

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SÜREKLİ TABLALI KİRİŞSİZ DÖŞEMELERİN DAVRANIŞINA BOYUTSAL
PARAMETRELERİN ETKİSİ VE KURALLARININ BELİRLENMESİ**

DOKTORA TEZİ
Yük. Müh. Sibel SAĞLIYAN

Anabilim Dalı : İnşaat Mühendisliği
Programı : Yapı

Tez Danışmanı: Prof. A. Sayıl ERDOĞAN

ŞUBAT- 2010

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SÜREKLİ TABLALI KİRİŞSİZ DÖŞEMELERİN DAVRANIŞINA BOYUTSAL
PARAMETRELERİN ETKİSİ VE KURALLARININ BELİRLENMESİ**

DOKTORA TEZİ

Yük. Müh. Sibel SAĞLIYAN
(03115202)

Tez Danışmanı : Prof. A. Sayıl ERDOĞAN

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 08.02.2010

ŞUBAT-2010

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SÜREKLİ TABLALI KİRİŞSİZ DÖŞEMELERİN DAVRANIŞINA BOYUTSAL
PARAMETRELERİN ETKİSİ VE KURALLARININ BELİRLENMESİ**

DOKTORA TEZİ

Yük. Müh. Sibel SAĞLIYAN
(03115202)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 08.02.2010

Tezin Savunulduğu Tarih : 12.03.2010

Tez Danışmanı : Prof. A. Sayıl ERDOĞAN (F.Ü.)
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Yusuf CALAYIR (F.Ü.)
Doç. Dr. Arif GÜREL (H.Ü.)
Doç. Dr. Salih YAZICIOĞLU (F.Ü.)
Yrd. Doç. Dr. Muhammet KARATON (F.Ü.)

ŞUBAT-2010

ÖNSÖZ

Döşemeler, üzerlerine gelen yükleri kirişlere veya doğrudan doğruya düşey taşıyıcılara verirler. Doğrudan doğruya düşey taşıyıcılara oturan döşemeler kirişsiz döşeme olarak isimlendirilir. Kirişsiz döşemelerin, kirişli döşemelere göre zımbalama dayanımı oldukça düşüktür. Zımbalama riskini azaltmak ve yatay yönde rijitliği arttırmak amacıyla tabla veya başlık kullanımı, mimari yönden çok sevilen kirişsiz döşemelerin üstünlüklerini ortadan kaldırmaktadır.

Tablalı kirişsiz döşemelerdeki tablalar sürekli hale getirilerek, sürekli tablalı kirişsiz döşeme çeşidi olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu döşeme türünün tasarımı, inşaat yöntemlerinin araştırılması, özellikle yatay kuvvetler ve hareketli düşey yüklerin meydana getirdiği hasarların azaltılması konuları, büyük önem taşıyan mühendislik problemlerindendir. Yapıların tasarım kuvvetlerini aşan kuvvetler sonucu hasar görmesi normal bir sonuçtur. Fakat zımbalama kırılması gibi gevrek kırılmaların meydana gelmesi mühendislik için kabul edilemez.

Bu çalışmada, sürekli tablalı kirişsiz döşemelerde, boyutla ilgili parametrelerin taşıma momentlerine ve düşey yer değiştirme değerlerine etkisi araştırılmıştır. Tasarım mühendislerinin çözümlere başlamadan, çalışmada elde edilen moment ve düşey yer değiştirme fonksiyonları yardımıyla, boyutlandıracağı binalar için bir ön boyut vermesi sağlanacak, karmaşık ve uzun hesaplara ve bilgisayar çözümlerine ihtiyaç duymadan gerçeğe yakın sonuçları elde etmesinde yararlı olacağı düşüncesindeyim. Oldukça yeni ve araştırmalara açık olan bu konuda yapılan çalışma, ileride yapılacak çalışmalara da bir zemin oluşturacağı kanaatindeyim.

Bu tezin önerilmesi ve tamamlanmasında yardım ve alakasını esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Ali Sayıl ERDOĞAN'a ve çalışmamın her aşamasında görüş ve yardımlarını esirgemeyen Sayın Yrd. Doç. Dr. Muhammet KARATON' a ve üzerimde emeği olan bütün hocalarıma ve Araştırma Görevlisi arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Daima yanımda olan değerli aileme de şükranlarımı sunarım.

Sibel SAĞLIYAN
Elazığ - 2010

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER	III
ÖZET	V
SUMMARY	VI
ŞEKİLLER LİSTESİ	VII
TABLolar LİSTESİ	IX
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	X
1. GİRİŞ	1
1.1 Konu ile İlgili Çalışmalar	1
1.2 Mevcut Çalışmanın Önemi ve Kapsamı	2
2. YAPILARIN DOĞRUSAL OLMAYAN ANALİZİ	4
2.1. Yapı Sistemlerinin Doğrusal Olmayan Davranışının Nedenleri	5
2.1.1. Yapı Elemanlarında Geometri Değişiminin Doğrusal Olmaması	6
2.1.2. Yapı Elemanlarında Malzeme Davranışının Doğrusal Olmaması	7
2.2. Betonarme Malzemesinin Gerilme – Şekil Değiştirme Bağlılıları	7
2.3. Eğilme Momenti ve Normal Kuvvet Etkisindeki Yapı Elemanlarında Eğilme Momenti – Birim Dönme ($M - \chi$) Bağlılısı	11
2.4. Akma Koşulu (Karşılıklı Etki Diyagramı).....	12
2.4.1. İdeal Elasto-Plastik Malzemenin Akma Davranışı	13
2.4.2. Pekleşen Elasto-Plastik Malzemenin Akma Davranışı	15
2.5. Doğrusal Olmayan Analizde Plastik Mafsal Hipotezi	16
2.5.1. Plastik Mafsal Hipotezinin Esasları	21
3. SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ	23
3.1. Çözümlerde Kullanılan Sonlu Elemanlar.....	24
3.1.1. Üç Boyutlu Çerçeve Sonlu Elemanlar	24
3.1.2. Plak Sonlu Elemanlar	27
4. BETONARME KİRİŞSİZ DÖŞEMELER VE ANALİZ YÖNTEMLERİ.....	32
4.1. Kirişsiz Döşemelerin Analiz Yöntemleri	35

	<u>Sayfa No</u>
4.1.1. Eşdeğer Çerçeve Yöntemi	36
5. SAYISAL UYGULAMALAR	47
5.1. Sürekli Tablalı Kirişsiz Döşemelerin Sonlu Elemanlar Yöntemine Göre Doğrusal Olmayan Analizi.....	47
5.2. Eşdeğer Çerçeve Yöntemi İle Sürekli Tablalı Kirişsiz Döşemelerin Hesabı.....	50
5.3. İstatistik Analiz	51
5.4. Sayısal Karşılaştırmalar	56
5.4.1. Sayısal Karşılaştırma 1	57
5.4.2. Sayısal Karşılaştırma 2.....	57
5.4.3. Sayısal Karşılaştırma 3	58
5.4.4. Sayısal Karşılaştırma 4	59
5.4.5. Sayısal Karşılaştırma 5	60
5.4.6. Sayısal Karşılaştırma 6	61
5.4.7. Sayısal Karşılaştırma 7	62
5.4.8. Sayısal Karşılaştırma 8	63
5.4.9. Sayısal Karşılaştırma 9	64
5.4.10. Sayısal Karşılaştırma 10	64
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	66
KAYNAKLAR	68
EKLER.....	70
ÖZGEÇMİŞ	83

ÖZET

Bu çalışmada, eşit açıklığa sahip sürekli tablalı kirişsiz döşemeli bir betonarme kat çerçevesi incelenmiştir. Sayısal uygulama için, her iki doğrultuda eşit döşeme açıklığına sahip beş açıklıklı bir kat çerçevesi seçilmiştir. Analizlerde sonlu eleman ayrıştırması ile üç boyutlu kat çerçevesi yaklaşımı kullanılmıştır. Sonlu eleman modellemesinde bant kiriş veya döşeme bandı olarak isimlendirilen döşemenin kalınlaştırılmış kısmı çerçeve eleman ve döşemelerde plak eleman olarak kabul edilmiştir. Kat çerçevesinin, beton sınıfı, hesap açıklığı, sürekli tablaların genişlik ve yükseklikleri ile donatı oranları değiştirilerek toplamda 810 adet çözüm elde edilmiştir. Ölü ve hareketli yükler altında kat çerçeve sisteminin doğrusal olmayan davranışı için toplanmış tip plastik mafsallı modeli kullanılmıştır. Dış ve iç açıklıklarında, mesnet ve açıklık momentleri ve oluşan düşey yer değiştirmeler hesaplanmıştır. Bu sonuçlar kullanılarak, STATISTICA programı yardımıyla, moment ve yer değiştirme fonksiyonları elde edilmiştir. Tanımlanan fonksiyonlar ve eşdeğer çerçeve yöntemiyle elde edilen sonuçlar, sonlu elemanlar yöntemi sonuçlarıyla ayrı ayrı karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak önerilen yöntem çözümlerinin, eşdeğer çerçeve yöntemine göre sonlu elemanlar yöntemi ile daha uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Betonarme Sürekli Tablalı Kirişsiz Döşeme, Doğrusal Olmayan Statik Analiz, Plastik Mafsallı Model, Sayısal değerlendirme, İstatistiksel Analiz Temelli Moment ve Yer Değiştirme Fonksiyonları

SUMMARY

The Effect of Dimensional Parameters on the Behaviour of Reinforced Concrete Slabs with Continuous Drop Panel and Determination of Their Rules

In this study, the effect of dimensional parameters on the static behaviours of reinforced concrete slabs with continuous drop panel was investigated. For numerical application, the slab with continuous drop panel was selected five-way in which slab span length was equal in two directions. Three dimensional storey frame approach with finite element discretization was used in analysis. In the finite element modeling, the thickened portions of the slab which was called band-beams or slab-bands were accepted as frame elements and slabs as plate elements. In total, 810 solutions were performed on the story frame by modifying some properties, namely: the concrete strength, the span length, the width of continuous band-beam, the height of continuous band-beam and the percentage of steel reinforcement. The lumped type plastic hinge model was used for the nonlinear behavior of the story frame system under the dead and live loads. The support moments, the span moments and span midpoint vertical deflections were calculated for the interior and the exterior spans. Using these results, several functions of the moment and deflection were obtained by using STATISTICA program. The results obtained using the equivalent frame method and the defined functions were compared with those of the finite element method. It was concluded that the proposed method (defined functions) solutions were more compatible with those of the finite element method according to the equivalent frame method results.

Key Words: Reinforced Concrete Slabs with Continuous Drop Panel, Nonlinear Static Analysis, Plastic Hinge Model, Parametric Evaluation, Moment and Displacement Functions Based on Statically Analysis

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1: (ij) çubuk elemanının bağıl yer değiştirilmesi	6
Şekil 2.2: Betonun gerilme-şekil değiştirme diyagramı	8
Şekil 2.3: Beton çeliğinin gerilme-şekil değiştirme diyagramı	9
Şekil 2.4: $\sigma - \varepsilon$ diyagramlarının idealleştirilmesi	10
Şekil 2.5: İdeal elasto-plastik malzemede $\sigma - \varepsilon$ diyagramı	11
Şekil 2.6: Betonarme kesitlerde $M - \chi$ diyagramı	12
Şekil 2.7: Betonarme kesitlerde karşılıklı etki diyagramı (akma eğrisi)	13
Şekil 2.8: İdeal elasto-plastik malzemede yükleme ve boşalma eğrisi	14
Şekil 2.9: İdeal elasto-plastik malzeme yükleme ve şekil değiştirme eğrisi	14
Şekil 2.10: Kinematik pekleşmede akma yüzeyinin ötelenmesi	16
Şekil 2.11: İzotropik pekleşmede akma yüzeyinin genişlemesi	16
Şekil 2.12: Eğilme momenti - eğrilik diyagramı	17
Şekil 2.13: Kirişin eğilme momenti büyük olan bir bölgesinde doğrusal olmayan şekil değiştirmeler.....	18
Şekil 2.14: Kirişlerde eğilme momenti - eğrilik ilişkisi	19
Şekil 2.15: Kolonlarda eğilme momenti-eğrilik ilişkisi	19
Şekil 2.16: İdealleştirilmiş eğilme momenti - eğrilik bağıntısı	20
Şekil 2.17: Plastik mafsallık boyu	21
Şekil 3.1: a) Bir boyutlu b) iki boyutlu dörtgen c) iki boyutlu üçgen ve d) üç boyutlu dörtgen sonlu elemanlar	23
Şekil 3.2: Üçgen sonlu elemanların oluşturduğu ağ sistemi	23
Şekil 3.3: Üç boyutlu bir çerçeve sistemin a)serbestlik dereceleri ve b) eleman (lokal) koordinat eksen takımı	24
Şekil 3.4: Eğilme etkisindeki ince plakta yer değiştirme ve iç kuvvetler	26
Şekil 3.5: 12 serbestlik dereceli plak sonlu eleman koordinat eksenleri ve serbestlikleri	27
Şekil 4.1: Kirişsiz döşeme en kesit ve plan görünüşleri	36
Şekil 4.2: Eşdeğer Çerçeve Yönteminde Hesap şeritleri	40
Şekil 4.3: Eşdeğer çerçeve elemanları	41
Şekil 4.4: Başlıksız ve tablasız kirişsiz döşemelerde döşeme elemanının özellikleri	43

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 4.5: Tablalı kirişsiz döşemelerde döşeme elemanının özellikleri	44
Şekil 4.6: Başlıklı tablalı kirişsiz döşemelerde döşeme elemanının özellikleri	44
Şekil 4.7: Atalet momenti hesabı için karşılaşılabilecek tablalı kesitler	45
Şekil 4.8: Kolon rijitliği hesabı için dikkate alınacak kesitler ve özellikleri	45
Şekil 4.9: Farklı durumlar için burulma elemanı kesitleri	49
Şekil 5.1: Sürekli tablalı kirişsiz döşeme tavan kalıp planı	51
Şekil 5.2: Çözümlerde kullanılan modelin 3 boyutlu sonlu eleman ağ sistemi.	52
Şekil 5.3: Çözümlerde kullanılan modelin 3-3 aksı	52
Şekil 5.4: Mafsal Özelliklerinin Tanımlanması	52
Şekil 5.5: xy düzleminde sonlu elemanlara ayrılmış model yapıda plastik mafsal ve düğüm noktaları	53
Şekil 5.6: İki boyutlu çerçeve sistemine dönüştürülmüş 3-3 aksı ve eleman en kesitleri.....	53
Şekil 5.7: Köşe ve orta kolonların burulma elemanları	54
Şekil 5.8: Karşılaştırmalara esas olan moment bölgeleri	55
Şekil 5.9: Karşılaştırmalara esas olan düşey yer değiştirme bölgeleri	55
Şekil 5.10: Sonlu elemanlar ve önerilen yöntem ile elde edilen momentlerin karşılaştırılma eğrileri	57
Şekil 5.11: Sonlu elemanlar ve önerilen yöntem ile elde edilen momentlerin karşılaştırma eğrileri	58
Şekil 5.12: Sonlu elemanlar ve önerilen yöntem ile elde edilen düşey yer değiştirme miktarlarının karşılaştırılma eğrileri	58

TABLolar LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1: Yapı sistemlerinin doğrusal olmama nedenleri	5
Tablo 5.1: Moment ve düşey yer değıştirme denklemleri katsayısı	53
Tablo 5.2: S.E.Y. ve Ö.Y. ile kenar ve iç açıklık düşey yer değıştirme karşılaştırmaları..	56
Tablo 5.3: S.E.Y. ile E.Ç.Y. karşılaştırması 1	57
Tablo 5.4: S.E.Y. ile Ö.Y. karşılaştırması 1	57
Tablo 5.5: S.E.Y. ile E.Ç.Y. karşılaştırması 2	58
Tablo 5.6: S.E.Y. ile Ö.Y. karşılaştırması 2	58
Tablo 5.7: S.E.Y. ile E.Ç.Y. karşılaştırması 3	59
Tablo 5.8: S.E.Y. ile Ö.Y. karşılaştırması 3	59
Tablo 5.9: S.E.Y. ile E.Ç.Y. karşılaştırması 4	60
Tablo 5.10: S.E.Y. ile Ö.Y. karşılaştırması 4.	60
Tablo 5.11: S.E.Y. ile E.Ç.Y. karşılaştırması 5	61
Tablo 5.12: S.E.Y. ile Ö.Y. karşılaştırması 5	61
Tablo 5.13: S.E.Y. ile E.Ç.Y. karşılaştırması 6	61
Tablo 5.14: S.E.Y. ile Ö.Y. karşılaştırması 6	62
Tablo 5.15: S.E.Y. ile E.Ç.Y. karşılaştırması 7	62
Tablo 5.16: S.E.Y. ile E.Ç.Y. karşılaştırması 7	63
Tablo 5.17: S.E.Y. ile Ö.Y. karşılaştırması 8	63
Tablo 5.18: S.E.Y. ile Ö.Y. karşılaştırması 8	63
Tablo 5.19: S.E.Y. ile E.Ç.Y. karşılaştırması 9	64
Tablo 5.20: S.E.Y. ile Ö.Y. karşılaştırması 9	64
Tablo 5.21: S.E.Y. ile E.Ç.Y. karşılaştırması 10	65
Tablo 5.21: S.E.Y. ile Ö.Y. karşılaştırması 10	65
Ek Tablo 4.1: Döşeme yada döşeme+kiriş elemanı için rijitlik katsayısı, ankastrelik momenti katsayısı ve taşıma katsayısı.....	70
Ek Tablo 4.2: Kolonların rijitlik ve taşıma katsayıları	71
Ek Tablo 5.1: Sürekli tablaların mesnet ve açıklık bölgeleri moment eğrilik değerleri.....	72

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

A	: Eleman enkesit alanı
[B]	: Düğüm noktası serbestliğinde oluşan vektör
b	: Kesit genişliği
b_w	: Sürekli tabla genişliği
bt	: Tabla genişliği
c₁	: Kolonun çerçeve doğrultusundaki boyutu
c₂	: Kolonun çerçeveye dik doğrultudaki boyutu
C	: Burulma katsayısı
[D]	: Elastisite matrisi
d	: Faydalı yükseklik
E	: Elastisite modülü
{F}	: Sistem toplam yük vektörü
F₁₁, F₂₂	: Membran çekme, basınç kuvveti
F₁₂, F₂₁	: Lokal eksene göre kayma kuvveti
f_{ck}	: Beton karakteristik basınç dayanımı
f_{ctk}	: Betonun karakteristik çekme dayanımı
f_{yd}	: Donatının hesap akma dayanımı
h	: Sürekli tabla yüksekliği
h_f	: Döşeme kalınlığı
I_c	: Kolon kesiti eylemsizlik momenti
I_d	: Döşeme eylemsizlik momenti
[k]	: Sonlu eleman rijitlik matrisi
[K]	: Sistem rijitlik matrisi
K_c	: Kolon eğilme rijitliği
K_{ec}	: Eşdeğer kolon eğilme rijitliği
K_t	: Burulma elemanı rijitliği
k_{ab}, k_{ba}	: Döşeme yada döşeme+kiriş elemanı için rijitlik katsayısı
l	: Hesap açıklığı
l₁	: Çerçeve doğrultusundaki hesap açıklığı
l₂	: Döşemenin uzun doğrultuda, mesnet eksenleri arasında kalan açıklığı
ls	: Döşemenin kısa doğrultuda, mesnet eksenleri arasında kalan açıklığı
l_n	: Mesnet yüzünden mesnet yüzüne ölçülen net açıklık
M	: Eğilme Momenti
M_{cr}	: Çatlama Momenti
M_{dk}	: Açıklık momentinin kolon şeridine düşen kısmı
M_y	: Çekme donatısı akma momenti
M_u	: Göçme anındaki moment
[N]	: Şekil fonksiyonları matrisi
V	: Kesme Kuvveti
P_d	: Döşeme yayılı yükü
R	: Korelasyon katsayısı
R²	: Belirginlik Katsayısı
[S]	: Eleman gerilme matrisi
TK	: Taşıma Katsayısı
t	: Tablalı kirişsiz döşemelerde tabla kalınlığı

{U}	: Sistem yer değiştirme vektörü
u	: x ekseni doğrultusundaki yer değiştirme bileřeni
y	: y ekseni doğrultusundaki yer değiştirme bileřeni
w	: z ekseni doğrultusundaki yer değiştirme bileřeni
ϕ_y	: Çekme donatısının akmasına karşı gelen eğrilik (birim dönme açısı)
ϕ_u	: Kırılmaya karşı gelen eğrilik (birim dönme açısı)
ϵ_c	: Beton birim şekil deęiřtirmesi
ϵ_{cu}	: Beton ezilme şekil deęiřtirmesi
ϵ_{su}	: Çeliklerin (donatının) kopma uzaması
σ	: Gerilme
σ_e	: Akma gerilmesi
σ_p	: Orantı sınırı
σ_k	: Kopma gerilmesi
ρ	: Donatı oranı
Ω	: Moment katsayısı
S.E.Y.	: Sonlu Elemanlar Yöntemi
E.Ç.Y.	: Eşdeğer Çerçeve Yöntemi
Ö.Y.	: Önerilen Yöntem
Y.S.A.	: Yapay Sinir Ağları
CSA A23.3-94	: Beton Yapıların Dizaynı Standardı, Kanada

1. GİRİŞ

Katları birbirinden ayıran, yüklerini varsa kirişlere yoksa doğrudan kolonlara aktaran iki boyutlu yatay düzlemsel taşıyıcı elemanlara “Döşeme” adı verilmektedir. Bu elemanların kalınlıkları diğer iki boyutlarına göre çok küçüktür. Döşemelerin türleri ve kalınlıkları; açıklığa ve taşıdığı yüklere bağlı olarak değişebilir. Döşemeler yapı sistemlerinde, büyük alanları ekonomik ve ara mesnetsiz olarak örtmek amacıyla kullanılan önemli yapı elemanlarıdır. Aynı zamanda, uygun sınır şartları altında küçük kalınlıklarla büyük yükler taşıyabilirler. Binalarda başlıca döşeme sistemleri; kirişli, kirişsiz ve dişli (nervürlü) döşemeler olmak üzere üç ana başlık altında incelenmektedir.

Bu çalışmada, kirişsiz döşemelerde zımbalama etkisi için kullanılan tablaların sürekli hale getirilmiş özel bir durumu dikkate alınarak çözümler üretilmiştir.

1.1. Konu ile İlgili Çalışmalar

Bu bölümde kirişsiz ve sürekli tablalı kirişsiz döşemeler hakkında daha önceden yapılmış çalışmalar incelenmiştir.

Kirişsiz döşeme kavramı 1902’de C.A.P. Turner tarafından ilk ortaya atılmıştır. Turner’ in hesap yöntemi, tutarlı olmayan bir plak teorisine dayanmaktadır. 1914 yılında Nichols, kirişsiz döşemede toplam momenti hesaplamaya yönelik tutarlı bir yöntem geliştirmiştir [1]. Daha sonraları birçok araştırmacı bu konu üzerine yoğunlaşarak hesap yöntemi hakkında araştırmalar yapmışlardır. Bunlar arasında kirişsiz döşemelerle ilgili olarak Elmalı [2], TS500’de verilen Moment Katsayıları Yöntemi ile Eşdeğer Çerçeve Yöntemini ve ACI 318-02’de önerilen Doğrudan Dizayn ile Eşdeğer Çerçeve Yöntemlerinin karşılaştırmasını incelemiştir.

Özbayrak [3], kirişsiz döşemeli betonarme yapıların yatay kuvvetler altında davranışı için sonlu elemanlar yöntemiyle çözümlere ulaşmış ve elde ettiği sonuçları eşdeğer çerçeve yöntemi ve Ünlüoğlu [4]’ nun moment geçiş katsayıları yöntemiyle karşılaştırmıştır. Özbayrak [3] sonlu elemanlar yönteminden elde ettiği sonuçları Levenberg-Marquardt algoritmasına dayalı YSA (yapay sinir ağı) yöntemiyle de çözmüştür. Bu yöntemler ile yatay yükler altında yapının kolonlar arasındaki döşeme

şeritlerindeki moment dağılımı, döşeme ve kolon rijitliklerine bağlı olarak elde edilmektedir.

Erdoğan vd. [5], kirişsiz plak, tablalı kirişsiz ve sürekli tablalı kirişsiz döşeme tiplerinin zımbalama ve sehim kontrolleri bakımından karşılaştırmalarını yapmışlardır. Karşılaştırmalarda kirişsiz plak döşemenin 6 m serbest açıklık veya 35 m²'ye kadar kolon yük alanı için optimum olduğunu, daha büyük alanlar için tablalı veya sürekli tablalı kirişsiz döşeme tiplerinin uygulanmasını önermişlerdir.

Paultre ve Moisan [6], düzgün aralıkla sıralanmış kolonlar arasında, kirişsiz döşemelerin kolon şeritlerinde band kiriş veya döşeme bandı adı verilen sürekli tablalar yerleştirmenin, zımbalama dayanımını artıracaklarını ifade etmişlerdir. Aynı zamanda büyük açıklıklı sistem oluşturmanın da bu şekilde mümkün olabileceğini belirtmişlerdir. Bu tür döşemelerin klasik betonarme döşeme plaklarından farklı olması nedeniyle, CSA A23.3-94'teki mevcut hükümlere göre boyutlandırmanın sorunlu olacağı belirtmişlerdir. Çalışmalarında, uzun doğrultuda band kiriş veya band döşeme olarak adlandırılan sürekli tablaların moment değerleri için çapraz moment dağılım faktörünü incelemişlerdir.

Karataş ve Erdoğan [7], her iki doğrultuda sürekli tablalardan oluşan kirişsiz döşemeleri eşdeğer çerçeve yöntemiyle çözümlmüşlerdir. Sonuçların kirişli döşemelerdeki değerlere yakın olduğunu belirlemişlerdir. Buradan hareketle, kullanılan döşeme modelinin tüm deprem bölgelerinde emniyetle kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

1.2. Mevcut Çalışmanın Önemi ve Kapsamı

Kirişsiz betonarme döşemeler, üzerilerine gelen yükleri bir kiriş elemanı olmadan doğrudan kolonlara aktaran yapı elemanlarıdır. Bu döşeme sisteminde, döşeme üzerine gelen yüklerden dolayı gerilmelerin en yoğun olduğu bölge kolon-döşeme birleşim bölgesidir. Bu nedenle döşemede meydana gelen gerilmelerin kolona aktarılabilmesi için tablalar teşkil edilebilmektedir. Gerilmelerin yoğun olduğu; döşeme-tabla ve tabla-kolon bölgelerinde yapılan hesaplar sonucunda genelde donatıların çok sık yerleştirilmesi gerekebilir. Bu durumda donatı oranı değerleri yükselmekte ve pirsantaj sınır değerlerine yaklaşılmaktadır.

Tablalı kirişsiz döşemelerde tablalar sürekli hale getirilerek döşemeden gelen gerilmeler, küçük bir bölge yerine daha büyük bir alana dağıtılmış olur. Böylece, söz konusu olan bölgelerde oluşacak gerilmeler daha düşük değerlere sahip olacağından, daha

emniyetli, uygulaması daha kolay ve zımbalama riski daha az bir döşeme şekli meydana gelecektir. Bu çalışmada iki katlı, her iki doğrultuda birbirine eşit 5 açıklıklı (5 m, 7 m ve 9 m) sürekli tablalı kirişsiz döşemeli bir betonarme kat çerçevesi incelenmiştir. Kat çerçevesi, 0.30/0.80 m kesitli çevre kirişi ve 0.80, 1.00, 1.20, 1.40 ve 1.60 m genişliğinde, 0.30, 0.35 ve 0.40 m yüksekliğindeki döşeme bandı veya enine taşıyıcı olarak isimlendirilen sürekli tablalarla birbirlerine bağlanmıştır. Donatı için S420 ve beton için C20, C25 ve C30 malzeme sınıfları seçilmiştir. Çalışmada açıklık değeri, beton sınıfı, sürekli tabla boyutları ve sürekli tablalardaki donatı oranı değiştirilerek kullanım ve dayanım yükleri için ayrı ayrı 405 adet çözüm elde edilmiş olup toplamda 810 adet çözüm sonucu irdelenmiştir. Bu çözümler yardımıyla, sürekli tablaların kenar ve iç açıklıklarının; mesnet ve açıklık momentleri ile düşey yer değiştirme değerlerini veren fonksiyonlara ulaşılmıştır. Bu fonksiyonlar, STATISTICA programı yardımıyla elde edilmiştir. Ayrıca TS500’de önerilen eşdeğer çerçeve yöntemi kullanılarak yapı modeli çözülmüş, elde edilen sonuçlar; önerilen yöntem ve sonlu eleman yöntemiyle ayrı ayrı karşılaştırılmıştır.

Tez, giriş ile birlikte altı ana bölümden meydana gelmektedir. Bölüm 2’de geometrik ve malzeme bakımından doğrusal olmayan davranış ve yapı elemanlarının analizinde kullanılan yöntemler incelenmiştir. Bölüm 3’de sonlu elemanlar yöntemi ile ilgili genel bilgiler verilmiştir. Bölüm 4’de betonarme kirişsiz döşemelerin tasarımı ve bu döşemelerin “Eşdeğer Çerçeve Yöntemi” ile çözümü için hesap esasları verilmiştir. Bölüm 5’de sürekli tablalı kirişsiz döşemeler için sonlu elemanlar yöntemine göre sayısal uygulamalar yapılmış ve elde edilen sonuçlar STATISTICA istatistik programı yardımı ile irdelenmiştir. Bölüm 6’da bu tezden elde edilen sonuçlar özetlenmiştir.

2. YAPILARIN DOĞRUSAL OLMAYAN ANALİZİ

Yapı sistemlerinin hesabında amaç yapıya etkiyen dış etkiler sonucu, yapıda oluşan iç kuvvetlerin, şekil değiştirmelerin ve yer değiştirmelerin belirlenmesidir. Yapı sistemlerinin hesabı yapılırken, hesap temelleri başlıca iki teoriye dayandırılır. Bunlar doğrusal ve doğrusal olmayan teori olarak adlandırılmaktadır.

Doğrusal teoride, malzemenin lineer elastik olduğu ve yapıdaki yer değiştirmelerin küçük olduğu kabul edilmektedir. Bu teoride süperpozisyon kuralı geçerlidir. Buna göre güvenlik gerilmesi olarak kabul edilen sınır gerilme, tehlike sınırı olarak kabul edilir. Doğrusal teoriye göre hesapta, işletme yükleri sonucu oluşacak gerilmelerin, güvenlik gerilmesinden küçük olması sağlanacak şekilde sistem boyutlandırılır.

Doğrusal olmayan teoride ise, malzemenin doğrusal elastik olmadığı veya yer değiştirmelerin küçük olmadığı, ya da her iki durumun birlikte olduğu kabul edilmektedir. Gerçekte yapı üzerine etki eden kuvvetler artarak yapının taşıma gücüne yaklaşmasıyla elastik sınır aşılır ve yer değiştirmeler küçük sayılamayacak değerlere ulaşmaktadır. Bu nedenle yapının ayakta kalabilmesi için doğrusal davranıştan çok doğrusal olmayan davranış önem kazanmaktadır.

Herhangi bir yapının dış etkiler altında yapılan hesaplamalarında, yapı elemanlarında oluşan kuvvetler ile yer değiştirmeler arasında;

1. Yapı sisteminin herhangi bir düğüm noktasında birleşen elemanların yer değiştirmeleri ile mesnetlerdeki geometrik şartlarından elde edilen geometrik uygunluk şartları,

2. Malzemenin yükler altındaki davranışını gösteren gerilme-şekil değiştirme bağıntılarına bağlı olarak oluşan bünye denklemleri,

3. Düğüm noktalarının dengesi ile elemanların dengesinden elde edilen denge denklemleri,

gibi şartlar vardır. Bu üç şarta bağlı olarak yapı analizlerinde gereken denklemler üretilmektedir [8].

2.1. Yapı Sistemlerinin Doğrusal Olmayan Davranışının Nedenleri

Bir yapı sisteminin dış etkiler altında davranışının lineer olmaması genel olarak,

- 1) Malzemenin gerilme-şekil değiştirme bağıntısının (bünye denklemlerinin) lineer olmaması,
- 2) Geometri değişimleri nedeniyle denge denklemlerinin (ve bazı hallerde geometrik süreklilik denklemlerinin) lineer olmaması, olmak üzere iki nedenden kaynaklanmaktadır.

Yapı sistemlerinin doğrusal olmamasına neden olan etkenleri göz önüne alan teoriler Tablo 2.1. de gösterilmiştir.

Tablo 2.1. Yapı sistemlerinin doğrusal olmama nedenleri

Çözümün Sağlaması Gereken Koşullar	Doğrusal Sistemler	Doğrusal Olmayan Sistemler				
		Malzeme Bakımından	Geometri Değişimleri Bakımından		Her İki Bakımdan	
			İkinci Mertebe Teorisi	Sonlu Deplasman Teorisi	İkinci Mertebe Teorisi	Sonlu Deplasman Teorisi
Bünye Denklemleri	Doğrusal elastik	Doğrusal elastik değil	Doğrusal elastik	Doğrusal elastik	Doğrusal elastik değil	Doğrusal elastik değil
Denge Denklemlerinde Yer değiştirmeler	Küçük	Küçük	Küçük değil	Küçük değil	Küçük değil	Küçük değil
Geometrik Uygunluk Koşullarında Yer değiştirmeler	Küçük	Küçük	Küçük	Küçük değil	Küçük	Küçük değil

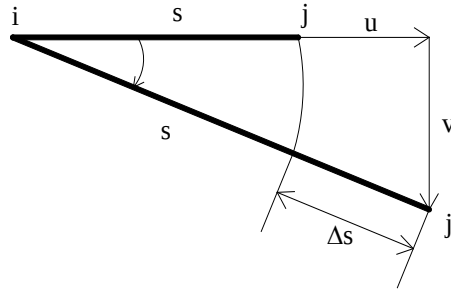
Yer değiştirmelerin küçük olmadığı sistemlerde denge denklemleri şekil değiştirmiş eksen üzerinde yazılmaktadır. Geometrik uygunluk koşullarında, yer değiştirmelerin küçük olmadığı sistemlerde ise, geometrik süreklilik denklemlerinin de şekil değiştirmiş eksen üzerinde yazılması gerekmektedir.

Yer değiştirmelerin denge denklemlerindeki etkisinin ihmal edilemeyecek mertebeye ulaştığı sistemlerde, denge denklemleri şekil değiştirmiş eksen üzerinde yazılmaktadır. Yer değiştirmelerin geometrik uygunluk koşullarındaki etkisinin ihmal edilemeyecek mertebeye ulaştığı sistemlerde ise, geometrik süreklilik denklemlerinin de şekil değiştirmiş eksen üzerinde yazılması gerekmektedir.

Malzemenin doğrusal olmayan davranışının ve geometri değişimlerinin denge denklemlerine ve bazı hallerde geometrik süreklilik denklemlerine etkisinin dikkate alındığı bu teori İkinci Mertebe Elasto-plastik Teori olarak adlandırılmaktadır.

2.1.1. Yapı Elemanlarında Geometri Değişiminin Doğrusal Olmaması

Bazı yapı sistemlerinde, sistemin özelliklerinden kaynaklanan nedenlerle, geometrik uygunluk koşulları sağlanamayabilmektedir. Bu durum, yapı sisteminde geometrik süreksizlikler oluşturmaktadır. Özellikle sistemi oluşturan elemanların sınır koşullarındaki bu süreksizliklerden dolayı sistem doğrusal davranış göstermez. Bu tür sistemlere, geometrik süreksizlikler bakımından doğrusal olmayan sistemler denir ve bu sistemler malzeme bakımından doğrusal olmayan sistemler gibi incelenebilir.



Şekil 2.1. *ij* çubuk elemanının bağıl yer değiştirmeleri

Şekil 2.1. de geometrik süreksizlikler bakımından doğrusal olmayan bir çubuk eleman verilmiştir. Burada bir *ij* çubuğunun bir ucunun diğer ucuna göre bağıl yer değiştirmeleri *u* ve *v* olan Δs boy değişmesi

$$(u + s)^2 + v^2 = (s + \Delta s)^2 \quad (2.1)$$

$$\Delta s \cong s \left[\frac{u}{s} + \frac{1}{2} \left(\frac{u}{s} \right)^2 + \frac{1}{2} \left(\frac{v}{s} \right)^2 \right] \quad (2.2)$$

şeklinde ifade edilebilir. Şekil 2.1 (denklem 2.2) ifadesinde sadece birinci terimin esas alınması geometrik uygunluk koşullarında yer değiştirmelerin küçük olduğu varsayımını

ifade eder Buna karşılık, diğer terimlerin de hesaba katılması geometri değişimlerinin geometrik uygunluk koşullarına etkisi göz önüne alındığını sonlu deplasman teorisine karşı gelmektedir [8].

2.1.2. Yapı Elemanlarında Malzeme Davranışının Doğrusal Olmaması

Yapı sistemlerinin analizlerinde, malzemenin doğrusal olmayan gerilme-şekil değiştirme bağıntıları kullanılarak çözümler elde edilebilmektedir. Malzeme davranışının doğrusal olmayan davranış gösterdiği yapı sistemlerinde öncelikle, malzemenin gerilme-şekil değiştirme davranışına yakın doğru veya eğrilerle idealleştirilmesi gerekmektedir [9].

2.2. Betonarme Malzemesinin Gerilme – Şekil Değiştirme Bağıntıları

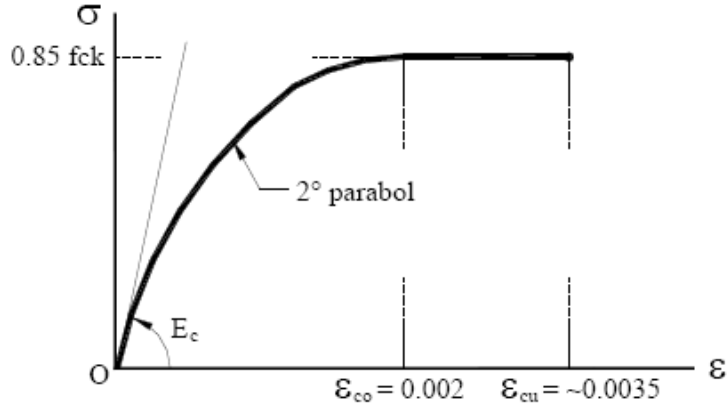
Betonarme, beton ve çelikten oluşan kompozit bir malzeme olup malzeme bakımından doğrusal olmayan davranış için her iki malzemenin gerilme-şekil değiştirme bağıntıları farklı olmaktadır. Bu amaçla çözümlerde her iki malzemenin doğrusal olmayan davranışı için, ya iki farklı malzemeye eşdeğer tek bir malzeme seçilerek veya iki farklı malzeme davranışı ayrı ayrı dikkate alınıp çözümlere ulaşılmalıdır.

a) Beton

Beton, basınç dayanımı, çekme dayanımıyla karşılaştırıldığında büyük olan gevrek bir yapı malzemesidir. Betonun σ - ϵ eğrisinin şekli ve maksimum birim kopma uzaması, beton mukavemetine göre değişmektedir. Beton mukavemetinin σ - ϵ eğrisi üzerindeki etkisinin araştırılması amacıyla yapılan deneyler sonucunda;

- Beton kalitesi yükseldikçe elastisite modülünün büyüdüğü,
- Düşük mukavemetli betonların, yüksek mukavemetli olanlara oranla daha fazla sünekliğe sahip olduğu,
- Maksimum gerilmeye karşılık gelen birim kısalmanın, beton mukavemetinden bağımsız olarak 0.002 mertebesinde olduğu,

sonuçları elde edilmiştir [9]. Eğilme etkisinde olan betonarme bir malzemenin, beton basınç bölgesindeki $\sigma - \epsilon$ bağıntısı şekil 2.2.'de görülmektedir.



