

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KUŞATILMIŞ BETON İÇİN ÖNERİLEN FARKLI
DAVRANIŞ MODELLERİ VE MOMENT-EĞRİLİK
İLİŞKİLERİ**

İnşaat Müh. Turgay ÇAKMAK

**FBE İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yapı Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Doç. Dr. H. Orhun KÖKSAL (YTÜ)

İSTANBUL, 2006

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	iv
KISALTMA LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	ix
ÇİZELGE LİSTESİ	xii
ÖNSÖZ	xiii
ÖZET	xiv
ABSTRACT	15
1. GİRİŞ	16
2. KUŞATILMIŞ BETON GERİLME-BİRİM ŞEKİL DEĞİŞTİRME MODELLERİ	17
2.1 Giriş	17
2.2 Mander Beton Modeli	18
2.2.1 Dikdörtgen Kuşatma Donatılı Kesitler için Kuşatma Etkinlik Katsayısı	24
2.2.2 Kuşatılmış Beton Taşıma Gücü	26
2.2.3 Betondaki En Büyük Birim Kısılma	27
2.3 Kent ve Park Beton Modeli Geliştirilmiş Kent ve Park Beton Modeli	27
2.4 Saatçioğlu ve Razvi Beton Modeli	34
2.4.1 Dairesel Kesitler	35
2.4.2 Kare Kesitler	35
2.4.3 Dikdörtgen Kesitler	38
2.5.5 Kuşatılmış Beton Gerilme İlişkisi	40
3. YANAL KUŞATMA ETKİSİNDEKİ BETON İÇİN KIRILMA KRITERİ	42
3.1 Giriş	42
3.1.1 William ve Warnke beş parametrelili model	42
4. MOMENT-EĞRİLİK İLİŞKİLERİ	48
4.1 Giriş	48
4.2 Kesitin Eğriliği	48
4.3 Moment-Eğrilik İlişkisinin Teorik Olarak Hesaplanması	51
4.4 Bilgisayar Kullanılarak Moment-Eğrilik İlişkilerinin Hesaplanması	53
4.5 Dilimleme Yöntemi	54
4.6 Donatı Çeliği için Gerilme İlişkisi	57
4.7 Program Kontrolü	58

5.	MOMENT-EĞRİLİK İLİŞKİLERİ KULLANILARAK FARKLI KOLONLARIN KARŞILAŞTIRILMASI	62
6.	ÇİZİLEN MOMENT-EĞRİLİK İLİŞKİLERİ	66
7.	SONUÇLAR.....	98
	KAYNAKLAR.....	100
	EKLER	102
	ÖZGEÇMİŞ.....	132

SİMGE LİSTESİ

A_c	Betonarme elemanın kesit alanı
A_{cbi}	i.şeritteki kuşatılmış betonun çekirdek alanı
A_{co}	Beton çekirdek alanı
A_{co}	Net beton çekirdek alanı
A_{et}	Etkin kuşatılmış beton kesit alanı
A_{kbi}	Kabuk betonu şerit alanı
A_s	Betonarme kesitteki toplam boyuna donatı alanı
A_{sh}	Kuşatma donatısı toplam alanı
A_{shx}	x doğrultusundaki kuşatma donatısı toplam alanı
A_{shy}	y doğrultusundaki kuşatma donatısı toplam alanı
A_{si}	i. donatı sırasındaki toplam boyuna donatı alanı
A_{sp}	Spiral veya fret kuşatma donatısı kesit alanı
a_0	Malzeme sabiti
a_1	Malzeme sabiti
a_2	Malzeme sabiti
b	Kesit genişliği
b_0	Malzeme sabiti
b_1	Malzeme sabiti
b_2	Malzeme sabiti
b_{co}	Kesit genişliği doğrultusunda en dış kuşatma donatısı merkezleri arasındaki mesafe
b'_{co}	Kesit genişliği doğrultusunda en dış kuşatma donatısı dıştan dışa mesafe
c	Tarafsız eksen yeri
C_A	Sismik katsayı
C_c	Beton basınç kuvveti
C_i	En dış kuşatma donatısı merkezleri arasındaki mesafe
d	Kuşatma donatısının çapı
d_i	i. donatı sırasının beton kesitin üstüne olan mesafesi
d_s	Spiral veya fret kuşatma donatısının merkezleri arasındaki mesafe
E	Elastisite Modülü
E_c	Betonun elastisite modülü
E_s	Çeliğin elastisite modülü
E_{sec}	Sekant elastisite modülü
E	Donatı kuvveti
F_{kbi}	Kabuk betonu şerite etki eden kuvvet
F_{cbi}	i.şeritteki kuşatılmış betona etki eden kuvvet
F_{si}	i. donatıdaki kuvvet
f'_{bc}	Betonun eşit iki eksenli basınç dayanımı
f'_{bc}	Betonun eşit iki eksenli basınç dayanımı oranı
f_c	Betondaki basınç gerilmesi
f_{cc}	Çok eksenli taşıma gücü
f'_c	Betonunu tek eksenli basınç dayanımı
f'_t	Betonunu tek eksenli çekme dayanımı oranı
f_s	Çelikteki basınç veya çekme gerilmesi
f_{sh}	Kuşatma donatısındaki gerilme
f_{si}	i. donatı sırasındaki gerilme
f_{sl}	Boyuna donatı çeliğindeki gerilme
f_{su}	Çeliğin kopma gerilmesi

f'_t	Betonunu tek eksenli çekme dayanımı
f_y	Çeliği akma gerilmesi
f_{yh}	Kuşatma donatı çeliğinin akma dayanımı
h	Kesit yüksekliği
h_{co}	Kesit yüksekliği doğrultusunda en dış kuşatma donatısı merkezleri arasındaki mesafe
h'_{co}	Kesit yüksekliği doğrultusunda en dış kuşatma donatısı dıştan dışa mesafe
I_1	Gerilme tansörünün birinci invaryantı
I_2	Gerilme tansörünün ikinci invaryantı
J_2	Deviatörük gerilme tansörünün ikinci invaryantı
K	Düzeltilme katsayısı
k	Malzeme sabiti
k_e	Kuşatma etkinlik katsayısı
kd	Tarafsız eksen derinliği
k_1	Poisson oranına bağlı kuşatma gerilmesi katsayısı
k_2	Azaltma katsayısı
k_{2x}	x doğrultusundaki azaltma katsayısı
k_{2y}	y doğrultusundaki azaltma katsayısı
M	Moment
M_y	Akma momenti
m	Çeliğin malzeme özelliklerine bağlı bir katsayı
N	Eksenel yük
R	Eğrilik yarıçapı
r	Betonun elastisite ve sekant elastisite modüllerine bağlı bir fonksiyon
r_c	Deviatörük uzunluk ($\theta=60^\circ$)
r_t	Deviatörük uzunluk ($\theta=0^\circ$)
r_1	Çeliğin kopma ve pekleşme birim şekil değiştirmeleri arasındaki fark
s'	Kuşatma donatısı adım veya konma mesafesi
s'	Kuşatma donatıları arasındaki temiz mesafe
S_i	i. donatı sırasındaki toplam çekme veya basınç kuvveti
s_l	Komşu iki boyuna donatı merkezleri arasındaki en büyük mesafe
s_{lx}	x doğrultusunda komşu iki boyuna donatı merkezleri arasındaki en büyük mesafe
s_{ly}	y doğrultusunda komşu iki boyuna donatı merkezleri arasındaki en büyük mesafe
w	Komşu iki boyuna donatı arasındaki temiz mesafe
x	Beton birim şekil değiştirmesine bağlı bir fonksiyon
y_m	Etkin kuşatılmış alanı veren eğrinin en büyük değeri
Z	BC doğrusunun eğimi
Z'	B'C' doğrusunun eğimi
α	Toplam gerilme çarpanı
α_m	Yapının birinci moduna ait modal kütle katsayısı
α_1	Kuşatma donatısının doğrultusu ile kesitin kenar doğrultusu arasındaki açı
α_2	Malzeme sabiti
α_3	Etkin kuşatılmış alanı veren eğrinin şeklinin kabulüne göre değişen bir katsayı
ϵ'_c	Betondaki birim şekil değiştirme
ϵ_c	Betondaki en büyük gerilmeye karşılık gelen birim şekil değiştirme
ϵ_{cm}	Betonarme kesit en üst basınç lifindeki birim şekil değiştirme
ϵ_{cu}	Betondaki en büyük birim şekil değiştirme
ϵ_s	Donatıdaki birim şekil değiştirme
ϵ_{sf}	Donatı kopma gerilmesine karşılık gelen birim şekil değiştirme
ϵ_{sh}	Çeliğin pekleşme başlangıç birim şekil değiştirmesi

ε_{si}	i. donatı sırasındaki birim şekil değiştirme
ε_{sy}	Çeliğin akma birim şekil değiştirmesi
ε_1	Kuşatılmış beton en büyük gerilmesine karşılık gelen birim şekil değiştirme
ε_{20}	Kuşatılmış beton dayanımının %20'sine karşılık gelen birim şekil değiştirme
ε_{20c}	Kuşatılmış beton dayanımının %20'sine karşılık gelen birim şekil değiştirme
ε_{50c}	Kuşatılmış beton dayanımının %50'sine karşılık gelen birim şekil değiştirme
ε_{50h}	Kuşatma etkisi ile betonun kazandığı süneklik
ε_{50u}	Kuşatılmamış beton dayanımının %50'sine karşılık gelen birim şekil değiştirme
ε_{85}	Kuşatılmış beton dayanımının %85'sine karşılık gelen birim şekil değiştirme
ϕ	Donatı çapı
φ	Elemanın birim uzunluğundaki dönme (eğrilik)
φ_y	Akma eğriligi
φ_u	Kopma eğriligi
λ	Etkin kuşatılmış beton alanının çekirdek alanına oranı
μ	Poisson oranı
θ	Etkin kuşatılmış beton alanını tanımlayan eğrinin başlangıç eğiminin açısı
ρ	Deviatorik uzunluk
ρ_c	Deviatorik gerilme ($\theta=60^\circ$)
ρ_{co}	Toplam boyuna donatı alanının beton çekirdek alanına oranı
ρ_l	Toplam boyuna donatı alanının betonarme kesit alanına oranı
ρ_s	Kuşatma donatısının hacimsel oranı
ρ_t	Deviatorik gerilme ($\theta=0^\circ$)
ρ_{sx}	x doğrultusundaki kuşatma donatısının hacimsel oranı
ρ_{sy}	y doğrultusundaki kuşatma donatısının hacimsel oranı
σ_l	Kuşatma gerilmelerinin küçük olanı
σ_{kbi}	Kubuk beton şerit gerilmesi
σ_m	Ortalama gerilme
σ_{mc}	Ortalama gerilme ($\theta=60^\circ$)
σ_{mt}	Ortalama gerilme ($\theta=0^\circ$)
σ_{si}	i. Donatıdaki gerilme
σ_1	1 eksenli doğrultusundaki gerilme
σ_2	2 eksenli doğrultusundaki gerilme
σ_3	3 eksenli doğrultusundaki gerilme
σ'_3	Etkin kuşatma gerilmesi
σ_{3e}	Eşdeğer kuşatma gerilmesi
σ_{3ex}	x doğrultusundaki eşdeğer kuşatma gerilmesi
σ_{3ey}	y doğrultusundaki eşdeğer kuşatma gerilmesi
σ_{3x}	x doğrultusundaki kuşatma gerilmesi
σ_{3x}	x doğrultusundaki etkin kuşatma gerilmesi
σ_{3y}	y doğrultusundaki kuşatma gerilmesi
σ_{3y}	y doğrultusundaki etkin kuşatma gerilmesi
τ_m	Ortalama gerilme
τ_{mc}	Ortalama gerilme ($\theta=60^\circ$)
τ_{mt}	Ortalama gerilme ($\theta=0^\circ$)
ξ_1	Hidrostatik uzunluk
ξ_2	Hidrostatik uzunluk
ξ_1	Hidrostatik uzunluk

ξ_1	Hidrostatik uzunluk oranı
ξ_2	Hidrostatik uzunluk oranı

KISALTMA LİSTESİ

ACI	American Concrete Institute
BDS	Boyuna Donatı Sınıfı
BS	Beton Sınıfı
CEB	Comite Euro-International du Beton
GKP	Geliştirilmiş Kent ve Park
M	Mander
SR	Saatçioğlu ve Razvi

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Silindirik beton numuneler için üç eksenli basınç deneyi sonuçları (Whittaker A., 2000).....	18
Şekil 2.2 Mander beton modeli.....	19
Şekil 2.3 Yanal donatı seviyesinde kuşatılmamış beton alanları (Sheikh ve Üzümeri, 1983) ..	20
Şekil 2.4 Kuşatılmamış beton alanının elde edilişi için yapılan kabul (Sheikh ve Üzümeri, 1983)	21
Şekil 2.5 Mander beton modelinde kuşatılmamış beton alanının elde edilişi için yapılan kabul.....	21
Şekil 2.6 Etriyeli kuşatma donatılı kesitlerde etkin kuşatılmış beton çekirdek alanı (Mander vd., 1988).....	22
Şekil 2.7 Dikdörtgen kesitler için yanal kuşatma gerilmeleri ile kuşatılmış beton dayanım hesabı (Mander vd., 1988)	26
Şekil 2.8 Beton gerilme ilişkileri (Kent ve Park, 1971)	27
Şekil 2.8 Kuşatma donatısının etkinliği (Kent ve Park, 1971)	30
Şekil 2.10 Kuşatma donatısı miktarına göre beton davranışları, $\rho_s = \%0 - \%5$ (Kent ve Park, 1971)	32
Şekil 2.11 Geliştirilmiş Kent ve Park beton modeli (Ersoy ve Özcebe, 2001)	32
Şekil 2.12 k_1 için önerilen bağıntı (Saatçioğlu ve Razvi, 1992).....	34
Şekil 2.13 Dairesel kolonlarda yanal kuşatma basıncı (Saatçioğlu ve Razvi, 1992).....	35
Şekil 2.14 Kare kolonlarda yanal kuşatma basıncı dağılımları (Saatçioğlu ve Razvi, 1992) ..	36
Şekil 2.15 Yanal kuşatma basıncının dağılımı ve ortalama ve eşdeğer kuşatma basınç ifadeleri (Saatçioğlu ve Razvi, 1992).....	37
Şekil 2.16 Dikdörtgen kesitlerde kuşatma gerilmeleri dağılımı (Saatçioğlu ve Razvi, 1992) ..	39
Şekil 2.17 Beton gerilme ilişkileri (Saatçioğlu ve Razvi, 1992)	40
Şekil 3.1 Kırılma yüzeyinin Deviatorik kesiti (Willam ve Warnke, 1975).....	42
Şekil 3.2 Kırılma yüzeyinin eliptik bölümü (Willam ve Warnke, 1975)	43
Şekil 3.3 Üç eksenli test verilerinin beş parametrelili modeli (a) hidrostatik kesit Launay ve Gachon (1972), (b) Deviatoric kesit (Willam-Warnke, 1975).....	47
Şekil 4.1 Eğilmeye çalışan bir elmanda şekil değiştirme (Park ve Paulay, 1975)	49
Şekil 4.2 Çekme ve basınç göçme durumu için $M - \phi$ ilişkileri (Park ve Paulay, 1975)	50
Şekil 4.3 $M - \phi$ ilişkisi.....	51
Şekil 4.4 $M - \phi$ ilişkisinin teorik olarak elde edilmesi	52
Şekil 4.5 Teorik moment-eğrilik ilişkisinin tayini için katmanlı modelleme tekniği.....	55
Şekil 4.6 Kabuk, göbek ve donatı çeliği katmanlarındaki kuvvetlerin bulunuşu	57
Şekil 4.7 Çelik gerilme_birim şekil değiştirme ilişkileri	58
Şekil 4.8 (300x500) Betonarme kesit	59
Şekil 4.9 Mander beton modeli data girişi	60
Şekil 4.10 Dikdörtgen kesitler için yanal kuşatma gerilmeleri ile kuşatılmış beton dayanım hesabı (Mander vd., 1988)	60
Şekil 4.11 Test kolonu Tez programı ile moment-eğrilik ilişkisi	61
Şekil 4.12 Tez programı ile Xtract programının karşılaştırılması	61
Şekil 5.1 Deneyisel test kolonlarının farklı donatı detaylarına ait kesit tipleri	63

Şekil 6.1 $M - \varphi$ ilişkisi	66
Şekil 6.2 $M - \varphi$ ilişkisi	66
Şekil 6.3 $M - \varphi$ ilişkisi	67
Şekil 6.4 $M - \varphi$ ilişkisi	67
Şekil 6.5 $M - \varphi$ ilişkisi	68
Şekil 6.6 $M - \varphi$ ilişkisi	68
Şekil 6.7 $M - \varphi$ ilişkisi	69
Şekil 6.8 $M - \varphi$ ilişkisi	69
Şekil 6.9 $M - \varphi$ ilişkisi	70
Şekil 6.10 $M - \varphi$ ilişkisi	70
Şekil 6.11 $M - \varphi$ ilişkisi	71
Şekil 6.12 $M - \varphi$ ilişkisi	71
Şekil 6.13 $M - \varphi$ ilişkisi	72
Şekil 6.14 $M - \varphi$ ilişkisi	72
Şekil 6.15 $M - \varphi$ ilişkisi	73
Şekil 6.16 $M - \varphi$ ilişkisi	73
Şekil 6.17 $M - \varphi$ ilişkisi	74
Şekil 6.18 $M - \varphi$ ilişkisi	74
Şekil 6.19 $M - \varphi$ ilişkisi	75
Şekil 6.20 $M - \varphi$ ilişkisi	75
Şekil 6.21 $M - \varphi$ ilişkisi	76
Şekil 6.22 $M - \varphi$ ilişkisi	76
Şekil 6.23 $M - \varphi$ ilişkisi	77
Şekil 6.24 $M - \varphi$ ilişkisi	77
Şekil 6.25 $M - \varphi$ ilişkisi	78
Şekil 6.26 $M - \varphi$ ilişkisi	78
Şekil 6.27 $M - \varphi$ ilişkisi	79
Şekil 6.28 $M - \varphi$ ilişkisi	79
Şekil 6.29 $M - \varphi$ ilişkisi	80
Şekil 6.30 $M - \varphi$ ilişkisi	80
Şekil 6.31 $M - \varphi$ ilişkisi	81
Şekil 6.32 $M - \varphi$ ilişkisi	81
Şekil 6.33 $M - \varphi$ ilişkisi	82
Şekil 6.34 $M - \varphi$ ilişkisi	82
Şekil 6.35 $M - \varphi$ ilişkisi	83
Şekil 6.36 $M - \varphi$ ilişkisi	83
Şekil 6.37 $M - \varphi$ ilişkisi	84
Şekil 6.38 $M - \varphi$ ilişkisi	84
Şekil 6.39 $M - \varphi$ ilişkisi	85
Şekil 6.40 $M - \varphi$ ilişkisi	85
Şekil 6.41 $M - \varphi$ ilişkisi	86
Şekil 6.42 $M - \varphi$ ilişkisi	86
Şekil 6.43 $M - \varphi$ ilişkisi	87

Şekil 6.44 $M - \varphi$ ilişkisi.....	87
Şekil 6.45 Değişken normal kuvvet altındaki $M - \varphi$ ilişkisi.....	89
Şekil 6.46 Değişken normal kuvvet altındaki $M - \varphi$ ilişkisi.....	90
Şekil 6.47 Değişken normal kuvvet altındaki $M - \varphi$ ilişkisi.....	91
Şekil 6.48 Değişken normal kuvvet altındaki $M - \varphi$ ilişkisi.....	92
Şekil 6.49 Değişken normal kuvvet altındaki $M - \varphi$ ilişkisi.....	93
Şekil 6.50 $M - \varphi$ ilişkisi.....	94
Şekil 6.51 $M - \varphi$ ilişkisi.....	95
Şekil 6.52 Farklı eksenel kuvvet ve etriye aralıkları altında $M - \varphi$ ilişkisi.....	96
Şekil 6.53 Farklı eksenel kuvvet ve donatı oranları altında $M - \varphi$ ilişkisi	97

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 3.1 Denklem 3.1 ve 3.2 deki altı parametrenin tanımlanması.....	45
Çizelge 4.1 (300x500) Betonarme kesit malzeme özellikleri	59
Çizelge 5.1 Deneysel kolon tipleri	65
Çizelge 5.2 Deneysel kolon sonuçları	88

ÖNSÖZ

Betonarme yapı ve yapı elemanlarının davranışları, statik itme analizlerinde eğilme momenti ve eğrilik ilişkilerine bağlı olarak ifade edilmektedir. Bu amaçla, betonun kuşatılmış davranışı için Kent ve Park, Roy ve Sözen, Saatçioğlu ve Razvi ve Mander vd. tarafından önerilmiş olan malzeme modelleri bu çalışma kapsamında incelenmiştir. Mander modeli temel alan ve bu çalışma içerisinde de oluşturulmuş olan bilgisayar programı vasıtasıyla betonarme elemanların moment-eğrilik ilişkileri elde edilebilmektedir.

Hayatım boyunca bana her zaman karşılıksız desteklerini esirgemeyen aileme teşekkür ederim. Bu çalışma sırasında ise, desteğini esirgemeyen ve bana daima yardımcı olan tez danışmanım, Doç. Dr. H. Orhun KÖKSAL'a ve ayrıca İLKON Müh. Sahibi Jeofizik Müh.Yücel ÖNAL'a katkılarından ve yardımlarından ötürü ayrıca teşekkür ederim.

ÖZET

Bu çalışmada geliştirilmiş Kent ve Park, Saatçioğlu ve Razvi ve Mander vd. tarafından kuşatılmış betonarme elemanlar için önerilmiş olan eksenel yük altındaki davranış modelleri incelenmiştir. Mander modeli için bilgisayar programı yazılarak betonarme yapı elemanlarının moment eğrilik ilişkileri elde edilmiştir. İncelenen modellerden Mander beton modelinde kullanılan William ve Warnke beş parametrelili kırılma kriterinin ihtiyaç duyduğu malzemeye bağlı değişkenleri moment-eğrilik ilişkilerine etkisi de ayrıca vurgulanmaktadır. Literatürden seçilen betonarme kolon kesitlerinin Mander metodu ile yanal kuşatma basıncı göz önüne alınarak farklı eksenel yük seviyeleri için elde edilen moment-eğrilik ilişkileri veriler ışığında sunulmuştur. Sonuçlar mühendislikte kullanılan mevcut bir program ile de karşılaştırılarak yazılan programın geçerliği gösterilmiştir.

Anahtar kelimeler: Kuşatılmış beton modelleri, William-Warnke kırılma yüzeyi, moment-eğrilik ilişkileri.

ABSTRACT

In this study, stress-strain concrete models recommended by Modified Kent and Park, Saatcioglu and Razvi and Mander et al. are presented and evaluated. Implementing the subroutines developed for the confined concrete model of Mander, moment-curvature relationships of reinforced concrete members are obtained. The effect of the material parameters which the William-Warnke failure criterion adopted by the confinement model of Mander needs, the moment-curvature relationships of R.C. sections subjected to different axial load levels are presented using the confinement model of Mander et al. For the tested reinforced concrete sections, stress-strain model of Mander is compared by using moment-curvature relationships. In addition, the results of the developed computer program are compared with the results of the XTRACT program for a wide range of axial load levels and cross-sections.

Keywords: Confined concrete Models, William-Warnke failure criterion, moment-curvature relationships.

1. GİRİŞ

Betonarme yapıların ve yapısal elemanlarının davranışı onların deformasyon özelliklerine bağlı değişir. Betonarme çerçeve sistemlerinin davranışını da, temel olarak, eğilme momenti ile eğrilik arasındaki ilişki belirler. Bu bakımdan, betonarme yapısal sistemlerinin dogrusal olmayan yaklaşımlarla yada limit tasarım yaklaşımlarıyla çözümlenebilmesi için kesit ve elemanlar için moment-eğrilik ilişkilerinin belirlenmesi gerekir. Bu ilişkilerin belirlenmesi ise çoğu kere yatayda etriyelerle kuşatılmış olan beton davranışının gerçekçi bir şekilde modellenmesi bağlıdır.

Kuşatılmış ve kuşatılmamış beton için çok sayıda davranış modeli önerilmiştir. Bu çalışmada, Kent ve Park, geliştirilmiş Kent ve Park, Mander ve Saatçioğlu ve Razvi beton modelleri incelenmiştir.

Mander modelinin diğer modellerden en önemli farklı beton için kırılma durumunu ifade etmekte William ve Warnke tarafından önerilen kırılma kriterini kullanmasıdır. Böylelikle herhangi bir üç asal gerilme değeri için kırılmanın gerçekleşip gerçekleşmediği rahatlıkla bulunabilir. İki taraftan kuşatma gerilmeleri altındaki betonarme kolon kesitlerinde doğal olarak üstten etkiyen eksenel yük taşıma gücü kapasitesi kuşatma gerilmelerine bağlı olarak bir miktar artacaktır. William ve Warnke modeli bu genel kırılma durumlarını belirlerken ve üç boyutlu gerilme uzayında kırılma yüzeyini oluştururken beş parametreye ihtiyaç duymaktadır. Bu parameterelerinin bazılarının betona bağlı değişkenlerin ölçülmesi ve tahmin edilmesindeki zorluklar elde edilen moment-eğrilik ilişkilerinde yansıyabilmektedir.

Tez kapsamında geliştirilen bilgisayar programında Mander modeli ve William-Warnke'nin beş parametrelili kırılma yüzeyleri kullanılmaktadır. Mander yöntemi kullanılarak kuşatılmış beton davranışı dikkate alınarak literatürden seçilen betonarme kolon kesitlerinin farklı eksenel yük seviyeleri için program yardımıyla çizilen moment-eğrilik ilişkileri tez kapsamında sunulmaktadır. Elde edilen eğriler, mühendislikte kullanılan XTRACT programı ile de karşılaştırılarak yazılan programın geçerliği kanıtlanmıştır.

2. KUŞATILMIŞ BETON GERİLME–BİRİM ŞEKİL DEĞİŞTİRME MODELLERİ

2.1 Giriş

Genel olarak bir mekanik problemin çözümünde, denge koşullarının sağlanması, uygunluk koşullarının sağlanması ve malzeme veya malzemeler için gerilme ilişkilerinin kullanılması gerekmektedir. Malzeme davranışı ne kadar gerçekçi bir şekilde dikkate alınırsa deneysel olarak elde edilen yük-şekil değiştirme eğrilerine o kadar yaklaşık sonuçlar elde edilebilecektir.

Betonun gerilme-birim deformasyon eğrisinin çok sayıda değişkenden etkilenmesi nedeniyle her durum için tek bir eğrinin tanımlanması olanaksızdır. Ancak, kesin olamasa bile problemlerin çözümü ve davranışın anlaşılabilmesi için gerilme–birim şekil değiştirme ilişkisini belirleyen modellere gereksinme vardır. Bu gereksinme nedeni ile, bu güne kadar çeşitli araştırmacılarca bir çok beton modeli önerilmiştir. Burada, bunlardan en yaygın olarak kullanılan dört model kısaca tanımlanacaktır.

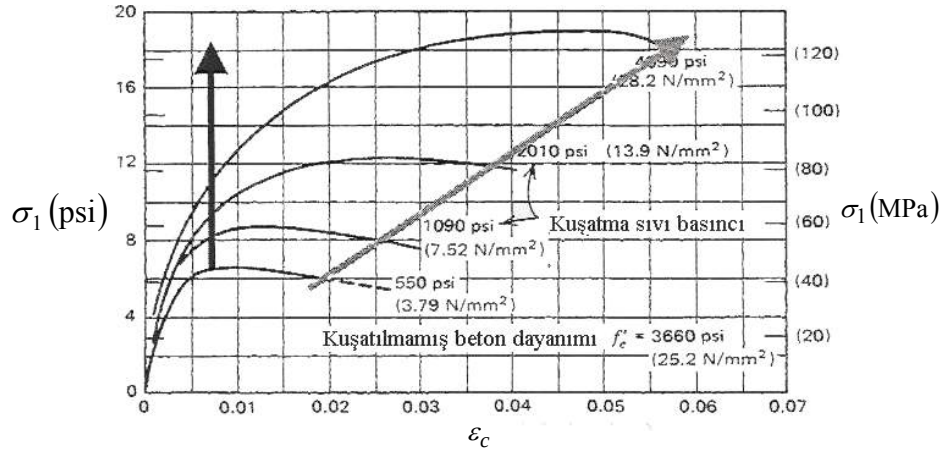
Etriyelerle kuşatılmış kolonların davranışını açıklamak için geliştirilmiş literatürde bulunan analitik modellerden bazıları betonun gerilme–birim şekil değiştirme eğrisinin sadece maksimum gerilmeye ulaşılan kadar olan kısmını modellerken bazıları da maksimum yükten sonraki yumuşama kısmını da tanımlamaktadır. Bu modellerde genel olarak dikkate alınan faktörler sırasıyla yatay donatı miktarı ve cinsi, beton ve çelik mukavemeti, boyuna ve enine donatının kesitteki dağılımı, etriye aralığı ve kesit boyutlarıdır. Bu modellerin en önemlileri:

- Mander, Priestley ve Park Modeli (1988)
- Kent ve Park Modeli (1971), Geliştirilmiş Kent ve Park Modeli (1982)
- Saatçioğlu ve Razvi Modeli (1992)

dir. Tüm bu analitik modeller genellikle laboratuvar ortamının getirdiği bir takım sınırlamalardan dolayı ufak ölçekli ve basit donatı yerleşimli kolon deneyleri temel alınarak geliştirilmiştir. Bu deneylerdeki kolon kesitlerinin çoğu kere 10x10, 15x15, 20x20 cm² alındığı görülmektedir (Sheikh ve Üzümeri 1983, Mander vd., 1988, Saatçioğlu ve Razvi 1992).

2.2 Mander Beton Modeli

Mander beton modeli, fretli, dikdörtgen kuşatma donatılı, dairesel veya dikdörtgen kesitli yapı elemanların monotonik veya çevrimsel yükler altındaki davranışlarını tanımlamak amacıyla geliştirilmiştir. Mander vd., (1988) modellerinin doğruluğunu 40 adet eksenel yük altındaki kolon deneyleri ile sınımışlardır. Bu deneylerde dairesel, dikdörtgen ve kare kolonların statik ve dinamik yük etkileri altındaki davranışları araştırılmıştır.



Şekil 2.1 Silindir beton numuneler için üç eksenli basınç deneyi sonuçları

(Whittaker A., 2000)

Kuşatılmış beton için geliştirilecek eksenel gerilme–birim şekil değiştirme bağıntısının kuşatma elemanları tarafından oluşturulan iki eksenli basınç etkisini de dikkate alması gerekmektedir. Bu amaçla Mander vd., (1988) diğer birçok araştırmacının da başvurduğu gibi Richart vd., (1928)’in Illinois Üniversitesi’nde yapılan üç eksenli beton deneylerinin sonuçlarını temel almıştır. Şekil 2.1’de sabit bir yanıl sıvı basıncı uygulanan beton silindirlere ait gerilme–birim şekil değiştirme eğrileri gösterilmektedir. Araştırmacılar söz konusu deney sonuçlarını temel alıp çok eksenli eksenel yük taşıma gücünü, f_{cc} , betonun tek eksenli basınç mukavemeti f'_c ve uygulanan yanıl basınç, σ_3 , değerlerini kullanarak

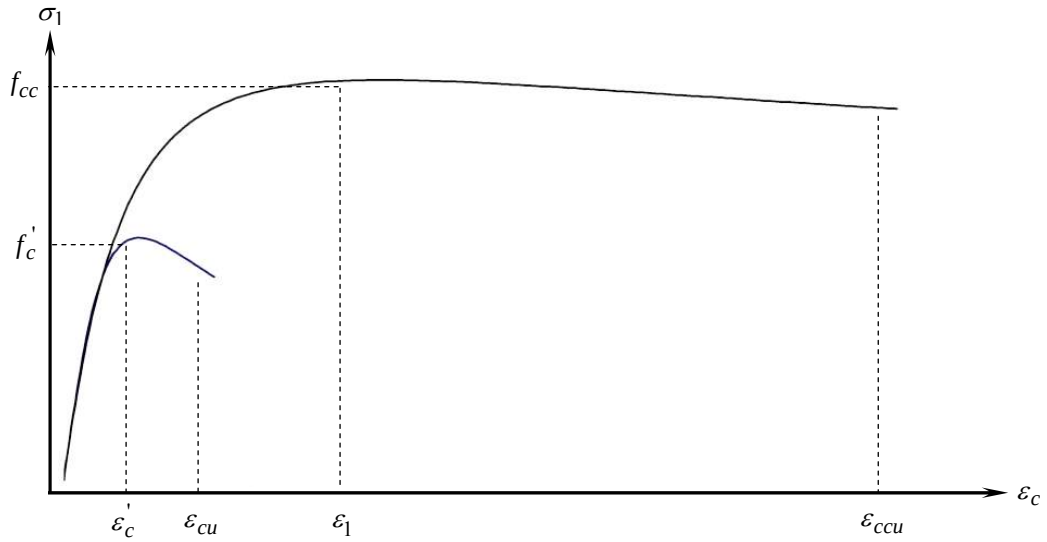
$$f_{cc} = f'_c + k_1 \sigma_3 \quad (2.1)$$

şeklinde ifade etmişlerdir. Benzer şekilde taşıma gücüne karşılık gelen birim şekil değiştirme değerini de

$$\varepsilon_1 = \varepsilon'_c \left(1 + k_2 \frac{\sigma_3}{f'_c} \right) \quad (2.2)$$

eşitliği ile dikkate almışlardır. Richart vd., (1928) $k_1 = 4.1$ ve $k_2 = 5k_1$ olarak bulurken Balmer vd., (1949) k_1 değerinin 4.5 ile 7 arasında değiştiğini ifade etmiştir.

Mander vd., (1988) fretli veya etriyeli yanal donatıya sahip kuşatılmış beton kesitler için gerilme–birim şekil değiştirme bağıntısı önermişlerdir. Şekil 2.2’deki gerilme–birim şekil değiştirme modeli geliştirirken Popovics (1973) tarafından önerilen bağıntıyı temel almışlardır (ε_c' değeri genellikle 0.002 alınır).



Şekil 2.2 Mander beton modeli

Monotonik olarak yüklenen betonda oluşacak gerilme aşağıdaki bağıntılar ile bulunabilir:

$$\sigma_1 = \frac{f_{cc} \times r}{r - 1 + x^r} \quad (2.3)$$

ve

$$x = \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_1} \quad (2.4)$$

Bağıntı (2.4)’te ε_c betondaki birim şekil değiştirme, ε_1 ise daha önce Richart vd., (1928)’de önerildiği gibi kuşatılmamış beton dayanımı f'_c ve buna karşılık gelen birim şekil değiştirme ε_c' ’ne bağlı olarak Mander vd., (1988) çalışmasında

$$\varepsilon_1 = \varepsilon'_c \left[1 + 5 \left(\frac{f_{cc}}{f'_c} - 1 \right) \right] \quad (2.5)$$

bağıntısı ile verilmiştir.

$$r = \frac{E_c}{E_c - E_{\text{sec}}} \quad (2.6)$$

Bağıntı (2.6)'daki

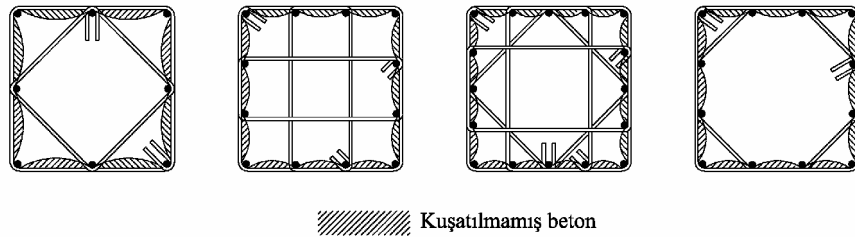
$$E_c = 5000 \sqrt{f'_c} \text{ (MPa)} \quad (2.7)$$

betonun elastisite modülü ve

$$E_{\text{sec}} = \frac{f_{cc}}{\varepsilon_1} \quad (2.8)$$

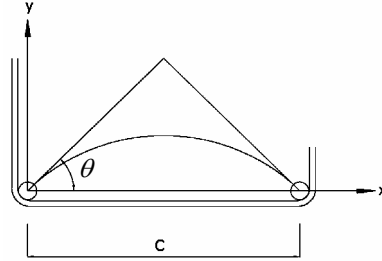
olarak ifade edilen sekant elastisite modülüdür.

Dikdörtgen etriyelerin kullanıldığı durumlarda betona uygulanan kuşatma basıncı düzgün olarak yayılmamış durumdadır ve kabuk beton kırıldıktan sonraki aşamalarda çekirdek betonun bazı kısımları yük taşımakta daha az etkin olmaktadır. Etriyelerin etkinliği çirozların kullanılması ile arttırılabilir. Şekil 2.3'de çeşitli donatı düzenlemesine sahip kolon kesitlerinde kuşatılma etkisinin azaldığı beton alanları gösterilmiştir. Boyuna donatıların bulundukları bölgedeki betonu kuvvetlendirdikleri ve boyuna donatı sayısındaki artış ile beton kesitteki etkin olmayan alanların azalacağı Şekil 2.3'den anlaşılabılır. Taralı alanın dışındaki kesitte gerilmelerin düzgün olarak dağıldığı kabul edilebilir.

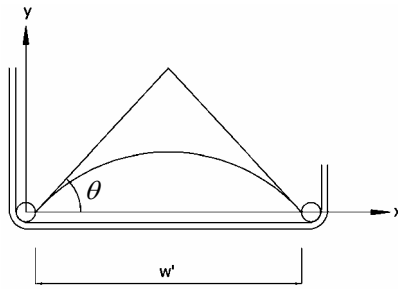


Şekil 2.3 Yanal donatı seviyesinde kuşatılmamış beton alanları (Sheikh ve Üzümeri, 1983)

Mander modelinde, Sheikh ve Üzümeri (1983) modelindeki yaklaşıma benzer olarak, Şekil 2.5’den de görüldüğü gibi, boyuna donatı çubuklarından çizilen teğetler ve eğriler ile etkin ve etkin olmayan kesit sınırları belirlenmiştir (Mander vd., 1988). Bu eğri bir üçgen ile başlangıç eğimi θ olan ikinci derece parabol arasında düşünülebilir. θ açısının 45° ’ye yakın olduğu gözlenmiştir (Sheikh ve Üzümeri, 1983).



Şekil 2.4 Kuşatılmamış beton alanının elde edilmesi için yapılan kabul (Sheikh ve Üzümeri, 1983)



Şekil 2.5 Mander beton modelinde kuşatılmamış beton alanının elde edilmesi için yapılan kabul

Kuşatma donatısı seviyesinde etkin olarak kuşatılmış beton çekirdek alanı, taralı alan için yapılan kabule bağlı olarak Bağıntı (2.9)’deki α_3 katsayısını, üçgen kabulü ve parabol kabulü için sırası ile 4 veya 6’ya eşit alınarak hesaplanabilir (Sheikh ve Üzümeri, 1983).

$$A_{et} = A_{co} - \sum_{i=1}^n \frac{C_i^2}{\alpha_3} \quad (2.9)$$

Burada A_{co} en dış kuşatma donatısının kapadığı beton çekirdek alanı, n parabol veya üçgen sayısı ve C ise en dış kuşatma donatısı merkezleri arasındaki mesafedir (Şekil 2.4 ve Şekil 2.5). Eğer λ , etkin olarak kuşatılmış beton alanı A_{et} ’nin çekirdek beton alanı A_{co} ’ya oranı olarak tanımlanırsa bu katsayı

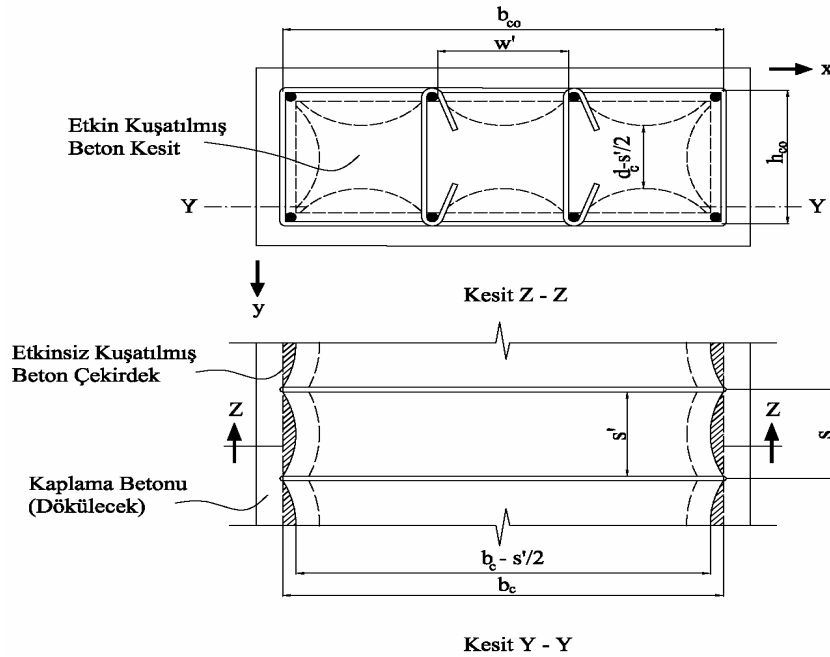
$$\lambda = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n C_i^2}{\alpha_3 A_{co}} \quad (2.10)$$

olarak yazılır (Sheikh ve Üzümeri, 1983).

