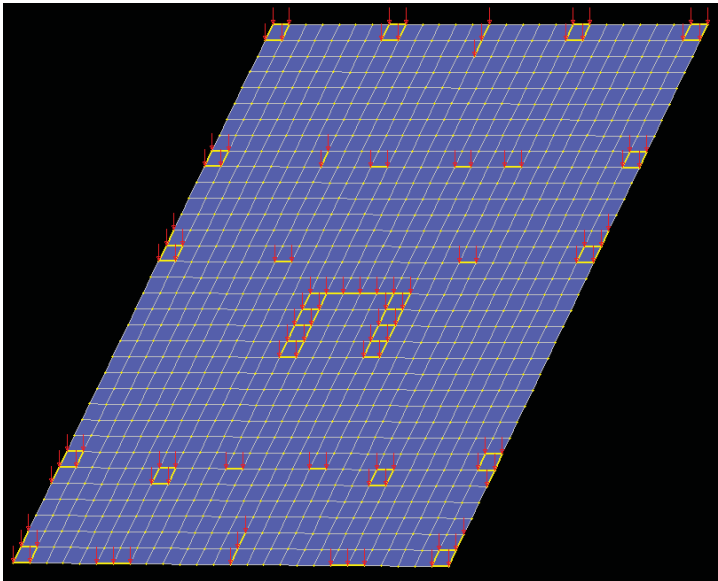
şekil 4.23. Tayfun&Burak Radye Yapı 3D Görünüm



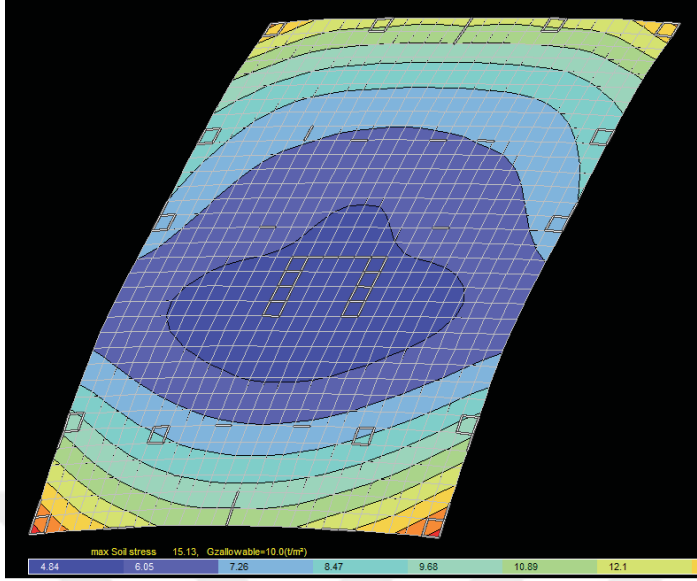
şekil 4.24. Tayfun&Burak Yapı 3D Görünüm



Şekil 4.25. Tayfun&Burak radye temel kolon aplikasyonu



Şekil 4.26. Tayfun&Burak Radye Temel kolon yükleri dağılımı



Şekil 4.27. Tayfun&Burak Radye Temel Gerilme Dağılımı

GENEL DONATI SECIMI

X YONU UST DONATISI Ø 16/19 $A_s = 10.58 < A_{sx} = 15.64$	X YONU UST DONATISI Ø14 18 Ø16 19 Ø20 20 Ø16/19	Y YONU UST DONATISI Ø 20/19 $A_s = 16.54 < A_{sy} = 22.16$
X YONU ALT DONATISI Ø 10/17 $A_s = 4.62 < A_{sx} = 14.13$	☒ OK ☐ Cancel	Y YONU ALT DONATISI Ø 10/17 $A_s = 4.62 < A_{sy} = 12.63$

Radye genel donatıları, noktalarındaki gerekli donatı alanı optimize edilerek seçilmiştir. Noktalarda aşan değerler olması durumunda ek donatılar, otomatik olarak çizime işlenecektir.

BETON METRAJİ: 112.13 m³ KALIP METRAJİ: 30.25 m² DEMİR METRAJİ: 9.52 t

Şekil 4.28. Tayfun&Burak Radye Temel STA4-CAD Analiz sonuçları

Örneğin STA4-CAD yazılımında analizi sonucunda: $A_{sxÜst} : 15,64 \text{ cm}^2$ $A_{syÜst} : 22,16 \text{ cm}^2$

$A_{sxAlt} : 14,13 \text{ cm}^2$ $A_{syAlt} : 12,63 \text{ cm}^2$

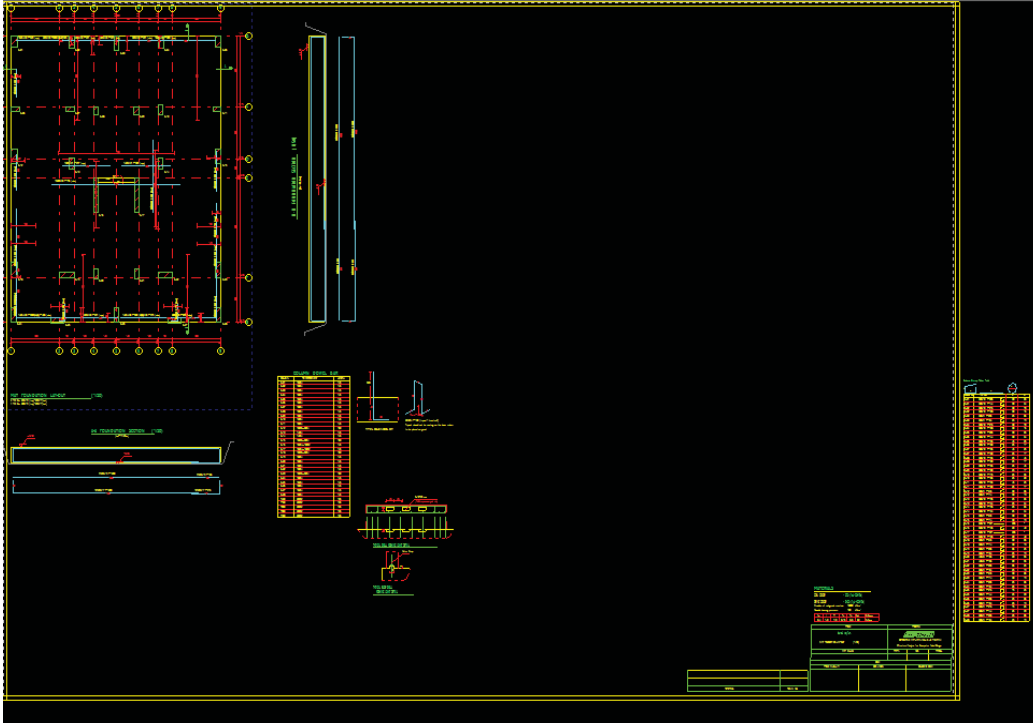
Bu değerler ışığında toplam Beton Metrajı: 112,13 m³, Donatı Metrajı: 9,52 ton.

olarak bulunmuştur.

Beton Maliyeti: $112,13 \text{ m}^3 \times 200 \text{ TL/m}^3 = 22.426 \text{ TL}$.

Demir Maliyeti: $9,52 \times 2.500 \text{ TL/ton} = 23.800 \text{ TL}$.

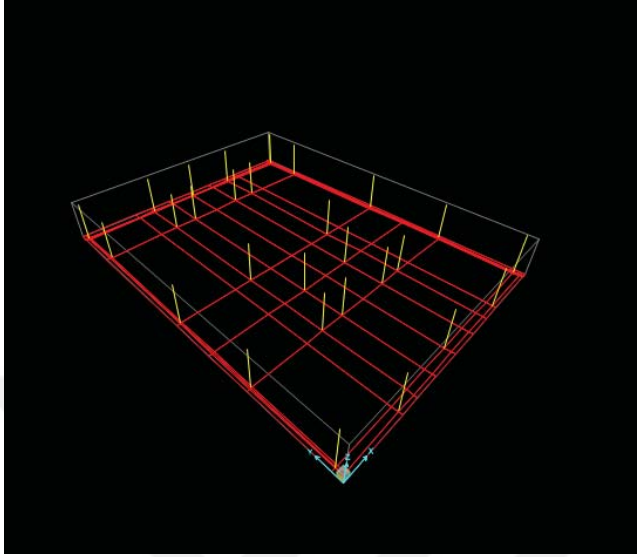
Toplam Maliyet: 46.226 TL. dir.



Şekil 4.29. Tayfun&Burak Radye Temel STA4-CAD Analizi Donatı Çizimi

4.3.1.2 SAP Yazılımında Tayfun&Burak radye temel örneğinin modellenmesi

Ytop optimizasyon yazılımında data girişi için gerekli olan temel modellemesi SAP yazılımında oluşturulmuştur. (Şekil 4.30)



Şekil 4.30. Tayfun&Burak Radye Temel Örneğinin SAP Yazılımında Modellenmesi

4.3.1.3 Kolon boyutları ve moment ve yükler

Tayfun&Burak örneğine ait kolon boyutları ile yük ve moment değerleri Çizelge 4.10'da görüldüğü gibidir.

Çizelge 4.10. Tayfun&Burak Radye Temel Örneği Kolon Boyutları, Yük ve Moment Değerleri

İsim	B _x (m)	B _y (m)	X(m)	Y(m)	N (kN)	M _x (kN.m)	M _y (kN.m)
S101	0,35	0,7	0	17,25	36,661	-0,337	0,072
S102	0,35	0,75	3,9	17,25	50,626	0,058	-0,026
S103	0,3	0,9	6,5	17,25	47,539	-0,004	0,208
S104	0,35	0,75	9,1	17,25	49,887	-0,225	0,292
S105	0,35	0,7	13	17,25	36,539	0,319	0,053
S106	0,5	0,3	0	14,55	25,215	-0,305	0,119
S107	0,5	0,3	3,9	14,55	30,314	0,167	0,124
S108	0,3	0,5	5,1	14,55	28,79	-0,07	-0,268
S109	0,3	0,5	7,9	14,55	27,615	0,088	-0,279
S110	0,3	0,6	9,1	14,55	33,993	-0,155	0,232
S111	0,5	0,3	13	14,55	25,396	0,327	0,112

S112	0,35	0,9	0	8,55	44,671	-0,352	-0,449
S113	0,3	0,7	3,9	8,55	37,932	0,164	-0,683
S114	0,3	0,7	9,1	8,55	37,584	-0,173	-0,704
S115	0,35	0,9	13	8,55	44,629	0,343	-0,486
S116	0,25	2,1	5,1	7,45	32,514	0,003	0,705
S117	0,25	2,1	7,9	7,45	32,191	-0,008	0,651
S118	0,35	0,9	0	4,25	39,018	-0,198	1,117
S119	0,9	0,3	3,9	4,25	39,674	0,21	0,567
S120	0,25	0,6	5,1	4,25	19,291	0,006	0,126
S121	0,25	0,6	7,9	4,25	19,297	-0,006	0,124
S122	0,9	0,3	9,1	4,25	39,657	-0,205	0,563
S123	0,35	0,9	13	4,25	39,073	0,197	1,075
S124	0,3	0,9	0	0	29,354	-0,174	-0,166
S125	0,8	0,3	3	0	37,479	0,003	-0,502
S126	0,3	0,9	6,5	0	44,344	0,001	-0,784
S127	0,8	0,3	10	0	37,43	0,006	-0,505
S128	0,3	0,9	13	0	29,279	0,176	-0,201

4.3.1.4 Tayfun&Burak örneğinin Ytop yazılımında optimizasyon yapılmadan analizi

Tayfun&Burak Örneğinin YTOP Yazılımında analiz sonuçları Çizelge 4.11’de görülmektedir.

Çizelge 4.11. Tayfun&Burak Örneğinin YTOP Yazılımında analiz sonuçları:

Beton:

Birim Maliyet:200,00 TL/m³

Hacim:179,40 m³

Beton maliyeti:35.880,00 TL

Çelik:

Çelik hacmi-x yönü:0,0195 m³

Çelik hacmi-y yönü:0,0259 m³

Toplam Çelik Ağırlığı:397,03125

Birim Maliyet:2,50 TL/kg

Çelik maliyeti:992,58 TL

Toplam Maliyet:36.872,58 TL

Tayfun&Burak örneğinin Ytop yazılımında analiz sonuçları detaylı olarak Çizelge 7.1’de gösterilmektedir.

4.3.1.5 Tayfun&Burak örneğinin YTOP yazılımında arı kolonisi yöntemi ile optimizasyonu

Tayfun&Burak örneğinin YTOP yazılımında arı kolonisi yöntemi ile optimizasyon sonuçları Çizelge 4.12’de görülmektedir.

Çizelge 4.12. Tayfun&Burak örneğinin YTOP yazılımında arı kolonisi yöntemi ile optimizasyon sonuçları

Beton:

Birim Maliyet:200,00 TL/m³

Hacim:56,06 m³

Beton maliyeti:11.212,50 TL

Çelik:

Çelik hacmi-x yönü:0,0309 m³

Çelik hacmi-y yönü:0,0656 m³

Toplam Çelik Ağırlığı:844,598559525218

Birim Maliyet:2,50 TL/kg

Çelik maliyeti:2.111,50 TL

Toplam Maliyet:13.324,00 TL

Tayfun&Burak Örneğinin Ytop yazılımında arı kolonisi yöntemi ile optimizasyon sonuçları detaylı olarak Çizelge 7.2’de gösterilmektedir.

4.3.1.6 Tayfun&Burak örneğinin Ytop yazılımında bio-coğrafya yöntemi ile optimizasyonu

Tayfun&Burak örneğinin Ytop yazılımında bio-coğrafya yöntemi ile optimizasyon sonuçları Çizelge 4.13’de görülmektedir.

Çizelge 4.13. Tayfun&Burak örneğinin Ytop yazılımında bio-coğrafya yöntemi ile optimizasyon sonuçları

Beton:

Birim Maliyet:200,00 TL/m³

Hacim:56,06 m³

Beton maliyeti:11.212,50 TL

Çelik:

Çelik hacmi-x yönü:0,0309 m³

Çelik hacmi-y yönü:0,0656 m³

Toplam Çelik Ağırlığı:844,598559525218

Birim Maliyet:2,50 TL/kg

Çelik maliyeti:2.111,50 TL

Toplam Maliyet:13.324,00 TL

Tayfun&Burak Örneğinin Ytop yazılımında bio-coğrafya yöntemi ile optimizasyon sonuçları detaylı olarak Çizelge 7.3’de gösterilmektedir.

4.3.1.7 Tayfun&Burak örneğinin Ytop yazılımında arama-grup yöntemi ile optimizasyonu

Tayfun&Burak örneğinin Ytop yazılımında arama-grup yöntemi ile optimizasyon sonuçları Çizelge 4.14’de görülmektedir.

Çizelge 4.14. Tayfun&Burak örneğinin Ytop yazılımında arama-grup yöntemi ile optimizasyon sonuçları

Beton:

Birim Maliyet:200,00 TL/m³

Hacim:56,06 m³

Beton maliyeti:11.212,50 TL

Çelik:

Çelik hacmi-x yönü:0,0309 m³

Çelik hacmi-y yönü:0,0656 m³

Toplam Çelik Ağırlığı:844,598559512827

Birim Maliyet:2,50 TL/kg

Çelik maliyeti:2.111,50 TL

Toplam Maliyet:13.324,00 TL

Tayfun&Burak örneğinin Ytop yazılımında arama-grup yöntemi ile optimizasyon sonuçları detaylı olarak Çizelge 7.4’de gösterilmektedir.

4.3.1.8 Tayfun&Burak örneğinin analiz sonuçlarının kıyaslanması:

a-) STA4-CAD Yazılımında yapılan analiz sonucu Toplam Maliyet:46.226 TL. dir.

b-) Ytop Yazılımında yapılan normal (optimizasyon yapılmadan) analiz sonucu

Toplam Maliyet:36.872,58 TL. dir.

c-) Ytop Yazılımında Arı Kolonisi yöntemi ile yapılan optimizasyon sonucu

Toplam Maliyet:13.324,00 TL. dir.

d-) Ytop Yazılımında Bio-Coğrafya yöntemi ile yapılan optimizasyon sonucu

Toplam Maliyet:13.324,00 TL. dir.

e-) Ytop Yazılımında Arama-Grup yöntemi ile yapılan optimizasyon sonucu

Toplam Maliyet:13.324,00 TL. dir.

Tayfun&Burak örneğinin Ytop Yazılımında yapılan analiz sonuçları Çizelge 4.15’de görülmektedir.

Çizelge 4.15. Tayfun&Burak örneğinin Ytop Yazılımında yapılan analiz sonuçları

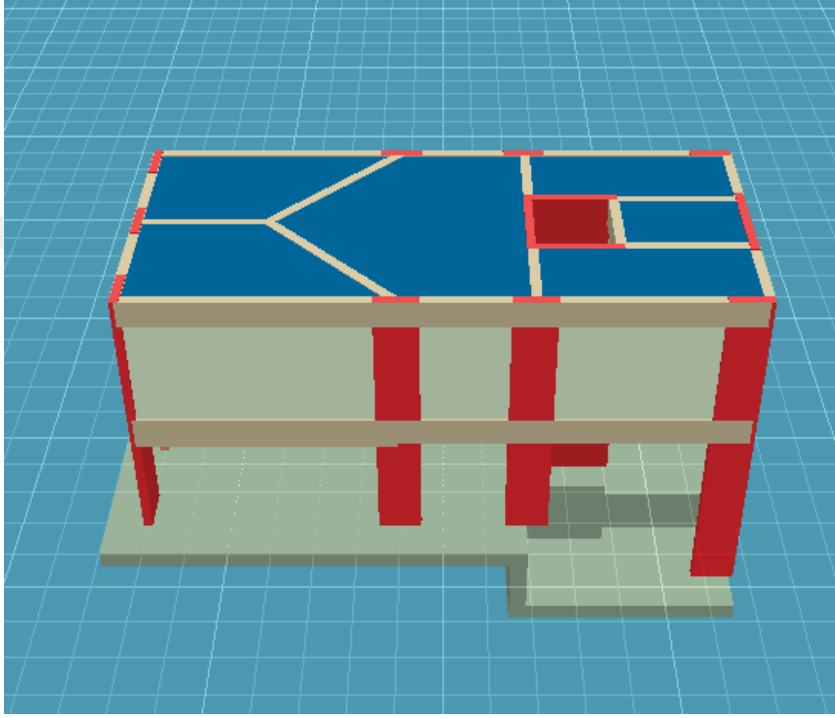
Tayfun&Burak Radye Temel Örneği	Plak Kalınlığı (cm)	Çelik Maliyeti	Beton Maliyeti	Toplam Maliyet
Sta4-Cad analizi	50	23.800 TL	22.426 TL	46.226 TL.
Ytop Yazılımında Opt. Yapılmadan analizi	80	992,58TL	35.880,00TL	36.872,58TL
Ytop yazılımında Arı Kolonisi yön. İle optimizasyonu	25	2.111,50TL	11.212,50TL	13.324,00TL
Ytop yazılımında Bio-Coğrafya yön. İle optimizasyonu	25	2.111,50TL	11.212,50TL	13.324,00TL
Ytop yazılımında Arama-Grup yön. İle optimizasyonu	25	2.111,50TL	11.212,50TL	13.324,00TL

Tayfun&Burak örneğinin Ytop Yazılımında yapılan optimizasyon sonuçları ile, STA4-CAD yazılımında yapılan analiz sonuçları kıyaslandığında; STA4-CAD yazılımı sonuç maliyeti değeri 46.226 TL. ile Ytop yazılımında yapılan optimizasyon sonucu bulunan maliyet 13.324 TL. arasında ciddi büyüklükte fark olduğu, optimizasyon sonucunda %72 oranında bir maliyet düşüşü olduğu görülmektedir.

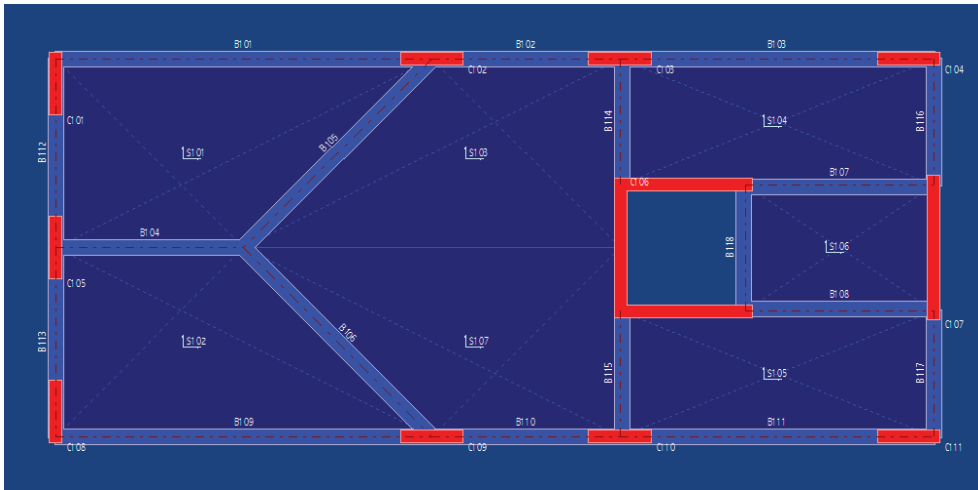
4.3.2 Örnek D3 radye temel örneği

4.3.2.1 Örneğin STA4-CAD yazılımında modellenenerek analizi:

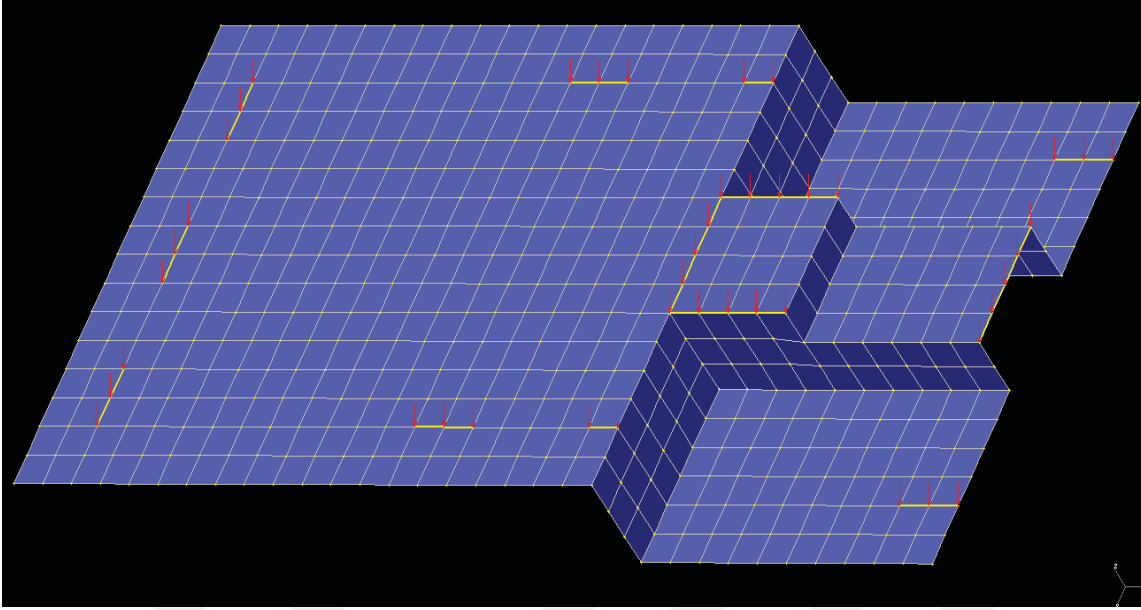
Örneğimizin analizinde C30 beton sınıfı ve ST37 çelik sınıfı kullanılmış olup birim fiyatları sırasıyla 200 TL/m³ ve 2.500 TL/ton alınmıştır. (Türkiye Beton Birliği fiyatlandırma listesi). D3 örneği ve planı Şekil 4.31 ve Şekil 4.32’de görülmektedir.



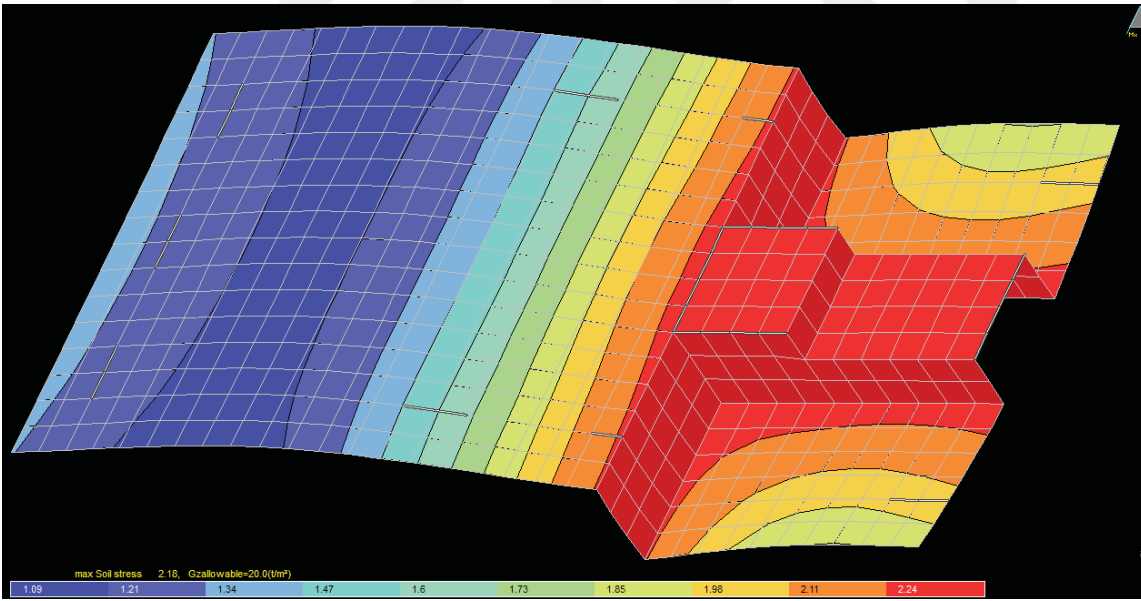
Şekil 4.31. D3 Yapı Örneği 3D Görünümü



Şekil 4.32. D3 radye temel örneği kolon aplikasyonu



Şekil 4.33. D3 Radye Temel kolon yükleri dağılımı



Şekil 4.34. D3 Radye Temel Gerilme dağılımı

GENEL DONATI SECIMI

X YONU ÜST DONATISI $\emptyset 10/22$ $A_s = 3.57 < A_{sx} = 7.30$	X YONU ÜST DONATISI <table border="1"> <tr> <td>$\emptyset 10$</td> <td>21</td> </tr> <tr> <td>$\emptyset 12$</td> <td>22</td> </tr> <tr> <td>$\emptyset 14$</td> <td>23</td> </tr> </table> $\emptyset 10/22$	$\emptyset 10$	21	$\emptyset 12$	22	$\emptyset 14$	23	Y YONU ÜST DONATISI $\emptyset 10/22$ $A_s = 3.57 < A_{sy} = 7.30$
$\emptyset 10$	21							
$\emptyset 12$	22							
$\emptyset 14$	23							
X YONU ALT DONATISI $\emptyset 10/22$ $A_s = 3.57 < A_{sx} = 7.30$	OK Cancel	Y YONU ALT DONATISI $\emptyset 10/22$ $A_s = 3.57 < A_{sy} = 7.30$						

Radye genel donatıları, noktalardaki gerekli donatı alanı optimize edilerek seçilmiştir. Noktalarda aşan değerler olması durumunda ek donatılar, otomatik olarak çizime işlenecektir.

BETON METRAJİ: 56.0 m³ **KALIP METRAJİ: 64.8 m²** **DEMİR METRAJİ: 2.5 t**

Şekil 4.35. D3 Radye Temel STA4-CAD Analiz sonuçları

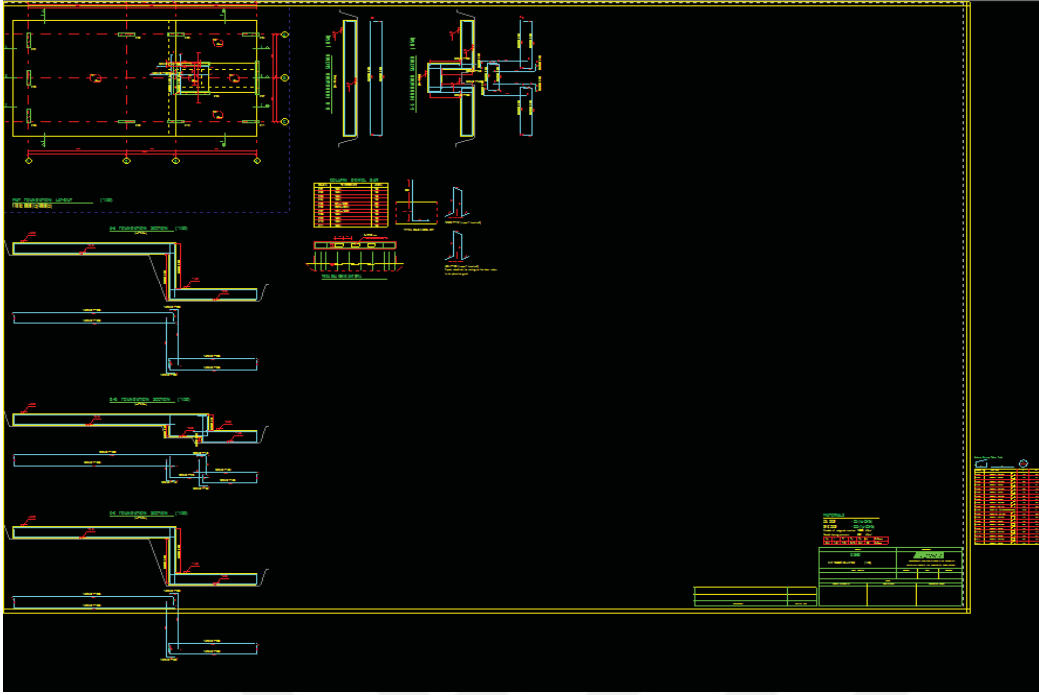
Örneğin STA4-CAD yazılımında analizi sonucunda: $A_{sxÜst} : 7,30 \text{ cm}^2$ $A_{syÜst} : 7,30 \text{ cm}^2$
 $A_{sxAlt} : 7,30 \text{ cm}^2$ $A_{syAlt} : 7,30 \text{ cm}^2$

Bu değerler ışığında toplam Beton Metrajı: 56,0 m³, Donatı Metrajı: 2,5 ton olarak bulunmuştur.

Beton Maliyeti: $56 \text{ m}^3 \times 200 \text{ TL/m}^3 = 11.200 \text{ TL}$.

Demir Maliyeti: $2.5 \text{ ton} \times 2.500 \text{ TL/ton} = 6.250 \text{ TL}$.