Şekil 2.2. Betonun gerilme-şekil değiştirme diyagramı

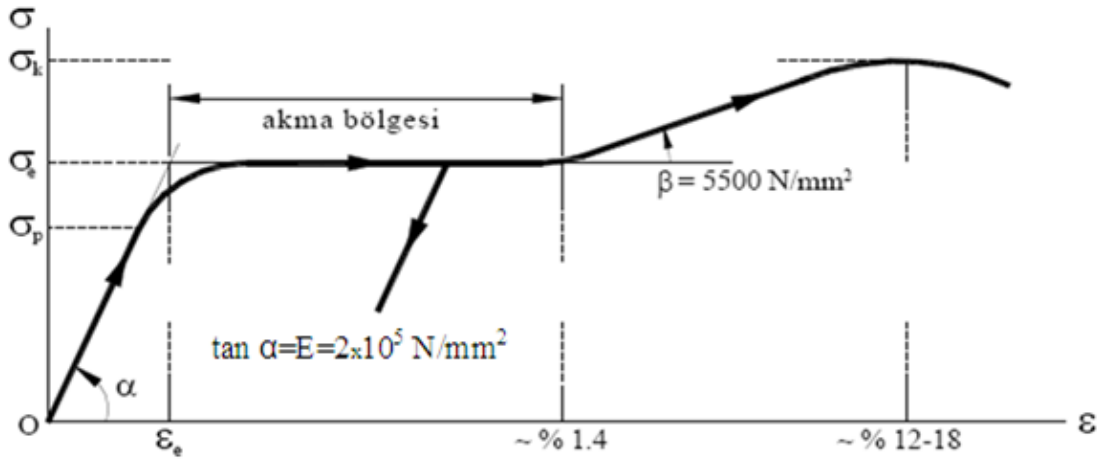
Bu diyagramda f_{ck} karakteristik basınç dayanımını, E_c ise,

$$E_c = 14000 + 3250\sqrt{f_{ck}} \quad (\text{N/mm}^2) \quad (2.3)$$

formülü ile hesaplanan beton elastisite modülünü göstermektedir. Kısa süreli yükler altında, betonun ezilerek kırılmasına neden olan ϵ_{cu} birim kısalması sargısız betonda ~ 0.0035 iken, sargı donatısı (etriye) miktarına bağlı olarak artmaktadır.

b) Çelik

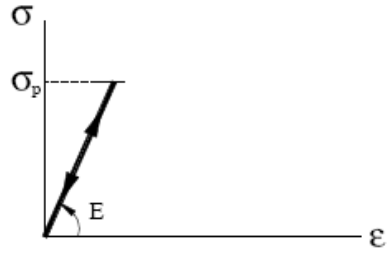
Eğilme etkisi altında bulunan betonarme bir kiriş elemanın içerisinde yer alan çeliğinin gerilme-şekil değiştirme (σ - ϵ) diyagramı ve buna ait bazı sayısal değerler Şekil 2.3' de görülmektedir.



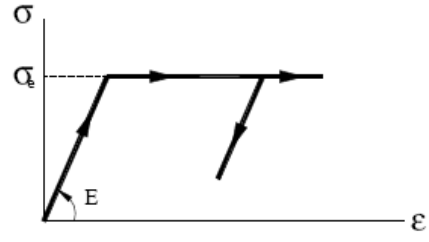
Şekil 2.3. Beton çeliğinin gerilme-şekil değiştirme diyagramı

Şekil 2.3.'de eğrinin, doğrusal elastik davranışın sergilendiği birinci bölge, bu bölgenin devamında gerilmenin çok az değiştiği ancak şekil değiştirmenin sürekli arttığı akma bölgesi görülmektedir. Bu iki bölge birbirinden akma noktası ve buna karşılık gelen akma gerilmesi ile ayrılır. Özellikle soğukta işlenmiş çeliklerde açık bir akma bölgesi görülmeyebilir. Bu durumda akma gerilmesi % 0.2 birim uzamaya karşı gelen gerilme olarak tarif edilmektedir. Akma gerilmesinin bittiği ve gerilmelerin şekil değiştirmeye bağlı olarak belirgin bir biçimde arttığı pekleşme bölgesi görülmektedir. Yükleme işleminin devamında pekleşmenin bittiği ve gerilmelerin azaldığı küçük bir yumuşama bölgesi meydana gelmekte ve çelik kopmaktadır. Bu bölge, pekleşme kısmıyla karşılaştırıldığında çok küçük bir alan içerisinde kaldığı için bu kısmın tamamına pekleşme bölgesi adı verilmektedir. Aynı zamanda çelik kalitesinin artması ile birim kopma uzaması azalmaktadır. Gerilme-şekil değiştirme eğrisi altında kalan alan, çeliğe kopmaya erişinceye kadar verilen birim hacim şekil değiştirme enerjisine eşittir. Bu nedenle bu alanın büyümesi çeliğin sünek olmasına karşı gelmektedir.

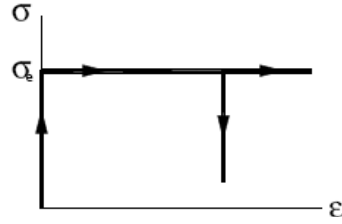
Davranış olarak malzemelerin gerilme-şekil değiştirme ilişkileri doğrusal olmadığından hesaplamalarda, malzemenin davranışı idealleştirilerek basit gerilme-şekil değiştirme doğru veya eğrileriyle çözümlere ulaşılmaktadır. Sayısal çözümlerde betonarme malzemesinde kullanılan çelik için Şekil 2.4'de görülen idealleştirmeler kullanılmaktadır [8].



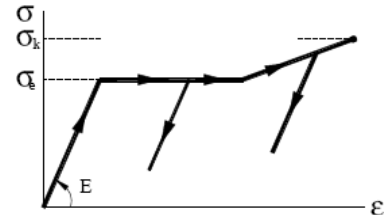
a) Doğrusal-elastik malzeme



b) İdeal elasto-plastik malzeme



c) Rijit plastik malzeme



d) Pekleşen ideal elasto-plastik malzeme

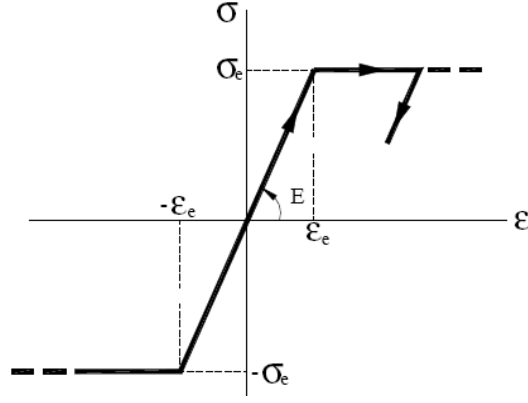
Şekil 2.4 $\sigma - \varepsilon$ diyagramlarının idealleştirilmesi

Sayısal çözümlerde, yapı çeliği genellikle ideal elasto-plastik malzeme olarak kabul edilebilir. İdeal elasto-plastik malzemenin tanımı uyarınca, $\sigma - \varepsilon$ diyagramının

$$0 \leq \varepsilon \leq \varepsilon_e \quad \text{için} \quad \sigma = E \cdot \varepsilon \quad (2.4)$$

$$\varepsilon_e \leq \varepsilon \leq \infty \quad \text{için} \quad \sigma = \sigma_e \quad (2.5)$$

aralıklarında değişen iki doğru parçasıyla idealleştirilmektedir. Aynı zamanda çekme ve basınç yüklemeleri altında malzemenin aynı özellikleri gösterdiği dikkate alınmaktadır (Şekil 2.5). Genel olarak çözümlerde, E elastisite modülünü, σ_e akma gerilmesini göstermek üzere şekil değiştirmeden önce tarafsız eksene dik olan kesitlerin, şekil değiştirdikten sonra da düzlem kaldığı Bernoulli-Navier hipotezi kabulü yapılmaktadır. Bu hipotezde; eğilme ve uzama şekil değiştirmelerine, kesme kuvvetinin etkisi ihmal edilmektedir [8].



Şekil 2.5 İdeal elasto-plastik malzemede $\sigma - \varepsilon$ diyagramı

2.3. Eğilme Momenti ve Normal Kuvvet Etkisindeki Yapı Elemanlarında Eğilme Momenti – Birim Dönme ($M - \chi$) Bağıntısı

Sabit normal kuvvet ($N = N_0$) altında, artan eğilme momenti ile zorlanan betonarme bir kesitte M eğilme momenti ile χ birim dönmesi (eğriliği) arasındaki bağıntı üç bölgeden oluşmaktadır (Şekil 2.6). Bu bölgeleri sınırlayan L_0 , L_1 ve L_2 noktalarına karşı gelen durumlar aşağıda açıklanmıştır.

L_0 , beton kesitin dış çekme lifinde çatlakların başladığı durumdur. Dış çekme lifindeki normal gerilme eğilmedeki betonun çekme dayanımına eşit olunca betonda çatlaklar meydana geldiği kabul edilmektedir. Eğilmedeki betonun çekme dayanımı ise

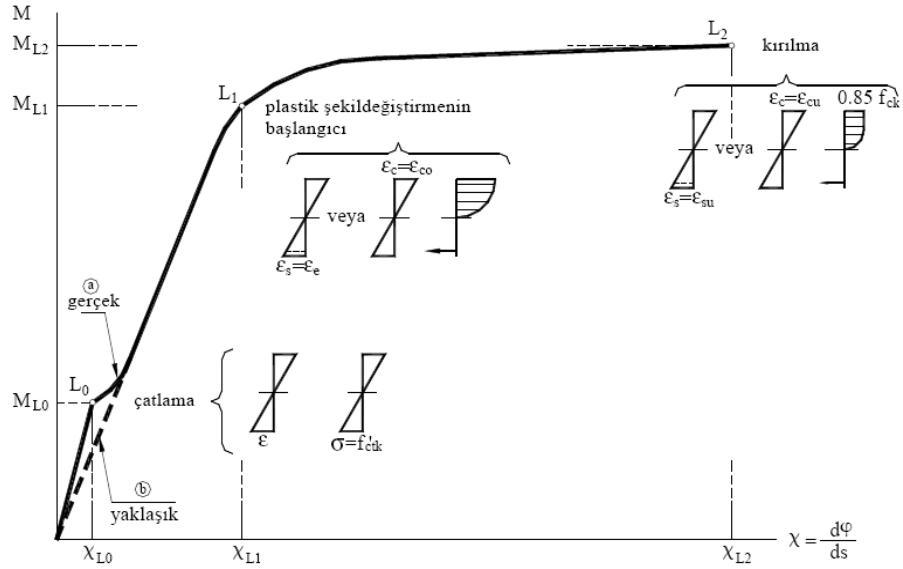
$$f'_{ctk} = 0,70\sqrt{f_{ck}} \text{ N/mm}^2 \quad (2.6)$$

bağıntısı ile hesaplanabilir. L_0 çatlama noktasına karşı gelen M_{L0} momentinin hesabında beton kesitin homojen olduğu varsayılmakta ve betonun $\sigma - \varepsilon$ bağıntısı doğrusal-elastik olarak alınmaktadır.

L_1 , betonun dış basınç lifinde veya çekme donatısında plastik şekil değiştirmelerin başlamasına karşı gelen durumdur. Plastik şekil değiştirmelerin betonda $\varepsilon_{co} = 0.002$ birim kısalmasında, çelikte ise ε_e akma sınırında başladığı göz önünde tutulmaktadır. M_{L1} eğilme momentinin hesabında betonun çekme dayanımı hesaba katılmaz.

L_2 , eğilme momenti artarak kesitin taşıma gücü adı verilen $M_{L2} = M_p$ değerine eşit olunca basınç bölgesindeki beton ezilerek kırılır veya çekme donatısı kopar. Basınç

bölgesindeki betonun ezilerek kırılması birim kısalmanın ε_{cu} sınır değerine erişmesiyle meydana gelir. Sargısız betonda kısa süreli yükler için $\varepsilon_{cu} \approx 0.0035$ olan bu sınır değer, sargı donatısına bağlı olarak artmaktadır. Betonarme kesitlerin boyutlandırılmasında, çekme donatısının kopması yerine, genellikle çelikteki birim uzamanın $\varepsilon_{su} = 0.01$ değeri ile sınırlandırılması esas alınır.



Şekil 2.6 Betonarme kesitlerde $M - \chi$ diyagramı

Betonun çekme dayanımının ihmal edildiği durumlarda, $M - \chi$ bağıntısının çatlama öncesi bölümü yaklaşık olarak (b) eğrisi ile temsil edilmektedir. Betonarme kesitlerin taşıma gücüne göre boyutlandırılmasında, betonun ve çeliğin karakteristik dayanımları malzeme güvenlik katsayılarına bölünerek küçültülür. Buna karşılık, betonarme sistemlerin dış yükler altındaki davranışlarının incelenmesinde malzeme güvenlik katsayılarının kullanılmasına ve çelikteki birim uzamanın $\varepsilon_{su} = 0.01$ değeri ile sınırlandırılmasına gerek yoktur [8].

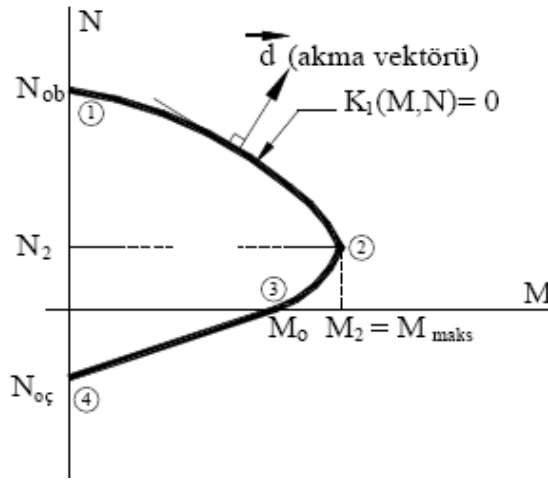
2.4. Akma Koşulu (Karşılıklı Etki Diyagramı)

Eğilme momenti ve normal kuvvet etkisindeki betonarme bir kesitte taşıma gücünü ifade eden karşılıklı etki diyagramı Şekil 2.7’de gösterilmektedir. Doğrusal olmayan şekil değiştirmelerin, plastik kesit adı verilen belirli kesitlerde toplandığı varsayılan betonarme sistemlerde, iç kuvvet durumunun bu eğri üzerinde bulunması bir plastik kesitin

oluştüğünü ve bu kesitte sonlu plastik şekil değiştirmelerin meydana geldiğini (yani kesitin aktığını) ifade etmektedir. Bu nedenle, karşılıklı etki diyagramına akma eğrisi de denilmektedir.

$$K_1(M, N) = 0 \quad (2.7)$$

bağıntısı ile tanımlanan akma eğrisi N normal kuvvetinin çeşitli değerleri için hesaplanan $M_{L2} = M_p$ eğilme momentleri yardımı ile elde edilebilmektedir [1].



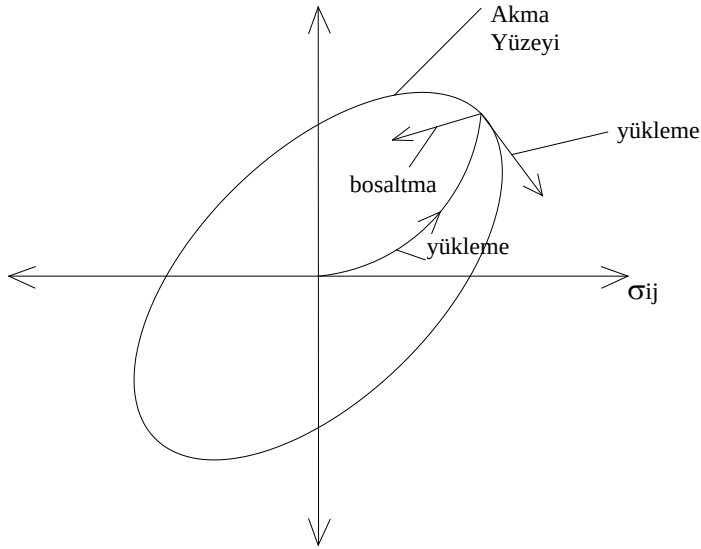
Şekil 2.7 Betonarme kesitlerde karşılıklı etki diyagramı (akma eğrisi)

2.4.1. İdeal Elasto-Plastik Malzemenin Akma Davranışı

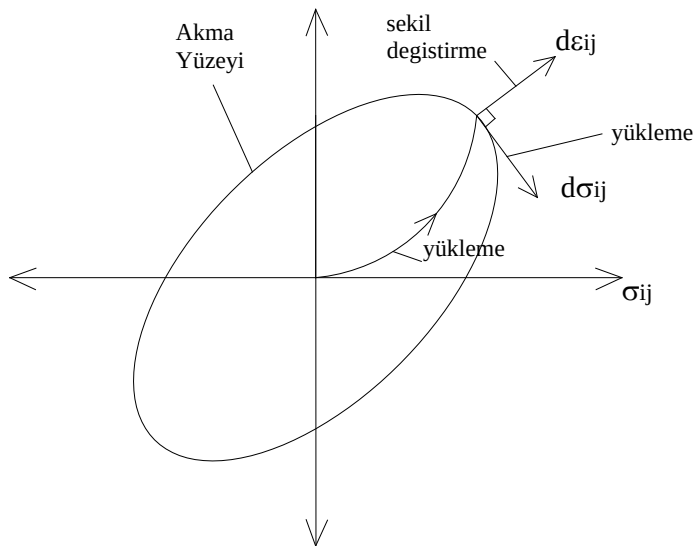
Bir eksenli gerilme durumunda ideal elasto-plastik (doğrusal elastik - ideal plastik) malzemenin davranışı Şekil 2.4.b’de verilmiştir. Malzeme elastik davranışın sonunda akma noktasına ulaşarak dayanımını kaybetmeye başlamaktadır. Bu noktadan sonra gerilmede her hangi bir artış olmaksızın, elastik şekil değiştirmeler üzerine plastik şekil değiştirmeler meydana gelmektedir. Gerilmenin doğrusal olarak azaldığı bölgede oluşan boşaltma, elastik olarak oluşurken plastik şekil değiştirmeler kalıcı olmaktadır.

Çok eksenli gerilme durumunda ise, gerilme eksenlerinde tanımlanan akma yüzeyine (eğrisine) erişinceye kadar, yükleme sonucu oluşan gerilmeler elastik şekil değiştirmeler meydana getirir. Yükleme devam ederken gerilme durumu akma yüzeyine erişebileceği fakat akma yüzeyinin dışına çıkamayacağı görülmektedir. Akma yüzeyine eriştikten sonra yapılacak yükleme ile plastik şekil değiştirmeler meydana gelir ve gerilme

noktası yüzey üzerinde hareket eder. Bu durumda, yüklemelerin küçük değişikliklerle meydana geldiği kabul edilirse, gerilmedeki değişikliklerin daima akma yüzeyinin teğeti doğrultusunda olacağı söylenebilir. Boşaltma durumunda ise, gerilme noktası akma yüzeyinin içine doğru yönelmiş olur. Bu durumda sadece elastik şekil değiştirmelerin meydana geldiği kabul edilir(Şekil 2.8) [10].



Şekil 2.8 İdeal elasto-plastik malzemede yüklem ve boşaltma eğrisi



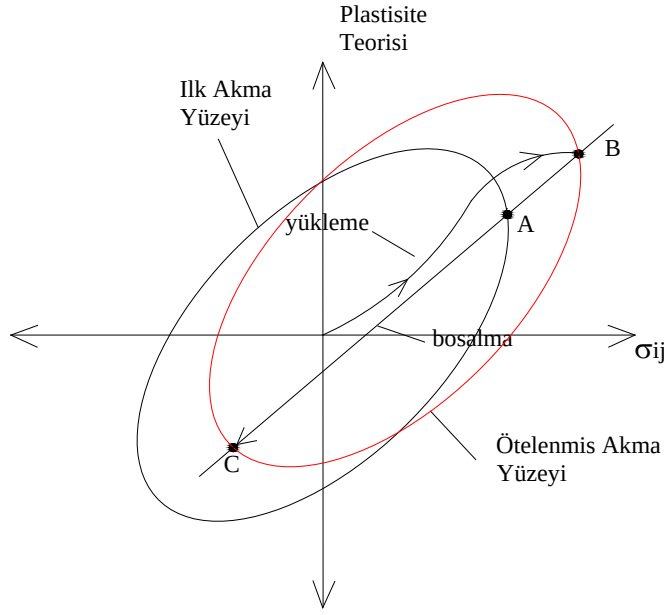
Şekil 2.9 İdeal elasto-plastik malzeme yüklem ve şekil değiştirme eğrisi

Dengede bulunan ideal elasto-plastik malzemeden oluşan bir cisme yapılan yükleme sonucu meydana gelecek yer değiştirme artımlarında oluşan işin pozitif olması ve bunun gibi yapılacak yükleme ve ardından yapılacak boşaltma sonucu meydana gelecek yer değiştirme artımlarında oluşan işin negatif olmaması beklenir. Drucker'ın bu iki stabilite kabulünün sonucu olarak yükleme artımında oluşacak plastik şekil değiştirme artımının akma yüzeyine dik olması kuralı ortaya çıkar (Şekil 2.9) [10].

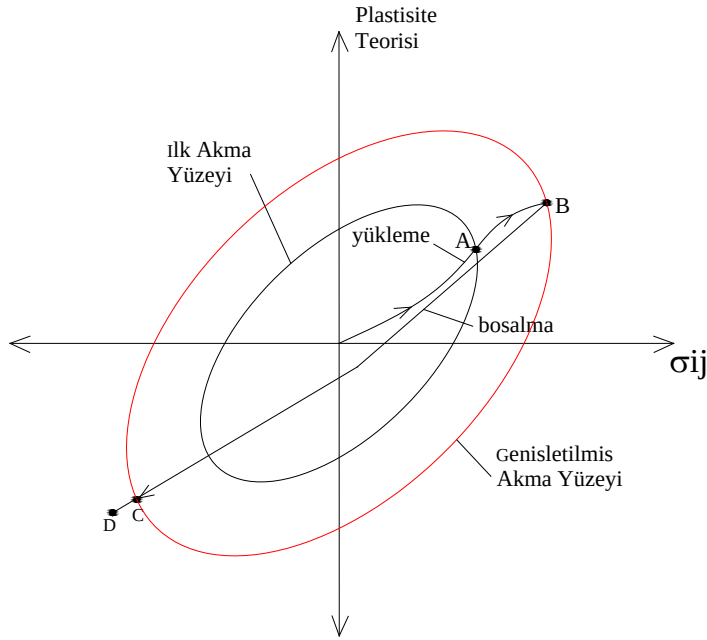
2.4.2. Pekleşen Elasto-Plastik Malzemenin Akma Davranışı

Bir eksenli gerilme durumuna ait pekleşen elasto-plastik malzeme davranışı Şekil 2.4. d'de gösterilmiştir. Malzeme elastik davranışın sonunda akmaya ulaştıktan sonra, daha düşük bir rijitlikle pekleşme başlamakta ve plastik şekil değiştirmeler meydana gelmektedir. Boşalma yönü, elastik yükleme koluna paralel olarak oluşurken, plastik şekil değiştirmeler ise geri dönmez.

Çok eksenli gerilme durumunda ise, gerilme eksenlerinde tanımlanan akma yüzeyine erişinceye kadar elastik şekil değiştirmeler meydana gelir, akma yüzeyine eriştikten sonra, gerilmeler artarken ilk akma yüzeyinin dışına çıkılmaktadır. Bu durumda yükleme ile akma yüzeyi de beraber ötelenmektedir. **Kinematik Pekleşme** olarak isimlendirilen bu modelde, akma yüzeyinin ötelenmesi ile her gerilme seviyesinde boşatmanın elastik olması sağlanmaktadır (Şekil 2.10). Ayrıca boşalma sonucu, C de tekrar plastik şekil değiştirmelerin oluşumu başlamaktadır. Bu pekleşmede akma yüzeyinin hareketi için diğer bir kabul **İzotropik Pekleşme** olup Şekil 2.11'de gösterilmiştir. Burada akma yüzeyi yükleme ile genişlerken, boşalmada pekleşme daha geç meydana gelmektedir [10].



Şekil 2.10 Kinematik pekleşmede akma yüzeyinin ötelenmesi



Şekil 2.11 İzotropik pekleşmede akma yüzeyinin genişlemesi

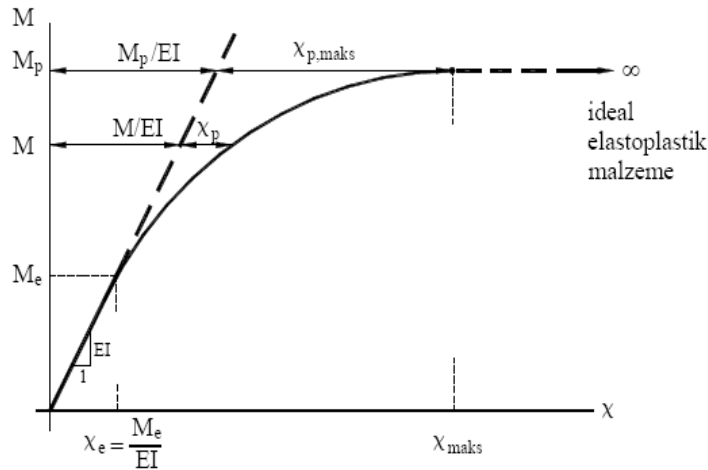
2.5. Doğrusal Olmayan Analizde Plastik Mafsal Hipotezi

Betonarme kolon ve kiriş gibi elemanlarda eğilme momenti elemanın eksenî boyunca değişir. Kritik kesitin bulunduğu sınırlı bölgenin dışındaki kesitler güç tükenmesine erişmez. Bazı kesitlerde momentin küçük olması sebebiyle çekme bölgesinde çatlama oluşmaz. Küçük moment değerlerinde moment ile eğrilik doğrusal davranış

gösterirler. Ancak, kesitte meydana gelen çatlakların kesitin atalet momentini azaltmasından dolayı eğriliğin, çatlak kesitlerinde büyüdüğü görülmektedir. Mesnede yakın bölgelerde eğilme momenti büyük olduğu için elastik davranış ötesi plastik dönmeler daha etkili olur [11].

Toplam şekil değiştirmelerin doğrusal şekil değiştirmelere oranı olarak tanımlanan μ süneklik oranının büyük olduğu ve doğrusal olmayan şekil değiştirmelerin küçük bir bölgeye yayıldığı sistemlerde, doğrusal olmayan eğilme şekil değiştirmelerinin plastik mafsalsal adı verilen belirli kesitlerde toplandığı, bunun dışındaki bölgelerde ise sistemin doğrusal-elastik davrandığı kabul edilebilir. Bu hipoteze, plastik mafsalsal (plastik kesit) hipotezi adı verilir. Yeterli düzeyde sünek davranış gösteren sistemlerde (çelik yapılar ve bazı koşullar altında betonarme yapılar), plastik mafsalsal hipotezi yapılarak sistem hesapları önemli ölçüde kısaltılabilmektedir.

Gerçek eğilme momenti–eğrilik bağıntısı Şekil 2.12’ de verilen düzlem çubuk elemanın belirli bir bölgesine ait eğilme momenti diyagramı, toplam eğilme şekil değiştirmeleri ve doğrusal olmayan şekil değiştirmeleri Şekil 2.13, 2.14 ve 2.15’ de gösterilmektedir [8].

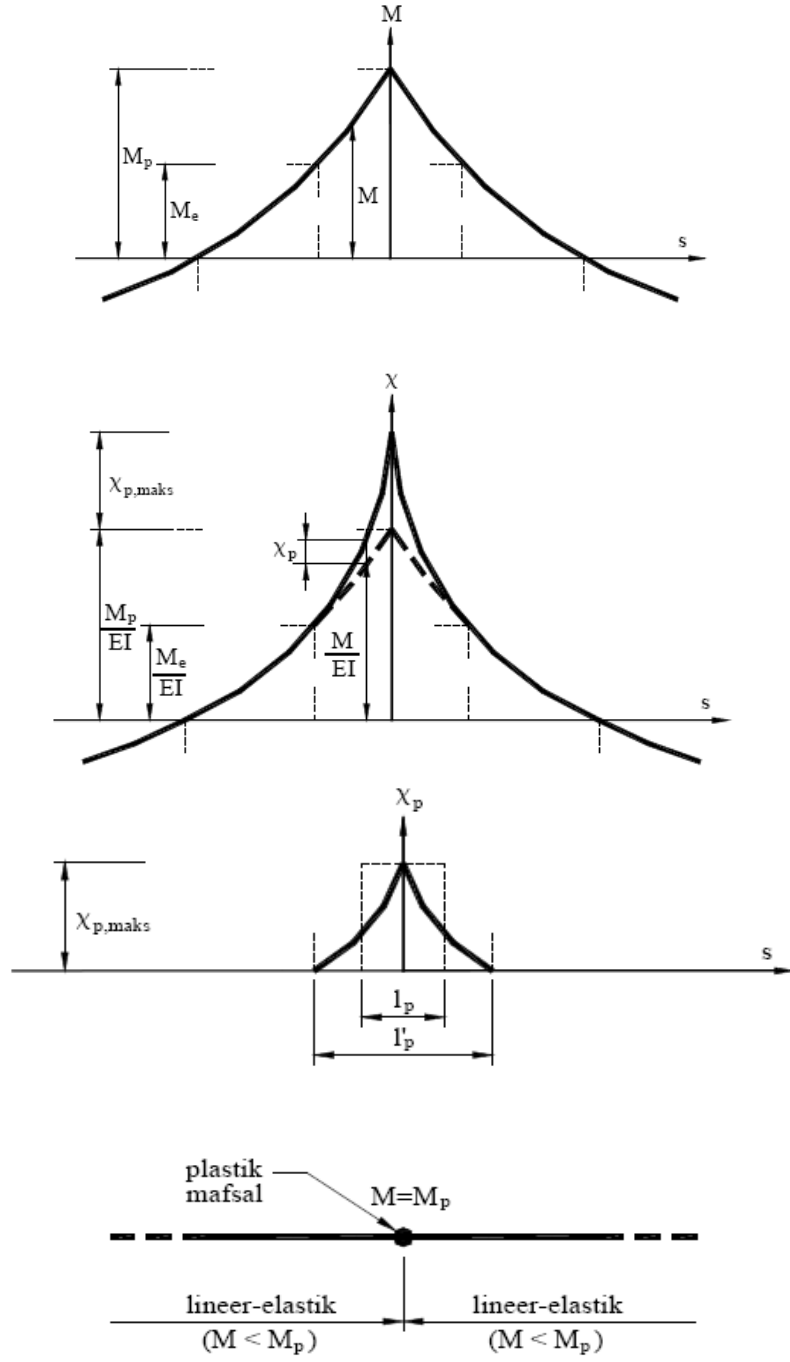


Şekil 2.12 Eğilme momenti - eğrilik diyagramı

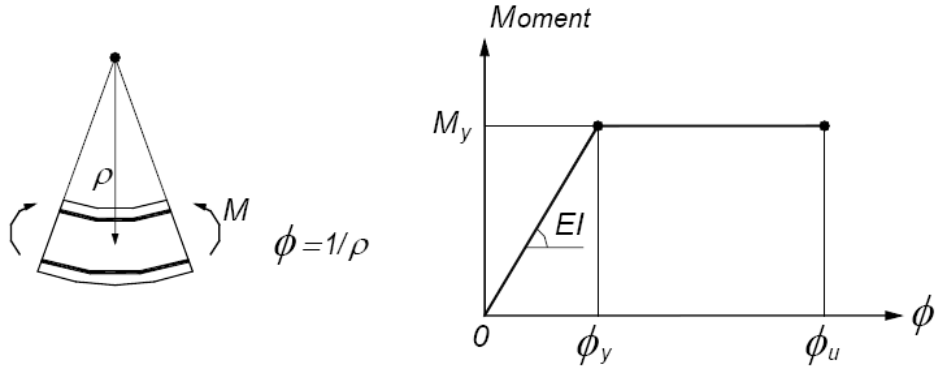
Plastik mafsalsal hipotezinde, çubuk elemanı üzerinde l'_p uzunluğundaki bir bölgeye yayılan doğrusal olmayan (plastik) şekil değiştirmelerin, plastik mafsalsal olarak tanımlanan bir noktada toplandığı varsayılmaktadır. Plastik mafsalsalın φ_p dönmesi ise,

$$\varphi_p = \int_{l'_p} X_p ds \quad (2.8)$$

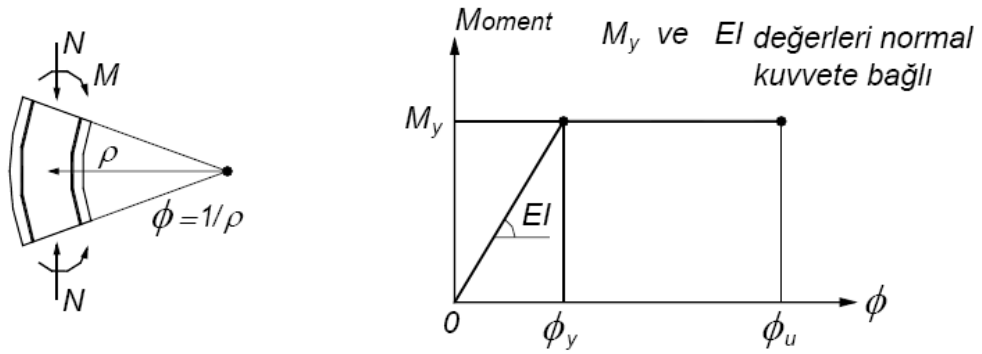
olarak tanımlanmaktadır.



Şekil 2.13 Kirişin eğilme momenti büyük olan bir bölgesinde doğrusal olmayan şekil değiştirmeler



Şekil 2.14 Kirişlerde eğilme momenti-eğrilik ilişkisi



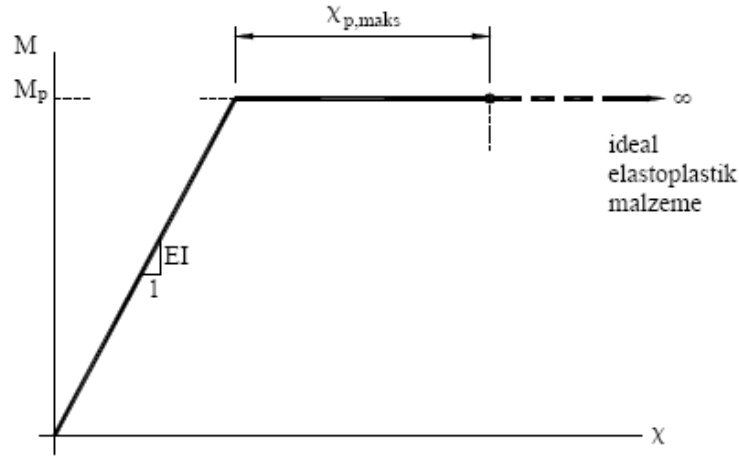
Şekil 2.15 Kolonlarda eğilme momenti-eğrilik ilişkisi

Plastik mafsal hipotezinin uygulanması, gerçek eğilme momenti – eğrilik bağıntısının iki doğru parçasıyla idealleştirilmesi ile mümkün olmaktadır.

$$M \leq M_p \quad \text{için} \quad X = \frac{M}{EI} \quad (2.9)$$

$$M = M_p \quad \text{için} \quad X \rightarrow X_{p,maks} \quad (2.10)$$

Plastik mafsal hipotezinde, eğilme momenti-eğrilik bağıntısı, Şekil 2.16'da gösterildiği gibi biri yatay olmak üzere iki doğru parçası ile idealleştirilmektedir. Bu iki doğru kesin bir nokta ile birbirinden ayrılmamasına rağmen, çekme donatısının akmaya erişmesi ve betondaki birim kısalmanın ε_{cu} sınır değerine ulaşması, bu iki doğrusal davranışı birbirinden ayıran nokta olarak kabul edilebilmektedir [8].



Şekil 2.16. İdealleştirilmiş eğilme momenti-eğrilik bağıntısı

Dış yüklerin artmasıyla plastik mafsallın dönmesi de artarak dönme kapasitesi adı verilen bir sınır değere eşit olunca, meydana gelen büyük plastik şekil değiştirmeler nedeniyle kesit kullanılamaz hale gelir. Plastik mafsall dönmelerinin yapı sisteminin bir veya daha çok kesitinde dönme kapasitesine ulaşması ile kesit kullanılamaz hale gelir.

Dönme kapasitesi

$$maks\varphi_p = \int_{l_p} x_p ds \quad (X \rightarrow X_{p,maks}) \quad (2.11)$$

olarak tarif edilir ve eğilme momenti diyagramının şekline ve $M - \chi$ bağıntısına bağlı olarak belirlenir.

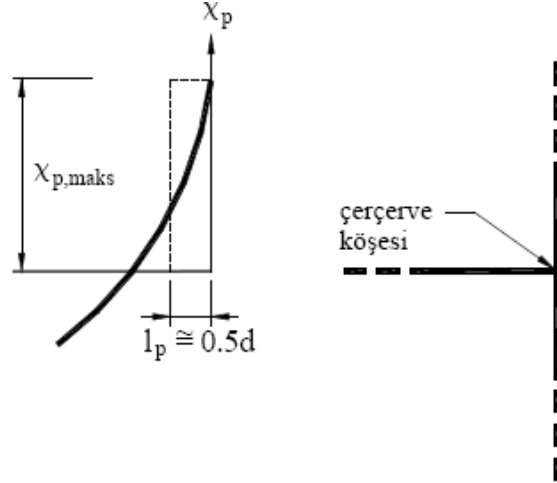
Dönme kapasitesinin yaklaşık olarak hesabı denklem (2.12) ile yapılabilmektedir.

$$maks\varphi_p = l_p x_{p,maks} \quad (2.12)$$

Burada l_p plastik bölge uzunluğunu (plastik mafsall boyu) göstermektedir ve yaklaşık olarak,

$$l_p \cong 0,5d \quad (2.13)$$

formülü ile (d : en kesit yüksekliği) hesaplanır, Şekil 2.17.