Ayrıca, kolon elemanı boyunca yanal kuşatma donatısı aralığının artması ile birlikte bu doğrultuda etkin kuşatma gerilmesinde azalma meydana gelir. Şekil 2.6'daki taralı alanlar düşey kolon kesiti boyunca etkin olarak kuşatılmamış beton alanlarını temsil etmektedir. Kolon eleman boyunca hem düşey hem de yatay doğrultuda etkin olarak kuşatılmış ve kuşatılmamış beton alanlarının ikinci derece eğri ile birbirlerinden ayrıldığı kabul edilmiştir. Bu kabul için, seçilen eğrinin şeklinin pek bir önemi yoktur. Bir kolonun taşıma gücünü iki kuşatma donatısı arasında kalan en küçük beton kesit alanı belirlemektedir. Kolon yüksekliği boyunca yerleştirilen yanal donatılar arası mesafenin artması daha küçük etkin beton kesit alanı anlamına gelir. Ancak, etkin olarak kuşatılmış beton kesit alanını kesin olarak hesaplamanın çok zor olduğu açıktır. Buna rağmen bu alan aşağıdaki basit alan bağıntısı ile dikkate alınabilir.

$$A_{co} = b_{co} h_{co} \quad (2.11)$$

$$A_{et} = \lambda A_{co} \quad (2.12)$$



Şekil 2.6 Kuşatma donatılı kesitlerde etkin kuşatılmış beton çekirdek alanı (Mander vd.,1988)

Şekil 2.6'da b_{co} ve h_{co} değerlerinin, dikdörtgen kesitli kolonlarda birbirine dik iki doğrultudaki en dış kuşatma donatısı merkezleri arasında kalan mesafeler olarak dikkate alınacağı gösterilmiştir. Kuşatma donatısı seviyesindeki çekirdek alanı A_{co} 'da yapılacak azaltma ihmal edilerek iki kuşatma donatısı arasındaki etkin olarak kuşatılmış alan

$$(b_{co} - 2y_m)(h_{co} - 2y_m) \quad (2.13)$$

olarak ifade edilir ise sonuç olarak etkin kuşatılmış alan

$$A_{et} = \lambda(b_{co} - 2y_m)(h_{co} - 2y_m) \quad (2.14)$$

olarak bulunur. y_m , kuşatma donatı sıraları arasındaki düşey mesafenin yarısında y 'nin en büyük değeri olarak $y_m = 0.25 s \tan \theta$ 'dır (Şekil 2.6).

Böylece etkin kuşatılmış beton kesit alanı, çekirdek alanına bağlı olarak

$$A_{et} = \lambda (b_{co} - 0.5 s \tan \theta)(h_{co} - 0.5 s \tan \theta) \quad (2.15)$$

elde edilir. Bağntı (2.10), Bağntı (2.15)'de yerine yazılır ise;

$$A_{et} = \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n C_i^2}{\alpha_3 A_{co}} \right) (b_{co} - 0.5 s \tan \theta)(h_{co} - 0.5 s \tan \theta) \quad (2.16)$$

olarak bulunur (Sheikh ve Üzümeri, 1983). Boyuna donatı yerleşiminin her iki yönde de eşit olarak dağıtıldığı, yanal kuşatma gerilmelerinin birbirine eşit olduğu bir kesitte Bağntı (2.16)

$$A_{et} = \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n C_i^2}{\alpha_3 A_{co}} \right) (b_{co} - 0.5 s \tan \theta)^2 \quad (2.17)$$

haline gelir.

Mander vd., (1988) etkin kuşatma gerilmesi σ_3' 'nü hesaplamak için Sheikh ve Üzümeri (1983)'ün kullandıkları yaklaşıma benzer bir yol izlemişlerdir. Kuşatma donatısından beton kesite etki edecek en büyük yanal basınç gerilmesi, yanal tutma etkisinin tam anlamı ile

oluşacağı beton çekirdek alanında meydana geleceği vurgulanmış ve Şekil 2.4’de görüleceği gibi bu amaç için izlenen yol ve yapılan kabuller gösterilmiştir.

İki kuşatma donatısının orta kısımlarına gidildikçe etkinsiz kuşatılmış beton alanları gittikçe artacak ve böylece orta seviyedeki etkin kuşatılmış beton alanı, A_{et} giderek küçülecektir. Bu gerçeğin yansıtılabilmesi için etkin kuşatma yanal gerilmesi

$$\sigma'_3 = \sigma_3 k_e \quad (2.18)$$

olarak dikkate alınmıştır. Burada σ_3 kuşatılmış beton çekirdeğe etkiyen düzgün doğrusal olarak yayılı kuşatma gerilmesi, k_e

$$k_e = \frac{A_{et}}{A'_{co}} \quad (2.19)$$

olarak kuşatma etkinlik katsayısı, A_{et} etkin kuşatılmış beton kesit alanı, A'_{co}

$$A'_{co} = A_{co} (1 - \rho_{co}) \quad (2.20)$$

olarak net çekirdek beton alanı ve ρ_{co} boyuna donatı toplam alanının beton çekirdek alanına oranıdır.

2.2.1 Kuşatma Donatılı Dikdörtgen Kesitler için Kuşatma Etkinlik Katsayısı

Şekil 2.6’dan görüleceği üzere kuşatma donatısı tutma etkisinin beton yüzey üzerindeki dağılımı, başlangıç eğimi 45° olan ikinci derece bir eğri ile ifade edilmiştir. Kuşatma donatısının tutma etkisi düşeyde yanal donatılar arasında ve yatayda da boyuna donatılar arasında oluşmaktadır. Yanal kuşatma donatı seviyesindeki etkin olarak kuşatılmış kesit alanı, ikinci derece eğriler ile ifade edilmiş olan etkinsiz kuşatılmış kesit alanlarının çıkartılması ile bulunur.

Etkinsiz kuşatılmış beton kesit alanlarının toplam değeri, betonarme kesitte buluna n adet boyuna donatı sayısına göre

$$A'_{et} = \sum_{i=1}^n \frac{w_i^2}{6} \quad (2.21)$$

olarak hesaplanır. Daha önceden de Bağntı (2.10)'da ifade edilmiş olan iki kuşatma donatısının orta seviyesindeki etkin kuşatılmış beton kesit alanı, $\alpha_3 = 6$ (Etkinsiz kuşatılmış kesit alanının ikinci derece eğri olması durumu için) ve $\theta = 45^\circ$ (Eğrinin başlangıç eğimi) olarak kabul edilmesi ile

$$A_{et} = \left(b_{co} h_{co} - \frac{\sum_{i=1}^n w_i^2}{6} \right) (b_{co} - 0.5 s') (h_{co} - 0.5 s') \quad (2.22)$$

olarak bulunur. Böylece Bağntı (2.12) ile ifade edilmiş olan k_e kuşatma etkinlik katsayısı, dikdörtgensel yanal kuşatma donatılı kesitler için

$$k_e = \frac{\left(1 - \sum_{i=1}^n \frac{w_i^2}{6 b_{co} h_{co}} \right) (b_{co} - 0.5 s') (h_{co} - 0.5 s')}{(1 - \rho_{co})} \quad (2.23)$$

olarak elde edilir. Dikdörtgen betonarme kesitlerde her iki yönde farklı miktarda kuşatma donatısı olabilir. Bu durumda her iki yöndeki etkin kuşatma gerilmesini ifade etmek için

$$\rho_{sx} = \frac{A_{shx}}{s h_{co}} \quad (2.24)$$

ve

$$\rho_{sy} = \frac{A_{shy}}{s b_{co}} \quad (2.25)$$

olarak x ve y yönlerindeki kuşatma donatı miktarları tanımlanarak bu yönlerdeki beton yüzeylerine etkiyecek kuşatma gerilmeleri sırasıyla x yönünde

$$\sigma_{3x} = \frac{A_{shx}}{s h_{co}} f_{yh} = \rho_{sx} f_{yh} \quad (2.26)$$

ve y yönünde

$$\sigma_{3y} = \frac{A_{shy}}{s b_{co}} f_{yh} = \rho_{sy} f_{yh} \quad (2.27)$$

bağıntıları ile bulunur. Böylece Bağıntı (2.11)'den her iki yöndeki etkin kuşatma gerilmeleri sırası ile

$$\sigma'_{3x} = k_e \rho_{sx} f_{yh} \quad (2.28)$$

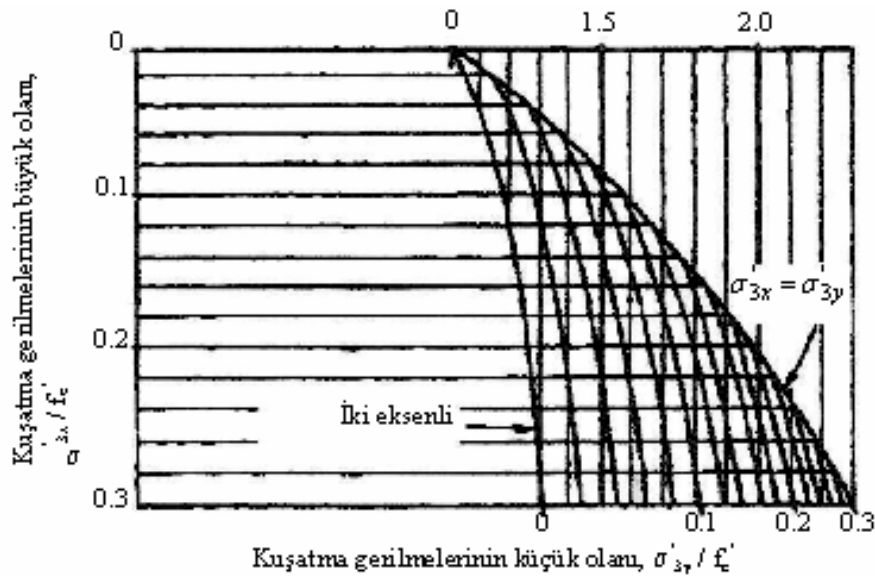
ve

$$\sigma'_{3y} = k_e \rho_{sy} f_{yh} \quad (2.29)$$

olarak elde edilmiş olur (Mander vd., 1988).

2.2.2 Kuşatılmış Beton Taşıma Gücü

Mander vd., (1988) kuşatılmış beton basınç dayanımı f_{cc} 'yi hesaplayabilmek için daha öncede belirtildiği üzere beton için bir kırılma kriteri ve yüzeyi kullanmayı seçmişlerdir. Betonun deneysel sonuçları ile de iyi bir uyum gösteren William ve Warnke (1975) tarafından önerilmiş beş değişkenli, çok eksenli kırılma yüzeyi modelini kullanmışlardır.



Şekil 2.7 Dikdörtgen kesitler için yanal kuşatma gerilmeleri ile kuşatılmış beton dayanım hesabı (Mander vd., 1988)

Mander vd., (1988) Dikdörtgen kesitli kolonların taşıma güçleri için yanal kuşatma gerilmelerinin girilerek kuşatılmış beton dayanımının bulunduğu bir eğriler sistemini önermiştir Mander vd.,. Bu çalışma kapsamında ise, bu eğrileri yerine William ve Warnke

kırılma kriteri için gerekli hesaplamalar yapılmakta ve verilen yanal kuşatma basınçları için kolonların kuşatılmış beton dayanımları bulunmakta ve sonuçlar arasında gösterilmektedir.

2.2.3 Betondaki En Büyük Birim Kısılma

Eğilmeye çalışan betonarme elemanlarda meydana gelecek plastik mafsalların en büyük dönme kapasitelerini hesaplayabilmek için, betonun en büyük birim kısılması ε_{ccu} değerini tahmin etmek gerekir (Mander vd., 1988). Betondaki en büyük birim şekil değiştirme değeri ε_{ccu} enine donatıda oluşan ilk kopma anındaki değere karşılık gelir.

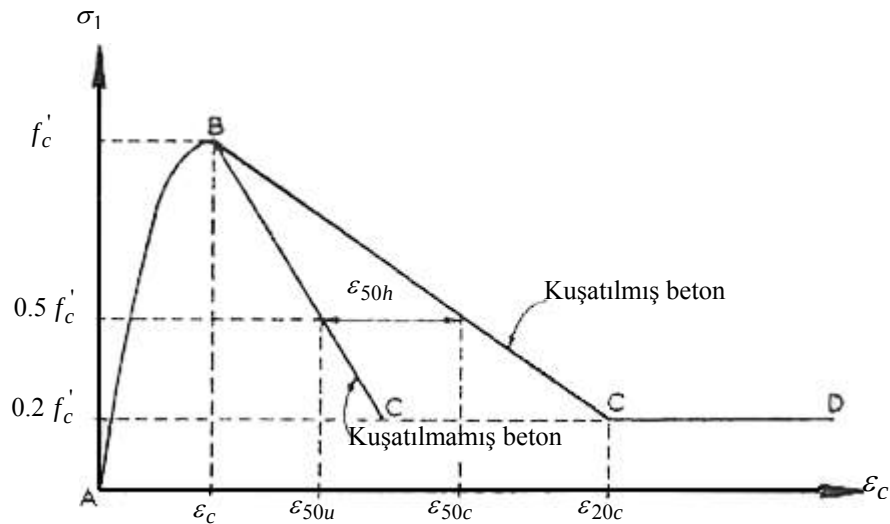
Betondaki en büyük birim şekil değiştirmesi ε_{ccu} için Priestley (2000) tarafından önerilen ve Mander vd., (1988) tarafından yapılan deneysel verilerden okunan ε_{ccu} değerleri ile de iyi uygunluk gösteren

$$\varepsilon_{ccu} = 0.004 + 1.4 \frac{\rho_s f_{yh} \varepsilon_{su}}{f_{cc}} \quad (2.30)$$

bağıntısı dikkate alınmıştır.

2.3 Kent ve Park ve Geliştirilmiş Kent-Park Beton Modelleri

Kent ve Park (1971) tarafından önerilen beton davranış modeli Şekil 2.8 gösterilmiştir.



Şekil 2.8 Beton gerilme ilişkisi (Kent ve Park, 1971)

Kuşatılmamış betonun davranışı için Kent ve Park (1971) beton modelinde, Hognestad (1951) tarafında önerilen ve yaygın olarak kullanılan eksantrik olarak yüklenmiş kısa kolonların deneysel sonuçlarına dayanan gerilme değerleri kullanılmıştır. Kuşatılmamış beton elemanlardaki maksimum gerilme silindir basınç dayanımının %85'i olarak, Hognestad (1951) alınması gerektiğini deneysel sonuçlara dayanarak önerse de Kent ve Park beton modelinde 0.85 değerini 1.0 olarak kabul edilmiştir. Kuşatılmamış beton için en büyük birim şekil değiştirme değeri ε_{50u} olarak alınabilir (Ersoy ve Özcebe, 2001).

Kuşatılmış beton kesitlerde, sargılı beton eksenel basınç gerilmesinin küçük değerlerinde kuşatma donatısında çok küçük gerilmeler oluşur ve böylece kuşatılmamış olarak davranış gösterir. Betondaki gerilmeler betonun eksenel basınç dayanım değerine yaklaştığı zaman, kesit içinde meydana gelen boyuna çatlaklar nedeni ile, yanal kuşatma donatısında gerilmelere neden olacak şekilde, hacminde büyüme oluşur. Böylece kesitteki kuşatma donatısı betonda kuşatma etkisi meydana getirerek betonun gerilme davranışında dikkate değer bir gelişmeye neden olur (Kent ve Park, 1971). Ancak dikdörtgen veya kare kuşatma donatısı ile kuşatılmış kesitler, dairesel kesitlerdeki spiral kuşatma donatısı kadar etkin kuşatma etkisi meydana getirememektedir. Bunun sebebi, dikdörtgensel kuşatma donatısının köşeler arasında kalan kollarının eğilmeye karşı zayıf olması nedeni ile genişleyen beton çekirdeği etkin olarak kuşatamaması ve kesitin sadece köşe noktalarında etkin kuşatma kuvvetlerinin kuşatma donatısı tarafından meydana getirilebilmesidir. Buna karşın, yeterli miktardaki dikdörtgensel kuşatma donatısı betonarme kesitin sünekliğinde önemli ölçüde gelişmeye neden olmaktadır. Kent ve Park (1971) tarafından önerilen kuşatılmış beton modeli, dikdörtgensel kuşatma donatısına sahip ve sadece kesitteki boyuna donatıları içine alacak şekilde kuşatılmış kesitlerin beton davranışını tanımlamaktadır. Ayrıca önceden de ifade edildiği gibi dikdörtgensel kuşatma donatısının etkin bir şekilde beton çekirdek üzerinde kuşatma etkisi oluşturamaması nedeni ile betonun basınç dayanımı üzerinde bir etkisinin bulunmadığı Kent ve Park (1971) tarafından kabul edilmiştir.

Betonun en büyük gerilmesine $\varepsilon'_c = 0.002$ birim kısalma değerinde ulaştığı da bi diğer varsayımdır.

Şekil 2.8'de görülen eğrinin AB kısmı için kuşatılmamış beton davranış için Hognestad (1951) tarafından önerilen

$$\sigma_1 = f'_c \left[\left(\frac{2\varepsilon_c}{\varepsilon'_c} \right) - \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon'_c} \right)^2 \right] \quad (2.31)$$

bağıntısı kullanılmıştır.

Şekil 2.8’de beton için alçalan doğru (BC kısmı), kuşatılmamış betondaki gerilmenin maksimum gerilmenin yarısına düştüğü zaman oluşan birim kısalmaya ε_{50u} , kuşatma donatısıyla sağlanan birim kısalmaya ε_{50h} eklenerek bulunur.

$$\varepsilon_{50u} = \frac{3 + 0.29 f'_c}{145 f'_c - 1000} \quad (2.32)$$

Bu bağıntıda f'_c MPa olarak dikkate alınmalıdır.

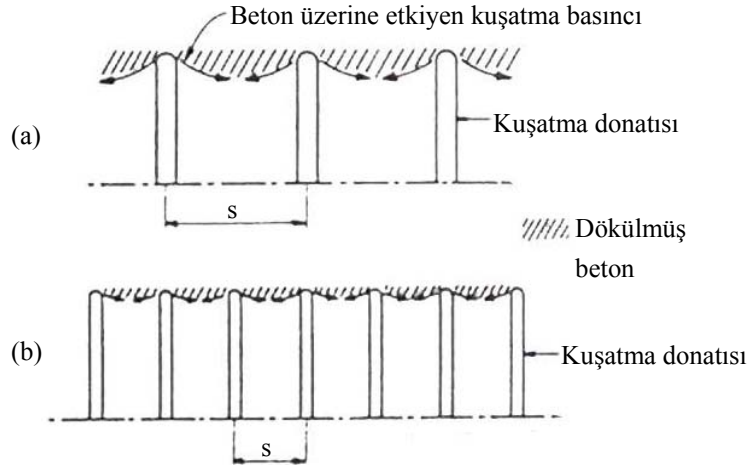
Dikdörtgensel kuşatma donatısına sahip beton kesitler için kuşatılmış betonun gerilme eğrisinin azalan kısmın eğimi aşağıdaki etkenlere bağlı olarak değişmektedir.

- Kuşatma donatısı kesit alanı: A_{sh}
- Kuşatma donatısının merkezinden merkezine olarak yerleşim mesafesi: s
- Kuşatma donatısı yerleşim mesafesinin kuşatılmış beton çekirdeğin en küçük boyutuna oranı: s/b'_{co} , $(b'_{co} \leq h'_{co})$
- Kuşatma donatısı çapının kuşatılmış beton çekirdeğinin boyutlarına oranı: d/b'_{co} ve d/h'_{co}
- Kuşatma donatısı akma dayanımı: f_{yh}
- Boyuna donatı miktarı: ρ_l
- Betonun tek eksenli basınç dayanımı: f'_c
- Gerilme gradyanı
- Yükleme hızı

Birinci ve ikinci olarak belirtilen etkenler kuşatma donatısının hacimsel oranı olarak,

$$\rho_s = \frac{2(b'_{co} + h'_{co})A_{sh}}{b'_{co} h'_{co} s} \quad (2.33)$$

bağıntısı ile dikkate alınmıştır.



Şekil 2.9 Kuşatma donatısının etkinliği (Kent ve Park, 1971)

Üçüncü olarak verilen değişkenin etkisi Şekil 2.9'te gösterilmiştir. Şekil 2.9.b'deki kuşatmanın etkinliği, aynı kuşatma donatısı hacimsel oranına sahip olmalarına rağmen Şekil 2.9.a'daki kuşatmadan daha iyidir. Bunun nedeni, kuşatılmış beton çekirdek alanı kuşatma donatısının dışından dışına olan mesafelerle dikkate alınarak hesaplanan s/b'_{co} oranının büyük olması sonucunda çekirdek beton yüzeyine etkiyecek toplam kuşatma gerilmesinin azalmasıdır. Böylece s/b'_{co} oranı, aynı kuşatma donatısı hacimsel oranına sahip kesitlerde değişik yerleşim düzeninin etkisini ifade etmektedir. Ayrıca, kuşatma donatısının çapı d de kuşatmada etken olarak dikkate alınmıştır. Büyük d/b'_{co} veya d/h'_{co} oranları sonucunda etkin olarak kuşatılmış kesit alanı da artacaktır. Ancak, bu modelde bu etkeni dikkate alan deneysel çalışmaların yetersiz miktarda olmasına dayanılarak dikdörtgensel kuşatma donatılarının kuşatma etkileri sadece köşe noktalarda dikkate alınmış, aralarda kalan kısımlarda, kuşatma donatı kollarının eğilmeye karşı zayıf olması nedeniyle kuşatmaya olan etkisi dikkate alınmamıştır.

Beton kesitin kuşatılması sonucunda betona kazandırılan süneklik etkisi ε_{50h} beton

mukavementi arttıkça ε_{50u} kısılması küçüleceğinden; aynı sünekliliğin sağlanması söz konusu olduğu zaman yüksek mukavementli betonlar, normal mukavementlilere kıyasla daha fazla yanıl kuşatma donatısı gerektirir. Bu yanıl kuşatama donatı gereksinimi, etriye çapı büyültülerek ve/veya etriye aralığını küçültülerek karşılanır.

$$\varepsilon_{50h} = 0.75 \rho_s \sqrt{\frac{b'_{co}}{s}} \quad (2.34)$$

bağıntısı ile dikkate alınmıştır. Böylece kuşatılmamış ve kuşatılmış beton modelinin azalan kısmı sırasıyla

$$\sigma_1 = f'_c \left[1 - Z \left(\varepsilon_c - \varepsilon'_c \right) \right] \quad (2.35)$$

$$\sigma_1 = f'_c \left[1 - Z' \left(\varepsilon_c - \varepsilon'_c \right) \right] \quad (2.36)$$

bağıntıları ile ifade edilmiştir. Bu bağıntılarda kuşatılmamış beton için

$$Z = \frac{0.5}{\varepsilon_{50u} - \varepsilon'_c} \quad (2.37)$$

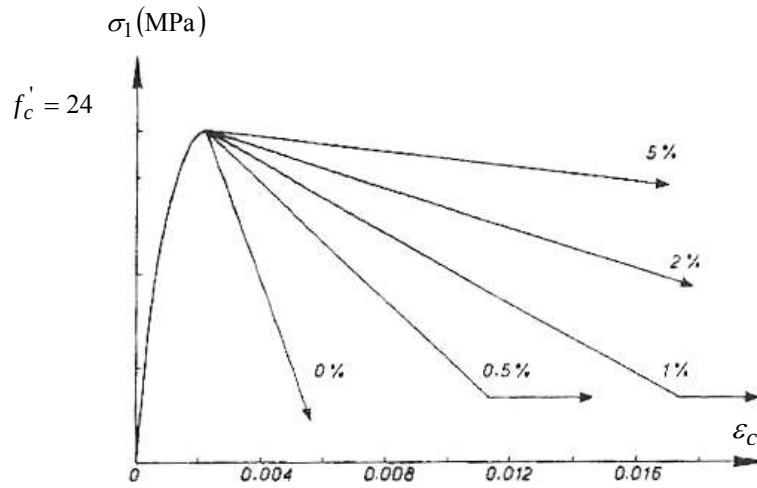
kuşatılmış beton için ise

$$Z' = \frac{0.5}{\varepsilon_{50h} + \varepsilon_{50u} - \varepsilon'_c} \quad (2.38)$$

olarak azalan kısmın eğimini verir.

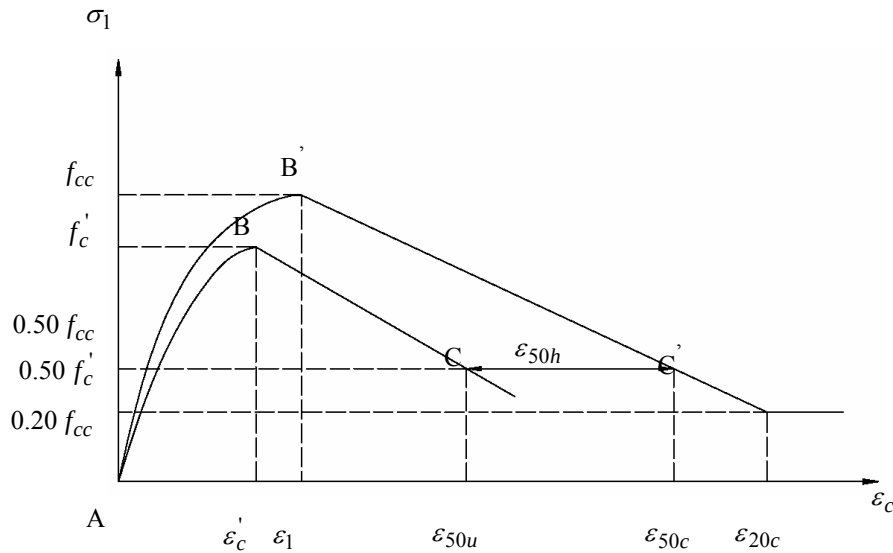
Beton davranış modelinin CD ile tanımlanan kısmı için betonun $0.2 f'_c$ gerilmesi ve buna karşılık gelen ε_{20c} birim şekil değıştirme değlerinden sonraki gerilmelere karşı sabit bir dayanım göstereceğı ifade edilmiştir.

Şekil 2.10'da $b'_{co}/s = 1$ ve beton silindirik basınç dayanımı $f'_c = 24 \text{ MPa}$ olan bir kesit için kuşatma donatı hacimsel oranının etkisi gösterilmiştir. Şekil 2.10'dan da açıkça görüleceğı üzere kuşatma donatısının küçük hacimsel oranları için beton davranış modelinin azalan kısmında kuşatılmamış betona göre gerçekten önemli bir etki meydana gelmektedir. Fakat, bu olumlu etki kuşatma donatısı hacimsel oranının giderek artan değeri için daha az olmaktadır (Kent ve Park, 1971).



Şekil 2.10 Kuşatma donatısı miktarına göre beton davranışları, $\rho_s = \%0 - \%5$ (Kent ve Park, 1971)

Bu model Roy ve Sozen (1964) tarafından kuşatılmış beton için önerilen gerilme ilişkisinden esinlenerek geliştirilmiştir (Ersoy ve Özcebe, 2001). Şekil 2.11’de gösterildiği gibi kuşatılmamış ve kuşatılmış beton için iki ayrı eğri önerilmektedir.



Şekil 2.11 Geliştirilmiş Kent ve Park beton modeli (Ersoy ve Özcebe, 2001)

Modelde kuşatılmış çekirdek betonun ve halka donatı dışında kalan kuşatılmamış kabuk betonun tasarım mukavementleri, sırasıyla $K f_{cc}$ ve f'_c kabul edilmiştir; (Kent et al, 1971), (Park et al, 1982). Kuşatılmış ve kuşatılmamış betonların maksimum gerilmeye dek

davranışları ikinci-derece parabollerle belirtilmiştir; kuşatılmış betonun başlangıç teğetinin eğimi, kuşatılmamış betonunkine eşit alınmıştır. Maksimum gerilmedeki birim kısalma, $\varepsilon_c' = 0,002$ alınmıştır (CEB,1991). Alınan teğetsel modüller eşit kabul edildiği için, kuşatılmış betonun maksimum gerilmedeki birim kısalması $\varepsilon_1 = 0,002.K$ olur. (Gündüz, 1995), (Park, 1982). Kuşatılmış betonun maksimum gerilmeden sonraki davranışları alçalan doğru ile belirlenmiştir.

Kuşatılmamış beton için Kent ve Park (1971) tarafından önerilen gerilme ilişkisi kullanılmıştır. Kent ve Park (1971) kuşatma donatısının kuşatılmış betonun taşıma gücüne etki etmediğini kabul ettiğini önceden de belirtilmişti. Bu beton modelinde ise Kent ve Park (1971)'in önerdiği kuşatılmış beton modeli, K gibi bir katsayı ile kuşatılmış beton dayanımını ve kuşatılmamış betonun en büyük gerilmesi f_c' 'ne karşılık gelen birim şekil değiştirmesi ε_c' 'nin kuşatmanın mevcudiyetinden etkilendiği belirtilerek yeniden ifade edilmiştir. Kent ve Park (1971) kuşatılmış beton modelindeki bağıntıların hepsi bu modelde de geçerlidir. Ancak,

$$K = 1 + \frac{\rho_s f_{yh}}{f_c'} \quad (2.39)$$

katsayısı ile Kent ve Park (1971)'deki AB arasındaki eğrinin denklemi

$$\sigma_1 = K f_c' \left[\left(\frac{2 \varepsilon_c}{\varepsilon_1} \right) - \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_1} \right)^2 \right] \quad (2.40)$$

Şekil 2.11'deki AB' ile belirtilen kısmı ifade edecek şekilde, ε_c' değeri de

$$\varepsilon_1 = K \varepsilon_c' \quad (2.41)$$

olarak değişmektedir. Şekil 2.7'deki B'C' doğrusunun eğimi

$$Z' = \frac{0.5}{\varepsilon_{50u} + \varepsilon_{50h} - \varepsilon_1} \quad (2.42)$$

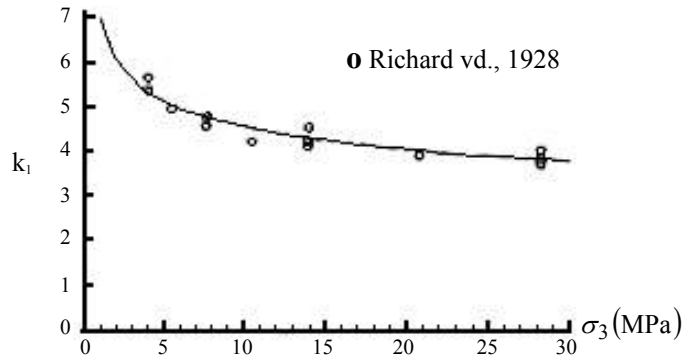
bağıntısı ile hesaplanabilir.

2.4 Saatçioğlu ve Razvi Beton Modeli

Yanal kuşatma basınçları ve eksenel basıncın aynı anda etkimesi sonucu üç eksenli gerilme hali oluşur. Kesite etkiyen yanal kuşatma basıncı nedeni ile oluşacak yanal şekil değiştirmeler, beton kesitin basınç altındaki yanal genişleme eğilimine karşı koyar. Bu direnç nedeni ile kesitin eksenel yük taşıma gücünde yanal kuşatma basıncına bağlı olarak bir artış meydana gelir. Saatcioglu ve Razvi (1992) bu artış için Richardt vd. (1928)'e benzer şekilde aşağıdaki bağıntıyı öngörmüşlerdir:

$$f_{cc} = f'_c + k_1 \cdot \sigma_3 \quad (2.43)$$

k_1 katsayısının σ_3 yanal basıncına bağlı olarak değişimi en iyi deneysel verilere dayanılarak elde edilebilir. Şekil 2.12'de literatürde bulunan deney numunelerinin değişik yanal sıvı basınç seviyelerine göre değişimini göstermektedir. Şekilden de görüldüğü gibi k_1 , yanal basıncın büyük değerleri için küçük ve daha da büyüyen yanal basınç seviyelerinde ise sabitleşen değerler almaktadır. Aşağıda verilen eşitlik deneysel verilerin istatistiksel değerlendirilmesi sonucunda elde edilmiş olup k_1 katsayısının yanal basınç ile değişimini ifade etmektedir:



Şekil 2.12 k_1 için önerilen bağıntı (Saatçioğlu ve Razvi, 1992)

$$k_1 = 6.70 \times (\sigma_3)^{-0.17} \quad (2.44)$$

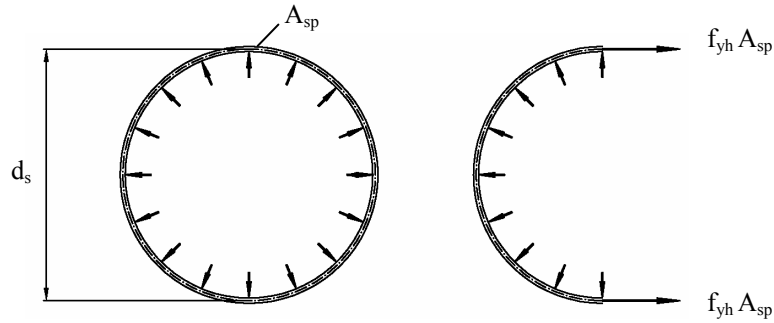
Bu eşitlikte σ_3 MPa olarak düzgün yayılı kuşatma basıncıdır.

Kuşatılmamış beton dayanımı f'_c , standart silindir deneyinden elde edilen değerden farklı olabilir. Bu nedenle, bu değer kolon elemanın sahip olduğu özelliklere sahip numuneler ile

yapılacak deneysel çalışma sonucunda tespit edilmesi en doğrusudur. Böyle bir verinin olmaması durumunda standart silindir numune deney sonuçları uygun görülecek bir düzeltme katsayısı dikkate alınarak kullanılabilir. Düzeltme katsayısı mevcut kaynaklarda 0.85 ile 1.0 arasında verilmektedir (Saatçioğlu ve Razvi, 1992).

2.4.1 Dairesel Kesitler

Bağıntı (2.43) ile verilen ifade düzgün yayılı kuşatma basıncının mevcut olduğu durum için geçerlidir. Sık adımlarla yerleştirilmiş spiral kuşatma donatısının ve kolon boyuna donatısının mevcudiyeti ile de beton çekirdek etrafında sağlanacak kuşatma basıncı düzgün yayılı olarak kabul edilebilir (Saatçioğlu ve Razvi, 1992). Söz konusu basınç statikten Şekil 2.13'da görüldüğü gibi hesaplanabilir:



Şekil 2.13 Dairesel kolonlarda yanal kuşatma basıncı (Saatçioğlu ve Razvi, 1992)

$$\sigma_3 = \frac{2 A_{sp} f_{yh}}{d_s s} \quad (2.45)$$

Eğer yanal kuşatma basıncı σ_3 , kuşatma donatısı akma dayanımı sınır değerine bağlı olarak hesaplanır ve k_1 de Bağıntı (2.44) ile elde edilir ise, spiral kuşatma donatılı dairese kesitler için kuşatılmış beton dayanımı hesaplanmış olur ve aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$f_{cc} = f'_c + (6.7 \sigma_3^{-0.17}) \sigma_3 \quad (2.46)$$

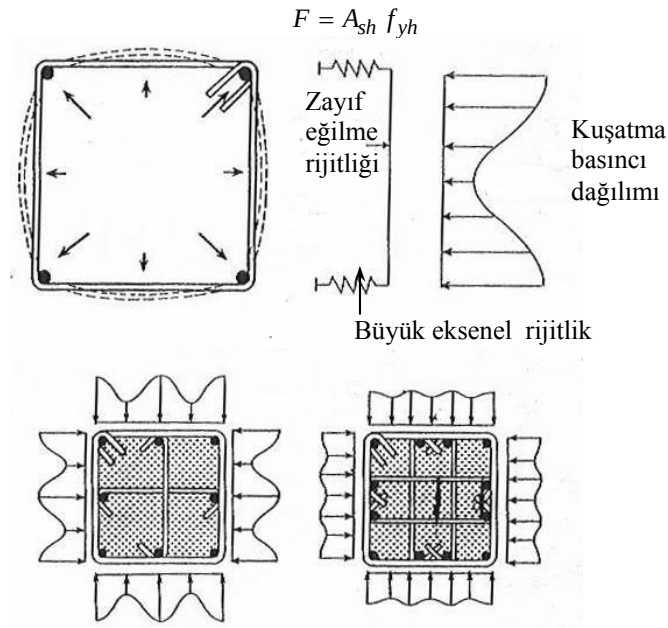
2.4.2 Kare Kesitler

Kare veya dikdörtgensel olarak kuşatılmış kesitlerde Saatçioğlu ve Razvi (1992) eşdeğer kuşatma basıncını temel alarak, malzeme ve kesit özelliklerini içeren spiral kuşatma donatılı

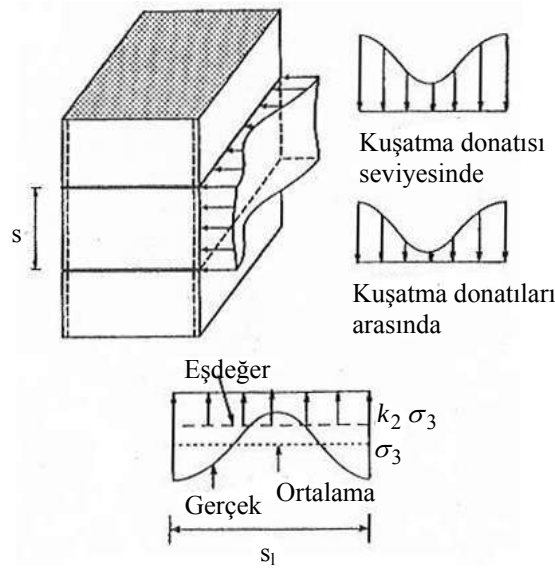
kesitlerde kullanılan hesap yöntemine benzer bir yaklaşım kullanmışlardır.

Kare kesitlerde kuşatma basıncı, kuşatma donatısı tarafından uygulanacak kuşatma kuvvetine bağlı olarak değişir. Kuşatma donatısı, eksenel rijitliğinin büyük olması nedeni ile köşe noktalarda büyük yanal kuşatma kuvvetleri, yanal olarak desteklenmemiş yerlerde ise, zayıf eğilme rijitliği nedeni ile, küçük kuşatma kuvvetleri meydana getirir. Köşe noktalardaki kuşatma kuvvetleri sırası ile kuşatma donatısının kesit alanına ve akma dayanımına bağlıdır. Köşelerin arasında kalan yerlerde ise bu kuvvetler, kuşatma donatısı çapına ve yanal desteklenmemiş uzunluğuna bağlı olarak kuşatma donatısı eğilme rijitliği ile ilişkilidir. Bu nedenle, kuşatma donatısının eğilme rijitliği sayesinde meydana gelecek kuşatma kuvvetleri köşe noktalarda meydana gelecek kuşatma kuvvetleri ile karşılaştırıldığında çok küçük olmaktadır. Eğer kesitte çiroz etriyeler de kullanılır ise kesit orta kısımlarındaki boyuna donatılar da yanal olarak desteklenmiş olur ve böylece orta kısımlarda da yanal olarak desteklenmiş boyuna donatılar sayesinde büyük yanal kuşatma etkisi elde edilebilir. Anlatılan bu ifade Şekil 2.10'da çeşitli kuşatma donatı düzenleri için yanal kuşatma basınç dağılımları gösterilmiştir.

Betonun yanal olarak kuşatılması üç boyutta gerçekleştirilen bir olay olması nedeni ile kesitsel düzeye, iki boyutlu olarak indirgenemez (Saatçioğlu ve Razvi, 1992). Bu nedenle yanal kuşatma basıncının eleman boyunca olan değişimlerinin de dikkate alınması daha doğru olmaktadır. Bu durum Şekil 2.11'de gösterilmiştir.