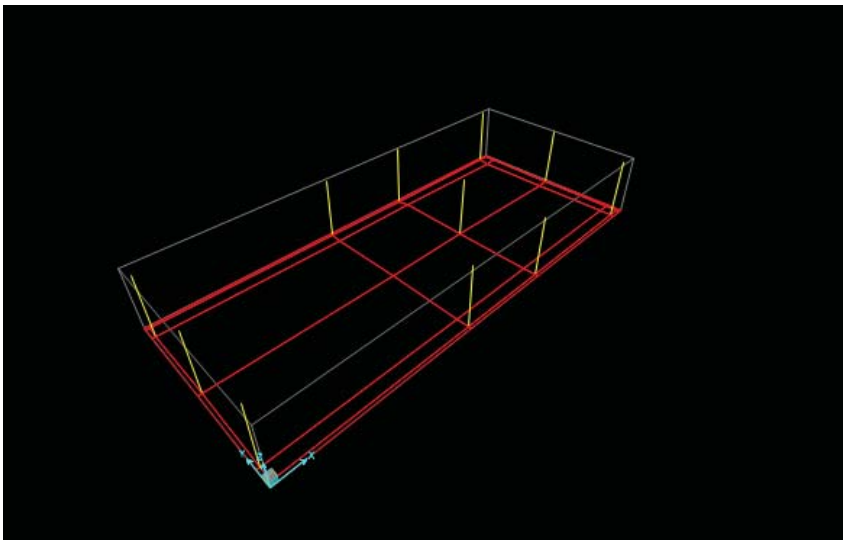
Toplam Maliyet: 17.450 TL. dir.



Şekil 4.36. D3 Radye Temel STA4-CAD Analizi Donatı Çizimi

4.3.2.2 SAP Yazılımında D3 radye temel örneğinin modellenmesi

Ytop optimizasyon yazılımında data girişi için gerekli olan temel modellemesi SAP yazılımında oluşturulmuştur. (Şekil 4.37)



Şekil 4.37. D3 Radye Temel Örneğinin SAP Yazılımında Modellenmesi

4.3.2.3 Kolon boyutları ve moment ve yükler

D3 örneğine ait kolon boyutları ile yük ve moment değerleri Çizelge 4.16’da görüldüğü gibidir.

Çizelge 4.16. D3 Radye Temel Örneği Kolon Boyutları, Yük ve Moment Değerleri

	B_x (cm)	B_y (cm)	N (kN)	M_x (kNm)	M_y (kNm)	X (m)	Y (m)
S101	20	100	12,266	0,15	-0,575	0	6
S102	100	20	27,194	1,546	-1,483	6	6
S103	100	20	10,682	-0,41	-0,099	9	6
S104	100	20	10,341	0,381	0,063	14	6
S105	20	100	19,653	-0,628	-0,022	0	3
S106	20	230	48,002	-3,434	0,051	9	3
S107	20	230	17,048	-0,144	0,052	14	3
S108	20	100	12,332	0,223	0,561	0	0
S109	100	20	27,355	1,519	1,478	6	0
S110	100	20	10,734	-0,412	0,099	9	0
S111	100	20	10,345	0,377	-0,063	14	0

4.3.2.4 D3 Örneğinin YTOP yazılımında optimizasyon yapılmadan analizi

D3 Örneğinin YTOP yazılımında optimizasyon yapılmadan analiz sonuçları Çizelge 4.17’de görülmektedir.

Çizelge 4.17. D3 örneğinin YTOP yazılımında optimizasyon yapılmadan analiz sonuçları

Beton:

Birim Maliyet:200,00 TL/m³

Hacim:67,20 m³

Beton maliyeti:13.440,00 TL

Çelik:

Çelik hacmi-x yönü:0,0210 m³

Çelik hacmi-y yönü:0,0090 m³

Toplam Çelik Ağırlığı:262,5

Birim Maliyet:2,50 TL/kg

Çelik maliyeti:656,25 TL

Toplam Maliyet:14.096,25 TL

SAP yazılımında modellenen D3 örneğinin Ytop yazılımında analiz sonuçları detaylı olarak Çizelge 7.5’de gösterilmektedir.

4.3.2.5 D3 Örneğinin Ytop yazılımında arı kolonisi yöntemi ile optimizasyonu

D3 Örneğinin Ytop yazılımında arı kolonisi yöntemi ile optimizasyonu sonuçları Çizelge 4.18’de görülmektedir.

Çizelge 4.18. D3 Örneğinin Ytop yazılımında arı kolonisi yöntemi ile optimizasyonu sonuçları

Beton:

Birim Maliyet:200,00 TL/m³

Hacim:33,60 m³

Beton maliyeti:6.720,00 TL

Çelik:

Çelik hacmi-x yönü:0,0098 m³

Çelik hacmi-y yönü:0,0042 m³

Toplam Çelik Ağırlığı:122,5

Birim Maliyet:2,50 TL/kg

Çelik maliyeti:306,25 TL

Toplam Maliyet:7.026,25 TL

D3 Örneğinin Ytop yazılımında arı kolonisi yöntemi ile optimizasyon sonuçları detaylı olarak Çizelge 7.6’da gösterilmektedir.

4.3.2.6 D3 Örneğinin Ytop yazılımında bio-coğrafya yöntemi ile optimizasyonu

D3 Örneğinin Ytop yazılımında bio-coğrafya yöntemi ile optimizasyon sonuçları Çizelge 4.19’da görülmektedir.

Çizelge 4.19. D3 Örneğinin Ytop yazılımında bio-coğrafya yöntemi ile optimizasyon sonuçları

Beton:

Birim Maliyet:200,00 TL/m³

Hacim:33,60 m³

Beton maliyeti:6.720,00 TL

Çelik:

Çelik hacmi-x yönü:0,0098 m³

Çelik hacmi-y yönü:0,0042 m³

Toplam Çelik Ağırlığı:122,5

Birim Maliyet:2,50 TL/kg

Çelik maliyeti:306,25 TL

Toplam Maliyet:7.026,25 TL

D3 Örneğinin Ytop yazılımında bio-coğrafya yöntemi ile optimizasyon sonuçları detaylı olarak Çizelge 7.7’de gösterilmektedir.

4.3.2.7 D3 Örneğinin Ytop yazılımında arama-grup yöntemi ile optimizasyonu

D3 Örneğinin Ytop yazılımında arama-grup yöntemi ile optimizasyon sonuçları Çizelge 4.20’de görülmektedir.

Çizelge 4.20. D3 Örneğinin Ytop yazılımında arama-grup yöntemi ile optimizasyon sonuçları

Beton:

Birim Maliyet:200,00 TL/m³

Hacim:33,60 m³

Beton maliyeti:6.720,00 TL

Çelik:

Çelik hacmi-x yönü:0,0098 m³

Çelik hacmi-y yönü:0,0042 m³

Toplam Çelik Ağırlığı:122,5

Birim Maliyet:2,50 TL/kg

Çelik maliyeti:306,25 TL

Toplam Maliyet:7.026,25 TL

D3 Örneğinin Ytop yazılımında arama-grup yöntemi ile optimizasyon sonuçları detaylı olarak Çizelge 7.8’de gösterilmektedir.

4.3.2.8 D3 Örneğinin analiz sonuçlarının kıyaslanması:

a-) STA4-CAD Yazılımında yapılan analiz sonucu Toplam Maliyet:17.450 TL. dir.

b-) Ytop Yazılımında yapılan normal (optimizasyon yapılmadan) analiz sonucu

Toplam Maliyet:14.096,25 TL.

c-) Ytop Yazılımında Arı Kolonisi yöntemi ile yapılan optimizasyon sonucu

Toplam Maliyet:7.026,25 TL. dir.

d-) Ytop Yazılımında Bio-Coğrafya yöntemi ile yapılan optimizasyon sonucu

Toplam Maliyet:7.026,25 TL. dir.

e-) Ytop Yazılımında Arama-Grup yöntemi ile yapılan optimizasyon sonucu

Toplam Maliyet:7.026,25 TL. dir.

D3 örneğinin Ytop Yazılımında yapılan analiz sonuçları Çizelge 4.21’de görülmektedir.

Çizelge 4.21. D3 örneğinin Ytop Yazılımında yapılan analiz sonuçları

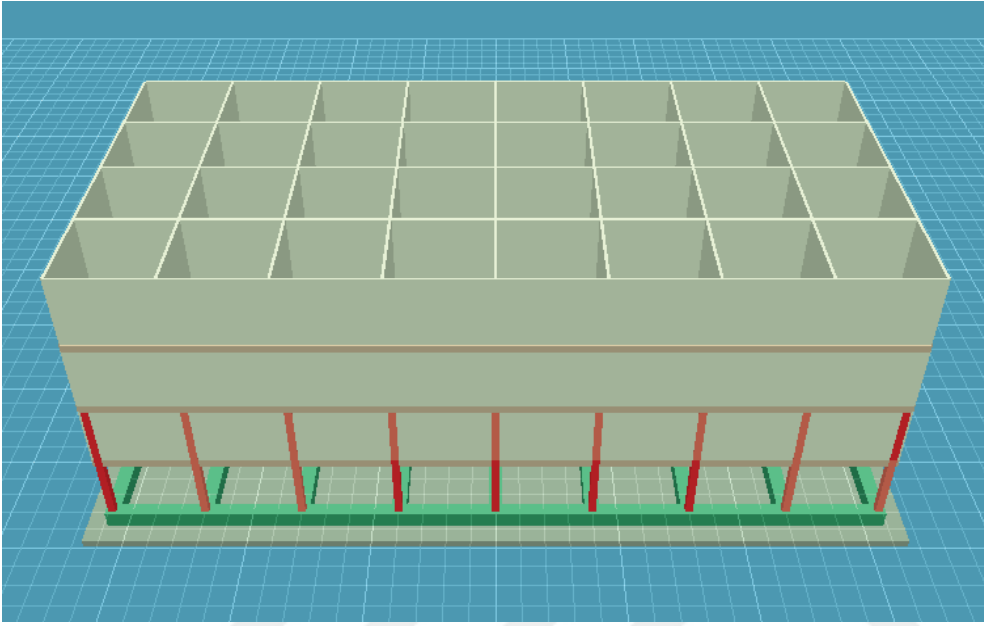
D3 Radye Temel Örneği	Plak Kalınlığı (cm)	Çelik Maliyeti	Beton Maliyeti	Toplam Maliyet
STA4-CAD analizi	60	6.250 TL	11.200 TL	17.450 TL
Ytop Yazılımında Opt. Yapılmadan analizi	80	656,25TL	13.440,00TL	14.096,25 TL
Ytop yazılımında Arı Kolonisi yön. İle optimizasyonu	40	306,25TL	6.720,00TL	7.026,25 TL
Ytop yazılımında Bio-Coğrafya yön. İle optimizasyonu	40	306,25TL	6.720,00TL	7.026,25 TL
Ytop yazılımında Arama-Grup yön. İle optimizasyonu	40	306,25TL	6.720,00TL	7.026,25 TL

D3 örneğinin Ytop Yazılımında yapılan optimizasyon sonuçları ile, STA4-CAD yazılımında yapılan analiz sonuçları kıyaslandığında; STA4-CAD yazılımı sonuç maliyeti değeri 17.450 TL. ile Ytop yazılımında yapılan optimizasyon sonucu bulunan maliyet 7.026,25 TL. arasında ciddi büyüklükte fark olduğu, optimizasyon sonucunda %60 oranında bir maliyet düşüşü olduğu görülmektedir.

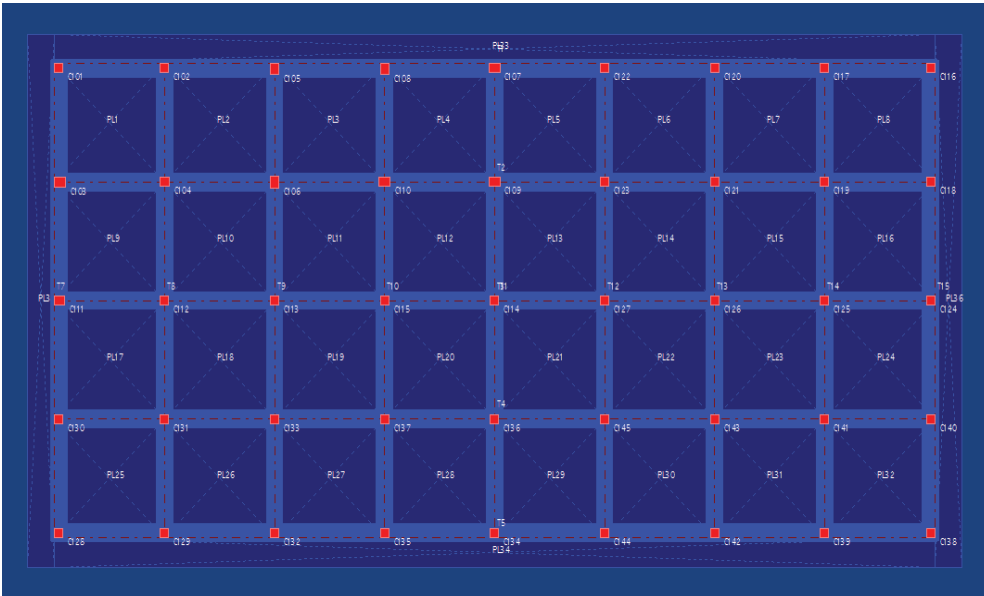
4.3.3 Kradye radye temel örneği

4.3.3.1 Örneğin STA4-CAD yazılımında modellenenerek analizi

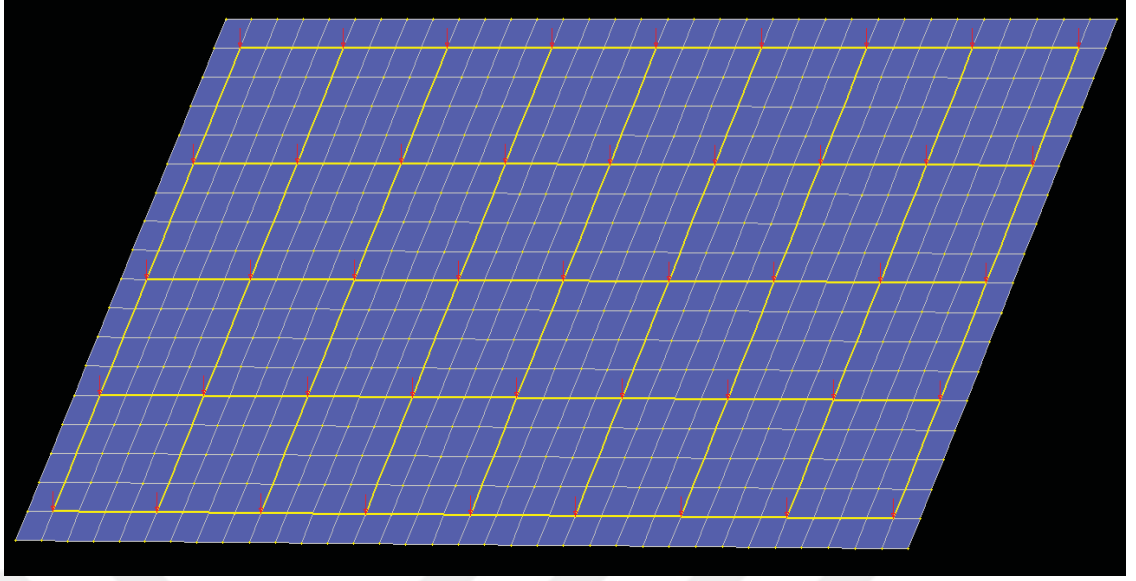
Örneğin analizinde C30 beton sınıfı ve ST37 çelik sınıfı kullanılmış olup birim fiyatları sırasıyla 200 TL/m³ ve 2.500 TL/ton alınmıştır. (Türkiye Beton Birliği fiyatlandırma listesi). Kradye örneği ve planı Şekil 4.38 ve Şekil 4.39’da görülmektedir.



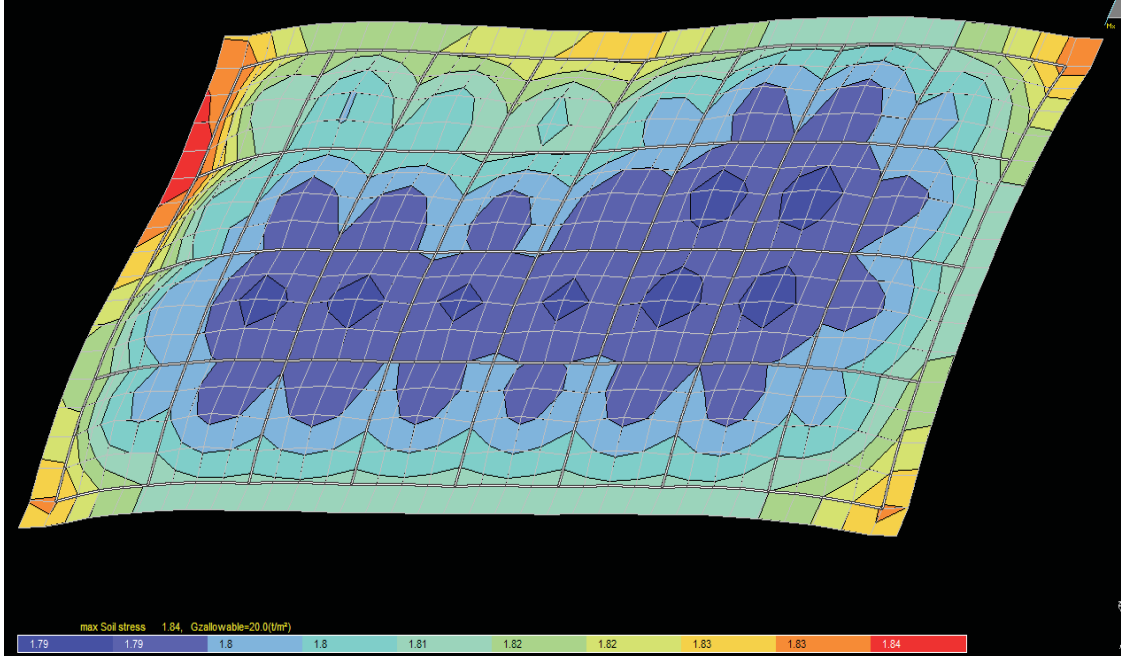
Şekil 4.38. Kradye Yapı Örneği 3D Görünümü



Şekil 4.39. Kradye radye temel örneği kolon aplikasyonu



Şekil 4.40. Kradye Radye Temel kolon yükleri dağılımı



Şekil 4.41. Kradye Radye Temel Gerilme dağılımı

GENEL DONATI SECIMI

X YONU UST DONATISI $\emptyset 10/25$ $A_s = 3.14 > A_{sx} = 2.30$	X YONU UST DONATISI <table border="1"> <tr> <td>$\emptyset 10$ ^</td> <td>24 ^</td> </tr> <tr> <td>$\emptyset 12$ -</td> <td>25 -</td> </tr> <tr> <td>$\emptyset 14$ v</td> <td>26 v</td> </tr> </table> $\emptyset 10/25$	$\emptyset 10$ ^	24 ^	$\emptyset 12$ -	25 -	$\emptyset 14$ v	26 v	Y YONU UST DONATISI $\emptyset 10/25$ $A_s = 3.14 > A_{sy} = 2.30$
$\emptyset 10$ ^	24 ^							
$\emptyset 12$ -	25 -							
$\emptyset 14$ v	26 v							
X YONU ALT DONATISI $\emptyset 10/25$ $A_s = 3.14 > A_{sx} = 2.30$	OK Cancel	Y YONU ALT DONATISI $\emptyset 10/25$ $A_s = 3.14 > A_{sy} = 2.30$						

Radye genel donatıları, noktalardaki gerekli donatı alanı optimize edilerek seçilmiştir. Noktalarda aşan değerler olması durumunda ek donatılar, otomatik olarak çizime işlenecektir.

BETON METRAJİ: 183.6 m³ **KALIP METRAJİ: 31.2 m²** **DEMİR METRAJİ: 7.72 t**

Şekil 4.42. Kradye Radye Temel STA4-CAD Analiz sonuçları

Örneğin STA4-CAD yazılımında analizi sonucunda:

$$A_{sxÜst} : 3,14 \text{ cm}^2 \quad A_{syÜst} : 3,14 \text{ cm}^2$$

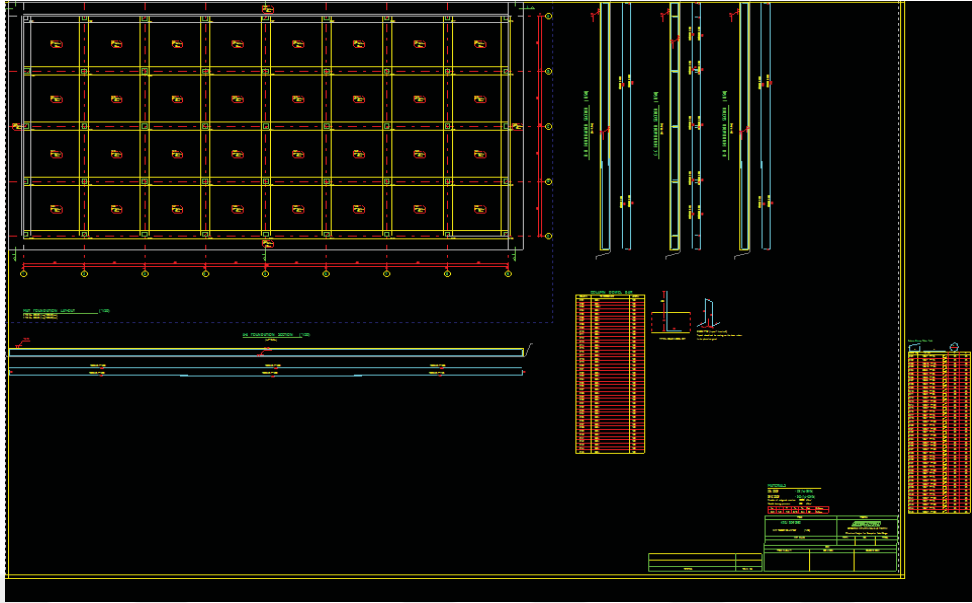
$$A_{sxAlt} : 3,14 \text{ cm}^2 \quad A_{syAlt} : 3,14 \text{ cm}^2$$

Bu değerler ışığında toplam Beton Metrajı: 183,6 m³, Donatı Metrajı: 7,72 ton olarak bulunmuştur.

$$\text{Beton Maliyeti: } 183,6 \text{ m}^3 \times 200 \text{ TL/m}^3 = 36.720 \text{ TL.}$$

$$\text{Demir Maliyeti: } 7,72 \text{ ton} \times 2.500 \text{ TL/ton} = 19.300 \text{ TL.}$$

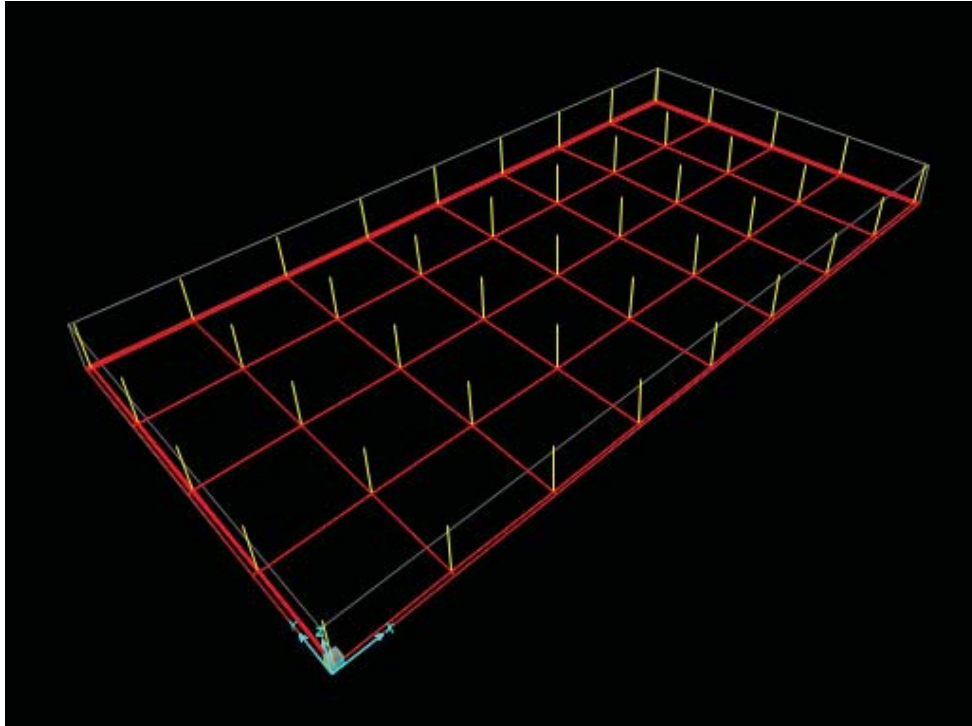
$$\text{Toplam Maliyet: } 56.020 \text{ TL. dir.}$$



Şekil 4.43. Kradye Radye Temel STA4-CAD Analizi Donatı Çizimi

4.3.3.2 SAP Yazılımında kradye radye temel örneğinin modellenmesi

Ytop optimizasyon yazılımında data girişi için gerekli olan temel modellemesi SAP yazılımında oluşturulmuştur. (Şekil 4.44)



Şekil 4.44. Kradye Radye Temel Örneğinin SAP Yazılımında Modellenmesi

4.3.3.3 Kolon boyutları ve moment ve yükler:

Kradye örneğine ait kolon boyutları ile yük ve moment değerleri Çizelge 4.22’de görüldüğü gibidir.

Çizelge 4.22. Kradye Radye Temel Örneği Kolon Boyutları, Yük ve Moment Değerleri

	B_x (cm)	B_y (cm)	N (kN)	M_x (kNm)	M_y (kNm)	X (m)	Y (m)
S101	30	30	16,179	-0,239	-0,287	0	16
S102	30	30	26,541	-0,068	-0,419	4	16
S103	40	35	28,231	-0,148	0,166	0	12
S104	35	30	43,212	-0,207	0,096	4	12
S105	30	35	26,677	-0,028	-0,64	8	16
S106	30	40	43,879	-0,028	0,17	8	12
S107	40	30	26,994	-0,016	-0,507	16	16
S108	30	35	26,585	0,004	-0,653	12	16
S109	40	30	43,95	-0,034	0,087	16	12
S110	40	30	43,764	0,009	0,095	12	12
S111	35	30	27,393	-0,255	0,007	0	8
S112	30	30	42,543	-0,131	0,014	4	8
S113	30	30	42,707	-0,032	-0,003	8	8
S114	30	30	42,771	0	0,002	16	8
S115	30	30	42,734	-0,001	0,002	12	8
S116	30	30	16,325	0,239	-0,335	32	16
S117	30	30	26,702	0,062	-0,448	28	16
S118	30	30	27,469	0,298	0,06	32	12
S119	30	30	43,276	0,093	0,07	28	12
S120	30	30	26,702	0,021	-0,443	24	16
S121	30	30	43,393	0,031	0,076	24	12
S122	30	30	26,575	-0,018	-0,439	20	16
S123	30	30	43,173	-0,022	0,079	20	12
S124	30	30	27,214	0,303	0,011	32	8
S125	30	30	42,848	0,102	0,013	28	8
S126	30	30	42,91	0,036	0,015	24	8
S127	30	30	42,923	0	0,017	20	8
S128	30	30	16,35	-0,239	0,37	0	0
S129	30	30	26,723	-0,063	0,482	0	0
S130	30	30	27,432	-0,292	-0,027	0	4
S131	30	30	43,291	-0,094	-0,03	4	4
S132	30	30	26,695	-0,019	0,478	8	0
S133	30	30	43,388	-0,029	-0,034	8	4
S134	30	30	26,735	0,004	0,475	16	0
S135	30	30	26,725	0,05	0,476	12	0

S136	30	30	43,413	0,002	-0,041	16	4
S137	30	30	43,403	0,002	-0,039	12	4
S138	30	30	16,321	0,247	0,355	32	0
S139	30	30	26,716	0,071	0,471	28	0
S140	30	30	27,462	0,301	-0,038	32	4
S141	30	30	43,268	0,097	-0,045	28	4
S142	30	30	26,694	0,028	0,471	24	0
S143	30	30	43,345	0,033	-0,046	24	4
S144	30	30	26,727	0,003	0,472	20	0
S145	30	30	43,371	0,002	-0,045	20	4

4.3.3.4 Kradye örneğinin Ytop yazılımında optimizasyon yapılmadan analizi

Kradye örneğinin Ytop yazılımında optimizasyon yapılmadan analiz sonuçları Çizelge 4.23’de görülmektedir.

Çizelge 4.23. Kradye örneğinin Ytop yazılımında optimizasyon yapılmadan analiz sonuçları

Beton:

Birim Maliyet:200,00 TL/m³

Hacim:409,60 m³

Beton maliyeti:81.920,00 TL

Çelik:

Çelik hacmi-x yönü:0,0480 m³

Çelik hacmi-y yönü:0,0240 m³

Toplam Çelik Ağırlığı:630

Birim Maliyet:2,50 TL/kg

Çelik maliyeti:1.575,00 TL

Toplam Maliyet:83.495,00 TL

Sap yazılımında modellenen kradye örneğinin Ytop yazılımında analiz sonuçları detaylı olarak Çizelge 7.9’da gösterilmektedir.

4.3.3.5 Kradye örneğinin Ytop yazılımında arı kolonisi yöntemi ile optimizasyonu

Kradye örneğinin Ytop yazılımında arı kolonisi yöntemi ile optimizasyon sonuçları Çizelge 4.24’de görülmektedir.

Çizelge 4.24. Kradye örneğinin Ytop yazılımında arı kolonisi yöntemi ile optimizasyon sonuçları

Beton:

Birim Maliyet:200,00 TL/m³

Hacim:128,00 m³

Beton maliyeti:25.600,00 TL

Çelik:

Çelik hacmi-x yönü:0,1367 m³

Çelik hacmi-y yönü:0,0287 m³

Toplam Çelik Ağırlığı:1447,70762960645

Birim Maliyet:2,50 TL/kg

Çelik maliyeti:3.619,27 TL

Toplam Maliyet:29.219,27 TL

Kradye Örneğinin Ytop yazılımında arı kolonisi yöntemi ile optimizasyon sonuçları detaylı olarak Çizelge 7.10’da gösterilmektedir.

4.3.3.6 Kradye örneğinin Ytop yazılımında bio-coğrafya yöntemi ile optimizasyonu

Kradye örneğinin Ytop yazılımında bio-coğrafya yöntemi ile optimizasyon sonuçları Çizelge 4.25’de görülmektedir.

Çizelge 4.25. Kradye örneğinin Ytop yazılımında bio-coğrafya yöntemi ile optimizasyon sonuçları

Beton:

Birim Maliyet:200,00 TL/m³

Hacim:128,00 m³

Beton maliyeti:25.600,00 TL

Çelik:

Çelik hacmi-x yönü:0,1367 m³

Çelik hacmi-y yönü:0,0287 m³

Toplam Çelik Ağırlığı:1447,70762960645

Birim Maliyet:2,50 TL/kg

Çelik maliyeti:3.619,27 TL

Toplam Maliyet:29.219,27 TL

Kradye Örneğinin Ytop yazılımında bio-coğrafya yöntemi ile optimizasyon sonuçları detaylı olarak Çizelge 7.11’de gösterilmektedir.

4.3.3.7 Kradye örneğinin Ytop yazılımında arama-grup yöntemi ile optimizasyonu

Kradye örneğinin Ytop yazılımında arama-grup yöntemi ile optimizasyon sonuçları Çizelge 4.26’da görülmektedir.