Şekil 2.17. Plastik mafsalsal boyu

Plastik mafsalsal dönmelerini etkileyen çeşitli etkenler aşağıda verilmiştir. Bunların en önemlileri

- Betonarme betonu ve beton çeliğinin $\sigma - \varepsilon$ diyagramlarını belirleyen ε_{cu} ve ε_{su} sınır birim boy değişimleri,
- Betonarme betonunun ε_{cu} birim boy değişmesini etkileyen sargı donatısının miktarı, şekli ve yerleşim düzeni,
- Plastik bölge uzunluğunu etkileyen en kesit boyutları,
- Eğilme momenti diyagramının şekli,
- Yapı elemanının normal kuvvetinin büyüklüğüdür.

Çelik yapı sistemlerinin dönme kapasitesi betonarme yapı sistemlerine göre daha büyük değerler almaktadır. Diğer taraftan, performansa dayalı tasarım ve değerlendirme yöntemlerinde, dönme kapasitesinin belirlenmesinde yapıdan beklenen performans düzeyi de etkili olmaktadır.

2.5.1. Plastik Mafsalsal Hipotezinin Esasları

1- Bir kesitte plastik mafsalsal oluşması için o kesitteki eğilme momentinin M_p plastik moment değerine eşit olması gerekir. Kesitteki eğilme momenti $M = M_p$ 'ye eşit olunca taşıyabileceği en büyük moment değerine ulaşmış demektir. Bundan sonra kesit

daha fazla moment taşıyamaz ve serbestçe döner. Kesitte oluşan φ_p plastik dönmesi *maks* φ_p 'ye ulaşıncaya kesit dönme kapasitesine erişir ve kullanılamaz duruma gelir.

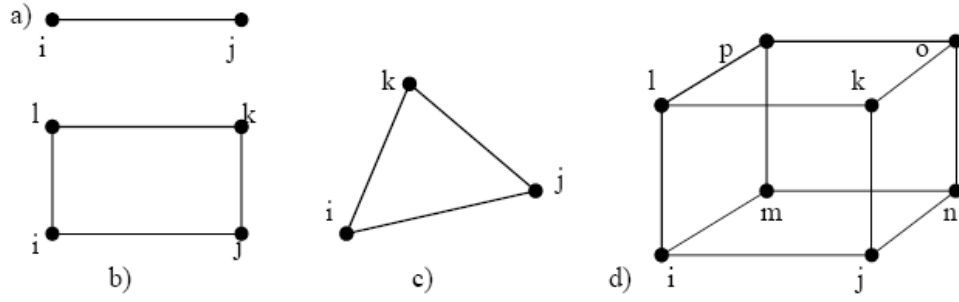
2- Plastik mafsallar genellikle taşıyıcı elemanların uç kısımlarında ve orta noktalarında oluşur. Fakat sistemin stabilitesini etkileyen mafsallar uç noktalardaki mafsallardır. Uç noktalar arasında kalan sistem ise doğrusal - elastik olarak davranır.

3- Bilindiği gibi düşey taşıyıcı elemanlar (kolonlar ve perdeler) normal kuvvet etkisi kadar eğilme momenti etkisi altındadır. Yönetmeliklerde bu elemanların boyutlandırılmasında sadece normal kuvvet etkisinin alınmasını yasaklamıştır. Bu yüzden bu elemanlarda plastik mafsal hesabı yapılırken kesite M_p plastik momenti yerine, kesitteki N normal kuvvetine bağlı olarak akma koşulundan bulunan indirgenmiş plastik moment M_p' değeri esas alınır [8].

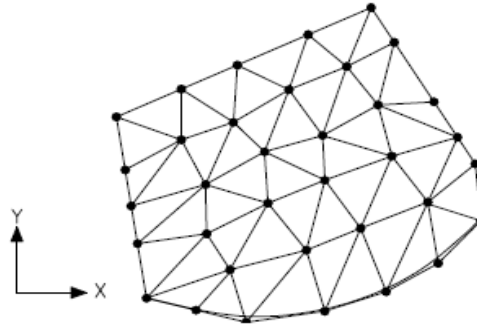
3. SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ

Sonlu ve sınır elemanlar yöntemi son zamanların en yaygın hesaplama yöntemleri arasında yer almaktadır. Bu yöntemler, bilgisayarların hızlı gelişimine paralel olarak gelişen sayısal yöntemler içerisinde önemli bir yer tutmaktadır. Mühendislik problemlerinin analitik çözümlerinde basitleştirilmiş matematik modeller kullanılarak çözümler elde edilmektedir. Ancak uygulamada karşılaşılan pek çok mühendislik problemi için analitik çözüm yöntemlerinin kullanılması, her zaman mümkün değildir. Bu çalışmada, sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak bir binanın doğrusal olmayan çözümleri elde edilmiştir.

Sonlu elemanlar yönteminin esası; çözüm aranan yapıyı, bölgeyi veya cismi geometrisi bilinen çok sayıda küçük sonlu elemanlara bölerek dikkate alınan ortamın matematiksel modeli kurulmaktadır. Bir, iki ve üç boyutlu (Şekil 3.1) olabilen bu elemanlar düğüm noktası adı verilen noktalarla birbirlerine bağlanmakta ve bu kısımlar için serbestlik derecesi adı verilen büyüklükler için süreklilik şartının olduğu kabulüne dayanmaktadır. Sonlu elemanların oluşturduğu matematiksel modelin geometrisi ise “sonlu eleman ağ sistemi” olarak adlandırılmaktadır. Düzensiz geometriye sahip bir ortamın iki boyutlu üçgen sonlu elemanlardan oluşan ağ sistemi Şekil 3.2’ de görülmektedir. Ortama ait matematiksel modelde, yer değiştirme, dönme, basınç, ısı v.b. büyüklükler için süreklilik ve sınır şartları tanımlanarak çözümlere ulaşılmaktadır. Bu büyüklüklerin her biri ise seçilen eksen takımına bağlı olarak serbestlik derecesi olarak adlandırılmaktadır. Yapı analizlerinde genelde yer değiştirme ve dönme serbestlik dereceleri kullanılmaktadır. Bu serbestlik dereceleri eleman içerisinde yer alan lokal koordinatlarda fonksiyonlar yardımıyla tanımlanmaktadır. Bu fonksiyonlara ise “Şekil fonksiyonları” adı verilmektedir. Sonlu elemanlar yöntemindeki yaklaşım ise ortamın geometrisinin tam olarak sonlu eleman ağ sistemi ile modellenmesine bağlıdır. Sonlu elemanlar yöntemiyle yapı analizleri için malzeme ve geometrik olarak doğrusal ve doğrusal olmayan davranışlar, statik ve dinamik yüklemeler ile değişken sınır şartları gibi karmaşık çözümler yapılabilir. Ancak çözümlerde ortamın modellenmesi için kullanılan toplam serbestlik derecesi sayısının büyümesi ile çözüm zamanı artmakta olup daha büyük kapasiteli bilgisayarlar kullanılmasını gerektirmektedir [12, 13].



Şekil 3.1 a) Bir boyutlu, b) İki boyutlu dörtgen, c) iki boyutlu üçgen ve d) üç boyutlu dörtgen sonlu elemanlar.



Şekil 3.2 Üçgen sonlu elemanların oluşturduğu ağ sistemi.

3.1. Çözümlerde Kullanılan Sonlu Elemanlar

3.1.1. Üç Boyutlu Çerçeve Sonlu Elemanlar

Üç boyutlu çerçeve elemanları, uzay çerçeve eleman olarak adlandırılmakta olup çok katlı binaların üç boyutlu analizlerinde kullanılmaktadır. Üç boyutlu bina türü bir çerçeve sonlu eleman Şekil 3.3' de görülmektedir. Bu çerçeve elemanlar, iki düğüm noktasına sahip olup her bir düğüm noktası, üç yer değiştirme ve üç dönme olmak üzere 6 serbestlik derecesine sahiptir. Eleman yer değiştirme vektörü 12×1 boyutlarında olup lokal ve global eksenler için sırasıyla q' ve q olarak gösterilirse her iki vektör için,

$$q' = Lq \quad (3.1)$$

eşitliği yazılabilir. Burada L bir dönüşüm matrisi olup,

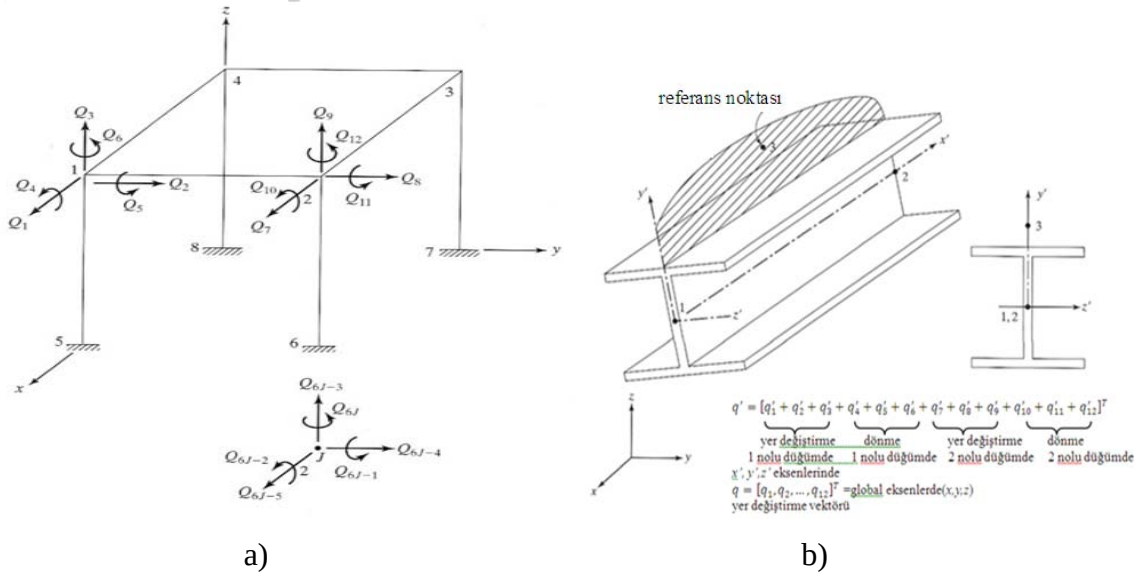
$$\mathbf{L} = \begin{bmatrix} \lambda & & 0 \\ & \lambda & \\ 0 & & \lambda \end{bmatrix} \quad (3.2)$$

$$\lambda = \begin{bmatrix} l_1 & m_1 & n_1 \\ l_2 & m_2 & n_2 \\ l_3 & m_3 & n_3 \end{bmatrix} \quad (3.3)$$

$$l_1 = \frac{x_2 - x_1}{l_e} \quad m_1 = \frac{y_2 - y_1}{l_e} \quad n_1 = \frac{z_2 - z_1}{l_e} \quad (3.4)$$

$$l_e = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2} \quad (3.5)$$

denklemleri ile hesaplanmaktadır.



Şekil 3.3. Üç boyutlu bir çerçeve sisteminin a) serbestlik dereceleri ve b) eleman (lokal) koordinat eksen takımı.

Lokal koordinatlarda eleman rijitlik matrisi ise,

$$\mathbf{k}' = \begin{bmatrix} AS & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -AS & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ & a_{z'} & 0 & 0 & 0 & b_{z'} & 0 & -a_{z'} & 0 & 0 & 0 & -b_{z'} \\ & & a_{y'} & 0 & -b_{y'} & 0 & 0 & 0 & -a_{y'} & 0 & b_{y'} & 0 \\ & & & TS & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -TS & 0 & 0 \\ & & & & c_{y'} & 0 & 0 & 0 & b_{y'} & 0 & d_{y'} & 0 \\ & & & & & c_{z'} & 0 & b_{z'} & 0 & 0 & 0 & -b_{z'} \\ & & & & & & AS & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ & & & & & & & a_{z'} & 0 & 0 & 0 & -b_{z'} \\ & & & & & & & & c_{y'} & 0 & b_{y'} & 0 \\ & & & & & & & & & TS & 0 & 0 \\ & & & & & & & & & & c_{y'} & 0 \\ & & & & & & & & & & & c_{z'} \end{bmatrix} \quad (3.6)$$

eşitliği ile elde edilmektedir. Eşitlikte yer alan simgeler;

$AS=EA/l_e$, $TS=GJ/l_e$, $a_{z'}=12EI_z/l_e^3$, $b_{z'}=6EI_z/l_e^3$, $c_{z'}=4EI_z/l_e$, $d_{z'}=2EI_z/l_e$, $a_{y'}=12EI_y/l_e^3$ vs.'dir.

Burada E, elastisite modülünü, G, kayma modülünü belirtmekte olup. I_y ve I_z , sırasıyla y' ve z' eksenleri etrafındaki atalet momentlerini, J ise burulma momentini göstermektedir. Lokal koordinatlarda elde edilen rijitlik matrisinin global koordinatlara dönüşümü için,

$$\mathbf{k} = \mathbf{L}^T \mathbf{k}' \mathbf{L} \quad (3.7)$$

bağıntısı kullanılmaktadır. Lokal koordinatlardaki eleman yük vektörü ise,

$$\mathbf{f}' = \left[0, \frac{w_{y'} l_e}{2}, \frac{w_{z'} l_e}{2}, 0, \frac{-w_{z'} l_e^2}{12}, \frac{w_{y'} l_e^2}{12}, 0, \frac{w_{y'} l_e}{2}, \frac{w_{z'} l_e}{2}, 0, \frac{w_{z'} l_e^2}{12}, \frac{-w_{y'} l_e^2}{12} \right]^T \quad (3.8)$$

denklemleri ile tanımlanmaktadır. Burada w_y ve w_z sırasıyla eleman y' ve z' lokal eksenleri üzerinde etkiyen düzgün yayılı yükleri göstermektedir. Lokal koordinatlarda elde edilen yük vektörünün global koordinatlara dönüşümü için,

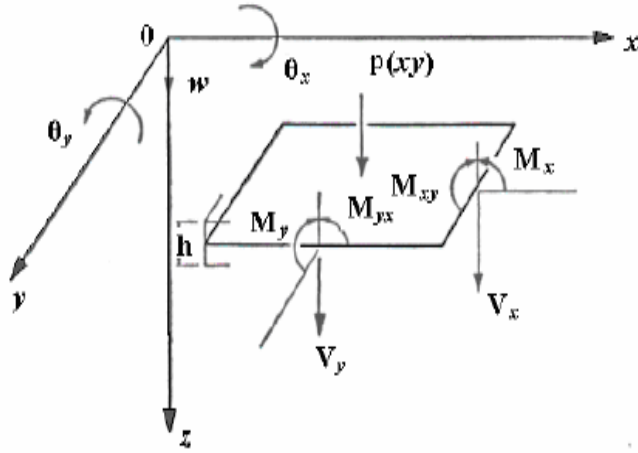
$$\mathbf{f} = \mathbf{L}^T \mathbf{f}' \quad (3.9)$$

eşitliğinden faydalanılmaktadır.

3.1.2. Plak Sonlu Elemanlar

Plaklar, orta düzlemine dik olarak yüklenen iki boyutlu düzlemsel taşıyıcılardır. Kalınlıkları diğer iki boyutu yanında küçük olan ve bu suretle iki boyutlu olarak hesap edilen plaklara ince plak denir. Kalınlığın ortasından geçen düzleme plak orta düzlemi denir.

Aşağıdaki Şekil 3.4’de (zox) düzleminde bulunan ve (z) doğrultusunda (p) yükü ile yüklenmiş bir plakta yer değiştirme ve iç kuvvetler, pozitif yönleri ile gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Eğilme etkisindeki ince plakta yer değiştirme ve iç kuvvetler

İnce plakta gerilme şekil değiştirme bağıntıları aşağıdaki gibidir.

$$M_x = -D \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) \quad (3.10a)$$

$$M_y = -D \left(\nu \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) \quad (3.10b)$$

$$M_{xy} = M_{yx} = -D(1 - \nu) \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \quad (3.10c)$$

$$V_x = -D \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) \quad (3.11a)$$

$$V_y = -D \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) \quad (3.11b)$$

$$D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)} \quad (3.12)$$

Plak diferansiyel denklemi;

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = \frac{q - Kw}{D} \quad (3.13)$$

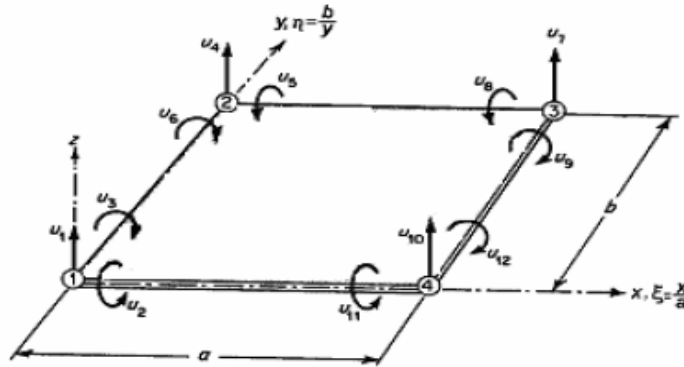
olup, burada K [kN/m³] yatak katsayısıdır.

İnce plakların eğilmesi problemi için kullanılabilecek bir sonlu eleman modeli her bir düğüm noktasında en az üç adet serbestlik bulundurur. Bunlar Şekil 3.5’de verilmiş olup düğüm noktasının çökmesi ve iki eksen etrafında dönmesidir. (i) düğüm noktası yer değiştirme vektörü (3.14a) bağıntısı ile, dönmeleri çökmelere bağlayan ilişkiler (3.14b) ve (3.14c) ile verilmiştir. Plak probleminin, şekil değiştirme vektörü (3.15), eğriliklerden gerilme vektörü (3.16) ise momentlerden ibarettir.

$$\{a_i^e\} = \{W_i \ \theta_{xi} \ \theta_{yi}\}^T \quad (3.14a)$$

$$\theta_x = \frac{\partial w}{\partial y} \quad (3.14b)$$

$$\theta_y = -\frac{\partial w}{\partial x} \quad (3.14c)$$



Şekil 3.5 12 serbestlik dereceli plak sonlu eleman koordinat eksenleri ve serbestlikleri

$$\{\varepsilon\} = \{\chi\} = \{\chi_x \ \chi_y \ \chi_{xy}\}^T = \begin{Bmatrix} -\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \\ -\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \\ -2\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \end{Bmatrix} \quad (3.15)$$

$$\{\sigma\} = \{M\} = \{M_x \ M_y \ M_{xy}\}^T \quad (3.16)$$

Elastisite matrisi 3.17 bağıntısı ile verilmiştir.

$$\{\sigma\} = [D]\{\varepsilon\} \quad (3.17)$$

Burada D,

$$[D] = D \begin{bmatrix} 1 & \nu & 0 \\ \nu & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-\nu}{2} \end{bmatrix} \quad (3.18)$$

(3.18) bağıntısı ile hesaplanmaktadır.

Bu bağıntılar yardımı ile plak sonlu elemanlar ifadeleri bulunur. Örneğin on iki serbestlikli dikdörtgen plak sonlu elemanında şekil fonksiyonlarının tanımlanması için on iki terimli çökme fonksiyonu seçilir. (3.19) bağıntısı ile verilen bu fonksiyon üçüncü dereceden tam polinoma ait tüm terimleri ihtiva ettiği gibi daha yüksek mertebeden iki terim daha bulundurulur.

$$u_e = w = a_1 + a_2x + a_3y + a_4x^2 + a_5xy + a_6y^2 + a_7x^3 + a_8x^2y + a_9xy^2 + a_{10}y^3 + a_{11}x^3y + a_{12}xy^3 \quad (3.19)$$

Şekil fonksiyonunun tanımı hatırlanırsa (3.10 a,b ve c) bağıntıları yardımıyla on iki serbestlik dereceli plak eleman için şekil fonksiyonları matrisi, [N] oluşturulur.

Bununla yer değiştirme fonksiyonu ;

$$\{u\} = w = [N]\{a\}^e \quad (3.20)$$

olarak yazılabilir.

Burada şekil fonksiyonları matrisi [N], (1x12)'lik bir matris olup, $\{a\}^e$ matrisi ise (12x1) boyutunda düğüm noktası uç serbestliklerinden oluşan eleman uç yer değiştirmeleri vektörüdür.

Bir düğüm noktasında yukarıda verilen; $(w \ \theta_x \ \theta_y)$ düğüm noktası serbestliklerine ek olarak $\left(\theta_{xy} = \partial^2 w / \partial x \partial y \right)$ serbestliğini de alıp 16 serbestlik dereceli dikdörtgen plak sonlu elemanını üretebilmek söz konusudur.

Yukarıda sözü edilen on iki serbestlik dereceli sonlu elemanlar ifadesi, ince plakların hesabında kullanılabilecek en basit eleman olup hemen hemen en fazla kullanılan plak sonlu eleman modelidir. Eleman doğrusal operatör matrisi $[\partial]$, şekil değiştime ve yer değiştime bağıntısı, $[B]$ matrisi ve gerilme şekil değiştime bağıntıları aşağıda verilmiştir.

$$\{\varepsilon\} = [\partial]\{u\} = [\partial][N]\{a\}^e = [B]\{a\}^e \quad (3.21)$$

$$\{\partial\} = \begin{pmatrix} -\frac{\partial^2}{\partial x^2} \\ -\frac{\partial^2}{\partial y^2} \\ -2\frac{\partial^2}{\partial x \partial y} \end{pmatrix} \quad (3.22)$$

$$[B] = [\partial][N] \quad (3.23)$$

$$\{\sigma\} = [D](\{\varepsilon\} - \{\varepsilon_o\}) + \{\sigma_o\} = [D][B]\{a\}^e - [D]\{\varepsilon_o\} + \{\sigma_o\} \quad (3.24)$$

Yukarıdaki bağıntılar yardımıyla genel formülasyona uygun olarak eleman rijitlik matrisi kolayca elde edilir.

$$[k]^e = \iint_A [B]^T [D] [B] dx dy \quad (3.25)$$

Eleman bazında;

$$[k]^e \{a\}^e = \{f\}^e \quad (3.26)$$

yazılabilir. Burada ;

$$\{f\}^e = \{f\}_{\varepsilon_o}^e - \{f\}_{\sigma_o}^e + \{f\}_q^e + \{f\}_{PL}^e \quad (3.27)$$

olup dış etkilere ait bileşenlerin integral ifadeleri aşağıda verilmiştir:

$$\{f\}_q^e = \iint_A [N]^T q dx dy , \quad (3.28)$$

$$\{f\}_{\varepsilon_o}^e = \iint_A [B]^T [D] \{\varepsilon_o\} dx dy , \quad (3.29)$$

$$\{f\}_{\sigma_o}^e = \iint_A [B]^T [\sigma_o] dx dy \quad (3.30)$$

$$\{f\}_{PL}^e = \Sigma [N]^T \{f\}_p \quad (3.31)$$

Eleman gerilme matrisi, $[S]$,

$$[S] = [D][B] \quad (3.32)$$

olarak elde edilir. Tüm sistem için denge denklemleri aşağıdaki gibi yazılır:

$$[K]\{a\} = \{f\} + \{R\} \quad (3.33)$$

Burada $[K]$ sistem rijitlik matrisi, $\{a\}$ tüm düğüm noktalarındaki serbestlikleri (bilinmeyenleri) içeren vektör, $\{f\}$ elemanların üzerindeki yüklerin düğüm noktalarına olan katkılarının eklenmesiyle oluşturulan vektör, $\{R\}$ ise doğrudan sistem düğüm noktalarına etki ettirilen yüklerden oluşan vektörü göstermektedir.

Bu çalışmada, kat çerçevesinin doğrusal olmayan statik analizlerinin elde edilmesinde SAP 2000 paket programı kullanılmıştır.

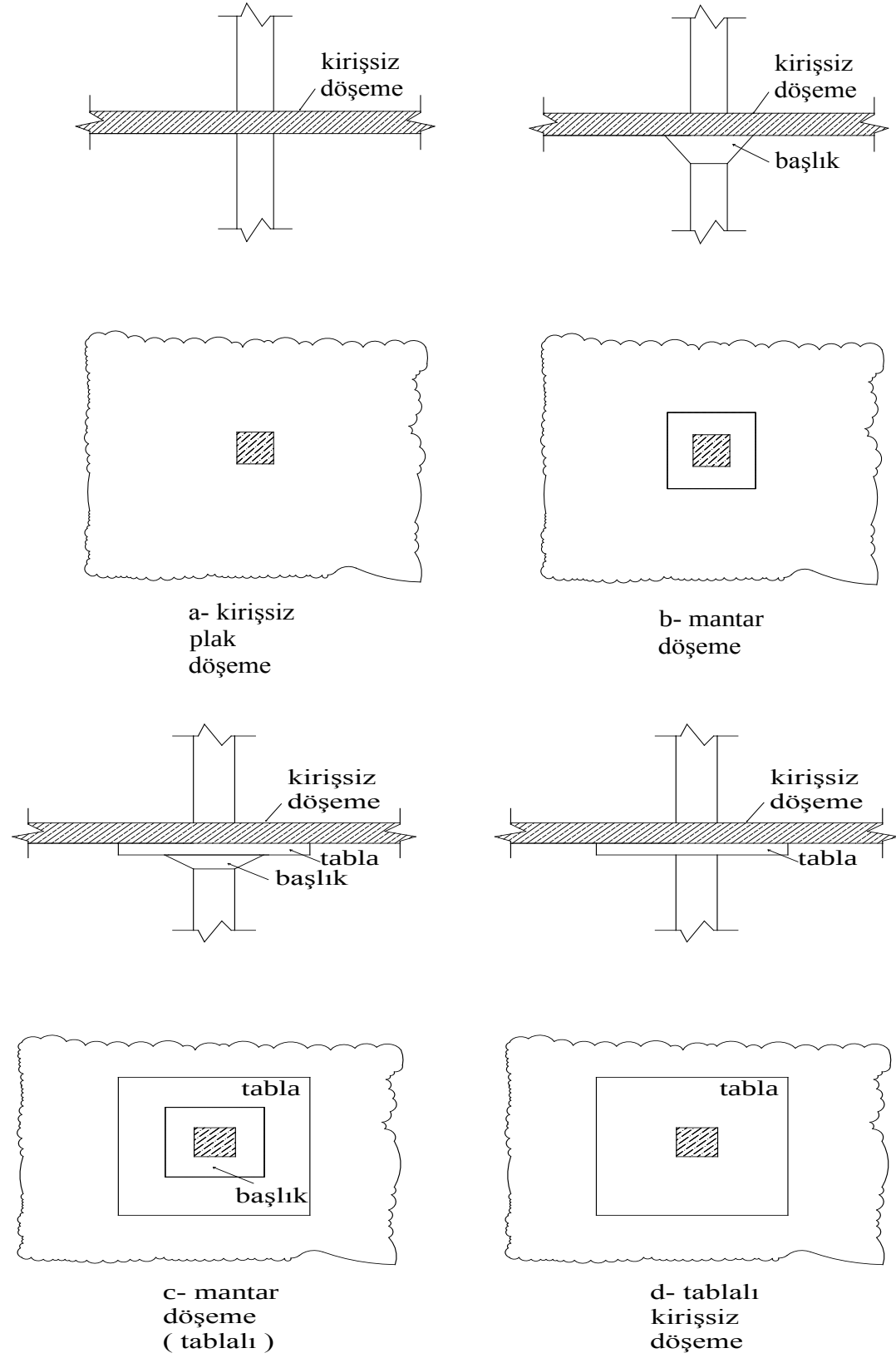
4. BETONARME KİRİŞSİZ DÖŞEMELER VE ANALİZ YÖNTEMLERİ

Döşemeler iki boyutlu taşıyıcı elemanlar olup, taşıdıkları yükleri çevre duvarlarına veya kirişlere iletirler. Doğrudan kolonlara mesnetli döşemelerde, yükler döşemeden kolonlara geçer. Döşemeler yatay doğrultuda yer aldığı için yapıların kat aralarını belirler ve yapıyı yatay yüklere karşı rijitleştirir. Mesnet durumuna bağlı olarak yükünü bir veya iki doğrultuda ileten bu tür döşemeler *Kirişli Plak Döşemeler* olarak isimlendirilir. Ana kirişlere mesnetli sık paralel kirişler sistemi diğer döşeme türünü meydana getirir. Sık paralel kirişler, dış olarak bilindiği için bu tür döşeme sistemleri *Dişli Döşemeler* olarak isimlendirilir. Bu tür döşemelerde yük dişler doğrultusunda mesnet kirişlere iletilir. *Kirişsiz Döşemeler* ise, kiriş olmaksızın doğrudan kolona mesnetli döşeme türünü oluştururlar [14].

TS 500 (2000)'e göre; kirişsiz olarak doğrudan doğruya kolon veya perdelerle oturan ve bunlarla eğilmeye dayanıklı birleşimi sağlanmış iki doğrultuda donatılı sürekli plaklar **kirişsiz döşeme** olarak adlandırılır. [15].

Kolon başlarında yoğunlaşmış etkileri karşılamak için genellikle bir başlık veya tabla teşkil edilir. Bu çeşit teşkillerde istenen mimari görüntü ve kalıp maliyetinin düşük tutulması sağlanamamaktadır. Başlık veya tabla teşkil edilmesine göre kirişsiz döşemeler “mantar döşeme” ve “kirişsiz plak döşeme” ismini alır [16]. Kirişsiz döşeme çeşitleri (Şekil 4.1),

- a. Kirişsiz plak döşeme
- b. Başlıklı kirişsiz döşeme (Mantar döşeme)
- c. Tablalı başlıklı kirişsiz döşeme
- d. Tablalı kirişsiz döşeme
- e. Sürekli tablalı kirişsiz döşeme'dir.



Şekil 4.1. Kirişsiz döşeme en kesit ve plan görünüşleri

Kirişli döşemelerde bölme duvarlarının kirişlerin geçtiği akslar üzerinde yer alması gerekeceğinden kat planında ileride değişikliğe gidilmesi çoğu zaman söz konusu değildir. Kirişli döşemeli sistemlerde kiriş yüksekliği serbest kat yüksekliğini düşürecektir. Kirişli döşemelerde tavandan ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme kanalları gibi herhangi bir tesisatın geçmesi tesisatın kiriş alt seviyesinden geçmesi anlamı taşıdığından bu durum da ayrıca kat yüksekliğinin azalmasına neden olacaktır. Bu tür unsurlar mekanların rahat ve etkin kullanılmasını engelleyen unsurlardır. Oysa kirişsiz döşemeli sistemlerde ileride ortaya çıkabilecek gereksinimler doğrultusunda mimari kat planında birbirinden farklı mimari çözümlere gidilmesi söz konusu olabilir. Düz bir tavan elde edilmiş olduğu için tesisatlar kat yüksekliğini azaltmadan geçilebilir. Böyle durumlarda kirişsiz plak döşemelerin seçimi uygun olacaktır. Mantar döşemeler ise ağır yüklerin söz konusu olduğu durumlarda kullanılabilir. Depolar, garajlar, sergi salonu gibi binalar için uygun bir sistemdir [10,17,18].

Düşey ve yatay yüklerin taşınmasında, kolonlarla bunları birleştiren döşeme şeritlerinin oluşturacağı çerçeveler etkili olur. Yükü düzgün bir şekilde düşey taşıyıcı elemanlara iletmek için düşey taşıyıcı elemanların düzgün oluşturulan eksenler üzerinde bulunması şarttır [19].

Kirişsiz döşemelerde önemli bir nokta, döşemeden yüklerin kolona iletilmesi sırasında kolon başlarında oluşan zımbalama etkisidir. Kirişli döşemelerde yük kolona, döşemeye göre en kesiti büyük olan kirişlerle iletildiği için böyle bir durum sorun olarak ortaya çıkmaz. Kirişsiz döşemelerde plak kalınlığının belirlenmesinde genellikle zımbalama dayanımı etkili olur. Yük iletimini rahatlatmak için bu bölgede plak kalınlığını yerel olarak kalınlaştırılarak kolonlarda başlık oluşturulur. Yurdumuzda meydana gelen döşeme hasarlarından çoğunluğu, kirişsiz döşemelerin başlık bölgesinde yeterli kalınlığın sağlanmamasından, donatının yoğun olmasından dolayı bu bölgede betonun yeterli sıklıkta yerleştirilmemesinden veya betonda yeterli mukavemet oluşmadan kalıbın alınmasından ortaya çıkmaktadır. Zımbalama göçmesi çok gevrek bir güç tükenmesi türü olduğu için göçen kat bir alt kata hızla düştüğü için, bu tür olaylar taşıyıcı sistemin ani yıkılmasına ve can kaybına neden olur. Kenar kolonlarla orta kolonlar karşılaştırıldığında zımbalama yükü orta kolonlarda daha büyük ise de, orta kolonlarda yükün iletimi için kullanılan zımbalama çevresi de büyüktür ve ayrıca moment etkisi kenar kolonlara göre daha küçüktür. Kenar ve özellikle köşe kolonlarda, kolonlara iletilen momentin büyük olması nedeniyle zımbalama etkisi daha önemli olur. Ayrıca etkilerin iletilmesinde

kullanılan zımbalama yüzeyi daha küçüktür. Bu nedenle kenar ve köşe kolonlar da orta kolonlar kadar zımbalamaya hassastır. Genellikle bina çevresinde dış duvar bulunduğundan kirişlerin sarkması önemli bir sakınca oluşturmaz. Bu durumda kenar ve köşe kolonlarda zımbalama kritik bir etki olmaz. Bu nedenle kirişsiz döşeme uygulamasında da dış kolonları birleştiren bir çevre kirişinin düzenlenmesi önemle önerilir.

Kirişsiz döşemelerde kiriş türünden rijit elemanlar bulunmadığından düşey yer değiştirmenin kontrolü önemli olur. Bu nedenle büyük plak kalınlığının kullanılması gerekebilir. Kirişsiz döşemelerde döşeme plaklarının kareye yakın biçimde tutulmasıyla yükün iki doğrultuda eşite yakın yayılması ve sehimlerin küçük tutulması sağlanabilir [14].

İki doğrultuda çalışan kirişsiz döşemelerin kalınlığı, aşağıdaki değerden az olmamalıdır.

$$\triangleright h \geq \left\{ \frac{\ell_e}{30}; 200^{\text{mm}} \right\} \quad \text{TS 500'ün yaklaşık metoduna göre hesap yapılıyorsa} \quad (4.1)$$

$$\triangleright h \geq \left\{ \frac{\ell_n}{30}; 180^{\text{mm}} \right\} \quad \text{Tablasız kirişsiz döşeme, kesin metot kullanılıyorsa} \quad (4.2)$$

$$\triangleright h \geq \left\{ \frac{\ell_n}{35}; 140^{\text{mm}} \right\} \quad \text{Tablalı kirişsiz döşeme, kesin metot kullanılıyorsa} \quad (4.3)$$

Ayrıca kirişsiz döşeme kalınlığı olabildiğince zımbalama donatısı gerektirmeyecek biçimde seçilmelidir. İki doğrultuda çalışan kirişsiz döşemelerde, her bir doğrultuda 0,0015 den az olmamak koşulu ile iki doğrultudaki donatı oranlarının toplamı, S220 için 0,0040; S420 ve S500 için 0,0035 den az olamaz. Donatı aralığı ise, tablasız döşeme kalınlığının 1,5 katından ve kısa doğrultuda 200 mm, uzun doğrultuda 250 mm den fazla olamaz [15].

4.1. Kirişsiz Döşemelerin Analiz Yöntemleri

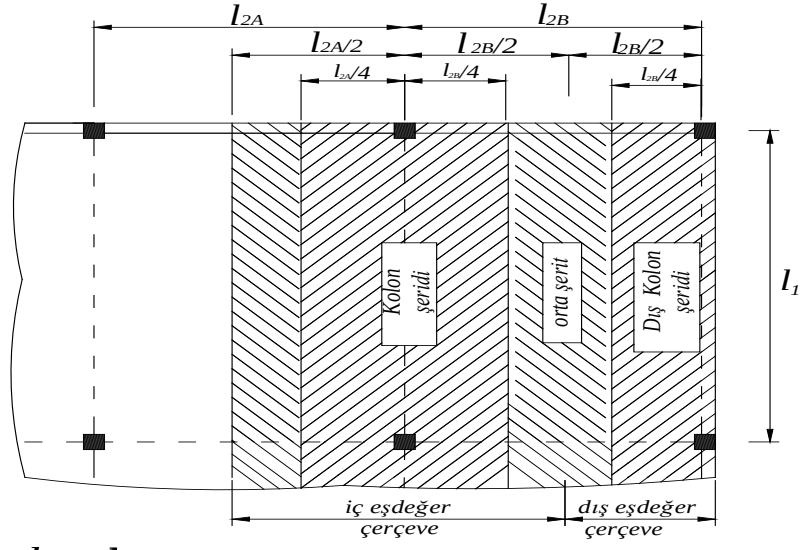
İki doğrultuda çalışan plakların hesabı geçerliliği kanıtlanmış bir yöntemle yapılmalıdır. Bu tür yöntemlerle kritik kesitler için bulunan tasarım zorlamaları dikkate alınarak taşıma gücü ve kullanılabilirlik sınır durumlar kontrol edilmelidir.

Plakların hesabında "*Eşdeğer Çerçeve Yöntemi*", "*Akma Çizgileri Yöntemi*" vb yöntemler kullanılabileceği gibi, açıklıkların birbirinden fazla farklı olmadığı veya daha kesin hesaba gerek duyulmadığı durumlarda, "*Moment Katsayıları Yöntemi*" ve "*Çerçeve Yöntemi*" kullanılabilir [15].

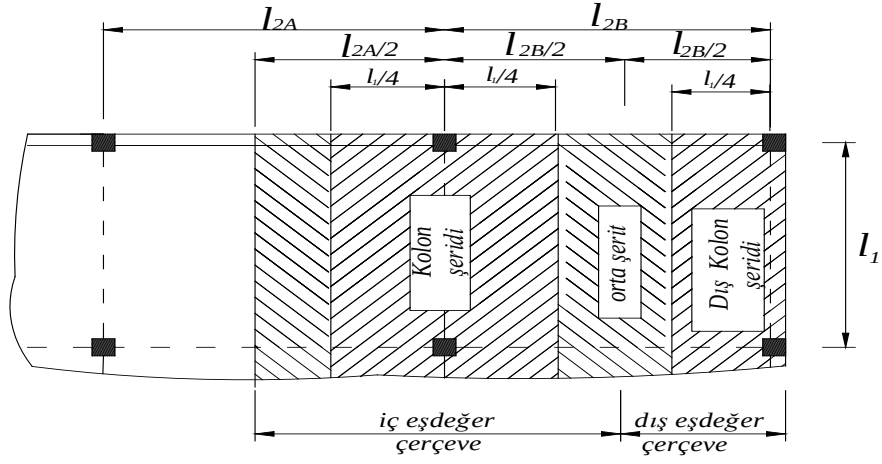
4.1.1. Eşdeğer Çerçeve Yöntemi

Eşdeğer Çerçeve Yöntemi'nde iki doğrultuda çalışan plakların bulunduğu üç boyutlu çerçeve sistemi, bir dizi iki boyutlu çerçeve sistemlerine dönüştürülüyor. Döşeme, giriş ve kolonlardan oluşan bu çerçeveler düşey yükler altında kat çerçevesi olarak göz önüne alınır ve taşıyıcı sistem çözümü yapılır. Eşdeğer Çerçeve Yöntemi, eşdeğer çerçevelerin bina yüksekliği boyunca ele alınması ve kesitlerin çatlamadan dolayı rijitlik değişimlerinin de hesaba katılması ile yatay yük çözümlenmesinde de kullanılabilir. Eşdeğer Çerçeve Yöntemi hem kirişli ve hem de kirişsiz döşemeler için, birbirine dik doğrultuda kolon eksenleri olan sistemlere uygulanır. Yöntemin başlangıcında döşeme kalınlığının, sehim kontrolünü sağlayacak şekilde seçilmesi uygundur. Ayrıca, kirişsiz döşeme durumunda kolon civarında zımbalama kontrolünün yapılarak donatıya ihtiyaç göstermeyecek bir döşeme kalınlığının ve kolon boyutunun belirlenmesi yerinde olur [10].