Şekil 2.14 Kare kolonlarda yanal kuşatma basıncı dağılımları (Saatçioğlu ve Razvi, 1992)



Şekil 2.15 Yanal kuşatma basıncının dağılımı ve ortalama ve eşdeğer kuşatma basınç ifadeleri (Saatçioğlu ve Razvi, 1992)

Köşe noktalarda boyuna donatının yanal olarak tutulması sayesinde düşey doğrultu boyunca meydana gelecek kuşatma basıncı, kuşatma donatısının konma mesafesinin sık olması sonucunda düzgün doğrusal olarak kabul edilebilir. Bu durum boyuna donatının burkulmasına kadar geçerli olmaktadır (Saatçioğlu ve Razvi, 1992).

Kare bir kolonda dört adet boyuna donatı olması ve kuşatma donatısı konma mesafesinin büyük olması durumunda kesit orta kısımlarındaki kuşatma basıncının azalması daha fazla olacaktır. Bu durumda kuşatma basıncının düzgün yayılı olarak dağıldığını kabul etmek kuşatma etkisini yanlış tahmin edilmesine neden olur. Ayrıca, ortalama basınç dağılımı kabulü de gerçek kuşatma etkisini yansıtmamaktadır (Saatçioğlu ve Razvi, 1992). Bu durumda eşdeğer kuşatma basıncı, ortalama kuşatma basıncını k_2 ile tanımlanacak bir azaltma katsayısına bağlı olarak tanımlanmıştır (Şekil 2.15). Böylece Bağıntı (2.43) aşağıdaki şekilde tanımlanır:

$$f_{cc} = f'_c + k_1 \sigma_{3e} \quad (2.47)$$

Bu bağtıda

$$\sigma_{3e} = k_2 \sigma_3 \quad (2.48)$$

ve σ_3 de

$$\sigma_3 = \frac{\sum A_{sh} f_{yh} \sin \alpha_1}{s b_{co}} \quad (2.49)$$

dir. Bu durumda k_1 'de

$$k_1 = 6.7 \sigma_{3e}^{-0.17} \quad (2.50)$$

olarak dikkate alınmalıdır. Bağntı (2.49)'teki α_1 kuşatma donatısı ile b_{co} arasında kalan açıdır. Eğer kuşatma donatısının doğrultusu b_{co} 'ya dik ise $\alpha_1 = 90^\circ$ alınmalıdır.

k_2 katsayısını hesap etmek amacı ile deneysel çalışmalar yapılmıştır. Sonuç olarak bu katsayı, yanal desteklenmiş boyuna donatılar arasındaki mesafe s_l 'ye, kuşatma donatıları arasındaki mesafe s 'ye ve Bağntı (2.49) ile tanımlanan ortalama yanal kuşatma basıncı σ_3 'e bağlı olara:

$$k_2 = 0.26 \sqrt{\left(\frac{b_{co}}{s}\right) \left(\frac{b_{co}}{s_l}\right) \left(\frac{1}{\sigma_3}\right)} \leq 1.0 \quad (2.51)$$

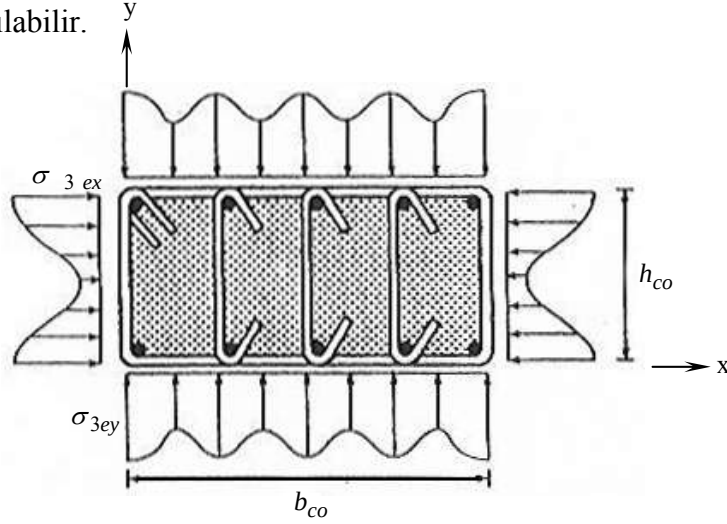
şeklinde verilmektedir. Bu eşitlikler boyuna donatı burkulmasının engellendiği durumlarda geçerli olduğu ifade edilmiştir. Daha önceden yapılan deneysel veriler dikkate alındığı zaman, ACI yönetmeliğine göre tasarlanmış kolonların boyuna donatının burkulmasını engelleyecek düzeyde yeterli olduğu ve belirtilen bu şartı sağladığı görülmüştür (Saatçioğlu ve Razvi, 1992).

2.4.3 Dikdörtgen Kesitler

Dairesel ve kare kesitler için belirtilen hesap yöntemi, dikdörtgen kesitli kolon elemanlarda da kullanılabilir. Dikdörtgen kesitli elemanlarda uzun kenara etkiyen kuşatma basıncı, kısa kenara etkiyen kuşatma basıncına göre beton dayanımı üzerinde daha çok etkili olmaktadır. Deneysel verilerin incelenmesi sonucunda dikdörtgen kesitli kolon elemanın uzun ve kısa kenarlarına etkiyen kuşatma basıncının kenar uzunlukları ile orantılı olduğu çıkartılmaktadır (Saatçioğlu ve Razvi, 1992). Bu sonuca göre Bağntı (2.52) eşdeğer kuşatma basıncının hesaplanmasında kullanılmıştır.

$$\sigma_{3e} = \frac{\sigma_{3ey} b_{co} + \sigma_{3ex} h_{co}}{b_{co} + h_{co}} \quad (2.52)$$

Bu bağıntıda Şekil 2.16’de görüleceği gibi σ_{3ey} ve σ_{3ex} kolon çekirdek alanına etkiyen ve sırasıyla b_{co} ve h_{co} kenarlarına dik olarak yayıldığı kabul edilen eşdeğer kuşatma gerilmeleridir. Ayrıca, bu bağıntı farklı kuşatma gerilme değerlerine sahip kare kesitli kolon kesitler için de kullanılabilir.



Şekil 2.16 Dikdörtgen kesitlerde kuşatma gerilmeleri dağılımı (Saatçioğlu ve Razvi, 1992)

Dikdörtgen kesitlerde Bağıntı (2.26) ile verilen k_2 azaltma katsayısı her iki yön için de ayrı ayrı hesaplanmalıdır:

$$k_{2x} = 0.26 \sqrt{\left(\frac{h_{co}}{s}\right) \left(\frac{h_{co}}{s_{lx}}\right) \left(\frac{1}{\sigma_{3x}}\right)} \leq 1.0 \quad (2.53)$$

$$k_{2y} = 0.26 \sqrt{\left(\frac{b_{co}}{s}\right) \left(\frac{b_{co}}{s_{ly}}\right) \left(\frac{1}{\sigma_{3y}}\right)} \leq 1.0 \quad (2.54)$$

Bağıntı (2.53) ve Bağıntı (2.54)’da verilen s_{ly} ve s_{lx} sırası ile b_{co} ve h_{co} kenarları boyunca yanal olarak desteklenmemiş komşu iki boyuna donatı arasındaki, donatı merkezinden merkezine, en büyük mesafelerdir. Ayrıca σ_{3x} ve σ_{3y} kuşatma gerilmeleri Bağıntı (2.49) kullanılarak:

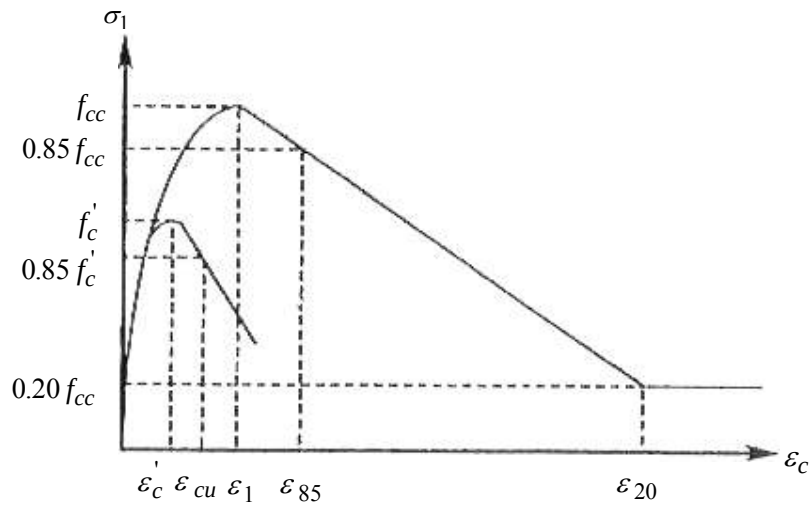
$$\sigma_{3x} = \frac{\sum A_{shx} f_{yh} \sin \alpha_1}{s h_{co}} \quad (2.55)$$

$$\sigma_{3y} = \frac{\sum A_{shy} f_{yh} \sin \alpha_1}{s b_{co}} \quad (2.56)$$

olarak dikkate alınmalıdır. Bağntı (2.55) ve Bağntı (2.56)'deki $\sum A_{shx}$ ve $\sum A_{shy}$ sırası ile x ve y doğrultularındaki (Şekil 2.16) toplam kuşatma donatısı kesit alanıdır.

2.4.4 Kuşatılmış Beton Gerilme İlişkisi

Kuşatılmış beton için önerilen ifade Şekil 2.17'te gösterilmiştir. Kuşatılmış beton gerilme ilişkisi, betonun en büyük gerilme değerine kadar bir eğri ve kabul edilen en büyük birim şekil değiştirme değerine kadar da bir doğru ile ifade edilmiştir. Kuşatılmış beton dayanımının %20'sinin sonrası kalıcı dayanım seviyesi olarak kabul edilmiştir.



Şekil 2.17 Beton gerilme ilişkileri (Saatçioğlu ve Razvi, 1992)

Gerilme ilişkisinin eğri ile temsil edilen kısmı için aşağıda verilen bağıntı önerilmektedir.

$$\sigma_1 = f_{cc} \left[2 \left(\frac{\epsilon_c}{\epsilon_1} \right) - \left(\frac{\epsilon_c}{\epsilon_1} \right)^2 \right]^{1/(1+2K)} \quad (2.57)$$

Bu bağıntıda

$$K = \frac{k_1 \sigma_{3e}}{f'_c} \quad (2.58)$$

olarak tanımlanmıştır. Saatçioğlu ve Razvi beton modeli, yanal kuşatma basıncının sıfır veya ihmal edilebilir bir değerde olması durumunda Hognestad (1951) tarafından önerilen kuşatılmamış beton modeli haline gelmektedir (Saatçioğlu ve Razvi, 1992).

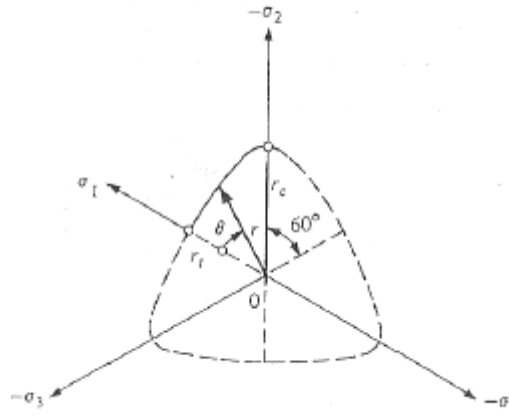
Ayrıca, Saatçioğlu ve Razvi (1992) tarafından önerilen bu beton modelinin, eksenel ve eksantrik basınç altındaki kolonlar için yapılan deneysel verilere dayandırılarak, hesapla bulunan sonuçların deneysel sonuçları iyi bir yaklaşımla tahmin edebildiği vurgulanmıştır.

3. YANAL KUŞATMA ETKİSİNDEKİ BETON İÇİN KIRILMA KRITERİ

3.1 Giriş

3.1.1 William ve Warnke Beş parametrelili model

William and Warnke (1975) yılında üç parametrelili modeli tanımlamıştır. Şekil 3.1 de üç parametrelili modele dairesel olmayan kesitlerin eliptik eğri meridyenler tanımlanmasıyla beş parametrelili model oluşturulmuştur.



Şekil 3.1 Kırılma yüzeyinin Deviatorik kesiti (William ve Warnke, 1975)

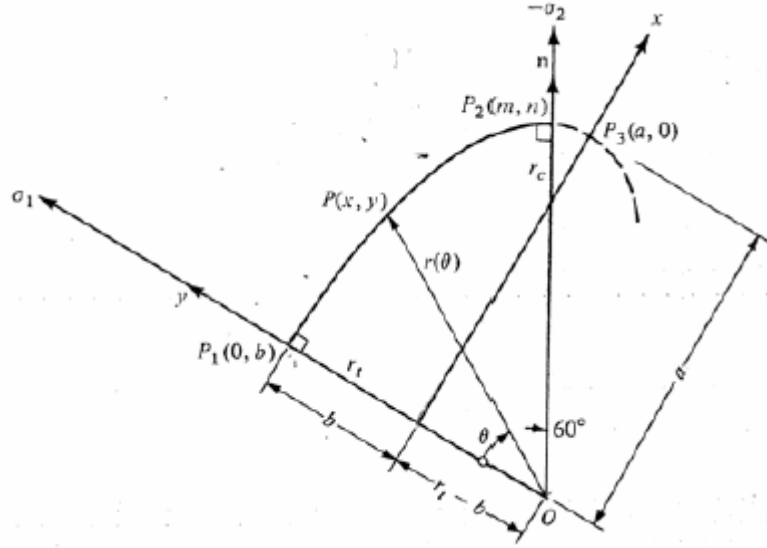
Ortalama gerilme bileşenleri arasındaki σ_m ve τ_m arasındaki lineer ilişkiyi denklem (3.1) ve (3.2) deki basınç ve çekme meridyenlerinde daha genel bir anlatımla tekrarlanmıştır:

$$\frac{\tau_{mt}}{f'_c} = \frac{r_t}{\sqrt{5}f'_c} = a_0 + a_1 \frac{\sigma_m}{f'_c} + a_2 \left(\frac{\sigma_m}{f'_c} \right)^2 \quad \theta = 0^\circ \quad (3.1)$$

$$\frac{\tau_{mc}}{f'_c} = \frac{r_c}{\sqrt{5}f'_c} = b_0 + b_1 \frac{\sigma_m}{f'_c} + b_2 \left(\frac{\sigma_m}{f'_c} \right)^2 \quad \theta = 60^\circ \quad (3.2)$$

Bu iki meridyenin hidrostatik eksenle kesiştiği noktadaki benzer noktanın $\sigma_{m0} / f'_c = \rho$ (hidrostatik çekmeye karşılık gelen) parametre numarası beşe indirilmiştir. Deneysel sonuçlara dayanarak buradaki beş parametre belirlendiğinde, denklem (3.1) ve (3.2) iki adet ikinci derece parabollerden $\theta = 0$ ve $\theta = 60$ deki iki meridyen elde edilerek kırılma yüzeyi

kolayca oluşturulur. Bu iki meridyen bir eliptik yüzeyle birleştirilerek şekil (3.2) deki gibi olur. Bu yüzey denklem (3.3) genişletilerek normal σ_m ($0 \leq \theta \leq 60$) veya ortalama gerilmeye r_t ve r_c ' nin bağlanarak birleştirilir.



Şekil 3.2 Kırılma yüzeyinin eliptik bölümü $0 \leq \theta \leq 60$ (Willam ve Warnke, 1975)

$$r(\sigma_m, \theta) = \frac{2r_c(r_c^2 - r_t^2)\cos\theta + r_c(2r_t - r_c)[4(r_c^2 - r_t^2)\cos^2\theta + 5r_t^2 - 4r_t r_c]^{1/2}}{4(r_c^2 - r_t^2)\cos^2\theta + (r_c - 2r_t)^2} \quad (3.3)$$

Aşağıda kırılma yüzeyinin genel özellikleri maddeler halinde özetlenmiştir:

- 1-) Kırılma yüzeyi beş parametreden oluşmaktadır.
- 2-) $f(I_1, J_2, \theta)$ veya benzer $f(\sigma_m, \tau_m, \theta)$ deki bütün gerilme invariantlarını içermektedir.
- 3-) Kırılma yüzeyi sürekli deriatiflik veya birim gradyanlarla düz yüze sahiptir.
- 4-) Kırılma yüzeyi $\theta = 60^\circ$ de simetriklik vardır.
- 5-) Deviatorik plan dairesel olmayan kesite sahiptir.
- 6-) Meridyenler ikinci derece parabolldir.
- 7-) Deviatorik plandaki kırılma eğrisi, eliptik eğrideki bir parçadan meydana gelir.
- 8-) Modeldeki parametreler denklem (3.4) ve (3.5) koşulu sağlarken hem deviatorik plana

hem de meridyen boyunca kırılma yüzeyi konveks olur.

$$a_0 > 0 \quad a_1 \leq 0 \quad a_2 \leq 0 \quad (3.4)$$

$$b_0 > 0 \quad b_1 \leq 0 \quad b_2 \leq 0$$

$$\frac{r_t(\sigma_m)}{r_c(\sigma_m)} > \frac{1}{2} \quad (3.5)$$

9-) Kırılma yüzeyi hidrostatik ekseninin negatif yönünde oluşur.

10-) Kırılma yüzeyinde çekme gerilmelerini içeren geçerli bütün gerilme kombinasyonlarında ve deneysel sonuçlarla gerçekçi tahminler yapılabilir.

11-) Beş parametrelili model aşağıdaki basit kırılma kriterlerine kolayca uydurulabilir.

Von Mises modeli:

$$a_0 = b_0 \quad \text{ve} \quad a_1 = b_1 = a_2 = b_2 = 0 \quad (3.6)$$

Drucker-prager modeli:

$$a_0 = b_0 \quad a_1 = b_1 \quad a_2 = b_2 = 0 \quad (3.7)$$

Willam ve Wanke' ın üç parametrelili modeli:

$$\frac{a_0}{b_0} = \frac{a_1}{b_1} \quad a_2 = b_2 = 0 \quad (3.8)$$

Dört parametrelili modele karşılık gelen:

$$\frac{a_0}{b_0} = \frac{a_1}{b_1} = \frac{a_2}{b_2} \quad (3.9)$$

William ve Warnke (1975) aşağıda beş parametrelili kırılma kriterini tanımlamaktadır.

1. Tek eksenli basınç dayanımı $f'_c(\theta = 60, f'_c > 0)$.

2. Tek eksenli çekme dayanımı $f'_t(\theta = 0)$ dayanım oranı ile $\bar{f}'_t = \frac{f'_t}{f'_c}$
3. İki eksenli basınç dayanımı $f'_{bc}(\theta = 0, f'_{bc} > 0)$. Dayanım oranı ile $\bar{f}'_{bc} = \frac{f'_{bc}}{f'_c}$
4. Yüksek basınç gerilme noktası $(\frac{\sigma'_m}{f'_c}, \frac{\tau'_m}{f'_c}) = (-\bar{\xi}_1, \bar{r}_1)$ çekme meridyeninde
 $(\theta = 0, \bar{\xi}_1 > 0)$
5. Yüksek basınç gerilme noktası $(\frac{\sigma'_m}{f'_c}, \frac{\tau'_m}{f'_c}) = (-\bar{\xi}_2, \bar{r}_2)$ basınç meridyeninde
 $(\theta = 60, \bar{\xi}_2 > 0)$

Ayrıca, hidrostatik eksenindeki bilinen σ_{m0} noktasından geçen iki parabol mevcuttur.

$$r_t(\rho) = r_c(\rho) \quad \rho = \frac{\sigma_{m0}}{f'_c} > 0 \quad (3.10)$$

Çizelge 3.1’de beş testin çok genel hali verilmiştir. $\theta = 0$ ve $\theta = 60$ için yapılan deneysel sonuçlarla Denklem (3.3) sırasıyla $r_t(\sigma_m)$ ve $r_c(\sigma_m)$ cinsinden ifade edilmiştir. Bu yüzden, sadece test sonuçları bu meridyen boyunca $a_0, a_1, a_2, b_0, b_1, b_2$ parametreleri kullanılmıştır, ki burada üç adet linear eşzamanlı denklemlerin iki adet çözümü içermektedir.

Test	σ_m / f'_c	τ_m / f'_c	θ	$r(\sigma_m, \theta)$
1. $\sigma_1 = f'_t$	$\frac{1}{2} \bar{f}'_t$	$\sqrt{\frac{2}{15}} \bar{f}'_t$	0	$r_t = \sqrt{\frac{2}{3}} \bar{f}'_t$
2. $\sigma_2 = \sigma_3 = -f'_{bc}$	$-\frac{2}{3} \bar{f}'_{bc}$	$\sqrt{\frac{2}{15}} \bar{f}'_{bc}$	0	$r_t = \sqrt{\frac{2}{3}} \bar{f}'_{bc}$
3. $(-\bar{\xi}_1, \bar{r}_1)$	$-\bar{\xi}_1$	$\bar{r}_1$	0	$r_t = \sqrt{5} \bar{r}_1 \bar{f}'_c$

4. $\sigma_3 = -f'_c$	$-\frac{1}{3}$	$\sqrt{\frac{2}{15}}$	60	$r_c = \sqrt{\frac{2}{3}} f'_c$
5. $\left(-\bar{\xi}_2, \bar{r}_2\right)$	$-\bar{\xi}_2$	$\bar{r}_2$	60	$r_c = \sqrt{5} \bar{r}_2 f'_c$
6. $\rho = \frac{\sigma_{m0}}{f'_c} > 0$	ρ	0	0,60	$r_t = r_c = 0$

Çizelge 3.1 Denklem (3.1) ve (3.2) deki altı parametrelerin tanımlanması

Denklem 3.1'e kırılma yüzeyindeki (Çizelge 3.1)' deki ilk üç dayanım değerleri konulursa:

$$\sqrt{\frac{2}{15}} \bar{f}'_t = a_0 + a_1 \left(\frac{1}{3} \bar{f}'_t \right) + a_2 \left(\frac{1}{3} \bar{f}'_t \right)^2 \quad (3.11)$$

$$\sqrt{\frac{2}{15}} \bar{f}'_{bc} = a_0 + a_1 \left(-\frac{2}{3} \bar{f}'_{bc} \right) + a_2 \left(-\frac{2}{3} \bar{f}'_{bc} \right)^2 \quad (3.12)$$

$$\bar{r}_1 = a_0 + a_1 \left(-\bar{\xi} \right) + a_2 \left(-\bar{\xi}_1 \right)^2 \quad (3.13)$$

Çekme meridyeni $\theta = 0$ 'daki a_0 , a_1 , a_2 parametreler yazılırsa.

$$a_0 = \frac{2}{3} \bar{f}'_{bc} a_1 - \frac{4}{9} \bar{f}'_{bc}{}^2 + \sqrt{\frac{2}{5}} \bar{f}'_{bc} \quad (3.14)$$

$$a_1 = \frac{1}{3} \left(2 \bar{f}'_{bc} - \bar{f}'_t \right) a_2 + \left(\frac{6}{5} \right)^{1/2} \frac{\bar{f}'_t - \bar{f}'_{bc}}{2 \bar{f}'_{bc} + \bar{f}'_t} \quad (3.15)$$

$$a_2 = \frac{\sqrt{\frac{6}{5}} \bar{\xi}_1 \left(\bar{f}'_t - \bar{f}'_{bc} \right) - \sqrt{\frac{6}{5}} \bar{f}'_t \bar{f}'_{bc} + \bar{r}_1 \left(2 \bar{f}'_{bc} + \bar{f}'_t \right)}{\left(2 \bar{f}'_{bc} + \bar{f}'_t \right) \left(\bar{\xi}_1^2 - \frac{2}{3} \bar{f}'_{bc} \bar{\xi}_1 + \frac{1}{3} \bar{f}'_t \bar{\xi}_1 - \frac{2}{9} \bar{f}'_t \bar{f}'_{bc} \right)} \quad (3.16)$$

$f_t(\rho) = 0$ Çizelge 3.1 deki durum altıyı takip eden kırılma yüzeyinin tepe noktası.

$$a_2 \rho^2 + a_1 \rho + a_0 = 0 \quad (3.17)$$

$$\rho = \frac{-a_1 - \sqrt{a_1^2 - 4a_0a_2}}{2a_2} \quad (3.18)$$

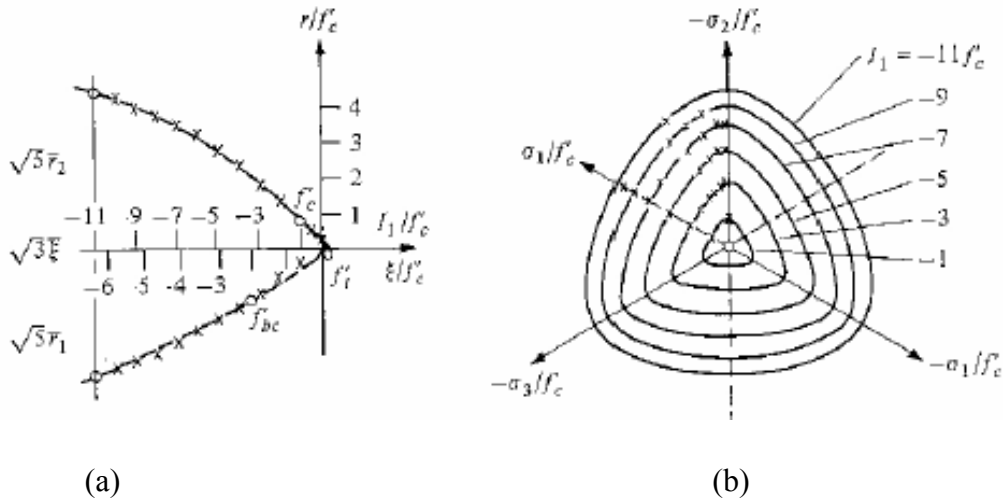
$\theta = 60$ basınç meridyeninde b_0, b_1, b_2 parametreleri yerine konularak Denklem (3.2)'ye kırılma yüzeyindeki Çizelge (3.1)'deki dayanım değerleri konularak.

$$b_0 = -\rho b_1 - \rho^2 b_2 \quad (3.19)$$

$$b_1 = \left(\bar{\xi}_2 + \frac{1}{3} \right) b_2 + \frac{\sqrt{\frac{6}{5}} - 3\bar{r}_2}{3\bar{\xi}_2 - 1} \quad (3.20)$$

$$b_2 = \frac{\bar{r}_2 \left(\rho + \frac{1}{3} \right) - \sqrt{\frac{2}{15}} \left(\rho + \bar{\xi}_2 \right)}{\left(\bar{\xi}_2 + \rho \right) \left(\bar{\xi}_2 - \frac{1}{3} \right) \left(\rho + \frac{1}{3} \right)} \quad (3.21)$$

Beş parametrelili model şekil 3.3 genelleştirilmiştir. Buradanda Launay ve Gachon (1972) deki deneysel verilerle karşılaştırılmıştır.



Şekil 3.3 Üç eksenli test verilerinin beş parametrelili modeli (a) hidrostatik kesit Launay ve Gachon (1972), (b) Deviatorik kesit (Willam-Warnk, 1975)

4. MOMENT-EĞRİLİK İLİŞKİLERİ VE TEORİK HESAP

4.1 Giriş

Betonarmeyi oluşturan iki malzemeden biri olan beton, doğrusal – elastik olmayan bir davranış sergiler. Çelik davranışının sünek olmasına karşılık betonun davranışı oldukça gevrektrir. Bu iki malzemenin bir araya gelmesiyle oluşan betonarmenin davranışı, doğrusal elastik değildir. Bu davranış, hem çeliğin hem de betonun mekanik özelliklerinden etkilenmektedir.

Eğilme momenti veya eğilmeye ek olarak eksenel kuvvet etkisindeki betonarme bir kesitin davranışı, moment – eğrilik ilişkisinden izlenebilir. Bir betonarme kesitin davranışı, moment eğrilik ilişkisinden daha rahat açıklanabilir. Bir betonarme kesitin moment-eğrilik ilişkisini elde etmenin en kolay yolu deneylerdir. Ancak her kesit için deney yapmak, hem ekonomik hem de pratik açıdan mümkün değildir. Bu nedenle deneylerden elde edilen verilerden yararlanılarak beton ve çelik için geliştirilmiş formüllerle idealize edilmiş gerilme-birim şekildeğiştirme eğrileri yardımıyla, moment-eğrilik ilişkisinin analitik olarak elde edilmesi yoluna gidilmiştir. Bu tür bir analitik yaklaşımla elde edilecek moment-eğrilik ilişkisinin doğruluğu, kullanılan malzeme modelinin ne denli gerçekçi olduğuna bağlıdır.

Bu bölümde, moment-eğrilik ilişkisi basit formüller kullanılarak anlatılacaktır. Moment-eğrilik ilişkisi, çelik ve betonun gerilme-birimşekildeğiştirme eğrileri için Mander beton modeli seçilerek, yazılacak denge denklemleri ve yeterli uygunluk denlemleri ile hesaplanır. Klasik mekanikte olduğu gibi, eğilmeden önce düzlem olan kesitler eğilmeden sonrada düzlem olduğu varsayılır. Çözümü basitleştirmek amacıyla, betonun çekme dayanımı ihmal edilerek, çekme bölgesindeki tüm çekme gerilmelerinin donatı tarafından karşılandığı varsayılacaktır.

4.2 Kesitin Eğriliği

Şekil 4.1’de eşit uç momentleri ve eksenel kuvvetlerine maruz bir betonarme elemanı göstermektedir. Eğrilik yarıçapı R , tarafsız eksen den olan mesafe olarak tanımlanır. Eğrilik yarıçapı R , tarafsız eksen derinliği kd , en üst beton basınç lifi birim şekil değiştirmesi ε_{cm} ve çekmeye çalışan donatıdaki birim şekil değiştirme ε_s , eleman boyunca çatlaklar arasındaki betonun çekme yükü taşıması nedeniyle değişecektir (Park ve Paulay, 1975). Şekil 4.1’de

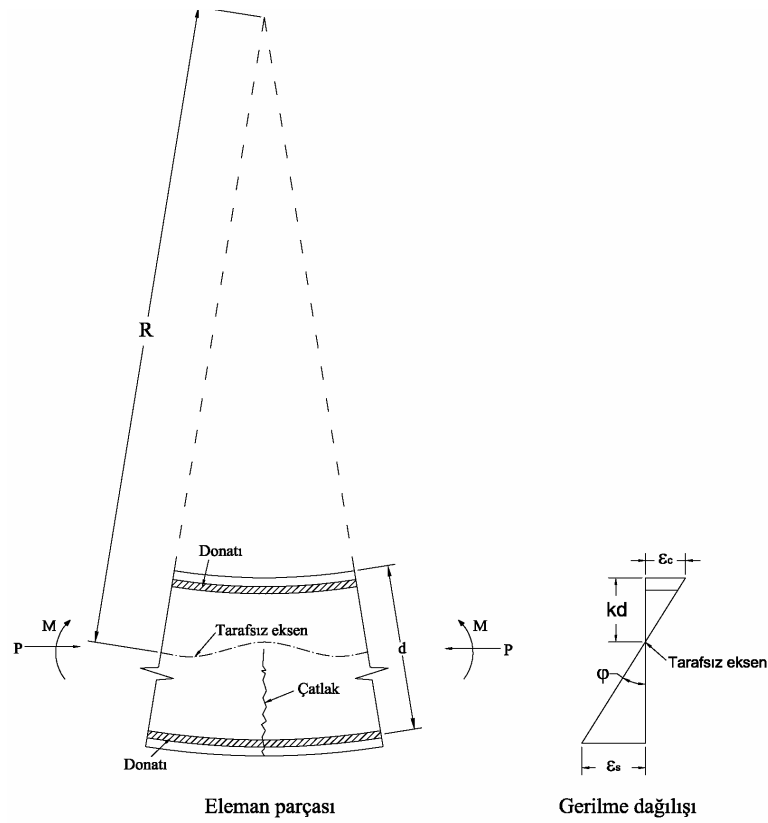
verilen değişkenlere bağlı olarak elemanın dx gibi küçük bir uzunluğu dikkate alınırsa, bu elemanın iki ucu arasındaki dönme

$$\frac{dx}{R} = \frac{\varepsilon_{cm} dx}{kd} = \frac{\varepsilon_s dx}{d(1-k)} \quad \therefore \quad \frac{1}{R} = \frac{\varepsilon_{cm}}{kd} = \frac{\varepsilon_s}{d(1-k)} \quad (4.1)$$

bağıntısı ile bulunabilir.

Böylece $1/R$, elemanın eğriliği (elemanın birim uzunluğundaki dönme) olarak tanımlanır ve φ ile gösterilir.

$$\varphi = \frac{\varepsilon_{cm}}{kd} = \frac{\varepsilon_s}{d(1-k)} = \frac{\varepsilon_{cm} + \varepsilon_s}{d} \quad (4.2)$$



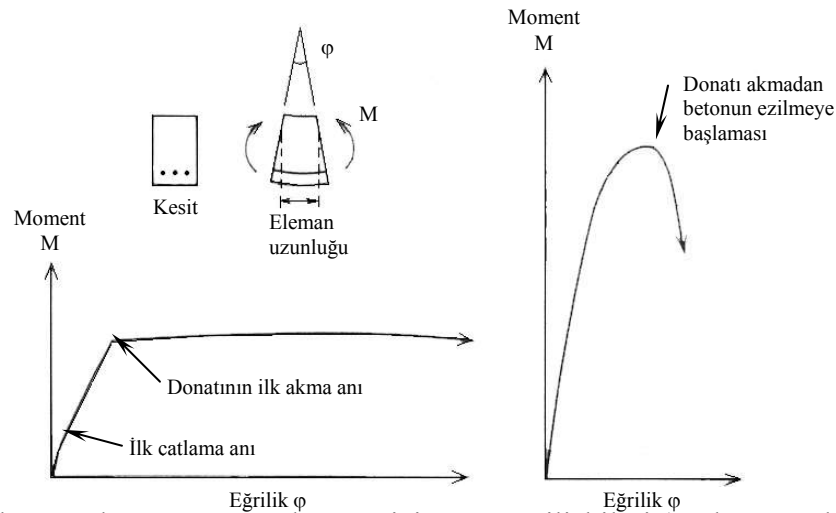
Şekil 4.1 Eğilmeye çalışan bir elmanda şekil değiştirme (Park ve Paulay, 1975)

Gerçekte eğrilik, tarafsız eksen derinliğinin ve oluşan çatlaklar arasındaki birim şekil

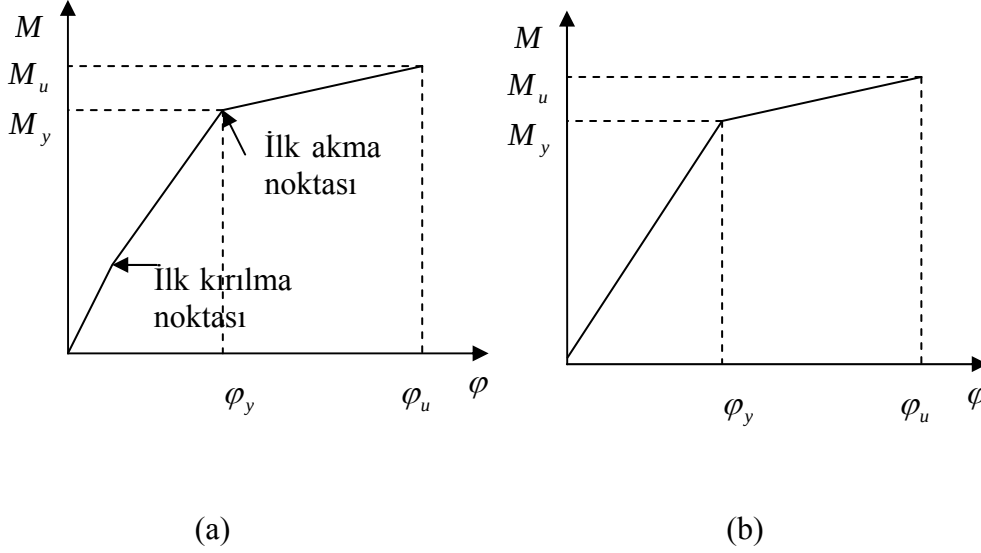
değiştirmelerin eleman boyunca sürekli farklılaşması nedeni ile değişmektedir. Eğer çatlak üzerindeki eleman uzunluğu küçük ise ε_c ve ε_s çatlama kesitteki birim şekil değiştirme değerleri olmak üzere eğrilik Bağıntısı (4.2) ile hesaplanır (Park ve Paulay, 1975). Betonarme elemanın kritik kesitindeki birim şekil değiştirmeler ölçülebilirse, eğrilik, Bağıntısı (4.2) ile hesaplanabilecek ve kesit için moment-eğrilik ilişkisinin elde edilmesi sağlanacaktır. Son limit yüküne çekme ve basınç kırılması ile ulaşan betonarme kirişin ölçümlerinden elde edilen iki eğri. şekil 4.2’de gösterilmektedir. Her iki eğri de, ilk aşamada doğrusaldır; M momenti ve ϕ eğriliği arasındaki ilişki Bağıntısı (4.3) ile verilmektedir.

$$EI = \frac{M}{\phi} \quad (4.3)$$

Burada, EI, kesitin eğilme rijitliğidir. Momentteki artışla birlikte betonun çatlaması, kesitlerin eğilme rijitliğini azaltmaktadır. Çatlama sonrasında kesitin davranışı esas olarak donatı miktarına bağlıdır. Denge altı kesitler şekil 4.3a’ daki gibi, donatının akma noktasına kadar doğrusal bir $M - \phi$ eğrisine sahiptir. Donatı aktığında, yaklaşık olarak sabit eğilme momentinde, büyük bir eğrilik artışı görülür; moment, yavaş yavaş artar, daha sonra azalmaya başlar. Diğer yandan, denge üstü kesitlerde şekil 4.3b’ deki gibi beton, gerilme-birimşekildeğiştirme ilişkisinin elastik-doğrusal olmayan kısmına girdiğinde eğri doğrusallıktan çıkar ve beton, etriyelerle kuşatılmazsa kırılma, gevrek olacaktır. şekil 4.2’deki kirişin $M - \phi$ eğrisi şekil 4.3a’ daki gibi, üç doğruyla idealleştirirsek; birinci bölge betonun ilk çatlamaya kadar geçen süreçtir; ikinci bölge donatının akmasıdır; üçüncü bölge ise betondaki en büyük birim şekildeğiştirmeye kadar olan bölgedir.



şekil 4.2 Çekme ve basınç göçme durumu için $M - \phi$ ilişkileri (Park ve Paulay, 1975)



Şekil 4.3 $M - \phi$ ilişkileri (Park ve Paulay, 1975)

4.3 Moment-Eğrilik İlişkisinin Teorik Olarak Hesaplanması

Eğilme ve aksenal yük altındaki betonarme kesitlerin teorik $M - \phi$ ilişkileri, eğilmeden önce düzlem olan kesitin eğilmeden sonra da düzlem kaldığı ve donatı çeliği ile betona ait gerilme ilişkilerinin bilindiği kabüllerine dayanılarak hesaplanabilir. Belirli bir eğilmeye ve aksenal yüke karşılık gelen eğrilik değeri, beton ve donatıdaki birim şekil değiştirmelerin üçgen benzerliğinden yararlanılarak bulunması ile iç kuvvetlerin dengesinden hesaplanır.