Çizelge 4.26. Kradye örneğinin Ytop yazılımında arama-grup yöntemi ile optimizasyon sonuçları

Beton:

Birim Maliyet:200,00 TL/m³

Hacim:128,00 m³

Beton maliyeti:25.600,00 TL

Çelik:

Çelik hacmi-x yönü:0,1367 m³

Çelik hacmi-y yönü:0,0287 m³

Toplam Çelik Ağırlığı:1447,70762960645

Birim Maliyet:2,50 TL/kg

Çelik maliyeti:3.619,27 TL

Toplam Maliyet:29.219,27 TL

Kradye Örneğinin Ytop yazılımında arama-grup yöntemi ile optimizasyon sonuçları detaylı olarak Çizelge 7.12’de gösterilmektedir.

4.3.3.8 Kradye örneğinin analiz sonuçlarının kıyaslanması:

a-) STA4-CAD Yazılımında yapılan analiz sonucu toplam Maliyet:56.020 TL. dir.

b-) Ytop Yazılımında yapılan normal (optimizasyon yapılmadan) analiz sonucu

Toplam Maliyet:83.495 TL.

c-) Ytop Yazılımında Arı Kolonisi yöntemi ile yapılan optimizasyon sonucu

Toplam Maliyet:29.219,27 TL. dir.

d-) Ytop Yazılımında Bio-Coğrafya yöntemi ile yapılan optimizasyon sonucu

Toplam Maliyet:29.219,27 TL. dir.

e-) Ytop Yazılımında Arama-Grup yöntemi ile yapılan optimizasyon sonucu

Toplam Maliyet:29.219,27 TL. dir.

Kradye örneğinin Ytop yazılımında yapılan analiz sonuçları Çizelge 4.27’de görülmektedir.

Çizelge 4.27. Kradye örneğinin Ytop Yazılımında yapılan analiz sonuçları

Kradye Radye Temel Örneği	Plak Kalınlığı (cm)	Çelik Maliyeti	Beton Maliyeti	Toplam Maliyet
STA4-CAD analizi	35	19.300 TL	36.720 TL	56.020 TL
Ytop Yazılımında	80	1.575,00 TL	81.920,00 TL	83.495 TL

Opt. Yapılmadan analizi				
Ytop yazılımında Arı Kolonisi yön. İle optimizasyonu	25	3.619,27 TL	25.600,00 TL	29.219,27 TL
Ytop yazılımında Bio-Coğrafya yön. İle optimizasyonu	25	3.619,27 TL	25.600,00 TL	29.219,27 TL
Ytop yazılımında Arama-Grup yön. İle optimizasyonu	25	3.619,27 TL	25.600,00 TL	29.219,27 TL

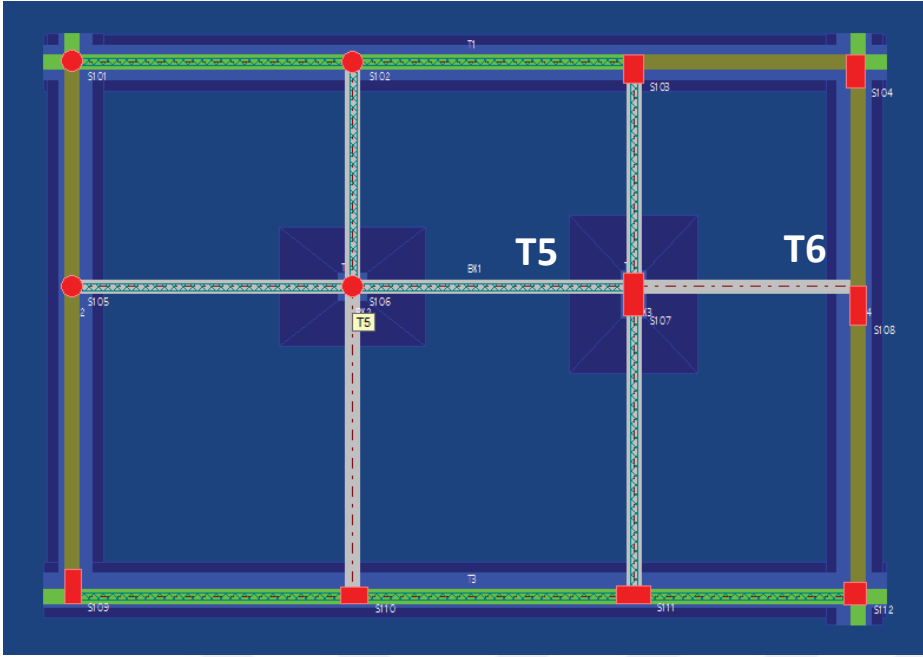
Kradye örneğinin Ytop Yazılımında yapılan optimizasyon sonuçları ile, STA4-CAD yazılımında yapılan analiz sonuçları kıyaslandığında; STA4-CAD yazılımı sonuç maliyeti değeri 56.020 TL. ile Ytop yazılımında yapılan optimizasyon sonucu bulunan maliyet 29.219,27 TL. arasında ciddi büyüklükte fark olduğu, optimizasyon sonucunda %48 oranında bir maliyet düşüşü olduğu görülmektedir.

4.4 Örneklerin SFOP (Amerikan Şartnamesi 318-14) Yazılımında Modellenmesi

4.5 Tekil Temel Örnekleri

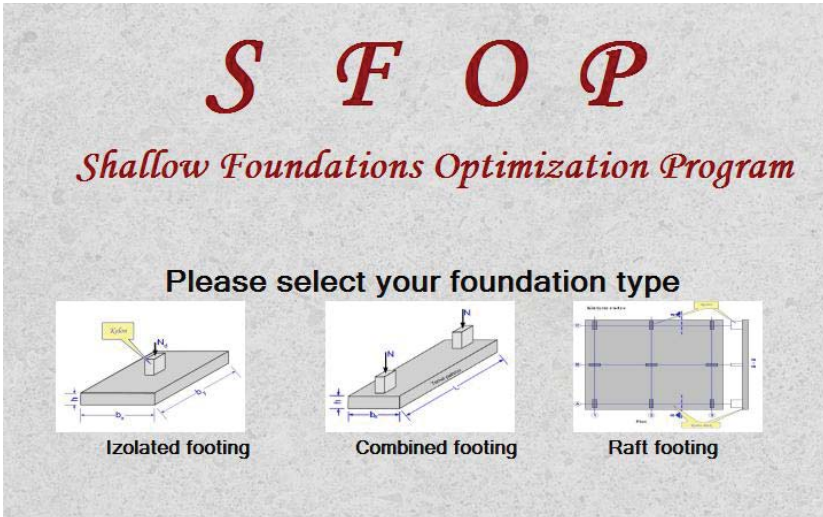
4.5.1 3D Ev1d kazıksız isimli tekil temel örneği (T5 tekil temeli):

T5 tekil temelinin yapı üzerindeki yerleşimi Şekil 4.45’de görülmektedir.



Şekil 4.45. T5 ve T6 tekil temellerinin yapı üzerindeki yerleşimi

T5 tekil temel örneğinde; ilgili temel parametreleri, $B_x=260$ cm. $B_y=210$ cm. Kolon boyutları=50x50 cm. Temel kalınlığı $D=50$ cm. $\sigma_{zem}=20$ t/m² dir.



Şekil 4.46. SFOP yazılımı menüsü

SFOP yazılımında optimize edilmeden yapılan analiz sonucunda, $A_{sx}=26,026$ cm², $A_{sy}=18,9$ cm² ve maliyet değeri; 780,84 TL. bulunmuştur. Temel örneği geliştirilen YAK, BC ve AG yöntemleri ile SFOP yazılımında optimize edilmiştir.

4.5.1.1 SFOP yazılımında yapılan optimizasyon analizleri sonucu:

Yapay Arı Kolonisi (YAK): $B_x=200$ cm. $B_y=200$ cm. Temel kalınlığı=30 cm. $A_{sx}=25,554$ cm², $A_{sy}=25,554$ cm² ve Maliyet=463,6 TL. olarak bulunmuştur.

Bio-Coğrafya (BO): $B_x=200$ cm. $B_y=200$ cm. Temel kalınlığı=30 cm. $A_{sx}=25,554$ cm², $A_{sy}=25,554$ cm² ve Maliyet=463,6 TL. olarak bulunmuştur.

Arama Grup (AG): $B_x=200$ cm. $B_y=200$ cm. Temel kalınlığı=30 cm. $A_{sx}=25,554$ cm², $A_{sy}=25,554$ cm² ve Maliyet=463,6 TL. olarak bulunmuştur.

T5 Tekil temelinin SFOP yazılımında analiz sonuçları Çizelge 4.28’de görülmektedir.

Çizelge 4.28. T5 Tekil temelinin SFOP yazılımında analiz sonuçları

T5 Tekil Temel Örneği	SFOP Yazılımında opt. Edilmeden analiz	SFOP Yazılımında Arı Kolonisi Yöntemiyle opt.	SFOP Yazılımında Bio-Coğrafya Yöntemiyle opt.	SFOP Yazılımında Arama Grup Yöntemiyle opt.
B_x (cm)	260	200	200	200
B_y (cm)	210	200	200	200
Temel kalınlığı (cm)	50	30	30	30
A_{sx} (cm²)	26,026	25,554	25,554	25,554
A_{sy} (cm²)	18,9	25,554	25,554	25,554
Toplam Maliyet	780,84 TL	463,6 TL	463,6 TL	463,6 TL

Elde edilen en iyi tasarımlara ve uygulanan tasarıma ait sonuçlar Çizelge 4.28’de gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre YAK, BC ve AG optimizasyon yöntemleri ile elde edilen tasarımlar aynı olup tasarımların maliyet değeri 463,6 TL olarak elde edilmiştir. Uygulanan tasarım maliyet değeri ise 780,84 TL olup optimizasyon yöntemlerin elde ettiği tasarım maliyetlerinden % 40,6 daha fazladır.

4.5.2 3D Ev1d kazıksız isimli tekil temel örneği (T6 tekil temeli)

Arama Grup (AG): $B_x=200$ cm. $B_y=200$ cm. Temel kalınlığı=25 cm. $A_{sx}=9$ cm², $A_{sy}=9$ cm² ve Maliyet=278,75 TL. olarak bulunmuştur.

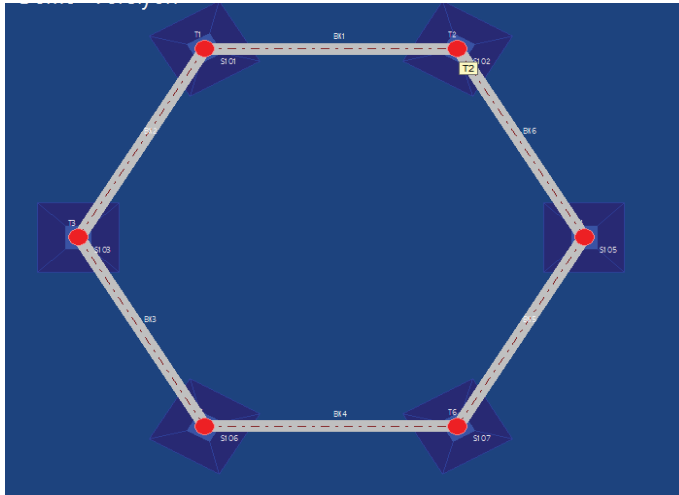
T6 Tekil temelının SFOP yazılımlında analiz sonuçları Çizelge 4.29’da görölmektedir.

Çizelge 4.29. T6 Tekil temelının SFOP yazılımlında analiz sonuçları

T6 Tekil Temel Örneği	SFOP Yazılımlında opt. Edilmeden analiz	SFOP Yazılımlında Arı Kolonisi Yöntemiyle opt.	SFOP Yazılımlında Bio-Coğrafya Yöntemiyle opt.	SFOP Yazılımlında Arama Grup Yöntemiyle opt.
B_x (cm)	230	200	200	200
B_y (cm)	280	200	200	200
Temel kalınlığı (cm)	50	25	25	25
A_{sx} (cm ²)	25,2	9	9	9
A_{sy} (cm ²)	25,2	9	9	9
Toplam Maliyet	925,14TL	278,75 TL	278,75 TL	278,75 TL

4.5.3 Altıgen isimli tekil temel örneği (T2 tekil temeli)

T2 tekil temelının plan görüntüsü Şekil 4.48’de görölmektedir.



Şekil 4.48. T2 Tekil Temel

T2 tekil temel örneğinde; ilgili temel parametreleri, $B_x=160$ cm. $B_y=160$ cm. Kolon boyutları=40x40 cm. Temel kalınlığı $D=40$ cm. $\sigma_{zem}=20$ t/m² dir. SFOP yazılımında optimize edilmeden yapılan analiz sonucunda, $A_{sx}=11,52$ cm², $A_{sy}=11,52$ cm² ve maliyet değeri; 285,44 TL. bulunmuştur. Temel örneği geliştirilen YAK, BC ve AG yöntemleri ile SFOP yazılımında optimize edilmiştir.

4.5.3.1 SFOP yazılımında yapılan optimizasyon analizleri sonucu:

Yapay Arı Kolonisi (YAK): $B_x=100$ cm. $B_y=100$ cm. Temel kalınlığı=25 cm. $A_{sx}=4,5$ cm² $A_{sy}=4,5$ cm² ve Maliyet=69,69 TL. olarak bulunmuştur.

Bio-Coğrafya (BO): $B_x=100$ cm. $B_y=100$ cm. Temel kalınlığı=25 cm. $A_{sx}=4,5$ cm² , $A_{sy}=4,5$ cm² ve Maliyet=69,69 TL. olarak bulunmuştur.

Arama Grup (AG): $B_x=100$ cm. $B_y=100$ cm. Temel kalınlığı=25 cm. $A_{sx}=4,5$ cm² , $A_{sy}=4,5$ cm² ve Maliyet=69,69 TL. olarak bulunmuştur.

T2 Tekil temelinin SFOP yazılımında analiz sonuçları Çizelge 4.30'da görülmektedir.

Çizelge 4.30. T2 Tekil temelinin SFOP yazılımında analiz sonuçları

T2 Tekil Temel Örneği	SFOP Yazılımında opt. Edilmeden analiz	SFOP Yazılımında Arı Kolonisi Yöntemiyle opt.	SFOP Yazılımında Bio-Coğrafya Yöntemiyle opt.	SFOP Yazılımında Arama Grup Yöntemiyle opt.
B_x (cm)	160	100	100	100
B_y (cm)	160	100	100	100
Temel kalınlığı (cm)	40	25	25	25
A_{sx} (cm²)	11,52	4,5	4,5	4,5
A_{sy} (cm²)	11,52	4,5	4,5	4,5
Toplam Maliyet	285,44TL	69,69 TL	69,69 TL	69,69 TL

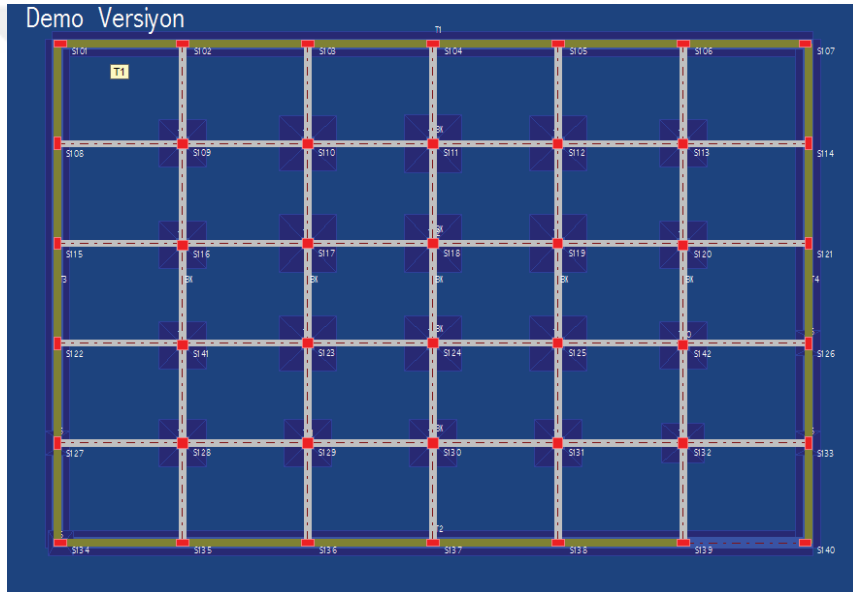
Elde edilen en iyi tasarımlara ve uygulanan tasarıma ait sonuçlar Çizelge 4.30'da da gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre YAK, BC ve AG optimizasyon yöntemleri ile elde edilen tasarımlar aynı olup tasarımların maliyet değeri 69,69 TL olarak elde

edilmiştir. Uygulanan tasarım maliyet değeri ise 285,44 TL olup optimizasyon yöntemlerin elde ettiği tasarım maliyetlerinden % 75,6 daha fazladır.

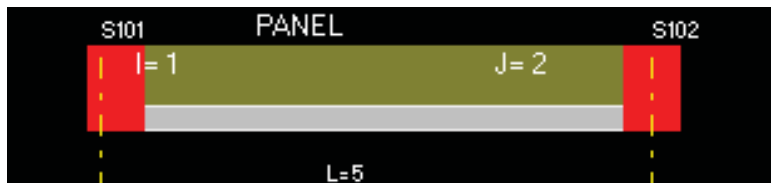
4.6 Sürekli Temel Örnekleri

4.6.1 Bodrum T1 sürekli temeli:

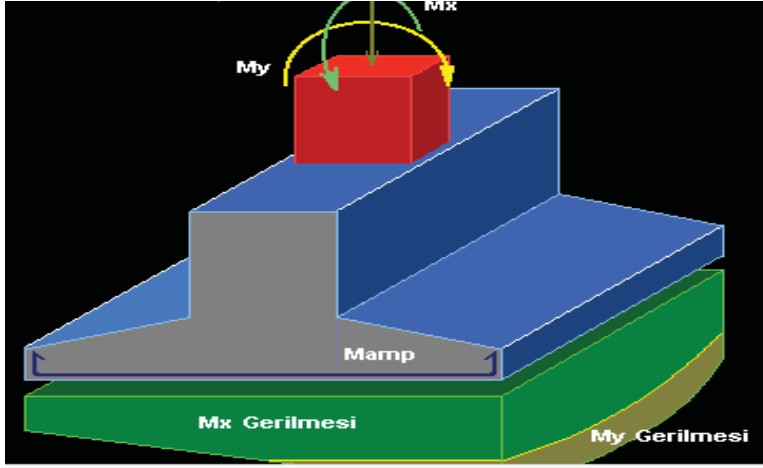
T1 sürekli temeli, S101 ve S102 kolonları arasında bulunmaktadır. Ampatman boyu 1m. Sürekli temel boyu L:5m. dir. Zemin emniyet gerilmesi:15,00 t/m² B:40/25 cm. D:60/360 cm. T1 sürekli temelinin plan görüntüsü Şekil 4.49 ve Şekil 4.50’de görülmektedir.



Şekil 4.49. T1 Sürekli Temeli ızgara



Şekil 4.50. T1 Sürekli Temel



Şekil 4.51. T1 Sürekli Temeli moment etkisi

Sfop optimizasyon yazılımı ile optimizasyon yapılmadan yapılan hesaplamada; As:22,26 cm² Maliyet:1.840,5 TL olarak bulunmuştur.

4.6.1.1 SFOP Yazılımı ile yapılan optimizasyon sonucu:

- Yapay Arı kolonisi yöntemi ile yapılan optimizasyon: Temel genişliği:2,0 m. Temel yüksekliği: 0,5 m. As:15,24 cm², Maliyet:749,61 TL.
- Bio-Coğrafya yöntemi ile yapılan optimizasyon: Temel genişliği:2,0 m. Temel yüksekliği:0,5 m. As:15,24 cm², Maliyet:749,61 TL.
- Arama Grup yöntemi ile yapılan optimizasyon: Temel genişliği:2,0 m. Temel yüksekliği:0,5 m. As:15,24 cm², Maliyet:749,61 TL. bulunmuştur.

Optimizasyon sonucunda maliyette %59 oranında düşme olduğu görülmüştür.

T1 sürekli temeli SFOP yazılımında analiz sonuçları Çizelge 4.31’de görülmektedir.

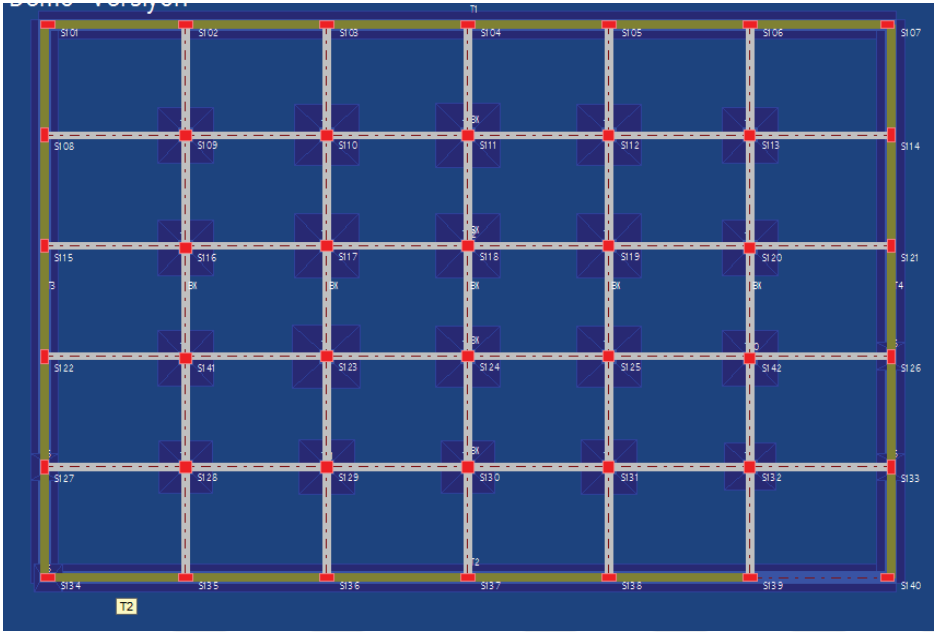
Çizelge 4.31. T1 sürekli temeli SFOP yazılımında analiz sonuçları

T1 Sürekli Temel Örneği	SFOP Yazılımında opt. Yapılmadan analiz	SFOP Yazılımında Arı Kolonisi Yön. İle analiz	SFOP Yazılımında Bio Coğrafya Yön. İle analiz	SFOP Yazılımında Arama Grup Yön. İle analiz
-------------------------------	---	---	--	---

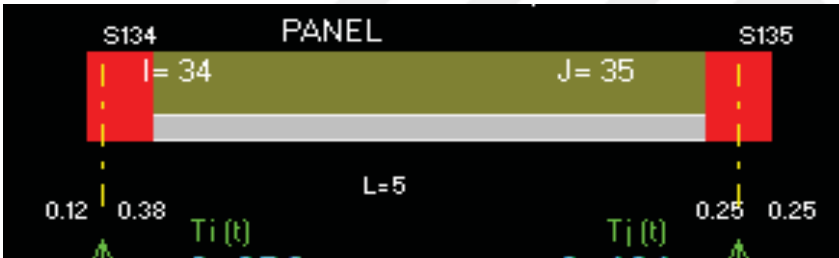
Temel Genişliği (cm)	360	200	200	200
Temel Yüksekliği (cm)	60	50	50	50
Zemin Dayanımı Kontrol Oranı	0,003	0,086	0,086	0,086
Eğilme Kontrol Oranı	0,185	0,409	0,409	0,409
Kesme Kontrol Oranı	0,026	0,057	0,057	0,057
As (cm²)	22,26	15,24	15,24	15,24
Maliyet (TL)	1.840,5	749,61	749,61	749,61

4.6.2 Bodrum isimli sürekli temel örneği (T2 sürekli temel)

T2 sürekli temeli, S134 ve S135 kolonları arasında bulunmaktadır. Ampatman boyu 1 m. Sürekli temel boyu L:5 m. dir. Zemin emniyet gerilmesi:15,00 t/m² B:40/25 cm. D:60/360 cm. T2 sürekli temelinin plan görüntüsü Şekil 4.52 ve Şekil 4.53’de görülmektedir.



Şekil 4.52. T2 Sürekli Temeli



Şekil 4.53. T2 Sürekli Temeli

SFOP Optimizasyon yazılımı ile optimizasyon yapılmadan yapılan hesaplamada;
 $As: 32,23 \text{ cm}^2$ Maliyet: 1.818,75 TL. olarak bulunmuştur.

4.6.2.1 SFOP Yazılımı ile yapılan optimizasyon sonucu:

- Yapay Arı kolonisi yöntemi ile yapılan optimizasyon: Temel genişliği: 1,85 m. Temel yüksekliği: 0,5 m. $As: 13,86 \text{ cm}^2$, Maliyet: 585,25 TL.
- Bio-Coğrafya yöntemi ile yapılan optimizasyon: Temel genişliği: 1,85 m. Temel yüksekliği: 0,5 m. $As: 13,86 \text{ cm}^2$, Maliyet: 585,25 TL.

- Arama Grup yöntemi ile yapılan optimizasyon: Temel genişliği:1,85 m. Temel yüksekliği:0,5 m. As:13,86 cm², Maliyet:585,25 TL. bulunmuştur.

Optimizasyon sonucunda maliyette % 68 oranında düşme olduğu görülmüştür.

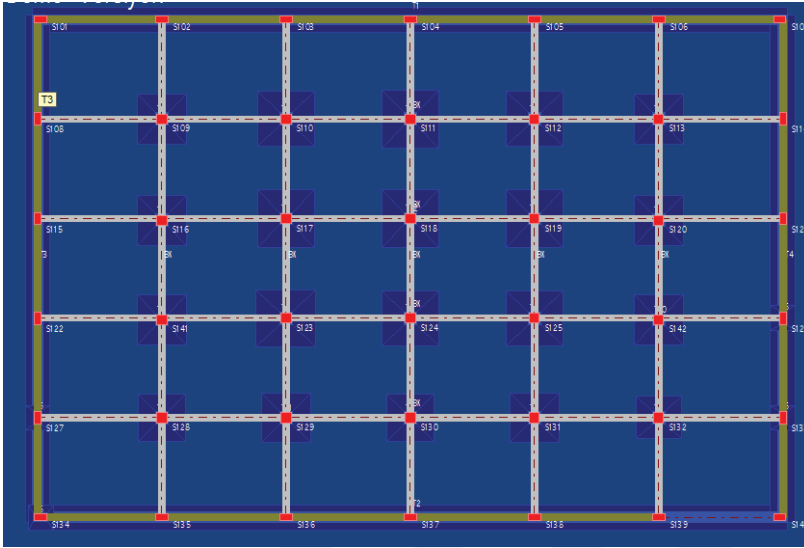
T2 sürekli temeli SFOP yazılımında analiz sonuçları Çizelge 4.32’de görülmektedir.

Çizelge 4.32. T2 sürekli temeli SFOP yazılımında analiz sonuçları

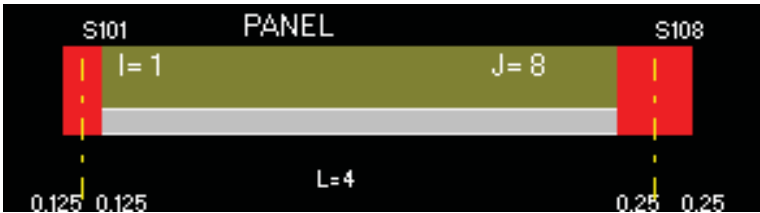
T2 Sürekli Temel Örneği	SFOP Yazılımında opt. Yapılmadan analiz	SFOP Yazılımında Arı Kolonisi Yön. İle analiz	SFOP Yazılımında Bio Coğrafya Yön. İle analiz	SFOP Yazılımında Arama Grup Yön. İle analiz
Temel Genişliği (cm)	360	185	185	185
Temel Yüksekliği (cm)	60	50	50	50
Zemin Dayanımı Kontrol Oranı	0,002	0,033	0,046	0,030
Eğilme Kontrol Oranı	0,103	0,243	0,243	0,243
Kesme Kontrol Oranı	0,015	0,030	0,032	0,030
As (cm²)	32,23	13,86	13,86	13,86
Maliyet (TL)	1.818,75	585,25	585,25	585,25

4.6.3 Bodrum isimli sürekli temel örneği (T3 sürekli temel)

T3 sürekli temeli, S101 ve S108 kolonları arasında bulunmaktadır. Ampatman boyu 1 m. Sürekli temel boyu L:4 m. dir. Zemin emniyet gerilmesi:15,00 t/m² B:40/25 cm., D:60/360 cm. T3 sürekli temel örneği plan görüntüsü Şekil 4.54 ve Şekil 4.55’de görülmektedir.



Şekil 4.54. T3 Sürekli Temeli



Şekil 4.55. T3 Sürekli Temeli

SFOP Optimizasyon yazılımı ile optimizasyon yapılmadan yapılan hesaplamada; As:24,38 cm² Maliyet:1.516,9 TL. olarak bulunmuştur.

4.6.3.1 SFOP Yazılımı ile yapılan optimizasyon sonucu:

- Yapay Arı kolonisi yöntemi ile yapılan optimizasyon: Temel genişliği:1,75 m. Temel yüksekliği: 0,5 m. As:11,55 cm², Maliyet:493,97 TL.

- Bio-Coğrafya yöntemi ile yapılan optimizasyon: Temel genişliği:1,75 m. Temel yüksekliği:0,5 m. As:11,55 cm², Maliyet:493,97 TL.
- Arama Grup yöntemi ile yapılan optimizasyon: Temel genişliği:1,75 m. Temel yüksekliği:0,5 m. As:11,55 cm², Maliyet:493,97 TL. bulunmuştur.

Optimizasyon sonucunda maliyette % 67 oranında düşme olduğu görülmüştür. T3 sürekli temeli SFOP yazılımında analiz sonuçları Çizelge 4.33’de görülmektedir.

Çizelge 4.33. T3 sürekli temeli SFOP yazılımında analiz sonuçları

T3 Sürekli Temel Örneği	SFOP Yazılımında opt. Yapılmadan analiz	SFOP Yazılımında Arı Kolonisi Yön. İle analiz	SFOP Yazılımında Bio Coğrafya Yön. İle analiz	SFOP Yazılımında Arama Grup Yön. İle analiz
Temel Genişliği (cm)	360	175	175	175
Temel Yüksekliği (cm)	60	50	50	50
Zemin Dayanımı Kontrol Oranı	0,002	0,043	0,050	0,037
Eğilme Kontrol Oranı	0,123	0,288	0,288	0,288
Kesme Kontrol Oranı	0,018	0,035	0,035	0,035
As (cm²)	24,38	11,55	11,55	11,55
Maliyet (TL)	1.516,9	493,97	493,97	493,97

4.7 Radye Temel Örnekleri

4.7.1 Tayfun&Burak örneği

4.7.1.1 Tayfun&Burak radye örneğinin SFOP yazılımında analizi

Tayfun&Burak radye örneğinin SFOP yazılımında analiz sonuçları Çizelge 4.34’de görülmektedir.