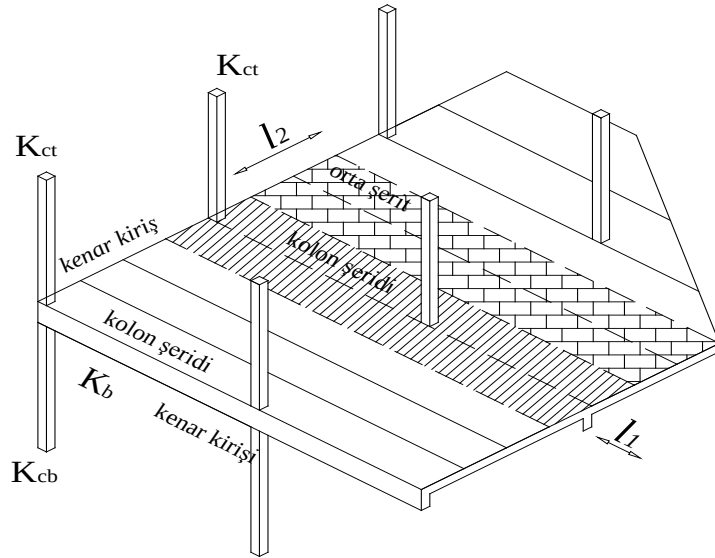
Her bir eşdeğer çerçeve kolon eksenlerinden geçen düzlemde bulunur ve dik doğrultuda kolonlar arasındaki açıklığın yarısına kadar uzanır. Kolonların planda içte veya dışta bulunmasına göre iç ve dış eşdeğer çerçeveleri ortaya çıkar. Şekil 4.2'de bir doğrultuda ortaya çıkan iç ve dış eşdeğer çerçeve gösterilmiştir. Çözümlemeye esas olan Eşdeğer Çerçeve, kolonları birleştiren eksen üzerinde bulunan kolon şeridi ve bunun dışında kalan orta şerit olmak üzere iki bölüme ayrılır. Hesap doğrultusundaki açıklık l_1 ve buna dik doğrultudaki açıklık l_2 ile, kolonların hesap doğrultusundaki boyutu c_1 ve buna dik boyutu c_2 olarak isimlendirilecektir. Kolon şeridinin genişliğinin belirlenmesinde iki doğrultudaki açıklıkların küçük olanı etkili olur ve $\min [l_1/2 ; (l_{2A}+l_{2B})/4]$ olarak belirlenir. Kolon şeridi, kolonları birleştirmesi, eğilme momentinin yoğunlaşması ve zımbalamanın bulunması bakımından, orta şeride göre daha çok zorlanır [10].



(a) $l_2 \leq l_1$

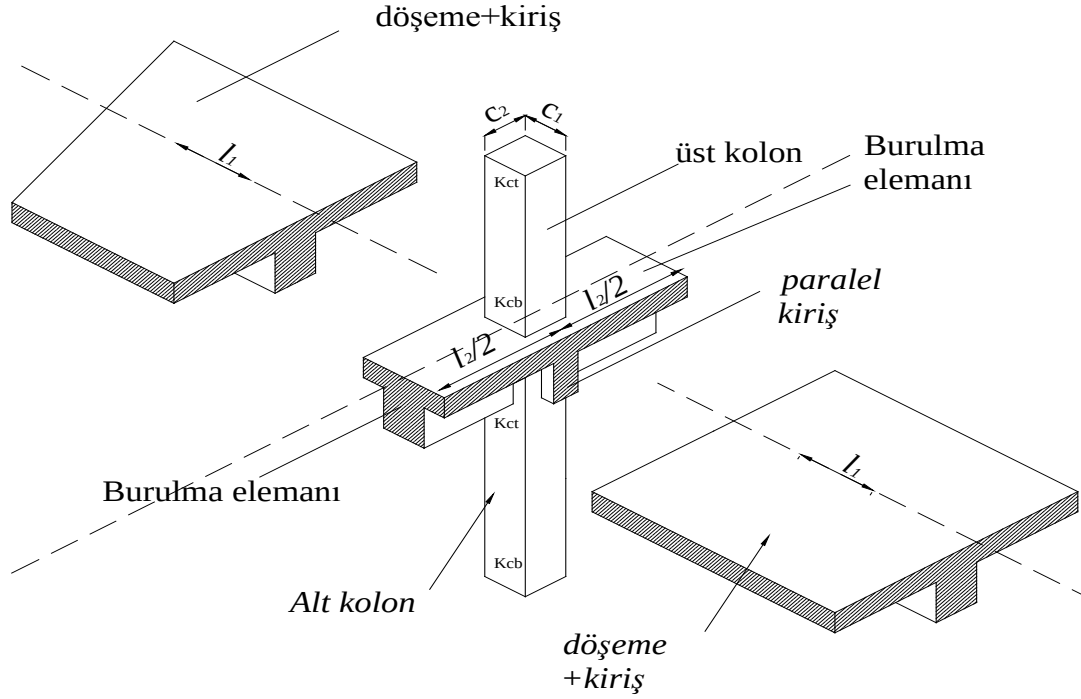


(b) $l_2 > l_1$



Şekil 4.2. Eşdeğer Çerçeve Yönteminde hesap şeritleri

Şekil 4.2’de görüldüğü gibi, eşdeğer çerçeve, çerçeve doğrultusunda döşeme ve kirişlerin oluşturduğu yatay taşıyıcı elemanlarla, düşey kolonlardan oluşur. Çerçeve düzlemine dik bulunan kirişler, burulma elemanı olarak isimlendirilir ve eğilme momentinin bu doğrultuda dağılmasında etkili olurlar. Yöntemin uygulanmasında ilk adım çerçeve elemanlarının eğilme rijitliklerinin belirlenmesidir [10].



Şekil 4.3. Eşdeğer çerçeve elemanları

Eşdeğer Çerçeve Yöntemiyle ilgili temel hususlar aşağıdaki gibi özetlenebilir.

1. Eşdeğer çerçeve kolonlar, döşeme+kiriş elemanı ve burulma elemanı olmak üzere üç farklı elemandan oluşmaktadır. Kirişli döşeme durumu için bu üç eleman Şekil 4.3’de görülmektedir. Döşeme sisteminin kirişsiz olması durumunda, gerek burulma, gerekse döşeme+kiriş elemanı sadece döşeme elemanlarından oluşacaktır.
2. Kısaca burulma elemanı olarak da adlandırılan, eşdeğer çerçeveye dik yönde kolona saplanan elemanın burulma rijitliği de dikkate alınmaktadır. Bu özellik Eşdeğer Çerçeve Yöntemini diğer birçok yönteme göre üstün kılmaktadır.
3. Momentler kritik kesitlere, bazı yöntemlerde olduğu gibi, genel katsayılarla dağıtılmayıp, elastik hesapla dağıtılmaktadır.

4. Döşeme boyutlarıyla ve yüklerin büyüklükleriyle ilgili herhangi bir sınırlama bulunmamaktadır.
5. Hesap yapılan aks boyunca, kolon başlığı gibi nedenlerle eylemsizlik momentindeki değişimler dikkate alınabilmektedir.
6. Sadece düşey yükler için uygulanabilir olmayıp, istenmesi halinde yatay yükler için de uygulanabilir.
7. Elverişsiz yüklemeler etkisinde momentlerin belirlenmesinde genellikle CROSS yöntemi kullanılmaktadır. Kısaltılmış CROSS olarak da adlandırılan BİRO Yönteminin kullanılması halinde, bu yöntemdeki açıklık ve yüklerle ilgili sınırlamaları göz önünde tutmak gerekmektedir.
8. Kirişle döşemenin her ikisi döşeme+kiriş elemanı olarak dikkate alınıp çözüm yapıldığından, hesaplanan momentler rijitlikleri oranında bu elemanlara paylaştırılarak, hem döşeme hem de kiriş ayrı ayrı boyutlandırılabilir. Bu durumda kirişler için ayrıca çözüm yapmaya gerek kalmayacaktır [17].

Betonarme ile ilgili hemen her kitapta bu yöntemle ilgili bilgileri bulmak mümkündür. Yöntemin ülkemizde yaygın olarak uygulanmamasının nedeni olarak, işlemlerin pratikte kullanılan yöntemlere göre daha uzun sürmesi söylenebilir.

Yapı eşdeğer çerçevelere ayrılır. Eşdeğer çerçevenin genişliği (l_2) kolon şeridi ile iki yarım orta şeridi kapsamaktadır. Kolon şeridi döşeme parçalarını varsa kirişleri kapsamaktadır. Orta şerit ise, kolon şeritleri arasında kalan döşeme kısımlarını kapsamaktadır.

Eylemsizlik momentleri, kirişsiz döşemelerde sadece döşeme kesitinde, kirişli sistemlerde ise döşeme + kiriş elemanın kesitinde, donatı dikkate alınmadan brüt beton kesitine göre hesaplanmaktadır. Söz konusu eylemsizlik momentleri mesnet (kolon/perde) yüzünden, mesnet ortasına kadar uzanan kısımda $(1-c_2/l_2)^2$ değerine bölünmesiyle, büyütülerek elde edilir. Başlıksız ve tablasız kirişsiz döşemelerde döşeme elemanının özellikleri Şekil 4.4’de verilmiştir. Bu şekildeki A-A kesiti dikdörtgen bir kesit olup, eylemsizlik momenti, h eğilme doğrultusundaki boyutu göstermek üzere,

$$I = \frac{l_2 * h_f^3}{12} \quad (4.4)$$

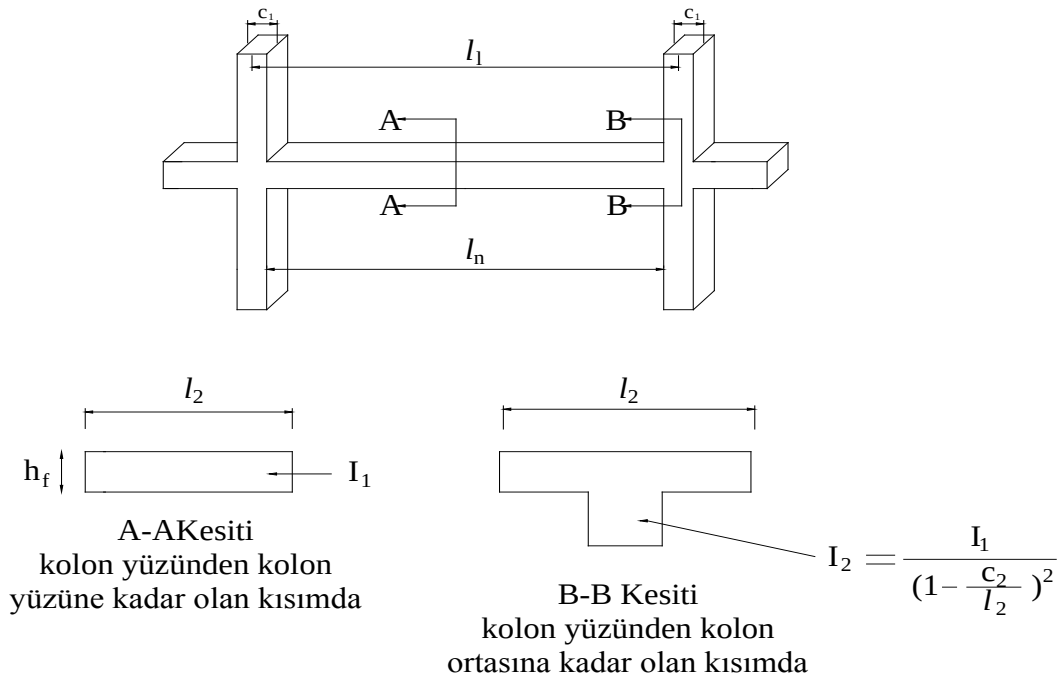
bağıntısıyla kolayca hesaplanabilmektedir. Tablalı kirişsiz döşemelerde döşeme elemanının özellikleri Şekil 4.5’de verilmiştir. Bu şekildeki B-B kesitinin eylemsizlik momenti dikdörtgenlere bölmek suretiyle hesaplanabileceği gibi tablalı kesitler için,

$$\zeta = \frac{1 + \left(\frac{l_2}{b_w} - 1\right) * \left(\frac{h_f}{h}\right) * \left[4 - 6 * \left(\frac{h_f}{h}\right) + 4 * \left(\frac{h_f}{h}\right)^2 + \left(\frac{l_2}{b_w} - 1\right) * \left(\frac{h_f}{h}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{l_2}{b_w} - 1\right) * \left(\frac{h_f}{h}\right)} \quad (4.5)$$

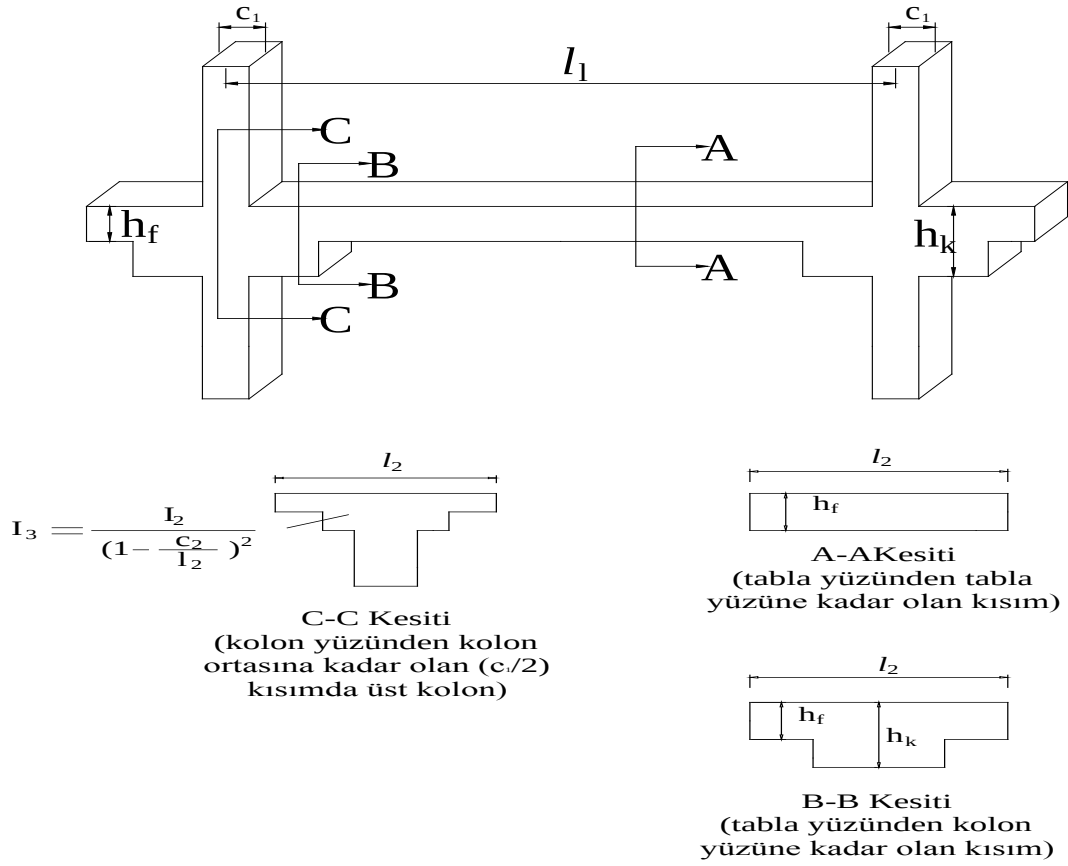
olmak üzere,

$$I_{dk} = \zeta * \frac{b_w * h_f^3}{12} \quad (4.6)$$

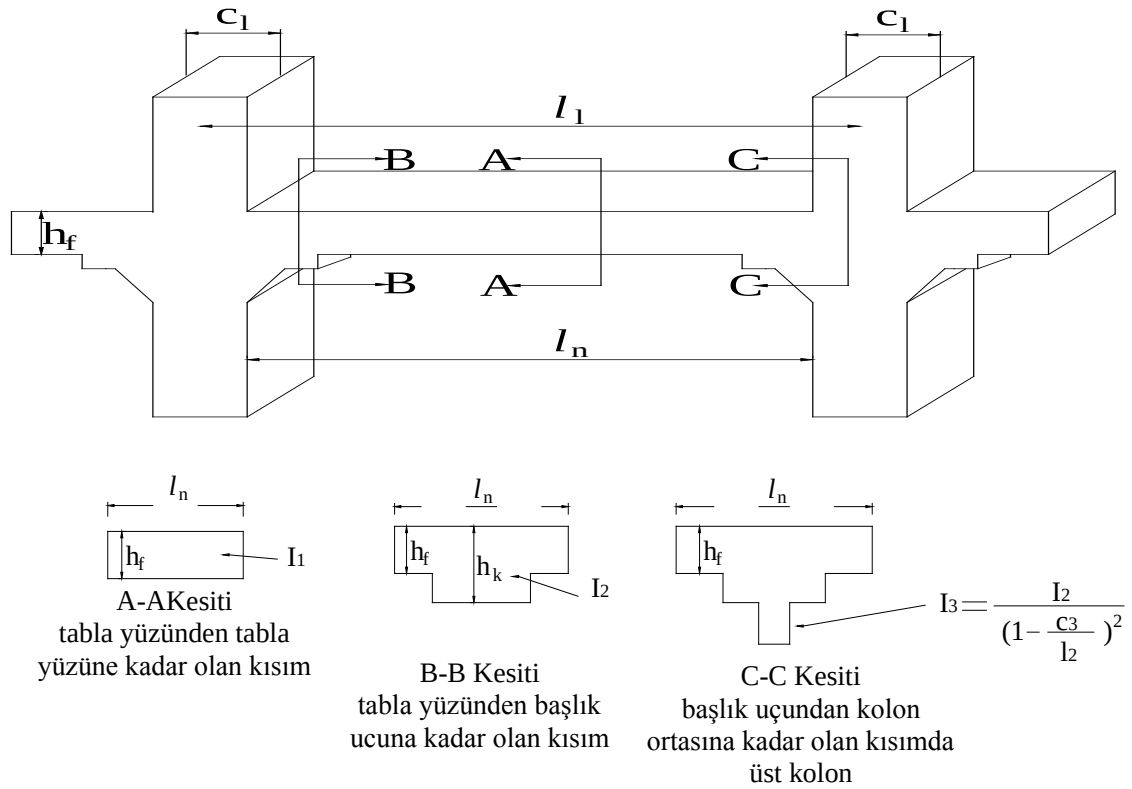
bağıntısıyla da hesaplanabilir. Tablalı başlıklı kirişsiz döşemelerde döşeme elemanının özellikleri Şekil 4.6 ‘da ve atalet momenti hesabı için karşılaşılabilecek tablalı kesitlere ait şekiller Şekil 4.7 de verilmiştir.



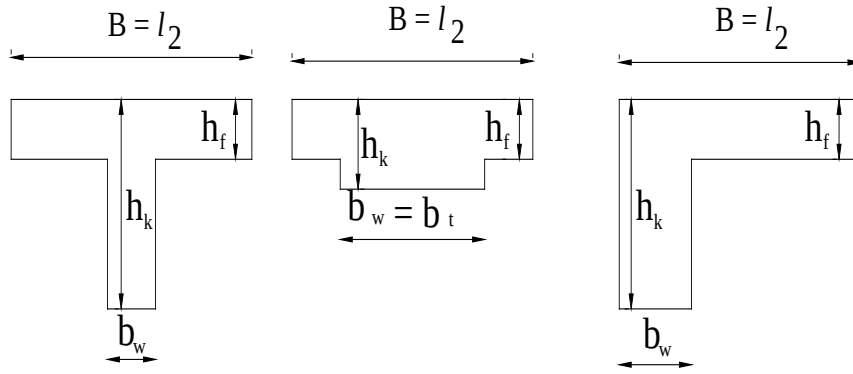
Şekil 4.4. Başlıksız ve tablasız kirişsiz döşemelerde döşeme elemanının özellikleri



Şekil 4.5. Tablalı kirişsiz döşemelerde döşeme elemanının özellikleri



Şekil 4.6. Başlıklı tablalı kirişsiz döşemelerde döşeme elemanının özellikleri



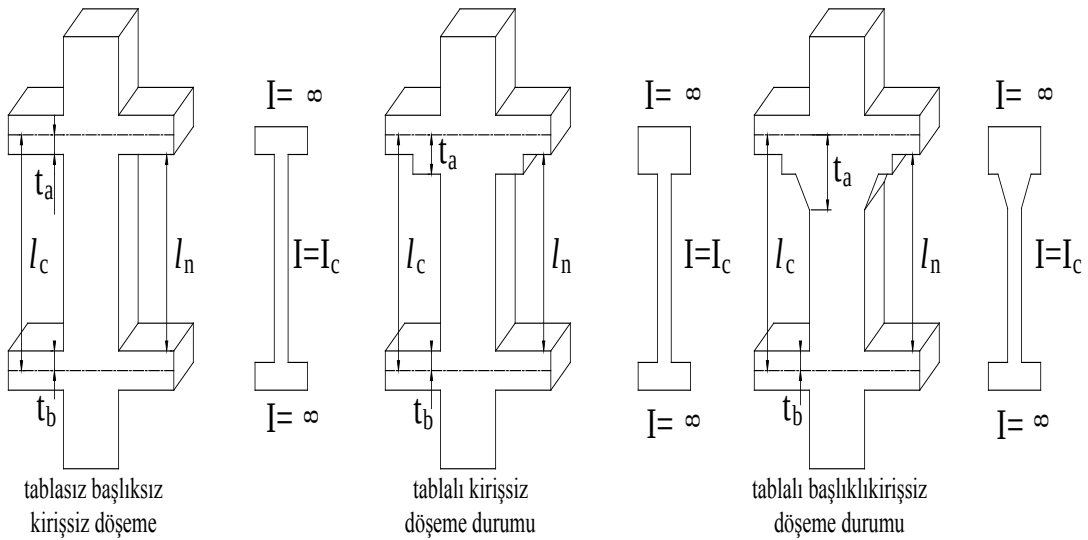
Şekil 4.7. Atalet momenti hesabı için karşılaşılabilecek tablalı kesitler

Gerek döşeme, gerekse döşeme+kiriş elemanının rijitliği; eylemsizlik momentleri hesaplandıktan sonra

$$K = k \frac{EI}{l_1} \quad (4.7)$$

bağıntısı ile hesaplanabilir. Bu bağıntıdaki k rijitlik katsayısı, kolon yüzünden kolon ortasına kadar olan rijitlik artımını da dikkate alacak şekilde, elemanın i ve j uçları için Ek Tablo 4.1.'den , kolonların rijitlik ve taşıma katsayıları ise Ek Tablo 4.2.'den alınır.

Kolon kesit atalet momentinin alt ve üst döşeme kalınlıkları ortası arasındaki l_c kolon yüksekliği boyunca değiştiği kabul edilir. Başlıklı kolonlarda atalet momentinin iki uçtaki değeri hesap edilip, arada doğrusal değişim kabul edilebilir. Döşeme+kiriş taşıyıcı elemanı içinde kalan kolon kısmında atalet momenti sonsuz rijit kabul edilir. Kolon rijitliği hesabı için dikkate alınacak kesitler ve özellikleri Şekil 4.8'de verilmiştir.



Şekil 4.8. Kolon rijitliği hesabı için dikkate alınacak kesitler ve özellikleri

Burulma elemanının rijitliğinin hesabında göz önüne alınacak genişlik, kolon veya varsa kolon başlığının çerçeve doğrultusundaki kesit boyutu ile çerçeveye dik doğrultuda kolona saplanan kiriş ve döşemenin oluşturduğu tablalı kesitten büyük olanı alınır. Eşdeğer çerçeveye dik bulunan burulma elemanlarının sık rastlanan kesitleri Şekil 4.9'da gösterilmiştir.

Burulma elemanlarının rijitlikleri hesaplanırken kesit dikdörtgen parçalara bölünüp bir katsayı elde edilmektedir. Bu katsayı; x , dikdörtgen kesit parçasının kısa kenarını, y ise uzun kenarını göstermek üzere,

$$C = \sum \left[1 - 0,63 \left(\frac{x}{y} \right) \right] \frac{x^3 y}{3} \quad y \leq \left\{ \frac{4h_f}{h - h_f} \right\} \quad (4.8)$$

denklemleri ile hesaplanmaktadır. Bu ifadede, bölme şekli en büyük değeri verecek şekilde yapılmaktadır. Bu eşitlik yardımıyla, kolonun burulma elemanı rijitliği ise,

$$K_t = \sum \frac{9E_{ec}C}{l_2 \left(1 - \frac{c_2}{l_2} \right)^3} \quad (4.9)$$

eşitliği ile hesaplanmaktadır. Eşdeğer kolon rijitliği, burulma elemanının burulma rijitliği ile kolon eğilme rijitliğinin toplanması ile bulunur. Kayma modülü yerine elastik modülü kullanıldığı için formülde ek bir 9 katsayısı kullanılmıştır. Ayrıca, burulma elemanının kolona giren kısmı burulma rijitliğini artırdığı için, bu doğrultudaki kolon boyutunu içeren bir ifade ile bölünmüştür. Eğer momentin hesap edildiği doğrultuda kiriş varsa, burulma elemanının rijitliği artacağı için burulma rijitliği,

$$K_{te} = \frac{K_t I_{dk}}{I_d} \quad (4.10)$$

olarak büyütülür. Burada I_d döşemenin atalet momenti ve I_{dk} döşeme+ kiriş taşıyıcı elemanının atalet momentidir.

$$I_d = \frac{l_2 h_f^2}{12} \quad (4.11)$$

Eşdeğer çerçevenin statik hesabında, eğilme momentleri dağılımına burulma elemanlarının etkisi önemlidir. Eşdeğer kolonun rijitliği, kolonun eğilme rijitlikleri (alt ve üst kolon toplamını) ve çerçeveye dik doğrultuda kolona saplanan burulma elemanlarının burulma rijitlikleri toplamını göstermek üzere, döşeme ile beraber kiriş elemanının bulunması eşdeğer kolon rijitliğini etkiler.

$$\frac{1}{K_{ec}} = \frac{1}{\sum K_c} + \frac{1}{\sum K_t} \quad (4.12)$$

bağıntısıyla hesaplanmaktadır. Kirişli döşemelerde çerçeve doğrultusunda da kiriş bulunacağından bu rijitlik

$$\frac{1}{K_{ec}} = \frac{1}{\sum K_c} + \frac{1}{\sum K_{te}} \quad (4.13)$$

bağıntısı ile belirlenmektedir.

Kalıcı ve toplam yükten meydana gelecek olan ankastrelik momentleri, Ω bu momentler için kullanılan katsayıyı göstermek üzere, sırasıyla

$$M_g = \Omega * 1,4 * g * l_2 * l_1^2 \quad (4.14)$$

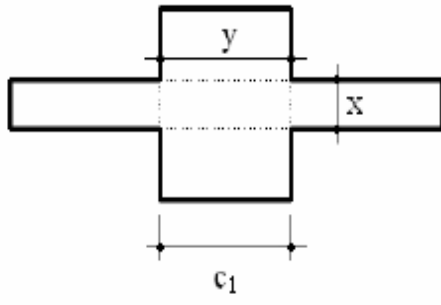
$$M_p = \Omega * P_d * l_2 * l_1^2 \quad (4.15)$$

bağıntıları ile hesaplanabilir.

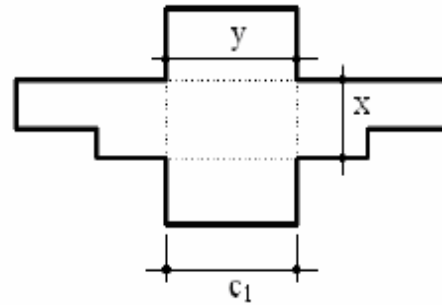
Yüklerin ve rijitliklerin belirlenmesinden sonra eşdeğer çerçevenin yapısal çözümü yapılar. Yapısal çözümleme için genellikle CROSS yöntemi tercih edilmektedir. Bu çalışmada ki sayısal uygulamaların hesap açıklıkları birbirine eşit olduğu için kısaltılmış CROSS yöntemi olarak da adlandırılan BİRO yöntemiyle çözüm yapılmıştır. Elde edilen momentler 4.18, 4.19 ve 4.20’de verilen denklemler yardımıyla kolon ve açıklık şeritlerine dağıtılır [17].

$$\alpha_1 = \frac{E_{ck} I_k}{E_{cd} I_d} \quad (4.16)$$

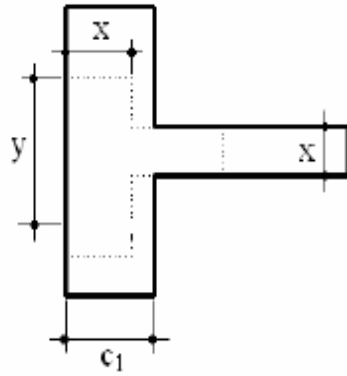
$$\beta_t = \frac{E_{ck} C}{2E_{cd} I_d} \quad (4.17)$$



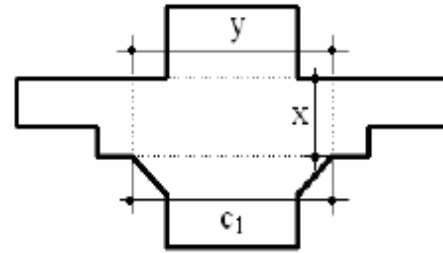
Tablasız ve başlıksız



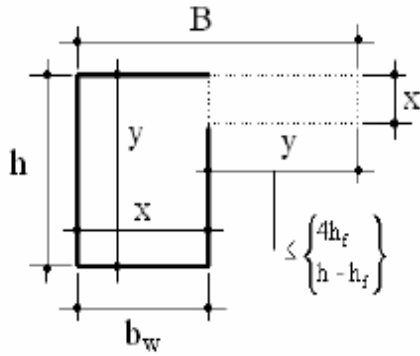
Tablalı kirişsiz döşeme



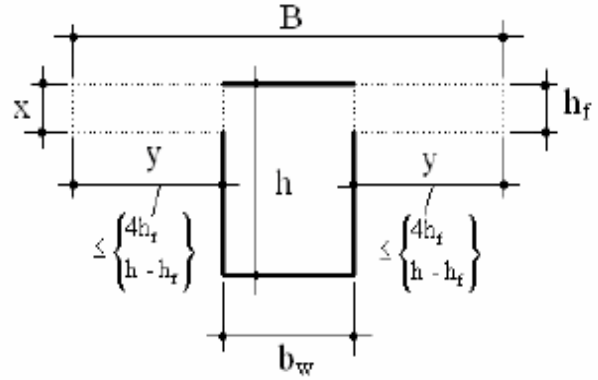
Düşük döşeme



Tablalı başlıklı
kirişsiz döşeme



Kirişli döşeme



Kirişli döşeme

Şekil 4.9. Farklı durumlar için burulma elemanı kesitleri

Kolon şeridi açıklık momenti;

$$M_{dk} = \left[0,60 + 0,3 \cdot \left(\alpha_1 \frac{l_2}{l_1} \right) \cdot \left(1,5 - \frac{l_2}{l_1} \right) \right] \cdot (M), \quad \left(\alpha_1 \frac{l_2}{l_1} \leq 1 \text{ için} \right) \quad (4.18)$$

Kolon şeridi dış mesnet momenti;

$$M_{dk} = \left[1,0 - 0,1\beta_t + 0,12 \cdot \left(\alpha_1 \frac{l_2}{l_1} \right) \cdot \left(1 - \frac{l_2}{l_1} \right) \right] (M), \quad \left(\alpha_1 \frac{l_2}{l_1} \leq 1 \text{ için} \right) \quad (4.19)$$

Kolon şeridi iç mesnet momenti;

$$M_{dk} = \left[0,75 + 0,3 \cdot \left(\alpha_1 \frac{l_2}{l_1} \right) \cdot \left(1,0 - \frac{l_2}{l_1} \right) \right] \cdot M, \quad (4.20)$$

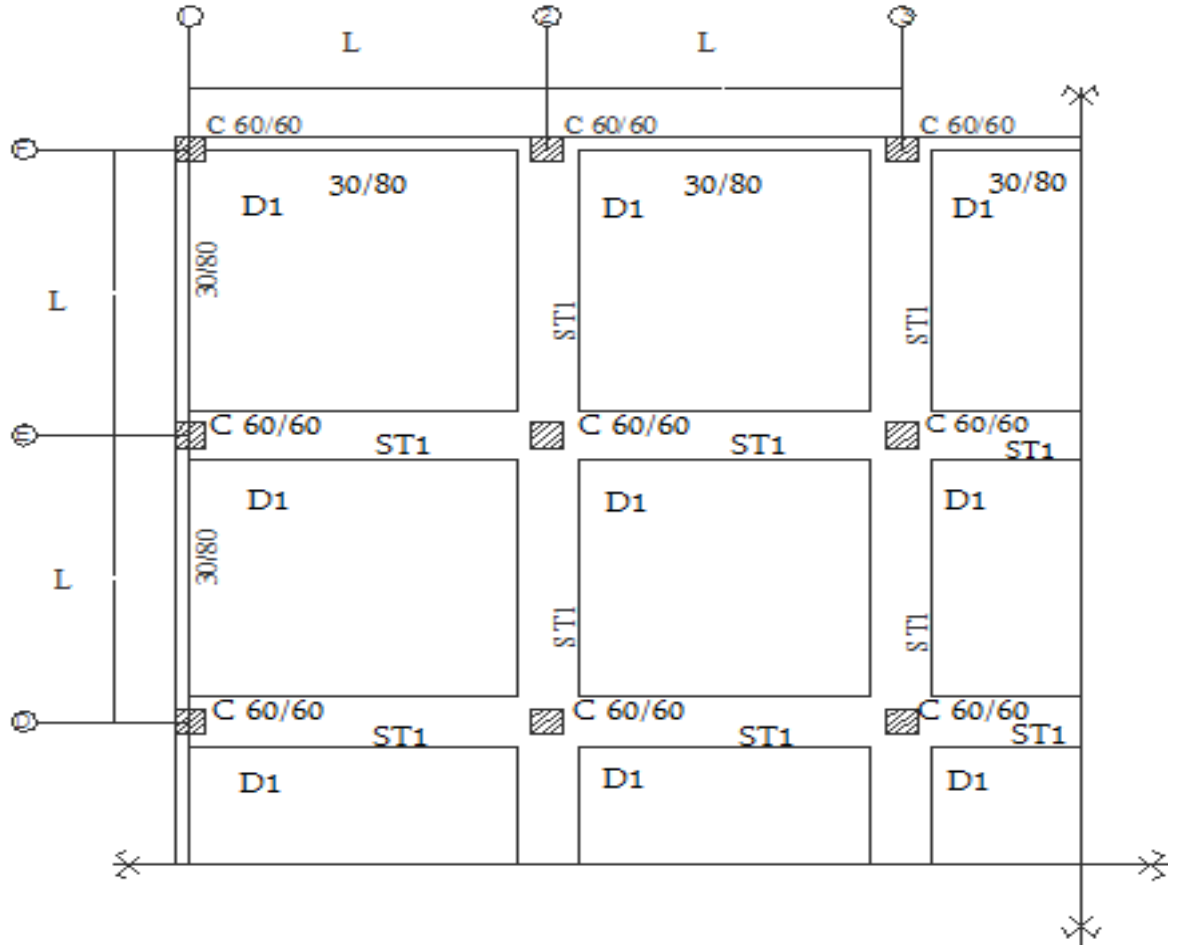
5. SAYISAL UYGULAMALAR

Bu çalışmada iki katlı, her iki doğrultuda birbirine eşit 5 açıklıklı (5m, 7m ve 9m) sürekli tablalı kirişsiz döşemeli betonarme bir yapı incelenmiştir. Binanın kat yüksekliği 3.50 m, döşeme kalınlığı 0,18 m olup planda 0.60x0.60m ölçülerinde 36 adet kolon mevcuttur (Şekil 5.1). Model yapı, 0.30/0.80 m kesitli çevre kirişi ve 0.80,1.00,1.20,1.40 ve 1.60 m genişliğinde, 0.30, 0.35 ve 0.40 m yüksekliğindeki döşeme bandı veya enine taşıyıcı olarak isimlendirilen sürekli tablalarla birbirlerine bağlanmıştır. Donatı için S420 ve beton için C20, C25 ve C30 malzeme sınıfları seçilmiştir. Çalışmada açıklık değeri, beton sınıfı, sürekli tabla boyutları ve sürekli tablalardaki donatı oranı değiştirilerek kullanım ve dayanım yükleri için ayrı ayrı 405 adet çözüm elde edilmiş olup toplamda 810 adet çözüm sonucu irdelenmiştir.

Sistemde düzenlenen sürekli tablaların kenar ve iç açıklıklarında, mesnet ve açıklık momentleri ve oluşan düşey yer değiştirmeler elde edilmiş ve bu sonuçlar için STATISTICA programı yardımıyla, moment ve sehim değerlerini veren fonksiyonlara ulaşılmıştır. Ayrıca sayısal uygulamaya esas olan örneklerden ve bu uygulamaların dışında kalan 10 adet bina eşdeğer çerçeve yöntemi ile çözülerek elde edilen sonuçlar; önerilen metot ve sonlu eleman yöntemiyle ayrı ayrı karşılaştırılmıştır.