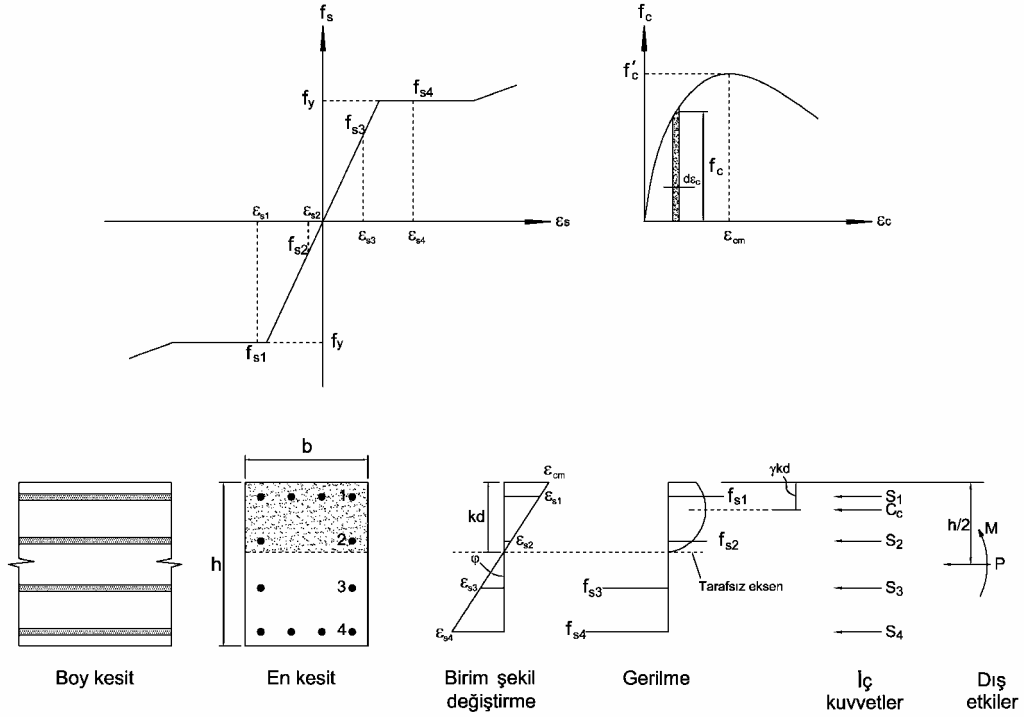
Şekil 4.4'te donatı çeliği ve beton için bilinen gerilme ilişkileri ve belirli bir eğilme ve aksenal yüke sahip bir betonarme kesit gösterilmiştir. Şekil 4.4'te f_y boyuna donatı akma dayanımı, f'_c beton dayanımıdır. Verilen bir en üst beton basınç lifindeki birim şekil değiştirme ϵ_{cm} ve kd tarafsız eksen derinliği için her donatı sırasındaki $\epsilon_{s1}, \epsilon_{s2}, \epsilon_{s3}, \epsilon_{s4}, \dots, \epsilon_{si}$ birim şekil değiştirmeler, benzer üçgenlerden i . donatı sırasının d_i derinliğine bağlı olarak

$$\epsilon_{si} = \epsilon_{cm} \frac{kd - d_i}{kd} \quad (4.4)$$

hesaplanabilir. Böylece donatı çeliğinin gerilme ilişkisine bağlı olarak $\varepsilon_{s1}, \varepsilon_{s2}, \varepsilon_{s3}, \varepsilon_{s4}, \dots, \varepsilon_{si}$ birim şekil değiştirmelerine karşılık gelen $f_{s1}, f_{s2}, f_{s3}, f_{s4}, \dots, f_{si}$ gerilmeleri bulunmuş olur. Sonra da donatılarda oluşacak $S_1, S_2, S_3, S_4, \dots, S_i$ kuvvetleri her bir donatı sırası toplam donatı alanı A_{si} 'ye bağlı olarak

$$S_i = f_{si} A_{si} \quad (4.5)$$

şeklinde hesaplanabilir.



Şekil 4.4 $M - \phi$ ilişkisinin teorik olarak elde edilmesi (Park ve Paulay, 1975)

Şekil 4.4'teki beton basınç bloğu üzerinde oluşacak gerilme dağılışı da, birim şekil değiştirme dağılım eğrisine bağlı olarak, betonun gerilme ilişkisi yardımı ile bulunabilir. Verilen bir ε_{cm} değeri için C_c beton basınç kuvveti ve bu kuvveti yeri, dikdörtgen kesitler için α ve γ belirleyici değişkenlerine bağlı olarak

$$C_c = \alpha f'_c b k d \quad (4.6)$$

şeklinde en büyük beton basınç lifinden $\gamma k d$ kadar uzaktan etki ettiği hesaplanabilir. En büyük

beton basınç lifindeki herhangi bir ε_{cm} değeri için toplam gerilme çarpanı α

$$\int_0^{\varepsilon_{cm}} f_c d\varepsilon_c = \alpha f'_c \varepsilon_{cm} \quad \therefore \quad \alpha = \frac{\int_0^{\varepsilon_{cm}} f_c d\varepsilon_c}{f'_c \varepsilon_{cm}} \quad (4.7)$$

ve ağırlık merkezi çarpanı γ

$$\int_0^{\varepsilon_{cm}} f_c \varepsilon_c d\varepsilon_c = (1-\gamma) \varepsilon_{cm} \int_0^{\varepsilon_{cm}} f_c d\varepsilon_c \quad \therefore \quad \gamma = 1 - \frac{\int_0^{\varepsilon_{cm}} f_c \varepsilon_c d\varepsilon_c}{\varepsilon_{cm} \int_0^{\varepsilon_{cm}} f_c d\varepsilon_c} \quad (4.8)$$

bağıntıları ile hesaplanabilir.

Böylece kuvvet denge eşitlikleri

$$P = \alpha f'_c b k d + \sum_{i=1}^n f_{si} A_{si} \quad (4.9)$$

$$M = \alpha f'_c b k d \left(\frac{h}{2} - \gamma k d \right) + \sum_{i=1}^n f_{si} A_{si} \left(\frac{h}{2} - d_i \right) \quad (4.10)$$

olarak yazılabilir. Sonuç olarak verilen bir eksenel yük altında, her bir ε_{cm} değerine bağlı olarak tarafsız eksen derinliği kd 'yi kuvvet dengesini sağlayacak şekilde ayarlayarak eğrilikler Bağıntı (4.2) ile hesaplanabilir.

4.4 Bilgisayar Kullanılarak Moment-Eğrilik İlişkilerinin Hesaplanması

Kesit ve malzeme özellikleri belirli bir kesitin $M - \varphi$ ilişkisinin el ile hesap edilmesi mümkündür. Ancak, bu ilişkinin çekme donatısının akma anına ve en büyük beton basınç birim şekil değiştirmesine karşılık gelecek şekilde kabaca ifade edilmesi bile, kuvvet dengesinin kurulması için gereken tarafsız eksen yerinin tespitinde yapılacak birçok deneme-yanılma nedeni ile çok vakit alıcı ve hata yapmaya elverişli bir yol olmaktadır.

$M - \varphi$ ilişkisi hesaplanırken, belirlenen sınırlar içerisinde, herhangi bir ε_{cm} birim deformasyonunda betonda oluşacak basınç kuvveti beton için kabul edilen gerilme ilişkisini

tanımlayan eğrinin altında kalan alana eşittir. Bu alanın, toplam gerilme çarpanı α ve ağırlık merkezi çarpanı γ ’nın hesabı beton modelini ifade eden bağıntının integralini gerektirir. Kuşatılmamış betonarme kesitler için belirtilen bu işlem mümkündür. Fakat kuşatılmış kesitlerin hesaplarında kuşatılmış betona ait modeli ifade eden bağıntıların üstsel ifadeler içermesi nedeniyle bu integrallerin alınması çok zordur. Bu nedenle, betonarme kesit yeterli sayıda dilimlere bölünerek beton davranış eğrisinin altında kalan alan yaklaşık olarak hesap edilecektir.

Bu nedenle, önceden bahsedilen $M - \phi$ ilişkisinin, bilgisayar programı yardımı ile çıkartılışı hatasız ve istenildiği kadar hassas bir şekilde elde edilmesi mümkündür. Bu amaçla, önceki bölümde anlatılan Mander vd., (1988) beton modelleri için $M - \phi$ ilişkisini verebilen, VBASİC programlama dilinde programlar yazılmıştır. Bu programlar bahsedilen araştırmacılara ait beton modelleri için, önerdikleri sınırlar içerisindeki her bir ε_{cm} değeri için çekmeye çalışan donatının ilk akma anına karşılık gelen $M - \phi$ değerlerini verebilecek şekilde geliştirilmiştir. Belirtilen programlar sadece dikdörtgen kesitler için hesap yapabilmektedir.

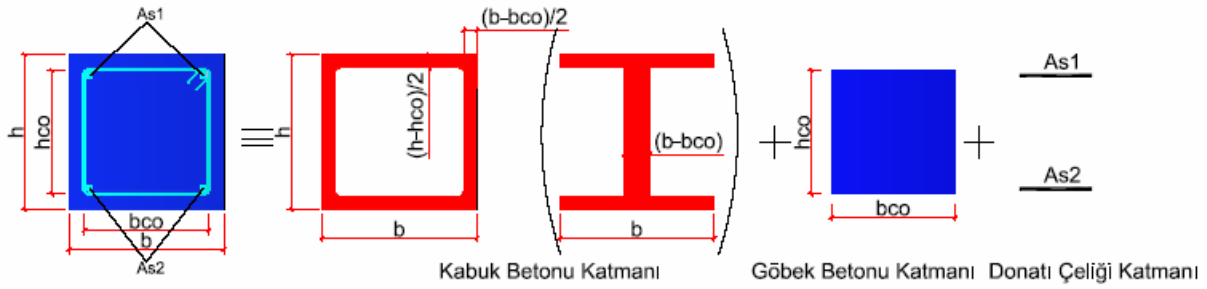
4.5 Dilimleme Yöntemi

Betonarme tasarımında, eleman davranışının ve bu davranışı etkileyen faktörlerin iyi bilinmesi önemlidir. Eleman davranışı kesit davranışından ve kesitin moment-eğrilik ilişkisinden izlenebilir (Ersoy vd.,1998). Betonarme kesitlerin moment-eğrilik ilişkilerini etkileyen ve tasarım aşamasında birer parametre olarak düşünülen, beton basınç dayanımı, boyuna donatı oranı ve etriye oranı ile boyuna donatı ve etriye donatısı akma dayanımları gibi faktörlerin davranışa olan etkisinin incelenmesi; bu çalışmanın amacını oluşturmaktadır. Bu amaçla kesitlerin moment-eğrilik ilişkisini gerçekçi olark belirlemeye olanak tanıyan (VBASİC 6.0) dilinde bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Geliştirilen bilgisayar programı kabuk ve göbek betonunda kademeli ezilmeyi, donatıda akma ve pekleşme olayını,göbek betonunda sargı etkisini göz önüne alan ve gerçekçi malzeme modellerine dayanan bir programdır.

Herhangi bir betonarme kesitin moment-eğrilik ilişkisinin tayini için VBASİC dilinde geliştirilen program “katmanlı modelleme” tekniğini kullanmaktadır. Bu çalışmadaki modellemede dört değişik malzeme modeli mevcuttur.Bunlar kabuk betonu, göbek betonu,

çekme gerilmesi donatı çeliği modellerdir (Şekil 4.5). Kabuk betonunun matematiksel modeli ve göbek betonu için sargı tesirini göz önüne alan Mander beton modeli, donatı çeliği içinde (Park ve Paulay, 1975) modeli gerilme dağılımı kullanılmıştır. (Mander vd., (1988)).

Bu hesap yönteminde kesit dikdörtgen şeritler halinde katmanlara ayrılmaktadır. Dört değişik katman tipi mevcuttur. Bunlar; kabuk betonu katmanı, göbek betonu katmanı ve donatı çeliği katmanıdır (Şekil 4.5).

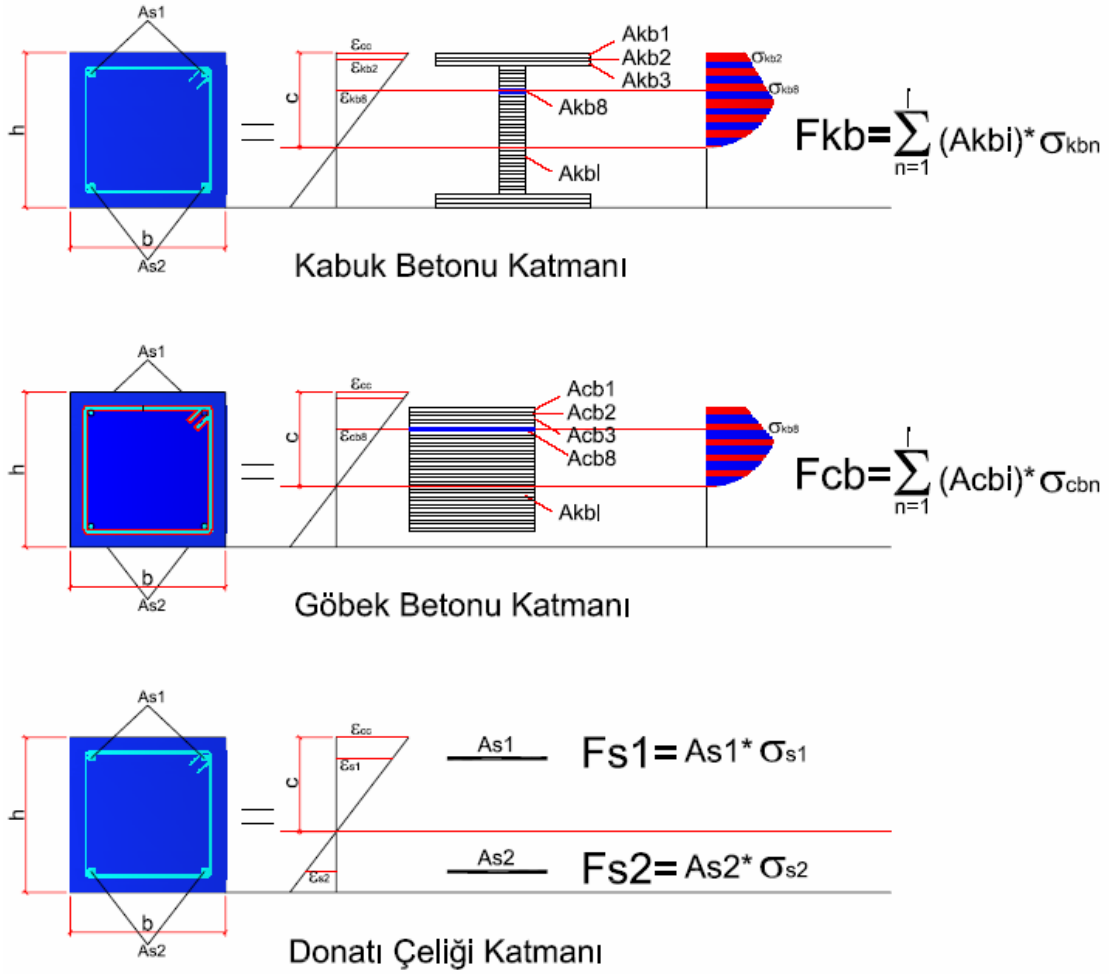


Şekil 4.5 Teorik moment-eğrilik ilişkisinin tayini için katmanlı modelleme tekniği

Kesitteki lineer olarak değiştiği kabul edilen birim deformasyon dağılımının tayini amacıyla, kabuk betonun en dış lifindeki birim deformasyon için bir değer seçilir ve tarafsız eksenin yeri (k_d) için bir ön değer kabul edilir (Şekil 4.6). Böylelikle kesit boyunca birim deformasyon dağılımı tespit edilmiş olur. Her bir şeridin orta noktası için karşılık gelen birim deformasyon tespit edilir ve katman tipine göre malzemenin gerilme-birim deformasyon bağıntılarından, her şerit için, o birim deformasyonlara karşılık gelen gerilimler tespit edilir. Örnek olarak kabuk betonunun katmanı, basınç bölgesi için i adet şeride bölünsün ve bu şeridin alanları A_{kb1} , $A_{kb2}, \dots, A_{kbi}$ olsun. Basınç bölgesi betonu için, her bir şeridin ortasına denk gelen birim deformasyonda daha önce birim deformasyon dağılımından ϵ_{kb1} , $\epsilon_{kb2}, \dots, \epsilon_{kbi}$ olarak tespit edilir. Her şeride etkiyen gerilme, o şeridin birim deformasyon bağıntısından karşılık gelen değer okunarak belirlenir. Örnek olarak basınç bölgesindeki 8 numaralı şeridin alanı A_{kb8} ve karşılık gelen birim deformasyonu ϵ_{kb8} ise şeridin gerilme değeri kabuk betonu için gerilme-birim deformasyon dağılımından 8 nolu katman için σ_{kb8} olarak bulunur. (Şekil 4.7). Bu şeridi etkiyen basınç kuvveti ise $F_{kb8} = (\sigma_{kb8}) \cdot (A_{kb8})$ dir. Aynı işlem göbek betonu katmanındaki şeritler içinde tek tek gerçekleştirilecektir. Her şerit için bulunan bu kuvvetler işaretleri de göz önüne alınarak toplanır ve denge koşulunun sağlanması için donatılardaki kuvvetler de eklenirse etkiyen kuvvet bulunur.

Şekil 4.6’da bulunan toplam kuvvet ΣF ve etkiyen eksenel yük N değerlerinin farkı, eğer sıfırdan büyük ise daha küçük bir “ k_d ” değeri, eğer sonuç negatif ise daha büyük bir “ c ” değeri seçilerek aynı işlemler tekrarlanır. Toplam kuvvet farkının kabul edilir hatadan küçük çıkması durumunda; her bir şeride etkiyen kuvvetin kesit geometrik merkezin en alt noktasına göre momenti alınarak kesit üzerindeki M momenti değeri belirlenir. Bu momente karşılık gelen eğrilik ise en dış beton lifindeki birim uzamanın, tarafsız eksenin yeri için belirlenen “ c ” değerine bölünerek bulunur. Bu işlem basamakları en dış beton lifindeki birim deformasyon değeri değiştirilerek tekrarlanır. Yapılan her bir çözüm için kesitteki moment ve birim deformasyon dağılımından kesitteki moment ve birim deformasyon dağılımından kesitin moment ve eğrilik ilişkisi saptanır. Hesap metodunda bu aşamada belirtilmesinde yarar görülen üç adet kabul vardır. Bunlar; beton ve donatı arasında tam aderans vardır, kesitteki birim deformasyon dağılımı lineerdir, boyuna donatıdaki burkulma durumu göz ardı edilmektedir.

Mühendislikte moment-eğrilik üzerine yazılmış ve yaygın olarak kullanılan XTRACT programı, kesitleri eşkenar üçgen dilimlere bölerek çözüme gitmektedir.



Şekil 4.6 Kabuk, göbek ve donatı çeliği katmanlarındaki kuvvetlerin bulunuşu

4.6 Donatı Çeliği için Gerilme İlişkisi

$M - \varphi$ ilişkilerinin doğru olarak hesap edilebilmesi için donatı çeliğinin pekleşmesini de içeren gerilme ilişkisi kullanılmalıdır (Samra, 1990). Bu nedenle, $M - \varphi$ ilişkilerinin hesabında aşağıdaki bağıntılarla ifade edilecek çelik davranış modeli kullanılmıştır.

$$\epsilon_s \leq \epsilon_{sy} \rightarrow f_s = \epsilon_s E_s \quad (4.11)$$

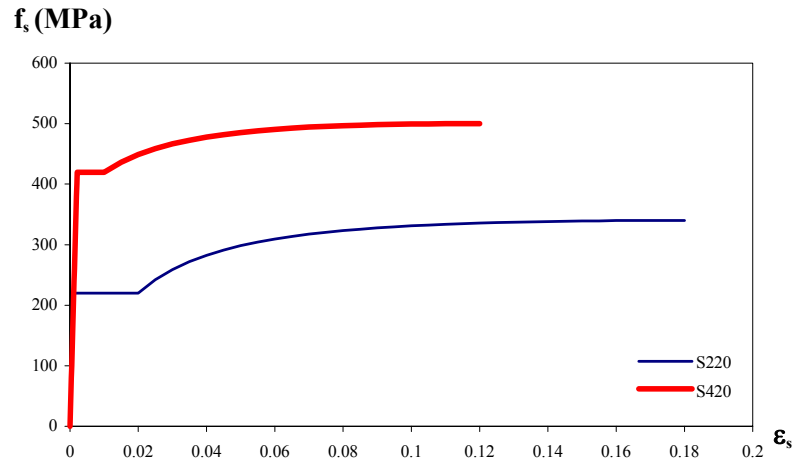
$$\epsilon_{sy} \leq \epsilon_s \leq \epsilon_{sh} \rightarrow f_s = f_y \quad (4.12)$$

$$\epsilon_{sh} \leq \epsilon_s \leq \epsilon_{su} \rightarrow f_s = f_y \left[\frac{m(\epsilon_s - \epsilon_{sh}) + 2}{60(\epsilon_s - \epsilon_{sh}) + 2} + \frac{(\epsilon_s - \epsilon_{sh})(60 - m)}{2(30r_1 + 1)^2} \right] \quad (4.13)$$

$$m = \frac{\left(\frac{f_{su}}{f_y} \right) (30r_1 + 1)^2 - 60r_1 - 1}{15r_1^2} \quad (4.14)$$

$$r_1 = \varepsilon_{su} - \varepsilon_{sh} \quad (4.15)$$

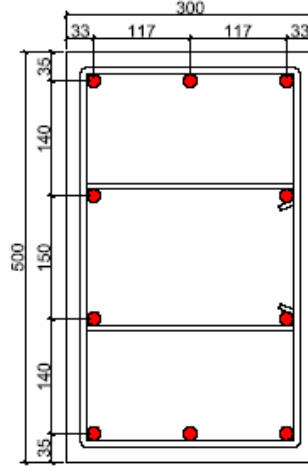
olarak tanımlanmıştır (Park ve Paulay, 1975). Şekil 4.7’de S220 ve S420 çelikleri için gerilme ilişkileri görülmektedir.



Şekil 4.7 Çelik gerilme ilişkileri

4.7 Program kontrolü

Şekil 4.8’ de Geometrik ve malzeme özellikleri verilen kesit tez kapsamında yazılan program sonuçları, William and Warnke beş parametrelili yüzeyi ve moment-eğrilik sonuçları mühendislikte yaygın olarak kullanılan XTRACT programı ile karşılaştırılmıştır.



Şekil 4.8 (300x500) Betonarme kesit.

Kesit genişliği (b)	300mm
Kesit yüksekliği (h)	500mm
Beton Sınıfı	C25
Donatı Sınıfı	S420
Donatı çap ve adedi	10 ϕ 16
Etriye çapı ve aralığı	ϕ 8/100

Çizelge 4.1 (300x500) Betonarme kesit malzeme özellikleri.

MANDER BETON DATA GİRİŞİ

KESİT DATA GİRİŞİ

KESİT GENİSLİĞİ (b): 300

KESİT YUKSEKLİĞİ (h): 500

PAS PAYI (d'): 19

☐ Y CİROZ

BOYUNA DONATI ÇAPİ (mm): 16

DONATI YUKSEKLİK (mm): 215

BOYUNA DONATI ADEDİ: 3

ETRIYE ÇAPİ: 8

ETRIYE ARALIĞI (s): 100

X CİROZ ÇAPİ:

X CİROZ MESAFE (Xwi):

Y CİROZ ÇAPİ: 8

Y CİROZ MESAFE (Ywi): 290

BETON DAYANIMI (MPa): 25

CELİK DAYANIMI (MPa): 420

KESİT

Kesit Ekle Donatı Ekle Sil İleri >>

X Ciroz Ekle Y Ciroz Ekle Hesapla

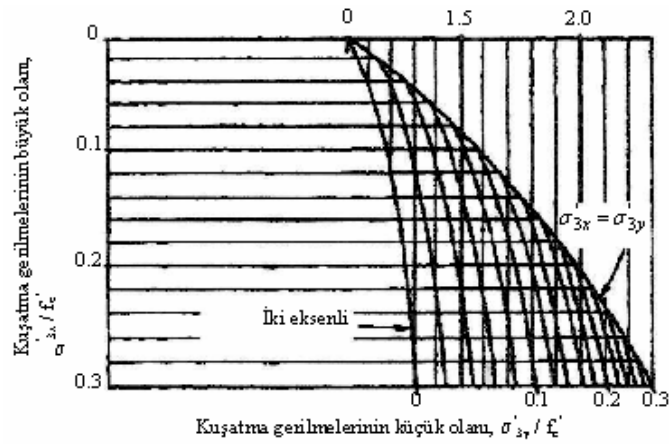
f_{cc}'=30.95 MPa

Beton çekirdek basıç dayanımı

Şekil 4.8 Mander beton modeli data girişi

Yazılan programda hesap sonucu yanal kuşatma basınçlarını aşağıdaki gibi hesaplamıştır.

$$\sigma'_{3x}=0.994, \sigma'_{3y}=0.889; \sigma'_{3x} / f'_c=0.994/25=0.03976, \sigma'_{3y} / f'_c=0.889/25=0.03556$$

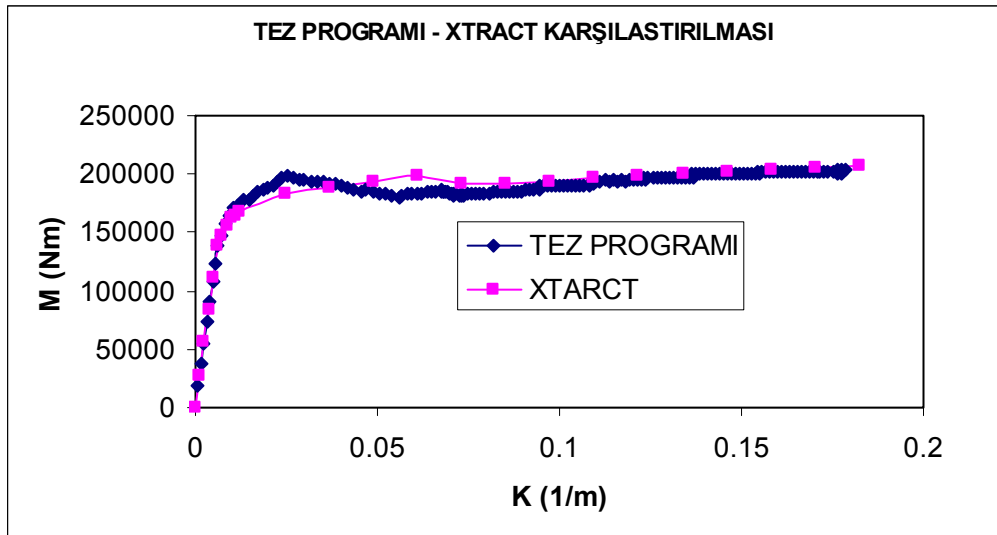


Şekil 4.9 Dikdörtgen kesitler için kuşatılmış beton dayanım hesabı (Mander vd., 1988)

$f'_{cc} = 25 * 1.20 = 30 \text{ Mpa}$ Şekil 4.9' dan okunan değer ile Şekil 4.9'daki sarı ile boyanmış değer 30.95 Mpa dır.



Şekil 4.10 Test kolonu Tez programı ile moment-eğrilik ilişkisi



Şekil 4.11 Test kolonu Tez programı ile XTRACT ile karşılaştırılması

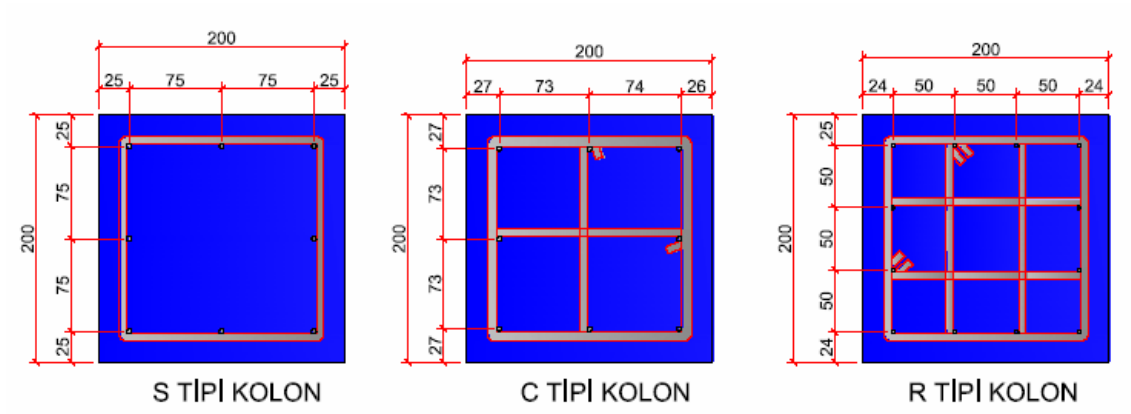
5. MOMENT-EĞRİLİK İLİŞKİLERİ KULLANILARAK FARKLI KOLONLARIN KARŞILAŞTIRILMASI

Bölüm 2’den de anlaşılabacağı gibi araştırmacıların kuşatılmış kesitler için önerdikleri modellere göre betonarme kesitlerin çizilen gerilme eğrilerinin gerek beton en büyük gerilmesi f_{cc} , gerekse de kuşatılmış beton en büyük birim şekil değiştirmesi ε_{ccu} , değerleri için farklı büyüklüklere ulaştıkları anlaşılmaktadır.

Bu bölümde betonun gerilme ilişkisini tanımlayan farklı kolon tipleri kullanılarak (Şekil 4.9) elde edilen $M - \phi$ ilişkileri verilmiştir. İlk olarak Çizelge 5.1’de verilen kolon kesitlerin Mander (M) tarafından önerilen beton modeli esas alınarak $M - \phi$ ilişkileri elde edilmiştir. Çizelge 5.1’deki test kolonları L, M, H beton basınç dayanımı olup sırası ile 20,39 ve 54 MPa dir ; L,M,H’ dan sonraki 4, 8, 12 boyuna donatı adedi olup sırası ile 4’ ün donatı çapı 4mm, 8’ ün donatı çapı 4mm, 12’ nin donatı çapı 3mm dir ; 4, 8, 12 den sonraki S, C, R kolon tipleri (Şekil 4.9) ; S, C, R’ den sonraki 5.5, 7, 9, 13 Kuşatma donatısı akma dayanımı olup sırası ile 550 MPa, 700MPa, 900 MPa, 1300 MPa; 5.5, 7, 9, 13’ den sonraki S, E Kuşatma donatısı çapı olup sırası ile 6mm, 8 mm’ dir; S, E den sonraki 3, 4, 5, 5.5, 10 cm cinsinden etriye aralığıdır.

Kesitlerin $M - \phi$ ilişkileri hesaplanırken kaplama betonunun döküldüğü birim şekil değiştirme $\varepsilon_{sp} = 0.005$ olarak kabul edilmiştir.

Çizelge 5.1’de görülen kolon kesitlerine ait $M - \phi$ ilişkileri çizilmiştir. Bunun amacı, malzeme sınıfı değişiminin ve yanıl kuşatma elemanın akma dayanımının ve çaplarının değişmesine bağlı olarak Mander (M) beton modelindeki farkları üzerinde ne şekilde etkisinin olduğunu gözlenmiştir.



Şekil 5.1 Deneysel test kolonların farklı donatı detaylarına ait kesit tipleri

DENEYSEL KOLON ÇALIŞMALARI											
HEON-SOO CHUNG, KEUN-HYEOK YANG, YOUNG-HO LEE, AND HEE-CHANG EUN											
Sıra No	Kolon Tipi	Genişlik B (mm)	Genişlik H (mm)	Boyuna Donatı adedi	Boyuna Donatı Çapı (mm)	Enine Donatı Çapı (mm)	Enine Donatı Aralığı (mm)	Çelik Akma Dayanımı (Mpa)	Etriye Akma Dayanımı (Mpa)	Beton Basing Dayanımı (Mpa)	Çekirdek Bölgesi Basing Dayanımı (Mpa)
1	L8S5.5S10	200 mm	200 mm	8	4 mm	8 mm	100	420MPa	550 Mpa	19.6 Mpa	22.40 Mpa
2	L8S5.5E10	200 mm	200 mm	8	4 mm	8 mm	100	420MPa	550 Mpa	19.6 Mpa	24.75 Mpa
3	L8S5.5S5.5	200 mm	200 mm	8	4 mm	8 mm	55	420MPa	550 Mpa	19.6 Mpa	26.60 Mpa
4	L8S5.5E5.5	200 mm	200 mm	8	4 mm	8 mm	55	420MPa	550 Mpa	19.6 Mpa	32.05 Mpa
5	L8S5.5S3	200 mm	200 mm	8	4 mm	8 mm	30	420MPa	550 Mpa	19.6 Mpa	33.75 Mpa
6	L8S5.5E3	200 mm	200 mm	8	4 mm	8 mm	30	420MPa	550 Mpa	19.6 Mpa	43.85 Mpa
7	L12S5.5E3	200 mm	200 mm	12	3 mm	8 mm	30	420MPa	550 Mpa	20.1 Mpa	44.50 Mpa
8	L12S5.5E5.5	200 mm	200 mm	12	3 mm	8 mm	55	420MPa	550 Mpa	20.1 Mpa	32.02 Mpa
9	L12S5.5E10	200 mm	200 mm	12	3 mm	8 mm	100	420MPa	550 Mpa	20.1 Mpa	25.00 Mpa
10	L4S7S3	200 mm	200 mm	4	4 mm	8 mm	30	420MPa	700 Mpa	21.6 Mpa	39.20 Mpa
11	L8S7S3	200 mm	200 mm	8	4 mm	8 mm	30	420MPa	700 Mpa	21.6 Mpa	39.20 Mpa
12	L8C7S4.5	200 mm	200 mm	8	4 mm	8 mm	45	420MPa	700 Mpa	21.6 Mpa	52.50 Mpa
13	L12S9E3	200 mm	200 mm	12	3 mm	8 mm	30	420MPa	900 Mpa	20.1 Mpa	55.40 Mpa
14	L12S9E5.5	200 mm	200 mm	12	3 mm	8 mm	55	420MPa	900 Mpa	20.1 Mpa	38.65 Mpa
15	L12S9E10	200 mm	200 mm	12	3 mm	8 mm	100	420MPa	900 Mpa	20.1 Mpa	28.00 Mpa
16	M8S5.5S10	200 mm	200 mm	8	4 mm	8 mm	100	420MPa	550 Mpa	24.0 Mpa	26.75 Mpa
17	M8S5.5E10	200 mm	200 mm	8	4 mm	8 mm	100	420MPa	550 Mpa	24.0 Mpa	29.15 Mpa
18	M8S5.5S5.5	200 mm	200 mm	8	4 mm	8 mm	55	420MPa	550 Mpa	38.3 Mpa	45.50 Mpa
19	M8S5.5E5.5	200 mm	200 mm	8	4 mm	8 mm	55	420MPa	550 Mpa	38.3 Mpa	51.50 Mpa
20	M8S5.5S3	200 mm	200 mm	8	4 mm	8 mm	30	420MPa	550 Mpa	38.3 Mpa	53.45 Mpa
21	M8S5.5E3	200 mm	200 mm	8	4 mm	8 mm	30	420MPa	550 Mpa	38.3 Mpa	65.10 Mpa
22	M12S5.5E3	200 mm	200 mm	12	3 mm	8 mm	30	420MPa	550 Mpa	40.2 Mpa	66.35 Mpa

Çizelge 5.1 Deneysel Kolon Tipleri

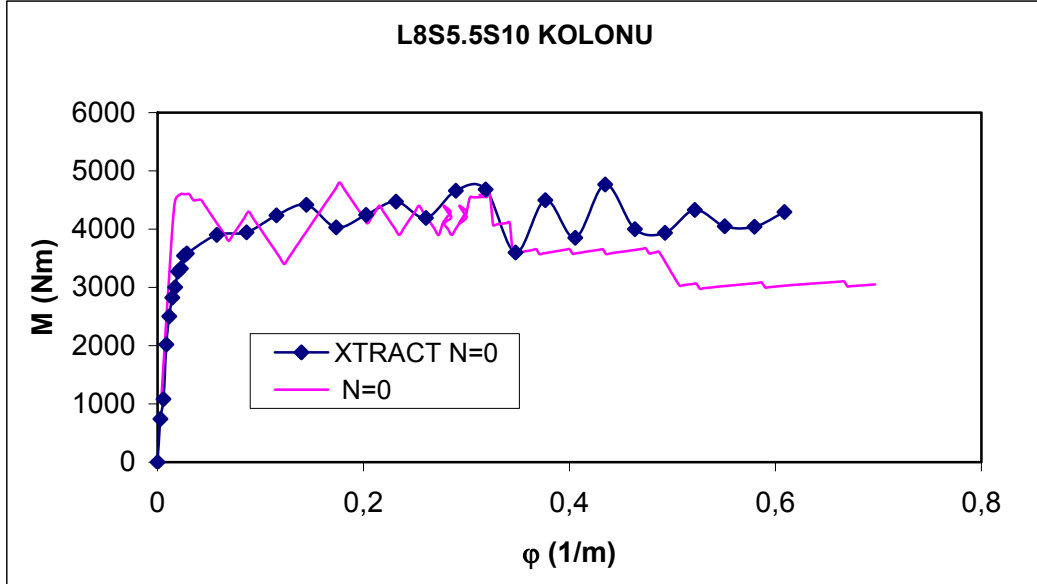
DENEYSEL KOLON ÇALIŞMALARI											
HEON-SOO CHUNG, KEUN-HYEOK YANG, YOUNG-HO LEE, AND HEE-CHANG EUN											
Sıra No	Kolon Tipi	Genişlik B (mm)	Genişlik H (mm)	Boyuna Donatı adedi	Boyuna Donatı Çapı (mm)	Enine Donatı Çapı (mm)	Enine Donatı Aralığı (mm)	Çelik Akma Dayanımı (Mpa)	Etriye Akma Dayanımı (Mpa)	Beton Basınç Dayanımı (Mpa)	Çekirdek Bölgesi Basınç Dayanımı (Mpa)
23	M12S5.5E5.5	200 mm	200 mm	12	3 mm	8 mm	55	420MPa	550 Mpa	40.2 Mpa	61.30 Mpa
24	M12S5.5E10	200 mm	200 mm	12	3 mm	8 mm	100	420MPa	550 Mpa	40.2 Mpa	45.20 Mpa
25	M12R5.5E7	200 mm	200 mm	12	3 mm	8 mm	30	420MPa	550 Mpa	34.8 Mpa	52.35 Mpa
26	M12S9E3	200 mm	200 mm	12	3 mm	8 mm	30	420MPa	900 Mpa	40.2 Mpa	81.45 Mpa
27	M12S9E5.5	200 mm	200 mm	12	3 mm	8 mm	55	420MPa	900 Mpa	40.2 Mpa	60.40 Mpa
28	M12S9E10	200 mm	200 mm	12	3 mm	8 mm	100	420MPa	900 Mpa	40.2 Mpa	48.35 Mpa
29	H8S5.5S10	200 mm	200 mm	8	4 mm	6 mm	100	420MPa	550 Mpa	50.5 Mpa	53.15 Mpa
30	H8S5.5E10	200 mm	200 mm	8	4 mm	8 mm	100	420MPa	550 Mpa	50.5 Mpa	55.70 Mpa
31	H8S5.5S5.5	200 mm	200 mm	8	4 mm	6 mm	55	420MPa	550 Mpa	50.5 Mpa	57.70 Mpa
32	H8S5.5E5.5	200 mm	200 mm	8	4 mm	8 mm	55	420MPa	550 Mpa	50.5 Mpa	63.90 Mpa
33	H8S5.5S3	200 mm	200 mm	8	4 mm	6 mm	30	420MPa	550 Mpa	50.5 Mpa	65.90 Mpa
34	H8S5.5E3	200 mm	200 mm	8	4 mm	8 mm	30	420MPa	550 Mpa	50.5 Mpa	78.15 Mpa
35	H12S5.5E3	200 mm	200 mm	12	3 mm	8 mm	30	420MPa	550 Mpa	50.5 Mpa	55.50 Mpa
36	H12S5.5E5.5	200 mm	200 mm	12	3 mm	8 mm	55	420MPa	550 Mpa	54.4 Mpa	67.85 Mpa
37	H12S5.5E10	200 mm	200 mm	12	3 mm	8 mm	100	420MPa	550 Mpa	54.4 Mpa	59.40 Mpa
39	H12R5.5E7	200 mm	200 mm	12	3 mm	8 mm	70	420MPa	550 Mpa	56.4 Mpa	87.85 Mpa
40	H4S7S3	200 mm	200 mm	4	4 mm	6 mm	30	420MPa	700 Mpa	47.5 Mpa	66.70 Mpa
41	H8S7S3	200 mm	200 mm	8	4 mm	6 mm	30	420MPa	700 Mpa	47.5 Mpa	75.15 Mpa
42	H8C7S4.5	200 mm	200 mm	8	4 mm	6 mm	45	420MPa	700 Mpa	47.5 Mpa	59.40 Mpa
43	H12S9E3	200 mm	200 mm	12	3 mm	8 mm	30	420MPa	900 Mpa	47.5 Mpa	89.80 Mpa
44	H12S9E5.5	200 mm	200 mm	12	3 mm	8 mm	55	420MPa	900 Mpa	54.4 Mpa	75.10 Mpa
45	H12S9E10	200 mm	200 mm	12	3 mm	8 mm	100	420MPa	900 Mpa	54.4 Mpa	62.60 Mpa

Çizelge 5.1 Deneysel Kolon Tipleri

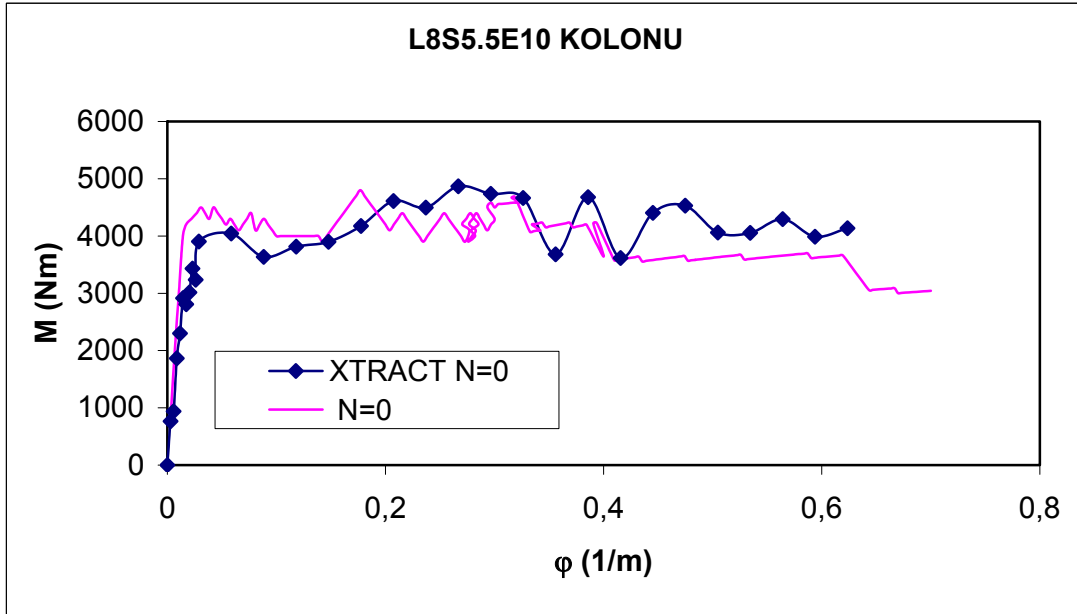
6. ÇİZİLEN $M - \phi$ İLİŞKİLERİ

Bu bölümde, çizelge 5.1’de verilen Kolon modellerinin karşılaştırılması, betonarme kesitlerin $M - \phi$ eğrileri verilmiştir.