Çizelge 4.34. Tayfun&Burak radye örneğinin SFOP yazılımında analiz sonuçları

Beton:
Birim Maliyet:200,00 TL/m ³
Hacim:179,40 m ³
Beton maliyeti:35.880,00 TL
Çelik:
Çelik hacmi-x yönü:0,0195 m ³
Çelik hacmi-y yönü:0,0259 m ³
Toplam Çelik Ağırlığı:397,03125
Birim Maliyet:2,50 TL/kg
Çelik maliyeti:992,58 TL
Toplam Maliyet:36.872,58 TL

Tayfun&Burak radye örneğinin SFOP yazılımında analiz sonuçları Çizelge 7.13’de detaylı olarak gösterilmektedir.

4.7.1.2 Tayfun&Burak örneğinin Sfop yazılımında arı kolonisi yöntemi ile optimizasyonu

Tayfun&Burak örneğinin Sfop yazılımında arı kolonisi yöntemi ile optimizasyon sonuçları Çizelge 4.35’de görülmektedir.

Çizelge 4.35. Tayfun&Burak örneğinin Sfop yazılımında arı kolonisi yöntemi ile optimizasyon sonuçları

Beton:

Birim Maliyet:200,00 TL/m³

Hacim:78,49 m³

Beton maliyeti:15.697,50 TL

Çelik:

Çelik hacmi-x yönü:0,0196 m³

Çelik hacmi-y yönü:0,0404 m³

Toplam Çelik Ağırlığı:525,552152538227

Birim Maliyet:2,50 TL/kg

Çelik maliyeti:1.313,88 TL

Toplam Maliyet:17.011,38 TL

Tayfun&Burak örneğinin Sfop yazılımında arı kolonisi yöntemi ile optimizasyon sonuçları detaylı olarak Çizelge 7.14’de gösterilmektedir.

4.7.1.3 Tayfun&Burak örneğinin Sfop yazılımında bio-coğrafya yöntemi ile optimizasyonu

Tayfun&Burak örneğinin Sfop yazılımında bio-coğrafya yöntemi ile optimizasyon sonuçları Çizelge 4.36’da görülmektedir.

Çizelge 4.36. Tayfun&Burak örneğinin Sfop yazılımında bio-coğrafya yöntemi ile optimizasyon sonuçları

Beton:

Birim Maliyet:200,00 TL/m³

Hacim:78,49 m³

Beton maliyeti:15.697,50 TL

Çelik:

Çelik hacmi-x yönü:0,0196 m³

Çelik hacmi-y yönü:0,0404 m³

Toplam Çelik Ağırlığı:525,552152538227

Birim Maliyet:2,50 TL/kg

Çelik maliyeti:1.313,88 TL

Toplam Maliyet:17.011,38 TL

Tayfun&Burak örneğinin Sfop yazılımında bio-coğrafya yöntemi ile optimizasyon sonuçları detaylı olarak Çizelge 7.15’de gösterilmektedir.

4.7.1.4 Tayfun&Burak örneğinin Sfop yazılımında arama-grup yöntemi ile optimizasyonu

Tayfun&Burak örneğinin Sfop yazılımında arama-grup yöntemi ile optimizasyon sonuçları Çizelge 4.37’de görülmektedir.

Çizelge 4.37. Tayfun&Burak örneğinin Sfop yazılımında arama-grup yöntemi ile optimizasyon sonuçları

Beton:

Birim Maliyet:200,00 TL/m³

Hacim:78,49 m³

Beton maliyeti:15.697,50 TL

Çelik:

Çelik hacmi-x yönü:0,0196 m³

Çelik hacmi-y yönü:0,0404 m³

Toplam Çelik Ağırlığı:525,552152538227

Birim Maliyet:2,50 TL/kg

Çelik maliyeti:1.313,88 TL

Toplam Maliyet:17.011,38 TL

Tayfun&Burak Örneğinin Sfop yazılımında arama-grup yöntemi ile optimizasyon sonuçları detaylı olarak Çizelge 7.16’da gösterilmektedir.

4.7.1.5 Tayfun&Burak örneğinin analiz sonuçlarının kıyaslanması:

a-) STA4-CAD Yazılımında yapılan analiz sonucu Toplam Maliyet:46.226 TL. dir.

b-) Sfop Yazılımında yapılan normal (optimizasyon yapılmadan) analiz sonucu

Toplam Maliyet:36.872,58 TL. dir.

c-) Sfop Yazılımında Arı Kolonisi yöntemi ile yapılan optimizasyon sonucu

Toplam Maliyet:17.011,38 TL. dir.

d-) Sfop Yazılımında Bio-Coğrafya yöntemi ile yapılan optimizasyon sonucu

Toplam Maliyet:17.011,38 TL. dir.

e-) Sfop Yazılımında Arama-Grup yöntemi ile yapılan optimizasyon sonucu

Toplam Maliyet:17.011,38 TL. dir.

Tayfun&Burak örneğinin Sfop Yazılımında yapılan analiz sonuçları Çizelge 4.38’de görülmektedir.

Çizelge 4.38. Tayfun&Burak örneğinin Sfop Yazılımında yapılan analiz sonuçları

Tayfun&Burak Radye Temel Örneği	Plak Kalınlığı (cm)	Çelik Maliyeti	Beton Maliyeti	Toplam Maliyet
Sfop Yazılımında Opt. Yapılmadan analizi	80	992,58 TL	35.880,00 TL	36.872,58 TL
Sfop yazılımında Arı Kolonisi yön. İle	35	1.313,88 TL	15.697,50 TL	17.011,38 TL

optimizasyonu

Sfop yazılımında Bio-Coğrafya yön. İle optimizasyonu	35	1.313,88 TL	15.697,50 TL	17.011,38 TL
Sfop yazılımında Arama-Grup yön. İle optimizasyonu	35	1.313,88 TL	15.697,50 TL	17.011,38 TL

Tayfun&Burak örneğinin Sfop Yazılımında yapılan optimizasyon sonuçları ile, STA4-CAD yazılımında yapılan analiz sonuçları kıyaslandığında; STA4-CAD yazılımı sonuç maliyeti değeri 46.226 TL. ile Sfop yazılımında yapılan optimizasyon sonucu bulunan maliyet 17.011,38 TL. arasında ciddi büyüklükte fark olduğu, optimizasyon sonucunda % 63 oranında bir maliyet düşüşü olduğu görülmektedir.

4.7.2 Örnek D3 radye temel örneği**4.7.2.1 D3 Radye temel örneğinin Sfop yazılımında analizi**

D3 Radye temel örneğinin Sfop yazılımında analiz sonuçları Çizelge 4.39'da görülmektedir.

Çizelge 4.39. D3 Radye temel örneğinin Sfop yazılımında analiz sonuçları

Beton:

Birim Maliyet:200,00 TL/m³Hacim:67,20 m³**Beton maliyeti:13.440,00 TL**

Çelik:

Çelik hacmi-x yönü:0,0210 m³Çelik hacmi-y yönü:0,0090 m³

Toplam Çelik Ağırlığı:262,5

Birim Maliyet:2,50 TL/kg

Çelik maliyeti:656,25 TL

Toplam Maliyet:14.096,25 TL

D3 Radye Temel örneğinin Sfop yazılımında analiz sonuçları detaylı olarak Çizelge 7.17’de gösterilmektedir.

4.7.2.2 D3 örneğinin Sfop yazılımında arı kolonisi yöntemi ile optimizasyonu

D3 örneğinin Sfop yazılımında arı kolonisi yöntemi ile optimizasyon sonuçları Çizelge 4.40’da görülmektedir.

Çizelge 4.40. D3 örneğinin Sfop yazılımında arı kolonisi yöntemi ile optimizasyon sonuçları

Beton:

Birim Maliyet:200,00 TL/m³

Hacim:46,20 m³

Beton maliyeti:9.240,00 TL

Çelik:

Çelik hacmi-x yönü:0,0140 m³

Çelik hacmi-y yönü:0,0060 m³

Toplam Çelik Ağırlığı:175

Birim Maliyet:2,50 TL/kg

Çelik maliyeti:437,50 TL

Toplam Maliyet:9.677,50 TL

D3 Örneğinin Sfop yazılımında arı kolonisi yöntemi ile optimizasyon sonuçları detaylı olarak Çizelge 7.18’de gösterilmektedir.

4.7.2.3 D3 Örneğinin Sfop yazılımında bio-coğrafya yöntemi ile optimizasyonu

D3 Örneğinin Sfop yazılımında bio-coğrafya yöntemi ile optimizasyon sonuçları Çizelge 4.41’de görülmektedir.

Çizelge 4.41. D3 Örneğinin Sfop yazılımında bio-coğrafya yöntemi ile optimizasyon sonuçları

Beton:
Birim Maliyet:200,00 TL/m ³
Hacim:46,20 m ³
Beton maliyeti:9.240,00 TL
Çelik:
Çelik hacmi-x yönü:0,0140 m ³
Çelik hacmi-y yönü:0,0060 m ³
Toplam Çelik Ağırlığı:175
Birim Maliyet:2,50 TL/kg
Çelik maliyeti:437,50 TL
Toplam Maliyet:9.677,50 TL

D3 Örneğinin Sfop yazılımında bio-coğrafya yöntemi ile optimizasyon sonuçları detaylı olarak Çizelge 7.19’da gösterilmektedir.

4.7.2.4 D3 Örneğinin Sfop yazılımında arama grup yöntemi ile optimizasyonu

D3 Örneğinin Sfop yazılımında arama grup yöntemi ile optimizasyon sonuçları Çizelge 4.42’de görülmektedir.

Çizelge 4.42. D3 Örneğinin Sfop yazılımında arama grup yöntemi ile optimizasyon sonuçları

Beton:

Birim Maliyet:200,00 TL/m³

Hacim:46,20 m³

Beton maliyeti:9.240,00 TL

Çelik:

Çelik hacmi-x yönü:0,0140 m³

Çelik hacmi-y yönü:0,0060 m³

Toplam Çelik Ağırlığı:175

Birim Maliyet:2,50 TL/kg

Çelik maliyeti:437,50 TL

Toplam Maliyet:9.677,50 TL

D3 Örneğinin Sfop yazılımında arama grup yöntemi ile optimizasyon sonuçları detaylı olarak Çizelge 7.20’de gösterilmektedir.

4.7.2.5 D3 Örneğinin analiz sonuçlarının kıyaslanması:

a-) STA4-CAD Yazılımında yapılan analiz sonucu Toplam Maliyet:17.450 TL. dir.

b-) Sfop Yazılımında yapılan normal (optimizasyon yapılmadan) analiz sonucu

Toplam Maliyet:14.096,25 TL. dir.

c-) Sfop Yazılımında Arı Kolonisi yöntemi ile yapılan optimizasyon sonucu

Toplam Maliyet:9.677,50 TL. dir.

d-) Sfop Yazılımında Bio-Coğrafya yöntemi ile yapılan optimizasyon sonucu

Toplam Maliyet:9.677,50 TL. dir.

e-) Sfop Yazılımında Arama-Grup yöntemi ile yapılan optimizasyon sonucu

Toplam Maliyet:9.677,50 TL. dir.

D3 örneğinin Sfop yazılımında yapılan analiz sonuçları Çizelge 4.43’de görülmektedir.

Çizelge 4.43. D3 örneğinin Sfop Yazılımında yapılan analiz sonuçları

D3 Radye Temel Örneği	Plak Kalınlığı (cm)	Çelik Maliyeti	Beton Maliyeti	Toplam Maliyet
Sfop Yazılımında Opt. Yapılmadan analizi	80	656,25 TL	13.440,00 TL	14.096,25 TL
Sfop yazılımında Arı Kolonisi yön. İle optimizasyonu	55	437,50 TL	9.240,00 TL	9.677,50 TL
Sfop yazılımında Bio-Coğrafya yön. İle optimizasyonu	55	437,50 TL	9.240,00 TL	9.677,50 TL
Sfop yazılımında Arama-Grup yön. İle optimizasyonu	55	437,50 TL	9.240,00 TL	9.677,50 TL

D3 örneğinin Sfop Yazılımında yapılan optimizasyon sonuçları ile, STA4-CAD yazılımında yapılan analiz sonuçları kıyaslandığında; STA4-CAD yazılımı sonuç maliyeti değeri 14.096,25 TL. ile Sfop yazılımında yapılan optimizasyon sonucu bulunan maliyet 9.677,50 TL. arasında % 31 oranında bir maliyet düşüşü olduğu görülmektedir.

4.7.3 Örnek kradye radye temel örneği

4.7.3.1 Kradye örneğinin Sfop yazılımında analizi

Kradye örneğinin Sfop yazılımında analiz sonuçları Çizelge 4.44’de görülmektedir.

Çizelge 4.44. Kradye örneğinin Sfop yazılımında analiz sonuçları

Beton:

Birim Maliyet:200,00 TL/m³

Hacim:409,60 m³

Beton maliyeti:81.920,00 TL

Çelik:

Çelik hacmi-x yönü:0,0480 m³

Çelik hacmi-y yönü:0,0240 m³

Toplam Çelik Ağırlığı:630

Birim Maliyet:2,50 TL/kg

Çelik maliyeti:1.575,00 TL

Toplam Maliyet:83.495,00 TL

Kradye örneğinin Sfop yazılımında analiz sonuçları detaylı olarak Çizelge 7.21’de gösterilmektedir.

4.7.3.2 Kradye örneğinin Sfop yazılımında arı kolonisi yöntemi ile optimizasyonu

Kradye örneğinin Sfop yazılımında arı kolonisi yöntemi ile optimizasyon sonuçları Çizelge 4.45’de görülmektedir.

Çizelge 4.45. Kradye örneğinin Sfop yazılımında arı kolonisi yöntemi ile optimizasyon sonuçları

Beton:
Birim Maliyet:200,00 TL/m ³
Hacim:179,20 m ³
Beton maliyeti:35.840,00 TL
Çelik:
Çelik hacmi-x yönü:0,0832 m ³
Çelik hacmi-y yönü:0,0185 m ³
Toplam Çelik Ağırlığı:890,04199654755
Birim Maliyet:2,50 TL/kg
Çelik maliyeti:2.225,10 TL
Toplam Maliyet:38.065,10 TL

Kradye örneğinin Sfop yazılımında arı kolonisi yöntemi ile optimizasyon sonuçları detaylı olarak Çizelge 7.22’de gösterilmektedir.

4.7.3.3 Kradye örneğinin Sfop yazılımında bio-coğrafya yöntemi ile optimizasyonu

Kradye örneğinin Sfop yazılımında bio-coğrafya yöntemi ile optimizasyon sonuçları Çizelge 4.46’da görülmektedir.

Çizelge 4.46. Kradye örneğinin Sfop yazılımında bio-coğrafya yöntemi ile optimizasyon sonuçları

Beton:
Birim Maliyet:200,00 TL/m ³
Hacim:179,20 m ³

Beton maliyeti:35.840,00 TL

Çelik:

Çelik hacmi-x yönü:0,0832 m³

Çelik hacmi-y yönü:0,0185 m³

Toplam Çelik Ağırlığı:890,04199654755

Birim Maliyet:2,50 TL/kg

Çelik maliyeti:2.225,10 TL

Toplam Maliyet:38.065,10 TL

Kradye örneğinin Sfop yazılımında bio-coğrafya yöntemi ile optimizasyon sonuçları detaylı olarak Çizelge 7.23’de gösterilmektedir.

4.7.3.4 Kradye örneğinin Sfop yazılımında arama-grup yöntemi ile optimizasyonu

Kradye örneğinin Sfop yazılımında arama-grup yöntemi ile optimizasyon sonuçları Çizelge 4.47’de görülmektedir.

Çizelge 4.47. Kradye örneğinin Sfop yazılımında arama-grup yöntemi ile optimizasyon sonuçları

Beton:

Birim Maliyet:200,00 TL/m³

Hacim:179,20 m³

Beton maliyeti:35.840,00 TL

Çelik:

Çelik hacmi-x yönü:0,0832 m³

Çelik hacmi-y yönü:0,0185 m³

Toplam Çelik Ağırlığı:890,04199654755

Birim Maliyet:2,50 TL/kg

Çelik maliyeti:2.225,10 TL

Toplam Maliyet:38.065,10 TL

Kradye örneğinin Sfop yazılımında arama-grup yöntemi ile optimizasyon sonuçları detaylı olarak Çizelge 7.24’de gösterilmektedir.

4.7.3.5 Kradye örneğinin analiz sonuçlarının kıyaslanması:

a-) STA4-CAD Yazılımında yapılan analiz sonucu Toplam Maliyet:56.020 TL. dir.

b-) Sfop Yazılımında yapılan normal (optimizasyon yapılmadan) analiz sonucu

Toplam Maliyet:83.495 TL. dir.

c-) Sfop Yazılımında Arı Kolonisi yöntemi ile yapılan optimizasyon sonucu

Toplam Maliyet:38.065,10 TL. dir.

d-) Sfop Yazılımında Bio-Coğrafya yöntemi ile yapılan optimizasyon sonucu

Toplam Maliyet:38.065,10 TL. dir.

e-) Sfop Yazılımında Arama-Grup yöntemi ile yapılan optimizasyon sonucu

Toplam Maliyet:38.065,10 TL. dir.

Kradye örneğinin Sfop Yazılımında yapılan analiz sonuçları Çizelge 4.48’de görülmektedir.

Çizelge 4.48. Kradye örneğinin Sfop Yazılımında yapılan analiz sonuçları

Kradye Radye Temel Örneği	Plak Kalınlığı (cm)	Çelik Maliyeti	Beton Maliyeti	Toplam Maliyet
Sfop Yazılımında Opt. Yapılmadan analizi	80	1.575 TL	81.920 TL	83.495 TL
Sfop yazılımında Arı Kolonisi yön.	35	2.225,10 TL	35.840 TL	38.065,10 TL

**İle
optimizasyonu**

Sfop yazılımında Bio-Coğrafya yön. İle optimizasyonu	35	2.225,10 TL	35.840 TL	38.065,10 TL
---	----	-------------	-----------	--------------

Sfop yazılımında Arama-Grup yön. İle optimizasyonu	35	2.225,10 TL	35.840 TL	38.065,10 TL
---	----	-------------	-----------	--------------

Kradye örneğinin Sfop Yazılımında yapılan optimizasyon sonuçları ile, STA4-CAD yazılımında yapılan analiz sonuçları kıyaslandığında; STA4-CAD yazılımı sonuç maliyeti değeri 56.020 TL. ile Sfop yazılımında yapılan optimizasyon sonucu bulunan maliyet 38.065,10 TL. arasında %32 oranında bir maliyet düşüşü olduğu görülmektedir.



5. SONUÇLAR

İhtiyaçların arttığı buna karşın kaynakların azaldığı çağımızda mühendislik projeleri de dahil hayatın her alanında maksimum fayda minimum maliyet elde etmenin önemi her geçen gün artmaktadır. Bu nedenle optimum çözümü bulmak, optimizasyon yapmak mühendislik proje çözümlerinin başlıca amacı olmuştur. Optimum sonuca ulaşmak amacıyla yapılması gereken iterasyon sayısının fazla oluşu, optimizasyon analizinin bilgisayar ortamında yapılabilir olmasına neden olmuştur. Dolayısıyla bilgisayar ortamında optimizasyon yazılımlarının oluşturulması gerek ve ihtiyaç haline gelmiştir. Bu çalışmada yüzeysel temellerin betonarme hesabında optimum sonucu elde etmek için optimizasyon yapan bir yazılım oluşturulmuştur. Optimizasyonu yapılması ve kıyaslama yapılması amacıyla hayata geçmiş gerçek projelerden alınan ve STA4-CAD yazılımında analizi yapılan 3 tekil temel, 3 sürekli temel ve 3 radye temel örneği kullanılmıştır. Oluşturulan optimizasyon yazılımları YTOP (TS500) ve SFOP (ACI 318-14) ile bu yüzeysel temel örnekleri analiz edilerek optimizasyon sonuçları elde edilmiştir. Optimizasyon analizlerinde meta-sezgisel yöntemlerden, Yapay arı kolonisi, Bio-coğrafya ve Arama grup yöntemleri her örnek için ayrı ayrı kullanılmıştır.

YTOP yazılımında yapılan optimizasyon analizleri sonucunda optimize yapılmamış analiz sonuçları ile kıyaslandığında tekil temel örnekleri üzerinde; T5 tekil temeli için %42, T6 tekil temeli için %63, T2 tekil temeli için %75 oranında, sürekli temel örnekleri; T1 sürekli temeli için %47, T2 sürekli temeli için %25, T3 sürekli temeli için %27 oranında maliyet düşüşü sağlanırken, radye temel örnekleri; Tayfun&Burak radye temeli için %72, D3 radye temeli için %60, Kradye radye temeli için %48 oranlarında maliyet düşüşü sağlanmıştır.

TS500 standartlarına göre oluşturduğumuz YTOP yazılımı ile yapılan optimizasyon analiz sonuçları ile kıyaslama yapabilmek amacıyla Amerikan şartnamesi ACI 318-14 göre oluşturduğumuz SFOP optimizasyon yazılımı ile aynı yüzeysel temel örnekleri üç farklı meta-sezgisel optimizasyon yöntemi (YAK, BO, AG) ile her örnek için ayrı ayrı olmak üzere optimizasyon analizleri yapılmıştır. SFOP yazılımında yapılan optimizasyon analizleri sonucunda optimize yapılmamış analiz sonuçları ile kıyaslandığında tekil temel örnekleri üzerinde; T5 tekil temeli için %40, T6 tekil temeli için %69, T2 tekil temeli için %75 oranında, sürekli temel örnekleri; T1 sürekli temeli için %70 (YAK), %54 (BO, SGA), T2 sürekli temeli için %64 (YAK), %49 (BO, SGA), T3 sürekli temeli için %64 oranında maliyet düşüşü sağlanırken, radye temel örnekleri; Tayfun&Burak radye temeli için %63, D3 radye temeli için %31, Kradye radye temeli için %32 oranlarında maliyet düşüşü sağlanmıştır. YTOP ve SFOP yazılımlarında yapılan optimizasyon analizleri arasında küçük farklar olduğu ve sonuçların paralellik gösterdiği görülmüştür.

Oluşturulan optimizasyon yazılımları YTOP ve SFOP ile örnekler kullanılarak yapılan optimizasyon analizleri sonuçlarına bakılırsa, özellikle maliyetler açısından ciddi oranlarda düşüş sağlayan sonuçlara ulaşıldığı görülmektedir. Bu anlamda bu çalışmada oluşturulan optimizasyon yazılımları, yüzeysel temellerin betonarme çözümünde optimum sonuca ulaşarak maliyetlerde ciddi oranda tasarruf sağlayacak ve inşaat sektörüne ve ülke ekonomisine fayda sağlayacaktır.



6. KAYNAKLAR

ACI 318-14, American şartnamesi

Agrawal, S., Tiwari, M. K. 2008 A collaborative ant colony algorithm to stochastic mixedmodel U-shaped disassembly line balancing and sequencing problem, *International Journal of Production Research* 46 (6): 1405-1429.
disassembly line balancing, *International Journal of Production Research*, 46 (10): 2675-2693.

Aka, İ., Keskinel, F., Çili, F., Çelik, O. C. Betonarme, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2001.

Akay, B. 2009. Nümerik Optimizasyon Problemlerinde Yapay Arı Kolonisi (Artificial Bee Colony) Algoritmasının Performans Analizi. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 301s, Kayseri.

Akyol, S., and Alataş, B. 2012. Güncel sürü zekası optimizasyon algoritmaları. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 1(1).

Aladağ, Ç.H., Hocaoglu, G., 2007. A Tabu Search Algorithm To Solve A Course Timetabling Problem. *Hacettepe Journal of Mathematics and Statistics*, 36(1), 53-64.

Al-Ansari, M. S. (2013). Structural cost of optimized reinforced concrete isolated footing. *International Scholarly and Scientific Research&Innovation*, 7(4), 193-200.

Altekin, T. F., Kandiller, L., Özdemirel, N.E. 2008: Profit-oriented

Altekin, T. F., Akkan, C. 2012 Task failure driven rebalancing of disassembly lines, *International Journal of Production Research*, doi:10.1080/00207543.2011.616915, 2012.

Arthur H. N. Design of Concrete Structures, 12th Edition.

Assadollahi, A., & Camp, C. V. (2014). Minimization of CO₂ emissions for spread footings under biaxial uplift using a BigBang-BigBig Crunch algorithm. In ICSI 2014: Creating Infrastructure for a Sustainable World (pp.138-149).

Avikal, S., Jain, R., Mishra, P. K. 2013: A heuristic for U-Shaped disassembly line balancing problems, *International Journal of Mechanical Engineering*, Vol. 3, No. 1, Jan. 2013, pp 51-56.

- Aybars, U., Doğan, A., 2006: Ant System Algoritmasının Java İle Göreselleştirilmesi. Akademik Bilişim 2006, BilgiTek IV, Denizli.
- Aydoğdu, I. (2016), “Comparison of Metaheuristics on Multi Objective (Cost&CO₂) Optimization of RC Cantilever Retaining Walls” *Pamukkale Univ. Muh. Bilim Derg.* 1000 (1000), 0-0
- Aydoğdu, İ. 2017. Cost optimization of reinforced concrete cantilever retaining walls under seismic loading using a biogeography-based optimization algorithm with levy flights. *Engineering Optimization*, 49(3), 381-400.
- Aydoğdu, İ. and Akın, A. 2014. Optimum design of geodesic aluminum domes using firefly algorithm. *ACE 2014 11th International Congress On Advances In Civil Engineering*, 1-6.
- Aydoğdu, I. and Akın, A. 2015, Biogeography Based CO₂ and Cost Optimization of RC Cantilever Retaining Walls, World Academy of Science, Engineering Technology, Paris, France.
- Aydoğdu, İ. Çarbas, S., and Akın, A. 2017. Effect of levy flight on the discrete optimum design of steel skeletal structures using metaheuristics. *Steel and Composite Structures*, 24(1), 93-112.
- Aydoğdu İ. and Saka M. P. Ant colony optimization of irregular steel frames including elemental warping effect, *Advances in Engineering Software*, 44, 1, 150-169, 2012.
- Baydoğan, M.Ç., Tip imar yönetmeliğine uygun vaziyet planı üreten bir yapay zeka destek Sistemi-Doktora tezi
- Bector C. R., Chandra S. R. 2005: Fuzzy Mathematical Programming and Fuzzy Matrix Games, *studies in fuzziness and soft computing* volume 169.
- Ben-Tal, A. 1980: Characterization of Pareto and Lexicographic Optimal Solutions, Multiple Criteria Decision Making Theory and Application Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems Volume 177, pp 1-11
- Biroğul, S. 2005. Genetik Algoritma Yaklaşımıyla Atölye Çizelgeleme. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 95s, Ankara.
- Blum, C., Sampels, M., 2004. An Ant Colony Optimization Algorithm for Shop Scheduling Problems. *Journal of Mathematical Modelling and Algorithms*, 3, 285-308.

- Braja M. D. Principles of Foundation Engineering, 4th Edition.
- Brennan, L., Gupta, S. M. and Taleb, K. N. 1994: Operations planning issues in an assembly/disassembly environment, *International Journal of Operations and Production Management*, 14(9), 57±67.
- Burgoon E., J. Post-tensioned ribbed mat foundations on highly expansive soils B.S., Kansas State University, 2007
- Burke, E.K., Marecek, P., A.J. 2009. Decomposition, Reformulation, and Diving in University Course Timetabling. *Journal of Computers & Operations Research*, 582- 597.
- Camp, C. V., & Assadollahi, A. (2013). CO₂ abd cost optimization of reinforced concrete footings using a hybrid bigbang-big crunch algorithm. *Structural and Multi disciplinary Optimization*, 48 (2), 411-426
- Carbaş, S. (2016). Structural optimization of cold-formed steel frames to aisi-lrfd.
- Carraro, F., Lopez, R. H., & Miguel, L. F. F. 2017. Optimum design of planar steel frame using the Search Group Algorithm *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Science and Engineering*, 39(4), 1405-1418.
- Celep, Z., Kumbasar, N. Betonarme Yapılar, Sema Matbaacılık, İstanbul, 1996.
- Chang, C.-T. 2007: Binary fuzzy goal programming, *European Journal of Operational Research*, 180 (1): 29-37.
- Charnes, A., Cooper, W.W. 1961: Management model and industrial application of linear programming, *Wiley*, New York.
- Cheng, S., Qin, Q., Chen, J., and Shi, Y. 2016. Brain storm optimization algorithm: A review. *Artificial Intelligence Review*, 46(4), 445-458.
- Coduto, D. P., Mollamahmutoğlu, M. ve Kayabalı, K. (2005), Temel Tasarımı: İlkeler ve Uygulamalar, Gazi Kitabevi.
- Daloğlu, A., and Aydın, Z. 1999. Kafes sistemlerin uygulamaya yönelik optimum tasarımı. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 5(1), 951-957.
- Dın 1054 – 1976, Temel Zemini – Temel Zemininin Güvenlik Yükleri, (Çeviren: S. Köseoğlu), Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Bülteni, No. 81, Ankara, 1984. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Fakültesi.
- Ding, L.P., Chen, W. L., Feng, Y.X. 2010a: Multi objective disassembly line balancing via modified ant colony optimization algorithm, *IEEE*, 2010 48 (5-8), 761-771.
- Ding, L.P., Feng, Y.X., Tan, J.R., Gao, Y.C. 2010b: A new multi objective ant

- colony algorithm for solving the disassembly line balancing problem, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 48 (5-8), 761-771. 73
- Dorigo, M., Di Caro, G., Gambardella, L.M. 1998, Ant Algorithms for Discrete Optimization *Journal of Artificial Intelligence Research.*, 5(2), 137-172.
- Duan, H., and Li, C. 2015. Quantum-behaved brain storm optimization approach to solving loney's solenoid problem. *IEEE Transactions on Magnetics*, 51(1), 1-7.
- Duflou, J.R., Seliger, G., Kara, S., Umeda, Y., Ometto, A., Willems, B. 2008: Efficiency and feasibility of product disassembly: A case-based study, *Manufacturing Technology* 57, 583-600.
- Duta, L., Filip, F.G., Henrioud, J.M. 2005: Applying equal piles approach to disassembly line balancing problem, *Proceedings IFAC World Congress*, Prague.
- Edward G. N. Reinforced Concrete.
- Ersoy, U. Yönetmeliklerdeki Taşıma Gücü Yöntemleri
- Ersoy, U. Betonarme Döşeme ve Temeller, Evrim Yayınevi, Ankara, 1995.
- Eser, C. 2014. Optimum design of steel structures via artificial bee colony (abc) algorithm and sap2000. *Middle East Technical University*.
- Ferrer, G. 1997: The economics of personal computer manufacturing, *Resources, Conservation and Recycling*, 21 (2): 79-108.
- Fleischmann, M., Boemhof-Ruwaard, J. M., Dekker, R., Van Der Laan E., Van Nunen, J. A. E. E., Van Wassenhove, L. N. 1997: Quantitative models for reverse logistics: a review. *European Journal of Operational Research* 103:1-17.
- Gandomi, A. H., Yang, X.-S., Talatahari, S., and Alavi, A. H. 2013. *Metaheuristic applications in structures and infrastructures*: Newnes.
- Gen, M., Tsujimura, Y., Li, Y. 1996: Fuzzy assembly line balancing using genetic algorithms, *Computers & Industrial Engineering* 31 (3-4), 631-634.
- Goncalves, M. S., vd. 2015 "Search group algorithm: A new metaheuristic method for the optimization of truss structures". *Computers & Structures*, 153, 165-184.
- Gülcü, A. 2006. Yapay Zeka Tekniklerinden Genetik Algoritma ve Tabu Arama

- Yöntemlerinin Eğitim Kurumlarının Haftalık Ders Programlarının Hazırlanmasında Kullanımı. Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 67s, İstanbul.
- Güney, K., Durmuş, A., Grup Arama Algoritması İle Dizi Elemanlarının Genliklerini Belirleyerek İstenilen Açılarda Sıfırlara Sahip Lineer Anten Dizi Sentezi
- Güngör, A., Gupta, S. M. 1998: Disassembly Sequence Planning for Products with Defective Parts in Product Recovery, *Computers and Industrial Engineering*, Cilt: 35, Sayı: 1-2, pp. 161-164.
- Grandhi, R. 1993. Structural optimization with frequency constraints- a review. *AIAA journal*, 31(12), 2296-2303.
- Gruter C., Farina M. 2009. The Honeybee Waggle Dance: Can We Follow The Steps?. *Trends in Ecology & Evolution* , 24(5), 242-247.
- Hasançebi, O., Çarba, S., Dogan E., Erdal F., Saka M.P. (2009) Performance evaluation of metaheuristic search techniques in the optimum design of real size pin jointed structures. *Comput Struct*
- Hasançebi, O. And Çarbaş, S., Ant Colony Search Method in Practical Structural Optimization, "International Journal of Optimization in Civil Engineering", 1, (2011), p.91-105.
- Hasançebi, O., and Azad, S. K. 2012. Discrete size optimization of steel trusses using a refined big bang–big crunch algorithm. *Engineering Optimization*, 46(1), 61-83.
- Hasançebi, O., and Çarbaş, S. 2011. Ant colony search method in practical structural optimization.
- Hasançebi, O., Çarbaş, S., Doğan, E., Erdal, F., and Saka, M. 2009. Performance evaluation of metaheuristic search techniques in the optimum design of real size pin jointed structures. *Computers & Structures*, 87(5), 284-302.
- Hasançebi, O., Çarbaş, S., and Saka, M. 2011. Paper 12 a reformulation of the ant colony optimization algorithm for large scale structural optimization.
- İnaç, T. 2014. *Bbo algoritmasının optimizasyon başarımının İncelenmesi*.
- Jalili, S., Hosseinzadeh, Y., and Kaveh, A. 2014. Chaotic biogeography algorithm for size and shape optimization of truss structures with frequency constraints. *Periodica Polytechnica. Civil Engineering*, 58(4), 397.