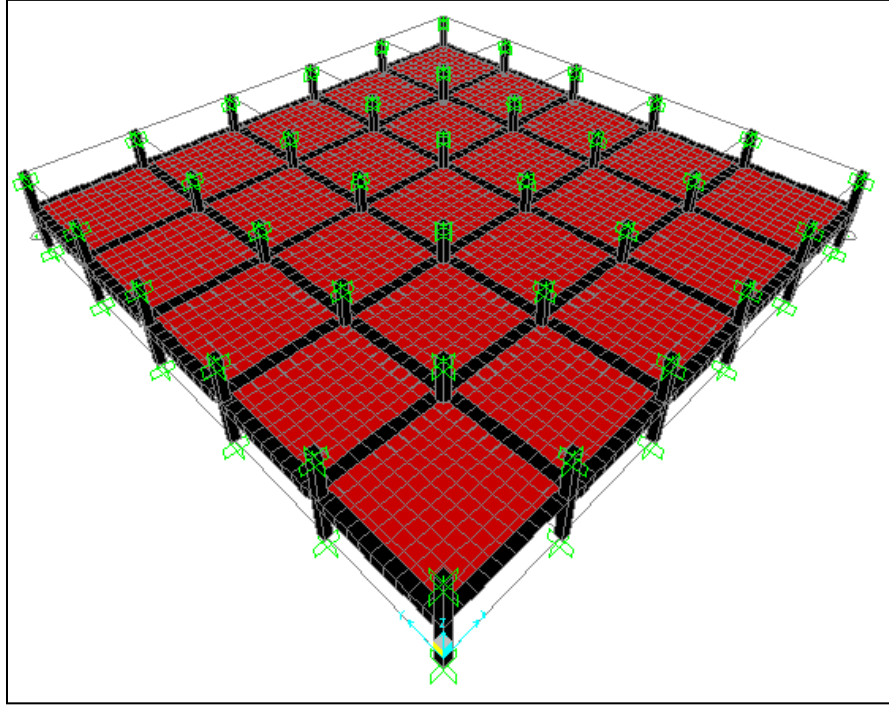
5.1. Sürekli Tablalı Kirişsiz Döşemelerin Sonlu Elemanlar Yöntemine Göre Doğrusal Olmayan Analizi

Bu bölümde Şekil 5.1’de görülen taşıyıcı sistemin ölü ve hareketli yükler altında doğrusal olmayan analizleri yapılmış ve en büyük iç kesit zorlarının olduğu 3-3 aksı (Şekil 5.3) için sonuçlar verilmiştir. Çözümlerde, kolon, kiriş ve sürekli tablalar çerçeve (frame) eleman, döşemeler ise kabuk (shell) eleman olarak modellenmiştir. Çözümde 672 adet çerçeve eleman ve 2500 adet kabuk sonlu eleman kullanılmıştır. Kolonların diğer uçları ankastre mesnet olarak düzenlenmiştir.

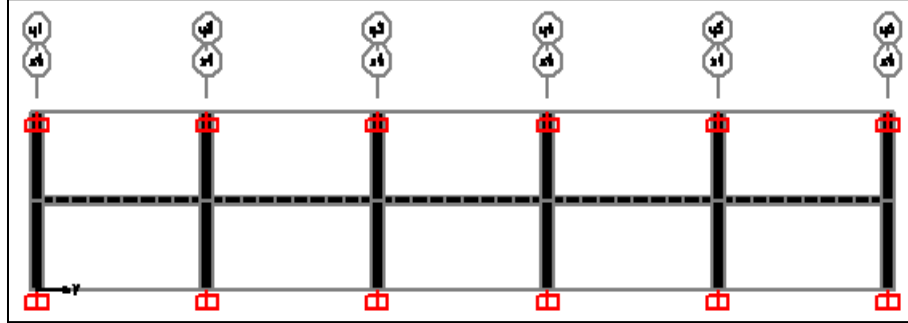


Şekil 5.1. Sürekli tablalı kirişsiz döşeme tavan kalıp planı

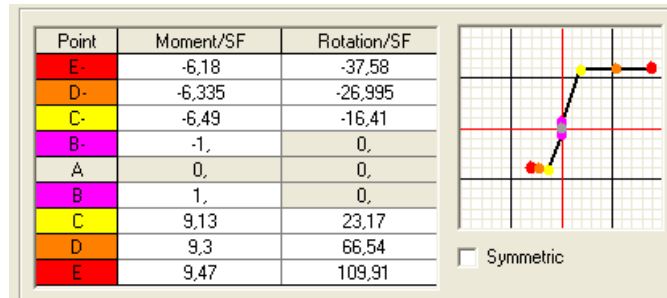
Ölü ve hareketli yükler altında kiriş, kolon ve döşeme elemanlarının betonunda çatlama, kırılma ve ezilme durumları ile bu taşıyıcı elemanların donatılarında akma olayı meydana gelebilir. Bu durum, çözümlerde sadece yatay taşıyıcı olan sürekli tablaların doğrusal olmayan davranışıyla idealize edilmiş olup sayısal modelleme için plastik mafsalları yöntemi seçilmiştir. Bu amaçla sürekli tablaların malzeme özellikleri, kesit boyutları ve donatı oranlarına göre çatlama, akma ve göçme momentleri ve bu momentlere karşılık gelen dönme miktarları hesaplanmış olup hesaplanan değerler tablo halinde Ek Tablo 5.1.'de verilmiştir. Şekil 5.4' de sürekli tablaların moment ve dönme ilişkisi, Şekil 5.5' de ise sonlu elemanlara ayrılmış sürekli tablaların mesnet ve açıklık bölgelerine yerleştirilmiş plastik mafsallar görülmektedir. Plastik mafsallar mesnet bölgesinde mesnet kenarından $d/2$ kadar ve açıklık bölgesinde sürekli tablaların açıklık ortalarına yerleştirilmiştir.



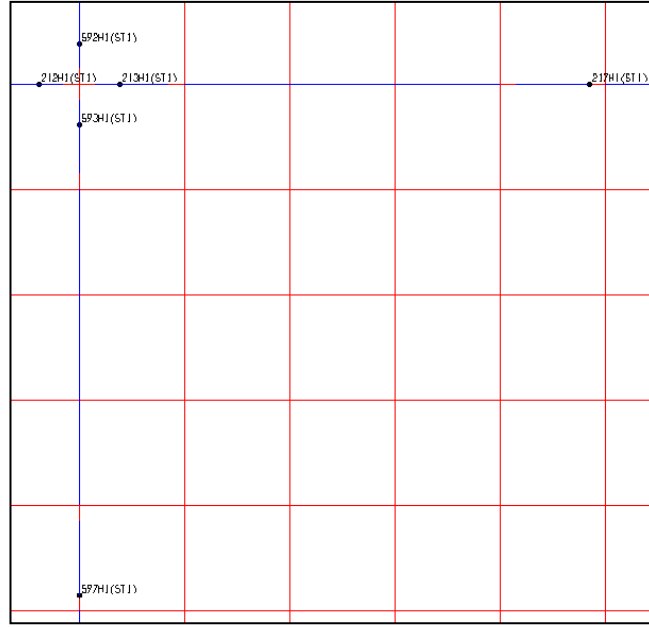
Şekil 5.2. Çözümlerde kullanılan modelin 3 boyutlu sonlu eleman ağ sistemi.



Şekil 5.3. Çözümlerde kullanılan modelin 3-3 aksı



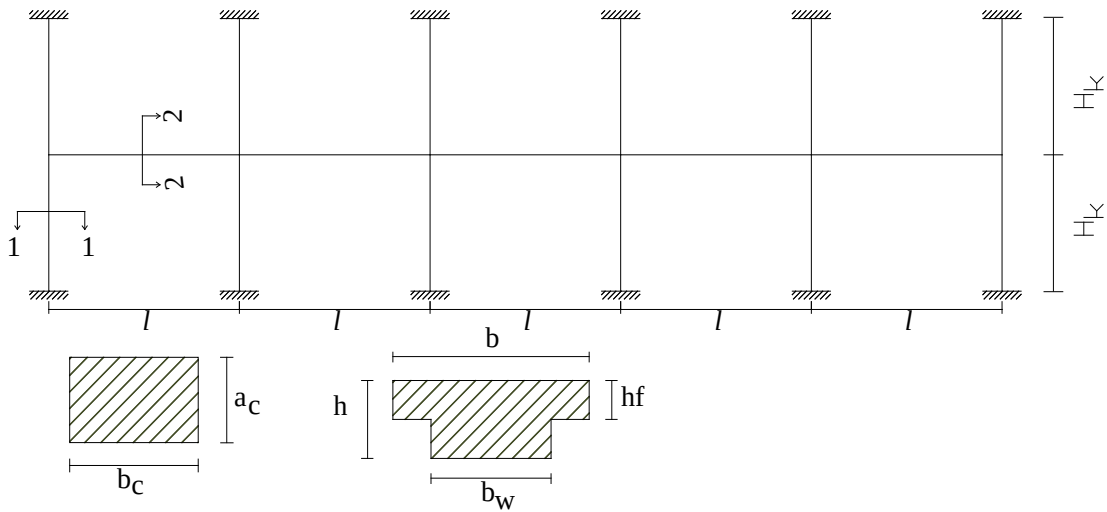
Şekil 5.4. Mafsal özelliklerinin tanımlanması



Şekil 5.5. xy düzleminde sonlu elemanlara ayrılmış model yapıda plastik mafsalları ve düğüm noktaları

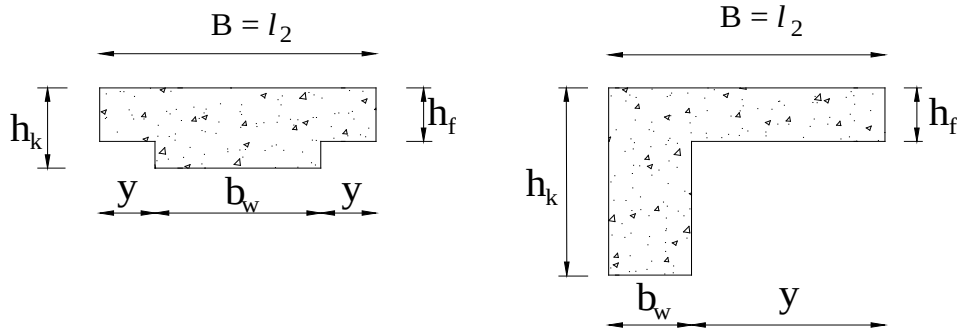
5.2. Eşdeğer Çerçeve Yöntemi İle Sürekli Tablalı Kirişsiz Döşemelerin Hesabı

Bu bölümde iki doğrultuda çalışan sürekli tablalı kirişsiz döşeme sistemi eşdeğer çerçeve yöntemi ile çözülmüştür. Kalıp planı Şekil 5.1’de verilen sistem eşdeğer çerçevelere ayrılmış ve bu eşdeğer çerçeveler iki boyutlu bir çerçeve sistemine dönüştürülmüştür. Şekil 5.6’da çözümlerde ele alınan çerçeve verilmiştir.



Şekil 5.6. İki boyutlu çerçeve sistemine dönüştürülmüş 3-3 aksı ve eleman en kesitleri

Kolonların eşdeğer rijitliklerinin hesabında kullanılan köşe ve orta kolonların burulma elemanları Şekil 5.7 verilmiştir. Bu şekillerdeki y değeri denklem 4.8 ile hesaplanmıştır.



Şekil 5.7. Köşe ve orta kolonların burulma elemanları

Kolonların eşdeğer rijitlikleri denklem 4.13 ile hesaplanan çerçeve sistemin ankastrelik uç momentleri, denklem 4.14 ve 4.15 ile hesaplanır. Çerçeve sistem Biro yöntemi ile çözülerek elde edilen kenar ve iç açıklık momentleri 4.18, 4.19 ve 4.20 denklemleri yardımıyla kolon ve açıklık şeritlerine dağıtılır.

5.3. İstatistik Analiz

Beton sınıfı, hesap açıklığı, sürekli tablaların genişlik ve yükseklikleri ile donatı oranları değiştirilerek elde edilen toplam 405 adet uygulama örneği sonlu elemanlar yöntemi ile çözülmüştür. Sürekli tablaların kenar ve iç açıklıklarında mesnet ve açıklık momentleri ile meydana gelen düşey yer değiştirme miktarları belirlenmiş olup elde edilen veriler boyutsuzlaştırılıp STATISTICA programı yardımıyla momentler ve düşey yer değişimleri için iki ayrı fonksiyon elde edilmiştir.

Sürekli tablalı kirişsiz döşemelerde sürekli tablaların kenar ve iç açıklıklarında mesnet ve açıklık momentleri için denklem 5.1, kenar ve iç açıklıklarda oluşan düşey yer değiştirme miktarları için ise denklem 5.2 önerilmiştir.

$$m_{di} = \frac{M_{di}}{P_{md} l^2} = A \rho^B \left[\frac{E_c I}{f_{yd} h l^3} \right]^C \quad (5.1)$$

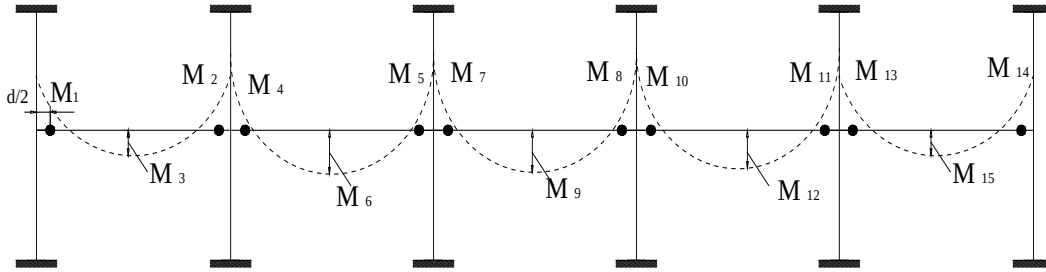
$$S_i = \frac{w_{di}}{l} = A\rho^B \left[\frac{P_{md} hl^2}{EI} \right]^C \quad (5.2)$$

Burada, A , B ve C katsayıları her bir moment ve yer değıştirme değeri için STATISTICA istatistik programı yardımıyla hesaplanmış olup Tablo 5.1’de verilmiştir. Denklem 5.1’de kullanılan M_{di} kenar ve iç açıklıklarda meydana gelen momenti, m_{di} ise boyutsuzlaştırılmış momenti ifade eder. Denklem 5.2’de kullanılan w_{di} kenar ve iç açıklıklarda meydana gelen düşey yer değıştirmeleri, S_i ise birim uzunluktaki düşey yer değıştirmeyi ifade etmektedir.

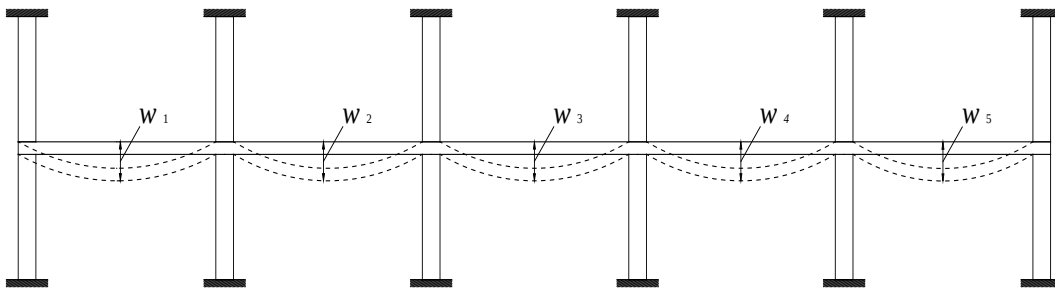
(5.1) ve (5.2) denklemlerinde yer alan P_{md} , büyüklüğü sürekli tabla üzerine etki eden tabla ve döşeme yüklerinin birim uzunluğa etkisi olup,

$$P_{md} = 35 * b_w * h + \frac{5}{8} P_d * l \quad (5.3)$$

denklemini ile hesaplanmıştır. Moment hesaplamalarında P_{md} değeri yüklerin yük katsayıları ile artırılmış halinden elde edilirken, düşey yer değıştirme hesaplamalarında ise kullanım yükleri esas alınmıştır.



Şekil 5.8. Karşılaştırmalara esas olan moment bölgeleri



Şekil 5.9. Karşılaştırmalara esas olan düşey yer değıştirme bölgeleri

Şekil 5.8’de görülen M_1 ve M_{14} kenar açıklık dış mesnet momentleri M_{d1} olarak, M_2 ve M_{13} kenar açıklık iç mesnet momentleri, M_{d2} olarak, M_3 ve M_{15} kenar açıklıkta yer alan açıklık momentini, M_{d3} olarak, M_4 , M_5 , M_7 , M_8 , M_{10} , M_{11} iç açıklık mesnet momentlerini, M_{d4} olarak, M_6 , M_9 , M_{12} iç açıklıkta yer alan açıklık momentleri ise M_{d6} olarak ifade edilmiştir. M_{d1} , M_{d2} , M_{d3} , M_{d4} ve M_{d6} momentleri boyutsuzlaştırıldığı zaman sırasıyla m_{d1} , m_{d2} , m_{d3} , m_{d4} ve m_{d6} olarak adlandırılmıştır.

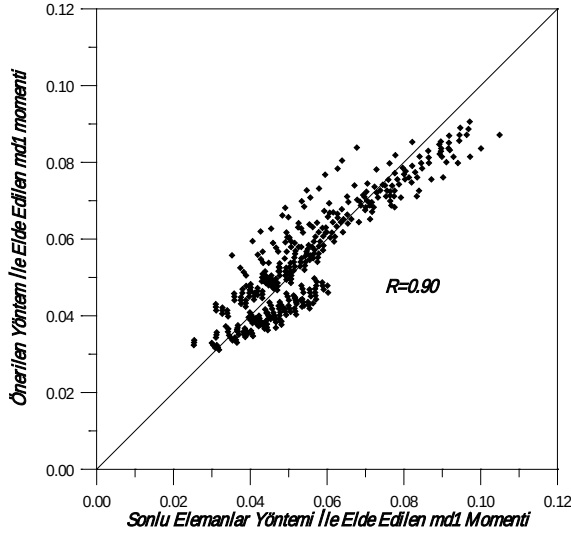
Şekil 5.9’da görülen w_1 ve w_5 kenar açıklık düşey yer değiştirme miktarı w_1 olarak, w_2 , w_3 , w_4 iç açıklık düşey yer değiştirme miktarı w_2 olarak ifade edilmiştir. w_1 ve w_2 düşey yer değiştirmeleri boyutsuzlaştırıldığında sırasıyla S_1 ve S_2 olarak adlandırılmıştır.

Sonlu elemanlar yöntemi ile çözümlenen bütün örnekler incelendiğinde, iç açıklık sağ ve sol mesnet moment değeri birbirine çok yakın olduğu görülmüştür. İç açıklık sağ ve sol mesnet momentlerinin istatistik analizi sonucu elde edilen fonksiyonun katsayıları da birbirine çok yakındır. Bu nedenle bu çalışmada iç açıklık mesnet momentlerinin sadece biri ele alınmıştır.

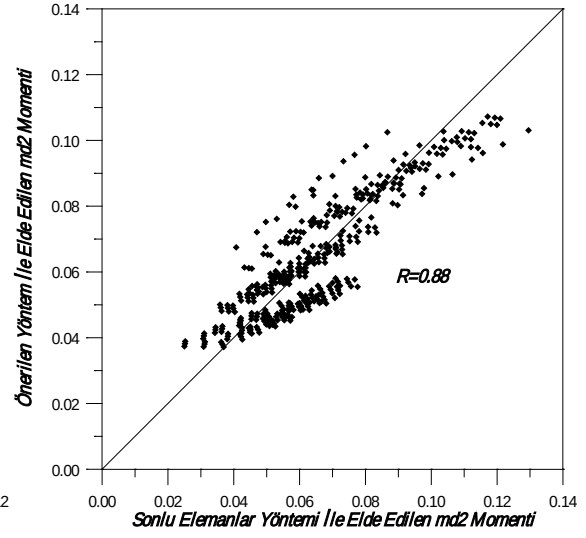
Tablo 5.1 Moment ve düşey yer değiştirme fonksiyonu katsayıları.

	A	B	C
m_{d1}	0,246125	-0,095376	0,354735
m_{d2}	0,438423	-0,01403	0,363134
m_{d3}	0,077920	-0,204929	0,246873
m_{d4}	0,370199	-0,047162	0,36674
m_{d6}	0,066737	-0,196990	0,225594
S_1	0,024401	-0,134230	0,912682
S_2	0,022199	-0,15864	0,937679

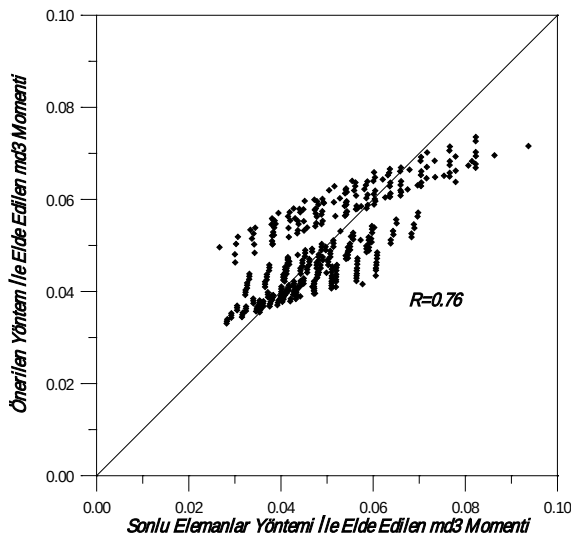
Sonlu elemanlar yöntemi ile elde edilen ve boyutsuzlaştırılan momentler yatay ekseninde, önerilen yöntem ile elde edilen ve boyutsuzlaştırılan momentler düşey ekseninde gösterilmek üzere çizilen grafikler Şekil 5.10 (a), (b), (c) ve (d) ve 5.11 (a)’da gösterilmiştir. Her iki yöntem ile elde edilen momentlerin bir birine göre yaklaşımını ortaya koymak amacıyla 45° ’lik bir doğru çizilmiştir.



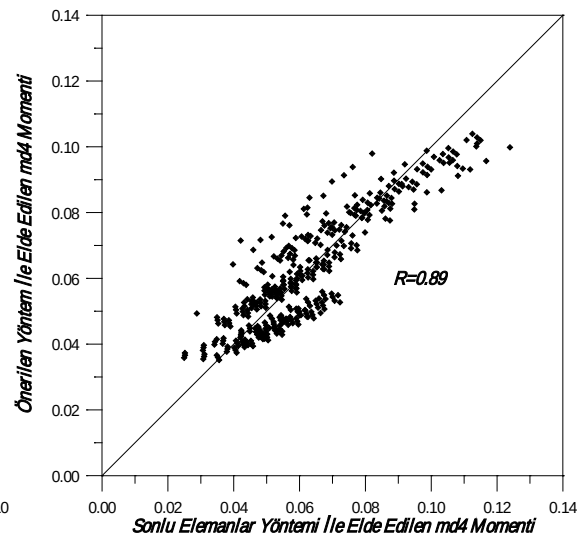
a) Kenar açıklık dış mesnet momenti



b) Kenar açıklık iç mesnet momenti

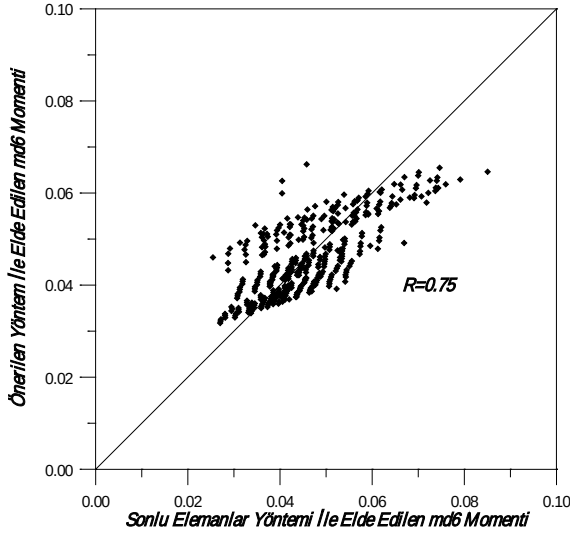


c) Kenar açıklık ortası momenti



d) İç açıklık mesnet momenti

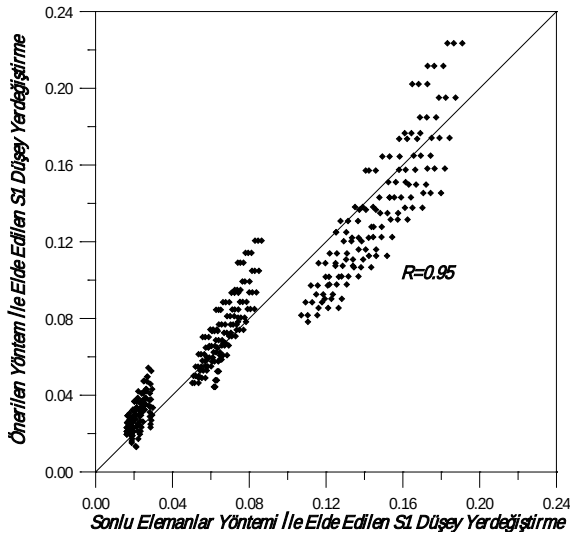
Şekil 5.10. Sonlu elemanlar ve önerilen yöntem ile elde edilen momentlerin karşılaştırılma eğrileri



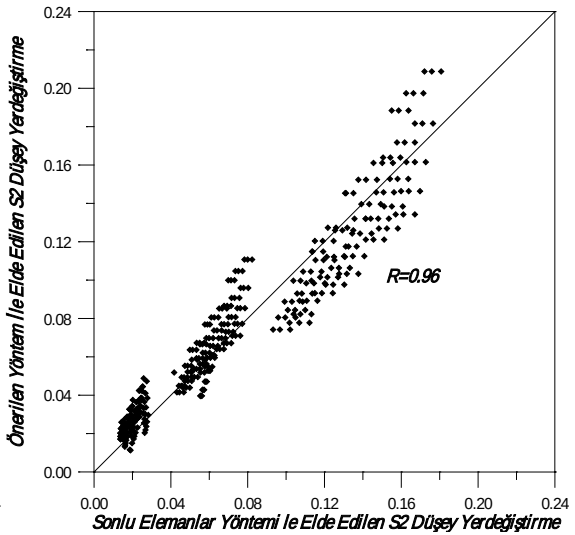
a) İç açıklık ortası momenti

Şekil 5.11. Sonlu elemanlar ve önerilen yöntem ile elde edilen momentlerin karşılaştırma eğrisi

Sonlu elemanlar yöntemi ile elde edilen ve boyutsuzlaştırılan düşey yer değiştirmeler yatay eksen, önerilen yöntem ile elde edilen ve boyutsuzlaştırılan düşey yer değiştirmeler düşey eksende gösterilmek üzere Şekil 5.12 (a) ve (b)'de, gösterilmiştir. Her iki yöntem ile elde edilen düşey yer değiştirmelerin bir birine göre yaklaşımını ortaya koymak amacıyla 45°'lik bir doğru çizilmiştir.



a) Kenar açıklık ortası düşey yer değiştirme



b) İç açıklık ortası düşey yer değiştirme

Şekil 5.12. Sonlu elemanlar ve önerilen yöntem ile elde edilen düşey yer değiştirme miktarlarının karşılaştırılma eğrileri

Şekil 5.9’ da görülen bölgeler için kenar ve iç açıklık yer değiştirme değerlerinin karşılaştırması, sadece sonlu elemanlar yöntemi (S.E.Y.) ve bu çalışmada önerilen yöntem (Ö.Y.) arasında yapılmıştır. Tablo 5.2’ de farklı açıklık, kesit ve malzeme özelliğine sahip 11 ayrı çözümden elde edilen düşey yer değiştirme değerleri ve bu iki yöntem arasındaki farklar verilmiştir. Tablo 5.2’ de görüldüğü gibi kenar açıklık ortası düşey yer değiştirme değerleri arasında en fazla % 7.5 fark oluşurken iç açıklık düşey yer değiştirme değerleri için en fazla % 7.3 fark olduğu belirlenmiştir.

Tablo 5.2. S.E.Y. ve Ö.Y. ile kenar ve iç açıklık düşey yer değiştirme karşılaştırmaları

Hesap Açıklığı (m)	Beton Sınıfı	Kesit (bw/h) (m)	Donatı Oranı 10^{-2}	Kenar Açıklık Ortası Düşey Yer değiştirme (mm)			İç Açıklık Ortası Düşey Yer değiştirme (mm)		
				S.E.Y.	Ö.Y.	%Fark	S.E.Y.	Ö.Y.	%Fark
5	C20	1.00/0.30	1.0	1.47	1.52	3.4	1.38	1.35	-2.2
5	C20	1.00/0.40	1.0	0.96	0.97	1.0	0.84	0.85	1.2
5	C20	1.60/0.30	1.25	1.41	1.44	2.1	1.30	1.27	-2.3
7	C20	1.40/0.30	1.25	5.64	5.94	5.3	5.23	5.39	3.1
7	C20	1.40/0.35	1.5	4.60	4.50	-2.2	4.12	4.04	-1.9
7	C25	1.20/0.40	1.25	3.73	3.84	2.9	3.28	3.45	5.2
7	C30	1.60/0.30	1.25	4.96	4.95	-0.2	4.58	4.47	-2.4
9	C20	0.80/0.35	1.25	14.60	15.60	6.8	13.51	14.46	7.0
9	C25	1.20/0.30	1.0	15.70	15.27	-2.7	14.73	14.20	-3.6
9	C30	0.80/0.35	1.50	12.81	13.77	7.5	11.81	12.67	7.3
9	C30	0.80/0.40	1.50	11.27	10.96	-2.8	10.24	10.02	-2.1

5.4. Sayısal Karşılaştırmalar

Sürekli tablalı kirişsiz döşemeli model yapının nümerik çözümlerinin karşılaştırmasının yapılması amacıyla; döşeme bandı [5] veya yatay taşıyıcı olan sürekli tablada sonlu elemanlar yöntemi (S.E.Y.), eşdeğer çerçeve yöntemi (E.Ç.Y.) ve bu çalışmada önerilen yöntem (Ö.Y.) sonuçları incelenmiştir.

Karşılaştırmalar; kesit, açıklık, donatı oranı ve malzeme özellikleri değiştirilerek 10 ayrı çözüm üzerinde yapılmış olup Şekil 5.1 ve 5.6’ da görülen sürekli tablaların moment

bölgeleri için S.E.Y ve E.Ç.Y. ile S.E.Y ve Ö.Y. arasında yapılmış ve aradaki farklar % olarak incelenmiştir.

5.4.1. Sayısal Karşılaştırma 1

C25 beton malzeme sınıfı için hesap açıklığı 4 m olan taşıyıcı sistemde, sürekli tablanın yüksekliği ve genişliği sırasıyla, 30 ve 80 cm olup bu elemanda donatı oranı ise % 1 alınmıştır. Tablo 5.3’ de verilen S.E.Y. ve E.Ç.Y. kenar ve iç açıklık momentleri için karşılaştırıldığında, açıklık momentlerinde E.Ç.Y.’ nin S.E.Y.’ ne göre sırasıyla % 22 ve % 23.1 daha küçük değerler verdiği; mesnet bölgelerinde ise en fazla % 3.2 daha büyük bir değer verdiği tespit edilmiştir.

Tablo 5.4’ de verilen S.E.Y. ve Ö.Y. kenar ve iç açıklık momentleri için karşılaştırıldığında, açıklık momentlerinde sırasıyla % 20.6 ve % 13.7 daha büyük değerler verdiği; mesnet bölgelerinde ise en fazla % 15.4 daha büyük bir değer elde edilmiştir.

Bu sayısal karşılaştırmada Ö.Y. açıklık ve mesnet momentlerinde daha büyük değerler verdiği belirlenmiştir.

Tablo 5.3. S.E.Y. ile E.Ç.Y. karşılaştırması 1

	M _{d1}	M _{d2}	M _{d3}	M _{d4}	M _{d6}
S.E.Y.	54.90	59.82	41.92	59.17	40.52
E.Ç.Y.	56.19	61.74	32.68	59.53	31.14
%Fark	2.3	3.2	-22.0	0.7	-23.1

Tablo 5.4. S.E.Y. ile Ö.Y. karşılaştırması 1

	M _{d1}	M _{d2}	M _{d3}	M _{d4}	M _{d6}
S.E.Y.	54.90	59.82	41.92	59.17	40.52
Ö.Y.	58.59	69.03	50.57	66.77	46.07
%Fark	6.7	15.4	20.6	12.8	13.7

5.4.2. Sayısal Karşılaştırma 2

C20 beton malzeme sınıfı kullanılan hesap açıklığı 5 m olan taşıyıcı sistemde sürekli tablanın yüksekliği ve genişliği sırasıyla, 30 ve 80 cm olarak seçilmiş olup, bu

elemanda donatı oranı %1'dir. Tablo 5.5'de S.E.Y. ve E.Ç.Y.'leri kenar ve iç açıklık momentleri için karşılaştırıldığında, açıklık momentlerinde E.Ç.Y.'nin S.E.Y.'ne göre sırasıyla % 9.4 ve % 11.4 daha küçük değerler verdiği, en fazla kenar açıklık dış mesnet momentinde olmak üzere, % 32.7'ye varan daha büyük değerler verdiği görülmüştür.

Tablo 5.6' da ise S.E.Y. ve Ö.Y. kenar ve iç açıklık momentleri için karşılaştırıldığında, açıklık momentlerinde Ö.Y.'in S.E.Y.'ne göre sırasıyla % 17.9 ve % 13.1 daha küçük değerler verdiği, mesnet bölgelerinde ise en fazla % 6.1 daha büyük değerler verdiği görülmüştür.

Bu sayısal karşılaştırmada da Ö.Y. ile mesnet ve açıklık momentlerinde S.E.Y.'ne daha yakın sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

Tablo 5.5. S.E.Y.ile E.Ç.Y. karşılaştırılması 2

	M _{d1}	M _{d2}	M _{d3}	M _{d4}	M _{d6}
S.E.Y.	83.67	95.39	68.15	93.59	65.70
E.Ç.Y.	111.06	120.64	61.75	115.89	58.22
%Fark	32.7	26.5	-9.4	23.8	-11.4

Tablo 5.6. S.E.Y.ile Ö.Y. karşılaştırılması 2

	M _{d1}	M _{d2}	M _{d3}	M _{d4}	M _{d6}
S.E.Y.	83.67	95.39	68.15	93.59	65.70
Ö.Y.	86.40	101.20	80.38	97.65	74.32
%Fark	3.3	6.1	17.9	4.3	13.1

5.4.3. Sayısal Karşılaştırma 3

C20 beton malzeme sınıfı kullanılan hesap açıklığı 5 m olan taşıyıcı sistemde sürekli tablanın yüksekliği ve genişliği sırasıyla, 40 ve 100 cm olarak seçilmiş olup bu elemenda donatı oranı %1'dir. Tablo 5.7'de S.E.Y. ve E.Ç.Y.'leri kenar ve iç açıklık momentlerine için karşılaştırıldığında, açıklık momentlerinde E.Ç.Y. S.E.Y.'ne göre sırasıyla % 43.2 ve % 43.7 daha küçük değerler verirken, mesnet momentlerinde ise en fazla % 28 daha küçük değerler verdiği görülmüştür.

Tablo 5.8’ de ise S.E.Y. ve Ö.Y. kenar ve iç açıklık momentleri için karşılaştırıldığında, açıklık momentinde Ö.Y.’in S.E.Y.’ e göre sırasıyla % 11.7 ve % 13.4 daha küçük değerler verirken, mesnet momentlerinde ise en fazla % 13.3 daha küçük değerler verdiği görülmüştür.

Bu sayısal karşılaştırmada Ö.Y. hem açıklık hem de mesnet momentlerinde S.E.Y.’ne göre daha küçük değerler vermiştir. Fakat bu yöntemde görülen % farklar E.Ç.Y.’ne göre daha küçük olduğu için belirlenmiştir.

Tablo 5.7. S.E.Y. ile E.Ç.Y. karşılaştırılması 3

	M _{d1}	M _{d2}	M _{d3}	M _{d4}	M _{d6}
S.E.Y.	142.18	166.65	119.83	160.98	111.2
E.Ç.Y.	102.37	124.03	68.11	117.13	62.65
%Fark	-28	-25.6	-43.2	-27.2	-43.7

Tablo 5.8. S.E.Y. ile Ö.Y. karşılaştırılması 3

	M _{d1}	M _{d2}	M _{d3}	M _{d4}	M _{d6}
S.E.Y.	142.18	166.65	119.83	160.98	111.2
Ö.Y.	123.25	145.27	105.76	140.54	96.25
%Fark	-13.3	-12.8	-11.7	-12.7	-13.4

5.4.4. Sayısal Karşılaştırma 4

Sayısal karşılaştırma 5.4.3’de ele alınan, taşıyıcı sistemdeki beton malzeme sınıfı C30 ve sürekli tablalardaki donatı oranı % 1.25 olarak düzenlendiğinde elde edilen sonuçlar Tablo 5.9 ve 5.10’da verilmiştir. Tablo 5.9’da S.E.Y. ve E.Ç.Y.’ leri kenar ve iç açıklık momentleri için karşılaştırıldığında, açıklık momentlerinde E.Ç.Y.’ nin S.E.Y.’ ne göre sırasıyla % 43.4 ve % 43.7 daha küçük değerler verdiği, mesnet momentlerinde ise en fazla % 32.3’e varan daha küçük değerler verdiği görülmüştür. Bu durumun, E.Ç.Y. ile elde edilen çözümlerde beton malzeme sınıfı ve donatı oranının dikkate alınmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Tablo 5.10' da ise S.E.Y. ve Ö.Y.'e göre kenar ve iç açıklık momentleri için karşılaştırıldığında, açıklık momentlerinde Ö.Y.'in S.E.Y.'ne göre sırasıyla % 0.2 ve % 1.8 daha küçük değerler verirken, mesnet momentlerinde ise en fazla kenar açıklık dış mesnet momentinde olmak üzere % 4 daha küçük bir değer verdiği görülmüştür.

Tablo 5.9. S.E.Y. ile E.Ç.Y. karşılaştırılması 4

	M _{d1}	M _{d2}	M _{d3}	M _{d4}	M _{d6}
S.E.Y	151.15	176.54	120.3	170.23	111.23
E.Ç.Y.	102.37	124.03	68.11	117.13	62.65
% Fark	-32.3	-29.7	-43.4	-31.2	-43.7

Tablo 5.10. S.E.Y. ile Ö.Y. karşılaştırılması 4

	M _{d1}	M _{d2}	M _{d3}	M _{d4}	M _{d6}
S.E.Y.	151.15	176.54	120.3	170.23	111.23
Ö.Y.	145.14	174.36	120.11	167.52	109.24
% Fark	-4	-1.2	-0.2	-1.6	-1.8

5.4.5. Sayısal Karşılaştırma 5

C20 beton sınıfı kullanılan hesap açıklığı 7 m olan taşıyıcı sistemde sürekli tablanın yüksekliği ve genişliği sırasıyla, 35 ve 120 cm olarak seçilmiştir. Bu elemanda donatı oranı ise %1'dir. Tablo 5.11'de S.E.Y. ve E.Ç.Y.' leri kenar ve iç açıklık momentleri için karşılaştırıldığında, açıklık momentlerinde E.Ç.Y.' nin S.E.Y.' ne göre en fazla % 29.9 daha küçük değerler verdiği, mesnet momentlerinde ise en fazla % 29.9 daha büyük değerler verdiği görülmüştür.