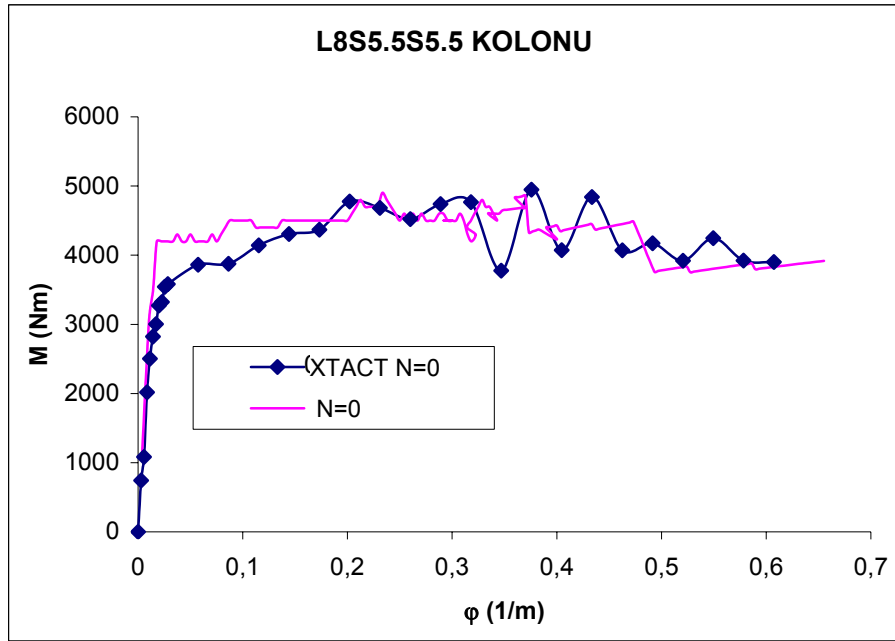
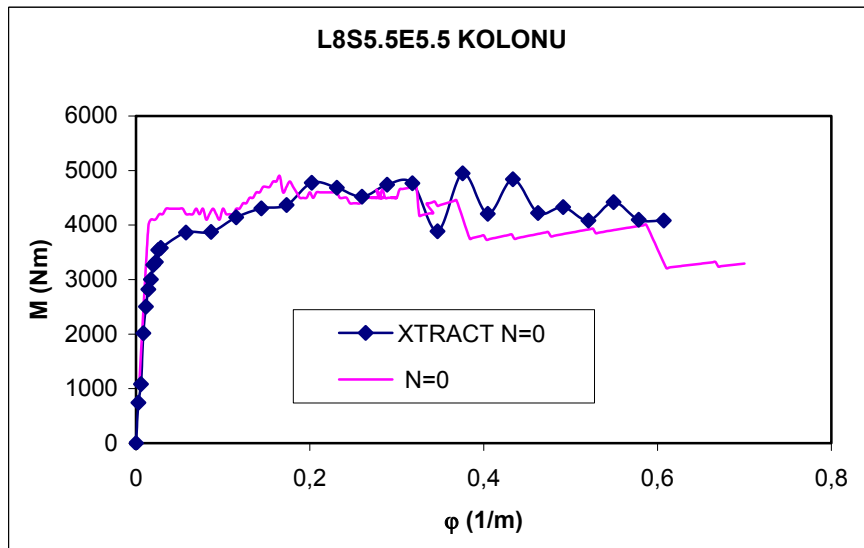
6.1 Kolon Modellerinin Karşılaştırılması $M - \phi$ İlişkileri

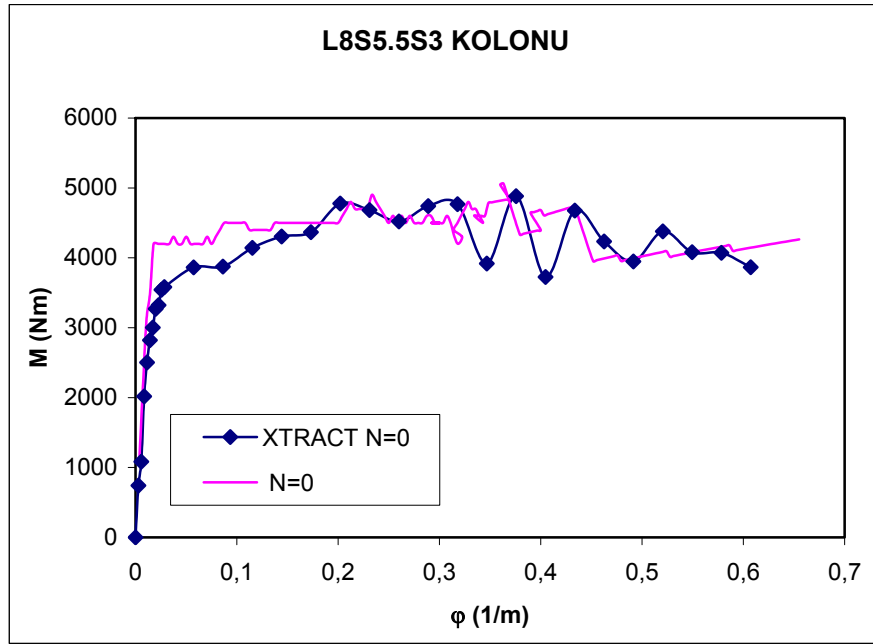
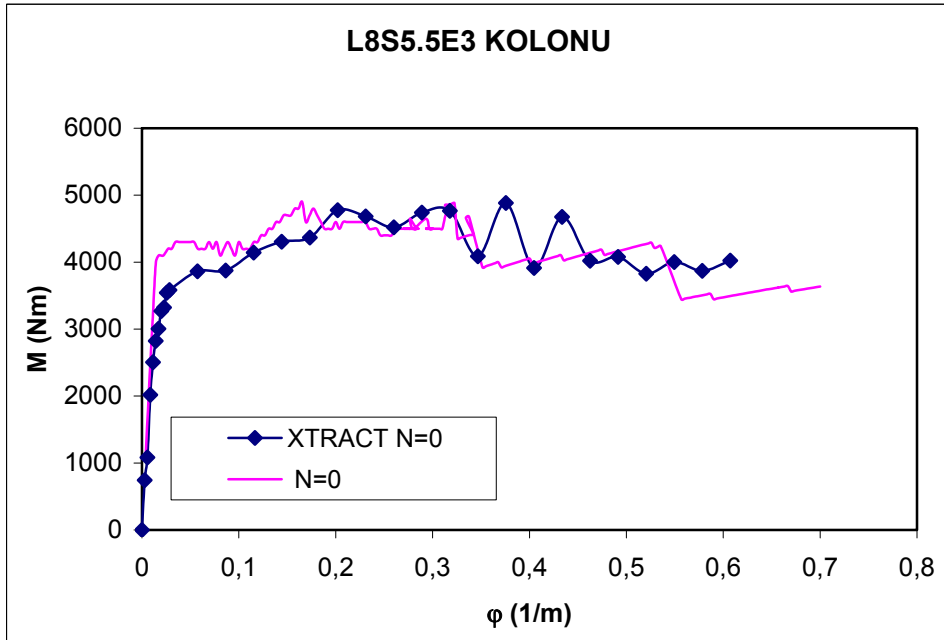


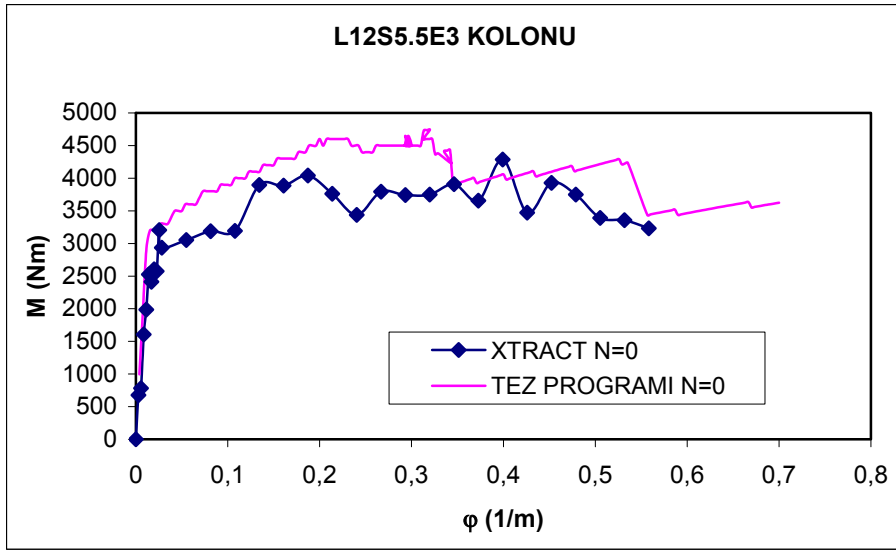
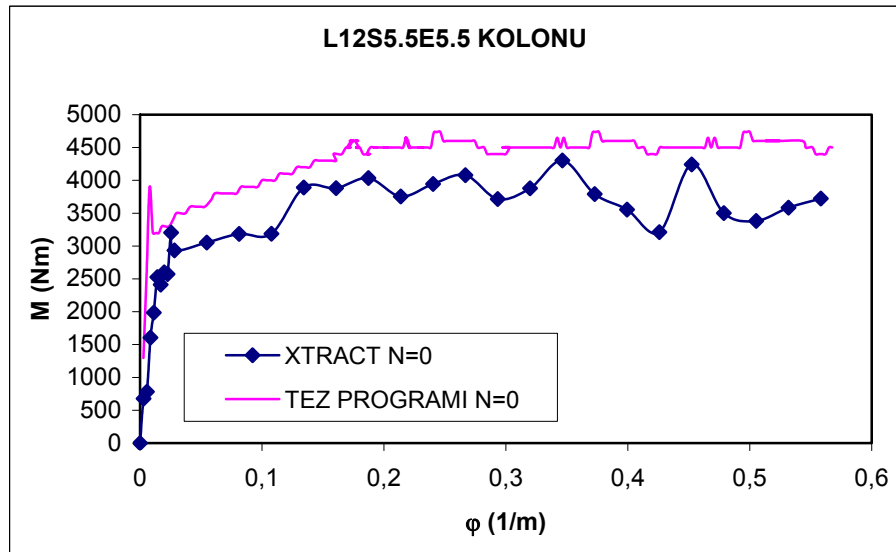
Şekil 6.1 $M - \phi$ ilişkisi

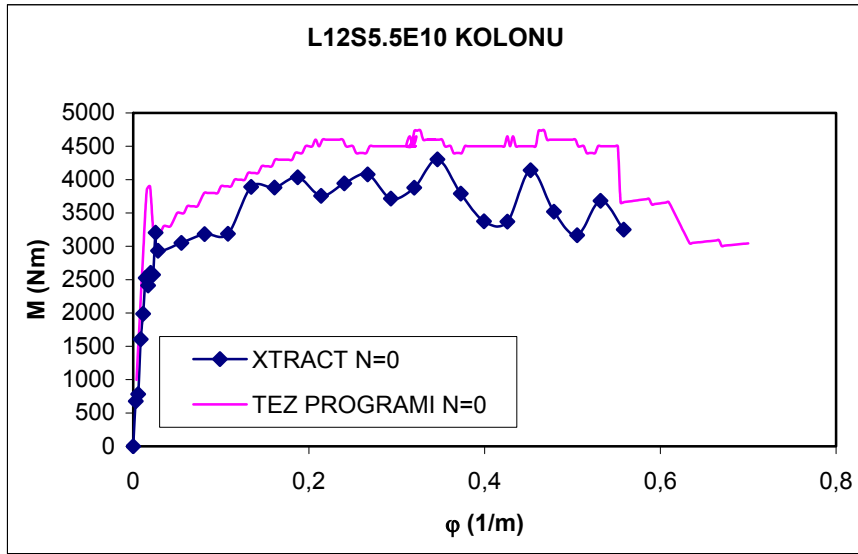
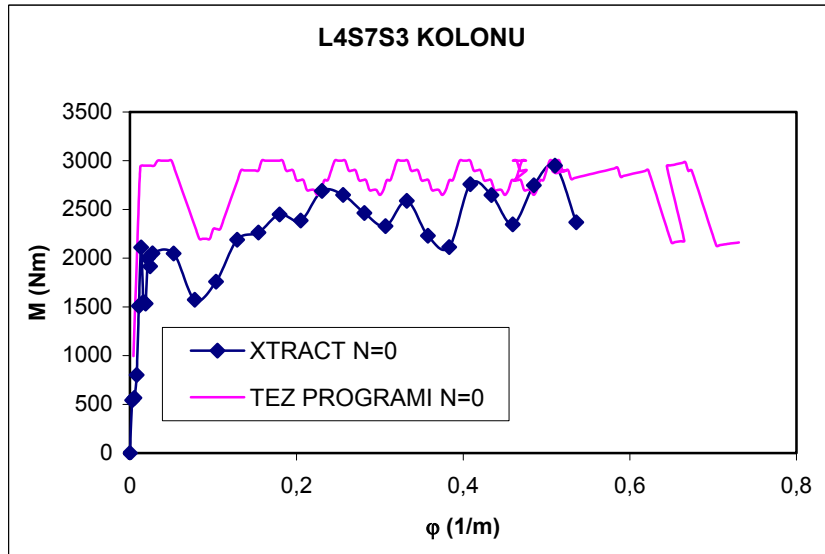


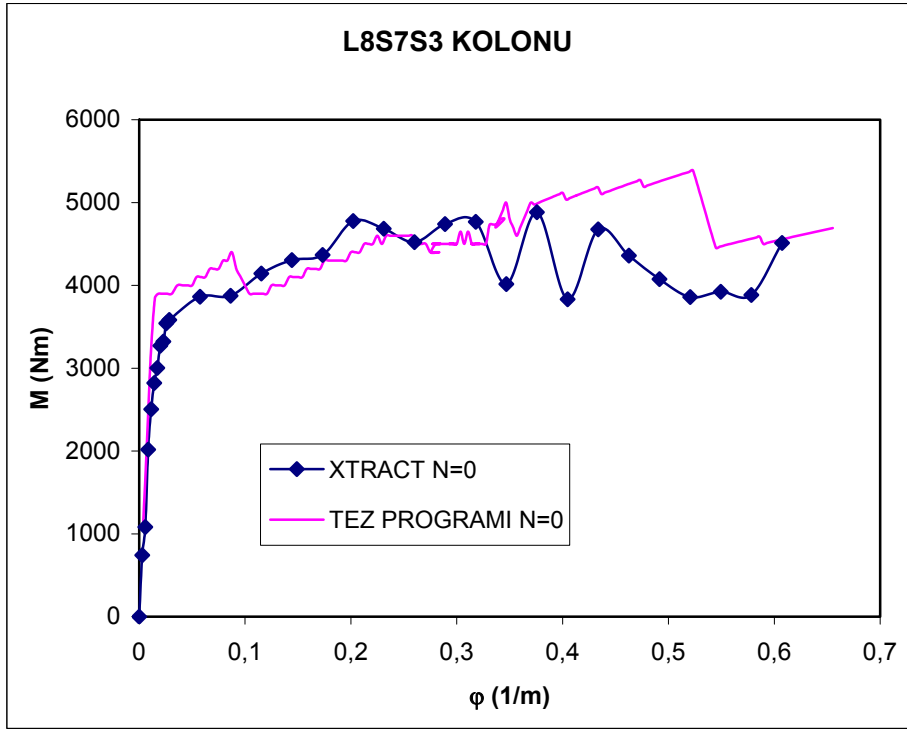
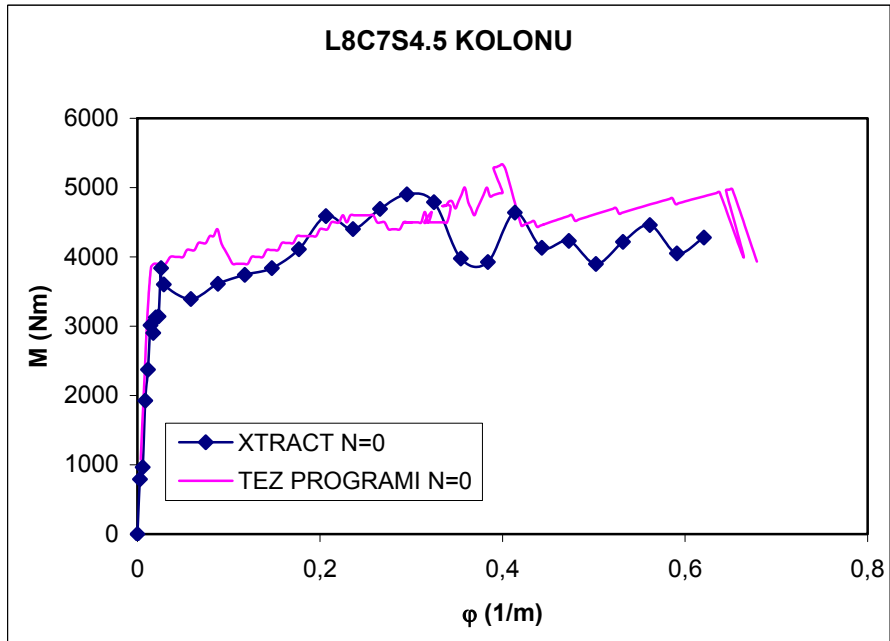
Şekil 6.2 $M - \phi$ ilişkisi

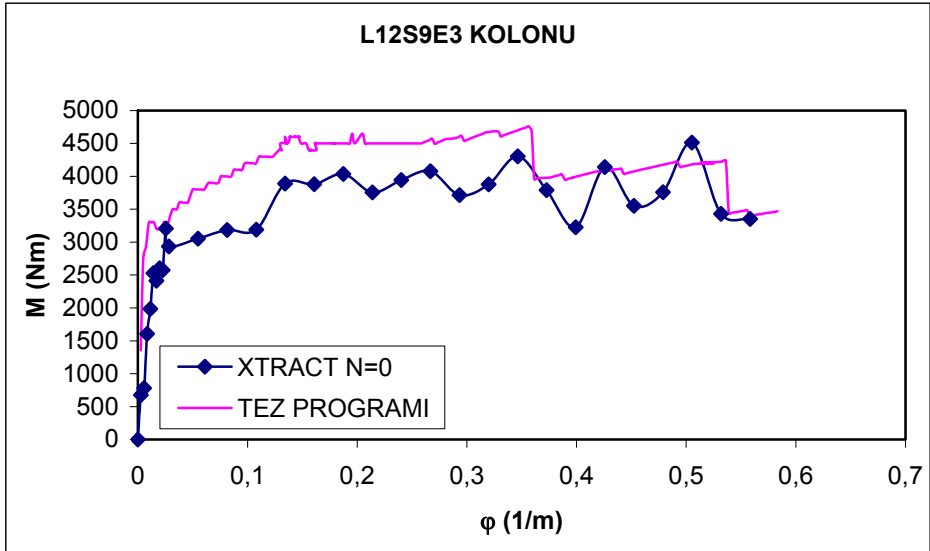
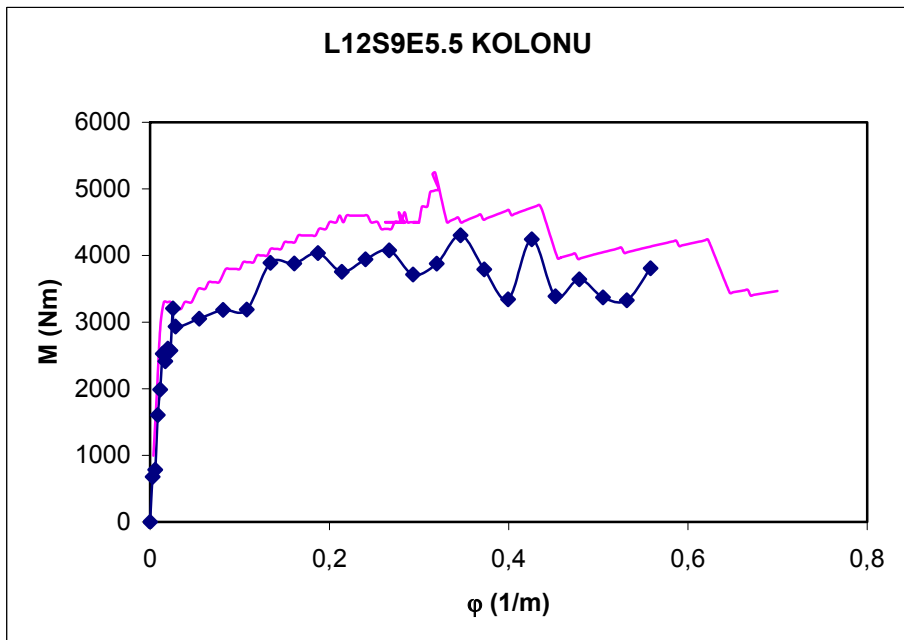
Şekil 6.3 $M - \phi$ ilişkisiŞekil 6.4 $M - \phi$ ilişkisi

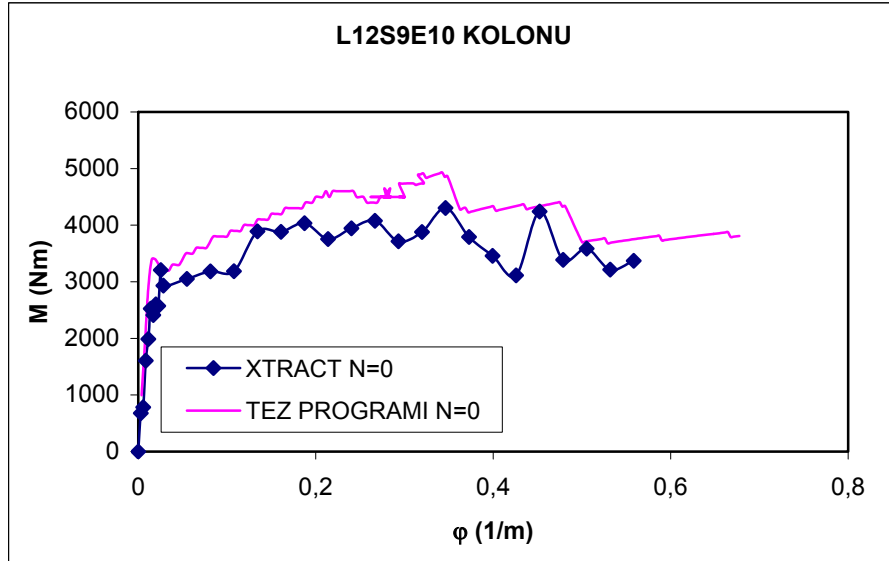
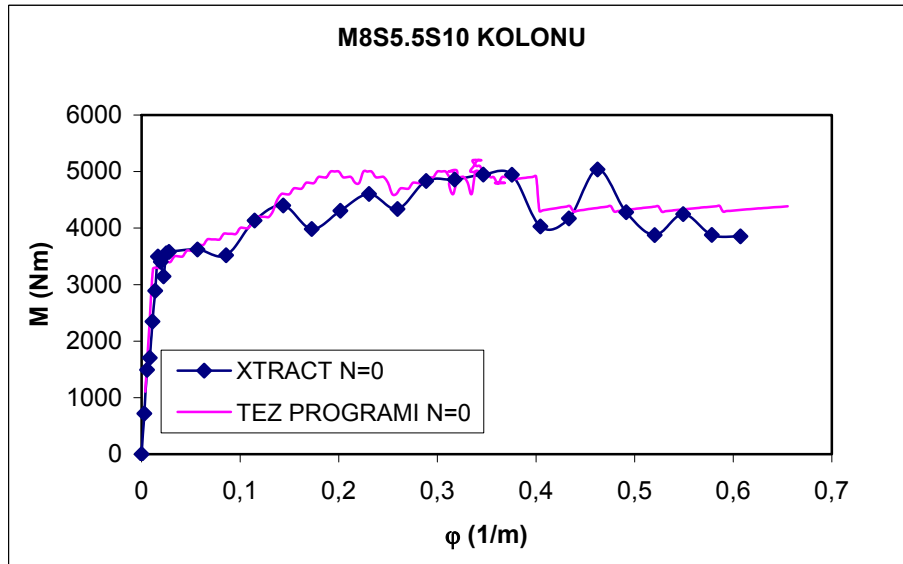
Şekil 6.5 $M - \phi$ ilişkisiŞekil 6.6 $M - \phi$ ilişkisi

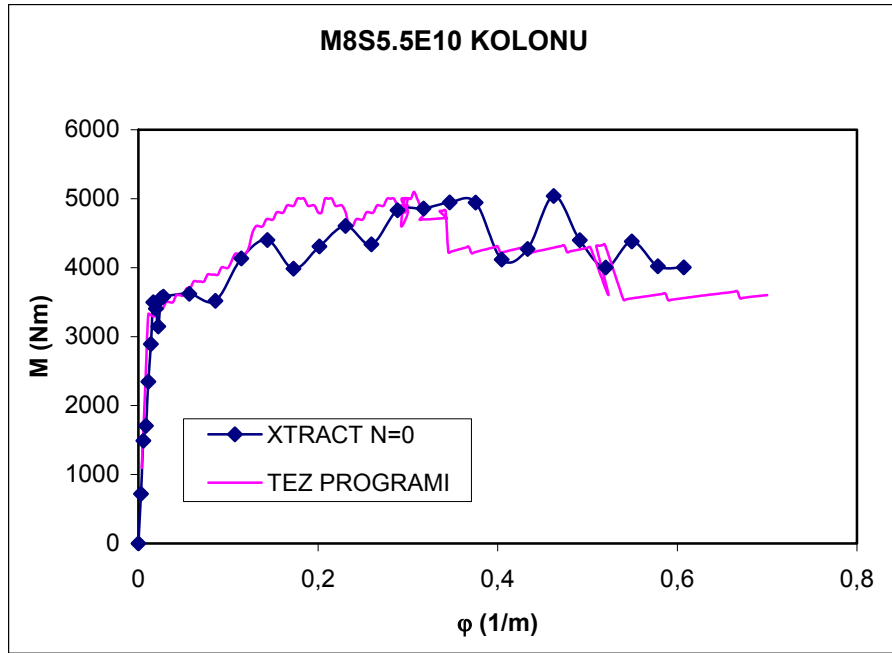
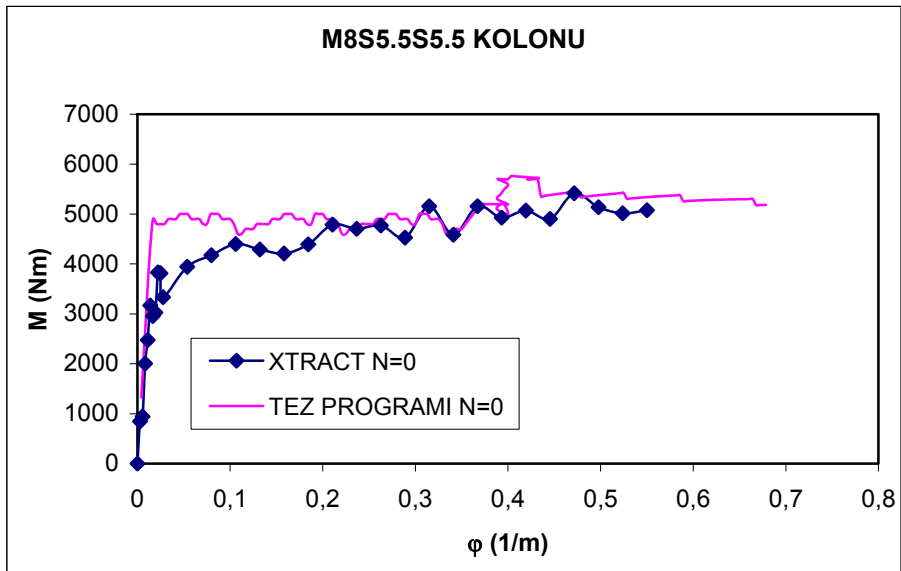
Şekil 6.7 $M - \phi$ ilişkisiŞekil 6.8 $M - \phi$ ilişkisi

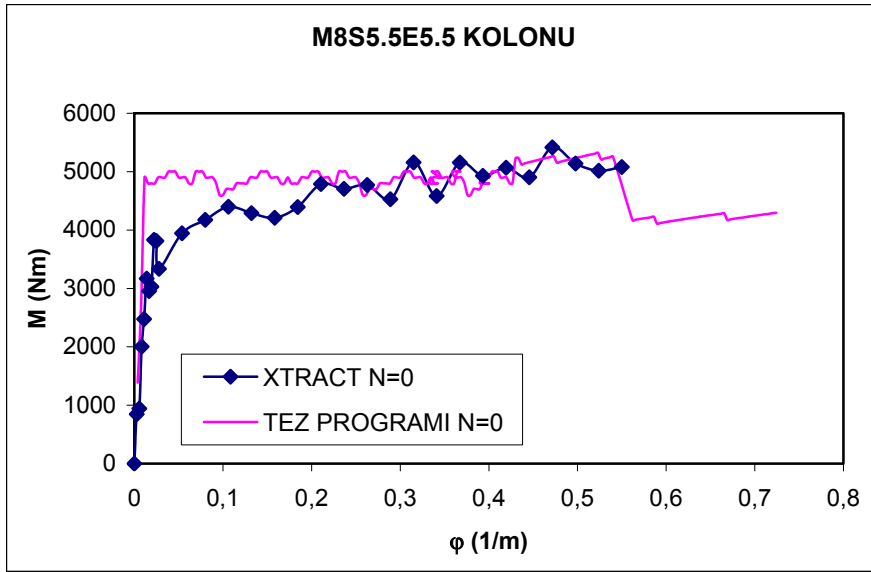
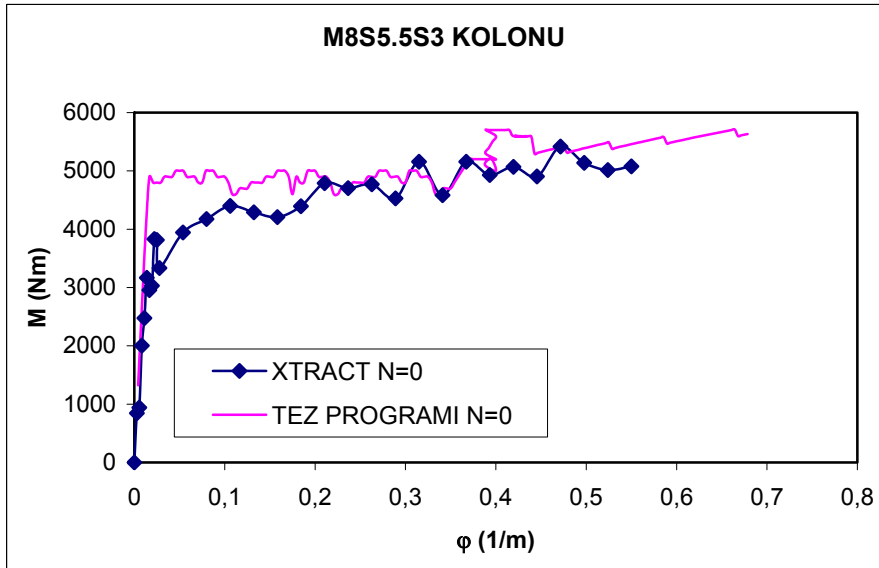
Şekil 6.9 $M - \varphi$ ilişkisiŞekil 6.10 $M - \varphi$ ilişkisi

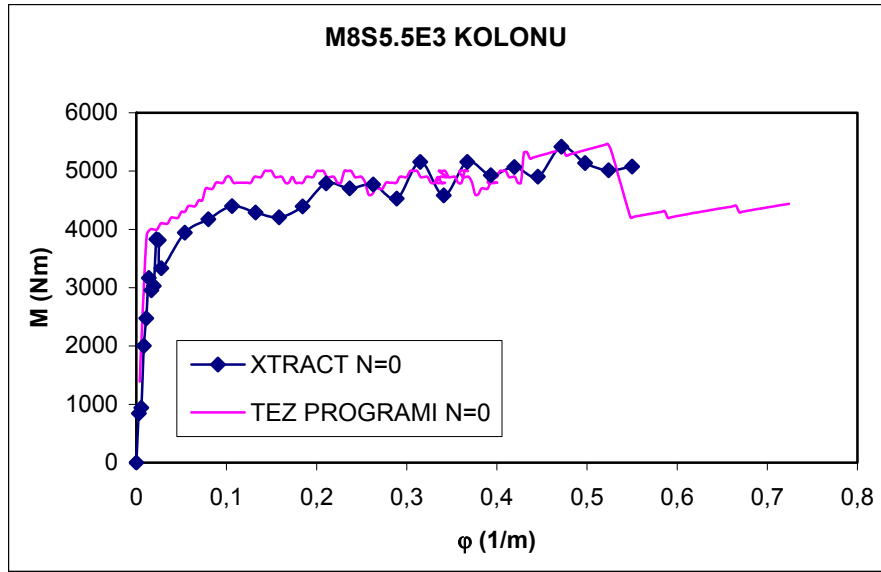
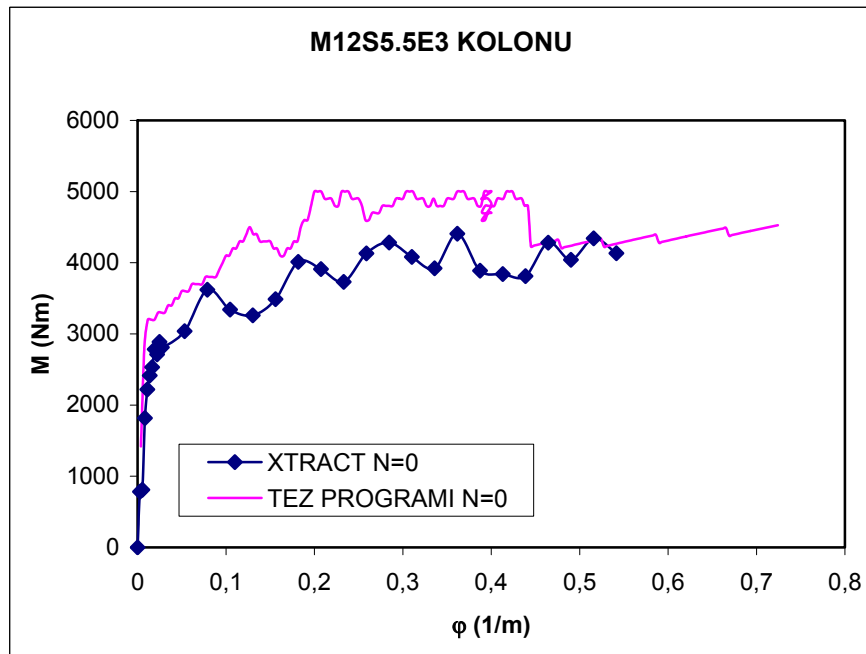
Şekil 6.11 $M - \phi$ ilişkisiŞekil 6.12 $M - \phi$ ilişkisi

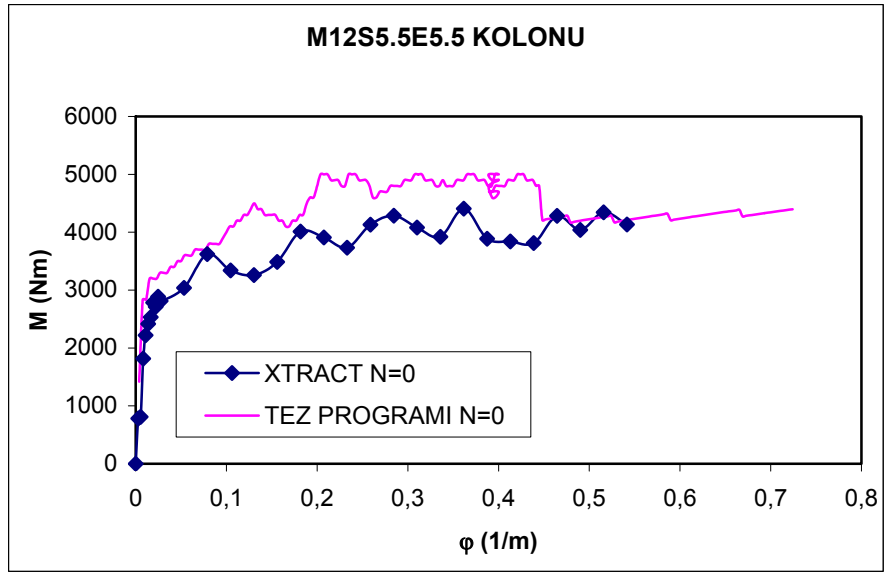
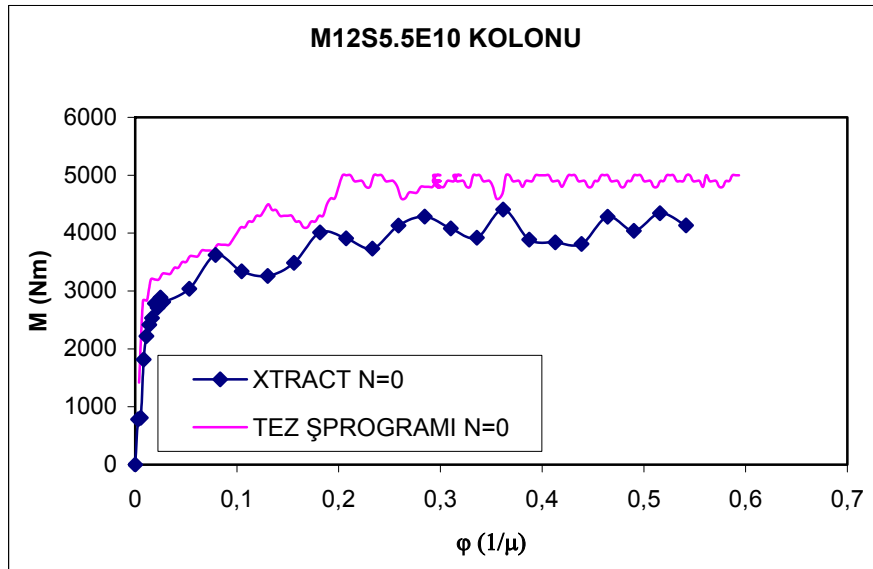
Şekil 6.13 $M - \phi$ ilişkisiŞekil 6.14 $M - \phi$ ilişkisi