- Jones, K., and Turcotte, J. 2002. Finite element model updating using antiresonant frequencies. *Journal of Sound and Vibration*, 252(4), 717-727.
- Joseph E. B. Foundation Analysis and Design, 4th Edition.
- Karaboga, D. 2005. An Idea Based On Honey Bee Swarm For Numerical Optimization. Technical Report-TR06, Erciyes University Engineering Faculty Computer Engineering Department, Kayseri.
- Karaboga, D. And Basturk, B. 2006. An Artificial Bee Colony (ABC) Algorithm for Numeric Function Optimization, *IEEE Swarm Intelligence Symposium*, Indianapolis, USA, 20: 159-165.
- Karaboga, D. and Basturk, B. 2007. Artificial Bee Colony (ABC) Optimization Algorithm for Solving Constrained Optimization Problems, LNCS, Advances in Soft Computing: Foundations of Fuzzy Logic and Soft Computing, Springer-Verlag, IFSA, 29: 789-798.
- Karaboğa, D., and Baştürk, B. 2008. On the performance of artificial bee colony (abc) algorithm. *Applied Soft Computing*, 8(1), 687-697.
- Karaboga, D. And Akay, B. 2011. A Modified Artificial Bee Colony (ABC) Algorithm for Constrained Optimization Problems, *Applied Soft Computing*, 11: 3021-3031.
- Karaboga, D. and Gorkemli, B. 2014. A Comprehensive Survey: Artificial Bee Colony (ABC) Algorithm and Applications, *Artificial Intelligence Review*, 42(1): 21-57.
- Khajezadeh, M., Taha, M. R., & Eslami, M. (2013). A new hybrid firefly algorithm for foundation optimization. *National Academy Science Letters*, 36(3), 279-288.
- Kharagpur, Foundations - Theory and Design Version 2 CE IIT, S. He, *Member*, *IEEE*, Q. H. Wu, *IEEE*, *Senior Member*, and J. R. Saunders)
- Kooistra, G. W., Deshpande, V. S., and Wadley, H. N. 2004. Compressive behavior of age hardenable tetrahedral lattice truss structures made from aluminium. *Acta Materialia*, 52(14), 4229-4237.
- Kopsaftopoulos, F., and Fassois, S. 201. Vibration based health monitoring for a lightweight truss structure: Experimental assessment of several statistical time series methods. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 24(7), 1977-1997.
- Köseoğlu, S. Temeller Statiği ve Konstruksiyonu, Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul, 1986.

Kumbasar, V. ve Kip, F. (1999), Zemin mekaniği problemleri, Çağlayan Kitabevi.
Leonard, S., and George, F. L. Reinforced Concrete Design, 4th Edition.

Lingyun, W., Mei, Z., Guangming, W., and Guang, M. 2005. Truss optimization on shape and sizing with frequency constraints based on genetic algorithm. *Computational Mechanics*, 35(5), 361-368.

Loser, B. Betonarme Hesap Metotları, (Çeviren: Y. Berdan), Güven Kitabevi, Ankara, 1972.

Mahmoud, H. Design of Mat or Raft Foundation

Mirza, A., Brant, W. Footing Design

Muhauwiss, F.M. Foundation Engineering-Structural Design of Footings (Chapter 6)

Munk, D. J., Vio, G. A., and Steven, G. P. 2015. Topology and shape optimization methods using evolutionary algorithms: A review. *Structural and Multidisciplinary Optimization*, 52(3), 613-631.

Noorbin, S. F. E. H., & Alfi, A. 2018. Adaptive parameter control of search group algorithm using fuzzy logic applied to networked control systems. *Soft Computing*, 22(23), 7939-7960.

Özer S. (2013), Yapay Arı Kolonisi Algoritması Kullanılarak Çelik Çerçevelerin Optimum Tasarımı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray Üniversitesi.

Özsağlam, M.Y. 2009. Parçacık Sürü Optimizasyonu Algoritmasının Gezgin Satıcı Problemine Uygulanması ve Performansının İncelenmesi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 119s, Konya.

Patnaik, S. N., Coroneos, R. M., Gupta, J. D., and Hopkins, D. A. 1996. Comparative evaluation of different optimization algorithms for structural design applications.

Perez, R., & Behdinan, K. (2007). Particle swarm approach for structural design optimization. *Computers & Structures*, 85(19), 1579-1588.

Qaisa, A. Design of Wall and Column Footings

Queheillalt, D. T., Murty, Y., and Wadley, H. N. 2008. Mechanical properties of an extruded pyramidal lattice truss sandwich structure. *Scripta Materialia*, 58(1), 76-79.

- Rajarm, S. P., & Selvaperumal, S. 2016. Evaluation of steady state votage stability margin of a power system using search group algorithm. *Journal of Computational Theoretical Nanoscience*, 13(11), 8326-8332.
- Saka, M., Carbas, S., Aydoğdu, İ., Akin, A., and Geem, Z. 2015. Comparative study on recent metaheuristic algorithms in design optimization of cold-formed steel structures *Engineering and applied sciences optimization* (pp. 145-173): Springer.
- Saka, M., and Ülker, M. 1992. Optimum design of geometrically nonlinear space trusses. *Computers & Structures*, 42(3), 289-299.
- Sevim, Ö., and Sönmez, M. 201. Geliştirilmiş yapay ari koloni algoritması İle kafes ve düzlemsel çelik yapıların optimum tasarımı. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 3(2), 38-51.
- Shi, Y. 2011. *Brain storm optimization algorithm*. Paper presented at the International Conference in Swarm Intelligence.
- Sönmez, M. 2011. Discrete optimum design of truss structures using artificial bee colony algorithm. *Structural and Multidisciplinary Optimization*, 43(1), 85-97.
- Stolpe, M. 2016. Truss optimization with discrete design variables: A critical review. *Structural and Multidisciplinary Optimization*, 53(2), 349-374.
- Tereshko, V., Loengarov, A. 2005. Collective decision making in honey-bee foraging dynamics. *Computing and Informaton Systems*, 9(3), 1-7.
- Tokmak, M. 2011. Yapay Arı Kolonisi Algoritması ile Ders Çizelgeleme Probleminin Çözümü. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 62s, Isparta.
- Topçu, A. Visual Basic 6Görsel Programlama Dili, Eskişehir, 1999.
- Algoritma Geliştirme ve Veri Yapıları Pusula Yayıncılık, ISBN:9756477878, 3. Baskı, Kasım. 2009
- Trupia, A., Saygun, A. Betonarme Yüzeysel Temeller, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 2009.
- TS500, Türk şartnamesi
- Tuncan, A. Yüzeysel Temeller
- Uzuner, B. A. 2001. *Çözümlü Problemlerle Temel Zemin Mekaniği*: Teknik Yayınevi, Ankara.

- Uzuner, B.A. 2000. *Temel Mühendisliğine Giriş*: Derya Kitabevi, Trabzon.
- Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, Mart 2007.
- Valley, M. Foundation analysis and design
- Wallach, J., and Gibson, L. 2001. Mechanical behavior of a three-dimensional truss material. *International Journal of Solids and Structures*, 38(40), 7181-7196.
- Wang, D., Zhang, W., and Jiang, J. 2004. Truss optimization on shape and sizing with frequency constraints. *AIAA journal*, 42(3), 622-630.
- Williams, H. P. 1999. *Model building in mathematical programming*, New York: Wiley
- Yiğit, T. 2006. Meslek Liseleri Haftalık Ders Çizelgelerinin Genetik Algoritmalar Yardımıyla Oluşturulması. Gazi Üniversitesi Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi, 19, 25-39.



7. EKLER

Çizelge 7.1. Tayfun&Burak Örneğinin Ytop Yazılımında Analizi:

Temel Özellikleri

Temel boyutları:13,00; 17,25

Yatak Katsayısı (kN/m³):14709,98

Kolon Sayısı:28

Kolondaki eksenel yük: 496.471473005281

Kolondaki moment-x: 0.568785711577178

Kolondaki moment-y: 0

Kolon boyutları: 0.35; 0.75

Malzeme Özellikleri

f_{yd} (kPa):220000,000

f_{cd} (kPa):20000,000

f_{ctd} (kPa):1266,667

E_c:32000000,000

Temel kalınlığı alt/üst değerleri: 0,250m/ 1,000m

Eğilme donatısı min./maks değerleri: 0,000mm²/ 19000,000mm²

Optimizasyon Yapılmadı

Tasarım Ayrıntıları

Analiz Sonuçları

Maksimum gerilme (kPa)=70,409

Maksimum moment-x (kN-m)=96,494

Maksimum moment-y (kN-m)=146,822

kesme K. maksimum dan d mesafede (kN)=153,006

ortalama Zemin gerimesi (kPa)=68,504

Zemin Emniyet Gerilme Kontrolü

Zemin emniyet gerilmesi (kPa): 196,133

Maksimum gerilme (kPa): 70,409

Oran: 0,359

Kesme Kontrolü

Kritik Kesme K.(Vcr) (kN): 617,500

Yüzeydeki Kesme K.(Vd) (kN): 153,006

Oran: 0,248

Zımbalama Kontrolü

Zımbalama çevresi boyutları (b1, b2) (m): 1,100, 1,500

Zımbalama çevresi Alanı ve çevresi : 1,650m², 5,200m

gama: 1,000

Zımbama Dayanımı(Vpr) (kN): 4939,773

Zımbama Kesme K.(Vpd) (kN): 383,440

Oran: 0,078

Eğilme Kontrolü

x eksen:

Moment (MPa): 96493720,046

fcd (MPa): 20,000

fyd (MPa): 220,000

genişlik(bw) (mm): 1000,000

Etkili derinlik(d) (mm): 750,000

Paspayı(d') (mm): 50,000

k1: 0,850

Çekme donatı oranı: 0,002

Basınç donatı oranı: 0,002

Eğilme donatı oranı: 0,048

Basınç donatı oranı 0.5rob'den küçük olamaz

Yeni Basınç donatı oranı: 0,024

Basınç donatı Alanı (mm²): 18022,450

Çekme donatısı basınç donatısından az olamaz

Yeni çekme donatı Alanı (mm²): 18022,450

Yeni çekme donatı oranı: 0,024

basınç böl. moment eğrilği km1: 4,462

Basınç dinatısı momenti (N-mm): 2509942395,012

M1>Md olduğu için basınç donatısına ihtiyaç yoktur

Basınç donatı Alanı (mm²): 0,000

çekme donatı Alanı (mm²): 587,791

Çekme donatı alanı minimumdan küçük olamaz

çekme donatı Alanı (mm^2): 1500,000

Y eksen:

Moment (MPa): 146821949,164

fcd (MPa): 20,000

fyd (MPa): 220,000

genişlik(bw) (mm): 1000,000

Etkili derinlik(d) (mm): 750,000

Paspayı(d') (mm): 50,000

k1: 0,850

Çekme donatı oranı: 0,002

Basınç donatı oranı: 0,002

Eğilme donatı oranı: 0,048

Basınç donatı oranı 0.5rob'den küçük olamaz

Yeni Basınç donatı oranı: 0,024

Basınç donatı Alanı (mm^2): 18022,450

Çekme donatısı basınç donatısından az olamaz

Yeni çekme donatı Alanı (mm^2): 18022,450

Yeni çekme donatı oranı: 0,024

basınç böl. moment eğrilgi km1: 4,462

Basınç dınatısı momenti (N-mm): 2509942395,012

M1>Md olduğu için basınç donatısına ihtiyaç yoktur

Basınç donatı Alanı (mm²): 0,000

çekme donatı Alanı (mm²): 896,768

Çekme donatı alanı minimumdan küçük olamaz

çekme donatı Alanı (mm²): 1500,000

Maliyet hesabı

Beton:

Birim Maliyet:200,00 TL/m³

Hacim:179,40m³

Beton maliyeti:35.880,00TL

Çelik:

Çelik hacmi-x yönü:0,0195m³

Çelik hacmi-y yönü:0,0259m³

Toplam Çelik Ağırlığı:397,03125

Birim Maliyet:2,50 TL/kg

Çelik maliyeti:992,58TL

Toplam Maliyet:36.872,58TL

Ceza:0,00

Çizelge 7.2. Tayfun&Burak Örneğinin Ytop yazılımında Arı Kolonisi Yöntemi ile Optimizasyonu:

Temel Özellikleri

Temel boyutları:13,00; 17,25

Yatak Katsayısı (kN/m³):14709,98

Kolon Sayısı:28

Kolondaki eksenel yük: 496.471473005281

Kolondaki moment-x: 0.568785711577178

Kolondaki moment-y: 0

Kolon boyutları: 0.35; 0.75

Malzeme Özellikleri

f_{yd} (kPa):220000,000

f_{cd} (kPa):20000,000

f_{ctd} (kPa):1266,667

E_c:32000000,000

Temel kalınlığı alt/üst değerleri: 0,250m/ 1,000m

Eğilme donatısı min./maks değerleri: 0,000mm²/ 19000,000mm²

Optimizasyon Yöntemi: Yapay arı kolonisi

Optimizasyon parametreleri

Koloni sayısı:20

Tasarım değişkeni sayısı: 5

Yiyecek limiti: 150

Maksimum tekrar sayısı:850

Arama Geçmişi

Tekrar sayısı, En iyi Maliyet

2, 36872.578125

4, 13323.9963987821

En iyi Tasarım

Temel kalınlığı (m) 0.25

Çekme donatısı-x (mm^2): 2380

Çekme donatısı-y (mm^2): 3810

Basınç donatısı-x (mm^2): 0

Basınç donatısı-y (mm^2): 0

Tasarım Ayrıntıları

Analiz Sonuçları

Maksimum gerilme (kPa)=70,409

Maksimum moment-x (kN-m)=96,494

Maksimum moment-y (kN-m)=146,822

kesme K. maksimum dan d mesafede (kN)=153,006

ortalama Zemin gerimesi (kPa)=68,504

Zemin Emniyet Gerilme Kontrolü

Zemin emniyet gerilmesi (kPa): 196,133

Maksimum gerilme (kPa): 70,409

Oran: 0,359

Kesme Kontrolü

Kritik Kesme K.(Vcr) (kN): 164,667

Yüzeydeki Kesme K.(Vd) (kN): 153,006

Oran: 0,929

Zımbalama Kontrolü

Zımbalama çevresi boyutları (b1, b2) (m): 0,550, 0,950

Zımbalama çevresi Alanı ve çevresi : 0,522m², 3,000m

gama: 1,000

Zımbama Dayanımı(Vpr) (kN): 759,965

Zımbama Kesme K.(Vpd) (kN): 460,678

Oran: 0,606

Eğilme Kontrolü

x eksen:

Moment (MPa): 96493720,047

fcd (MPa): 20,000

fyd (MPa): 220,000

genişlik(bw) (mm): 1000,000

Etkili derinlik(d) (mm): 200,000

Paspayı(d') (mm): 50,000

k1: 0,850

Çekme donatı oranı: 0,012

Basınç donatı oranı: 0,000

Eğilme donatı oranı: 0,048

Basınç donatı oranı 0.5rob'den küçük olamaz

Yeni Basınç donatı oranı: 0,024

Basınç donatı Alanı (mm²): 4805,987

Çekme donatısı basınç donatısından az olamaz

Yeni çekme donatı Alanı (mm²): 4805,987

Yeni çekme donatı oranı: 0,024

basınç böl. moment eğrilği km1: 4,462

Basınç dinatısı momenti (N-mm): 178484792,534

M1>Md olduğu için basınç donatısına ihtiyaç yoktur

Basınç donatı Alanı (mm²): 0,000

çekme donatı Alanı (mm²): 2375,626

Y eksen:

Moment (MPa): 146821949,166

fcd (MPa): 20,000

fyd (MPa): 220,000

genişlik(bw) (mm): 1000,000

Etkili derinlik(d) (mm): 200,000

Paspayı(d') (mm): 50,000

k1: 0,850

Çekme donatı oranı: 0,019

Basınç donatı oranı: 0,000

Eğilme donatı oranı: 0,048

Basınç donatı oranı 0.5rob'den küçük olamaz

Yeni Basınç donatı oranı: 0,024

Basınç donatı Alanı (mm²): 4805,987

Çekme donatısı basınç donatısından az olamaz

Yeni çekme donatı Alanı (mm²): 4805,987

Yeni çekme donatı oranı: 0,024

basınç böl. moment eğrilgi km1: 4,462

Basınç dınatısı momenti (N-mm): 178484792,534

M1>Md olduğu için basınç donatısına ihtiyaç yoktur

Basınç donatı Alanı (mm²): 0,000

çekme donatı Alanı (mm²): 3805,357

Maliyet hesabı

Beton:

Birim Maliyet:200,00 TL/m³

Hacim:56,06m³

Beton maliyeti:11.212,50TL

Çelik:

Çelik hacmi-x yönü:0,0309m³

Çelik hacmi-y yönü:0,0656m³

Toplam Çelik Ağırlığı:844,598559525218

Birim Maliyet:2,50 TL/kg

Çelik maliyeti:2.111,50TL

Toplam Maliyet:13.324,00TL

Ceza:0,00

Çizelge 7.3. Tayfun&Burak Örneğinin Ytop yazılımının Bio-Coğrafya Yöntemi ile Optimizasyonu:

Temel Özellikleri

Temel boyutları:13,00; 17,25

Yatak Katsayısı (kN/m³):14709,98

Kolon Sayısı:28

Kolondaki eksenel yük: 496.471473005281

Kolondaki moment-x: 0.568785711577178

Kolondaki moment-y: 0

Kolon boyutları: 0.35; 0.75

Malzeme Özellikleri

f_{yd} (kPa):220000,000

f_{cd} (kPa):20000,000

f_{ctd} (kPa):1266,667

E_c:32000000,000

Temel kalınlığı alt/üst değerleri: 0,250m/ 1,000m

Eğilme donatısı min./maks değerleri: $0,000\text{mm}^2 / 19000,000\text{mm}^2$

Optimizasyon Yöntemi: Bio-coğrafya

Optimizasyon parametreleri

Habitat sayısı:50

Tasarım değişkeni sayısı:5

Mutasyon Oranı:0,01

Maksimum tekrar sayısı:850

Arama Geçmişi

Tekrar sayısı, En iyi Maliyet

0, 36872.578125

0, 13323.9963987821

En iyi Tasarım

Temel kalınlığı (m) 0.25

Çekme donatısı-x (mm^2): 2380

Çekme donatısı-y (mm^2): 3810

Basınç donatısı-x (mm^2): 0

Basınç donatısı-y (mm^2): 0

Analiz Sonuçları

Maksimum gerilme (kPa)=70,409

Maksimum moment-x (kN-m)=96,494

Maksimum moment-y (kN-m)=146,822

kesme K. maksimum dan d mesafede (kN)=153,006

ortalama Zemin gerimesi (kPa)=68,504

Zemin Emniyet Gerilme Kontrolü

Zemin emniyet gerilmesi (kPa): 196,133

Maksimum gerilme (kPa): 70,409

Oran: 0,359

Kesme Kontrolü

Kritik Kesme K.(Vcr) (kN): 164,667

Yüzeydeki Kesme K.(Vd) (kN): 153,006

Oran: 0,929

Zımbalama Kontrolü

Zımbalama çevresi boyutları (b1, b2) (m): 0,550, 0,950

Zımbalama çevresi Alanı ve çevresi : 0,522m², 3,000m

gama: 1,000

Zımbama Dayanımı(Vpr) (kN): 759,965

Zımbama Kesme K.(Vpd) (kN): 460,678

Oran: 0,606

Eğilme Kontrolü

x eksen:

Moment (MPa): 96493720,047

fcd (MPa): 20,000

f_{yd} (MPa): 220,000

genişlik(b_w) (mm): 1000,000

Etkili derinlik(d) (mm): 200,000

Paspayı(d') (mm): 50,000

k_1 : 0,850

Çekme donatı oranı: 0,012

Basınç donatı oranı: 0,000

Eğilme donatı oranı: 0,048

Basınç donatı oranı 0.5rob'den küçük olamaz

Yeni Basınç donatı oranı: 0,024

Basınç donatı Alanı (mm^2): 4805,987

Çekme donatısı basınç donatısından az olamaz

Yeni çekme donatı Alanı (mm^2): 4805,987

Yeni çekme donatı oranı: 0,024

basınç böl. moment eğrilği k_{m1} : 4,462

Basınç dınatısı momenti (N-mm): 178484792,534

$M_1 > M_d$ olduğu için basınç donatısına ihtiyaç yoktur

Basınç donatı Alanı (mm^2): 0,000

çekme donatı Alanı (mm^2): 2375,626

Y eksen:

Moment (MPa): 146821949,166

f_{cd} (MPa): 20,000

f_{yd} (MPa): 220,000

genişlik(b_w) (mm): 1000,000

Etkili derinlik(d) (mm): 200,000

Paspayı(d') (mm): 50,000

k_1 : 0,850

Çekme donatı oranı: 0,019

Basınç donatı oranı: 0,000

Eğilme donatı oranı: 0,048

Basınç donatı oranı 0.5 $\rho_{b'}$ 'den küçük olamaz

Yeni Basınç donatı oranı: 0,024

Basınç donatı Alanı (mm^2): 4805,987

Çekme donatısı basınç donatısından az olamaz

Yeni çekme donatı Alanı (mm^2): 4805,987

Yeni çekme donatı oranı: 0,024

basınç böl. moment eğrilği k_m : 4,462

Basınç donatısı momenti (N-mm): 178484792,534

$M_1 > M_d$ olduğu için basınç donatısına ihtiyaç yoktur

Basınç donatı Alanı (mm^2): 0,000

çekme donatı Alanı (mm^2): 3805,357

Maliyet hesabı

Beton:

Birim Maliyet:200,00 TL/m³

Hacim:56,06m³

Beton maliyeti:11.212,50TL

Çelik:

Çelik hacmi-x yönü:0,0309m³

Çelik hacmi-y yönü:0,0656m³

Toplam Çelik Ağırlığı:844,598559525218

Birim Maliyet:2,50 TL/kg

Çelik maliyeti:2.111,50TL

Toplam Maliyet:13.324,00TL

Ceza:0,00

Çizelge 7.4. Tayfun&Burak Örneğinin Ytop yazılımında Arama-Grup Yöntemi ile Optimizasyonu:

Temel Özellikleri

Temel boyutları:13,00; 17,25

Yatak Katsayısı (kN/m³):14709,98

Kolon Sayısı:28

Kolondaki eksenel yük: 496.471473005281

Kolondaki moment-x: 0.568785711577178

Kolondaki moment-y: 0

Kolon boyutları: 0.35; 0.75

Malzeme Özellikleri

f_{yd} (kPa):220000,000

f_{cd} (kPa):20000,000

f_{ctd} (kPa):1266,667

E_c :32000000,000

Temel kalınlığı alt/üst değerleri: 0,250m/ 1,000m

Eğilme donatısı min./maks değerleri: 0,000mm²/ 19000,000mm²

Optimizasyon Yöntemi: Arama grup

Optimizasyon parametreleri

Habitat sayısı:50

Tasarım değişkeni sayısı:5

Alfa minimum:0,01

Alfa başlangıç:2,00

Arama Grup Oranı:0,10

Mutasyonlu Birey Sayısı:0

Maksimum tekrar sayısı:850

Arama Geçmişi

Tekrar sayısı, En iyi Maliyet

2, 34563.90625

4, 13323.9963987821

En iyi Tasarım

Temel kalınlığı (m) 0.25

Çekme donatısı-x (mm^2): 2380

Çekme donatısı-y (mm^2): 3810

Basınç donatısı-x (mm^2): 0

Basınç donatısı-y (mm^2): 0

Maksimum gerilme (kPa)=70,409

Maksimum moment-x (kN-m)=96,494

Maksimum moment-y (kN-m)=146,822

kesme K. maksimum dan d mesafede (kN)=153,006

ortalama Zemin gerimesi (kPa)=68,504

Zemin Emniyet Gerilme Kontrolü

Zemin emniyet gerilmesi (kPa): 196,133

Maksimum gerilme (kPa): 70,409

Oran: 0,359

Kesme Kontrolü

Kritik Kesme K.(Vcr) (kN): 164,667

Yüzeydeki Kesme K.(Vd) (kN): 153,006

Oran: 0,929

Zımbalama Kontrolü

Zımbalama çevresi boyutları (b1, b2) (m): 0,550, 0,950

Zımbalama çevresi Alanı ve çevresi : $0,522m^2$, 3,000m

gama: 1,000

Zımbama Dayanımı(V_{pr}) (kN): 759,965

Zımbama Kesme K. (V_{pd}) (kN): 460,678

Oran: 0,606

Eğilme Kontrolü

x eksen:

Moment (MPa): 96493720,046

fcd (MPa): 20,000

fyd (MPa): 220,000

genişlik(bw) (mm): 1000,000

Etkili derinlik(d) (mm): 200,000

Paspayı(d') (mm): 50,000

k1: 0,850

Çekme donatı oranı: 0,012

Basınç donatı oranı: 0,000

Eğilme donatı oranı: 0,048

Basınç donatı oranı 0.5rob'den küçük olamaz

Yeni Basınç donatı oranı: 0,024

Basınç donatı Alanı (mm^2): 4805,987

Çekme donatısı basınç donatısından az olamaz

Yeni çekme donatı Alanı (mm²): 4805,987

Yeni çekme donatı oranı: 0,024

basınç böl. moment eğrilgi km1: 4,462

Basınç dınatısı momenti (N-mm): 178484792,534

M1>Md olduğu için basınç donatısına ihtiyaç yoktur

Basınç donatı Alanı (mm²): 0,000

çekme donatı Alanı (mm²): 2375,626

Y eksenı:

Moment (MPa): 146821949,164

fcd (MPa): 20,000

fyd (MPa): 220,000

genişlik(bw) (mm): 1000,000

Etkili derinlik(d) (mm): 200,000

Paspayı(d') (mm): 50,000

k1: 0,850

Çekme donatı oranı: 0,019

Basınç donatı oranı: 0,000

Eğilme donatı oranı: 0,048

Basınç donatı oranı 0.5rob'den küçük olamaz

Yeni Basınç donatı oranı: 0,024

Basınç donatı Alanı (mm²): 4805,987

Çekme donatısı basınç donatısından az olamaz

Yeni çekme donatı Alanı (mm^2): 4805,987

Yeni çekme donatı oranı: 0,024

basınç böl. moment eğrilgi km^1 : 4,462

Basınç donatısı momenti (N-mm): 178484792,534

$M_1 > M_d$ olduğu için basınç donatısına ihtiyaç yoktur

Basınç donatı Alanı (mm^2): 0,000

çekme donatı Alanı (mm^2): 3805,357

Maliyet hesabı

Beton:

Birim Maliyet: 200,00 TL/ m^3

Hacim: 56,06 m^3

Beton maliyeti: 11.212,50 TL

Çelik:

Çelik hacmi-x yönü: 0,0309 m^3

Çelik hacmi-y yönü: 0,0656 m^3

Toplam Çelik Ağırlığı: 844,598559512827

Birim Maliyet: 2,50 TL/kg

Çelik maliyeti: 2.111,50 TL

Toplam Maliyet: 13.324,00 TL

Ceza: 0,00

Çizelge 7.5. SAP Yazılımında Modellenen D3 Örneğinin Ytop Yazılımında Analizi:

Temel Özellikleri

Temel boyutları:14,00; 6,00

Yatak Katsayısı (kN/m³):14709,98

Kolon Sayısı:11

Kolondaki eksenel yük: 470.738822881512

Kolondaki moment-x: 0

Kolondaki moment-y: 0.500139160179932

Kolon boyutları: 2.3; 0.2

Malzeme Özellikleri

fyd (kPa):220000,000

fcd (kPa):20000,000

fctd (kPa):1266,667

Ec:32000000,000

Temel kalınlığı alt/üst değerleri: 0,250m/ 1,000m

Eğilme donatısı min./maks değerleri: 0,000mm²/ 19000,000mm²

Optimizasyon Yapılmadı

Tasarım Ayrıntıları

Analiz Sonuçları

Maksimum gerilme (kPa)=45,634

Maksimum moment-x (kN-m)=53,084

Maksimum moment-y (kN-m)=41,686

kesme K. Maksimum dan d mesafede (kN)=283,239

ortalama Zemin gerimesi (kPa)=49,031

Zemin Emniyet Gerilme Kontrolü

Zemin emniyet gerilmesi (kPa): 196,133

Maksimum gerilme (kPa): 45,634

Oran: 0,233

Kesme Kontrolü

Kritik Kesme K.(Vcr) (kN): 617,500

Yüzeydeki Kesme K.(Vd) (kN): 283,239

Oran: 0,459

Zımbalama Kontrolü

Zımbalama çevresi boyutları (b1, b2) (m): 3,050, 0,950

Zımbalama çevresi Alanı ve çevresi : 2,898m², 8,000m

gama: 1,000

Zımbama Dayanımı(Vpr) (kN): 7599,471

Zımbama Kesme K.(Vpd) (kN): 328,670

Oran: 0,043

Eğilme Kontrolü

x eksen:

Moment (Mpa): 53083622,837

fcd (Mpa): 20,000

fyd (Mpa): 220,000

genişlik(bw) (mm): 1000,000

Etkili derinlik(d) (mm): 750,000

Paspayı(d') (mm): 50,000

k1: 0,850

Çekme donatı oranı: 0,002

Basınç donatı oranı: 0,002

Eğilme donatı oranı: 0,048

Basınç donatı oranı 0.5rob'den küçük olamaz

Yeni Basınç donatı oranı: 0,024

Basınç donatı Alanı (mm²): 18022,450

Çekme donatısı basınç donatısından az olamaz

Yeni çekme donatı Alanı (mm²): 18022,450

Yeni çekme donatı oranı: 0,024

basınç böl. Moment eğrilgi km1: 4,462

Basınç dınatısı momenti (N-mm): 2509942395,012

M1>Md olduğu için basınç donatısına ihtiyaç yoktur

Basınç donatı Alanı (mm²): 0,000

çekme donatı Alanı (mm²): 322,617

Çekme donatı alanı minimumdan küçük olamaz

çekme donatı Alanı (mm²): 1500,000

Y eksen:

Moment (Mpa): 41686397,361

fcd (Mpa): 20,000

fyd (Mpa): 220,000

genişlik(bw) (mm): 1000,000

Etkili derinlik(d) (mm): 750,000

Paspayı(d') (mm): 50,000

k1: 0,850

Çekme donatı oranı: 0,002

Basınç donatı oranı: 0,002

Eğilme donatı oranı: 0,048

Basınç donatı oranı 0.5rob'den küçük olamaz

Yeni Basınç donatı oranı: 0,024

Basınç donatı Alanı (mm²): 18022,450

Çekme donatısı basınç donatısından az olamaz

Yeni çekme donatı Alanı (mm²): 18022,450

Yeni çekme donatı oranı: 0,024

basınç böl. Moment eğrilği km1: 4,462

Basınç dınatısı momenti (N-mm): 2509942395,012

M1>Md olduğu için basınç donatısına ihtiyaç yoktur

Basınç donatı Alanı (mm²): 0,000

çekme donatı Alanı (mm²): 253,198

Çekme donatı alanı minimumdan küçük olamaz

çekme donatı Alanı (mm²): 1500,000

Maliyet hesabı

Beton:

Birim Maliyet:200,00 TL/m³

Hacim:67,20m³

Beton maliyeti:13.440,00TL

Çelik:

Çelik hacmi-x yönü:0,0210m³

Çelik hacmi-y yönü:0,0090m³

Toplam Çelik Ağırlığı:262,5

Birim Maliyet:2,50 TL/kg

Çelik maliyeti:656,25TL

Toplam Maliyet:14.096,25TL

Ceza:0,00

Çizelge 7.6. D3 Örneğinin Ytop yazılımının Arı Kolonisi Yöntemi ile Optimizasyonu:

Temel Özellikleri

Temel boyutları:14,00; 6,00

Yatak Katsayısı (kN/m³):14709,98

Kolon Sayısı:11

Kolondaki eksenel yük: 470.738822881512

Kolondaki moment-x: 0

Kolondaki moment-y: 0.500139160179932

Kolon boyutları: 2.3; 0.2

Malzeme Özellikleri

f_{yd} (kPa):220000,000

f_{cd} (kPa):20000,000

f_{ctd} (kPa):1266,667

E_c:32000000,000

Temel kalınlığı alt/üst değerleri: 0,250m/ 1,000m

Eğilme donatısı min./maks değerleri: 0,000mm²/ 19000,000mm²

Optimizasyon Yöntemi: Yapay arı kolonisi

Optimizasyon parametreleri**Koloni sayısı:20****Tasarım değişkeni sayısı: 5****Yiyecek limiti: 150****Maksimum tekrar sayısı:1000****Arama Geçmişi****Tekrar sayısı, En iyi Maliyet****2, 14096.25****6, 11445****7, 7910****9, 7026.25****En iyi Tasarım****Temel kalınlığı (m) 0.4****Çekme donatısı-x (mm²): 710****Çekme donatısı-y (mm²): 710****Basınç donatısı-x (mm²): 0****Basınç donatısı-y (mm²): 0****Tasarım Ayrıntıları****Analiz Sonuçları****Maksimum gerilme (kPa)=45,634****Maksimum moment-x (kN-m)=53,084****Maksimum moment-y (kN-m)=41,686****kesme K. Maksimum dan d mesafede (kN)=283,239****ortalama Zemin gerimesi (kPa)=49,031**

Zemin Emniyet Gerilme Kontrolü

Zemin emniyet gerilmesi (kPa): 196,133

Maksimum gerilme (kPa): 45,634

Oran: 0,233

Kesme Kontrolü

Kritik Kesme K.(Vcr) (kN): 288,167

Yüzeydeki Kesme K.(Vd) (kN): 283,239

Oran: 0,983

Zımbalama Kontrolü

Zımbalama çevresi boyutları (b1, b2) (m): 2,650, 0,550

Zımbalama çevresi Alanı ve çevresi : 1,458m², 6,400m

gama: 1,000

Zımbama Dayanımı(Vpr) (kN): 2837,136

Zımbama Kesme K.(Vpd) (kN): 399,276

Oran: 0,141

Eğilme Kontrolü

x eksen:

Moment (Mpa): 53083622,837

fcd (Mpa): 20,000

fyd (Mpa): 220,000

genişlik(bw) (mm): 1000,000

Etkili derinlik(d) (mm): 350,000

Paspayı(d') (mm): 50,000

k1: 0,850

Çekme donatı oranı: 0,002

Basınç donatı oranı: 0,000

Eğilme donatı oranı: 0,048

Basınç donatı oranı 0.5rob'den küçük olamaz

Yeni Basınç donatı oranı: 0,024

Basınç donatı Alanı (mm²): 8410,477

Çekme donatısı basınç donatısından az olamaz

Yeni çekme donatı Alanı (mm²): 8410,477

Yeni çekme donatı oranı: 0,024

basınç böl. Moment eğrilği km1: 4,462

Basınç donatısı momenti (N-mm): 546609677,136

M1>Md olduğu için basınç donatısına ihtiyaç yoktur

Basınç donatı Alanı (mm²): 0,000

çekme donatı Alanı (mm²): 698,416

Çekme donatı alanı minimumdan küçük olamaz

çekme donatı Alanı (mm²): 700,000

Y eksen:

Moment (Mpa): 41686397,361

fcd (Mpa): 20,000

fyd (Mpa): 220,000

genişlik(bw) (mm): 1000,000

Etkili derinlik(d) (mm): 350,000

Paspayı(d') (mm): 50,000

k1: 0,850

Çekme donatı oranı: 0,002

Basınç donatı oranı: 0,000

Eğilme donatı oranı: 0,048

Basınç donatı oranı 0.5rob'den küçük olamaz

Yeni Basınç donatı oranı: 0,024

Basınç donatı Alanı (mm²): 8410,477

Çekme donatısı basınç donatısından az olamaz

Yeni çekme donatı Alanı (mm²): 8410,477

Yeni çekme donatı oranı: 0,024

basınç böl. Moment eğrilgi km1: 4,462

Basınç dınatısı momenti (N-mm): 546609677,136

M1>Md olduğu için basınç donatısına ihtiyaç yoktur

Basınç donatı Alanı (mm²): 0,000

çekme donatı Alanı (mm²): 546,912

Çekme donatı alanı minimumdan küçük olamaz

çekme donatı Alanı (mm²): 700,000

Maliyet hesabı

Beton:

Birim Maliyet:200,00 TL/m³

Hacim:33,60m³

Beton maliyeti:6.720,00TL

Çelik:

Çelik hacmi-x yönü:0,0098m³

Çelik hacmi-y yönü:0,0042m³

Toplam Çelik Ağırlığı:122,5

Birim Maliyet:2,50 TL/kg

Çelik maliyeti:306,25TL

Toplam Maliyet:7.026,25TL

Ceza:0,00

Çizelge 7.7. D3 Örneğinin Ytop yazılımında Bio-Coğrafya Yöntemi ile Optimizasyonu

Temel Özellikleri

Temel boyutları:14,00; 6,00

Yatak Katsayısı (kN/m³):14709,98

Kolon Sayısı:11

Kolondaki eksenel yük: 470.738822881512

Kolondaki moment-x: 0

Kolondaki moment-y: 0.500139160179932

Kolon boyutları: 2.3; 0.2

Malzeme Özellikleri

f_{yd} (kPa):220000,000

f_{cd} (kPa):20000,000

f_{ctd} (kPa):1266,667

E_c:32000000,000

Temel kalınlığı alt/üst değerleri: 0,250m/ 1,000m

Eğilme donatısı min./maks değerleri: 0,000mm²/ 19000,000mm²

Optimizasyon Yöntemi: Bio-coğrafya

Optimizasyon parametreleri

Habitat sayısı:50

Tasarım değişkeni sayısı:5

Mutasyon Oranı:0,01

Maksimum tekrar sayısı:1000

Arama Geçmişi

Tekrar sayısı, En iyi Maliyet

0, 14096.25

0, 11445

0, 7910

0, 7026.25

En iyi Tasarım

Temel kalınlığı (m) 0.4

Çekme donatısı-x (mm^2): 710

Çekme donatısı-y (mm^2): 710

Basınç donatısı-x (mm^2): 0

Basınç donatısı-y (mm^2): 0

Tasarım Ayrıntıları

Analiz Sonuçları

Maksimum gerilme (kPa)=45,634

Maksimum moment-x (kN-m)=53,084

Maksimum moment-y (kN-m)=41,686

kesme K. Maksimum dan d mesafede (kN)=283,239

ortalama Zemin gerimesi (kPa)=49,031

Zemin Emniyet Gerilme Kontrolü

Zemin emniyet gerilmesi (kPa): 196,133

Maksimum gerilme (kPa): 45,634

Oran: 0,233

Kesme Kontrolü

Kritik Kesme K.(Vcr) (kN): 288,167

Yüzeydeki Kesme K.(Vd) (kN): 283,239

Oran: 0,983

Zımbalama Kontrolü

Zımbalama çevresi boyutları (b1, b2) (m): 2,650, 0,550

Zımbalama çevresi Alanı ve çevresi : 1,458m², 6,400m

gama: 1,000

Zımbama Dayanımı(Vpr) (kN): 2837,136

Zımbama Kesme K.(Vpd) (kN): 399,276

Oran: 0,141

Eğilme Kontrolü

x eksen:

Moment (Mpa): 53083622,837

fcd (Mpa): 20,000

fyd (Mpa): 220,000

genişlik(bw) (mm): 1000,000

Etkili derinlik(d) (mm): 350,000

Paspayı(d') (mm): 50,000

k_1 : 0,850

Çekme donatı oranı: 0,002

Basınç donatı oranı: 0,000

Eğilme donatı oranı: 0,048

Basınç donatı oranı 0.5rob'den küçük olamaz

Yeni Basınç donatı oranı: 0,024

Basınç donatı Alanı (mm^2): 8410,477

Çekme donatısı basınç donatısından az olamaz

Yeni çekme donatı Alanı (mm^2): 8410,477

Yeni çekme donatı oranı: 0,024

basınç böl. Moment eğrilgi km_1 : 4,462

Basınç donatısı momenti (N-mm): 546609677,136

$M_1 > M_d$ olduğu için basınç donatısına ihtiyaç yoktur

Basınç donatı Alanı (mm^2): 0,000

çekme donatı Alanı (mm^2): 698,416

Çekme donatı alanı minimumdan küçük olamaz

çekme donatı Alanı (mm^2): 700,000

Y eksen:

Moment (Mpa): 41686397,361

f_{cd} (Mpa): 20,000

f_{yd} (Mpa): 220,000

genişlik(b_w) (mm): 1000,000

Etkili derinlik(d) (mm): 350,000

Paspayı(d') (mm): 50,000

k1: 0,850

Çekme donatı oranı: 0,002

Basınç donatı oranı: 0,000

Eğilme donatı oranı: 0,048

Basınç donatı oranı 0.5rob'den küçük olamaz

Yeni Basınç donatı oranı: 0,024

Basınç donatı Alanı (mm²): 8410,477

Çekme donatısı basınç donatısından az olamaz

Yeni çekme donatı Alanı (mm²): 8410,477

Yeni çekme donatı oranı: 0,024

basınç böl. Moment eğrilği km1: 4,462

Basınç donatısı momenti (N-mm): 546609677,136

M1>Md olduğu için basınç donatısına ihtiyaç yoktur

Basınç donatı Alanı (mm²): 0,000

çekme donatı Alanı (mm²): 546,912

Çekme donatı alanı minimumdan küçük olamaz

çekme donatı Alanı (mm²): 700,000

Maliyet hesabı

Beton:

Birim Maliyet:200,00 TL/m³

Hacim:33,60m³

Beton maliyeti:6.720,00TL

Çelik:

Çelik hacmi-x yönü:0,0098m³

Çelik hacmi-y yönü:0,0042m³

Toplam Çelik Ağırlığı:122,5

Birim Maliyet:2,50 TL/kg

Çelik maliyeti:306,25TL

Toplam Maliyet:7.026,25TL

Ceza:0,00

Çizelge 7.8. D3 Örneğinin Ytop yazılımında Arama-Grup Yöntemi ile Optimizasyonu

Temel Özellikleri

Temel boyutları:14,00; 6,00

Yatak Katsayısı (kN/m³):14709,98

Kolon Sayısı:11

Kolondaki eksenel yük: 470.738822881512

Kolondaki moment-x: 0

Kolondaki moment-y: 0.500139160179932

Kolon boyutları: 2.3; 0.2

Malzeme Özellikleri

f_{yd} (kPa):220000,000

f_{cd} (kPa):20000,000

f_{ctd} (kPa):1266,667

E_c:32000000,000

Temel kalınlığı alt/üst değerleri: 0,250m/ 1,000m

Eğilme donatısı min./maks değerleri: $0,000\text{mm}^2 / 19000,000\text{mm}^2$

Optimizasyon Yöntemi: Arama grup

Optimizasyon parametreleri

Habitat sayısı:50

Tasarım değişkeni sayısı:5

Alfa minimum:0,01

Alfa başlangıç:2,00

Arama Grup Oranı:0,10

Mutasyonlu Birey Sayısı:0

Maksimum tekrar sayısı:1000

Arama Geçmişi

Tekrar sayısı, En iyi Maliyet

2, 13212.5

6, 10561.25

7, 7910

9, 7026.25

En iyi Tasarım

Temel kalınlığı (m) 0.4

Çekme donatısı-x (mm^2): 710

Çekme donatısı-y (mm^2): 710

Basınç donatısı-x (mm^2): 0

Basınç donatısı-y (mm^2): 0

Tasarım Ayrıntıları

Analiz Sonuçları

Maksimum gerilme (kPa)=45,634

Maksimum moment-x (kN-m)=53,084

Maksimum moment-y (kN-m)=41,686

kesme K. Maksimum dan d mesafede (kN)=283,239

ortalama Zemin gerimesi (kPa)=49,031

Zemin Emniyet Gerilme Kontrolü

Zemin emniyet gerilmesi (kPa): 196,133

Maksimum gerilme (kPa): 45,634

Oran: 0,233

Kesme Kontrolü

Kritik Kesme K.(Vcr) (kN): 288,167

Yüzeydeki Kesme K.(Vd) (kN): 283,239

Oran: 0,983

Zımbalama Kontrolü

Zımbalama çevresi boyutları (b1, b2) (m): 2,650, 0,550

Zımbalama çevresi Alanı ve çevresi : 1,458m², 6,400m

gama: 1,000

Zımbama Dayanımı(Vpr) (kN): 2837,136

Zımbama Kesme K.(Vpd) (kN): 399,276

Oran: 0,141

Eğilme Kontrolü

x eksen:

Moment (Mpa): 53083622,837

fcd (Mpa): 20,000

f_{yd} (Mpa): 220,000

genişlik(b_w) (mm): 1000,000

Etkili derinlik(d) (mm): 350,000

Paspayı(d') (mm): 50,000

k_1 : 0,850

Çekme donatı oranı: 0,002

Basınç donatı oranı: 0,000

Eğilme donatı oranı: 0,048

Basınç donatı oranı 0.5rob'den küçük olamaz

Yeni Basınç donatı oranı: 0,024

Basınç donatı Alanı (mm^2): 8410,477

Çekme donatısı basınç donatısından az olamaz

Yeni çekme donatı Alanı (mm^2): 8410,477

Yeni çekme donatı oranı: 0,024

basınç böl. Moment eğrilği k_{m1} : 4,462

Basınç dinatısı momenti (N-mm): 546609677,136

$M_1 > M_d$ olduğu için basınç donatısına ihtiyaç yoktur

Basınç donatı Alanı (mm^2): 0,000

çekme donatı Alanı (mm^2): 698,416

Çekme donatı alanı minimumdan küçük olamaz

çekme donatı Alanı (mm^2): 700,000

Y eksen:

Moment (Mpa): 41686397,361

f_{cd} (Mpa): 20,000

f_{yd} (Mpa): 220,000

genişlik(b_w) (mm): 1000,000

Etkili derinlik(d) (mm): 350,000

Paspayı(d') (mm): 50,000

k_1 : 0,850

Çekme donatı oranı: 0,002

Basınç donatı oranı: 0,000

Eğilme donatı oranı: 0,048

Basınç donatı oranı 0.5 $\rho_{b'}$ 'den küçük olamaz

Yeni Basınç donatı oranı: 0,024

Basınç donatı Alanı (mm^2): 8410,477

Çekme donatısı basınç donatısından az olamaz

Yeni çekme donatı Alanı (mm^2): 8410,477

Yeni çekme donatı oranı: 0,024

basınç böl. Moment eğrilgi k_m : 4,462

Basınç donatısı momenti (N-mm): 546609677,136

$M_1 > M_d$ olduğu için basınç donatısına ihtiyaç yoktur

Basınç donatı Alanı (mm^2): 0,000

çekme donatı Alanı (mm^2): 546,912

Çekme donatı alanı minimumdan küçük olamaz

çekme donatı Alanı (mm^2): 700,000

Maliyet hesabı

Beton:

Birim Maliyet: 200,00 TL/ m^3

Hacim:33,60m³

Beton maliyeti:6.720,00TL

Çelik:

Çelik hacmi-x yönü:0,0098m³

Çelik hacmi-y yönü:0,0042m³

Toplam Çelik Ağırlığı:122,5

Birim Maliyet:2,50 TL/kg

Çelik maliyeti:306,25TL

Toplam Maliyet:7.026,25TL

Ceza:0,00

Çizelge 7.9. SAP Yazılımında Modellenen Kradye Örneğinin Ytop Yazılımında Analizi:

Temel Özellikleri

Temel boyutları:32,00; 16,00

Yatak Katsayısı (kN/m³):14709,98

Kolon Sayısı:45

Kolondaki eksenel yük: 431.002276272707

Kolondaki moment-x: 0

Kolondaki moment-y: 0.853178567365767

Kolon boyutları: 0.4; 0.3

Malzeme Özellikleri

f_{yd} (kPa):220000,000

f_{cd} (kPa):20000,000

f_{ctd} (kPa):1266,667

E_c :32000000,000

Temel kalınlığı alt/üst değerleri: 0,250m/ 1,000m

Eğilme donatısı min./maks değerleri: 0,000mm²/ 19000,000mm²

Optimizasyon Yapılmadı

Tasarım Ayrıntıları

Analiz Sonuçları

Maksimum gerilme (kPa)=52,719

Maksimum moment-x (kN-m)=161,998

Maksimum moment-y (kN-m)=74,438

kesme K. Maksimum dan d mesafede (kN)=159,156

ortalama Zemin gerimesi (kPa)=52,810

Zemin Emniyet Gerilme Kontrolü

Zemin emniyet gerilmesi (kPa): 196,133

Maksimum gerilme (kPa): 52,719

Oran: 0,269

Kesme Kontrolü

Kritik Kesme K.(Vcr) (kN): 617,500

Yüzeydeki Kesme K.(Vd) (kN): 159,156

Oran: 0,258

Zımbalama Kontrolü

Zımbalama çevresi boyutları (b1, b2) (m): 1,150, 1,050

Zımbalama çevresi Alanı ve çevresi : 1,208m², 4,400m

gama: 1,000

Zımbama Dayanımı(V_{pr}) (kN): 4179,781

Zımbama Kesme K. (V_{pd}) (kN): 367,234

Oran: 0,088

Eğilme Kontrolü

x eksen:

Moment (Mpa): 161998360,677

f_{cd} (Mpa): 20,000

f_{yd} (Mpa): 220,000

genişlik(b_w) (mm): 1000,000

Etkili derinlik(d) (mm): 750,000

Paspayı(d') (mm): 50,000

k_1 : 0,850

Çekme donatı oranı: 0,002

Basınç donatı oranı: 0,002

Eğilme donatı oranı: 0,048

Basınç donatı oranı 0.5 $\rho_{b'}$ 'den küçük olamaz

Yeni Basınç donatı oranı: 0,024

Basınç donatı Alanı (mm^2): 18022,450

Çekme donatısı basınç donatısından az olamaz

Yeni çekme donatı Alanı (mm^2): 18022,450

Yeni çekme donatı oranı: 0,024

basınç böl. Moment eğrilgi k_m : 4,462

Basınç donatısı momenti (N-mm): 2509942395,012

$M_1 > M_d$ olduğu için basınç donatısına ihtiyaç yoktur

Basınç donatı Alanı (mm^2): 0,000

çekme donatı Alanı (mm^2): 990,269

Çekme donatı alanı minimumdan küçük olamaz

çekme donatı Alanı (mm^2): 1500,000

Y eksen:

Moment (Mpa): 74438319,179

fcd (Mpa): 20,000

fyd (Mpa): 220,000

genişlik(bw) (mm): 1000,000

Etkili derinlik(d) (mm): 750,000

Paspayı(d') (mm): 50,000

k1: 0,850

Çekme donatı oranı: 0,002

Basınç donatı oranı: 0,002

Eğilme donatı oranı: 0,048

Basınç donatı oranı 0.5rob'den küçük olamaz

Yeni Basınç donatı oranı: 0,024

Basınç donatı Alanı (mm^2): 18022,450

Çekme donatısı basınç donatısından az olamaz

Yeni çekme donatı Alanı (mm^2): 18022,450

Yeni çekme donatı oranı: 0,024

basınç böl. Moment eğrilği km1: 4,462

Basınç donatısı momenti (N-mm): 2509942395,012

M1>Md olduğu için basınç donatısına ihtiyaç yoktur

Basınç donatı Alanı (mm^2): 0,000

çekme donatı Alanı (mm^2): 452,911

Çekme donatı alanı minimumdan küçük olamaz

çekme donatı Alanı (mm^2): 1500,000

Maliyet hesabı

Beton:

Birim Maliyet:200,00 TL/ m^3

Hacim:409,60 m^3

Beton maliyeti:81.920,00TL

Çelik:

Çelik hacmi-x yönü:0,0480 m^3

Çelik hacmi-y yönü:0,0240 m^3

Toplam Çelik Ağırlığı:630

Birim Maliyet:2,50 TL/kg

Çelik maliyeti:1.575,00TL

Toplam Maliyet:83.495,00TL

Ceza:0,00

Çizelge 7.10. Kradye Örneğinin Ytop yazılımının Arı Kolonisi Yöntemi ile Optimizasyonu:

Temel Özellikleri

Temel boyutları:32.00; 16.00

Yatak Katsayısı (kN/m^3):14709.98

Kolon Sayısı:45

Kolondaki eksenel yük: 431.002276272707

Kolondaki moment-x: 0

Kolondaki moment-y: .853178567365767

Kolon boyutları: .4; .2999999999999999

Optimizasyon Yöntemi: Yapay arı kolonisi

Optimizasyon parametreleri

Koloni sayısı:20

Tasarım değişkeni sayısı: 5

Yiyecek limiti: 150

Maksimum tekrar sayısı:1000

Arama Geçmişi

Tekrar sayısı, En iyi Maliyet

2, 83495.0000000001

4, 29219.2690740515

21, 29219.2690739592

24, 29219.2690739465

En iyi Tasarım

Temel kalınlığı (m) .25

Çekme donatısı-x (mm^2): 4280

Çekme donatısı-y (mm^2): 1800

Basınç donatısı-x (mm^2): 0

Basınç donatısı-y (mm^2): 0

Tasarım Ayrıntıları

Analiz Sonuçları

Maksimum gerilme (kPa)=52.719

Maksimum moment-x (kN-m)=161.998

Maksimum moment-y (kN-m)=74.438

kesme K. Maksimum dan d mesafede (kN)=159.156

ortalama Zemin gerimesi (kPa)=52.810

Zemin Emniyet Gerilme Kontrolü

Zemin emniyet gerilmesi (kPa): 196.133

Maksimum gerilme (kPa): 52.719

Oran: 0.269

Kesme Kontrolü

Kritik Kesme K.(Vcr) (kN): 164.667

Yüzeydeki Kesme K.(Vd) (kN): 159.156

Oran: 0.967

Zımbalama Kontrolü

Zımbalama çevresi boyutları (b1, b2) (m): 0.600, 0.500

Zımbalama çevresi Alanı ve çevresi : 0.300m², 2.200m

gama: 1.000

Zımbama Dayanımı(Vpr) (kN): 557.304

Zımbama Kesme K.(Vpd) (kN): 415.159

Oran: 0.745

Eğilme Kontrolü

x eksen:

Moment (Mpa): 161998360.630

fcd (Mpa): 20.000

f_{yd} (Mpa): 220.000

genişlik(b_w) (mm): 1000.000

Etkili derinlik(d) (mm): 200.000

Paspayı(d') (mm): 50.000

k_1 : 0.850

Çekme donatı oranı: 0.021

Basınç donatı oranı: 0.000

Eğilme donatı oranı: 0.048

Basınç donatı oranı 0.5 ρ_b 'den küçük olamaz

Yeni Basınç donatı oranı: 0.024

Basınç donatı Alanı (mm^2): 4805.987

Çekme donatısı basınç donatısından az olamaz

Yeni çekme donatı Alanı (mm^2): 4805.987

Yeni çekme donatı oranı: 0.024

basınç böl. Moment eğrilği k_m : 4.462

Basınç donatısı momenti (N-mm): 178484792.534

$M_1 > M_d$ olduğu için basınç donatısına ihtiyaç yoktur

Basınç donatı Alanı (mm^2): 0.000

çekme donatı Alanı (mm^2): 4272.306

Y eksen:

Moment (Mpa): 74438319.119

f_{cd} (Mpa): 20.000

f_{yd} (Mpa): 220.000

genişlik(b_w) (mm): 1000.000

Etkili derinlik(d) (mm): 200.000

Paspayı(d') (mm): 50.000

k1: 0.850

Çekme donatı oranı: 0.009

Basınç donatı oranı: 0.000

Eğilme donatı oranı: 0.048

Basınç donatı oranı 0.5rob'den küçük olamaz

Yeni Basınç donatı oranı: 0.024

Basınç donatı Alanı (mm²): 4805.987

Çekme donatısı basınç donatısından az olamaz

Yeni çekme donatı Alanı (mm²): 4805.987

Yeni çekme donatı oranı: 0.024

basınç böl. Moment eğrilği km1: 4.462

Basınç dınatısı momenti (N-mm): 178484792.534

M1>Md olduğu için basınç donatısına ihtiyaç yoktur

Basınç donatı Alanı (mm²): 0.000

çekme donatı Alanı (mm²): 1796.156

Maliyet hesabı

Beton:

Birim Maliyet:200.00 TL/m³

Hacim:128.00m³

Beton maliyeti:25.600,00TL

Çelik:

Çelik hacmi-x yönü:0.1367m³

Çelik hacmi-y yönü:0.0287m³

Toplam Çelik Ağırlığı:1447.70762960645

Birim Maliyet:2.50 TL/kg

Çelik maliyeti:3.619,27TL

Toplam Maliyet:29.219,27TL

Ceza:0.00

Çizelge 7.11. Kradye Örneğinin Ytop yazılımının bio-coğrafya yöntemi ile optimizasyonu:

Temel Özellikleri

Temel boyutları:32.00; 16.00

Yatak Katsayısı (kN/m³):14709.98

Kolon Sayısı:45

Kolondaki eksenel yük: 431.002276272707

Kolondaki moment-x: 0

Kolondaki moment-y: .853178567365767

Kolon boyutları: .4; .2999999999999999

Optimizasyon Yöntemi: Bio-coğrafya

Optimizasyon parametreleri

Habitat sayısı:50

Tasarım değişkeni sayısı:5

Mutasyon Oranı:0.01

Maksimum tekrar sayısı:1000

Arama Geçmişi

Tekrar sayısı, En iyi Maliyet

1, 83495.0000000001

18, 29219.2690739465

En iyi Tasarım

Temel kalınlığı (m) .25

Çekme donatısı-x (mm^2): 4280

Çekme donatısı-y (mm^2): 1800

Basınç donatısı-x (mm^2): 0

Basınç donatısı-y (mm^2): 0

Tasarım Ayrıntıları

Analiz Sonuçları

Maksimum gerilme (kPa)=52.719

Maksimum moment-x (kN-m)=161.998

Maksimum moment-y (kN-m)=74.438

kesme K. Maksimum dan d mesafede (kN)=159.156

ortalama Zemin gerimesi (kPa)=52.810

Zemin Emniyet Gerilme Kontrolü

Zemin emniyet gerilmesi (kPa): 196.133

Maksimum gerilme (kPa): 52.719

Oran: 0.269

Kesme Kontrolü

Kritik Kesme K.(Vcr) (kN): 164.667

Yüzeydeki Kesme K.(Vd) (kN): 159.156

Oran: 0.967

Zımbalama Kontrolü

Zımbalama çevresi boyutları (b_1 , b_2) (m): 0.600, 0.500

Zımbalama çevresi Alanı ve çevresi : 0.300m^2 , 2.200m

γ : 1.000

Zımbama Dayanımı(V_{pr}) (kN): 557.304

Zımbama Kesme K. (V_{pd}) (kN): 415.159

Oran: 0.745

Eğilme Kontrolü

x eksen:

Moment (Mpa): 161998360.630

f_{cd} (Mpa): 20.000

f_{yd} (Mpa): 220.000

genişlik(b_w) (mm): 1000.000

Etkili derinlik(d) (mm): 200.000

Paspayı(d') (mm): 50.000

k_1 : 0.850

Çekme donatı oranı: 0.021

Basınç donatı oranı: 0.000

Eğilme donatı oranı: 0.048

Basınç donatı oranı 0.5 ρ_{ob} 'den küçük olamaz

Yeni Basınç donatı oranı: 0.024

Basınç donatı Alanı (mm^2): 4805.987

Çekme donatısı basınç donatısından az olamaz

Yeni çekme donatı Alanı (mm^2): 4805.987

Yeni çekme donatı oranı: 0.024

basınç böl. Moment eğrilği $km1$: 4.462

Basınç dınatısı momenti (N-mm): 178484792.534

$M1 > M_d$ olduğu için basınç donatısına ihtiyaç yoktur

Basınç donatı Alanı (mm^2): 0.000

çekme donatı Alanı (mm^2): 4272.306

Y eksen:

Moment (Mpa): 74438319.119

f_{cd} (Mpa): 20.000

f_{yd} (Mpa): 220.000

genişlik(b_w) (mm): 1000.000

Etkili derinlik(d) (mm): 200.000

Paspayı(d') (mm): 50.000

k_1 : 0.850

Çekme donatı oranı: 0.009

Basınç donatı oranı: 0.000

Eğilme donatı oranı: 0.048

Basınç donatı oranı 0.5 $\rho_{b'}$ 'den küçük olamaz

Yeni Basınç donatı oranı: 0.024

Basınç donatı Alanı (mm^2): 4805.987

Çekme donatısı basınç donatısından az olamaz

Yeni çekme donatı Alanı (mm^2): 4805.987

Yeni çekme donatı oranı: 0.024

basınç böl. Moment eğrilği $km1$: 4.462

Basınç dınatısı momenti (N-mm): 178484792.534

$M_1 > M_d$ olduğu için basınç donatısına ihtiyaç yoktur

Basınç donatı Alanı (mm²): 0.000

çekme donatı Alanı (mm²): 1796.156

Maliyet hesabı

Beton:

Birim Maliyet:200.00 TL/m³

Hacim:128.00m³

Beton maliyeti:25.600,00TL

Çelik:

Çelik hacmi-x yönü:0.1367m³

Çelik hacmi-y yönü:0.0287m³

Toplam Çelik Ağırlığı:1447.70762960645

Birim Maliyet:2.50 TL/kg

Çelik maliyeti:3.619,27TL

Toplam Maliyet:29.219,27TL

Ceza:0.00

Çizelge 7.12. Kradye Örneğinin Ytop yazılımının Arama-Grup Yöntemi ile Optimizasyonu:

Arama-Grup Yöntemi:

Temel Özellikleri

Temel boyutları:32.00; 16.00

Yatak Katsayısı (kN/m³):14709.98

Kolon Sayısı:45

Kolondaki eksenel yük: 431.002276272707

Kolondaki moment-x: 0

Kolondaki moment-y: .853178567365767

Kolon boyutları: .4; .299999999999999

Optimizasyon Yöntemi: Arama grup

Optimizasyon parametreleri

Habitat sayısı:20

Tasarım değişkeni sayısı:5

Alfa minimum:0.01

Alfa başlangıç:2.00

Arama Grup Oranı:0.10

Mutasyonlu Birey Sayısı:0

Maksimum tekrar sayısı:100

Arama Geçmişi

Tekrar sayısı, En iyi Maliyet

2, 78270.0000000001

4, 29219.2690740515

22, 29219.2690739465

En iyi Tasarım

Temel kalınlığı (m) .25

Çekme donatısı-x (mm²): 4280

Çekme donatısı-y (mm²): 1800

Basınç donatısı-x (mm²): 0

Basınç donatısı-y (mm^2): 0

Tasarım Ayrıntıları

Analiz Sonuçları

Maksimum gerilme (kPa)=52.719

Maksimum moment-x (kN-m)=161.998

Maksimum moment-y (kN-m)=74.438

kesme K. Maksimum dan d mesafede (kN)=159.156

ortalama Zemin gerimesi (kPa)=52.810

Zemin Emniyet Gerilme Kontrolü

Zemin emniyet gerilmesi (kPa): 196.133

Maksimum gerilme (kPa): 52.719

Oran: 0.269

Kesme Kontrolü

Kritik Kesme K.(Vcr) (kN): 164.667

Yüzeydeki Kesme K.(Vd) (kN): 159.156

Oran: 0.967

Zımbalama Kontrolü

Zımbalama çevresi boyutları (b_1 , b_2) (m): 0.600, 0.500

Zımbalama çevresi Alanı ve çevresi : 0.300m^2 , 2.200m

gama: 1.000

Zımbama Dayanımı(V_{pr}) (kN): 557.304

Zımbama Kesme K.(V_{pd}) (kN): 415.159

Oran: 0.745

Eğilme Kontrolü

x eksen:

Moment (Mpa): 161998360.630

fcd (Mpa): 20.000

fyd (Mpa): 220.000

genişlik(bw) (mm): 1000.000

Etkili derinlik(d) (mm): 200.000

Paspayı(d') (mm): 50.000

k1: 0.850

Çekme donatı oranı: 0.021

Basınç donatı oranı: 0.000

Eğilme donatı oranı: 0.048

Basınç donatı oranı 0.5rob'den küçük olamaz

Yeni Basınç donatı oranı: 0.024

Basınç donatı Alanı (mm²): 4805.987

Çekme donatısı basınç donatısından az olamaz

Yeni çekme donatı Alanı (mm²): 4805.987

Yeni çekme donatı oranı: 0.024

basınç böl. Moment eğrilği km1: 4.462

Basınç donatısı momenti (N-mm): 178484792.534

M1>Md olduğu için basınç donatısına ihtiyaç yoktur

Basınç donatı Alanı (mm²): 0.000

çekme donatı Alanı (mm²): 4272.306

Y eksen:

Moment (Mpa): 74438319.119

fcd (Mpa): 20.000

fyd (Mpa): 220.000

genişlik(bw) (mm): 1000.000

Etkili derinlik(d) (mm): 200.000

Paspayı(d') (mm): 50.000

k1: 0.850

Çekme donatı oranı: 0.009

Basınç donatı oranı: 0.000

Eğilme donatı oranı: 0.048

Basınç donatı oranı 0.5rob'den küçük olamaz

Yeni Basınç donatı oranı: 0.024

Basınç donatı Alanı (mm²): 4805.987

Çekme donatısı basınç donatısından az olamaz

Yeni çekme donatı Alanı (mm²): 4805.987

Yeni çekme donatı oranı: 0.024

basınç böl. Moment eğrilği km1: 4.462

Basınç dınatısı momenti (N-mm): 178484792.534

M1>Md olduğu için basınç donatısına ihtiyaç yoktur

Basınç donatı Alanı (mm²): 0.000

çekme donatı Alanı (mm²): 1796.156

Maliyet hesabı

Beton:

Birim Maliyet:200.00 TL/m³

Hacim:128.00m³

Beton maliyeti:25.600,00TL

Çelik:

Çelik hacmi-x yönü:0.1367m³

Çelik hacmi-y yönü:0.0287m³

Toplam Çelik Ağırlığı:1447.70762960645

Birim Maliyet:2.50 TL/kg

Çelik maliyeti:3.619,27TL

Toplam Maliyet:29.219,27TL

Ceza:0.00

Çizelge 7.13. Tayfun&Burak Radye Örneğinin SFOP Yazılımında Analizi:

Temel boyutları:13,00; 17,25

Yatak Katsayısı (kN/m³):14709,98

Kolon Sayısı:28

Kolondaki eksenel yük: 496.471473005281

Kolondaki moment-x: 0.568785711577178

Kolondaki moment-y: 0

Kolon boyutları: 0.35; 0.75

Optimizasyon Yapılmadı

Tasarım Ayrıntıları

Analiz Sonuçları

Maksimum gerilme (kPa)=70,409

Maksimum moment-x (kN-m)=96,494

Maksimum moment-y (kN-m)=146,822

kesme K. maksimum dan d mesafede (kN)=153,006

ortalama Zemin gerimesi (kPa)=68,504

Zemin Emniyet Gerilme Kontrolü

Zemin emniyet gerilmesi (kPa): 196,133

Maksimum gerilme (kPa): 70,409

Oran: 0,359

Kesme Kontrolü

Kritik Kesme K.(Vcr) (kN): 427,648

Yüzeydeki Kesme K.(Vd) (kN): 153,006

Oran: 0,358

Zımbalama Kontrolü

Zımbalama çevresi boyutları (b1, b2) (m): 1,100, 1,500

Zımbalama çevresi Alanı ve çevresi : 1,650m², 5,200m

gama: 0,000

Zımbama Dayanımı(Vpr) (kN): 5466,214

Zımbama Kesme K.(Vpd) (kN): 383,440

Oran: 0,070

Eğilme Kontrolü

x eksen:

Moment (MPa): 96493720,056

fcd (MPa): 20,000

fyd (MPa): 220,000

genişlik(bw) (mm): 1000,000

Etkili derinlik(d) (mm): 750,000

Paspayı(d') (mm): 50,000

k1: 0,850

Çekme donatı oranı: 0,002

Basınç donatı oranı: 0,002

Eğilme donatı oranı: 0,048

Basınç donatı oranı 0.5rob'den küçük olamaz

Yeni Basınç donatı oranı: 0,024

Basınç donatı Alanı (mm²): 18022,450

Çekme donatısı basınç donatısından az olamaz

Yeni çekme donatı Alanı (mm²): 18022,450

Yeni çekme donatı oranı: 0,024

basınç böl. moment eğrilği km1: 4,462

Basınç dınatısı momenti (N-mm): 2509942395,012

M1>Md olduğu için basınç donatısına ihtiyaç yoktur

Basınç donatı Alanı (mm²): 0,000

çekme donatı Alanı (mm²): 587,791

Çekme donatı alanı minimumdan küçük olamaz

çekme donatı Alanı (mm²): 1500,000

Y eksen:

Moment (MPa): 146821949,170

fcd (MPa): 20,000

fyd (MPa): 220,000

genişlik(bw) (mm): 1000,000

Etkili derinlik(d) (mm): 750,000

Paspayı(d') (mm): 50,000

k1: 0,850

Çekme donatı oranı: 0,002

Basınç donatı oranı: 0,002

Eğilme donatı oranı: 0,048

Basınç donatı oranı 0.5rob'den küçük olamaz

Yeni Basınç donatı oranı: 0,024

Basınç donatı Alanı (mm²): 18022,450

Çekme donatısı basınç donatısından az olamaz

Yeni çekme donatı Alanı (mm²): 18022,450

Yeni çekme donatı oranı: 0,024

basınç böl. moment eğrilği km1: 4,462

Basınç dınatısı momenti (N-mm): 2509942395,012

M1>Md olduğu için basınç donatısına ihtiyaç yoktur

Basınç donatı Alanı (mm²): 0,000

çekme donatı Alanı (mm²): 896,768

Çekme donatı alanı minimumdan küçük olamaz

çekme donatı Alanı (mm²): 1500,000

Maliyet hesabı

Beton:

Birim Maliyet:200,00 TL/m³

Hacim:179,40m³

Beton maliyeti:35.880,00TL

Çelik:

Çelik hacmi-x yönü:0,0195m³

Çelik hacmi-y yönü:0,0259m³

Toplam Çelik Ağırlığı:397,03125

Birim Maliyet:2,50 TL/kg

Çelik maliyeti:992,58TL

Toplam Maliyet:36.872,58TL

Ceza:0,00

Çizelge 7.14. Tayfun&Burak Örneğinin Sfop yazılımında Arı Kolonisi Yöntemi ile Optimizasyonu:

Temel Özellikleri

Temel boyutları:13,00; 17,25

Yatak Katsayısı (kN/m³):14709,98

Kolon Sayısı:28

Kolondaki eksenel yük: 496.471473005281

Kolondaki moment-x: 0.568785711577178

Kolondaki moment-y: 0

Kolon boyutları: 0.35; 0.75

Optimizasyon Yöntemi: Yapay arı kolonisi

Optimizasyon parametreleri

Koloni sayısı:20

Tasarım değişkeni sayısı: 5

Yiyecek limiti: 150

Maksimum tekrar sayısı:1000

Arama Geçmişi

Tekrar sayısı, En iyi Maliyet

2, 36872.578125

6, 29946.5625

7, 21147.6071723688

9, 19051.8693122284

59, 17011.3803813456

95, 17011.3803812287

En iyi Tasarım

Temel kalınlığı (m) 0.35

Çekme donatısı-x (mm^2): 1520Çekme donatısı-y (mm^2): 2350Basınç donatısı-x (mm^2): 0Basınç donatısı-y (mm^2): 0

Tasarım Ayrıntıları

Analiz Sonuçları

Maksimum gerilme (kPa)=70,409

Maksimum moment-x (kN-m)=96,494

Maksimum moment-y (kN-m)=146,822

kesme K. maksimum dan d mesafede (kN)=153,006

ortalama Zemin gerimesi (kPa)=68,504

Zemin Emniyet Gerilme Kontrolü

Zemin emniyet gerilmesi (kPa): 196,133

Maksimum gerilme (kPa): 70,409

Oran: 0,359

Kesme Kontrolü

Kritik Kesme K.(Vcr) (kN): 171,059

Yüzeydeki Kesme K.(Vd) (kN): 153,006

Oran: 0,894

Zımbalama Kontrolü

Zımbalama çevresi boyutları (b1, b2) (m): 0,650, 1,050

Zımbalama çevresi Alanı ve çevresi : 0,682m², 3,400m

gama: 0,000

Zımbama Dayanımı(V_{pr}) (kN): 1429,625

Zımbama Kesme K. (V_{pd}) (kN): 449,718

Oran: 0,315

Eğilme Kontrolü

x eksen:

Moment (MPa): 96493720,056

f_{cd} (MPa): 20,000

f_{yd} (MPa): 220,000

genişlik(b_w) (mm): 1000,000

Etkili derinlik(d) (mm): 300,000

Paspayı(d') (mm): 50,000

k_1 : 0,850

Çekme donatı oranı: 0,005

Basınç donatı oranı: 0,000

Eğilme donatı oranı: 0,048

Basınç donatı oranı 0.5 $\rho_{b'}$ 'den küçük olamaz

Yeni Basınç donatı oranı: 0,024

Basınç donatı Alanı (mm^2): 7208,980

Çekme donatısı basınç donatısından az olamaz

Yeni çekme donatı Alanı (mm^2): 7208,980

Yeni çekme donatı oranı: 0,024

basınç böl. moment eğrilği k_m : 4,462

Basınç donatısı momenti (N-mm): 401590783,202

$M_1 > M_d$ olduğu için basınç donatısına ihtiyaç yoktur

Basınç donatı Alanı (mm^2): 0,000

çekme donatı Alanı (mm^2): 1511,289

Y eksen:

Moment (MPa): 146821949,170

fcd (MPa): 20,000

fyd (MPa): 220,000

genişlik(bw) (mm): 1000,000

Etkili derinlik(d) (mm): 300,000

Paspayı(d') (mm): 50,000

k1: 0,850

Çekme donatı oranı: 0,008

Basınç donatı oranı: 0,000

Eğilme donatı oranı: 0,048

Basınç donatı oranı 0.5rob'den küçük olamaz

Yeni Basınç donatı oranı: 0,024

Basınç donatı Alanı (mm²): 7208,980

Çekme donatısı basınç donatısından az olamaz

Yeni çekme donatı Alanı (mm²): 7208,980

Yeni çekme donatı oranı: 0,024

basınç böl. moment eğrilgi km1: 4,462

Basınç dınatısı momenti (N-mm): 401590783,202

M1>Md olduğu için basınç donatısına ihtiyaç yoktur

Basınç donatı Alanı (mm²): 0,000

çekme donatı Alanı (mm²): 2342,977

Maliyet hesabı

Beton:

Birim Maliyet:200,00 TL/m³

Hacim:78,49m³

Beton maliyeti:15.697,50TL

Çelik:

Çelik hacmi-x yönü:0,0196m³

Çelik hacmi-y yönü:0,0404m³

Toplam Çelik Ağırlığı:525,552152538227

Birim Maliyet:2,50 TL/kg

Çelik maliyeti:1.313,88TL

Toplam Maliyet:17.011,38TL

Ceza:0,00

Çizelge 7.15. Tayfun&Burak örneğinin Sfop yazılımında Bio-Coğrafya Yöntemi ile Optimizasyonu:

Temel Özellikleri

Temel boyutları:13,00; 17,25

Yatak Katsayısı (kN/m³):14709,98

Kolon Sayısı:28

Kolondaki eksenel yük: 496.471473005281

Kolondaki moment-x: 0.568785711577178

Kolondaki moment-y: 0

Kolon boyutları: 0.35; 0.75

Optimizasyon Yöntemi: Bio-coğrafya

Optimizasyon parametreleri

Habitat sayısı:50

Tasarım değişkeni sayısı:5

Mutasyon Oranı:0,01

Maksimum tekrar sayısı:1000

Arama Geçmişi

Tekrar sayısı, En iyi Maliyet

2, 36872.578125

6, 29946.5625

7, 21147.6071723815

9, 19051.8693122284

48, 17011.3803812558

102, 17011.3803812287

En iyi Tasarım

Temel kalınlığı (m) 0.35

Çekme donatısı-x (mm^2): 1520Çekme donatısı-y (mm^2): 2350Basınç donatısı-x (mm^2): 0Basınç donatısı-y (mm^2): 0

Tasarım Ayrıntıları

Analiz Sonuçları

Maksimum gerilme (kPa)=70,409

Maksimum moment-x (kN-m)=96,494

Maksimum moment-y (kN-m)=146,822

kesme K. maksimum dan d mesafede (kN)=153,006

ortalama Zemin gerimesi (kPa)=68,504

Zemin Emniyet Gerilme Kontrolü

Zemin emniyet gerilmesi (kPa): 196,133

Maksimum gerilme (kPa): 70,409

Oran: 0,359

Kesme Kontrolü

Kritik Kesme K.(Vcr) (kN): 171,059

Yüzeydeki Kesme K.(Vd) (kN): 153,006

Oran: 0,894

Zımbalama Kontrolü

Zımbalama çevresi boyutları (b1, b2) (m): 0,650, 1,050

Zımbalama çevresi Alanı ve çevresi : 0,682m², 3,400m

gama: 0,000

Zımbama Dayanımı(Vpr) (kN): 1429,625

Zımbama Kesme K.(Vpd) (kN): 449,718

Oran: 0,315

Eğilme Kontrolü

x eksen:

Moment (MPa): 96493720,056

fcd (MPa): 20,000

fyd (MPa): 220,000

genişlik(bw) (mm): 1000,000

Etkili derinlik(d) (mm): 300,000

Paspayı(d') (mm): 50,000

k1: 0,850

Çekme donatı oranı: 0,005

Basınç donatı oranı: 0,000

Eğilme donatı oranı: 0,048

Basınç donatı oranı 0.5rob'den küçük olamaz

Yeni Basınç donatı oranı: 0,024

Basınç donatı Alanı (mm²): 7208,980

Çekme donatısı basınç donatısından az olamaz

Yeni çekme donatı Alanı (mm^2): 7208,980

Yeni çekme donatı oranı: 0,024

basınç böl. moment eğrilği km^1 : 4,462

Basınç dınatısı momenti (N-mm): 401590783,202

$M_1 > M_d$ olduğu için basınç donatısına ihtiyaç yoktur

Basınç donatı Alanı (mm^2): 0,000

çekme donatı Alanı (mm^2): 1511,289

Y eksen:

Moment (MPa): 146821949,170

f_{cd} (MPa): 20,000

f_{yd} (MPa): 220,000

genişlik(b_w) (mm): 1000,000

Etkili derinlik(d) (mm): 300,000

Paspayı(d') (mm): 50,000

k_1 : 0,850

Çekme donatı oranı: 0,008

Basınç donatı oranı: 0,000

Eğilme donatı oranı: 0,048

Basınç donatı oranı 0.5 $\rho_{b'}$ 'den küçük olamaz

Yeni Basınç donatı oranı: 0,024

Basınç donatı Alanı (mm^2): 7208,980

Çekme donatısı basınç donatısından az olamaz

Yeni çekme donatı Alanı (mm^2): 7208,980

Yeni çekme donatı oranı: 0,024

basınç böl. moment eğrilği km^1 : 4,462

Basınç dınatısı momenti (N-mm): 401590783,202

$M1 > M_d$ olduğu için basınç donatısına ihtiyaç yoktur

Basınç donatı Alanı (mm^2): 0,000

çekme donatı Alanı (mm^2): 2342,977

Maliyet hesabı

Beton:

Birim Maliyet: 200,00 TL/ m^3

Hacim: 78,49 m^3

Beton maliyeti: 15.697,50 TL

Çelik:

Çelik hacmi-x yönü: 0,0196 m^3

Çelik hacmi-y yönü: 0,0404 m^3

Toplam Çelik Ağırlığı: 525,552152538227

Birim Maliyet: 2,50 TL/kg

Çelik maliyeti: 1.313,88 TL

Toplam Maliyet: 17.011,38 TL

Ceza: 0,00

Çizelge 7.16. Tayfun&Burak Örneğinin Sfop yazılımının Arama-Grup Yöntemi ile Optimizasyonu:

Temel Özellikleri

Temel boyutları: 13,00; 17,25

Yatak Katsayısı (kN/m^3): 14709,98

Kolon Sayısı: 28

Kolondaki eksenel yük: 496.471473005281

Kolondaki moment-x: 0.568785711577178

Kolondaki moment-y: 0

Kolon boyutları: 0.35; 0.75

Optimizasyon Yöntemi: Arama grup

Optimizasyon parametreleri

Habitat sayısı:50

Tasarım değişkeni sayısı:5

Alfa minimum:0,01

Alfa başlangıç:2,00

Arama Grup Oranı:0,10

Mutasyonlu Birey Sayısı:0

Maksimum tekrar sayısı:1000

Arama Geçmişi

Tekrar sayısı, En iyi Maliyet

2, 34563.90625

6, 27687.4129339974

7, 21147.6071723886

9, 19051.8693122512

15, 19051.8693122284

28, 17011.3803813456

47, 17011.3803812287

En iyi Tasarım

Temel kalınlığı (m) 0.35

Çekme donatısı-x (mm²): 1520

Çekme donatısı-y (mm²): 2350

Basınç donatısı-x (mm²): 0

Basınç donatısı-y (mm²): 0

Tasarım Ayrıntıları

Analiz Sonuçları

Maksimum gerilme (kPa)=70,409

Maksimum moment-x (kN-m)=96,494

Maksimum moment-y (kN-m)=146,822

kesme K. maksimum dan d mesafede (kN)=153,006

ortalama Zemin gerimesi (kPa)=68,504

Zemin Emniyet Gerilme Kontrolü

Zemin emniyet gerilmesi (kPa): 196,133

Maksimum gerilme (kPa): 70,409

Oran: 0,359

Kesme Kontrolü

Kritik Kesme K.(Vcr) (kN): 171,059

Yüzeydeki Kesme K.(Vd) (kN): 153,006

Oran: 0,894

Zımbalama Kontrolü

Zımbalama çevresi boyutları (b1, b2) (m): 0,650, 1,050

Zımbalama çevresi Alanı ve çevresi : 0,682m², 3,400m

gama: 0,000

Zımbama Dayanımı(Vpr) (kN): 1429,625

Zımbama Kesme K.(Vpd) (kN): 449,718

Oran: 0,315

Eğilme Kontrolü

x eksen:

Moment (MPa): 96493720,056

fcd (MPa): 20,000

f_{yd} (MPa): 220,000

genişlik(b_w) (mm): 1000,000

Etkili derinlik(d) (mm): 300,000

Paspayı(d') (mm): 50,000

k_1 : 0,850

Çekme donatı oranı: 0,005

Basınç donatı oranı: 0,000

Eğilme donatı oranı: 0,048

Basınç donatı oranı 0.5 $\rho_{b'}$ 'den küçük olamaz

Yeni Basınç donatı oranı: 0,024

Basınç donatı Alanı (mm^2): 7208,980

Çekme donatısı basınç donatısından az olamaz

Yeni çekme donatı Alanı (mm^2): 7208,980

Yeni çekme donatı oranı: 0,024

basınç böl. moment eğrilgi k_m : 4,462

Basınç dınatısı momenti (N-mm): 401590783,202

$M_1 > M_d$ olduğu için basınç donatısına ihtiyaç yoktur

Basınç donatı Alanı (mm^2): 0,000

çekme donatı Alanı (mm^2): 1511,289

Y eksen:

Moment (MPa): 146821949,170

f_{cd} (MPa): 20,000

f_{yd} (MPa): 220,000

genişlik(b_w) (mm): 1000,000

Etkili derinlik(d) (mm): 300,000

Paspayı(d') (mm): 50,000

k1: 0,850

Çekme donatı oranı: 0,008

Basınç donatı oranı: 0,000

Eğilme donatı oranı: 0,048

Basınç donatı oranı 0.5rob'den küçük olamaz

Yeni Basınç donatı oranı: 0,024

Basınç donatı Alanı (mm²): 7208,980

Çekme donatısı basınç donatısından az olamaz

Yeni çekme donatı Alanı (mm²): 7208,980

Yeni çekme donatı oranı: 0,024

basınç böl. moment eğrilgi km1: 4,462

Basınç donatısı momenti (N-mm): 401590783,202

M1>Md olduğu için basınç donatısına ihtiyaç yoktur

Basınç donatı Alanı (mm²): 0,000

çekme donatı Alanı (mm²): 2342,977

Maliyet hesabı

Beton:

Birim Maliyet:200,00 TL/m³

Hacim:78,49m³

Beton maliyeti:15.697,50TL

Çelik:

Çelik hacmi-x yönü:0,0196m³

Çelik hacmi-y yönü:0,0404m³

Toplam Çelik Ağırlığı:525,552152538227

Birim Maliyet:2,50 TL/kg

Çelik maliyeti:1.313,88TL

Toplam Maliyet:17.011,38TL

Ceza:0,00

Çizelge 7.17. D3 Radye Temel Örneğinin Sfop yazılımında Analizi:

Temel Özellikleri

Temel boyutları:14,00; 6,00

Yatak Katsayısı (kN/m³):14709,98

Kolon Sayısı:11

Kolondaki eksenel yük: 470.738822881512

Kolondaki moment-x: 0

Kolondaki moment-y: 0.500139160179932

Kolon boyutları: 2.3; 0.2

Optimizasyon Yapılmadı

Tasarım Ayrıntıları

Analiz Sonuçları

Maksimum gerilme (kPa)=45,634

Maksimum moment-x (kN-m)=53,084

Maksimum moment-y (kN-m)=41,686

kesme K. maksimum dan d mesafede (kN)=283,239

ortalama Zemin gerimesi (kPa)=49,031

Zemin Emniyet Gerilme Kontrolü

Zemin emniyet gerilmesi (kPa): 196,133

Maksimum gerilme (kPa): 45,634

Oran: 0,233

Kesme KontrolüKritik Kesme K.(Vcr) (kN): 427,648Yüzeydeki Kesme K.(Vd) (kN): 283,239Oran: 0,662Zımbalama KontrolüZımbalama çevresi boyutları (b1, b2) (m): 3,050, 0,950Zımbalama çevresi Alanı ve çevresi : 2,898m², 8,000mgama: 0,000Zımbama Dayanımı(Vpr) (kN): 6229,047Zımbama Kesme K.(Vpd) (kN): 328,670Oran: 0,053Eğilme Kontrolüx eksen:Moment (MPa): 53083622,837fcd (MPa): 20,000fyd (MPa): 220,000genişlik(bw) (mm): 1000,000Etkili derinlik(d) (mm): 750,000Paspayı(d') (mm): 50,000k1: 0,850Çekme donatı oranı: 0,002Basınç donatı oranı: 0,002Eğilme donatı oranı: 0,048Basınç donatı oranı 0.5rob'den küçük olamazYeni Basınç donatı oranı: 0,024Basınç donatı Alanı (mm²): 18022,450

Çekme donatısı basınç donatısından az olamaz

Yeni çekme donatı Alanı (mm²): 18022,450

Yeni çekme donatı oranı: 0,024

basınç böl. moment eğrilgi km1: 4,462

Basınç dınatısı momenti (N-mm): 2509942395,012

M1>Md olduğu için basınç donatısına ihtiyaç yoktur

Basınç donatı Alanı (mm²): 0,000

çekme donatı Alanı (mm²): 322,617

Çekme donatı alanı minimumdan küçük olamaz

çekme donatı Alanı (mm²): 1500,000

Y eksen:

Moment (MPa): 41686397,361

fcd (MPa): 20,000

fyd (MPa): 220,000

genişlik(bw) (mm): 1000,000

Etkili derinlik(d) (mm): 750,000

Paspayı(d') (mm): 50,000

k1: 0,850

Çekme donatı oranı: 0,002

Basınç donatı oranı: 0,002

Eğilme donatı oranı: 0,048

Basınç donatı oranı 0.5rob'den küçük olamaz

Yeni Basınç donatı oranı: 0,024

Basınç donatı Alanı (mm²): 18022,450

Çekme donatısı basınç donatısından az olamaz

Yeni çekme donatı Alanı (mm²): 18022,450

Yeni çekme donatı oranı: 0,024

basınç böl. moment eğrilği km1: 4,462

Basınç dınatısı momenti (N-mm): 2509942395,012

M1>Md olduğu için basınç donatısına ihtiyaç yoktur

Basınç donatı Alanı (mm²): 0,000

çekme donatı Alanı (mm²): 253,198

Çekme donatı alanı minimumdan küçük olamaz

çekme donatı Alanı (mm²): 1500,000

Maliyet hesabı

Beton:

Birim Maliyet:200,00 TL/m³

Hacim:67,20m³

Beton maliyeti:13.440,00TL

Çelik:

Çelik hacmi-x yönü:0,0210m³

Çelik hacmi-y yönü:0,0090m³

Toplam Çelik Ağırlığı:262,5

Birim Maliyet:2,50 TL/kg

Çelik maliyeti:656,25TL

Toplam Maliyet:14.096,25TL

Ceza:0,00

Çizelge 7.18. D3 Örneğinin Sfop yazılımında Arı Kolonisi Yöntemi ile Optimizasyonu

Temel Özellikleri

Temel boyutları:14,00; 6,00

Yatak Katsayısı (kN/m^3):14709,98

Kolon Sayısı:11

Kolondaki eksenel yük: 470.738822881512

Kolondaki moment-x: 0

Kolondaki moment-y: 0.500139160179932

Kolon boyutları: 2.3; 0.2

Optimizasyon Yöntemi: Yapay arı kolonisi

Optimizasyon parametreleri

Koloni sayısı:20

Tasarım değişkeni sayısı: 5

Yiyecek limiti: 150

Maksimum tekrar sayısı:1000

Arama Geçmişi

Tekrar sayısı, En iyi Maliyet

2, 14096.25

6, 11445

13, 9677.5

En iyi Tasarım

Temel kalınlığı (m) 0.55

Çekme donatısı-x (mm^2): 1000

Çekme donatısı-y (mm^2): 1000

Basınç donatısı-x (mm^2): 0

Basınç donatısı-y (mm^2): 0

Tasarım Ayrıntıları

Analiz Sonuçları

Maksimum gerilme (kPa)=45,634

Maksimum moment-x (kN-m)=53,084

Maksimum moment-y (kN-m)=41,686

kesme K. maksimum dan d mesafede (kN)=283,239

ortalama Zemin gerimesi (kPa)=49,031

Zemin Emniyet Gerilme Kontrolü

Zemin emniyet gerilmesi (kPa): 196,133

Maksimum gerilme (kPa): 45,634

Oran: 0,233

Kesme Kontrolü

Kritik Kesme K.(Vcr) (kN): 285,099

Yüzeydeki Kesme K.(Vd) (kN): 283,239

Oran: 0,993

Zımbalama Kontrolü

Zımbalama çevresi boyutları (b1, b2) (m): 2,800, 0,700

Zımbalama çevresi Alanı ve çevresi : 1,960m², 7,000m

gama: 0,000

Zımbama Dayanımı(Vpr) (kN): 3633,610

Zımbama Kesme K.(Vpd) (kN): 374,637

Oran: 0,103

Eğilme Kontrolü

x eksen:

Moment (MPa): 53083622,837

fcd (MPa): 20,000

fyd (MPa): 220,000

genişlik(bw) (mm): 1000,000

Etkili derinlik(d) (mm): 500,000

Paspayı(d') (mm): 50,000

k1: 0,850

Çekme donatı oranı: 0,002

Basınç donatı oranı: 0,000

Eğilme donatı oranı: 0,048

Basınç donatı oranı 0.5rob'den küçük olamaz

Yeni Basınç donatı oranı: 0,024

Basınç donatı Alanı (mm²): 12014,967

Çekme donatısı basınç donatısından az olamaz

Yeni çekme donatı Alanı (mm²): 12014,967

Yeni çekme donatı oranı: 0,024

basınç böl. moment eğrilği km1: 4,462

Basınç dinatısı momenti (N-mm): 1115529953,339

M1>Md olduğu için basınç donatısına ihtiyaç yoktur

Basınç donatı Alanı (mm²): 0,000

çekme donatı Alanı (mm²): 485,630

Çekme donatı alanı minimumdan küçük olamaz

çekme donatı Alanı (mm²): 1000,000

Y eksen:

Moment (MPa): 41686397,361

fcd (MPa): 20,000

fyd (MPa): 220,000

genişlik(bw) (mm): 1000,000

Etkili derinlik(d) (mm): 500,000

Paspayı(d') (mm): 50,000

k1: 0,850

Çekme donatı oranı: 0,002

Basınç donatı oranı: 0,000

Eğilme donatı oranı: 0,048

Basınç donatı oranı 0.5rob'den küçük olamaz

Yeni Basınç donatı oranı: 0,024

Basınç donatı Alanı (mm²): 12014,967

Çekme donatısı basınç donatısından az olamaz

Yeni çekme donatı Alanı (mm²): 12014,967

Yeni çekme donatı oranı: 0,024

basınç böl. moment eğrilği km1: 4,462

Basınç dınatısı momenti (N-mm): 1115529953,339

M1>Md olduğu için basınç donatısına ihtiyaç yoktur

Basınç donatı Alanı (mm²): 0,000

çekme donatı Alanı (mm²): 380,844

Çekme donatı alanı minimumdan küçük olamaz

çekme donatı Alanı (mm²): 1000,000

Maliyet hesabı

Beton:

Birim Maliyet:200,00 TL/m³

Hacim:46,20m³

Beton maliyeti:9.240,00TL

Çelik:

Çelik hacmi-x yönü:0,0140m³

Çelik hacmi-y yönü:0,0060m³

Toplam Çelik Ağırlığı:175

Birim Maliyet:2,50 TL/kg

Çelik maliyeti:437,50TL

Toplam Maliyet:9.677,50TL

Ceza:0,00

Çizelge 7.19. D3 Örneğinin Sfop yazılımında Bio-Coğrafya Yöntemi ile Optimizasyonu

Temel Özellikleri

Temel boyutları:14,00; 6,00

Yatak Katsayısı (kN/m^3):14709,98

Kolon Sayısı:11

Kolondaki eksenel yük: 470.738822881512

Kolondaki moment-x: 0

Kolondaki moment-y: 0.500139160179932

Kolon boyutları: 2.3; 0.2

Optimizasyon Yöntemi: Bio-coğrafya

Optimizasyon parametreleri

Habitat sayısı:50

Tasarım değişkeni sayısı:5

Mutasyon Oranı:0,01

Maksimum tekrar sayısı:1000

Arama Geçmişi

Tekrar sayısı, En iyi Maliyet

2, 14096.25

50, 11445

101, 9677.5

En iyi Tasarım

Temel kalınlığı (m) 0.55

Çekme donatısı-x (mm^2): 1000

Çekme donatısı-y (mm^2): 1000

Basınç donatısı-x (mm^2): 0

Basınç donatısı-y (mm^2): 0

Tasarım Ayrıntıları

Analiz Sonuçları

Maksimum gerilme (kPa)=45,634

Maksimum moment-x (kN-m)=53,084

Maksimum moment-y (kN-m)=41,686

kesme K. maksimum dan d mesafede (kN)=283,239

ortalama Zemin gerimesi (kPa)=49,031

Zemin Emniyet Gerilme Kontrolü

Zemin emniyet gerilmesi (kPa): 196,133

Maksimum gerilme (kPa): 45,634

Oran: 0,233

Kesme Kontrolü

Kritik Kesme K.(Vcr) (kN): 285,099

Yüzeydeki Kesme K.(Vd) (kN): 283,239

Oran: 0,993

Zımbalama Kontrolü

Zımbalama çevresi boyutları (b1, b2) (m): 2,800, 0,700

Zımbalama çevresi Alanı ve çevresi : $1,960\text{m}^2$, 7,000m

gama: 0,000

Zımbama Dayanımı(Vpr) (kN): 3633,610

Zımbama Kesme K.(Vpd) (kN): 374,637

Oran: 0,103

Eğilme Kontrolü

x eksen:

Moment (MPa): 53083622,837

fcd (MPa): 20,000

f_{yd} (MPa): 220,000

genişlik(bw) (mm): 1000,000

Etkili derinlik(d) (mm): 500,000

Paspayı(d') (mm): 50,000

k₁: 0,850

Çekme donatı oranı: 0,002

Basınç donatı oranı: 0,000

Eğilme donatı oranı: 0,048

Basınç donatı oranı 0.5rob'den küçük olamaz

Yeni Basınç donatı oranı: 0,024

Basınç donatı Alanı (mm²): 12014,967

Çekme donatısı basınç donatısından az olamaz

Yeni çekme donatı Alanı (mm²): 12014,967

Yeni çekme donatı oranı: 0,024

basınç böl. moment eğrilği km₁: 4,462

Basınç dinatısı momenti (N-mm): 1115529953,339

M₁>M_d olduğu için basınç donatısına ihtiyaç yoktur

Basınç donatı Alanı (mm²): 0,000

çekme donatı Alanı (mm²): 485,630

Çekme donatı alanı minimumdan küçük olamaz

çekme donatı Alanı (mm²): 1000,000

Y eksen:

Moment (MPa): 41686397,361

fcd (MPa): 20,000

fyd (MPa): 220,000

genişlik(bw) (mm): 1000,000

Etkili derinlik(d) (mm): 500,000

Paspayı(d') (mm): 50,000

k1: 0,850

Çekme donatı oranı: 0,002

Basınç donatı oranı: 0,000

Eğilme donatı oranı: 0,048

Basınç donatı oranı 0.5rob'den küçük olamaz

Yeni Basınç donatı oranı: 0,024

Basınç donatı Alanı (mm²): 12014,967

Çekme donatısı basınç donatısından az olamaz

Yeni çekme donatı Alanı (mm²): 12014,967

Yeni çekme donatı oranı: 0,024

basınç böl. moment eğrilği km1: 4,462

Basınç donatısı momenti (N-mm): 1115529953,339

M1>Md olduğu için basınç donatısına ihtiyaç yoktur

Basınç donatı Alanı (mm²): 0,000

çekme donatı Alanı (mm²): 380,844

Çekme donatı alanı minimumdan küçük olamaz

çekme donatı Alanı (mm²): 1000,000

Maliyet hesabı

Beton:

Birim Maliyet:200,00 TL/m³

Hacim:46,20m³

Beton maliyeti:9.240,00TL

Çelik:

Çelik hacmi-x yönü:0,0140m³

Çelik hacmi-y yönü:0,0060m³

Toplam Çelik Ağırlığı:175

Birim Maliyet:2,50 TL/kg

Çelik maliyeti:437,50TL

Toplam Maliyet:9.677,50TL

Ceza:0,00

Çizelge 7.20. D3 Örneğinin Sfop yazılımında Arama Grup Yöntemi ile Optimizasyonu

Temel Özellikleri

Temel boyutları:14,00; 6,00

Yatak Katsayısı (kN/m³):14709,98

Kolon Sayısı:11

Kolondaki eksenel yük: 470.738822881512

Kolondaki moment-x: 0

Kolondaki moment-y: 0.500139160179932

Kolon boyutları: 2.3; 0.2

Optimizasyon Yöntemi: Arama grup

Optimizasyon parametreleri

Habitat sayısı:50

Tasarım değişkeni sayısı:5

Alfa minimum:0,01

Alfa başlangıç:2,00

Arama Grup Oranı:0,10

Mutasyonlu Birey Sayısı:0

Maksimum tekrar sayısı:1000

Arama Geçmişi

Tekrar sayısı, En iyi Maliyet

2, 13212.5

6, 10561.25

13, 9677.5

En iyi Tasarım

Temel kalınlığı (m) 0.55

Çekme donatısı-x (mm^2): 1000

Çekme donatısı-y (mm^2): 1000

Basınç donatısı-x (mm^2): 0

Basınç donatısı-y (mm^2): 0

Tasarım Ayrıntıları

Analiz Sonuçları

Maksimum gerilme (kPa)=45,634

Maksimum moment-x (kN-m)=53,084

Maksimum moment-y (kN-m)=41,686

kesme K. maksimum dan d mesafede (kN)=283,239

ortalama Zemin gerimesi (kPa)=49,031

Zemin Emniyet Gerilme Kontrolü

Zemin emniyet gerilmesi (kPa): 196,133

Maksimum gerilme (kPa): 45,634

Oran: 0,233

Kesme Kontrolü

Kritik Kesme K.(Vcr) (kN): 285,099

Yüzeydeki Kesme K.(Vd) (kN): 283,239

Oran: 0,993

Zımbalama Kontrolü

Zımbalama çevresi boyutları (b1, b2) (m): 2,800, 0,700

Zımbalama çevresi Alanı ve çevresi : 1,960m², 7,000m

gama: 0,000

Zımbama Dayanımı(Vpr) (kN): 3633,610

Zımbama Kesme K.(Vpd) (kN): 374,637

Oran: 0,103

Eğilme Kontrolü

x eksen:

Moment (MPa): 53083622,837

fcd (MPa): 20,000

fyd (MPa): 220,000

genişlik(bw) (mm): 1000,000

Etkili derinlik(d) (mm): 500,000

Paspayı(d') (mm): 50,000

k1: 0,850

Çekme donatı oranı: 0,002

Basınç donatı oranı: 0,000

Eğilme donatı oranı: 0,048

Basınç donatı oranı 0.5rob'den küçük olamaz

Yeni Basınç donatı oranı: 0,024

Basınç donatı Alanı (mm^2): 12014,967

Çekme donatısı basınç donatısından az olamaz

Yeni çekme donatı Alanı (mm^2): 12014,967

Yeni çekme donatı oranı: 0,024

basınç böl. moment eğrilği km^1 : 4,462

Basınç donatısı momenti (N-mm): 1115529953,339

$M_1 > M_d$ olduğu için basınç donatısına ihtiyaç yoktur

Basınç donatı Alanı (mm^2): 0,000

çekme donatı Alanı (mm^2): 485,630

Çekme donatı alanı minimumdan küçük olamaz

çekme donatı Alanı (mm^2): 1000,000

Y eksen:

Moment (MPa): 41686397,361

f_{cd} (MPa): 20,000

f_{yd} (MPa): 220,000

genişlik(b_w) (mm): 1000,000

Etkili derinlik(d) (mm): 500,000

Paspayı(d') (mm): 50,000

k_1 : 0,850

Çekme donatı oranı: 0,002

Basınç donatı oranı: 0,000

Eğilme donatı oranı: 0,048

Basınç donatı oranı 0.5 $\rho_{b'}$ 'den küçük olamaz

Yeni Basınç donatı oranı: 0,024

Basınç donatı Alanı (mm^2): 12014,967

Çekme donatısı basınç donatısından az olamaz

Yeni çekme donatı Alanı (mm²): 12014,967

Yeni çekme donatı oranı: 0,024

basınç böl. moment eğrilği km1: 4,462

Basınç dınatısı momenti (N-mm): 1115529953,339

M1>Md olduğu için basınç donatısına ihtiyaç yoktur

Basınç donatı Alanı (mm²): 0,000

çekme donatı Alanı (mm²): 380,844

Çekme donatı alanı minimumdan küçük olamaz

çekme donatı Alanı (mm²): 1000,000

Maliyet hesabı

Beton:

Birim Maliyet:200,00 TL/m³

Hacim:46,20m³

Beton maliyeti:9.240,00TL

Çelik:

Çelik hacmi-x yönü:0,0140m³

Çelik hacmi-y yönü:0,0060m³

Toplam Çelik Ağırlığı:175

Birim Maliyet:2,50 TL/kg

Çelik maliyeti:437,50TL

Toplam Maliyet:9.677,50TL

Ceza:0,00

Çizelge 7.21. Kradye Örneğinin Sfop Yazılımında Analizi:

Temel Özellikleri

Temel boyutları:32,00; 16,00

Yatak Katsayısı (kN/m³):14709,98

Kolon Sayısı:45

Kolondaki eksenel yük: 431.002276272707

Kolondaki moment-x: 0

Kolondaki moment-y: 0.853178567365767

Kolon boyutları: 0.4; 0.2999999999999999

Optimizasyon Yapılmadı

Tasarım Ayrıntıları

Analiz Sonuçları

Maksimum gerilme (kPa)=52,719

Maksimum moment-x (kN-m)=161,998

Maksimum moment-y (kN-m)=74,438

kesme K. maksimum dan d mesafede (kN)=159,156

ortalama Zemin gerimesi (kPa)=52,810

Zemin Emniyet Gerilme Kontrolü

Zemin emniyet gerilmesi (kPa): 196,133

Maksimum gerilme (kPa): 52,719

Oran: 0,269

Kesme Kontrolü

Kritik Kesme K.(Vcr) (kN): 427,648

Yüzeydeki Kesme K.(Vd) (kN): 159,156

Oran: 0,372

Zımbalama Kontrolü

Zımbalama çevresi boyutları (b1, b2) (m): 1,150, 1,050

Zımbalama çevresi Alanı ve çevresi : 1,208m², 4,400m

gama: 0,000

Zımbama Dayanımı(Vpr) (kN): 3689,512

Zımbama Kesme K.(Vpd) (kN): 367,234

Oran: 0,100

Eğilme Kontrolü

x eksen:

Moment (MPa): 161998360,632

fcd (MPa): 20,000

fyd (MPa): 220,000

genişlik(bw) (mm): 1000,000

Etkili derinlik(d) (mm): 750,000

Paspayı(d') (mm): 50,000

k1: 0,850

Çekme donatı oranı: 0,002

Basınç donatı oranı: 0,002

Eğilme donatı oranı: 0,048

Basınç donatı oranı 0.5rob'den küçük olamaz

Yeni Basınç donatı oranı: 0,024

Basınç donatı Alanı (mm²): 18022,450

Çekme donatısı basınç donatısından az olamaz

Yeni çekme donatı Alanı (mm²): 18022,450

Yeni çekme donatı oranı: 0,024

basınç böl. moment eğrilgi km1: 4,462

Basınç dinatısı momenti (N-mm): 2509942395,012

$M1 > M_d$ olduğu için basınç donatısına ihtiyaç yoktur

Basınç donatı Alanı (mm^2): 0,000

çekme donatı Alanı (mm^2): 990,269

Çekme donatı alanı minimumdan küçük olamaz

çekme donatı Alanı (mm^2): 1500,000

Y eksen:

Moment (MPa): 74438319,119

f_{cd} (MPa): 20,000

f_{yd} (MPa): 220,000

genişlik(b_w) (mm): 1000,000

Etkili derinlik(d) (mm): 750,000

Paspayı(d') (mm): 50,000

k_1 : 0,850

Çekme donatı oranı: 0,002

Basınç donatı oranı: 0,002

Eğilme donatı oranı: 0,048

Basınç donatı oranı 0.5 $\rho_{b,0}$ 'den küçük olamaz

Yeni Basınç donatı oranı: 0,024

Basınç donatı Alanı (mm^2): 18022,450

Çekme donatısı basınç donatısından az olamaz

Yeni çekme donatı Alanı (mm^2): 18022,450

Yeni çekme donatı oranı: 0,024

basınç böl. moment eğrilği k_{m1} : 4,462

Basınç donatısı momenti (N-mm): 2509942395,012

$M1 > M_d$ olduğu için basınç donatısına ihtiyaç yoktur

Basınç donatı Alanı (mm^2): 0,000

çekme donatı Alanı (mm^2): 452,911

Çekme donatı alanı minimumdan küçük olamaz

çekme donatı Alanı (mm^2): 1500,000

Maliyet hesabı

Beton:

Birim Maliyet:200,00 TL/ m^3

Hacim:409,60 m^3

Beton maliyeti:81.920,00TL

Çelik:

Çelik hacmi-x yönü:0,0480 m^3

Çelik hacmi-y yönü:0,0240 m^3

Toplam Çelik Ağırlığı:630

Birim Maliyet:2,50 TL/kg

Çelik maliyeti:1.575,00TL

Toplam Maliyet:83.495,00TL

Ceza:0,00

Çizelge 7.22. Kradye Örneğinin Sfop yazılımında Arı Kolonisi Yöntemi ile Optimizasyonu

Temel Özellikleri

Temel boyutları:32,00; 16,00

Yatak Katsayısı (kN/m^3):14709,98

Kolon Sayısı:45

Kolondaki eksenel yük: 431.002276272707

Kolondaki moment-x: 0

Kolondaki moment-y: 0.853178567365767

Kolon boyutları: 0.4; 0.2999999999999999

Optimizasyon Yöntemi: Yapay arı kolonisi

Optimizasyon parametreleri

Koloni sayısı:20

Tasarım değişkeni sayısı: 5

Yiyecek limiti: 150

Maksimum tekrar sayısı:1000

Arama Geçmişi

Tekrar sayısı, En iyi Maliyet

2, 83495.0000000001

6, 67850.7636189239

7, 47709.6960765477

9, 42839.5659842976

15, 42839.5659842816

49, 42839.5659842503

59, 38065.1049913689

95, 38065.1049913118

En iyi Tasarım

Temel kalınlığı (m) 0.35

Çekme donatısı-x (mm^2): 2610

Çekme donatısı-y (mm^2): 1160

Basınç donatısı-x (mm^2): 0

Basınç donatısı-y (mm^2): 0

Tasarım Ayrıntıları

Analiz Sonuçları

Maksimum gerilme (kPa)=52,719

Maksimum moment-x (kN-m)=161,998

Maksimum moment-y (kN-m)=74,438

kesme K. maksimum dan d mesafede (kN)=159,156

ortalama Zemin gerimesi (kPa)=52,810

Zemin Emniyet Gerilme Kontrolü

Zemin emniyet gerilmesi (kPa): 196,133

Maksimum gerilme (kPa): 52,719

Oran: 0,269

Kesme Kontrolü

Kritik Kesme K.(Vcr) (kN): 171,059

Yüzeydeki Kesme K.(Vd) (kN): 159,156

Oran: 0,930

Zımbalama Kontrolü

Zımbalama çevresi boyutları (b1, b2) (m): 0,700, 0,600

Zımbalama çevresi Alanı ve çevresi : 0,420m², 2,600m

gama: 0,000

Zımbama Dayanımı(Vpr) (kN): 872,067

Zımbama Kesme K.(Vpd) (kN): 408,822

Oran: 0,469

Eğilme Kontrolü

x eksen:

Moment (MPa): 161998360,632

fcd (MPa): 20,000

fyd (MPa): 220,000

genişlik(bw) (mm): 1000,000

Etkili derinlik(d) (mm): 300,000

Paspayı(d') (mm): 50,000

k1: 0,850

Çekme donatı oranı: 0,009

Basınç donatı oranı: 0,000

Eğilme donatı oranı: 0,048

Basınç donatı oranı 0.5rob'den küçük olamaz

Yeni Basınç donatı oranı: 0,024

Basınç donatı Alanı (mm²): 7208,980

Çekme donatısı basınç donatısından az olamaz

Yeni çekme donatı Alanı (mm²): 7208,980

Yeni çekme donatı oranı: 0,024

basınç böl. moment eğrilgi km1: 4,462

Basınç dinatısı momenti (N-mm): 401590783,202

M1>Md olduğu için basınç donatısına ihtiyaç yoktur

Basınç donatı Alanı (mm²): 0,000

çekme donatı Alanı (mm²): 2600,366

Y eksen:

Moment (MPa): 74438319,119

fcd (MPa): 20,000

fyd (MPa): 220,000

genişlik(bw) (mm): 1000,000

Etkili derinlik(d) (mm): 300,000

Paspayı(d') (mm): 50,000

k1: 0,850

Çekme donatı oranı: 0,004

Basınç donatı oranı: 0,000

Eğilme donatı oranı: 0,048

Basınç donatı oranı 0.5rob'den küçük olamaz

Yeni Basınç donatı oranı: 0,024

Basınç donatı Alanı (mm²): 7208,980

Çekme donatısı basınç donatısından az olamaz

Yeni çekme donatı Alanı (mm²): 7208,980

Yeni çekme donatı oranı: 0,024

basınç böl. moment eğrilği km1: 4,462

Basınç dınatısı momenti (N-mm): 401590783,202

M1>Md olduğu için basınç donatısına ihtiyaç yoktur

Basınç donatı Alanı (mm²): 0,000

çekme donatı Alanı (mm²): 1156,712

Maliyet hesabı

Beton:

Birim Maliyet:200,00 TL/m³

Hacim:179,20m³

Beton maliyeti:35.840,00TL

Çelik:

Çelik hacmi-x yönü:0,0832m³

Çelik hacmi-y yönü:0,0185m³

Toplam Çelik Ağırlığı:890,04199654755

Birim Maliyet:2,50 TL/kg

Çelik maliyeti:2.225,10TL

Toplam Maliyet:38.065,10TL

Ceza:0,00

Çizelge 7.23. Kradye Örneğinin Sfop yazılımında Bio-Coğrafya Yöntemi ile Optimizasyonu

Temel Özellikleri

Temel boyutları:32,00; 16,00

Yatak Katsayısı (kN/m³):14709,98

Kolon Sayısı:45

Kolondaki eksenel yük: 431.002276272707

Kolondaki moment-x: 0

Kolondaki moment-y: 0.853178567365767

Kolon boyutları: 0.4; 0.2999999999999999

Optimizasyon Yöntemi: Bio-coğrafya

Optimizasyon parametreleri

Habitat sayısı:50

Tasarım değişkeni sayısı:5

Mutasyon Oranı:0,01

Maksimum tekrar sayısı:1000

Arama Geçmişi

Tekrar sayısı, En iyi Maliyet

2, 83495.0000000001

6, 67850.763618947

7, 47709.6960765258

9, 42839.5659842976

28, 42839.5659842561

48, 38065.1049913496

52, 38065.1049913118

En iyi Tasarım

Temel kalınlığı (m) 0.35

Çekme donatısı-x (mm^2): 2610

Çekme donatısı-y (mm^2): 1160

Basınç donatısı-x (mm^2): 0

Basınç donatısı-y (mm^2): 0

Tasarım Ayrıntıları

Analiz Sonuçları

Maksimum gerilme (kPa)=52,719

Maksimum moment-x (kN-m)=161,998

Maksimum moment-y (kN-m)=74,438

kesme K. maksimum dan d mesafede (kN)=159,156

ortalama Zemin gerimesi (kPa)=52,810

Zemin Emniyet Gerilme Kontrolü

Zemin emniyet gerilmesi (kPa): 196,133

Maksimum gerilme (kPa): 52,719

Oran: 0,269

Kesme Kontrolü

Kritik Kesme K.(Vcr) (kN): 171,059

Yüzeydeki Kesme K.(Vd) (kN): 159,156

Oran: 0,930

Zımbalama Kontrolü

Zımbalama çevresi boyutları (b1, b2) (m): 0,700, 0,600

Zımbalama çevresi Alanı ve çevresi : $0,420\text{m}^2$, 2,600m

gama: 0,000

Zımbama Dayanımı(Vpr) (kN): 872,067

Zımbama Kesme K.(Vpd) (kN): 408,822

Oran: 0,469

Eğilme Kontrolü

x eksen:

Moment (MPa): 161998360,632

fcd (MPa): 20,000

fyd (MPa): 220,000

genişlik(bw) (mm): 1000,000

Etkili derinlik(d) (mm): 300,000

Paspayı(d') (mm): 50,000

k1: 0,850

Çekme donatı oranı: 0,009

Basınç donatı oranı: 0,000

Eğilme donatı oranı: 0,048

Basınç donatı oranı 0.5rob'den küçük olamaz

Yeni Basınç donatı oranı: 0,024

Basınç donatı Alanı (mm²): 7208,980

Çekme donatısı basınç donatısından az olamaz

Yeni çekme donatı Alanı (mm²): 7208,980

Yeni çekme donatı oranı: 0,024

basınç böl. moment eğrilği km1: 4,462

Basınç dinatısı momenti (N-mm): 401590783,202

M1>Md olduğu için basınç donatısına ihtiyaç yoktur

Basınç donatı Alanı (mm²): 0,000

çekme donatı Alanı (mm²): 2600,366

Y eksen:

Moment (MPa): 74438319,119

fcd (MPa): 20,000

f_{yd} (MPa): 220,000

genişlik(bw) (mm): 1000,000

Etkili derinlik(d) (mm): 300,000

Paspayı(d') (mm): 50,000

k₁: 0,850

Çekme donatı oranı: 0,004

Basınç donatı oranı: 0,000

Eğilme donatı oranı: 0,048

Basınç donatı oranı 0.5rob'den küçük olamaz

Yeni Basınç donatı oranı: 0,024

Basınç donatı Alanı (mm²): 7208,980

Çekme donatısı basınç donatısından az olamaz

Yeni çekme donatı Alanı (mm²): 7208,980

Yeni çekme donatı oranı: 0,024

basınç böl. moment eğrilği km₁: 4,462

Basınç dinatısı momenti (N-mm): 401590783,202

M₁>M_d olduğu için basınç donatısına ihtiyaç yoktur

Basınç donatı Alanı (mm²): 0,000

çekme donatı Alanı (mm²): 1156,712

Maliyet hesabı

Beton:

Birim Maliyet:200,00 TL/m³

Hacim:179,20m³

Beton maliyeti:35.840,00TL

Çelik:

Çelik hacmi-x yönü:0,0832m³

Çelik hacmi-y yönü:0,0185m³

Toplam Çelik Ağırlığı:890,04199654755

Birim Maliyet:2,50 TL/kg

Çelik maliyeti:2.225,10TL

Toplam Maliyet:38.065,10TL

Ceza:0,00

Çizelge 7.24. Kradye Örneğinin Sfop yazılımında Arama-Grup Yöntemi ile Optimizasyonu

Temel Özellikleri

Temel boyutları:32,00; 16,00

Yatak Katsayısı (kN/m³):14709,98

Kolon Sayısı:45

Kolondaki eksenel yük: 431.002276272707

Kolondaki moment-x: 0

Kolondaki moment-y: 0.853178567365767

Kolon boyutları: 0.4; 0.2999999999999999

Optimizasyon Yöntemi: Arama grup

Optimizasyon parametreleri

Habitat sayısı:50

Tasarım değişkeni sayısı:5

Alfa minimum:0,01

Alfa başlangıç:2,00

Arama Grup Oranı:0,10

Mutasyonlu Birey Sayısı:0

Maksimum tekrar sayısı:1000

Arama Geçmişi

Tekrar sayısı, En iyi Maliyet

2, 78270.0000000001

6, 62777.4262414526

7, 47709.6960765477

9, 42839.5659842976

15, 42839.5659842816

28, 38065.1049913118

En iyi Tasarım

Temel kalınlığı (m) 0.35

Çekme donatısı-x (mm^2): 2610

Çekme donatısı-y (mm^2): 1160

Basınç donatısı-x (mm^2): 0

Basınç donatısı-y (mm^2): 0

Tasarım Ayrıntıları

Analiz Sonuçları

Maksimum gerilme (kPa)=52,719

Maksimum moment-x (kN-m)=161,998

Maksimum moment-y (kN-m)=74,438

kesme K. maksimum dan d mesafede (kN)=159,156

ortalama Zemin gerimesi (kPa)=52,810

Zemin Emniyet Gerilme Kontrolü

Zemin emniyet gerilmesi (kPa): 196,133

Maksimum gerilme (kPa): 52,719

Oran: 0,269

Kesme Kontrolü

Kritik Kesme K.(Vcr) (kN): 171,059

Yüzeydeki Kesme K.(Vd) (kN): 159,156

Oran: 0,930

Zımbalama Kontrolü

Zımbalama çevresi boyutları (b1, b2) (m): 0,700, 0,600

Zımbalama çevresi Alanı ve çevresi : 0,420m², 2,600m

gama: 0,000

Zımbama Dayanımı(Vpr) (kN): 872,067

Zımbama Kesme K.(Vpd) (kN): 408,822

Oran: 0,469

Eğilme Kontrolü

x eksen:

Moment (MPa): 161998360,632

fcd (MPa): 20,000

fyd (MPa): 220,000

genişlik(bw) (mm): 1000,000

Etkili derinlik(d) (mm): 300,000

Paspayı(d') (mm): 50,000

k1: 0,850

Çekme donatı oranı: 0,009

Basınç donatı oranı: 0,000

Eğilme donatı oranı: 0,048

Basınç donatı oranı 0.5rob'den küçük olamaz

Yeni Basınç donatı oranı: 0,024

Basınç donatı Alanı (mm²): 7208,980

Çekme donatısı basınç donatısından az olamaz

Yeni çekme donatı Alanı (mm²): 7208,980

Yeni çekme donatı oranı: 0,024

basınç böl. moment eğrilgi km1: 4,462

Basınç donatısı momenti (N-mm): 401590783,202

M1>Md olduğu için basınç donatısına ihtiyaç yoktur

Basınç donatı Alanı (mm²): 0,000

çekme donatı Alanı (mm²): 2600,366

Y eksen:

Moment (MPa): 74438319,119

fcd (MPa): 20,000

fyd (MPa): 220,000

genişlik(bw) (mm): 1000,000

Etkili derinlik(d) (mm): 300,000

Paspayı(d') (mm): 50,000

k1: 0,850

Çekme donatı oranı: 0,004

Basınç donatı oranı: 0,000

Eğilme donatı oranı: 0,048

Basınç donatı oranı 0.5rob'den küçük olamaz

Yeni Basınç donatı oranı: 0,024

Basınç donatı Alanı (mm²): 7208,980

Çekme donatısı basınç donatısından az olamaz

Yeni çekme donatı Alanı (mm²): 7208,980

Yeni çekme donatı oranı: 0,024

basınç böl. moment eğrilgi km1: 4,462

Basınç dınatısı momenti (N-mm): 401590783,202

M1>Md olduğu için basınç donatısına ihtiyaç yoktur

Basınç donatı Alanı (mm²): 0,000

çekme donatı Alanı (mm²): 1156,712

Maliyet hesabı

Beton:

Birim Maliyet:200,00 TL/m³

Hacim:179,20m³

Beton maliyeti:35.840,00TL

Çelik:

Çelik hacmi-x yönü:0,0832m³

Çelik hacmi-y yönü:0,0185m³

Toplam Çelik Ağırlığı:890,04199654755

Birim Maliyet:2,50 TL/kg

Çelik maliyeti:2.225,10TL

Toplam Maliyet:38.065,10TL

Ceza:0,00

ÖZGEÇMİŞ

MUSTAFA ALPAY TUNAY

matunay@yahoo.com



ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Doktora 2010-2019	Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Antalya
Yüksek Lisans 2007-2010	Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Antalya
Lisans 1993-1997	İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Serbest Mühendis 2000- Devam Ediyor	Tunay Mim.Müh., Antalya
--	-------------------------