Tablo 5.12' de S.E.Y. ve Ö.Y. kenar ve iç açıklık momentleri için karşılaştırıldığında, açıklık momentlerinde sırasıyla % 3.3 ve % 2 daha küçük değerler verdiği, mesnet momentlerinde ise en fazla % 9 daha büyük değerler verdiği görülmüştür.

Bu sayısal karşılaştırmada da Ö.Y.' in E.Ç.Y.' ne göre gerek açıklık ve gerekse mesnet momentlerinde S.E.Y. ile karşılaştırıldığında daha küçük % farklar verdiği belirlenmiştir.

Tablo 5.11. S.E.Y. ile E.Ç.Y. karşılaştırılması 5

	M _{d1}	M _{d2}	M _{d3}	M _{d4}	M _{d6}
S.E.Y.	233.86	284.15	253.86	272.28	233.22
E.Ç.Y.	303.86	331.74	178.04	316.36	166.83
% Fark	29.9	16.7	-29.9	16.2	-28.5

Tablo 5.12. S.E.Y. ile Ö.Y. karşılaştırılması 5

	M _{d1}	M _{d2}	M _{d3}	M _{d4}	M _{d6}
S.E.Y.	233.86	284.15	253.86	272.28	233.22
Ö.Y.	254.87	297.70	245.6	286.91	228.67
% Fark	9	4.8	-3.3	5.4	-2

5.4.6. Sayısal Karşılaştırma 6

Sayısal karşılaştırma 5.4.5.'de ele alınan taşıyıcı sistemde sürekli tablanın donatı % 1.25 olarak düzenlendiğinde elde edilen sonuçlar Tablo 5.13 ve 5.14'de verilmiştir. Tablo 5.13'de S.E.Y. ve E.Ç.Y.'i kenar ve iç açıklık momentleri için karşılaştırıldığında, açıklık momentlerinde E.Ç.Y.'nin S.E.Y.' ne göre sırasıyla % 28.9 ve % 26.9 daha küçük değerler verirken, mesnet momentlerinde ise en fazla % 25.3 daha büyük değerler verdiği görülmüştür.

Tablo 5.14' de S.E.Y. ve Ö.Y.'leri kenar ve iç açıklık momentleri için karşılaştırıldığında, açıklık momentlerinde Ö.Y.'in S.E.Y.'ne göre sırasıyla % 6.3 ve % 4.1 daha küçük değerler verdiği, mesnet momentlerinde ise en fazla kenar açıklık dış mesnet momentinde olmak üzere % 2.9 daha büyük değerler verdiği tespit edilmiştir.

Bu sayısal karşılaştırmada da Ö.Y.' in E.Ç.Y.' ne göre daha iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

Tablo 5.13. S.E.Y. ile E.Ç.Y. karşılaştırılması 6

	M _{d1}	M _{d2}	M _{d3}	M _{d4}	M _{d6}
S.E.Y.	242.56	297.16	250.51	283.54	228.22
E.Ç.Y.	303.86	331.74	178.04	316.36	166.83
%Fark	25.3	11.6	-28.9	11.6	-26.9

Tablo 5.14. S.E.Y. ile Ö.Y. karşılaştırılması 6

	M _{d1}	M _{d2}	M _{d3}	M _{d4}	M _{d6}
S.E.Y.	242.56	297.16	250.51	283.54	228.22
Ö.Y.	249.50	296.77	234.62	283.91	218.83
%Fark	2.9	-0.1	-6.3	0.1	-4.1

5.4.7. Sayısal Karşılaştırma 7

Sayısal karşılaştırma 6'da ele alınan taşıyıcı sistemde beton malzeme sınıfı değiştirilerek, C30 olarak düzenlendiğinde elde edilen sonuçlar Tablo 5.15 ve 5.16'da verilmiştir. Tablo 5.15'de S.E.Y. ve E.Ç.Y.'i kenar ve iç açıklık momentleri için karşılaştırıldığında, açıklık momentlerinde E.Ç.Y.'nin S.E.Y.'ne göre sırasıyla % 28.9 ve % 27 daha küçük değerler verdiği, mesnet momentlerinde ise en fazla % 24.7 daha büyük değerler verdiği görülmüştür.

Tablo 5.16' da S.E.Y. ve Ö.Y. kenar ve iç açıklık momentleri için karşılaştırıldığında, açıklık momentlerinde Ö.Y.'in S.E.Y.'ne göre sırasıyla % 3.8 ve % 1.8 daha küçük değerler verirken, mesnet momentlerinde ise en fazla % 6.4 daha büyük değerler verdiği görülmüştür.

Bu sayısal karşılaştırmada sayısal karşılaştırma 6'da ele alınan sistemin sadece beton malzeme sınıfı değiştirilmiştir. Bu nedenle E.Ç.Y. ile bulunan momentler sayısal karşılaştırma 6 ile aynı değerlerde elde edilmiştir. Ancak hem Ö.Y. hem de S.E.Y.' inden bulunan momentler beton malzeme sınıfına bağlı olduğu için birbirlerine daha yakın değerler elde edilmiştir.

Tablo 5.15. S.E.Y. ile E.Ç.Y. karşılaştırılması 7

	M _{d1}	M _{d2}	M _{d3}	M _{d4}	M _{d6}
S.E.Y.	243.77	295.87	250.41	283.12	228.53
E.Ç.Y.	303.86	331.74	178.04	316.36	166.83
%Fark	24.7	12.1	-28.9	11.7	-27

Tablo 5.16. S.E.Y. ile Ö.Y. karşılaştırılması 7

	M _{d1}	M _{d2}	M _{d3}	M _{d4}	M _{d6}
S.E.Y.	243.77	295.87	250.41	283.12	228.53
Ö.Y.	259.39	308.82	241.05	295.55	224.31
%Fark	6.4	4.4	-3.8	4.4	-1.8

5.4.8. Sayısal Karşılaştırma 8

C25 beton malzeme sınıfı kullanılan hesap açıklığı 8 m olan taşıyıcı sistemde sürekli tablanın yüksekliği ve genişliği sırasıyla, 35 ve 120 cm olarak seçilmiştir. Bu elemanda donatı oranı %1 alınmıştır. Tablo 5.17’de S.E.Y. ve E.Ç.Y.’leri kenar ve iç açıklık momentleri için karşılaştırıldığında, açıklık momentlerinde E.Ç.Y.’nin S.E.Y.’ne göre en fazla % 25.1 daha küçük değerler, mesnet momentlerinde ise en fazla % 38.3 daha büyük değerler verdiği görülmüştür.

Tablo 5.18’de ise S.E.Y. ve Ö.Y.’leri kenar ve iç açıklık bölgelerinde karşılaştırıldığında, açıklık momentlerinde Ö.Y.’in S.E.Y.’ne göre sırasıyla % 19 ve % 17.5 daha küçük değerler verdiği, mesnet momentlerinde ise en fazla % 16 daha küçük değerler verdiği görülmüştür.

Bu sayısal karşılaştırmada da Ö.Y.’in E.Ç.Y.’ne göre daha iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

Tablo 5.17. S.E.Y. ile E.Ç.Y. karşılaştırılması 8

	M _{d1}	M _{d2}	M _{d3}	M _{d4}	M _{d6}
S.E.Y.	328.99	395.43	351.31	377.41	323.16
E.Ç.Y.	455.14	494.99	263.23	468.24	244.63
%Fark	38.3	25.2	-25.1	24.1	-24.3

Tablo 5.18. S.E.Y. ile Ö.Y. karşılaştırılması 8

	M _{d1}	M _{d2}	M _{d3}	M _{d4}	M _{d6}
S.E.Y.	328.99	395.43	351.31	377.41	323.16
Ö.Y.	285.16	332.19	284.41	319.78	266.61
%Fark	-13.3	-16	-19	-15.3	-17.5

5.4.9. Sayısal Karşılaştırma 9

C20 beton malzeme sınıfı kullanılan hesap açıklığı 9 m olan taşıyıcı sistemde sürekli tablanın genişliği ve yüksekliği sırasıyla 30 ve 120 cm olarak seçilmiştir. Bu elemanda donatı oranı %1'dir. Tablo 5.19'da S.E.Y. ve E.Ç.Y.' leri kenar ve iç açıklık momentleri için karşılaştırıldığında, açıklık momentlerinde E.Ç.Y.' nin S.E.Y.' ne göre sırasıyla % 35.9 ve % 37.2 daha küçük değerler verdiği, mesnet momentlerinde ise % 31.4'e varan daha büyük değerler verdiği görülmüştür.

Tablo 5.20' de S.E.Y. ve Ö.Y.'leri kenar ve iç açıklık momentleri için karşılaştırıldığında, açıklık momentlerinde Ö.Y.'in S.E.Y' e göre sırasıyla % 4.3 ve % 2.9 daha büyük değerler verdiği, mesnet momentlerinde ise kenar açıklık dış mesnet momentinde % 1.5 daha küçük değer verdiği diğer momentlerde ise en fazla % 15.2 daha büyük değerler verdiği görülmüştür.

Bu sayısal karşılaştırmada da Ö.Y.' in E.Ç.Y.' ne göre daha iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

Tablo 5.19. S.E.Y.ile E.Ç.Y. karşılaştırılması 9

	M _{d1}	M _{d2}	M _{d3}	M _{d4}	M _{d6}
S.E.Y.	365.66	362.22	371.25	365.91	358.03
E.Ç.Y.	458.79	476.05	238.09	456.49	225
%Fark	25.5	31.4	-35.9	24.8	-37.2

Tablo 5.20. S.E.Y.ile Ö.Y. karşılaştırılması 9

	M _{d1}	M _{d2}	M _{d3}	M _{d4}	M _{d6}
S.E.Y.	365.66	362.22	371.25	365.91	358.03
Ö.Y.	360.31	417.31	387.12	400.72	368.25
%Fark	-1.5	15.2	4.3	9.5	2.9

5.4.10. Sayısal Karşılaştırma 10

Sayısal karşılaştırma 9'da ele alınan taşıyıcı sistemdeki beton malzeme sınıfı ve donatı oranı değiştirilerek, sırasıyla C25 ve % 1.25 olarak düzenlendiğinde elde edilen sonuçlar Tablo 5.21 ve 5.22'de verilmiştir. Tablo 5.21'de S.E.Y. ve E.Ç.Y.' leri kenar ve iç açıklık momentleri için karşılaştırıldığında, açıklık momentlerinde E.Ç.Y.' nin S.E.Y.'

ne göre sırasıyla % 32.4 ve % 33.3 daha küçük değerler, mesnet momentlerinde ise % 18.1'e varan daha büyük değerler verdiği görülmüştür.

Tablo 5.22' de ise S.E.Y. ve Ö.Y.'leri kenar ve iç açıklık momentleri için karşılaştırıldığında, açıklık momentlerinde Ö.Y.'in S.E.Y.'ne göre sırasıyla % 6.5 ve % 5.9 daha büyük değerler verdiği, mesnet momentlerinde ise en fazla %7.4 daha küçük değerler verdiği görülmüştür.

Bu sayısal karşılaştırmada beton malzeme sınıfı ve donatı oranının değiştirilmesi E.Ç.Y. sonuçlarını etkilemediği görülmektedir. Yine açıklık momentlerinde E.Ç.Y. S.E.Y.'ne göre daha küçük değerler, mesnet bölgelerinde ise daha büyük değerler vermiştir. Fakat Ö.Y.'de beton malzeme sınıfı ve donatı oranı etkili parametrelerdir. Ö.Y. E.Ç.Y.' ne göre daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir.

Tablo 5.21. S.E.Y. ile E.Ç.Y. karşılaştırılması 10

	M _{d1}	M _{d2}	M _{d3}	M _{d4}	M _{d6}
S.E.Y.	388.46	450.25	352.4	437.49	337.44
E.Ç.Y.	458.79	476.05	238.09	456.49	225
%Fark	18.1	5.7	-32.4	4.3	-33.3

Tablo 5.22. S.E.Y. ile Ö.Y. karşılaştırılması 10

	M _{d1}	M _{d2}	M _{d3}	M _{d4}	M _{d6}
S.E.Y.	388.46	450.25	352.4	437.49	337.44
Ö.Y.	360.25	425.10	375.29	405.29	357.19
%Fark	-7.3	-5.6	6.5	-7.4	5.9

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada iki katlı, eşit açıklığa sahip, sürekli tablalı kirişsiz döşemeli bir betonarme yapı incelenmiştir. Yapının, beton sınıfı, hesap açıklığı, sürekli tablaların genişlik ve yükseklikleri ile donatı oranları değiştirilerek toplamda 810 adet çözüm elde edilmiştir. Sayısal modelin çözümünde sonlu elemanlar yöntemi kullanılmıştır. Aynı zamanda, sürekli tablaların ölü ve hareketli yükler altında doğrusal olmayan davranışları için toplanmış tip plastik mafsallı modeli kullanılmıştır.

Sürekli tablaların dış ve iç açıklıklarında, mesnet ve açıklık momentleri ve oluşan düşey yer değiştirmeler elde edilmiştir. Bu sonuçlar için STATISTICA programı yardımıyla, moment ve sehim değerlerini veren fonksiyonlara ulaşılmıştır. Bu fonksiyonlar ile eşdeğer çerçeve yöntemi ve sonlu elemanlar yöntemi ayrı ayrı 10 adet farklı çözümle karşılaştırılıp çözüm yönteminin etkinliği incelenmiştir. Bu çözümlerde eşdeğer çerçeve ve sonlu elemanlar yöntemi karşılaştırıldığında eşdeğer çerçeve yöntemiyle elde edilen açıklık momentlerinin tüm örnekler için sonlu elemanlar yöntemine göre daha küçük değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. S.E.Y. ve E.Ç.Y ile elde edilen tüm moment değerleri karşılaştırıldığında en fazla % 44' e varan farkların oluştuğu belirlenmiştir. Bunun yanı sıra S.E.Y. ve Ö.Y. ile elde edilen tüm moment değerleri karşılaştırıldığı zaman en fazla % 20 nispetinde farkların meydana geldiği tespit edilmiştir.

Eşdeğer çerçeve yöntemiyle elde edilen sonuçlar beton sınıfına ve donatı oranına bağlı olmadığı halde Ö.Y. beton sınıfı ve donatı oranına bağlı olarak sonuçlar elde edilmektedir. Eşdeğer çerçeve yöntemi doğrusal elastik teoriye dayanmakta olup Ö.Y.'de elde edilen fonksiyonlar doğrusal olmayan yöntemle dayanmaktadır.

Sonuç olarak önerilen fonksiyonel yöntemin eşdeğer çerçeve yöntemine göre daha iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Aynı zamanda, Ö.Y.'de verilen fonksiyonlar için;

- Ölü ve hareketli yükler,
- Beton sınıfı C20-C25 aralığında,
- Sürekli tablanın genişliği 80-160 cm aralığında,
- Sürekli tablanın yüksekliği 30-40 cm aralığında,
- Donatı oranı ise % 1-1.25 aralığında,

olması halleri için sonlu elemanlar yöntemine çok yakın sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Böylece tasarımcının çözümlere başlamadan bu fonksiyonlar yardımıyla boyutlandıracağı

binalar için bir ön boyut vermesi sağlanacak ve bilgisayar çözümlerine ihtiyaç duyulmadan gerçeğe yakın sonuçları elde etmesinde yararlı olacaktır. Aynı zamanda çözümler elle yapılabildiği için yapay sinir ağları gibi yöntemlere göre üstün olmaktadır.

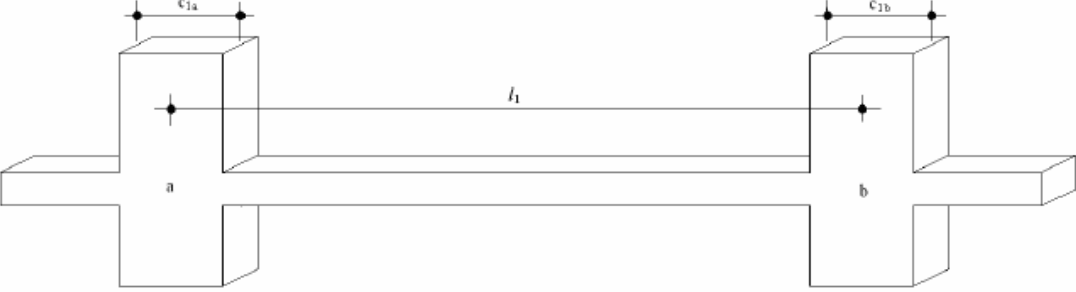
Bu çalışma, kat yüksekliğinin, döşeme kalınlığının ve kolon ebatlarının sabit alınması durumu için geliştirilmiş fonksiyonları içeren bir metodu önermektedir. İleriki çalışmalarda bina özelliklerinin değiştirilmesi durumunu dikkate alan çözümler elde edilip metod genişletilebilir. Bunların yanı sıra Ö.Y.'in deprem, rüzgar gibi etkileri dikkate alıp geliştirilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] **Coşkun, E.**, 1990. Betonarme kirişsiz döşemeli yapıların zımbalama kayma mukavemetlerinin ve yatay ötelemeleri için birer yöntem, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [2] **Elmalı, İ.**, 2006. Betonarme kirişsiz döşemelerin çözüm yöntemleri, *Yüksek Lisans Tezi*, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.
- [3] **Özbayrak, A.**, 2008. Kirişsiz döşemeli betonarme yapıların yatay kuvvetler altında rijitliklerinin yapay sınır ağırları ile analizi, *Yüksek Lisans Tezi*, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- [4] **Ünlüoğlu, E.**, 1985. Kirişsiz döşemeli sistemlerde yatay kuvvetler etkisi altında rijitlik değerlendirilmesinin araştırılması, Anadolu Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Yayınları No: 47, Eskişehir.
- [5] **Erdoğan, A.S., Kaya, N. ve Gürel, M.A.**, 2002. Tablalı kirişsiz döşemelerin irdelenmesi, *Uluslararası Yapı ve Deprem Mühendisliği Sempozyumu ECAS*, ODTÜ, Ankara, 14 Ekim, s. 284-291.
- [6] **Paultre, P. ve Moisan, C.**, 2002. Distribution of moments in reinforced concrete slabs with continuous drop panels, *Canadian Journal Civil Engineer*, **29**, 119-124.
- [7] **Karataş, M. ve Erdoğan, A.S.**, 2006. Kirişsiz döşemelerde sürekli tabla teşkilinin avantajı, *Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları* **5**, 90-93.
- [8] **Özer, E.**, 2009. Yapı Sistemlerinin Doğrusal Olmayan Analizi, Ders Notları.
- [9] **Ersoy, U.**, 1978. Beton ve betonarmenin doğrusal elastik olmayan davranışı, İ.M.O. Yayınları, 1–25. Ankara,
- [10] **Celep, Z.**, 2008. Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve Çözümleme, Deprem Yönetmeliği Kavramları, Beta Yayınları, İstanbul.
- [11] **Celep, Z. ve Kumbasar, N.**, 2004. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, İstanbul.
- [12] **Bedel, O.**, 2003. Sonlu Elemanlar Yönteminin Elle Hesap Edilmesi, OB Mühendislik, <http://obmuhendislik.tripod.com>, 12 Ocak 2009.
- [13] **Demirhan, M.**, 2003. Sonlu Elemanlar Yöntemi, Sap 90 ve Sap 2000, İ.M.O. Ankara Şubesi, Ankara,
- [14] **Celep, Z.**, 2009. Betonarme Yapılar, Beta Yayınları, İstanbul.

- [15] **TS-500**, 2000. Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları, Madde 11-Betonarme Döşeme Sistemleri, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [16] **Ersoy, U.**, 1995. Betonarme Döşeme ve Temeller, Cilt II, Evrim Yayınevi, İstanbul.
- [17] **Doğangün, A.**, 2008. Betonarme yapıların Hesap Tasarımı, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- [18] **Everard, N. J. and Taner, J. L.**, 1987. Theory and Problems of Reinforced Concrete Design, 2nd Edition, Schaum's outline Series, McGraw-Hill Book Company London.
- [19] **Wang, C.K. and Salmon C.G.**, 1979. Reinforced Concrete Design, Third Edition, New York.
- [20] **SAP 2000**, 2004. V10 Educational Version, Computers and Structures Inc., Berkeley, California.
- [21] **CSS: Statistica**. 1995. Statsoft, Inc., Tulsa Okla, USA.

Ek Tablo 4.1. Döşeme yada döşeme+kiriş elemanı için rijitlik katsayısı, ankastrelik momenti katsayısı ve taşıma katsayısı

							
Boyut Oranları		Moment Katsayısı		Rijitlik Katsayısı		Taşıma Katsayısı	
c_{1a}/l_1	c_{1b}/l_1	Ω_a	Ω_b	k_{ab}	k_{ba}	TK_a	TK_b
0,00	0,00	0,083	0,083	4,00	4,00	0,050	0,050
	0,05	0,083	0,084	4,01	4,04	0,504	0,500
	0,10	0,082	0,086	4,03	4,15	0,513	0,499
	0,15	0,081	0,089	4,07	4,32	0,528	0,498
	0,20	0,079	0,093	4,12	4,56	0,548	0,495
	0,25	0,077	0,097	4,18	4,88	0,573	0,491
	0,30	0,075	0,102	4,25	5,28	0,603	0,484
0,05	0,35	0,073	0,107	4,33	5,78	0,638	0,478
	0,05	0,084	0,084	4,05	4,05	0,503	0,503
	0,10	0,083	0,086	4,07	4,15	0,513	0,503
	0,15	0,081	0,089	4,11	4,33	0,528	0,501
	0,20	0,080	0,092	4,16	4,58	0,548	0,499
	0,25	0,078	0,096	4,22	4,89	0,573	0,494
	0,30	0,076	0,101	4,29	5,30	0,603	0,489
0,10	0,35	0,074	0,107	4,39	5,80	0,638	0,481
	0,10	0,085	0,085	4,18	4,18	0,513	0,513
	0,15	0,083	0,088	4,22	4,36	0,528	0,511
	0,20	0,082	0,091	4,27	4,61	0,548	0,508
	0,25	0,080	0,095	4,34	4,93	0,573	0,504
	0,30	0,078	0,100	4,41	5,34	0,602	0,498
0,15	0,35	0,075	0,105	4,50	5,85	0,637	0,491
	0,15	0,086	0,086	4,40	4,40	0,526	0,526
	0,20	0,084	0,090	4,46	4,65	0,546	0,523
	0,25	0,083	0,094	4,53	4,98	0,571	0,519
	0,30	0,080	0,099	4,61	5,40	0,601	0,513
0,20	0,35	0,078	0,104	4,70	5,92	0,635	0,505
	0,20	0,088	0,088	4,72	4,72	0,543	0,543
	0,25	0,086	0,092	4,79	5,05	0,568	0,539
	0,30	0,083	0,097	4,88	5,48	0,597	0,532
0,25	0,35	0,081	0,102	4,99	6,01	0,632	0,524
	0,25	0,090	0,090	5,14	5,14	0,563	0,563
	0,30	0,088	0,095	5,24	5,58	0,592	0,556
0,30	0,35	0,085	0,100	5,36	6,12	0,626	0,548
	0,30	0,092	0,092	5,69	5,69	0,585	0,585
0,35	0,35	0,090	0,097	5,83	6,26	0,619	0,576
	0,35	0,095	0,095	6,42	6,42	0,609	0,609

Ek Tablo 4.2. Kolonların rijitlik ve taşıma katsayıları

$\frac{t_a}{t_b}$		1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40	1,45
0,00	k _c	4,20	4,40	4,60	4,80	5,00	5,20	5,40	5,60	5,80
	TK	0,57	0,65	0,73	0,80	0,87	0,95	1,03	1,10	1,17
0,20	k _c	4,31	4,62	4,95	5,30	5,65	6,02	6,40	6,79	7,20
	TK	0,56	0,62	0,68	0,74	0,80	0,85	0,91	0,96	1,01
0,40	k _c	4,38	4,79	5,22	5,67	6,15	6,65	7,18	7,74	8,32
	TK	0,55	0,60	0,65	0,70	0,74	0,79	0,83	0,87	0,91
0,60	k _c	4,44	4,91	5,42	5,96	6,54	7,15	7,81	8,50	9,23
	TK	0,55	0,59	0,63	0,67	0,70	0,74	0,77	0,80	0,83
0,80	k _c	4,49	5,01	5,58	6,19	6,85	7,56	8,31	9,12	9,98
	TK	0,54	0,58	0,61	0,64	0,67	0,70	0,72	0,75	0,77
1,00	k _c	4,52	5,09	5,71	6,38	7,11	7,89	8,73	9,63	10,60
	TK	0,54	0,57	0,60	0,62	0,65	0,67	0,69	0,71	0,73
1,20	k _c	4,55	5,16	5,82	6,54	7,32	8,17	9,08	10,07	11,12
	TK	0,53	0,56	0,59	0,61	0,63	0,65	0,66	0,68	0,69
1,40	k _c	4,58	5,21	5,91	6,68	7,51	8,41	9,38	10,43	11,57
	TK	0,53	0,55	0,58	0,60	0,61	0,63	0,64	0,65	0,66
1,60	k _c	4,60	5,26	5,99	6,79	7,66	8,61	9,64	10,75	11,95
	TK	0,53	0,55	0,57	0,59	0,60	0,61	0,62	0,63	0,64
1,80	k _c	4,62	5,30	6,06	6,89	7,80	8,79	9,87	11,03	12,29
	TK	0,52	0,55	0,56	0,58	0,59	0,60	0,61	0,61	0,62
2,00	k _c	4,63	5,34	6,12	6,98	7,92	8,94	10,06	11,27	12,59
	TK	0,52	0,54	0,56	0,57	0,58	0,50	0,59	0,60	0,60
2,20	k _c	4,65	5,37	6,17	7,05	8,02	9,08	10,24	11,49	12,85
	TK	0,52	0,54	0,55	0,56	0,57	0,58	0,58	0,59	0,59
2,40	k _c	4,66	5,40	6,22	7,12	8,11	9,20	10,39	11,68	13,08
	TK	0,52	0,53	0,55	0,56	0,56	0,57	0,57	0,58	0,58
2,60	k _c	4,67	5,42	6,26	7,18	8,20	9,31	10,53	11,86	13,29
	TK	0,52	0,53	0,54	0,55	0,56	0,56	0,56	0,57	0,57
2,80	k _c	4,68	5,44	6,29	7,23	8,27	9,41	10,66	12,01	13,48
	TK	0,52	0,53	0,54	0,55	0,55	0,55	0,56	0,56	0,56
3,00	k _c	4,69	5,46	6,33	7,28	8,34	9,50	10,77	12,15	13,65
	TK	0,52	0,53	0,54	0,54	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
3,50	k _c	4,71	5,50	6,40	7,39	8,48	9,69	11,01	12,46	14,02
	TK	0,51	0,52	0,53	0,53	0,54	0,54	0,54	0,53	0,53
4,00	k _c	4,72	5,54	6,45	7,47	8,60	9,84	11,21	12,70	14,32
	TK	0,51	0,52	0,52	0,53	0,53	0,52	0,52	0,52	0,52
4,50	k _c	4,73	5,56	6,50	7,54	8,69	9,97	11,37	12,89	14,57
	TK	0,51	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,51	0,51	0,51
5,00	k _c	4,75	5,59	6,54	7,60	8,78	10,07	11,50	13,07	14,77
	TK	0,51	0,51	0,52	0,52	0,51	0,51	0,51	0,50	0,49
6,00	k _c	4,76	5,63	6,60	7,69	8,90	10,24	11,72	13,33	15,10
	TK	0,51	0,51	0,51	0,51	0,50	0,50	0,49	0,49	0,48
7,00	k _c	4,78	5,66	6,65	7,76	9,00	10,37	14,88	13,54	15,34
	TK	0,51	0,51	0,51	0,50	5,00	0,49	0,48	0,48	0,47
8,00	k _c	4,78	5,68	6,69	7,82	9,07	10,47	12,01	13,70	15,54
	TK	0,51	0,51	0,50	0,50	0,49	0,49	0,48	0,47	0,46
9,00	k _c	4,80	5,71	6,74	7,89	9,18	10,61	12,19	13,93	15,83
	TK	0,50	0,50	0,50	0,49	0,48	0,48	0,47	0,46	0,45

Ek Tablo 5.1. Sürekli tablaların mesnet ve açıklık bölgeleri moment - eğrilik değerleri

Hesap Açıklığı	Malz. sınıfı						Mesnet Bölgesinde						Açıklık Bölgesinde					
		bw	h	b	ρ		Mcr (kNm)	$\phi_{\text{ç}}$ (rad/m)	My (kNm)	ϕ_y (rad/m)	Mu (kNm)	ϕ_u (rad/m)	Mcr (kNm)	$\phi_{\text{ç}}$ (rad/m)	My (kNm)	ϕ_y (rad/m)	Mu (kNm)	ϕ_u (rad/m)
L=5	C20	0,8	0,3	1,4	0,0100		46,85	6,97E-04	244,54	1,11E-02	242,29	4,32E-02	36,52	5,43E-04	244,63	1,11E-02	251,96	6,80E-02
L=5	C20	1	0,3	1,6	0,0100		55,00	6,83E-04	305,68	1,11E-02	302,87	4,32E-02	44,45	5,52E-04	305,77	1,11E-02	313,21	6,33E-02
L=5	C20	1,2	0,3	1,8	0,0100		63,04	6,72E-04	366,81	1,11E-02	363,44	4,32E-02	52,41	5,59E-04	366,91	1,11E-02	374,30	6,02E-02
L=5	C20	1,4	0,3	2	0,0100		71,06	6,65E-04	427,95	1,11E-02	424,01	4,32E-02	60,29	5,64E-04	428,05	1,11E-02	435,29	5,79E-02
L=5	C20	1,6	0,3	2,2	0,0100		78,99	6,59E-04	489,08	1,11E-02	484,58	4,32E-02	68,20	5,69E-04	489,19	1,11E-02	496,20	5,61E-02
L=5	C20	0,8	0,35	1,4	0,0100		64,02	6,05E-04	338,73	9,39E-03	337,70	3,79E-02	48,75	4,61E-04	338,65	9,39E-03	349,93	6,02E-02
L=5	C20	1	0,35	1,6	0,0100		75,08	5,91E-04	423,41	9,39E-03	422,13	3,79E-02	59,68	4,69E-04	423,32	9,39E-03	435,25	5,60E-02
L=5	C20	1,2	0,35	1,8	0,0100		86,08	5,81E-04	508,09	9,39E-03	506,56	3,79E-02	70,51	4,76E-04	508,00	9,39E-03	520,37	5,31E-02
L=5	C20	1,4	0,35	2	0,0100		96,98	5,74E-04	592,77	9,39E-03	590,98	3,79E-02	81,29	4,81E-04	592,67	9,39E-03	605,36	5,11E-02
L=5	C20	1,6	0,35	2,2	0,0100		116,24	5,67E-04	677,46	9,39E-03	675,41	3,79E-02	99,36	4,85E-04	677,35	9,39E-03	690,23	4,95E-02
L=5	C20	0,8	0,4	1,4	0,0100		83,85	5,32E-04	448,24	8,12E-03	449,03	3,38E-02	63,39	4,02E-04	447,91	8,12E-03	464,15	5,40E-02
L=5	C20	1	0,4	1,6	0,0100		98,29	5,18E-04	560,29	8,12E-03	561,29	3,38E-02	77,70	4,10E-04	559,94	8,12E-03	577,57	5,02E-02
L=5	C20	1,2	0,4	1,8	0,0100		112,56	5,09E-04	672,35	8,12E-03	673,54	3,38E-02	91,91	4,16E-04	671,97	8,12E-03	690,72	4,76E-02
L=5	C20	1,4	0,4	2	0,0100		126,77	5,02E-04	784,41	8,12E-03	785,80	3,38E-02	106,05	4,20E-04	784,02	8,12E-03	803,69	4,57E-02
L=5	C20	1,6	0,4	2,2	0,0100		140,89	4,97E-04	896,47	8,12E-03	898,06	3,38E-02	120,14	4,24E-04	896,06	8,12E-03	916,53	4,43E-02
L=5	C20	0,8	0,3	1,4	0,0125		46,85	6,97E-04	302,63	1,16E-02	294,65	3,39E-02	36,52	5,43E-04	302,64	1,16E-02	310,00	5,52E-02
L=5	C20	1	0,3	1,6	0,0125		55,00	6,83E-04	378,29	1,16E-02	368,32	3,39E-02	44,45	5,52E-04	378,30	1,16E-02	384,89	5,12E-02
L=5	C20	1,2	0,3	1,8	0,0125		63,04	6,72E-04	453,95	1,16E-02	441,98	3,39E-02	52,41	5,59E-04	453,96	1,16E-02	459,51	4,84E-02
L=5	C20	1,4	0,3	2	0,0125		71,06	6,65E-04	529,61	1,16E-02	515,64	3,39E-02	60,29	5,64E-04	529,62	1,16E-02	533,94	4,64E-02
L=5	C20	1,6	0,3	2,2	0,0125		78,99	6,59E-04	605,27	1,16E-02	589,31	3,39E-02	68,20	5,69E-04	605,28	1,16E-02	608,22	4,49E-02
L=5	C20	0,8	0,35	1,4	0,0125		64,02	6,05E-04	419,18	9,80E-03	410,84	2,95E-02	48,75	4,61E-04	418,94	9,80E-03	430,90	4,84E-02
L=5	C20	1	0,35	1,6	0,0125		75,08	5,91E-04	523,98	9,80E-03	513,56	2,95E-02	59,68	4,69E-04	523,72	9,80E-03	535,27	4,48E-02
L=5	C20	1,2	0,35	1,8	0,0125		86,08	5,81E-04	628,78	9,80E-03	616,27	2,95E-02	70,51	4,76E-04	628,50	9,80E-03	639,27	4,24E-02
L=5	C20	1,4	0,35	2	0,0125		96,98	5,74E-04	733,57	9,80E-03	718,98	2,95E-02	81,29	4,81E-04	733,28	9,80E-03	743,01	4,06E-02
L=5	C20	1,6	0,35	2,2	0,0125		116,24	5,67E-04	838,37	9,80E-03	821,69	2,95E-02	99,36	4,85E-04	838,06	9,80E-03	846,57	3,93E-02
L=5	C20	0,8	0,4	1,4	0,0125		83,85	5,32E-04	554,68	8,47E-03	546,37	2,62E-02	63,39	4,02E-04	554,09	8,47E-03	571,82	4,31E-02
L=5	C20	1	0,4	1,6	0,0125		98,29	5,18E-04	693,35	8,47E-03	682,96	2,62E-02	77,70	4,10E-04	692,71	8,47E-03	710,57	3,99E-02
L=5	C20	1,2	0,4	1,8	0,0125		112,56	5,09E-04	832,02	8,47E-03	819,55	2,62E-02	91,91	4,16E-04	831,34	8,47E-03	848,84	3,77E-02
L=5	C20	1,4	0,4	2	0,0125		126,77	5,02E-04	970,69	8,47E-03	956,14	2,62E-02	106,05	4,20E-04	969,98	8,47E-03	986,77	3,61E-02
L=5	C20	1,6	0,4	2,2	0,0125		140,89	4,97E-04	1109,36	8,47E-03	1092,73	2,62E-02	120,14	4,24E-04	1108,62	8,47E-03	1124,46	3,49E-02
L=5	C20	0,8	0,3	1,4	0,0150		46,85	6,97E-04	359,98	1,21E-02	342,83	2,77E-02	36,52	5,43E-04	359,89	1,21E-02	365,93	4,61E-02
L=5	C20	1	0,3	1,6	0,0150		55,00	6,83E-04	449,97	1,21E-02	428,53	2,77E-02	44,45	5,52E-04	449,88	1,21E-02	453,62	4,25E-02
L=5	C20	1,2	0,3	1,8	0,0150		63,04	6,72E-04	539,97	1,21E-02	514,24	2,77E-02	52,41	5,59E-04	539,86	1,21E-02	540,87	4,01E-02
L=5	C20	1,4	0,3	2	0,0150		71,06	6,65E-04	629,96	1,21E-02	599,95	2,77E-02	60,29	5,64E-04	629,85	1,21E-02	627,80	3,84E-02
L=5	C20	1,6	0,3	2,2	0,0150		78,99	6,59E-04	719,96	1,21E-02	685,65	2,77E-02	68,20	5,69E-04	719,84	1,21E-02	714,52	3,71E-02