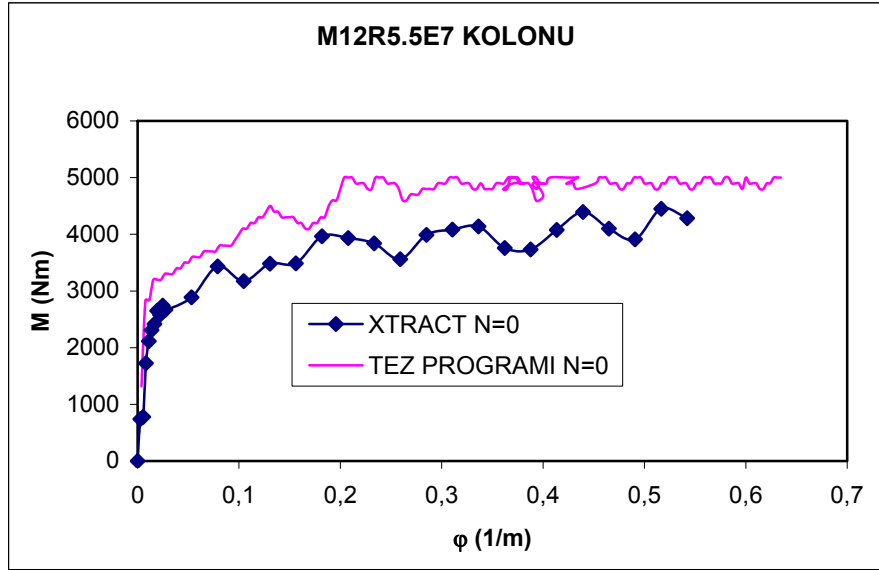
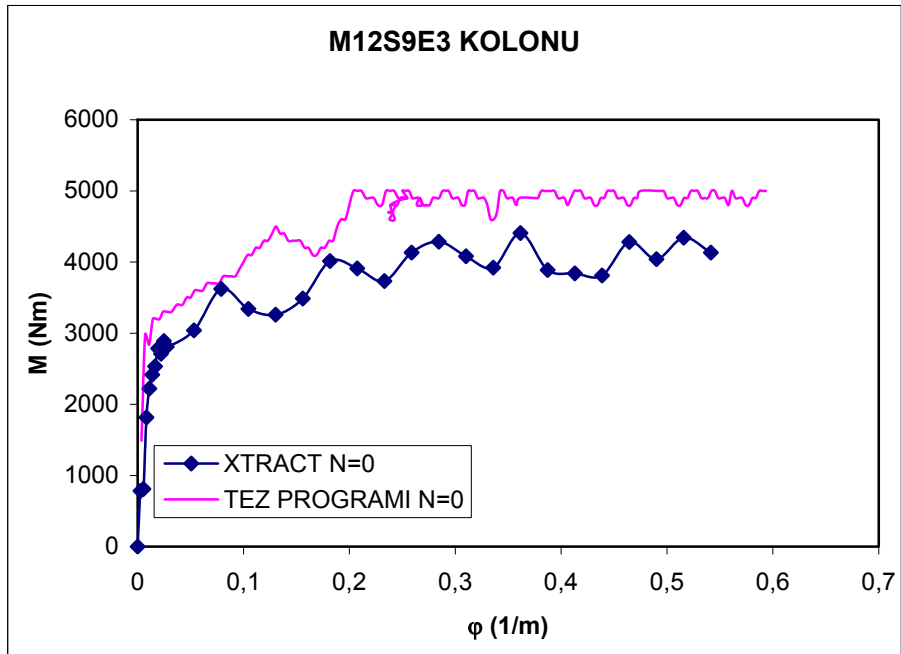
Şekil 6.15 $M - \varphi$ ilişkisiŞekil 6.16 $M - \varphi$ ilişkisi

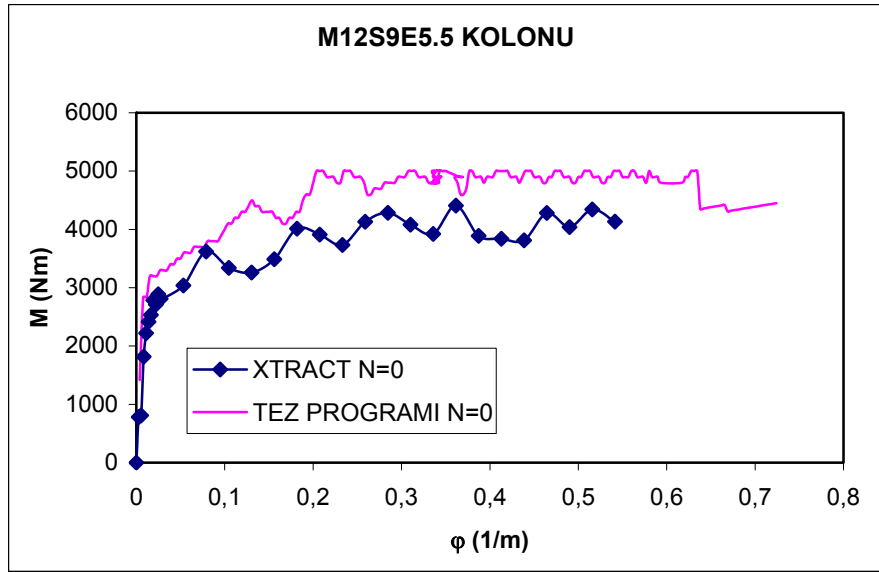
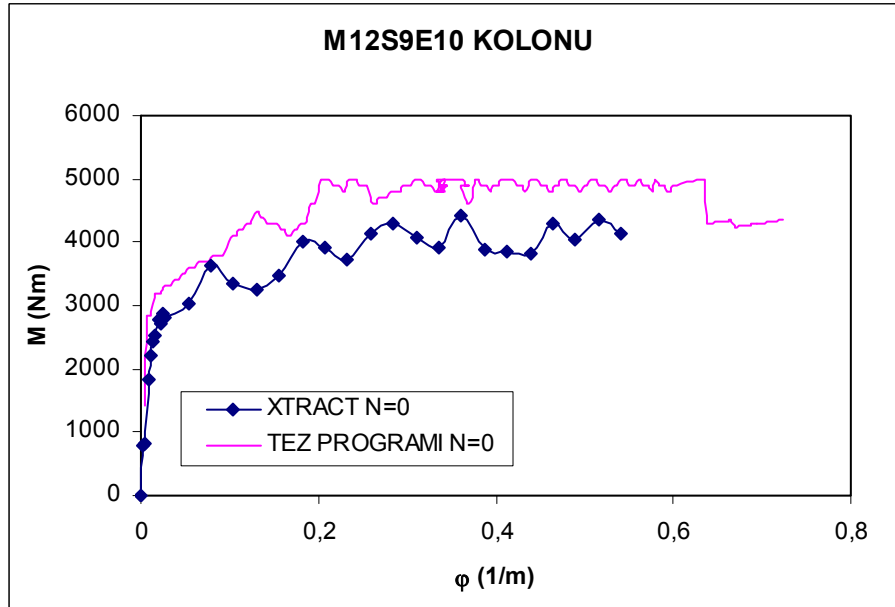
Şekil 6.17 $M - \varphi$ ilişkisiŞekil 6.18 $M - \varphi$ ilişkisi

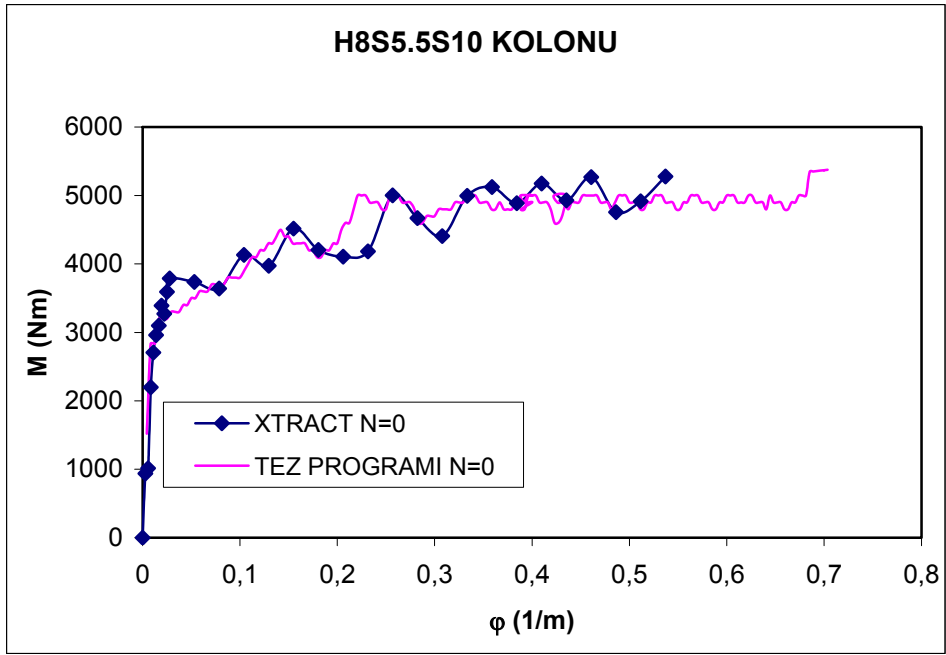
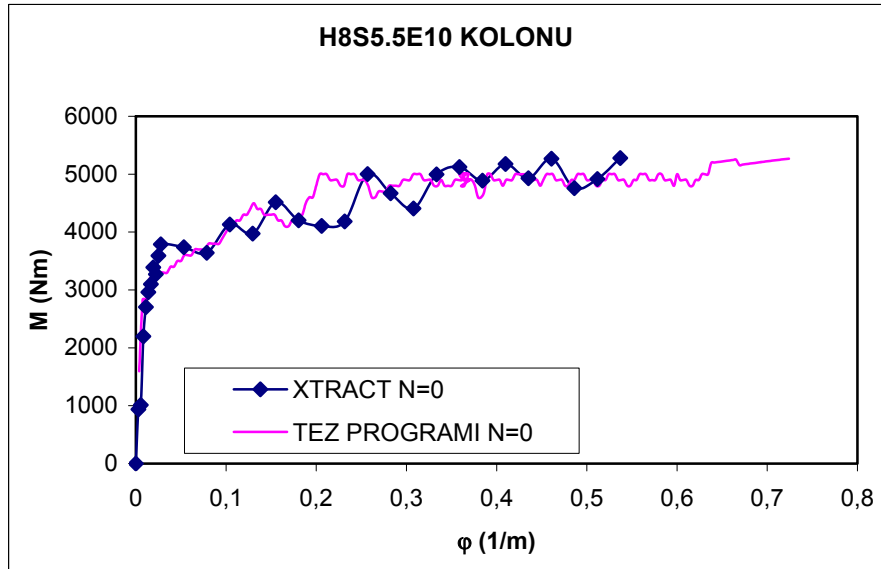
Şekil 6.19 $M - \phi$ ilişkisiŞekil 6.20 $M - \phi$ ilişkisi

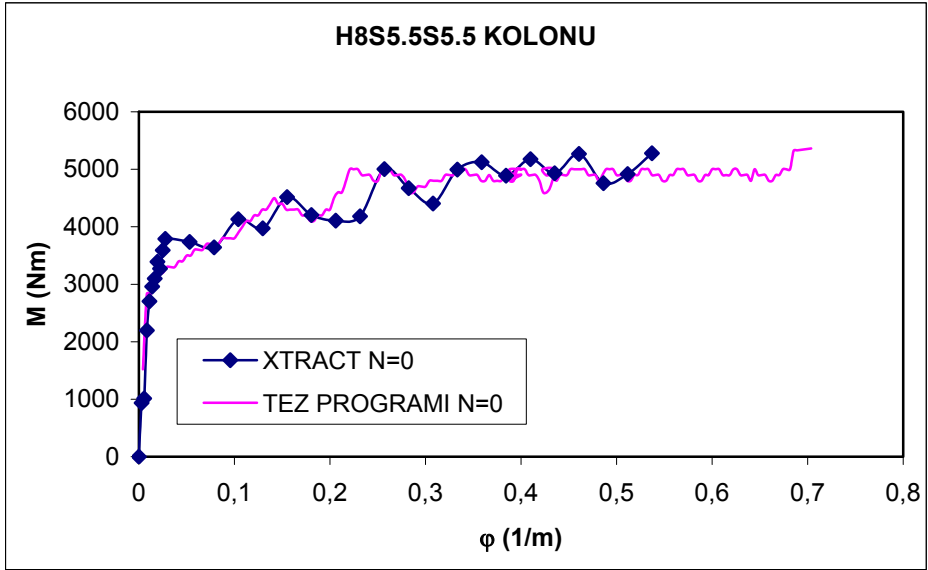
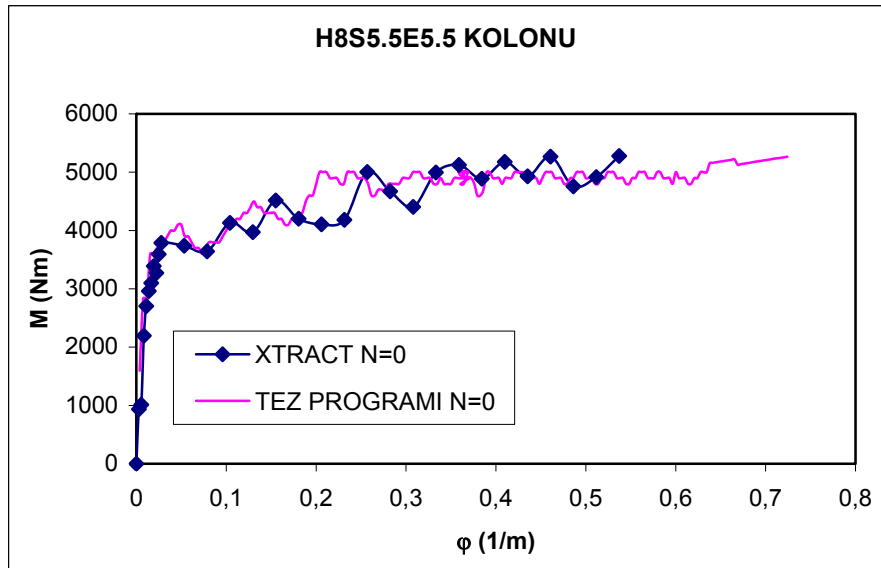
Şekil 6.21 $M - \phi$ ilişkisiŞekil 6.22 $M - \phi$ ilişkisi

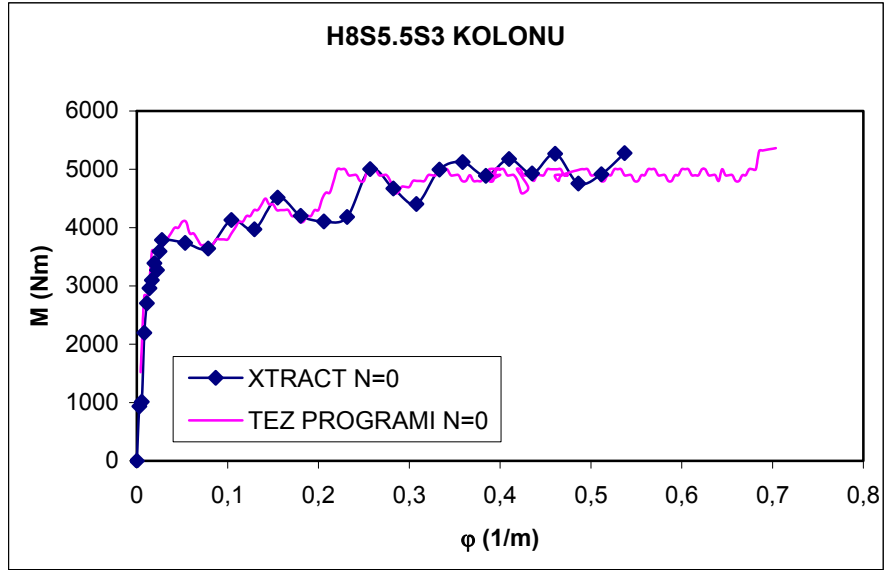
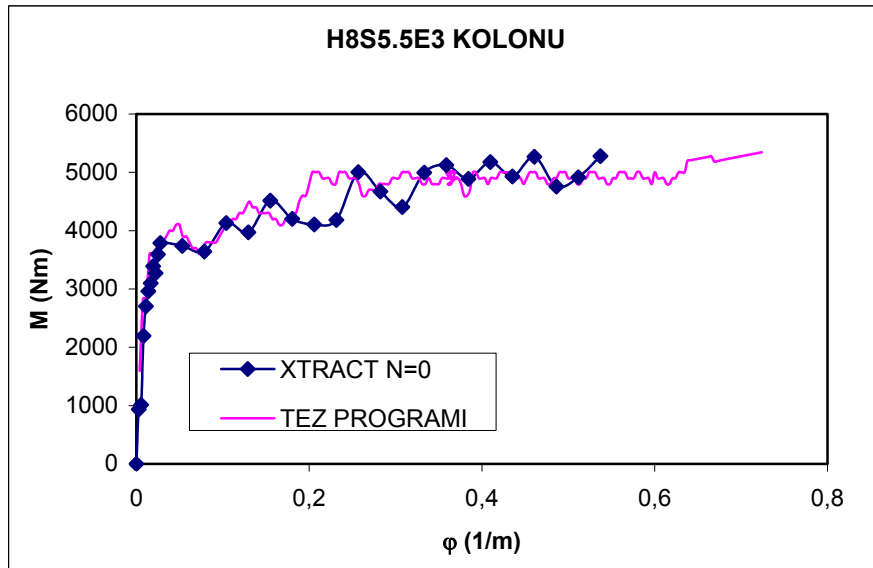
Şekil 6.23 $M - \varphi$ ilişkisiŞekil 6.24 $M - \varphi$ ilişkisi

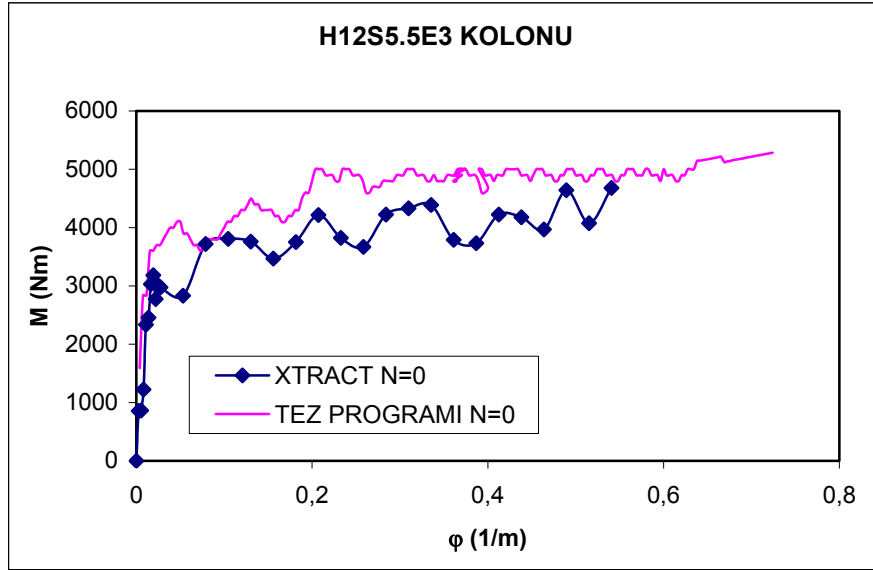
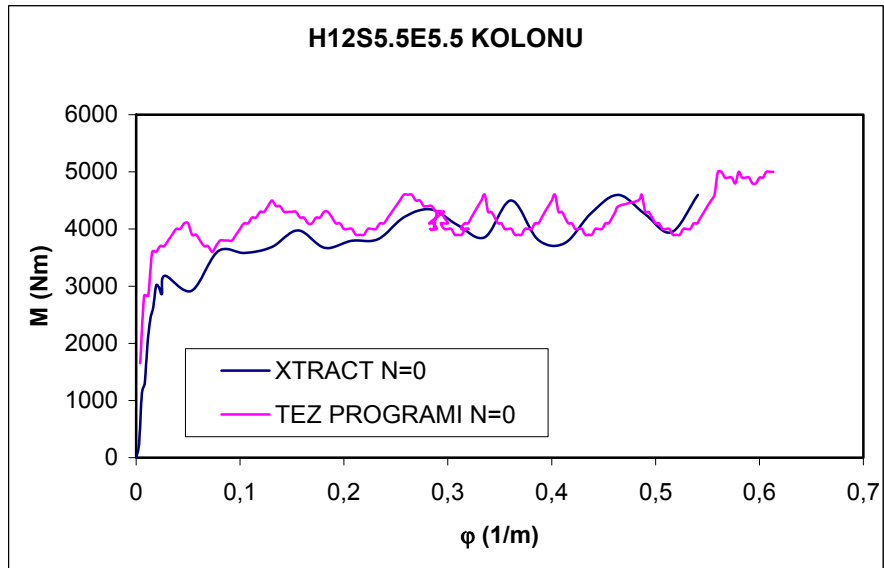
Şekil 6.25 $M - \varphi$ ilişkisiŞekil 6.26 $M - \varphi$ ilişkisi

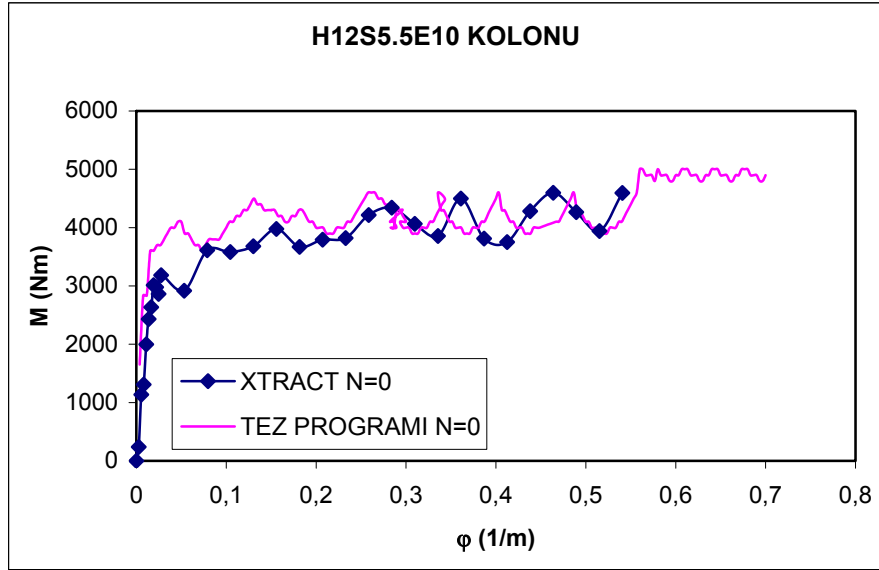
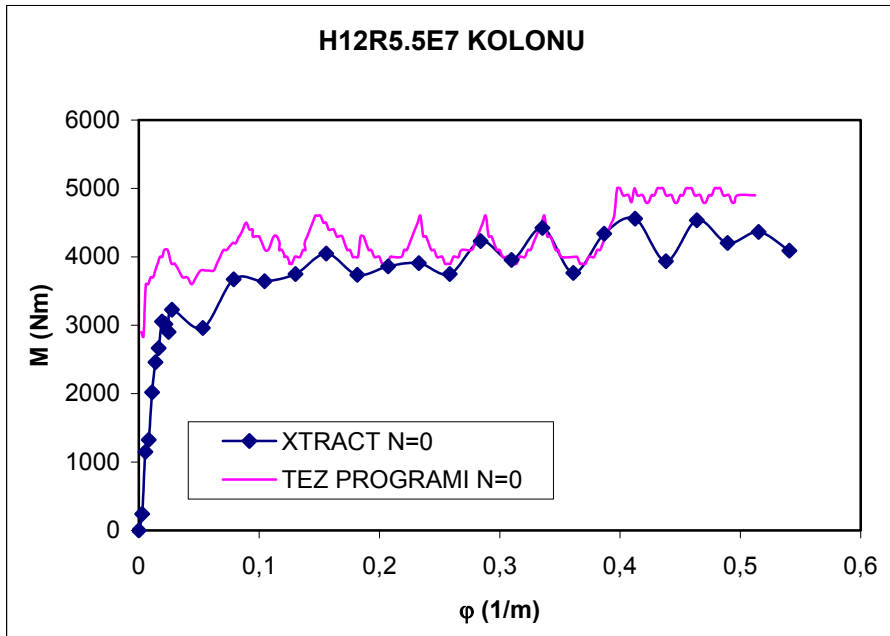
Şekil 6.27 $M - \varphi$ ilişkisiŞekil 6.28 $M - \varphi$ ilişkisi

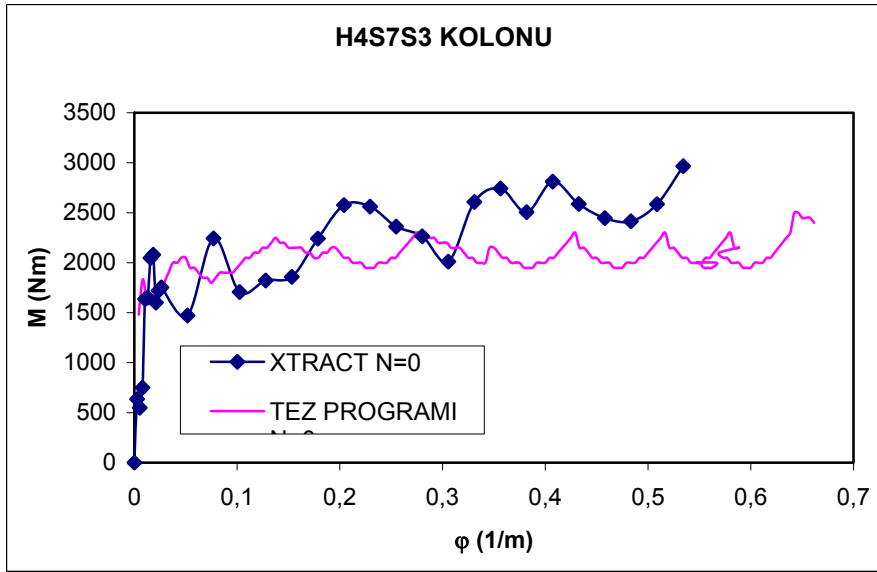
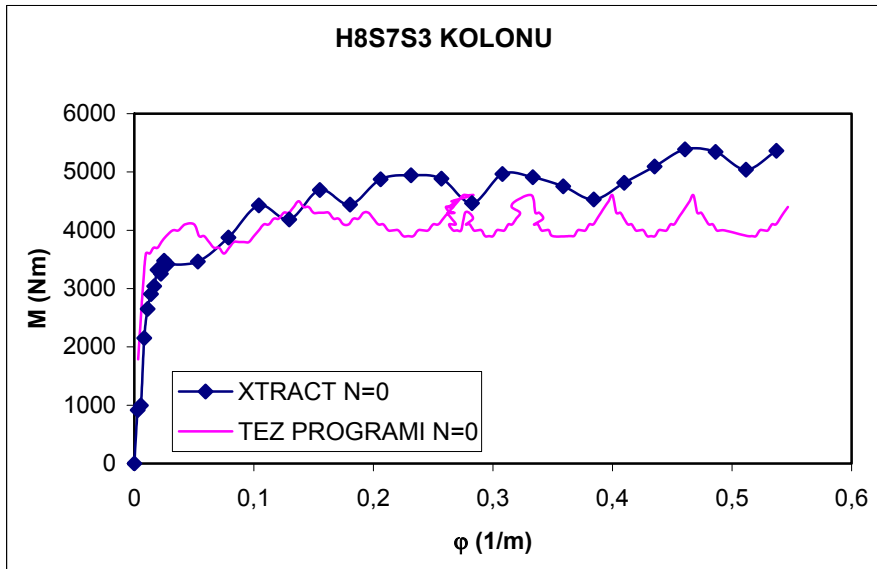
Şekil 6.29 $M - \phi$ ilişkisiŞekil 6.30 $M - \phi$ ilişkisi

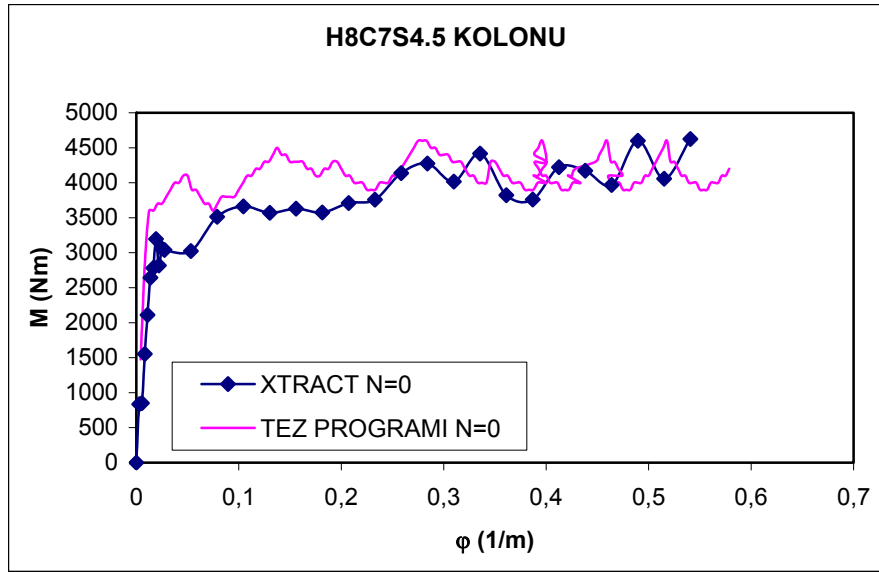
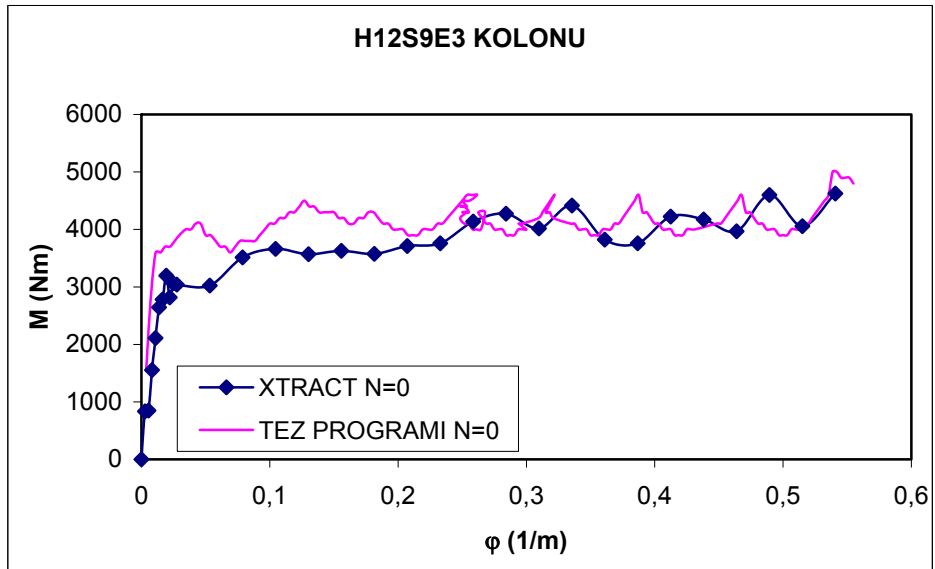
Şekil 6.31 $M - \phi$ ilişkisiŞekil 6.32 $M - \phi$ ilişkisi

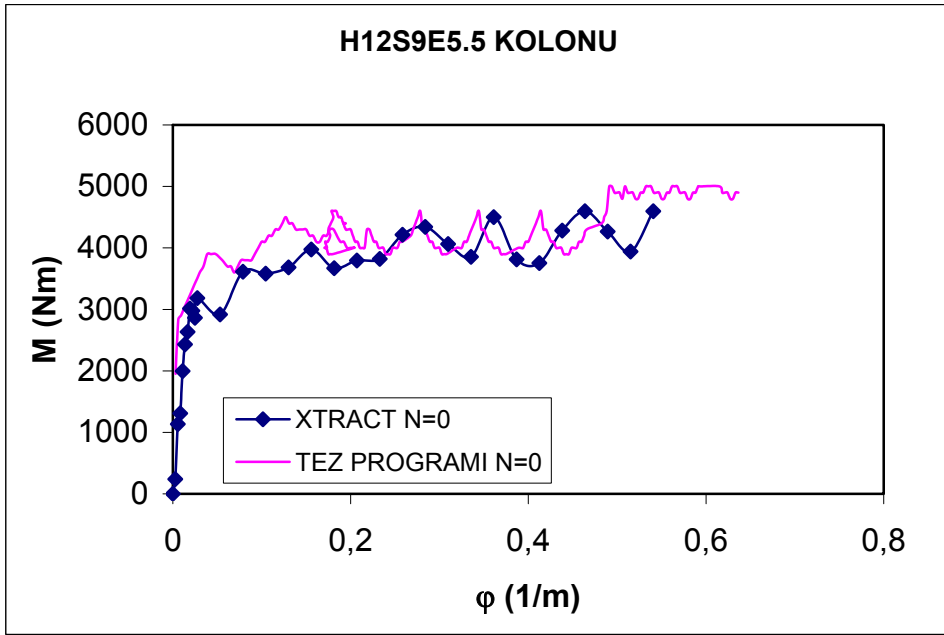
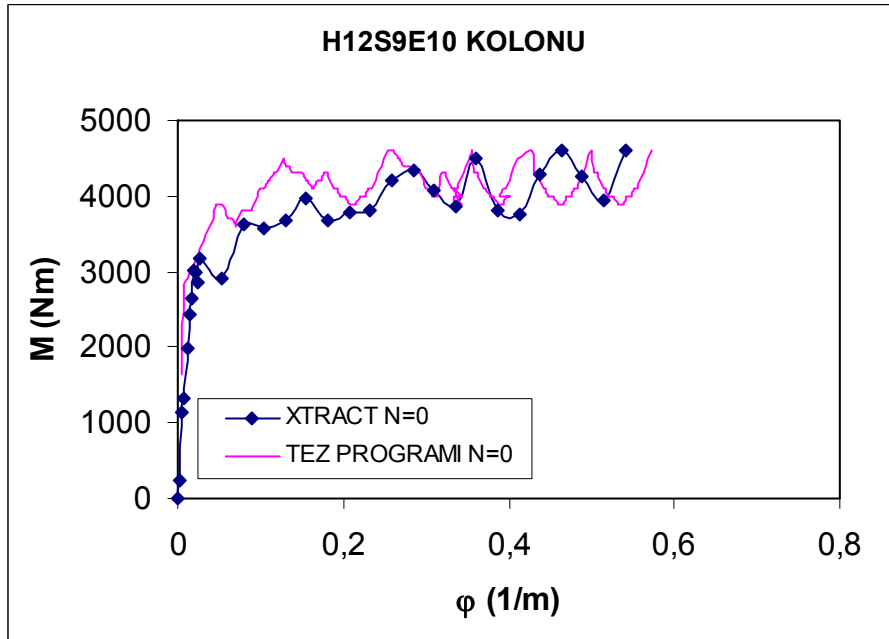
Şekil 6.33 $M - \varphi$ ilişkisiŞekil 6.34 $M - \varphi$ ilişkisi

Şekil 6.35 $M - \varphi$ ilişkisiŞekil 6.36 $M - \varphi$ ilişkisi

Şekil 6.37 $M - \phi$ ilişkisiŞekil 6.38 $M - \phi$ ilişkisi

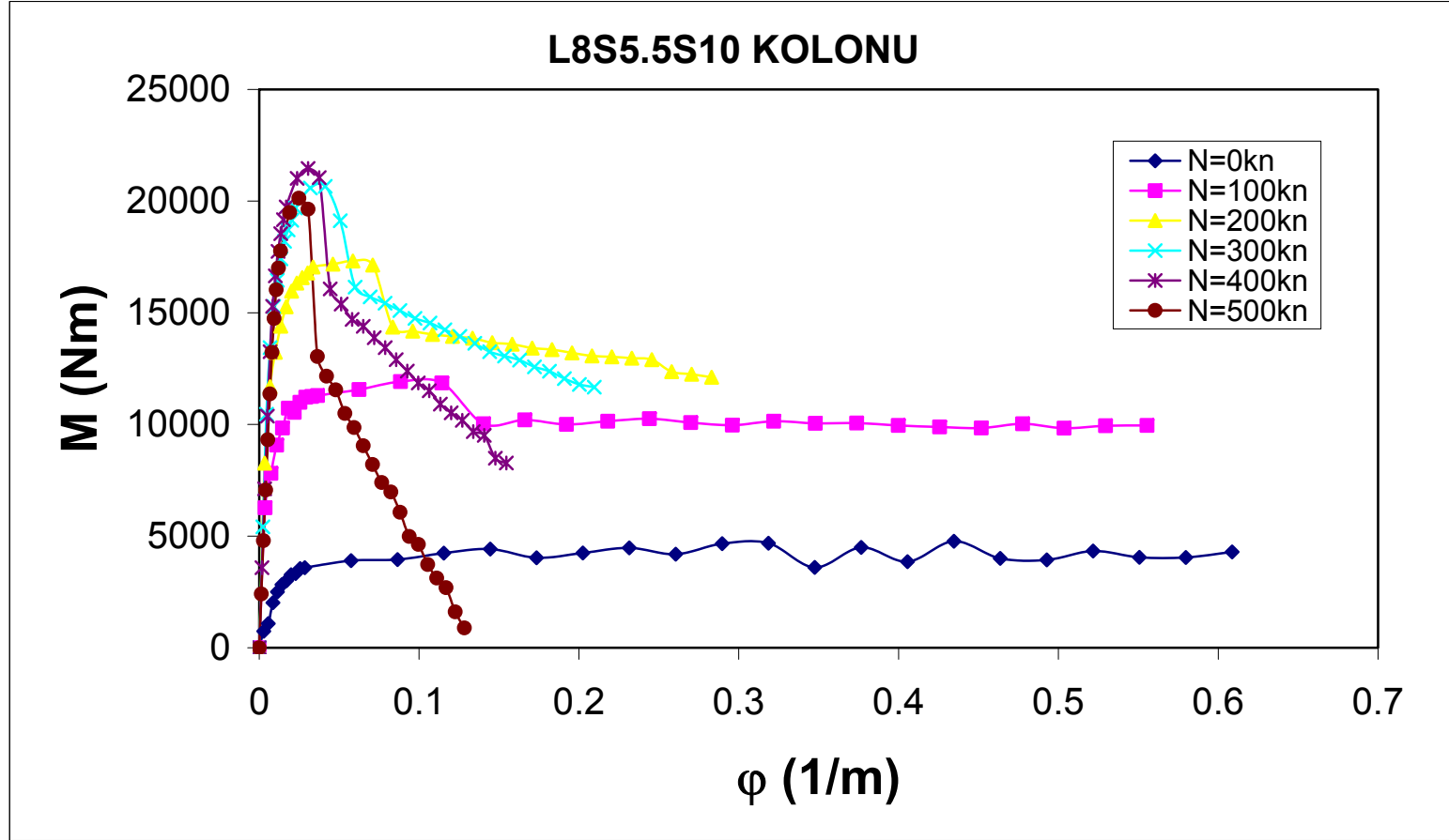
Şekil 6.39 $M - \varphi$ ilişkisiŞekil 6.40 $M - \varphi$ ilişkisi

Şekil 6.41 $M - \varphi$ ilişkisiŞekil 6.42 $M - \varphi$ ilişkisi

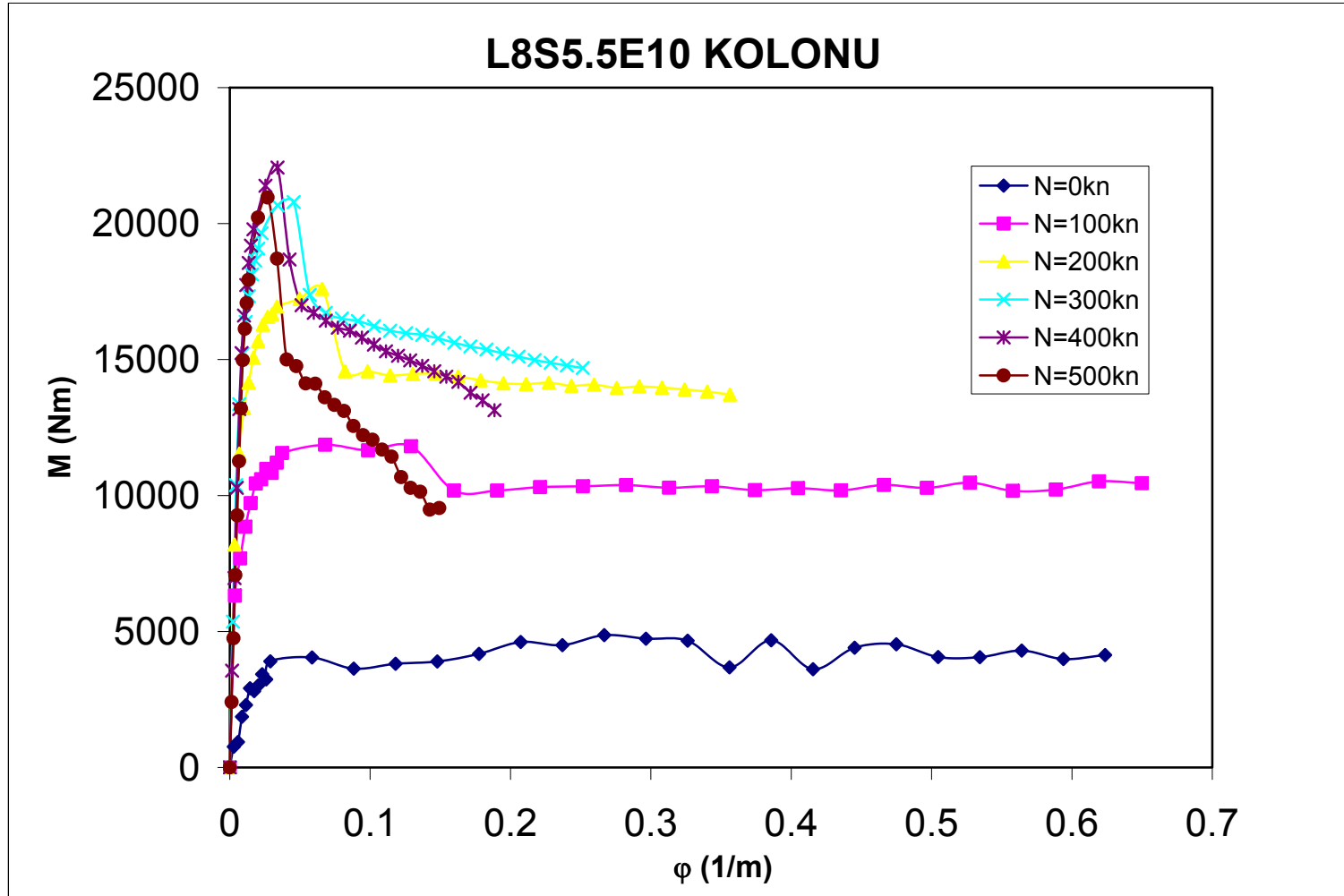
Şekil 6.43 $M - \varphi$ ilişkisiŞekil 6.44 $M - \varphi$ ilişkisi

DENEYSEL KOLON SONUÇLARI							
HEON-SOO CHUNG, KEUN-HYEOK YANG, YOUNG-HO LEE, AND HEE-CHANG EUN							
Sıra No	Kolon Tipi	İlk Akma Momenti M(Nm)	İlk Akma Egriliği K(1/m)	Linearize Moment M(Nm)	Linearize Egriliği K(1/m)	Max Moment M(Nm)	Max Egrilik K(1/m)
1	L8S5.5S10	2804	0.001405	4063	0.002036	4239	0.608700
2	L8S5.5E10	2913	0.001444	4257	0.002111	4135	0.623600
3	L8S5.5S5.5	2803	0.001405	4649	0.002330	3901	0.670300
4	L8S5.5E5.5	2803	0.001405	4581	0.002296	4083	0.607300
5	L8S5.5S3	2803	0.001405	4677	0.002344	3865	0.607300
6	L8S5.5E3	2803	0.001405	4472	0.002241	4024	0.607300
7	L12S5.5E3	2526	0.001415	3420	0.001916	3844	0.558300
8	L12S5.5E5.5	2525	0.001415	3588	0.002011	3724	0.558300
9	L12S5.5E10	2526	0.001415	4016	0.002250	3250	0.558300
10	L4S7S3	2063	0.001372	2338	0.001556	2368	0.535700
11	L8S7S3	2803	0.001405	4022	0.002016	4512	0.607300
12	L8C7S4.5	3014	0.001444	4043	0.001938	4279	0.620600
13	L12S9E3	2526	0.001415	4054	0.002271	3353	0.558300
14	L12S9E5.5	2525	0.001415	3492	0.001957	3809	0.558300
15	L12S9E10	2525	0.001415	3879	0.002173	3369	0.558300
16	M8S5.5S10	2924	0.001400	4693	0.002247	3855	0.607300
17	M8S5.5E10	2924	0.001400	4622	0.002214	4005	0.607300
18	M8S5.5S5.5	3168	0.001387	4249	0.001860	5078	0.550000
19	M8S5.5E5.5	3168	0.001387	4249	0.001860	5078	0.550000
20	M8S5.5S3	3168	0.001387	4249	0.001860	5078	0.550000
21	M8S5.5E3	3167	0.001387	4249	0.001860	5078	0.550000
22	M12S5.5E3	2411	0.001370	3527	0.002004	4133	0.541500
23	M12S5.5E5.5	2411	0.001370	3527	0.002004	4133	0.541500
24	M12S5.5E10	2411	0.001370	3527	0.002004	4133	0.541500
25	M12R5.5E7	2304	0.001370	3268	0.001943	4284	0.542200
26	M12S9E3	2411	0.001370	3527	0.002004	4133	0.541500
27	M12S9E5.5	2411	0.001370	3527	0.002004	4133	0.541500
28	M12S9E10	2411	0.001370	3527	0.002004	4133	0.541500
29	H8S5.5S10	2939	0.001362	3798	0.001760	5279	0.537100
30	H8S5.5E10	2939	0.001362	3978	0.001760	5279	0.537100
31	H8S5.5S5.5	2939	0.001362	3978	0.001760	5279	0.537100
32	H8S5.5E5.5	2939	0.001362	3978	0.001760	5279	0.537100
33	H8S5.5S3	2939	0.001362	3978	0.001760	5279	0.537100
34	H8S5.5E3	2939	0.001362	3978	0.001760	5279	0.537100
35	H12S5.5E3	2450	0.001363	3131	0.001742	4679	0.540700
36	H12S5.5E5.5	2401	0.001358	3222	0.001822	4596	0.540700
37	H12S5.5E10	2401	0.001358	3222	0.001822	4596	0.540700
38	H12R5.5E7	2429	0.001358	3804	0.002127	4091	0.540700
39	H4S7S3	2639	0.001375	3107	0.001618	4625	0.540700
40	H8S7S3	2885	0.001362	3940	0.001860	5364	0.537100
41	H8C7S4.5	1655	0.001316	1631	0.001296	2965	0.534200
42	H12S9E3	2639	0.001375	3107	0.001618	4625	0.540700
43	H12S9E5.5	2401	0.001358	3222	0.001822	4596	0.540700
44	H12S9E10	2401	0.001358	3222	0.001822	4596	0.540700

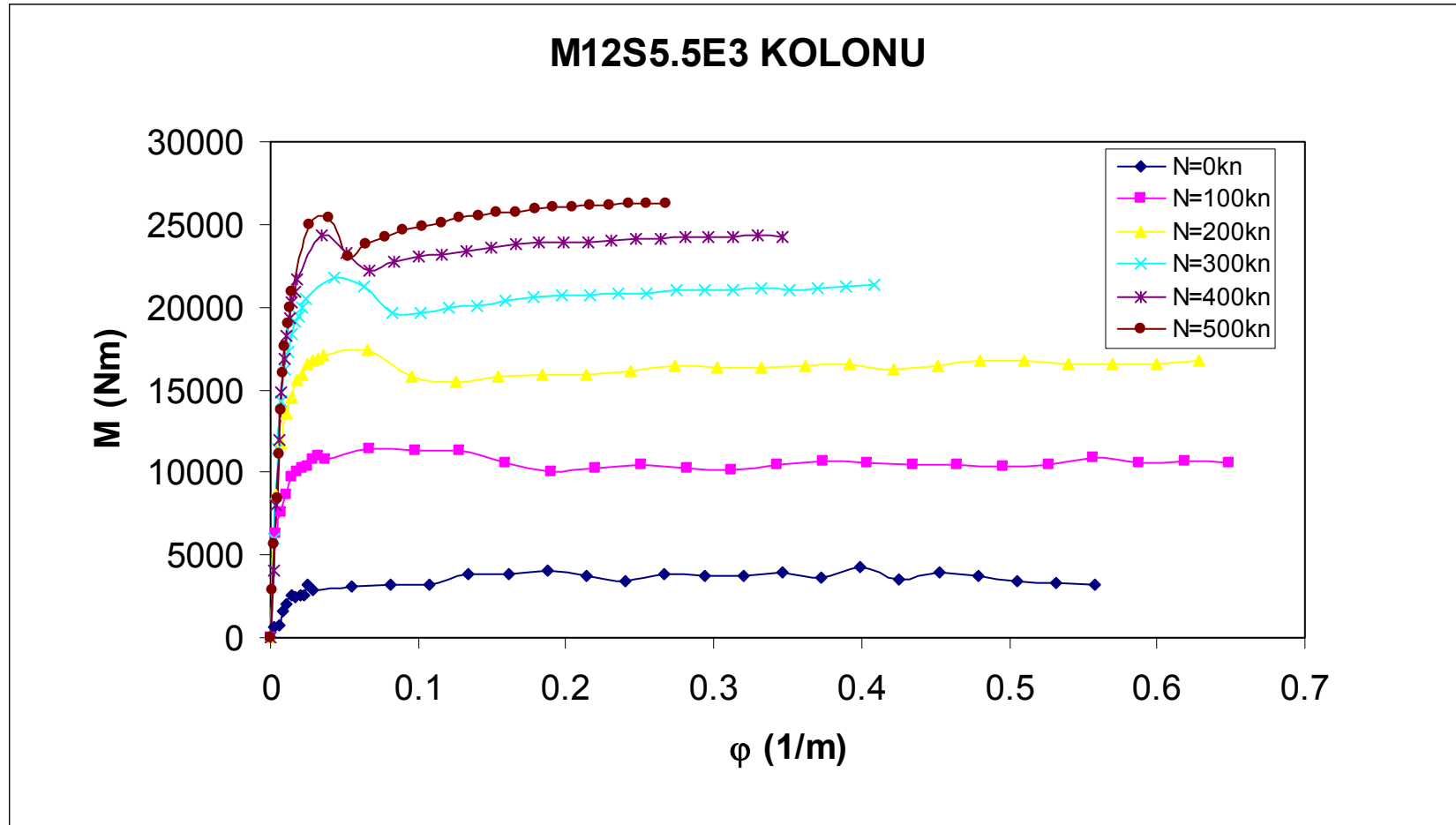
Çizelge 5.2 Deneyisel Kolon Sonuçları



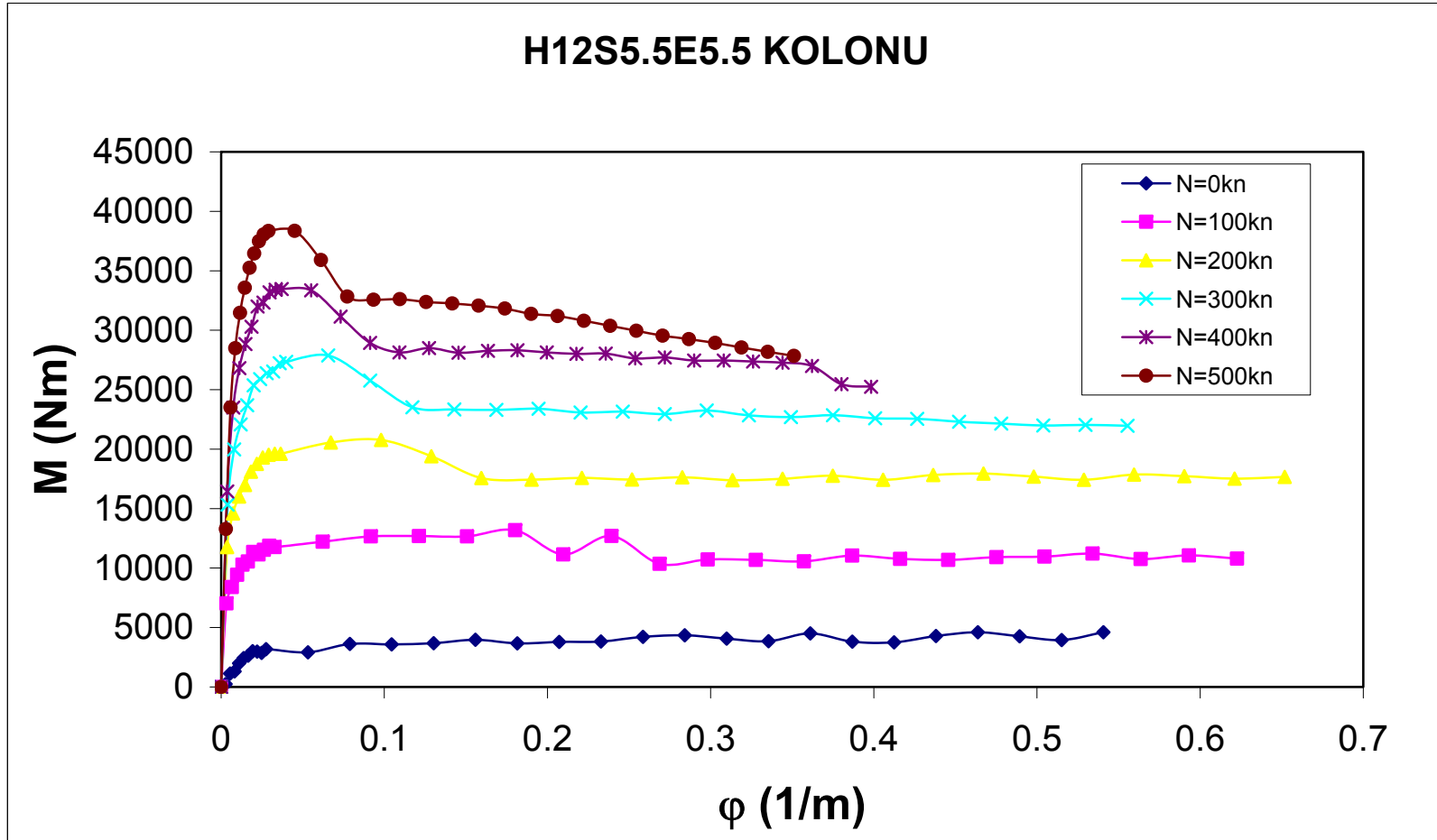
Şekil 6.45 Değişken normal kuvvet altındaki $M - \phi$ ilişkisi



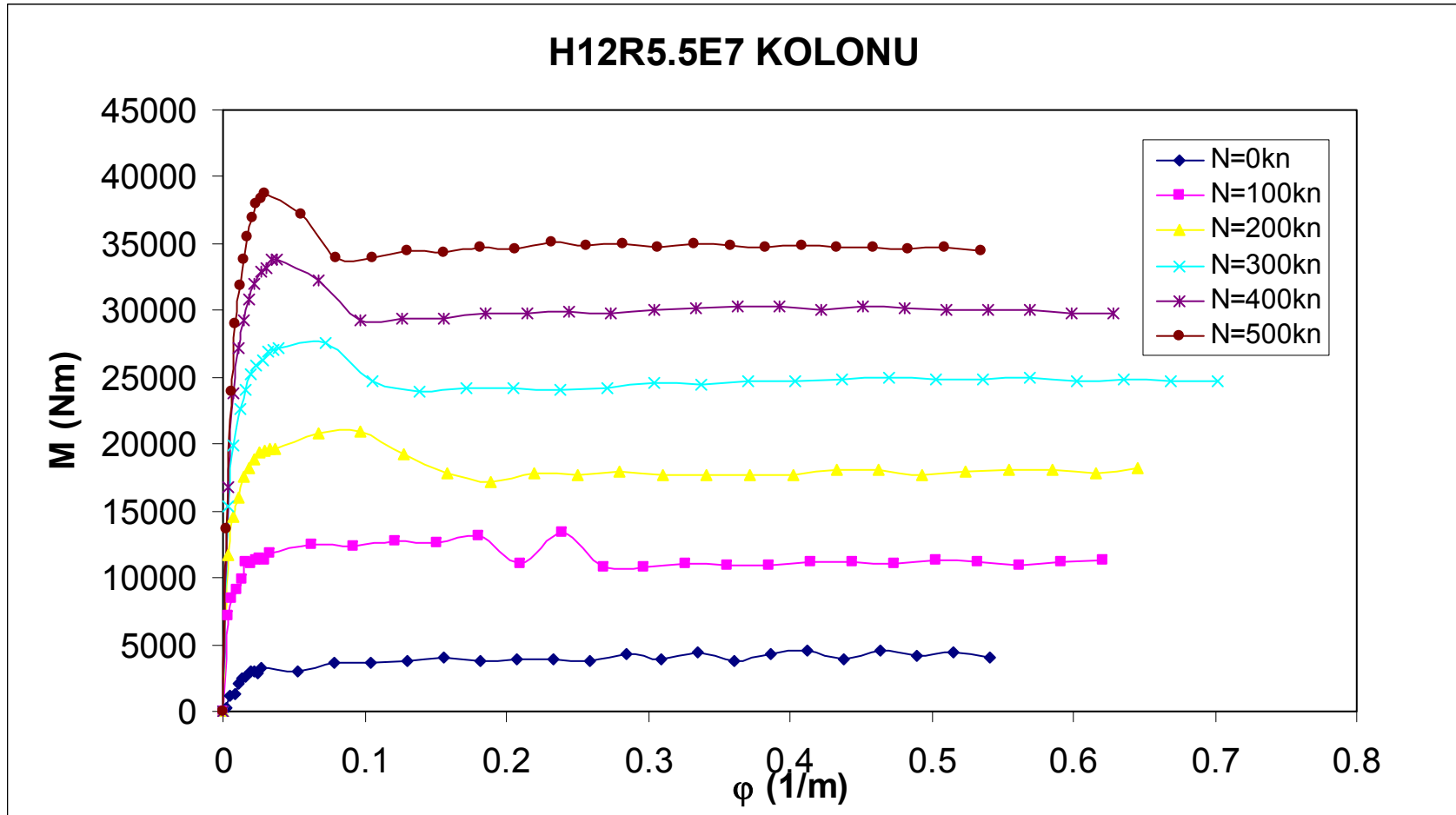
Şekil 6.46 Değişken normal kuvvet altındaki $M - \phi$ ilişkisi



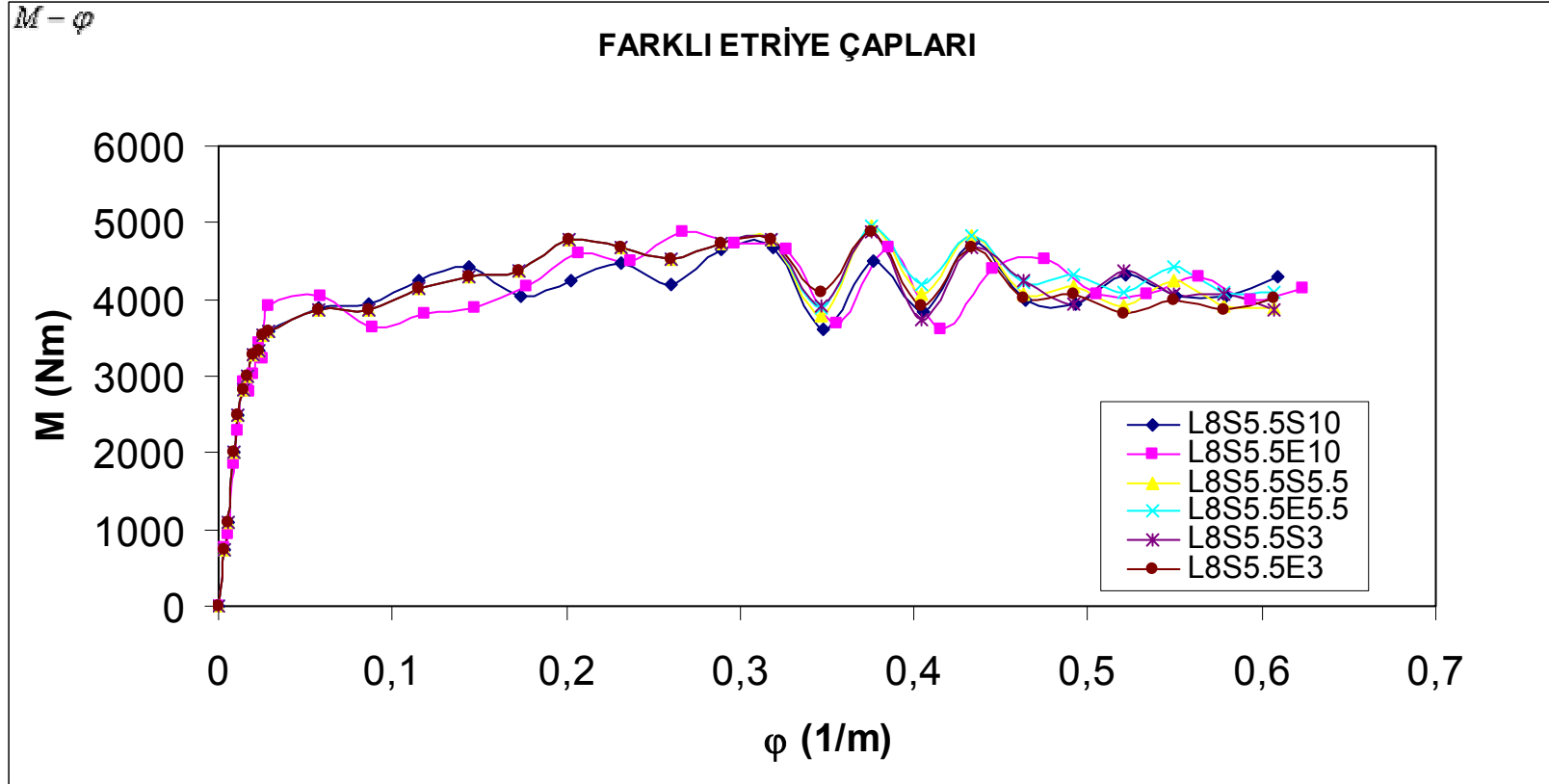
Şekil 6.47 Değişken normal kuvvet altındaki $M - \phi$ ilişkisi



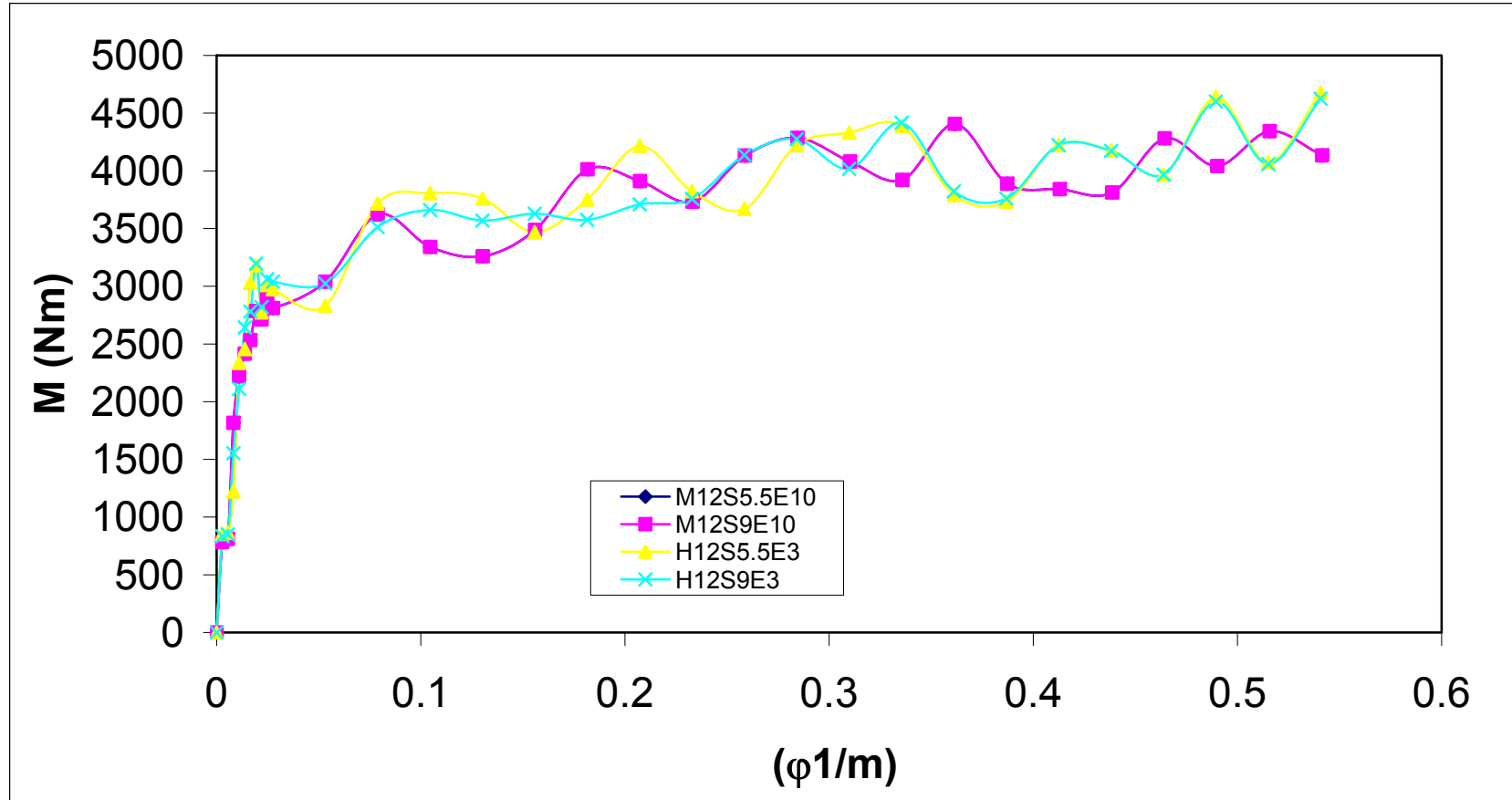
Şekil 6.48 Değişken normal kuvvet altındaki $M - \phi$ ilişkisi



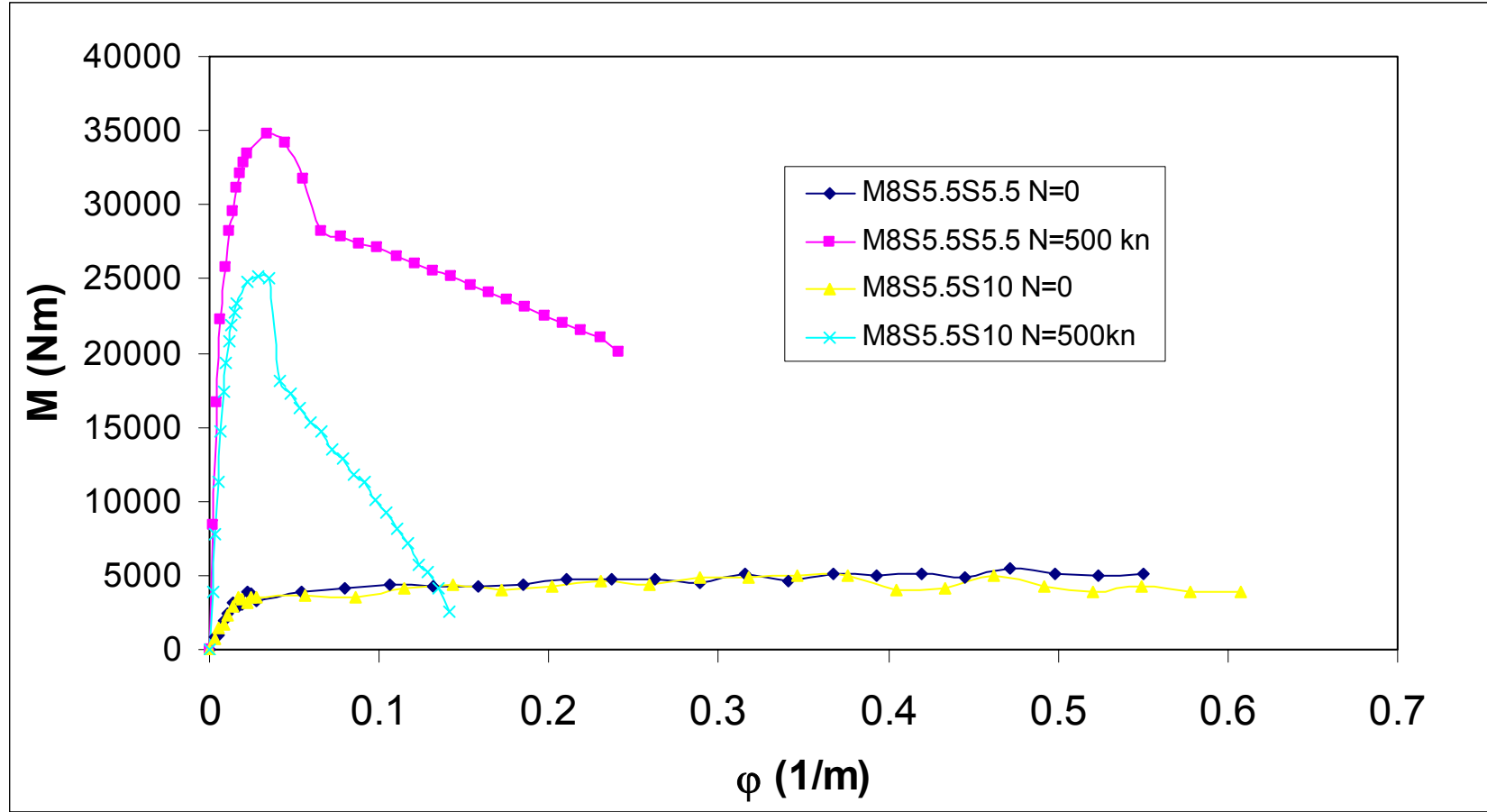
Şekil 6.49 Değişken normal kuvvet altındaki $M - \phi$ ilişkisi



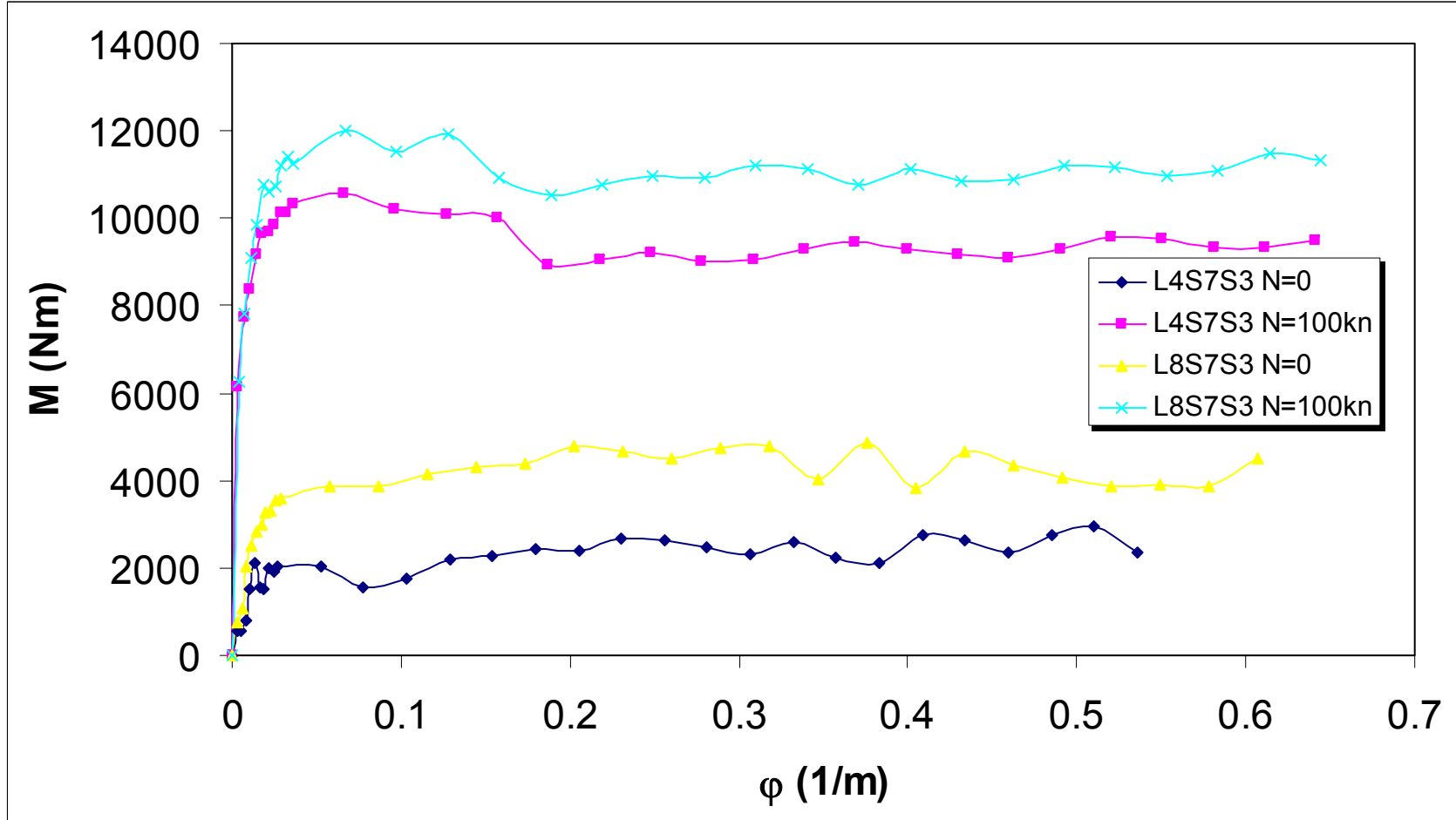
Şekil 6.50 Değişken etriye çaplarındaki ve $N=0$ $M - \varphi$ ilişkisi



Şekil 6.51 Değişken etriye akma dayanımlarında ve $N=0$ $M - \phi$ ilişkisi



Şekil 6.52 Farklı eksenel kuvvet ve etriye aralıkları altında $M - \phi$ ilişkisi



Şekil 6.53 Farklı eksenel kuvvet ve donatı oranları altında $M - \phi$ ilişkisi

7. SONUÇLAR

Bu çalışmada günümüze kadar çeşitli araştırmacılar tarafından kuşatılmış beton için önerilen Geliştirilmiş Kent ve Park, Saatçioğlu ve Razvi, Mander ve vd. beton modelleri incelenmiştir. Günümüzde yaygın olarak kullanılan, genel bir kabul gören ve yeni deprem yönetmeliğinin revizyonunda kendine yer bulan Mander ve diğerleri tarafından önerilen Beton modeli geliştirilen bilgisayar programı temel alınarak betonarme elemanların Moment-Eğrilik ilişkilerinin belirlenmesinde kullanılmıştır. Yazılan programla kullanılan veriler ışığında çeşitli karşılaştırmalar ve deneysel sonuçlara dayanarak aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

1. Eğilme donatısı sınırlandırılarak betonun basınç altında ezilmesinden önce donatının akmasının sağlandığı kiriş ve döşeme gibi sünek elemanların aksine kolonlarda farklı eksenel yük seviyesine bağlı olarak davranışının sünek olduğu söylenemez ancak; etriye, spiral donatı, çelik plaka vb. yanal kuşatma elemanları ile betonarme kolonların eksenel yük altındaki davranışında önemli bir süneklilik artışı mümkündür. Bu özellikle deprem gibi yatay yükler altındaki betonarme kolonlarda normal kuvvet ve eğilme momentinin beraber düşünüldüğü durumlar için dahada önemli olacaktır. Kolonların kuşatma etkisi dikkate alındığında eksenel yük altında ki eğriliklerde yüz kata varan artışlar elde edildiği görülmüştür.
2. Mander beton modelinde kuşatma gerilmeleri ve etkisi hesaplanırken sadece yanal donatı miktarı, donatının akma dayanımı, donatı konfigürasyonu ve kesit geometrisi dikkate alınmakta, betonun basınç mukavemeti f_c 'nin davranış üzerinde etkisi dikkate alınmamaktadır. Bunun sonucu olarak kolonun beton basıç dayanımının artması kolonun sünekliliğine bir etkisi olduğu gözlenmiştir.
3. William ve Warnke kırılma kriterinin ihtiyaç duyduğu beş parametreden kuşatılmış iki eksenli basınç mukavemeti ($\sigma_1 > \sigma_2 = \sigma_3$) için yönetmeliklerde kabul edilmiş herhangi bir değer bulunmamaktadır. Bunlar literatürde bulunan az sayıdaki deneysel çalışmalardan elde edilmiştir diğer iki parametreden tek eksenli çekme dayanımı için farklı bağıntılar bulunmaktadır. Bütün bunlar birlikte düşünüldüğünde kırılma kriter ve yüzeyinin söz konusu parametreler için yapılacak seçimler doğrultusunda önemli farklılıklar göstereceği gerçektir, kuşatılmış beton dayanımında farklı sonuçlar elde edilmesine neden olur.

4. Etriye donatısının akma dayanımının eksenel yükün olmadığı durumda ilk akma momenti üzerinde ihmal edilecek derecede küçük bir etkisi olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 6.51). Aynı tip kolonların son limit momentlerinde önemli bir miktarda artış gözükmemektedir.
5. Kolondaki etriye sıklığının düşük eksenel yük düzeyinde kolon sünekliliğinde önemli bir etkisi yoktur (Şekil 6.50). Eksenel yük düzeyinin artması durumunda ise, etriye aralığının azalmasının maksimum moment taşıma kapasitesi ve düktilite üzerinde olumlu etkisi bulunmaktadır (Şekil 6.45, Şekil 6.46, Şekil 6.47, Şekil 6.48, Şekil 6.49). Bu nedenle, etriye seçilirken daha küçük çaplı ama daha sık etriye yerleştirilmesi tavsiye edilir. Ayrıca burada geliştirilen bilgisayar programının boyuna donatıda burkulmayı göz önüne almadığını belirtmekte yarar vardır. Etriye miktarının artması göbek betonunda ezilmeyi geciktirdiği gözlenmiştir.
6. Boyuna donatı oranı, kolon davranışı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Donatı oranında %30 luk bir artış kolonun maksimum moment taşıma kapasitesinde %15'lik bir artışa neden olmaktadır (Şekil 6.53). Kolonun boyuna donatı oranının etkisi, kolon eksenel yükünün az olduğu durumda çok fazla iken, eksenel yükün artması ile azalmaktadır. Boyuna donatı oranı kolonun başlangıç eksenel rijitliğini de bir miktar ekilemekte, diğer yandan düktiliteye etkisi önemli oranlara ulaşmamaktadır.
7. Kolon boyuna donatısının akma dayanımının, eksenel yükün olmadığı durumdaki kolon davranışına etkisinin incelenmesi bu tez kapsamı dışında tutulmuştur.
8. Yanal kuşatma elemanın aralığı azaltıldıkça sargı etkisi, dolayısı ile süneklilik artmaktadır.

KAYNAKLAR

Heon-Soo Chung, Keun-Hyeok Yang, Young-Ho Lee, and Hee-Chang Eun (2001), "Strength and Ductility of Laterally Confined Concrete Columns" NRC Canada

Mander, J.B., Priestly, M.J.N. ve Park, R., (1988), "Observed Stress-Strain Behavior of Confined Concrete", Journal of the Structural Engineering, ASCE, 114(8):1827-1849.

Mander, J.B., Priestly, M.J.N. ve Park, R., (1988), "Theoretical Stress-Strain Model for Confined Concrete", Journal of the Structural Engineering, ASCE, 114(8):1804-1826.

Saatcioglu, M. ve Razvi, S.R., (1992), "Strength and Ductility of Confined Concrete", Journal of the Structural Engineering, ASCE, 118(6):1590-1607.

Sheikh, S.A. ve Uzumeri, S.M., (1982), "Analytical Model for Concrete Confinement in Tied Columns", Journal of the Structural Division, Proc. of the American Society of Civil Engineers, 108(ST12):2703-2722.

Burdette, E.G., (1971), "Behavior of Laterally Reinforced Concrete Columns", Journal of the Structural Division, ASCE, 97(ST2):587-602.

Carreira, D.J. ve Chu, K., (1986), "Stress-Strain Relationship for Reinforced Concrete in Tension", ACI Journal, 83(3):21-28.

Park, R., Priestley, M.J.N. ve Gill, W.D., (1982), "Ductility of Square-Confined Concrete Columns", ASCE, 108(ST4):929-950.

Ehsani, M.R. ve Wight, J.K., (1989), "Confinement Steel Requirements for Connections in Ductile Frames", Journal of Structural Engineering, ASCE, 116(3):751-767.

Ersoy, U. ve Özcebe G., (2001), Betonarme, Evrim Yayınevi, İstanbul.

Kent, D.C. ve Park, R., (1971), "Flexural Members with Confined Concrete", Journal of the Structural Division, Proc. of the American Society of Civil Engineers, 97(ST7):1969-1990.

Park, R. ve Paulay, T., (1975), Reinforced Concrete Structures, John Wiley & Sons, New York, N.Y.

Razvi, S. ve Saatcioglu, M., (1999), "Confinement Model for High-Strength Concrete", Journal of Structural Engineering, ASCE, 125(3): 281-289.

Scott, B.D., Park R. ve Priestley M.J.N., (1982), "Stress-Strain Behavior of Concrete Confined by Overlapping Hoops at Low and High Strain Rates", ACI Structural Journal, 79(2):13-27.