L=5	C20	0,8	0,35	1,4	0,0150	64,02	6,05E-04	498,60	1,02E-02	478,16	2,40E-02	48,75	4,61E-04	498,17	1,02E-02	508,87	4,01E-02
L=5	C20	1	0,35	1,6	0,0150	75,08	5,91E-04	623,24	1,02E-02	597,70	2,40E-02	59,68	4,69E-04	622,78	1,02E-02	631,10	3,70E-02
L=5	C20	1,2	0,35	1,8	0,0150	86,08	5,81E-04	747,89	1,02E-02	717,24	2,40E-02	70,51	4,76E-04	747,40	1,02E-02	752,73	3,49E-02
L=5	C20	1,4	0,35	2	0,0150	96,98	5,74E-04	872,54	1,02E-02	836,78	2,40E-02	81,29	4,81E-04	872,03	1,02E-02	873,94	3,34E-02
L=5	C20	1,6	0,35	2,2	0,0150	116,24	5,67E-04	997,19	1,02E-02	956,32	2,40E-02	99,36	4,85E-04	996,66	1,02E-02	994,85	3,22E-02
L=5	C20	0,8	0,4	1,4	0,0150	83,85	5,32E-04	659,73	8,80E-03	635,97	2,12E-02	63,39	4,02E-04	658,86	8,80E-03	675,45	3,56E-02
L=5	C20	1	0,4	1,6	0,0150	98,29	5,18E-04	824,66	8,80E-03	794,96	2,12E-02	77,70	4,10E-04	823,72	8,80E-03	837,94	3,28E-02
L=5	C20	1,2	0,4	1,8	0,0150	112,56	5,09E-04	989,60	8,80E-03	953,96	2,12E-02	91,91	4,16E-04	988,59	8,80E-03	999,66	3,09E-02
L=5	C20	1,4	0,4	2	0,0150	126,77	5,02E-04	1154,53	8,80E-03	1112,95	2,12E-02	106,05	4,20E-04	1153,48	8,80E-03	1160,83	2,95E-02
L=5	C20	1,6	0,4	2,2	0,0150	140,89	4,97E-04	1319,46	8,80E-03	1271,94	2,12E-02	120,14	4,24E-04	1318,37	8,80E-03	1321,61	2,85E-02
L=5	C25	0,8	0,3	1,4	0,0100	52,38	7,34E-04	245,13	1,10E-02	246,46	5,19E-02	40,83	5,72E-04	245,24	1,10E-02	255,27	8,08E-02
L=5	C25	1	0,3	1,6	0,0100	61,49	7,19E-04	306,42	1,10E-02	308,08	5,19E-02	49,70	5,81E-04	306,53	1,10E-02	317,45	7,54E-02
L=5	C25	1,2	0,3	1,8	0,0100	70,48	7,08E-04	367,70	1,10E-02	369,70	5,19E-02	58,60	5,89E-04	367,82	1,10E-02	379,51	7,17E-02
L=5	C25	1,4	0,3	2	0,0100	79,45	7,00E-04	428,98	1,10E-02	431,31	5,19E-02	67,41	5,94E-04	429,11	1,10E-02	441,47	6,91E-02
L=5	C25	1,6	0,3	2,2	0,0100	88,32	6,94E-04	490,27	1,10E-02	492,93	5,19E-02	76,25	5,99E-04	490,40	1,10E-02	503,36	6,70E-02
L=5	C25	0,8	0,35	1,4	0,0100	71,58	6,37E-04	339,52	9,30E-03	343,05	4,57E-02	54,50	4,85E-04	339,47	9,30E-03	353,97	7,17E-02
L=5	C25	1	0,35	1,6	0,0100	83,94	6,22E-04	424,40	9,30E-03	428,81	4,57E-02	66,72	4,94E-04	424,34	9,30E-03	440,48	6,69E-02
L=5	C25	1,2	0,35	1,8	0,0100	96,24	6,12E-04	509,28	9,30E-03	514,57	4,57E-02	78,83	5,01E-04	509,22	9,30E-03	526,82	6,36E-02
L=5	C25	1,4	0,35	2	0,0100	108,42	6,04E-04	594,16	9,30E-03	600,33	4,57E-02	90,89	5,06E-04	594,09	9,30E-03	613,03	6,11E-02
L=5	C25	1,6	0,35	2,2	0,0100	129,96	5,98E-04	679,04	9,30E-03	686,09	4,57E-02	111,09	5,11E-04	678,97	9,30E-03	699,17	5,93E-02
L=5	C25	0,8	0,4	1,4	0,0100	93,75	5,60E-04	449,25	8,04E-03	455,70	4,09E-02	70,87	4,23E-04	448,97	8,04E-03	469,01	6,46E-02
L=5	C25	1	0,4	1,6	0,0100	109,90	5,46E-04	561,56	8,04E-03	569,63	4,09E-02	86,87	4,32E-04	561,26	8,04E-03	583,89	6,02E-02
L=5	C25	1,2	0,4	1,8	0,0100	125,85	5,36E-04	673,88	8,04E-03	683,56	4,09E-02	102,76	4,38E-04	673,56	8,04E-03	698,56	5,71E-02
L=5	C25	1,4	0,4	2	0,0100	141,74	5,29E-04	786,19	8,04E-03	797,48	4,09E-02	118,57	4,43E-04	785,85	8,04E-03	813,07	5,49E-02
L=5	C25	1,6	0,4	2,2	0,0100	157,53	5,24E-04	898,50	8,04E-03	911,41	4,09E-02	134,32	4,47E-04	898,16	8,04E-03	927,47	5,32E-02
L=5	C25	0,8	0,3	1,4	0,0125	52,38	7,34E-04	303,42	1,15E-02	301,51	4,13E-02	40,83	5,72E-04	303,45	1,15E-02	314,76	6,66E-02
L=5	C25	1	0,3	1,6	0,0125	61,49	7,19E-04	379,27	1,15E-02	376,89	4,13E-02	49,70	5,81E-04	379,31	1,15E-02	391,14	6,18E-02
L=5	C25	1,2	0,3	1,8	0,0125	70,48	7,08E-04	455,13	1,15E-02	452,27	4,13E-02	58,60	5,89E-04	455,17	1,15E-02	467,30	5,85E-02
L=5	C25	1,4	0,3	2	0,0125	79,45	7,00E-04	530,98	1,15E-02	527,65	4,13E-02	67,41	5,94E-04	531,02	1,15E-02	543,29	5,62E-02
L=5	C25	1,6	0,3	2,2	0,0125	88,32	6,94E-04	606,84	1,15E-02	603,02	4,13E-02	76,25	5,99E-04	606,88	1,15E-02	619,18	5,44E-02
L=5	C25	0,8	0,35	1,4	0,0125	71,58	6,37E-04	420,24	9,69E-03	419,88	3,61E-02	54,50	4,85E-04	420,04	9,69E-03	436,95	5,85E-02
L=5	C25	1	0,35	1,6	0,0125	83,94	6,22E-04	525,30	9,69E-03	524,86	3,61E-02	66,72	4,94E-04	525,08	9,69E-03	543,27	5,43E-02
L=5	C25	1,2	0,35	1,8	0,0125	96,24	6,12E-04	630,35	9,69E-03	629,83	3,61E-02	78,83	5,01E-04	630,13	9,69E-03	649,29	5,14E-02
L=5	C25	1,4	0,35	2	0,0125	108,42	6,04E-04	735,41	9,69E-03	734,80	3,61E-02	90,89	5,06E-04	735,17	9,69E-03	755,09	4,93E-02
L=5	C25	1,6	0,35	2,2	0,0125	129,96	5,98E-04	840,47	9,69E-03	839,77	3,61E-02	111,09	5,11E-04	840,22	9,69E-03	860,74	4,77E-02
L=5	C25	0,8	0,4	1,4	0,0125	93,75	5,60E-04	556,04	8,38E-03	557,91	3,20E-02	70,87	4,23E-04	555,52	8,38E-03	579,35	5,23E-02
L=5	C25	1	0,4	1,6	0,0125	109,90	5,46E-04	695,05	8,38E-03	697,39	3,20E-02	86,87	4,32E-04	694,49	8,38E-03	720,57	4,84E-02
L=5	C25	1,2	0,4	1,8	0,0125	125,85	5,36E-04	834,06	8,38E-03	836,87	3,20E-02	102,76	4,38E-04	833,46	8,38E-03	861,40	4,58E-02

L=5	C25	1,4	0,4	2	0,0125	141,74	5,29E-04	973,06	8,38E-03	976,35	3,20E-02	118,57	4,43E-04	972,44	8,38E-03	1001,96	4,39E-02
L=5	C25	1,6	0,4	2,2	0,0125	157,53	5,24E-04	1112,07	8,38E-03	1115,83	3,20E-02	134,32	4,47E-04	1111,43	8,38E-03	1142,32	4,25E-02
L=5	C25	0,8	0,3	1,4	0,0150	52,38	7,34E-04	360,96	1,19E-02	353,34	3,40E-02	40,83	5,72E-04	360,91	1,19E-02	372,69	5,60E-02
L=5	C25	1	0,3	1,6	0,0150	61,49	7,19E-04	451,21	1,19E-02	441,68	3,40E-02	49,70	5,81E-04	451,14	1,19E-02	462,63	5,18E-02
L=5	C25	1,2	0,3	1,8	0,0150	70,48	7,08E-04	541,45	1,19E-02	530,01	3,40E-02	58,60	5,89E-04	541,38	1,19E-02	552,20	4,90E-02
L=5	C25	1,4	0,3	2	0,0150	79,45	7,00E-04	631,69	1,19E-02	618,35	3,40E-02	67,41	5,94E-04	631,62	1,19E-02	641,53	4,69E-02
L=5	C25	1,6	0,3	2,2	0,0150	88,32	6,94E-04	721,93	1,19E-02	706,68	3,40E-02	76,25	5,99E-04	721,86	1,19E-02	730,67	4,53E-02
L=5	C25	0,8	0,35	1,4	0,0150	71,58	6,37E-04	499,92	1,01E-02	492,22	2,95E-02	54,50	4,85E-04	499,56	1,01E-02	517,69	4,90E-02
L=5	C25	1	0,35	1,6	0,0150	83,94	6,22E-04	624,90	1,01E-02	615,27	2,95E-02	66,72	4,94E-04	624,51	1,01E-02	642,91	4,52E-02
L=5	C25	1,2	0,35	1,8	0,0150	96,24	6,12E-04	749,88	1,01E-02	738,32	2,95E-02	78,83	5,01E-04	749,46	1,01E-02	767,64	4,27E-02
L=5	C25	1,4	0,35	2	0,0150	108,42	6,04E-04	874,86	1,01E-02	861,38	2,95E-02	90,89	5,06E-04	874,42	1,01E-02	892,04	4,09E-02
L=5	C25	1,6	0,35	2,2	0,0150	129,96	5,98E-04	999,84	1,01E-02	984,43	2,95E-02	111,09	5,11E-04	999,39	1,01E-02	1016,19	3,95E-02
L=5	C25	0,8	0,4	1,4	0,0150	93,75	5,60E-04	661,45	8,70E-03	654,11	2,61E-02	70,87	4,23E-04	660,67	8,70E-03	686,62	4,35E-02
L=5	C25	1	0,4	1,6	0,0150	109,90	5,46E-04	826,81	8,70E-03	817,64	2,61E-02	86,87	4,32E-04	825,96	8,70E-03	852,96	4,01E-02
L=5	C25	1,2	0,4	1,8	0,0150	125,85	5,36E-04	992,17	8,70E-03	981,16	2,61E-02	102,76	4,38E-04	991,27	8,70E-03	1018,68	3,79E-02
L=5	C25	1,4	0,4	2	0,0150	141,74	5,29E-04	1157,53	8,70E-03	1144,69	2,61E-02	118,57	4,43E-04	1156,59	8,70E-03	1183,95	3,62E-02
L=5	C25	1,6	0,4	2,2	0,0150	157,53	5,24E-04	1322,90	8,70E-03	1308,22	2,61E-02	134,32	4,47E-04	1321,92	8,70E-03	1348,91	3,50E-02
L=5	C30	0,8	0,3	1,4	0,0100	57,38	7,65E-04	245,63	1,09E-02	249,54	6,02E-02	44,72	6,26E-04	245,24	1,10E-02	257,87	9,27E-02
L=5	C30	1	0,3	1,6	0,0100	67,36	7,49E-04	307,03	1,09E-02	311,92	6,02E-02	54,44	6,37E-04	306,53	1,10E-02	320,75	8,67E-02
L=5	C30	1,2	0,3	1,8	0,0100	77,20	7,38E-04	368,44	1,09E-02	374,30	6,02E-02	64,19	6,45E-04	367,82	1,10E-02	383,52	8,26E-02
L=5	C30	1,4	0,3	2	0,0100	87,03	7,30E-04	429,85	1,09E-02	436,69	6,02E-02	73,84	6,51E-04	429,11	1,10E-02	446,20	7,95E-02
L=5	C30	1,6	0,3	2,2	0,0100	96,75	7,23E-04	491,25	1,09E-02	499,07	6,02E-02	83,53	6,56E-04	490,40	1,10E-02	508,83	7,72E-02
L=5	C30	0,8	0,35	1,4	0,0100	78,41	6,64E-04	340,18	9,23E-03	346,92	5,31E-02	59,70	5,32E-04	339,47	9,30E-03	357,09	8,26E-02
L=5	C30	1	0,35	1,6	0,0100	91,96	6,48E-04	425,22	9,23E-03	433,65	5,31E-02	73,09	5,42E-04	424,34	9,30E-03	444,47	7,71E-02
L=5	C30	1,2	0,35	1,8	0,0100	105,42	6,38E-04	510,26	9,23E-03	520,37	5,31E-02	86,35	5,49E-04	509,22	9,30E-03	531,69	7,33E-02
L=5	C30	1,4	0,35	2	0,0100	118,77	6,30E-04	595,31	9,23E-03	607,10	5,31E-02	99,56	5,55E-04	594,09	9,30E-03	618,82	7,06E-02
L=5	C30	1,6	0,35	2,2	0,0100	142,36	6,23E-04	680,35	9,23E-03	693,83	5,31E-02	121,69	5,60E-04	678,97	9,30E-03	705,87	6,85E-02
L=5	C30	0,8	0,4	1,4	0,0100	102,70	5,83E-04	450,10	7,97E-03	460,48	4,76E-02	77,63	4,64E-04	448,97	8,04E-03	472,71	7,45E-02
L=5	C30	1	0,4	1,6	0,0100	120,38	5,69E-04	562,62	7,97E-03	575,60	4,76E-02	95,16	4,73E-04	561,26	8,04E-03	588,65	6,95E-02
L=5	C30	1,2	0,4	1,8	0,0100	137,86	5,59E-04	675,15	7,97E-03	690,72	4,76E-02	112,57	4,80E-04	673,56	8,04E-03	704,40	6,61E-02
L=5	C30	1,4	0,4	2	0,0100	155,26	5,51E-04	787,67	7,97E-03	805,84	4,76E-02	129,89	4,85E-04	785,85	8,04E-03	820,02	6,36E-02
L=5	C30	1,6	0,4	2,2	0,0100	172,56	5,46E-04	900,20	7,97E-03	920,96	4,76E-02	147,14	4,89E-04	898,16	8,04E-03	935,55	6,17E-02
L=5	C30	0,8	0,3	1,4	0,0125	57,38	7,65E-04	304,07	1,14E-02	306,34	4,84E-02	44,72	6,26E-04	303,45	1,15E-02	318,30	7,73E-02
L=5	C30	1	0,3	1,6	0,0125	67,36	7,49E-04	380,09	1,14E-02	382,93	4,84E-02	54,44	6,37E-04	379,31	1,15E-02	395,74	7,18E-02
L=5	C30	1,2	0,3	1,8	0,0125	77,20	7,38E-04	456,11	1,14E-02	459,51	4,84E-02	64,19	6,45E-04	455,17	1,15E-02	472,99	6,81E-02
L=5	C30	1,4	0,3	2	0,0125	87,03	7,30E-04	532,13	1,14E-02	536,10	4,84E-02	73,84	6,51E-04	531,02	1,15E-02	550,10	6,54E-02
L=5	C30	1,6	0,3	2,2	0,0125	96,75	7,23E-04	608,15	1,14E-02	612,68	4,84E-02	83,53	6,56E-04	606,88	1,15E-02	627,11	6,34E-02
L=5	C30	0,8	0,35	1,4	0,0125	78,41	6,64E-04	421,11	9,61E-03	426,18	4,24E-02	59,70	5,32E-04	420,04	9,69E-03	441,38	6,81E-02

L=5	C30	1	0,35	1,6	0,0125	91,96	6,48E-04	526,39	9,61E-03	532,73	4,24E-02	73,09	5,42E-04	525,08	9,69E-03	549,07	6,33E-02
L=5	C30	1,2	0,35	1,8	0,0125	105,42	6,38E-04	631,67	9,61E-03	639,27	4,24E-02	86,35	5,49E-04	630,13	9,69E-03	656,50	5,99E-02
L=5	C30	1,4	0,35	2	0,0125	118,77	6,30E-04	736,95	9,61E-03	745,82	4,24E-02	99,56	5,55E-04	735,17	9,69E-03	763,75	5,75E-02
L=5	C30	1,6	0,35	2,2	0,0125	142,36	6,23E-04	842,23	9,61E-03	852,36	4,24E-02	121,69	5,60E-04	840,22	9,69E-03	870,87	5,57E-02
L=5	C30	0,8	0,4	1,4	0,0125	102,70	5,83E-04	557,17	8,30E-03	565,89	3,77E-02	77,63	4,64E-04	555,52	8,38E-03	584,77	6,10E-02
L=5	C30	1	0,4	1,6	0,0125	120,38	5,69E-04	696,46	8,30E-03	707,37	3,77E-02	95,16	4,73E-04	694,49	8,38E-03	727,72	5,66E-02
L=5	C30	1,2	0,4	1,8	0,0125	137,86	5,59E-04	835,75	8,30E-03	848,84	3,77E-02	112,57	4,80E-04	833,46	8,38E-03	870,33	5,36E-02
L=5	C30	1,4	0,4	2	0,0125	155,26	5,51E-04	975,05	8,30E-03	990,31	3,77E-02	129,89	4,85E-04	972,44	8,38E-03	1012,72	5,14E-02
L=5	C30	1,6	0,4	2,2	0,0125	172,56	5,46E-04	1114,34	8,30E-03	1131,78	3,77E-02	147,14	4,89E-04	1111,43	8,38E-03	1154,93	4,97E-02
L=5	C30	0,8	0,3	1,4	0,0150	57,38	7,65E-04	361,79	1,18E-02	360,58	4,01E-02	44,72	6,26E-04	360,91	1,19E-02	377,54	6,56E-02
L=5	C30	1	0,3	1,6	0,0150	67,36	7,49E-04	452,23	1,18E-02	450,72	4,01E-02	54,44	6,37E-04	451,14	1,19E-02	469,03	6,07E-02
L=5	C30	1,2	0,3	1,8	0,0150	77,20	7,38E-04	542,68	1,18E-02	540,87	4,01E-02	64,19	6,45E-04	541,38	1,19E-02	560,21	5,74E-02
L=5	C30	1,4	0,3	2	0,0150	87,03	7,30E-04	633,13	1,18E-02	631,01	4,01E-02	73,84	6,51E-04	631,62	1,19E-02	651,19	5,50E-02
L=5	C30	1,6	0,3	2,2	0,0150	96,75	7,23E-04	723,57	1,18E-02	721,16	4,01E-02	83,53	6,56E-04	721,86	1,19E-02	742,02	5,32E-02
L=5	C30	0,8	0,35	1,4	0,0150	78,41	6,64E-04	501,03	9,96E-03	501,82	3,49E-02	59,70	5,32E-04	499,56	1,01E-02	523,92	5,74E-02
L=5	C30	1	0,35	1,6	0,0150	91,96	6,48E-04	626,29	9,96E-03	627,28	3,49E-02	73,09	5,42E-04	624,51	1,01E-02	651,19	5,31E-02
L=5	C30	1,2	0,35	1,8	0,0150	105,42	6,38E-04	751,54	9,96E-03	752,73	3,49E-02	86,35	5,49E-04	749,46	1,01E-02	778,06	5,02E-02
L=5	C30	1,4	0,35	2	0,0150	118,77	6,30E-04	876,80	9,96E-03	878,19	3,49E-02	99,56	5,55E-04	874,42	1,01E-02	904,64	4,81E-02
L=5	C30	1,6	0,35	2,2	0,0150	142,36	6,23E-04	1002,06	9,96E-03	1003,64	3,49E-02	121,69	5,60E-04	999,39	1,01E-02	1031,01	4,65E-02
L=5	C30	0,8	0,4	1,4	0,0150	102,70	5,83E-04	662,88	8,61E-03	666,44	3,09E-02	77,63	4,64E-04	660,67	8,70E-03	694,44	5,11E-02
L=5	C30	1	0,4	1,6	0,0150	120,38	5,69E-04	828,60	8,61E-03	833,05	3,09E-02	95,16	4,73E-04	825,96	8,70E-03	863,41	4,72E-02
L=5	C30	1,2	0,4	1,8	0,0150	137,86	5,59E-04	994,32	8,61E-03	999,66	3,09E-02	112,57	4,80E-04	991,27	8,70E-03	1031,85	4,46E-02
L=5	C30	1,4	0,4	2	0,0150	155,26	5,51E-04	1160,04	8,61E-03	1166,27	3,09E-02	129,89	4,85E-04	1156,59	8,70E-03	1199,92	4,27E-02
L=5	C30	1,6	0,4	2,2	0,0150	172,56	5,46E-04	1325,76	8,61E-03	1332,88	3,09E-02	147,14	4,89E-04	1321,92	8,70E-03	1367,73	4,13E-02
L=7	C20	0,8	0,3	1,6	0,0100	51,42	7,18E-04	244,54	1,11E-02	242,29	4,32E-02	38,00	5,31E-04	244,64	1,11E-02	253,96	7,54E-02
L=7	C20	1	0,3	1,8	0,0100	59,75	7,01E-04	305,68	1,11E-02	302,87	4,32E-02	46,00	5,40E-04	305,79	1,11E-02	315,49	6,95E-02
L=7	C20	1,2	0,3	2	0,0100	67,90	6,89E-04	366,81	1,11E-02	363,44	4,32E-02	54,00	5,48E-04	366,93	1,11E-02	376,81	6,54E-02
L=7	C20	1,4	0,3	2,2	0,0100	76,02	6,80E-04	427,95	1,11E-02	424,01	4,32E-02	61,94	5,54E-04	428,08	1,11E-02	437,99	6,24E-02
L=7	C20	1,6	0,3	2,4	0,0100	84,05	6,72E-04	489,08	1,11E-02	484,58	4,32E-02	69,89	5,59E-04	489,22	1,11E-02	499,07	6,02E-02
L=7	C20	0,8	0,35	1,6	0,0100	70,25	6,27E-04	338,73	9,39E-03	337,70	3,79E-02	50,33	4,49E-04	338,63	9,39E-03	352,38	6,69E-02
L=7	C20	1	0,35	1,8	0,0100	81,61	6,09E-04	423,41	9,39E-03	422,13	3,79E-02	61,35	4,58E-04	423,30	9,39E-03	438,07	6,15E-02
L=7	C20	1,2	0,35	2	0,0100	92,76	5,97E-04	508,09	9,39E-03	506,56	3,79E-02	72,29	4,65E-04	507,98	9,39E-03	523,49	5,79E-02
L=7	C20	1,4	0,35	2,2	0,0100	103,80	5,88E-04	592,77	9,39E-03	590,98	3,79E-02	83,18	4,71E-04	592,65	9,39E-03	608,73	5,52E-02
L=7	C20	1,6	0,35	2,4	0,0100	114,76	5,81E-04	677,46	9,39E-03	675,41	3,79E-02	94,00	4,76E-04	677,33	9,39E-03	693,83	5,31E-02
L=7	C20	0,8	0,4	1,6	0,0100	92,10	5,52E-04	448,24	8,12E-03	449,03	3,38E-02	65,27	3,91E-04	447,85	8,12E-03	467,11	6,02E-02
L=7	C20	1	0,4	1,8	0,0100	106,90	5,36E-04	560,29	8,12E-03	561,29	3,38E-02	79,74	4,00E-04	559,87	8,12E-03	580,99	5,53E-02
L=7	C20	1,2	0,4	2	0,0100	121,46	5,24E-04	672,35	8,12E-03	673,54	3,38E-02	94,08	4,06E-04	671,90	8,12E-03	694,53	5,19E-02
L=7	C20	1,4	0,4	2,2	0,0100	135,82	5,16E-04	784,41	8,12E-03	785,80	3,38E-02	108,35	4,11E-04	783,93	8,12E-03	807,83	4,95E-02

L=7	C20	1,6	0,4	2,4	0,0100	149,44	5,09E-04	896,47	8,12E-03	898,06	3,38E-02	122,03	4,16E-04	895,97	8,12E-03	920,96	4,76E-02
L=7	C20	0,8	0,3	1,6	0,0125	51,42	7,18E-04	302,63	1,16E-02	294,65	3,39E-02	38,00	5,31E-04	302,64	1,16E-02	312,91	6,18E-02
L=7	C20	1	0,3	1,8	0,0125	59,75	7,01E-04	378,29	1,16E-02	368,32	3,39E-02	46,00	5,40E-04	378,30	1,16E-02	388,29	5,66E-02
L=7	C20	1,2	0,3	2	0,0125	67,90	6,89E-04	453,95	1,16E-02	441,98	3,39E-02	54,00	5,48E-04	453,96	1,16E-02	463,32	5,30E-02
L=7	C20	1,4	0,3	2,2	0,0125	76,02	6,80E-04	529,61	1,16E-02	515,64	3,39E-02	61,94	5,54E-04	529,62	1,16E-02	538,09	5,04E-02
L=7	C20	1,6	0,3	2,4	0,0125	84,05	6,72E-04	605,27	1,16E-02	589,31	3,39E-02	69,89	5,59E-04	605,28	1,16E-02	612,68	4,84E-02
L=7	C20	0,8	0,35	1,6	0,0125	70,25	6,27E-04	419,18	9,80E-03	410,84	2,95E-02	50,33	4,49E-04	418,90	9,80E-03	434,62	5,43E-02
L=7	C20	1	0,35	1,8	0,0125	81,61	6,09E-04	523,98	9,80E-03	513,56	2,95E-02	61,35	4,58E-04	523,67	9,80E-03	539,64	4,96E-02
L=7	C20	1,2	0,35	2	0,0125	92,76	5,97E-04	628,78	9,80E-03	616,27	2,95E-02	72,29	4,65E-04	628,44	9,80E-03	644,19	4,64E-02
L=7	C20	1,4	0,35	2,2	0,0125	103,80	5,88E-04	733,57	9,80E-03	718,98	2,95E-02	83,18	4,71E-04	733,21	9,80E-03	748,40	4,41E-02
L=7	C20	1,6	0,35	2,4	0,0125	114,76	5,81E-04	838,37	9,80E-03	821,69	2,95E-02	94,00	4,76E-04	837,99	9,80E-03	852,36	4,24E-02
L=7	C20	0,8	0,4	1,6	0,0125	92,10	5,52E-04	554,68	8,47E-03	546,37	2,62E-02	65,27	3,91E-04	553,99	8,47E-03	576,46	4,84E-02
L=7	C20	1	0,4	1,8	0,0125	106,90	5,36E-04	693,35	8,47E-03	682,96	2,62E-02	79,74	4,00E-04	692,59	8,47E-03	716,04	4,42E-02
L=7	C20	1,2	0,4	2	0,0125	121,46	5,24E-04	832,02	8,47E-03	819,55	2,62E-02	94,08	4,06E-04	831,20	8,47E-03	855,02	4,13E-02
L=7	C20	1,4	0,4	2,2	0,0125	135,82	5,16E-04	970,69	8,47E-03	956,14	2,62E-02	108,35	4,11E-04	969,82	8,47E-03	993,57	3,93E-02
L=7	C20	1,6	0,4	2,4	0,0125	149,44	5,09E-04	1109,36	8,47E-03	1092,73	2,62E-02	122,03	4,16E-04	1108,45	8,47E-03	1131,78	3,77E-02
L=7	C20	0,8	0,3	1,6	0,0150	51,42	7,18E-04	359,98	1,21E-02	342,83	2,77E-02	38,00	5,31E-04	359,87	1,21E-02	370,10	5,18E-02
L=7	C20	1	0,3	1,8	0,0150	59,75	7,01E-04	449,97	1,21E-02	428,53	2,77E-02	46,00	5,40E-04	449,86	1,21E-02	458,56	4,72E-02
L=7	C20	1,2	0,3	2	0,0150	67,90	6,89E-04	539,97	1,21E-02	514,24	2,77E-02	54,00	5,48E-04	539,84	1,21E-02	546,46	4,41E-02
L=7	C20	1,4	0,3	2,2	0,0150	76,02	6,80E-04	629,96	1,21E-02	599,95	2,77E-02	61,94	5,54E-04	629,83	1,21E-02	633,96	4,18E-02
L=7	C20	1,6	0,3	2,4	0,0150	84,05	6,72E-04	719,96	1,21E-02	685,65	2,77E-02	69,89	5,59E-04	719,82	1,21E-02	721,16	4,01E-02
L=7	C20	0,8	0,35	1,6	0,0150	70,25	6,27E-04	498,60	1,02E-02	478,16	2,40E-02	50,33	4,49E-04	498,10	1,02E-02	514,33	4,52E-02
L=7	C20	1	0,35	1,8	0,0150	81,61	6,09E-04	623,24	1,02E-02	597,70	2,40E-02	61,35	4,58E-04	622,70	1,02E-02	637,59	4,12E-02
L=7	C20	1,2	0,35	2	0,0150	92,76	5,97E-04	747,89	1,02E-02	717,24	2,40E-02	72,29	4,65E-04	747,30	1,02E-02	760,10	3,84E-02
L=7	C20	1,4	0,35	2,2	0,0150	103,80	5,88E-04	872,54	1,02E-02	836,78	2,40E-02	83,18	4,71E-04	871,92	1,02E-02	882,08	3,64E-02
L=7	C20	1,6	0,35	2,4	0,0150	114,76	5,81E-04	997,19	1,02E-02	956,32	2,40E-02	94,00	4,76E-04	996,54	1,02E-02	1003,64	3,49E-02
L=7	C20	0,8	0,4	1,6	0,0150	92,10	5,52E-04	659,73	8,80E-03	635,97	2,12E-02	65,27	3,91E-04	658,71	8,80E-03	682,37	4,01E-02
L=7	C20	1	0,4	1,8	0,0150	106,90	5,36E-04	824,66	8,80E-03	794,96	2,12E-02	79,74	4,00E-04	823,54	8,80E-03	846,21	3,65E-02
L=7	C20	1,2	0,4	2	0,0150	121,46	5,24E-04	989,60	8,80E-03	953,96	2,12E-02	94,08	4,06E-04	988,39	8,80E-03	1009,08	3,40E-02
L=7	C20	1,4	0,4	2,2	0,0150	135,82	5,16E-04	1154,53	8,80E-03	1112,95	2,12E-02	108,35	4,11E-04	1153,25	8,80E-03	1171,25	3,22E-02
L=7	C20	1,6	0,4	2,4	0,0150	149,44	5,09E-04	1319,46	8,80E-03	1271,94	2,12E-02	122,03	4,16E-04	1318,12	8,80E-03	1332,88	3,09E-02
L=7	C25	0,8	0,3	1,6	0,0100	57,49	7,56E-04	245,13	1,10E-02	246,46	5,19E-02	42,49	5,59E-04	245,25	1,10E-02	257,18	8,94E-02
L=7	C25	1	0,3	1,8	0,0100	66,80	7,39E-04	306,42	1,10E-02	308,08	5,19E-02	51,43	5,69E-04	306,55	1,10E-02	319,60	8,26E-02
L=7	C25	1,2	0,3	2	0,0100	75,91	7,25E-04	367,70	1,10E-02	369,70	5,19E-02	60,38	5,77E-04	367,84	1,10E-02	381,84	7,78E-02
L=7	C25	1,4	0,3	2,2	0,0100	84,99	7,16E-04	428,98	1,10E-02	431,31	5,19E-02	69,26	5,83E-04	429,14	1,10E-02	443,97	7,44E-02
L=7	C25	1,6	0,3	2,4	0,0100	93,97	7,08E-04	490,27	1,10E-02	492,93	5,19E-02	78,13	5,89E-04	490,43	1,10E-02	506,01	7,17E-02
L=7	C25	0,8	0,35	1,6	0,0100	78,54	6,60E-04	339,52	9,30E-03	343,05	4,57E-02	56,27	4,73E-04	339,46	9,30E-03	356,27	7,95E-02
L=7	C25	1	0,35	1,8	0,0100	91,25	6,42E-04	424,40	9,30E-03	428,81	4,57E-02	68,60	4,83E-04	424,33	9,30E-03	443,08	7,33E-02

L=7	C25	1,2	0,35	2	0,0100	103,71	6,29E-04	509,28	9,30E-03	514,57	4,57E-02	80,83	4,90E-04	509,20	9,30E-03	529,67	6,91E-02
L=7	C25	1,4	0,35	2,2	0,0100	116,05	6,19E-04	594,16	9,30E-03	600,33	4,57E-02	92,99	4,96E-04	594,08	9,30E-03	616,10	6,59E-02
L=7	C25	1,6	0,35	2,4	0,0100	128,31	6,12E-04	679,04	9,30E-03	686,09	4,57E-02	105,10	5,01E-04	678,96	9,30E-03	702,42	6,36E-02
L=7	C25	0,8	0,4	1,6	0,0100	102,97	5,81E-04	449,25	8,04E-03	455,70	4,09E-02	72,97	4,12E-04	448,93	8,04E-03	471,74	7,17E-02
L=7	C25	1	0,4	1,8	0,0100	119,52	5,64E-04	561,56	8,04E-03	569,63	4,09E-02	89,16	4,21E-04	561,21	8,04E-03	587,00	6,61E-02
L=7	C25	1,2	0,4	2	0,0100	135,79	5,52E-04	673,88	8,04E-03	683,56	4,09E-02	105,19	4,28E-04	673,49	8,04E-03	701,98	6,22E-02
L=7	C25	1,4	0,4	2,2	0,0100	151,85	5,43E-04	786,19	8,04E-03	797,48	4,09E-02	121,14	4,33E-04	785,78	8,04E-03	816,77	5,93E-02
L=7	C25	1,6	0,4	2,4	0,0100	167,08	5,36E-04	898,50	8,04E-03	911,41	4,09E-02	136,43	4,38E-04	898,08	8,04E-03	931,41	5,71E-02
L=7	C25	0,8	0,3	1,6	0,0125	57,49	7,56E-04	303,42	1,15E-02	301,51	4,13E-02	42,49	5,59E-04	303,46	1,15E-02	317,38	7,43E-02
L=7	C25	1	0,3	1,8	0,0125	66,80	7,39E-04	379,27	1,15E-02	376,89	4,13E-02	51,43	5,69E-04	379,32	1,15E-02	394,16	6,81E-02
L=7	C25	1,2	0,3	2	0,0125	75,91	7,25E-04	455,13	1,15E-02	452,27	4,13E-02	60,38	5,77E-04	455,17	1,15E-02	470,65	6,39E-02
L=7	C25	1,4	0,3	2,2	0,0125	84,99	7,16E-04	530,98	1,15E-02	527,65	4,13E-02	69,26	5,83E-04	531,03	1,15E-02	546,93	6,09E-02
L=7	C25	1,6	0,3	2,4	0,0125	93,97	7,08E-04	606,84	1,15E-02	603,02	4,13E-02	78,13	5,89E-04	606,89	1,15E-02	623,06	5,85E-02
L=7	C25	0,8	0,35	1,6	0,0125	78,54	6,60E-04	420,24	9,69E-03	419,88	3,61E-02	56,27	4,73E-04	420,00	9,69E-03	440,23	6,54E-02
L=7	C25	1	0,35	1,8	0,0125	91,25	6,42E-04	525,30	9,69E-03	524,86	3,61E-02	68,60	4,83E-04	525,04	9,69E-03	547,08	5,99E-02
L=7	C25	1,2	0,35	2	0,0125	103,71	6,29E-04	630,35	9,69E-03	629,83	3,61E-02	80,83	4,90E-04	630,08	9,69E-03	653,54	5,62E-02
L=7	C25	1,4	0,35	2,2	0,0125	116,05	6,19E-04	735,41	9,69E-03	734,80	3,61E-02	92,99	4,96E-04	735,12	9,69E-03	759,73	5,34E-02
L=7	C25	1,6	0,35	2,4	0,0125	128,31	6,12E-04	840,47	9,69E-03	839,77	3,61E-02	105,10	5,01E-04	840,17	9,69E-03	865,72	5,14E-02
L=7	C25	0,8	0,4	1,6	0,0125	102,97	5,81E-04	556,04	8,38E-03	557,91	3,20E-02	72,97	4,12E-04	555,43	8,38E-03	583,37	5,85E-02
L=7	C25	1	0,4	1,8	0,0125	119,52	5,64E-04	695,05	8,38E-03	697,39	3,20E-02	89,16	4,21E-04	694,38	8,38E-03	725,28	5,36E-02
L=7	C25	1,2	0,4	2	0,0125	135,79	5,52E-04	834,06	8,38E-03	836,87	3,20E-02	105,19	4,28E-04	833,34	8,38E-03	866,69	5,01E-02
L=7	C25	1,4	0,4	2,2	0,0125	151,85	5,43E-04	973,06	8,38E-03	976,35	3,20E-02	121,14	4,33E-04	972,30	8,38E-03	1007,74	4,77E-02
L=7	C25	1,6	0,4	2,4	0,0125	167,08	5,36E-04	1112,07	8,38E-03	1115,83	3,20E-02	136,43	4,38E-04	1111,28	8,38E-03	1148,53	4,58E-02
L=7	C25	0,8	0,3	1,6	0,0150	57,49	7,56E-04	360,96	1,19E-02	353,34	3,40E-02	42,49	5,59E-04	360,90	1,19E-02	376,29	6,29E-02
L=7	C25	1	0,3	1,8	0,0150	66,80	7,39E-04	451,21	1,19E-02	441,68	3,40E-02	51,43	5,69E-04	451,13	1,19E-02	466,84	5,74E-02
L=7	C25	1,2	0,3	2	0,0150	75,91	7,25E-04	541,45	1,19E-02	530,01	3,40E-02	60,38	5,77E-04	541,37	1,19E-02	556,95	5,37E-02
L=7	C25	1,4	0,3	2,2	0,0150	84,99	7,16E-04	631,69	1,19E-02	618,35	3,40E-02	69,26	5,83E-04	631,60	1,19E-02	646,73	5,10E-02
L=7	C25	1,6	0,3	2,4	0,0150	93,97	7,08E-04	721,93	1,19E-02	706,68	3,40E-02	78,13	5,89E-04	721,84	1,19E-02	736,27	4,90E-02
L=7	C25	0,8	0,35	1,6	0,0150	78,54	6,60E-04	499,92	1,01E-02	492,22	2,95E-02	56,27	4,73E-04	499,50	1,01E-02	522,33	5,50E-02
L=7	C25	1	0,35	1,8	0,0150	91,25	6,42E-04	624,90	1,01E-02	615,27	2,95E-02	68,60	4,83E-04	624,43	1,01E-02	648,38	5,02E-02
L=7	C25	1,2	0,35	2	0,0150	103,71	6,29E-04	749,88	1,01E-02	738,32	2,95E-02	80,83	4,90E-04	749,38	1,01E-02	773,83	4,69E-02
L=7	C25	1,4	0,35	2,2	0,0150	116,05	6,19E-04	874,86	1,01E-02	861,38	2,95E-02	92,99	4,96E-04	874,33	1,01E-02	898,84	4,45E-02
L=7	C25	1,6	0,35	2,4	0,0150	128,31	6,12E-04	999,84	1,01E-02	984,43	2,95E-02	105,10	5,01E-04	999,28	1,01E-02	1023,52	4,27E-02
L=7	C25	0,8	0,4	1,6	0,0150	102,97	5,81E-04	661,45	8,70E-03	654,11	2,61E-02	72,97	4,12E-04	660,54	8,70E-03	692,45	4,90E-02
L=7	C25	1	0,4	1,8	0,0150	119,52	5,64E-04	826,81	8,70E-03	817,64	2,61E-02	89,16	4,21E-04	825,80	8,70E-03	859,87	4,46E-02
L=7	C25	1,2	0,4	2	0,0150	135,79	5,52E-04	992,17	8,70E-03	981,16	2,61E-02	105,19	4,28E-04	991,09	8,70E-03	1026,52	4,16E-02
L=7	C25	1,4	0,4	2,2	0,0150	151,85	5,43E-04	1157,53	8,70E-03	1144,69	2,61E-02	121,14	4,33E-04	1156,39	8,70E-03	1192,59	3,95E-02
L=7	C25	1,6	0,4	2,4	0,0150	167,08	5,36E-04	1322,90	8,70E-03	1308,22	2,61E-02	136,43	4,38E-04	1321,70	8,70E-03	1358,24	3,79E-02

L=7	C30	0,8	0,3	1,6	0,0100	62,97	7,88E-04	245,63	1,09E-02	249,54	6,02E-02	46,55	5,82E-04	245,76	1,09E-02	259,75	1,02E-01
L=7	C30	1	0,3	1,8	0,0100	73,18	7,70E-04	307,03	1,09E-02	311,92	6,02E-02	56,34	5,93E-04	307,18	1,09E-02	322,84	9,47E-02
L=7	C30	1,2	0,3	2	0,0100	83,16	7,56E-04	368,44	1,09E-02	374,30	6,02E-02	66,14	6,01E-04	368,60	1,09E-02	385,77	8,94E-02
L=7	C30	1,4	0,3	2,2	0,0100	93,10	7,46E-04	429,85	1,09E-02	436,69	6,02E-02	75,87	6,08E-04	430,01	1,09E-02	448,60	8,55E-02
L=7	C30	1,6	0,3	2,4	0,0100	102,94	7,38E-04	491,25	1,09E-02	499,07	6,02E-02	85,59	6,13E-04	491,43	1,09E-02	511,36	8,26E-02
L=7	C30	0,8	0,35	1,6	0,0100	86,03	6,88E-04	340,18	9,23E-03	346,92	5,31E-02	61,64	4,93E-04	340,14	9,23E-03	359,31	9,13E-02
L=7	C30	1	0,35	1,8	0,0100	99,96	6,69E-04	425,22	9,23E-03	433,65	5,31E-02	75,14	5,03E-04	425,18	9,23E-03	446,95	8,43E-02
L=7	C30	1,2	0,35	2	0,0100	113,61	6,55E-04	510,26	9,23E-03	520,37	5,31E-02	88,54	5,11E-04	510,22	9,23E-03	534,40	7,95E-02
L=7	C30	1,4	0,35	2,2	0,0100	127,12	6,45E-04	595,31	9,23E-03	607,10	5,31E-02	101,87	5,17E-04	595,27	9,23E-03	621,71	7,60E-02
L=7	C30	1,6	0,35	2,4	0,0100	140,55	6,38E-04	680,35	9,23E-03	693,83	5,31E-02	115,13	5,22E-04	680,31	9,23E-03	708,92	7,33E-02
L=7	C30	0,8	0,4	1,6	0,0100	112,80	6,06E-04	450,10	7,97E-03	460,48	4,76E-02	79,94	4,29E-04	449,82	7,97E-03	475,30	8,26E-02
L=7	C30	1	0,4	1,8	0,0100	130,92	5,88E-04	562,62	7,97E-03	575,60	4,76E-02	97,66	4,39E-04	562,31	7,97E-03	591,58	7,62E-02
L=7	C30	1,2	0,4	2	0,0100	148,75	5,75E-04	675,15	7,97E-03	690,72	4,76E-02	115,23	4,46E-04	674,82	7,97E-03	707,61	7,17E-02
L=7	C30	1,4	0,4	2,2	0,0100	166,34	5,66E-04	787,67	7,97E-03	805,84	4,76E-02	132,70	4,52E-04	787,32	7,97E-03	823,47	6,85E-02
L=7	C30	1,6	0,4	2,4	0,0100	183,03	5,59E-04	900,20	7,97E-03	920,96	4,76E-02	149,45	4,56E-04	899,83	7,97E-03	939,20	6,61E-02
L=7	C30	0,8	0,3	1,6	0,0125	62,97	7,88E-04	304,07	1,14E-02	306,34	4,84E-02	46,55	5,82E-04	304,13	1,14E-02	320,76	8,60E-02
L=7	C30	1	0,3	1,8	0,0125	73,18	7,70E-04	380,09	1,14E-02	382,93	4,84E-02	56,34	5,93E-04	380,16	1,14E-02	398,54	7,90E-02
L=7	C30	1,2	0,3	2	0,0125	83,16	7,56E-04	456,11	1,14E-02	459,51	4,84E-02	66,14	6,01E-04	456,18	1,14E-02	476,07	7,43E-02
L=7	C30	1,4	0,3	2,2	0,0125	93,10	7,46E-04	532,13	1,14E-02	536,10	4,84E-02	75,87	6,08E-04	532,20	1,14E-02	553,43	7,08E-02
L=7	C30	1,6	0,3	2,4	0,0125	102,94	7,38E-04	608,15	1,14E-02	612,68	4,84E-02	85,59	6,13E-04	608,22	1,14E-02	630,65	6,81E-02
L=7	C30	0,8	0,35	1,6	0,0125	86,03	6,88E-04	421,11	9,61E-03	426,18	4,24E-02	61,64	4,93E-04	420,92	9,61E-03	444,40	7,60E-02
L=7	C30	1	0,35	1,8	0,0125	99,96	6,69E-04	526,39	9,61E-03	532,73	4,24E-02	75,14	5,03E-04	526,18	9,61E-03	552,54	6,97E-02
L=7	C30	1,2	0,35	2	0,0125	113,61	6,55E-04	631,67	9,61E-03	639,27	4,24E-02	88,54	5,11E-04	631,44	9,61E-03	660,35	6,54E-02
L=7	C30	1,4	0,35	2,2	0,0125	127,12	6,45E-04	736,95	9,61E-03	745,82	4,24E-02	101,87	5,17E-04	736,71	9,61E-03	767,93	6,23E-02
L=7	C30	1,6	0,35	2,4	0,0125	140,55	6,38E-04	842,23	9,61E-03	852,36	4,24E-02	115,13	5,22E-04	841,98	9,61E-03	875,33	5,99E-02
L=7	C30	0,8	0,4	1,6	0,0125	112,80	6,06E-04	557,17	8,30E-03	565,89	3,77E-02	79,94	4,29E-04	556,63	8,30E-03	588,43	6,81E-02
L=7	C30	1	0,4	1,8	0,0125	130,92	5,88E-04	696,46	8,30E-03	707,37	3,77E-02	97,66	4,39E-04	695,87	8,30E-03	731,96	6,24E-02
L=7	C30	1,2	0,4	2	0,0125	148,75	5,75E-04	835,75	8,30E-03	848,84	3,77E-02	115,23	4,46E-04	835,11	8,30E-03	875,06	5,85E-02
L=7	C30	1,4	0,4	2,2	0,0125	166,34	5,66E-04	975,05	8,30E-03	990,31	3,77E-02	132,70	4,52E-04	974,37	8,30E-03	1017,87	5,57E-02
L=7	C30	1,6	0,4	2,4	0,0125	183,03	5,59E-04	1114,34	8,30E-03	1131,78	3,77E-02	149,45	4,56E-04	1113,63	8,30E-03	1160,44	5,36E-02
L=7	C30	0,8	0,3	1,6	0,0150	62,97	7,88E-04	361,79	1,18E-02	360,58	4,01E-02	46,55	5,82E-04	361,75	1,18E-02	380,79	7,35E-02
L=7	C30	1	0,3	1,8	0,0150	73,18	7,70E-04	452,23	1,18E-02	450,72	4,01E-02	56,34	5,93E-04	452,19	1,18E-02	472,80	6,72E-02
L=7	C30	1,2	0,3	2	0,0150	83,16	7,56E-04	542,68	1,18E-02	540,87	4,01E-02	66,14	6,01E-04	542,64	1,18E-02	564,44	6,29E-02
L=7	C30	1,4	0,3	2,2	0,0150	93,10	7,46E-04	633,13	1,18E-02	631,01	4,01E-02	75,87	6,08E-04	633,08	1,18E-02	655,80	5,98E-02
L=7	C30	1,6	0,3	2,4	0,0150	102,94	7,38E-04	723,57	1,18E-02	721,16	4,01E-02	85,59	6,13E-04	723,53	1,18E-02	746,95	5,74E-02
L=7	C30	0,8	0,35	1,6	0,0150	86,03	6,88E-04	501,03	9,96E-03	501,82	3,49E-02	61,64	4,93E-04	500,66	9,96E-03	528,05	6,44E-02
L=7	C30	1	0,35	1,8	0,0150	99,96	6,69E-04	626,29	9,96E-03	627,28	3,49E-02	75,14	5,03E-04	625,87	9,96E-03	656,03	5,88E-02
L=7	C30	1,2	0,35	2	0,0150	113,61	6,55E-04	751,54	9,96E-03	752,73	3,49E-02	88,54	5,11E-04	751,10	9,96E-03	783,49	5,50E-02

L=7	C30	1,4	0,35	2,2	0,0150	127,12	6,45E-04	876,80	9,96E-03	878,19	3,49E-02	101,87	5,17E-04	876,33	9,96E-03	910,59	5,23E-02
L=7	C30	1,6	0,35	2,4	0,0150	140,55	6,38E-04	1002,06	9,96E-03	1003,64	3,49E-02	115,13	5,22E-04	1001,57	9,96E-03	1037,41	5,02E-02
L=7	C30	0,8	0,4	1,6	0,0150	112,80	6,06E-04	662,88	8,61E-03	666,44	3,09E-02	79,94	4,29E-04	662,05	8,61E-03	699,57	5,74E-02
L=7	C30	1	0,4	1,8	0,0150	130,92	5,88E-04	828,60	8,61E-03	833,05	3,09E-02	97,66	4,39E-04	827,69	8,61E-03	869,45	5,24E-02
L=7	C30	1,2	0,4	2	0,0150	148,75	5,75E-04	994,32	8,61E-03	999,66	3,09E-02	115,23	4,46E-04	993,34	8,61E-03	1038,67	4,90E-02
L=7	C30	1,4	0,4	2,2	0,0150	166,34	5,66E-04	1160,04	8,61E-03	1166,27	3,09E-02	132,70	4,52E-04	1159,00	8,61E-03	1207,41	4,65E-02
L=7	C30	1,6	0,4	2,4	0,0150	183,03	5,59E-04	1325,76	8,61E-03	1332,88	3,09E-02	149,45	4,56E-04	1324,67	8,61E-03	1375,80	4,46E-02
L=9	C20	0,8	0,3	1,8	0,0100	55,74	7,36E-04	244,54	1,11E-02	242,29	4,32E-02	39,44	5,21E-04	244,66	1,11E-02	255,68	8,26E-02
L=9	C20	1	0,3	2	0,0100	64,27	7,18E-04	305,68	1,11E-02	302,87	4,32E-02	47,50	5,31E-04	305,81	1,11E-02	317,45	7,54E-02
L=9	C20	1,2	0,3	2,2	0,0100	72,60	7,04E-04	366,81	1,11E-02	363,44	4,32E-02	55,52	5,38E-04	366,95	1,11E-02	379,00	7,05E-02
L=9	C20	1,4	0,3	2,4	0,0100	80,83	6,93E-04	427,95	1,11E-02	424,01	4,32E-02	63,51	5,45E-04	428,10	1,11E-02	440,37	6,69E-02
L=9	C20	1,6	0,3	2,6	0,0100	88,98	6,85E-04	489,08	1,11E-02	484,58	4,32E-02	71,44	5,50E-04	489,24	1,11E-02	501,62	6,41E-02
L=9	C20	0,8	0,35	1,8	0,0100	76,15	6,46E-04	338,73	9,39E-03	337,70	3,79E-02	51,80	4,39E-04	338,62	9,39E-03	354,46	7,33E-02
L=9	C20	1	0,35	2	0,0100	87,82	6,27E-04	423,41	9,39E-03	422,13	3,79E-02	62,92	4,49E-04	423,29	9,39E-03	440,48	6,69E-02
L=9	C20	1,2	0,35	2,2	0,0100	99,18	6,12E-04	508,09	9,39E-03	506,56	3,79E-02	73,96	4,57E-04	507,96	9,39E-03	526,19	6,24E-02
L=9	C20	1,4	0,35	2,4	0,0100	110,37	6,01E-04	592,77	9,39E-03	590,98	3,79E-02	84,92	4,63E-04	592,63	9,39E-03	611,69	5,92E-02
L=9	C20	1,6	0,35	2,6	0,0100	121,51	5,93E-04	677,46	9,39E-03	675,41	3,79E-02	95,81	4,68E-04	677,31	9,39E-03	697,01	5,67E-02
L=9	C20	0,8	0,4	1,8	0,0100	99,97	5,71E-04	448,24	8,12E-03	449,03	3,38E-02	66,93	3,82E-04	447,81	8,12E-03	469,60	6,61E-02
L=9	C20	1	0,4	2	0,0100	115,12	5,52E-04	560,29	8,12E-03	561,29	3,38E-02	81,58	3,91E-04	559,81	8,12E-03	583,89	6,02E-02
L=9	C20	1,2	0,4	2,2	0,0100	129,98	5,38E-04	672,35	8,12E-03	673,54	3,38E-02	96,07	3,98E-04	671,83	8,12E-03	697,80	5,61E-02
L=9	C20	1,4	0,4	2,4	0,0100	144,61	5,28E-04	784,41	8,12E-03	785,80	3,38E-02	110,43	4,04E-04	783,86	8,12E-03	811,43	5,31E-02
L=9	C20	1,6	0,4	2,6	0,0100	158,69	5,20E-04	896,47	8,12E-03	898,06	3,38E-02	124,56	4,08E-04	895,89	8,12E-03	924,85	5,09E-02
L=9	C20	0,8	0,3	1,8	0,0125	55,74	7,36E-04	302,63	1,16E-02	294,65	3,39E-02	39,44	5,21E-04	302,64	1,16E-02	315,33	6,81E-02
L=9	C20	1	0,3	2	0,0125	64,27	7,18E-04	378,29	1,16E-02	368,32	3,39E-02	47,50	5,31E-04	378,30	1,16E-02	391,14	6,18E-02
L=9	C20	1,2	0,3	2,2	0,0125	72,60	7,04E-04	453,95	1,16E-02	441,98	3,39E-02	55,52	5,38E-04	453,96	1,16E-02	466,56	5,74E-02
L=9	C20	1,4	0,3	2,4	0,0125	80,83	6,93E-04	529,61	1,16E-02	515,64	3,39E-02	63,51	5,45E-04	529,62	1,16E-02	541,68	5,43E-02
L=9	C20	1,6	0,3	2,6	0,0125	88,98	6,85E-04	605,27	1,16E-02	589,31	3,39E-02	71,44	5,50E-04	605,28	1,16E-02	616,57	5,19E-02
L=9	C20	0,8	0,35	1,8	0,0125	76,15	6,46E-04	419,18	9,80E-03	410,84	2,95E-02	51,80	4,39E-04	418,87	9,80E-03	437,66	5,99E-02
L=9	C20	1	0,35	2	0,0125	87,82	6,27E-04	523,98	9,80E-03	513,56	2,95E-02	62,92	4,49E-04	523,63	9,80E-03	543,27	5,43E-02
L=9	C20	1,2	0,35	2,2	0,0125	99,18	6,12E-04	628,78	9,80E-03	616,27	2,95E-02	73,96	4,57E-04	628,39	9,80E-03	648,34	5,04E-02
L=9	C20	1,4	0,35	2,4	0,0125	110,37	6,01E-04	733,57	9,80E-03	718,98	2,95E-02	84,92	4,63E-04	733,16	9,80E-03	753,02	4,76E-02
L=9	C20	1,6	0,35	2,6	0,0125	121,51	5,93E-04	838,37	9,80E-03	821,69	2,95E-02	95,81	4,68E-04	837,94	9,80E-03	857,39	4,54E-02
L=9	C20	0,8	0,4	1,8	0,0125	99,97	5,71E-04	554,68	8,47E-03	546,37	2,62E-02	66,93	3,82E-04	553,91	8,47E-03	580,22	5,36E-02
L=9	C20	1	0,4	2	0,0125	115,12	5,52E-04	693,35	8,47E-03	682,96	2,62E-02	81,58	3,91E-04	692,49	8,47E-03	720,57	4,84E-02
L=9	C20	1,2	0,4	2,2	0,0125	129,98	5,38E-04	832,02	8,47E-03	819,55	2,62E-02	96,07	3,98E-04	831,08	8,47E-03	860,22	4,49E-02
L=9	C20	1,4	0,4	2,4	0,0125	144,61	5,28E-04	970,69	8,47E-03	956,14	2,62E-02	110,43	4,04E-04	969,69	8,47E-03	999,36	4,24E-02
L=9	C20	1,6	0,4	2,6	0,0125	158,69	5,20E-04	1109,36	8,47E-03	1092,73	2,62E-02	124,56	4,08E-04	1108,31	8,47E-03	1138,11	4,04E-02
L=9	C20	0,8	0,3	1,8	0,0150	55,74	7,36E-04	359,98	1,21E-02	342,83	2,77E-02	39,44	5,21E-04	359,86	1,21E-02	373,48	5,74E-02

L=9	C20	1	0,3	2	0,0150	64,27	7,18E-04	449,97	1,21E-02	428,53	2,77E-02	47,50	5,31E-04	449,84	1,21E-02	462,63	5,18E-02
L=9	C20	1,2	0,3	2,2	0,0150	72,60	7,04E-04	539,97	1,21E-02	514,24	2,77E-02	55,52	5,38E-04	539,82	1,21E-02	551,14	4,80E-02
L=9	C20	1,4	0,3	2,4	0,0150	80,83	6,93E-04	629,96	1,21E-02	599,95	2,77E-02	63,51	5,45E-04	629,81	1,21E-02	639,19	4,52E-02
L=9	C20	1,6	0,3	2,6	0,0150	88,98	6,85E-04	719,96	1,21E-02	685,65	2,77E-02	71,44	5,50E-04	719,80	1,21E-02	726,87	4,31E-02
L=9	C20	0,8	0,35	1,8	0,0150	76,15	6,46E-04	498,60	1,02E-02	478,16	2,40E-02	51,80	4,39E-04	498,04	1,02E-02	518,70	5,02E-02
L=9	C20	1	0,35	2	0,0150	87,82	6,27E-04	623,24	1,02E-02	597,70	2,40E-02	62,92	4,49E-04	622,63	1,02E-02	642,91	4,52E-02
L=9	C20	1,2	0,35	2,2	0,0150	99,18	6,12E-04	747,89	1,02E-02	717,24	2,40E-02	73,96	4,57E-04	747,22	1,02E-02	766,26	4,18E-02
L=9	C20	1,4	0,35	2,4	0,0150	110,37	6,01E-04	872,54	1,02E-02	836,78	2,40E-02	84,92	4,63E-04	871,82	1,02E-02	888,97	3,94E-02
L=9	C20	1,6	0,35	2,6	0,0150	121,51	5,93E-04	997,19	1,02E-02	956,32	2,40E-02	95,81	4,68E-04	996,44	1,02E-02	1011,19	3,75E-02
L=9	C20	0,8	0,4	1,8	0,0150	99,97	5,71E-04	659,73	8,80E-03	635,97	2,12E-02	66,93	3,82E-04	658,60	8,80E-03	687,90	4,46E-02
L=9	C20	1	0,4	2	0,0150	115,12	5,52E-04	824,66	8,80E-03	794,96	2,12E-02	81,58	3,91E-04	823,39	8,80E-03	852,96	4,01E-02
L=9	C20	1,2	0,4	2,2	0,0150	129,98	5,38E-04	989,60	8,80E-03	953,96	2,12E-02	96,07	3,98E-04	988,22	8,80E-03	1016,92	3,71E-02
L=9	C20	1,4	0,4	2,4	0,0150	144,61	5,28E-04	1154,53	8,80E-03	1112,95	2,12E-02	110,43	4,04E-04	1153,06	8,80E-03	1180,04	3,49E-02
L=9	C20	1,6	0,4	2,6	0,0150	158,69	5,20E-04	1319,46	8,80E-03	1271,94	2,12E-02	124,56	4,08E-04	1317,91	8,80E-03	1342,53	3,32E-02
L=9	C25	0,8	0,3	1,8	0,0100	62,32	7,76E-04	245,13	1,10E-02	246,46	5,19E-02	44,09	5,49E-04	245,27	1,10E-02	258,85	9,76E-02
L=9	C25	1	0,3	2	0,0100	71,85	7,56E-04	306,42	1,10E-02	308,08	5,19E-02	53,11	5,59E-04	306,57	1,10E-02	321,48	8,94E-02
L=9	C25	1,2	0,3	2,2	0,0100	81,17	7,42E-04	367,70	1,10E-02	369,70	5,19E-02	62,07	5,67E-04	367,86	1,10E-02	383,91	8,37E-02
L=9	C25	1,4	0,3	2,4	0,0100	90,37	7,30E-04	428,98	1,10E-02	431,31	5,19E-02	71,01	5,74E-04	429,16	1,10E-02	446,20	7,95E-02
L=9	C25	1,6	0,3	2,6	0,0100	99,49	7,22E-04	490,27	1,10E-02	492,93	5,19E-02	79,88	5,79E-04	490,45	1,10E-02	508,38	7,63E-02
L=9	C25	0,8	0,35	1,8	0,0100	85,13	6,80E-04	339,52	9,30E-03	343,05	4,57E-02	57,91	4,63E-04	339,45	9,30E-03	358,24	8,70E-02
L=9	C25	1	0,35	2	0,0100	98,18	6,60E-04	424,40	9,30E-03	428,81	4,57E-02	70,35	4,73E-04	424,32	9,30E-03	445,33	7,95E-02
L=9	C25	1,2	0,35	2,2	0,0100	110,89	6,45E-04	509,28	9,30E-03	514,57	4,57E-02	82,68	4,81E-04	509,19	9,30E-03	532,17	7,44E-02
L=9	C25	1,4	0,35	2,4	0,0100	123,39	6,34E-04	594,16	9,30E-03	600,33	4,57E-02	94,95	4,87E-04	594,07	9,30E-03	618,82	7,06E-02
L=9	C25	1,6	0,35	2,6	0,0100	135,85	6,25E-04	679,04	9,30E-03	686,09	4,57E-02	107,11	4,93E-04	678,94	9,30E-03	705,32	6,77E-02
L=9	C25	0,8	0,4	1,8	0,0100	111,78	6,01E-04	449,25	8,04E-03	455,70	4,09E-02	74,83	4,02E-04	448,89	8,04E-03	474,06	7,86E-02
L=9	C25	1	0,4	2	0,0100	128,71	5,81E-04	561,56	8,04E-03	569,63	4,09E-02	91,21	4,12E-04	561,16	8,04E-03	589,67	7,17E-02
L=9	C25	1,2	0,4	2,2	0,0100	145,32	5,67E-04	673,88	8,04E-03	683,56	4,09E-02	107,41	4,19E-04	673,44	8,04E-03	704,96	6,70E-02
L=9	C25	1,4	0,4	2,4	0,0100	161,68	5,57E-04	786,19	8,04E-03	797,48	4,09E-02	123,47	4,25E-04	785,72	8,04E-03	820,02	6,36E-02
L=9	C25	1,6	0,4	2,6	0,0100	177,42	5,48E-04	898,50	8,04E-03	911,41	4,09E-02	139,26	4,30E-04	898,01	8,04E-03	934,90	6,09E-02
L=9	C25	0,8	0,3	1,8	0,0125	62,32	7,76E-04	303,42	1,15E-02	301,51	4,13E-02	44,09	5,49E-04	303,46	1,15E-02	319,58	8,17E-02
L=9	C25	1	0,3	2	0,0125	71,85	7,56E-04	379,27	1,15E-02	376,89	4,13E-02	53,11	5,59E-04	379,32	1,15E-02	396,73	7,43E-02
L=9	C25	1,2	0,3	2,2	0,0125	81,17	7,42E-04	455,13	1,15E-02	452,27	4,13E-02	62,07	5,67E-04	455,18	1,15E-02	473,54	6,92E-02
L=9	C25	1,4	0,3	2,4	0,0125	90,37	7,30E-04	530,98	1,15E-02	527,65	4,13E-02	71,01	5,74E-04	531,04	1,15E-02	550,10	6,54E-02
L=9	C25	1,6	0,3	2,6	0,0125	99,49	7,22E-04	606,84	1,15E-02	603,02	4,13E-02	79,88	5,79E-04	606,90	1,15E-02	626,48	6,26E-02
L=9	C25	0,8	0,35	1,8	0,0125	85,13	6,80E-04	420,24	9,69E-03	419,88	3,61E-02	57,91	4,63E-04	419,98	9,69E-03	442,96	7,21E-02
L=9	C25	1	0,35	2	0,0125	98,18	6,60E-04	525,30	9,69E-03	524,86	3,61E-02	70,35	4,73E-04	525,01	9,69E-03	550,29	6,54E-02
L=9	C25	1,2	0,35	2,2	0,0125	110,89	6,45E-04	630,35	9,69E-03	629,83	3,61E-02	82,68	4,81E-04	630,04	9,69E-03	657,18	6,09E-02
L=9	C25	1,4	0,35	2,4	0,0125	123,39	6,34E-04	735,41	9,69E-03	734,80	3,61E-02	94,95	4,87E-04	735,08	9,69E-03	763,75	5,75E-02

L=9	C25	1,6	0,35	2,6	0,0125	135,85	6,25E-04	840,47	9,69E-03	839,77	3,61E-02	107,11	4,93E-04	840,12	9,69E-03	870,06	5,50E-02
L=9	C25	0,8	0,4	1,8	0,0125	111,78	6,01E-04	556,04	8,38E-03	557,91	3,20E-02	74,83	4,02E-04	555,36	8,38E-03	586,69	6,46E-02
L=9	C25	1	0,4	2	0,0125	128,71	5,81E-04	695,05	8,38E-03	697,39	3,20E-02	91,21	4,12E-04	694,29	8,38E-03	729,22	5,85E-02
L=9	C25	1,2	0,4	2,2	0,0125	145,32	5,67E-04	834,06	8,38E-03	836,87	3,20E-02	107,41	4,19E-04	833,23	8,38E-03	871,18	5,44E-02
L=9	C25	1,4	0,4	2,4	0,0125	161,68	5,57E-04	973,06	8,38E-03	976,35	3,20E-02	123,47	4,25E-04	972,19	8,38E-03	1012,72	5,14E-02
L=9	C25	1,6	0,4	2,6	0,0125	177,42	5,48E-04	1112,07	8,38E-03	1115,83	3,20E-02	139,26	4,30E-04	1111,15	8,38E-03	1153,93	4,91E-02
L=9	C25	0,8	0,3	1,8	0,0150	62,32	7,76E-04	360,96	1,19E-02	353,34	3,40E-02	44,09	5,49E-04	360,89	1,19E-02	379,24	6,96E-02
L=9	C25	1	0,3	2	0,0150	71,85	7,56E-04	451,21	1,19E-02	441,68	3,40E-02	53,11	5,59E-04	451,12	1,19E-02	470,36	6,29E-02
L=9	C25	1,2	0,3	2,2	0,0150	81,17	7,42E-04	541,45	1,19E-02	530,01	3,40E-02	62,07	5,67E-04	541,36	1,19E-02	560,97	5,83E-02
L=9	C25	1,4	0,3	2,4	0,0150	90,37	7,30E-04	631,69	1,19E-02	618,35	3,40E-02	71,01	5,74E-04	631,59	1,19E-02	651,19	5,50E-02
L=9	C25	1,6	0,3	2,6	0,0150	99,49	7,22E-04	721,93	1,19E-02	706,68	3,40E-02	79,88	5,79E-04	721,83	1,19E-02	741,12	5,25E-02
L=9	C25	0,8	0,35	1,8	0,0150	85,13	6,80E-04	499,92	1,01E-02	492,22	2,95E-02	57,91	4,63E-04	499,45	1,01E-02	526,10	6,10E-02
L=9	C25	1	0,35	2	0,0150	98,18	6,60E-04	624,90	1,01E-02	615,27	2,95E-02	70,35	4,73E-04	624,37	1,01E-02	652,91	5,50E-02
L=9	C25	1,2	0,35	2,2	0,0150	110,89	6,45E-04	749,88	1,01E-02	738,32	2,95E-02	82,68	4,81E-04	749,30	1,01E-02	779,03	5,10E-02
L=9	C25	1,4	0,35	2,4	0,0150	123,39	6,34E-04	874,86	1,01E-02	861,38	2,95E-02	94,95	4,87E-04	874,25	1,01E-02	904,64	4,81E-02
L=9	C25	1,6	0,35	2,6	0,0150	135,85	6,25E-04	999,84	1,01E-02	984,43	2,95E-02	107,11	4,93E-04	999,19	1,01E-02	1029,85	4,58E-02
L=9	C25	0,8	0,4	1,8	0,0150	111,78	6,01E-04	661,45	8,70E-03	654,11	2,61E-02	74,83	4,02E-04	660,43	8,70E-03	697,15	5,43E-02
L=9	C25	1	0,4	2	0,0150	128,71	5,81E-04	826,81	8,70E-03	817,64	2,61E-02	91,21	4,12E-04	825,67	8,70E-03	865,56	4,90E-02
L=9	C25	1,2	0,4	2,2	0,0150	145,32	5,67E-04	992,17	8,70E-03	981,16	2,61E-02	107,41	4,19E-04	990,94	8,70E-03	1033,07	4,53E-02
L=9	C25	1,4	0,4	2,4	0,0150	161,68	5,57E-04	1157,53	8,70E-03	1144,69	2,61E-02	123,47	4,25E-04	1156,21	8,70E-03	1199,92	4,27E-02
L=9	C25	1,6	0,4	2,6	0,0150	177,42	5,48E-04	1322,90	8,70E-03	1308,22	2,61E-02	139,26	4,30E-04	1321,51	8,70E-03	1366,25	4,07E-02
L=9	C30	0,8	0,3	1,8	0,0100	68,27	8,08E-04	245,63	1,09E-02	249,54	6,02E-02	48,30	5,72E-04	245,78	1,09E-02	261,41	1,12E-01
L=9	C30	1	0,3	2	0,0100	78,71	7,88E-04	307,03	1,09E-02	311,92	6,02E-02	58,18	5,82E-04	307,20	1,09E-02	324,69	1,02E-01
L=9	C30	1,2	0,3	2,2	0,0100	88,92	7,73E-04	368,44	1,09E-02	374,30	6,02E-02	68,00	5,91E-04	368,62	1,09E-02	387,79	9,60E-02
L=9	C30	1,4	0,3	2,4	0,0100	99,00	7,61E-04	429,85	1,09E-02	436,69	6,02E-02	77,78	5,98E-04	430,04	1,09E-02	450,77	9,13E-02
L=9	C30	1,6	0,3	2,6	0,0100	108,98	7,52E-04	491,25	1,09E-02	499,07	6,02E-02	87,50	6,04E-04	491,46	1,09E-02	513,65	8,77E-02
L=9	C30	0,8	0,35	1,8	0,0100	93,26	7,09E-04	340,18	9,23E-03	346,92	5,31E-02	63,44	4,82E-04	340,14	9,23E-03	361,25	9,97E-02
L=9	C30	1	0,35	2	0,0100	107,55	6,88E-04	425,22	9,23E-03	433,65	5,31E-02	77,06	4,93E-04	425,18	9,23E-03	449,14	9,13E-02
L=9	C30	1,2	0,35	2,2	0,0100	121,48	6,72E-04	510,26	9,23E-03	520,37	5,31E-02	90,58	5,01E-04	510,22	9,23E-03	536,80	8,55E-02
L=9	C30	1,4	0,35	2,4	0,0100	135,17	6,60E-04	595,31	9,23E-03	607,10	5,31E-02	104,01	5,08E-04	595,26	9,23E-03	624,30	8,13E-02
L=9	C30	1,6	0,35	2,6	0,0100	148,82	6,51E-04	680,35	9,23E-03	693,83	5,31E-02	117,34	5,13E-04	680,30	9,23E-03	711,68	7,80E-02
L=9	C30	0,8	0,4	1,8	0,0100	122,44	6,26E-04	450,10	7,97E-03	460,48	4,76E-02	81,97	4,19E-04	449,79	7,97E-03	477,55	9,02E-02
L=9	C30	1	0,4	2	0,0100	140,99	6,06E-04	562,62	7,97E-03	575,60	4,76E-02	99,92	4,29E-04	562,27	7,97E-03	594,13	8,26E-02
L=9	C30	1,2	0,4	2,2	0,0100	159,19	5,91E-04	675,15	7,97E-03	690,72	4,76E-02	117,66	4,37E-04	674,77	7,97E-03	710,43	7,72E-02
L=9	C30	1,4	0,4	2,4	0,0100	177,11	5,80E-04	787,67	7,97E-03	805,84	4,76E-02	135,25	4,43E-04	787,27	7,97E-03	826,52	7,33E-02
L=9	C30	1,6	0,4	2,6	0,0100	194,35	5,71E-04	900,20	7,97E-03	920,96	4,76E-02	152,55	4,48E-04	899,77	7,97E-03	942,46	7,03E-02
L=9	C30	0,8	0,3	1,8	0,0125	68,27	8,08E-04	304,07	1,14E-02	306,34	4,84E-02	48,30	5,72E-04	304,14	1,14E-02	322,85	9,44E-02
L=9	C30	1	0,3	2	0,0125	78,71	7,88E-04	380,09	1,14E-02	382,93	4,84E-02	58,18	5,82E-04	380,16	1,14E-02	400,95	8,60E-02

L=9	C30	1,2	0,3	2,2	0,0125	88,92	7,73E-04	456,11	1,14E-02	459,51	4,84E-02	68,00	5,91E-04	456,19	1,14E-02	478,76	8,02E-02
L=9	C30	1,4	0,3	2,4	0,0125	99,00	7,61E-04	532,13	1,14E-02	536,10	4,84E-02	77,78	5,98E-04	532,21	1,14E-02	556,35	7,60E-02
L=9	C30	1,6	0,3	2,6	0,0125	108,98	7,52E-04	608,15	1,14E-02	612,68	4,84E-02	87,50	6,04E-04	608,24	1,14E-02	633,79	7,28E-02
L=9	C30	0,8	0,35	1,8	0,0125	93,26	7,09E-04	421,11	9,61E-03	426,18	4,24E-02	63,44	4,82E-04	420,90	9,61E-03	446,95	8,35E-02
L=9	C30	1	0,35	2	0,0125	107,55	6,88E-04	526,39	9,61E-03	532,73	4,24E-02	77,06	4,93E-04	526,15	9,61E-03	555,50	7,60E-02
L=9	C30	1,2	0,35	2,2	0,0125	121,48	6,72E-04	631,67	9,61E-03	639,27	4,24E-02	90,58	5,01E-04	631,41	9,61E-03	663,68	7,08E-02
L=9	C30	1,4	0,35	2,4	0,0125	135,17	6,60E-04	736,95	9,61E-03	745,82	4,24E-02	104,01	5,08E-04	736,67	9,61E-03	771,57	6,70E-02
L=9	C30	1,6	0,35	2,6	0,0125	148,82	6,51E-04	842,23	9,61E-03	852,36	4,24E-02	117,34	5,13E-04	841,94	9,61E-03	879,26	6,41E-02
L=9	C30	0,8	0,4	1,8	0,0125	122,44	6,26E-04	557,17	8,30E-03	565,89	3,77E-02	81,97	4,19E-04	556,57	8,30E-03	591,49	7,50E-02
L=9	C30	1	0,4	2	0,0125	140,99	6,06E-04	696,46	8,30E-03	707,37	3,77E-02	99,92	4,29E-04	695,79	8,30E-03	735,54	6,81E-02
L=9	C30	1,2	0,4	2,2	0,0125	159,19	5,91E-04	835,75	8,30E-03	848,84	3,77E-02	117,66	4,37E-04	835,02	8,30E-03	879,11	6,34E-02
L=9	C30	1,4	0,4	2,4	0,0125	177,11	5,80E-04	975,05	8,30E-03	990,31	3,77E-02	135,25	4,43E-04	974,27	8,30E-03	1022,33	5,99E-02
L=9	C30	1,6	0,4	2,6	0,0125	194,35	5,71E-04	1114,34	8,30E-03	1131,78	3,77E-02	152,55	4,48E-04	1113,52	8,30E-03	1165,27	5,73E-02
L=9	C30	0,8	0,3	1,8	0,0150	68,27	8,08E-04	361,79	1,18E-02	360,58	4,01E-02	48,30	5,72E-04	361,75	1,18E-02	383,49	8,11E-02
L=9	C30	1	0,3	2	0,0150	78,71	7,88E-04	452,23	1,18E-02	450,72	4,01E-02	58,18	5,82E-04	452,19	1,18E-02	475,98	7,35E-02
L=9	C30	1,2	0,3	2,2	0,0150	88,92	7,73E-04	542,68	1,18E-02	540,87	4,01E-02	68,00	5,91E-04	542,63	1,18E-02	568,04	6,82E-02
L=9	C30	1,4	0,3	2,4	0,0150	99,00	7,61E-04	633,13	1,18E-02	631,01	4,01E-02	77,78	5,98E-04	633,07	1,18E-02	659,77	6,44E-02
L=9	C30	1,6	0,3	2,6	0,0150	108,98	7,52E-04	723,57	1,18E-02	721,16	4,01E-02	87,50	6,04E-04	723,52	1,18E-02	751,26	6,15E-02
L=9	C30	0,8	0,35	1,8	0,0150	93,26	7,09E-04	501,03	9,96E-03	501,82	3,49E-02	63,44	4,82E-04	500,61	9,96E-03	531,44	7,12E-02
L=9	C30	1	0,35	2	0,0150	107,55	6,88E-04	626,29	9,96E-03	627,28	3,49E-02	77,06	4,93E-04	625,82	9,96E-03	660,06	6,44E-02
L=9	C30	1,2	0,35	2,2	0,0150	121,48	6,72E-04	751,54	9,96E-03	752,73	3,49E-02	90,58	5,01E-04	751,04	9,96E-03	788,10	5,98E-02
L=9	C30	1,4	0,35	2,4	0,0150	135,17	6,60E-04	876,80	9,96E-03	878,19	3,49E-02	104,01	5,08E-04	876,26	9,96E-03	915,69	5,64E-02
L=9	C30	1,6	0,35	2,6	0,0150	148,82	6,51E-04	1002,06	9,96E-03	1003,64	3,49E-02	117,34	5,13E-04	1001,49	9,96E-03	1042,96	5,38E-02
L=9	C30	0,8	0,4	1,8	0,0150	122,44	6,26E-04	662,88	8,61E-03	666,44	3,09E-02	81,97	4,19E-04	661,96	8,61E-03	703,75	6,36E-02
L=9	C30	1	0,4	2	0,0150	140,99	6,06E-04	828,60	8,61E-03	833,05	3,09E-02	99,92	4,29E-04	827,57	8,61E-03	874,46	5,74E-02
L=9	C30	1,2	0,4	2,2	0,0150	159,19	5,91E-04	994,32	8,61E-03	999,66	3,09E-02	117,66	4,37E-04	993,20	8,61E-03	1044,42	5,32E-02
L=9	C30	1,4	0,4	2,4	0,0150	177,11	5,80E-04	1160,04	8,61E-03	1166,27	3,09E-02	135,25	4,43E-04	1158,84	8,61E-03	1213,81	5,02E-02
L=9	C30	1,6	0,4	2,6	0,0150	194,35	5,71E-04	1325,76	8,61E-03	1332,88	3,09E-02	152,55	4,48E-04	1324,50	8,61E-03	1382,77	4,79E-02

ÖZGEÇMİŞ

1970 yılında Elazığ'da doğan Sibel SAĞLIYAN, ilk öğrenimini Diyarbakır'da, orta ve lise öğrenimini Elazığ'da yaptı. 1987 yılında Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde eğitime başladı ve 1991 yılında lisans eğitimini burada tamamlayarak İnşaat Mühendisi unvanını aldı. 1995 yılında Fırat Üniversitesi Tunceli MYO okulunda Öğretim Görevlisi olarak çalışmaya başladı. Aynı yıl Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitime başladı ve 1999 yılında mezun oldu. 2003 yılında aynı anabilim dalında doktora eğitime başlamış halen eğitime devam eden aday evli ve iki çocuk annesidir.