Shah, S.P. ve Rangan, B., (1970), "Effects of Reinforcements on Ductility of Concrete", Journal of the Structural Division, ASCE, 96(ST6):1167-1184.

Sheikh, S.A., (1982), "A Comparative Study of Confinement Models", ACI Journal, 79(4):296-305.

Sheikh, S.A. ve Uzumeri, S.M., (1980), "Strength and Ductility of Tied Concrete Columns", Journal of the Structural Division, ASCE, 106(ST5):1079-1102.

Soliman, M.T.M. ve Yu, C.W., (1967), "The Flexural Stress-Strain Relationship of Concrete Confined by Rectangular Transverse Reinforcement", Magazine of Concrete Research, 19(61):223-238.

Somes, N.F., (1970), "Compression Tests on Hoop-Reinforced Concrete", Journal of the Structural Division, ASCE, 96(ST7):1495-1509.

TS 500, (2000), "Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Watson, S., Zahn, F.A. ve Park, R., (1994), "Confining Reinforcement for Concrete Columns", Journal of the Structural Engineering, ASCE, 120(6):1798-1824.

Whittaker, A., (2000), CIE 525 Reinforced Concrete Structures Lecture Notes, University of California, Berkeley.

EKLER

- Ek 1 M beton modeli için $M - \phi$ ilişkisini veren program
Ek 2 Program Giriş Dataları

Ek 1 MANDER beton modeli için $M - \phi$ ilişkisini veren program

```

Private Sub Form_Load()
Text3 = 25
Text7 = 3
Combo2 = 16
Text8 = 20
cap = 10
Text4 = 100
Text10 = 420
donati_sayac = 0
dizidonati_boyutu = 1
ReDim don_alan(dizidonati_boyutu)
ReDim don_mes(dizidonati_boyutu)
    Command5.Enabled = False
    ccap.Enabled = False
    Text6.Enabled = False
    ccap.Locked = True
    Text6.Locked = True
    Command6.Enabled = False
    Command7.Enabled = False
    Combo1.Enabled = False
    Text5.Enabled = False
    Combo1.Locked = True
    Text5.Locked = True
    Command4.Enabled = False
Dim a, aw, ah, a1, a2, a3, a4
Dim counter As Integer
For counter = 8 To 30 Step 2
    KES1.cap.AddItem (counter)
    KES1.ccap.AddItem (counter)
    KES1.Combo1.AddItem (counter)
    KES1.Combo2.AddItem (counter)
Next
Show
Text1 = 250
Text2 = 500
    KES1.Picture1.AutoRedraw = True
KES1.Picture1.Scale (0, 0)-((Val(Text1)) + (Val(Text2)), (Val(Text2)) + (Val(Text1)))
'kes1.Picture1.DrawWidth = 0.8
    For a = 0 To ScaleWidth Step 100
        KES1.Picture1.Line (a, 0)-(a, KES1.Picture1.ScaleHeight)
        KES1.Picture1.Line (0, a)-(KES1.Picture1.ScaleWidth, a)
    Next
KES1.Picture1.DrawWidth = 2
    ah = KES1.Picture1.ScaleHeight
    aw = KES1.Picture1.ScaleWidth
KES1.Picture1.Line (aw / 2, 0)-(aw / 2, ah), 20
KES1.Picture1.Line (0, ah / 2)-(aw, ah / 2), 20

```

```

a1 = (aw / 2 - (Val(Text1)) / 2)
a2 = (aw / 2 + (Val(Text1)) / 2)
a3 = (ah / 2 - (Val(Text2)) / 2)
a4 = (ah / 2 + (Val(Text2)) / 2)

```

```

KES1.Picture1.DrawWidth = 3
KES1.Picture1.Line (a1, a3)-(a2, a3), 10
KES1.Picture1.Line (a2, a3)-(a2, a4), 10
KES1.Picture1.Line (a2, a4)-(a1, a4), 10
KES1.Picture1.Line (a1, a4)-(a1, a3), 10
KES1.Picture1.DrawWidth = 0.8
    KES1.Picture1.Line (a1, a3)-(a2, a4), , BF
        KES1.Picture1.AutoRedraw = True

```

```

ImageCombo1.ImageList = ImageList1
Call ImageCombo1.ComboItems.Add(1, , "Tek Etriye", 1)
Call ImageCombo1.ComboItems.Add(2, , "x ciroz", 2)
Call ImageCombo1.ComboItems.Add(3, , "y ciroz", 3)
Call ImageCombo1.ComboItems.Add(4, , "x&y ciroz", 4)

```

```

End Sub
Option Explicit
Dim fco, fcc, Ecu, Ecp, fyh, Ec As Currency
Dim fyu, esh, esu, esy As Currency
Dim Fsi, r1, m As Currency
Dim Eco, Ecc, Esec, x, r, fc, eci, Ecoo As Currency
Dim x1, r2, Esec1 As Currency
Dim kd As Long
'Dim don_sayac, alan_sayac As Long
'Dim don_mes(), don_alan() As Long
Dim ecartim, ecdongu, ecdongu1, eccartim As Currency
Dim ecoi, fcoi, eccoi, fccoi As Currency
Dim birimmesh As Integer
Dim ftcoi, ffcoi As Currency
Dim ftccoi, ffccoi As Currency
Dim dizikusatilmamis(), sayac_kusatilmamis As Long
Dim mesafe_kusatilmamis() As Long
Dim dizikusatilmis(), sayac_kusatilmis As Long
Dim mesafe_kusatilmis() As Long
Dim esi, Fssi, Fssti As Currency
Dim hp, celik_fssi(), celik_kuvvet As Currency
Dim toplam_kuvvet
Dim normal_kuvvet

```



```

Dim kusatilmis_mommesafe, kusatilmamis_mommesafe, moment_kusatilmamis,
moment_kusatilmis
Dim mom_topkusatilmis, mom_topkusatilmamis
Dim moment_topcelik, moment_celik, toplam_moment As Currency
Dim k_egrilik As Currency
Dim dizi_moment(), dizi_egrilik(), sayac_moment
Dim dizi_eccfoi(), sayac_eccoi
'fco=beton akma dayanımı
'fcc=beton max. dayanımı
'Ecu=beton max. uzaması 0.02 (kusatılmış)
'Ecp=beton max. uzaması 0.005 (kusatılmamış)
'fyh=çelik akma dayanımı
'Ec=beton elastisite modülü
'fyu=çelik kopma dayanımı
'Esh=peklesme başlangıcı
'Esu=donatı max uzaması
'kd=beton etkili derinlik
'eci=beton birim gerilme değeri
'esi=çelik birim gerilme değeri
'ecartim-ecartim=dongulerdeki artım ve toplam değerlerdir
'eccartim=kusatılmış betonun artım değeri
'ecoi=kusatılmamış beton artım değeri
'fcoi=kusatılmamış beton birim gerilme değeri
'eccoi=kusatılmış beton artım değeri
'fccoi=kusatılmış beton birim gerilme değeri
'ffcoi=kusatılmamış beton birim gerilme değeri
'ftcoi=toplam kusatılmamış gerilme değeri
'ftccoi=toplam kusatılmış gerilme değeri
'ffccoi=kusatılmış beton birim gerilme değeri
'esi=çelik birim uzama değeri
'Fssi=çelik birim uzamaya karşılık gelen gerilme değeri

```

```

Private Sub Command1_Click()
Dim a, aw, ah, step1, step2, Fs, esi
MAN_DER.Picture1.Cls
fyh = Val(Text5)
fyu = Val(Text6)
esh = Val(Text7)
esu = Val(Text8)
step1 = esu + 0.005

```

```

step2 = fyu + 100
MAN_DER.Picture1.ScaleHeight = step2
MAN_DER.Picture1.ScaleWidth = step1
    ah = MAN_DER.Picture1.ScaleHeight
    aw = MAN_DER.Picture1.ScaleWidth
Show
    MAN_DER.Picture1.DrawWidth = 1
    MAN_DER.Picture1.AutoRedraw = True
    For a = 0 To ah Step step2 / 10
    MAN_DER.Picture1.Line (0, a)-(aw, a)
    Next
    For a = 0 To aw Step step1 / 10
    MAN_DER.Picture1.Line (a, 0)-(a, ah)
    Next
    MAN_DER.Picture1.DrawWidth = 2
    MAN_DER.Picture1.Line (0, step2 - step2 / 10)-(step1, step2 - step2 / 10), 20
    MAN_DER.Picture1.Line (step1 / 10, 0)-(step1 / 10, step2), 20
    esy = fyh / 200000
    r1 = esu - esh
    m = ((fyu / fyh) * ((30 * r1 + 1) ^ 2) - 60 * r1 - 1) / (15 * (r1 ^ 2))
    MAN_DER.Picture1.DrawWidth = 4
    For esi = 0 To esu Step 0.0001
    Select Case esi
    Case Is <= esy: Fs = esi * 200000
    Case esy To esh: Fs = fyh
    Case Is > esh: Fs = fyh * (((m * (esi - esh) + 2) / (60 * (esi - esh) + 2)) + (((esi - esh) * (60 -
m) / (2 * (30 * r1 + 1) ^ 2))))
    End Select
    ah = esi + (step1 / 10)
    aw = step2 - step2 / 10 - Fs
    MAN_DER.Picture1.PSet (ah, aw), 200
    Next

End Sub

Private Sub Command2_Click()
Dim a, aw, ah, aw1, ah1
MAN_DER.Frame5.Caption = "KUSATILMIS BETON GERILME EGRISI"
fcc = Val(Text3)
fco = Val(Text1)

```

```

Ecu = Val(Text4)
ah1 = fcc + 10
aw1 = Ecu + 0.01
Esec = fcc / Ecc
r = Ec / (Ec - Esec)
MAN_DER.Picture2.Cls
MAN_DER.Picture2.ScaleHeight = ah1
MAN_DER.Picture2.ScaleWidth = aw1
ah = MAN_DER.Picture2.ScaleHeight
aw = MAN_DER.Picture2.ScaleWidth
Show
MAN_DER.Picture2.AutoRedraw = True
MAN_DER.Picture2.DrawWidth = 1
  For a = 0 To ah Step ah / 10
    MAN_DER.Picture2.Line (0, a)-(aw, a)
  Next
  For a = 0 To aw Step aw / 10
    MAN_DER.Picture2.Line (a, 0)-(a, ah)
  Next
MAN_DER.Picture2.DrawWidth = 2
MAN_DER.Picture2.Line (0, ah - ah / 10)-(aw, ah - ah / 10), 20
MAN_DER.Picture2.Line (aw / 10, 0)-(aw / 10, ah), 20
MAN_DER.Picture2.DrawWidth = 4
For eci = 0 To Ecu Step 0.0001
x = eci / Ecc
fc = fcc * x * r / (r - 1 + (x ^ r))
  ah1 = eci + (aw / 10)
  aw1 = ah - ah / 10 - fc
  MAN_DER.Picture2.PSet (ah1, aw1), 200
Next
End Sub

Private Sub Command3_Click()
Dim a, aw, ah, aw1, ah1
MAN_DER.Frame5.Caption = "KUSATILMAMIS BETON GERILME EGRISI"
Ecoo = 2 * Eco
Ecp = Val(Text2)
fco = Val(Text1)
ah1 = fco + 10
aw1 = Ecp + 0.01

```

```

Esec1 = fco / Eco
r2 = Ec / (Ec - Esec1)
MAN_DER.Picture2.Cls
MAN_DER.Picture2.ScaleHeight = ah1
MAN_DER.Picture2.ScaleWidth = aw1
ah = MAN_DER.Picture2.ScaleHeight
aw = MAN_DER.Picture2.ScaleWidth
Show
MAN_DER.Picture2.AutoRedraw = True
MAN_DER.Picture2.DrawWidth = 1
  For a = 0 To ah Step ah / 10
    MAN_DER.Picture2.Line (0, a)-(aw, a)
  Next
  For a = 0 To aw Step aw / 10
    MAN_DER.Picture2.Line (a, 0)-(a, ah)
  Next
MAN_DER.Picture2.DrawWidth = 2
MAN_DER.Picture2.Line (0, ah - ah / 10)-(aw, ah - ah / 10), 20
MAN_DER.Picture2.Line (aw / 10, 0)-(aw / 10, ah), 20
MAN_DER.Picture2.DrawWidth = 4
For eci = 0 To Ecp Step 0.0001
x1 = eci / Eco
fc = fco * x1 * r2 / (r2 - 1 + (x1 ^ r2))
  ah1 = eci + (aw / 10)
  aw1 = ah - ah / 10 - fc
  MAN_DER.Picture2.PSet (ah1, aw1), 200
Next
End Sub

```

```
Private Sub Command4_Click()
```

```
'MANDER METODU MOMEN EGRILIK HESAPLAYAN PROGRAM
```

```
'PROGRESS BARA AIT DEGİSKEN TERİMLERİ
```

```
ProgressBar1.Min = 0
```

```
ProgressBar1.Max = 100
```

```
Dim progress_sayac As Integer
```

```
Dim progrees_artim As Integer
```

```
Dim progres_kontrol As Integer
```

```
Dim progres_mod As Integer
```

```
progres_mod = 40
```

```
progrees_artim = 10
```

```

progress_sayac = 0
MAN_DER.Command7.Enabled = False
MAN_DER.Label19.Visible = False
ProgressBar1.Visible = True
ProgressBar1.Value = progress_sayac
progress_sayac = progress_sayac + progrees_artim

```

'MOMENT EGRILIK DEGİSKEN ATAMALARI

```

ecdongu = (Val(KES1.Text3) + Val(KES1.cap))
Esec1 = fco / Eco
r2 = Ec / (Ec - Esec1)
Esec = fcc / Ecc
r = Ec / (Ec - Esec)
normal_kuvvet = Val(Text9)
esy = fyh / 200000
r1 = esu - esh
m = ((fyu / fyh) * ((30 * r1 + 1) ^ 2) - 60 * r1 - 1) / (15 * (r1 ^ 2))
hp = Val(KES1.Text2) / 2
birimmesh = 1 'DILIMLEME YONTEMI 2
birimmesh2 = 10 'DILIMLEME YONTEMI 1
Ecu = Val(MAN_DER.Text4)
'ji = GIZLI.List1.ListCount - 1
ReDim celik_plot(esu / 0.0001)
ReDim dizi_moment(esu / 0.0001)
ReDim dizi_egrilik(esu / 0.0001)
ReDim kd_dizi(0)
ReDim dizi_printesi(10)
ReDim dizi_printfsi(10)
ReDim celik_fssi(ji)
sayac_esifsi = 0
kd_sayac = 0
sayac_moment = 0
eci = 0.0001
progress_sayac = progress_sayac + progrees_artim
ProgressBar1.Value = progress_sayac

```

'1.DONGUYE BASLANILAN NOKTA

'1.DONGUDE DILIMLEME BUYUK YAPILARAK KD YI YAKLASIK SONUCLA BULUYORUZ

Do

mom_topkusatilmamis = 0

mom_topkusatilmis = 0

moment_celik = 0

moment_kusatilmamis = 0

moment_kusatilmis = 0

moment_topcelik = 0

toplam_moment = 0

'KD NIN ILK DEGERI

kd = (Val(KES1.Text3) + Val(KES1.cap))

Do

celik_kuvtop = 0

ftcoi = 0

ftccoi = 0

ffcoi = 0

toplam_kuvvet = 0

fcoi = 0

sayac_eccoi = 0

sayac_kusatilmamis = 0

sayac_kusatilmis = 0

kd = kd + birimmesh2

ReDim dizikusatilmamis(kd)

ReDim mesafe_kusatilmamis(kd)

ReDim dizikusatilmis(kd)

ReDim mesafe_kusatilmis(kd)

ReDim dizi_eccfoi(kd)

'1-KUSATILMAMIS BETON

'1-1 KUSATILMAMIS BETON GERILME HESABI VE TOPLAMI

For ecdongu = 0 To (kd - birimmesh2 / 2) Step birimmesh2

ecartim = ecdongu + (birimmesh2 / 2)

ecoi = ((kd - ecartim) / kd) * (eci)

If ecoi >= Ecp Then

ffcoi = 0

Else

x1 = ecoi / Eco

fcoi = fco * x1 * r2 / (r2 - 1 + (x1 ^ r2))

Select Case ecartim

Case Is <= Val(KES1.Text3): ffcoi = fcoi * birimmesh2 * (KES1.Text1)

Case Val(KES1.Text3) To (Val(KES1.Text2) - Val(KES1.Text3)): ffcoi = fcoi *

```

birimmesh2 * (KES1.Text3) * 2
Case (Val(KES1.Text2) - Val(KES1.Text3)) To Val(KES1.Text2): ffcoi = fcoi *
birimmesh2 * (KES1.Text1)
Case Is >= Val(KES1.Text2): ffcoi = 0
End Select
End If
dizikusatilmamis(sayac_kusatilmamis) = ffcoi
mesafe_kusatilmamis(sayac_kusatilmamis) = ecartim
sayac_kusatilmamis = sayac_kusatilmamis + 1
ftcoi = ffcoi + ftcoi 'KUSATILMAMIS BETONUN BIRIM KUVVETLERININ
TOPLAMI
Next

```

'2-KUSATILMIS BETON HESABI

'2-1 KUSATILMIS BETON GERILME HESABI VE TOPLAMI

```

If kd > (Val(KES1.Text3) + Val(KES1.cap)) Then
For ecdongul = (Val(KES1.Text3) + Val(KES1.cap)) To (kd - birimmesh2 / 2) Step
birimmesh2
eccartim = ecdongul + (birimmesh2 / 2)
ecco = ((kd - eccartim) / kd) * eci
dizi_eccoi(sayac_ecco) = ecco
sayac_ecco = sayac_ecco + 1
x = ecco / Ecc
fccoi = fcc * x * r / (r - 1 + (x ^ r))
Select Case eccartim
Case (Val(KES1.Text3) + Val(KES1.cap)) To (Val(KES1.Text2) - Val(KES1.Text3) -
Val(KES1.cap)): ffccoi = fccoi * birimmesh2 * (Val(KES1.Text1) - 2 * (Val(KES1.Text3) +
Val(KES1.cap)))
Case Is > (Val(KES1.Text2) - Val(KES1.Text3) - Val(KES1.cap)): ffccoi = 0
End Select
dizikusatilmis(sayac_kusatilmis) = ffccoi
mesafe_kusatilmis(sayac_kusatilmis) = eccartim
sayac_kusatilmis = sayac_kusatilmis + 1
ftccoi = ftccoi + ffccoi 'KUSATILMIS BETONUN BIRIM KUVVETLERININ
TOPLAMI
Next
End If

```

'3-DONATI HESABI

'3-1 DONATI GERILME HESABI VE TOPLAMI

```

For ij = 0 To (ji)
esi = (kd - hp + don_mes(ij)) * eci / kd

```

```

If esi < 0 Then
Select Case Abs(esi)
Case Is <= esy: Fssi = Abs(esi) * 200000
Case esy To esh: Fssi = fyh
Case esh To esu: Fssi = fyh * (((m * (Abs(esi) - esh) + 2) / (60 * (Abs(esi) - esh) + 2)) +
(((Abs(esi) - esh) * (60 - m) / (2 * (30 * r1 + 1) ^ 2))))
Case Is > esu: Fssi = 0
End Select
Fssti = -1 * Fssi
Else
Select Case esi
Case Is <= esy: Fssi = esi * 200000
Case esy To esh: Fssi = fyh
Case esh To esu: Fssi = fyh * (((m * (Abs(esi) - esh) + 2) / (60 * (Abs(esi) - esh) + 2)) +
(((Abs(esi) - esh) * (60 - m) / (2 * (30 * r1 + 1) ^ 2))))
Case Is > esu: Fssi = 0
End Select
Fssti = Fssi
End If
celik_fssi(ij) = Fssti
'CELİK KUVVETLERİNİN TOPLAMI
celik_kuvtop = celik_fssi(ij) * don_alan(ij) + celik_kuvtop
Next
'KUVVETLERİN TOPLAMI
toplam_kuvvet = celik_kuvtop + ftccoi + ftcoi - (normal_kuvvet * 1000)
'İLK DONGUNUN BİTTİĞİ YER
Loop Until (toplam_kuvvet >= 0)
'BURADA KD GERİ ALINARAK TEKRAR DONGUYE SOKULMAKTADIR
kd = kd - 2 * birimmesh2
'İKİNCİ DONGUYE BASLANILAN NOKTA
Do
celik_kuvtop = 0
ftcoi = 0
ftccoi = 0
ffcoi = 0
toplam_kuvvet = 0
fcoi = 0
sayac_eccoi = 0
sayac_kusatilmamis = 0
sayac_kusatilmis = 0

```



```

kd = kd + birimmesh
ReDim dizikusatilmamis(kd)
ReDim mesafe_kusatilmamis(kd)
ReDim dizikusatilmis(kd)
ReDim mesafe_kusatilmis(kd)
ReDim dizi_eccfoi(kd)

```

'KUSATILMAMIS BETON

'KUSATILMAMIS BETON GERILME HESABI VE TOPLAMI

```

For ecdongu = 0 To (kd - birimmesh / 2) Step birimmesh
ecartim = ecdongu + (birimmesh / 2)
ecoi = ((kd - ecartim) / kd) * (eci)
If ecoi >= Ecp Then
ffcoi = 0
Else
x1 = ecoi / Eco
fcoi = fco * x1 * r2 / (r2 - 1 + (x1 ^ r2))
Select Case ecartim
Case Is <= Val(KES1.Text3): ffcoi = fcoi * birimmesh * (KES1.Text1)
Case Val(KES1.Text3) To (Val(KES1.Text2) - Val(KES1.Text3)): ffcoi = fcoi * birimmesh *
(KES1.Text3) * 2
Case (Val(KES1.Text2) - Val(KES1.Text3)) To Val(KES1.Text2): ffcoi = fcoi * birimmesh *
(KES1.Text1)
Case Is >= Val(KES1.Text2): ffcoi = 0
End Select
End If
dizikusatilmamis(sayac_kusatilmamis) = ffcoi
mesafe_kusatilmamis(sayac_kusatilmamis) = ecartim
sayac_kusatilmamis = sayac_kusatilmamis + 1
ftcoi = ffcoi + ftcoi 'KUSATILMAMIS BETONUN BIRIM KUVVETLERININ TOPLAMI
Next

```

'KUSATILMIS BETON GERILME HESABI VE TOPLAMI

```

If kd > (Val(KES1.Text3) + Val(KES1.cap)) Then
For ecdongu1 = (Val(KES1.Text3) + Val(KES1.cap)) To (kd - birimmesh / 2) Step birimmesh
eccartim = ecdongu1 + (birimmesh / 2)
ecco = ((kd - eccartim) / kd) * eci
dizi_eccfoi(sayac_ecco) = ecco
sayac_ecco = sayac_ecco + 1
If ecco >= Ecu Then

```

```
ProgressBar1.Value = ProgressBar1.Max
```

```
ProgressBar1.Value = ProgressBar1.Min
```

```
MAN_DER.Command7.Enabled = True
```

```
ProgressBar1.Visible = False
```

```
MAN_DER.Label19.Visible = True
```

```
Exit Sub 'KUSATILMIS BETON KOPMAYA ULASTIGINDA PROGRAMDAN  
CIKACAKTIR
```

```
End If
```

```
x = eccoi / Ecc
```

```
fccoi = fcc * x * r / (r - 1 + (x ^ r))
```

```
Select Case eccartim
```

```
Case (Val(KES1.Text3) + Val(KES1.cap)) To (Val(KES1.Text2) - Val(KES1.Text3) -  
Val(KES1.cap)): ffccoi = fccoi * birimmesh * (Val(KES1.Text1) - 2 * (Val(KES1.Text3) +  
Val(KES1.cap)))
```

```
Case Is > (Val(KES1.Text2) - Val(KES1.Text3) - Val(KES1.cap)): ffccoi = 0
```

```
End Select
```

```
dizikusatilmis(sayac_kusatilmis) = ffccoi
```

```
mesafe_kusatilmis(sayac_kusatilmis) = eccartim
```

```
sayac_kusatilmis = sayac_kusatilmis + 1
```

```
ftccoi = ftccoi + ffccoi 'KUSATILMIS BETONUN BIRIM KUVVETLERININ TOPLAMI
```

```
Next
```

```
End If
```

'DONATI GERILME HESABI VE TOPLAMI

```
For ij = 0 To ji
```

```
esi = (kd - hp + don_mes(ij)) * eci / kd
```

```
If Abs(esi) > esu Then
```

```
ProgressBar1.Value = ProgressBar1.Max
```

```
ProgressBar1.Value = ProgressBar1.Min
```

```
MAN_DER.Command7.Enabled = True
```

```
ProgressBar1.Visible = False
```

```
MAN_DER.Label19.Visible = True
```

```
Exit Sub 'DONATI KOPMAYA ULASTIGINDA PROGRAMDAN CIKACAKTIR
```

```
End If
```

```
If esi < 0 Then
```

```
Select Case Abs(esi)
```

```
Case Is <= esy: Fssi = Abs(esi) * 200000
```

```
Case esy To esh: Fssi = fyh
```

```
Case esh To esu: Fssi = fyh * (((m * (Abs(esi) - esh) + 2) / (60 * (Abs(esi) - esh) + 2)) +  
(((Abs(esi) - esh) * (60 - m) / (2 * (30 * r1 + 1) ^ 2))))
```

```
Case Is > esu: Fssi = 0
```

```

End Select
Fssti = -1 * Fssi
Else
Select Case esi
Case Is <= esy: Fssi = esi * 200000
Case esy To esh: Fssi = fyh
Case esh To esu: Fssi = fyh * (((m * (Abs(esi) - esh) + 2) / (60 * (Abs(esi) - esh) + 2)) +
(((Abs(esi) - esh) * (60 - m) / (2 * (30 * r1 + 1) ^ 2))))
Case Is > esu: Fssi = 0
End Select
Fssti = Fssi
End If
celik_fssi(ij) = Fssti
'CELİK KUVVETLERİNİN TOPLAMI
celik_kuvtop = celik_fssi(ij) * don_alan(ij) + celik_kuvtop

```

```

Next
'KUVVETLERİN TOPLAMI
toplam_kuvvet = celik_kuvtop + ftccoi + ftcoi - (normal_kuvvet * 1000)

```

```

'İLK DONGUNUN BİTTİĞİ YER
Loop Until (toplam_kuvvet >= 0)

```

```

GIZLI.List2.AddItem (ftcoi / 1000)
GIZLI.List1.AddItem (kd)

```

```

ReDim Preserve kd_dizi(kd_sayac)
kd_dizi(kd_sayac) = kd
kd_sayac = kd_sayac + 1

```

```

'PROGRAM BİTTİĞİNDE BURAYI SİL

```

```

'ALT DONATI GERİLME DEĞERLERİ VE DİZİYE AKTARILMASI

```

```

esi = (kd - hp + don_mes(0)) * eci / kd
Select Case Abs(esi)
Case Is <= esy: Fssi = Abs(esi) * 200000
Case esy To esh: Fssi = fyh
Case esh To esu: Fssi = fyh * (((m * (Abs(esi) - esh) + 2) / (60 * (Abs(esi) - esh) + 2)) +
(((Abs(esi) - esh) * (60 - m) / (2 * (30 * r1 + 1) ^ 2))))
Case Is > esu: Fssi = 0
End Select
Fssi = Round(Fssi, 2)

```

```
celik_plot(sayac_moment) = Fssi
```

'DONATI GERILME VE KUVVETLERIN DIZIYE AKTARILMASI ve TABLOYA AKTARILMASI

```
dizi_boyutusifsi = (ji + 1) * (kd_sayac)
```

```
ReDim Preserve dizi_printesi(dizi_boyutusifsi)
```

```
ReDim Preserve dizi_printfsi(dizi_boyutusifsi)
```

```
For ij = 0 To ji
```

```
esi = (kd - hp + don_mes(ij)) * eci / kd
```

```
Select Case Abs(esi)
```

```
Case Is <= esy: Fssi = Abs(esi) * 200000
```

```
Case esy To esh: Fssi = fyh
```

```
Case esh To esu: Fssi = fyh * (((m * (Abs(esi) - esh) + 2) / (60 * (Abs(esi) - esh) + 2)) +  
(((Abs(esi) - esh) * (60 - m) / (2 * (30 * r1 + 1) ^ 2))))
```

```
End Select
```

```
esi = Round(esi, 5)
```

```
Fssi = Round(Fssi, 3)
```

```
dizi_printesi(sayac_esifsi) = esi
```

```
dizi_printfsi(sayac_esifsi) = Fssi
```

```
sayac_esifsi = sayac_esifsi + 1
```

```
Next
```

'MOMENT EGRILIKLERIN HESAPLANMASI

'1-)KUSATILMAMIS BETONUN MOMENT HESAPLANMASI

```
For kusatilmamis_mommesafe = 0 To sayac_kusatilmamis - 1
```

```
moment_kusatilmamis = dizikusatilmamis(kusatilmamis_mommesafe) * (2 * hp -  
mesafe_kusatilmamis(kusatilmamis_mommesafe))
```

```
mom_topkusatilmamis = moment_kusatilmamis + mom_topkusatilmamis
```

```
Next
```

'2-)KUSATILMIS BETONUN MOMENT HESAPLANMASI

```
For kusatilmis_mommesafe = 0 To sayac_kusatilmis - 1
```

```
moment_kusatilmis = dizikusatilmis(kusatilmis_mommesafe) * (2 * hp -  
mesafe_kusatilmis(kusatilmis_mommesafe))
```

```
mom_topkusatilmis = moment_kusatilmis + mom_topkusatilmis
```

```
Next
```

'3-)CELIKLERIN MOMENT HESAPLANMASI

For ij = 0 To (ji)

moment_celik = celik_fssi(ij) * (hp + (don_mes(ij)))

moment_topcelik = moment_topcelik + moment_celik

Next

'4-)MOMENLERIN TOPLAMI

toplaml_moment = (mom_topkusatilnamis + mom_topkusatilnis + moment_topcelik - normal_kuvvet * hp) * (0.000001) 'Knm

toplaml_moment = Round(toplaml_moment, 3)

dizi_moment(sayac_moment) = toplaml_moment

'5-)EGRILIKLERIN TOPLAMI

k_egrilik = 1000 * eci / kd 'rad/m

k_egrilik = Round(k_egrilik, 4)

dizi_egrilik(sayac_moment) = k_egrilik

sayac_moment = sayac_moment + 1

eci = eci + 0.0001

progres_kontrol = eci / 0.0001

If progres_kontrol Mod progres_mod = 0 Then

progress_sayac = progress_sayac + progres_artim

ProgressBar1.Value = progress_sayac

End If

MAN_DER.Command6.Enabled = True

Loop Until dizi_eccfoi(0) >= esu

'Next

ProgressBar1.Value = ProgressBar1.Max

ProgressBar1.Value = ProgressBar1.Min

'plot enable et

MAN_DER.Command7.Enabled = True

ProgressBar1.Visible = False

MAN_DER.Label19 = True

End Sub

Private Sub Command5_Click()

Dim hedefDosyaAdi

Dim intCtr As Integer 'Loop counter

```

Dim intFNum As Integer 'File number
Dim intMsg As Integer 'For MsgBox()
Dim bosluk_miktari As Integer
CommonDialog1.Filter = "Text_Files (*.txt)|*.txt"
bosluk_miktari = 10
CommonDialog1.FilterIndex = 1
CommonDialog1.ShowSave
intFNum = 1
hedefDosyaAdi = CommonDialog1.FileName
Open hedefDosyaAdi For Output As #intFNum
Dim satir_str As String
Dim toplam_moment_baslik As String
Dim kd_egrilik_baslik As String
Dim alt_donati_baslik As String
toplam_moment_baslik = "Moment Knm"
kd_egrilik_baslik = "Egrilik rad/m"
alt_donati_baslik = "Fsi Mpa"
satir_str = "-----"
'MsgBox ("File Print.txt opened")
Print #intFNum, Space(bosluk_miktari); toplam_moment_baslik; Space(bosluk_miktari);
kd_egrilik_baslik; Space(bosluk_miktari); alt_donati_baslik; vbCrLf;
Print #intFNum, Space(bosluk_miktari); satir_str; Space(bosluk_miktari); satir_str;
Space(bosluk_miktari); satir_str; vbCrLf;
'iste burda ne istiyorsan onu dosyaya yazdır
For intCtr = 1 To sayac_moment - 1
    Print #intFNum, Space(bosluk_miktari); CStr(CDbl(dizi_moment(intCtr)) * 1#);
Space(bosluk_miktari + 4); CStr(CDbl(dizi_egrilik(intCtr)) * 1#); Space(bosluk_miktari);
CStr(CDbl(celik_plot(intCtr)) * 1#); vbCrLf;
    'MsgBox ("Writing a " & intCtr & " to Print.txt")
Next intCtr

'dosyayı kapat
Close #intFNum
'MsgBox("File Print.txt closed")
End Sub
Private Sub Command6_Click()
Dim ajx, ajx1, ajx2
GIZLI.Show
GIZLI.MSFlexGrid1.Cols = 15
GIZLI.MSFlexGrid1.Rows = sayac_moment + 50
GIZLI.MSFlexGrid1.TextMatrix(0, 0) = "Sira No"

```

```

GIZLI.MSFlexGrid1.TextMatrix(0, 1) = "Kd (mm)"
GIZLI.MSFlexGrid1.TextMatrix(0, 2) = "Moment(KNm)"
GIZLI.MSFlexGrid1.TextMatrix(0, 3) = "Egrilik(Rad/m)"
GIZLI.MSFlexGrid1.TextMatrix(0, 4) = "Es1"
GIZLI.MSFlexGrid1.TextMatrix(0, 5) = "Fs1"
GIZLI.MSFlexGrid1.TextMatrix(0, 6) = "Es2"
GIZLI.MSFlexGrid1.TextMatrix(0, 7) = "Fs2"
For ajx = 0 To sayac_moment - 1
GIZLI.MSFlexGrid1.TextMatrix(ajx + 1, 0) = ajx
GIZLI.MSFlexGrid1.TextMatrix(ajx + 1, 1) = kd_dizi(ajx)
GIZLI.MSFlexGrid1.TextMatrix(ajx + 1, 2) = dizi_moment(ajx)
GIZLI.MSFlexGrid1.TextMatrix(ajx + 1, 3) = dizi_egrilik(ajx)
ajx2 = ajx + 1
GIZLI.MSFlexGrid1.TextMatrix(ajx2, 5) = dizi_printfsi(2 * ajx + 1)
GIZLI.MSFlexGrid1.TextMatrix(ajx2, 7) = dizi_printfsi(2 * ajx)
GIZLI.MSFlexGrid1.TextMatrix(ajx2, 4) = dizi_printesi(2 * ajx + 1)
GIZLI.MSFlexGrid1.TextMatrix(ajx2, 6) = dizi_printesi(2 * ajx)
Next
For ajx1 = 0 To sayac_kusatilmis
GIZLI.MSFlexGrid1.TextMatrix(ajx1 + 1, 8) = mesafe_kusatilmis(ajx1)
Next
'KAYDETMEK
Dim hedefDosyaAdi
Dim intCtr As Integer
Dim intFNum As Integer
Dim it, jt
'EGER IPTAL SECENEGI TIKLANIRSA KAYDETMIYECEKTIR
CommonDialog1.Filter = "Microsoft Exel (*.xls)|*.xls"
CommonDialog1.ShowSave
CommonDialog1.FilterIndex = 1
intFNum = 1
hedefDosyaAdi = CommonDialog1.FileName
Dim ss
Open hedefDosyaAdi For Output As #intFNum
For jt = 1 To sayac_moment - 1
Print #intFNum, GIZLI.MSFlexGrid1.TextMatrix(jt, 1), Chr(9),
GIZLI.MSFlexGrid1.TextMatrix(jt, 2), Chr(9), GIZLI.MSFlexGrid1.TextMatrix(jt, 3),
Chr(9), GIZLI.MSFlexGrid1.TextMatrix(jt, 4), Chr(9), GIZLI.MSFlexGrid1.TextMatrix(jt,
5), Chr(9), GIZLI.MSFlexGrid1.TextMatrix(jt, 6), Chr(9),
GIZLI.MSFlexGrid1.TextMatrix(jt, 7)
Next

```

```

    Close #intFNum
On Local Error GoTo iptal
CommonDialog1.CancelError = True
Exit Sub
iptal:
Exit Sub
'KAYDETME BURADA BITIYOR
End Sub
Private Sub Command7_Click()
Dim xi, xj, xc, ah, aw, ah1, aw1, a, xp, mxi, myi, ah11, aw11, mxii, myii, ah12, aw12
Dim akma_xi, akmamom_deger, akmaegrilik_deger
ah1 = 10
aw1 = 0.01
For xi = 0 To sayac_moment
If ah1 < dizi_moment(xi) Then
ah1 = dizi_moment(xi) + 20
End If
Next
For xi = 0 To sayac_moment
If aw1 < dizi_egrilik(xi) Then
aw1 = dizi_egrilik(xi) + 0.05
End If
Next
'AKMA MOMENTINI BULUNMASI
For xp = 0 To sayac_moment - 1
If celik_plot(xp) = fyh Then
Exit For
End If
Next
    akma_xi = xp
    akmamom_deger = dizi_moment(akma_xi)
    akmaegrilik_deger = dizi_egrilik(akma_xi)
    akmamom_deger = Round(akmamom_deger, 1)
    akmaegrilik_deger = Round(akmaegrilik_deger, 3)

'AKMA MOMENTI VE BUNA KARSILIK GELEN DEGER BULUNDU

MAN_DER.Picture3.ScaleHeight = ah1 + 50
MAN_DER.Picture3.ScaleWidth = aw1 + 0.06
ah = MAN_DER.Picture3.ScaleHeight

```



```

aw = MAN_DER.Picture3.ScaleWidth
Show
MAN_DER.Picture3.DrawWidth = 1
MAN_DER.Picture3.AutoRedraw = True
For a = 0 To ah Step ah / 10
MAN_DER.Picture3.Line (0, a)-(aw, a)
Next
For a = 0 To aw Step aw / 10
MAN_DER.Picture3.Line (a, 0)-(a, ah)
Next
MAN_DER.Picture3.DrawWidth = 2
MAN_DER.Picture3.Line (0, ah - ah / 10)-(aw, ah - ah / 10), 20
MAN_DER.Picture3.Line (aw / 10, 0)-(aw / 10, ah), 20

```

'NOKTALARIN PLOT EDILMESİ

```

MAN_DER.Picture3.DrawWidth = 5
For xp = 0 To sayac_moment - 1
myi = dizi_moment(xp)
mxi = dizi_egrilik(xp)
aw11 = mxi + (aw / 10)
ah11 = ah - ah / 10 - myi
MAN_DER.Picture3.PSet (aw11, ah11), 200
Next

```

'LINELARIN PLOT EDILMESİ

```

MAN_DER.Picture3.DrawWidth = 2.5
For xp = 0 To sayac_moment - 1
If xp = sayac_moment - 1 Then
Exit For
End If
myi = dizi_moment(xp)
mxi = dizi_egrilik(xp)
myii = dizi_moment(xp + 1)
mxii = dizi_egrilik(xp + 1)
aw11 = mxi + (aw / 10)
ah11 = ah - ah / 10 - myi
aw12 = mxii + (aw / 10)
ah12 = ah - ah / 10 - myii
MAN_DER.Picture3.Line (aw11, ah11)-(aw12, ah12), 20
Next

```

'AKMA MOMENTİ

```

MAN_DER.Picture3.FontSize = 10
MAN_DER.Picture3.ForeColor = 1
MAN_DER.Picture3.FontBold = True
MAN_DER.Picture3.CurrentX = 0
MAN_DER.Picture3.CurrentY = ah - ah / 10 - akmamom_deger
MAN_DER.Picture3.Print (akmamom_deger)
MAN_DER.Picture3.CurrentX = (aw / 10) + akmaegrilik_deger
MAN_DER.Picture3.CurrentY = ah - ah / 10
MAN_DER.Picture3.Print (akmaegrilik_deger)
End Sub

```

```

Private Sub Command8_Click()
If Command8 Then
Unload MAN_DER
MAN_DER.Hide
KES1.Show
End If
End Sub

```

```

Private Sub Form_Load()
'plot mesaj label
Label19.Visible = False
fco = Val(KES1.Text8)
Text1 = fco
Ecp = 0.005
Text2 = Ecp
fcc = Val(KES1.Label14)
Text3 = fcc
Ecu = 0.02
Text4 = Ecu
fyh = Val(KES1.Text10)
Text5 = fyh
Ec = 5000 * (Sqr(fco))
Ec = Round(Ec, 2)
Label10 = Ec
Text5 = 420
Text6 = 550
Text7 = 0.008
Text8 = 0.12
Text9 = ""

```

```

fyu = Val(Text6)
esh = Val(Text7)
esu = Val(Text8)
Eco = 0.002
Ecc = Eco * (1 + 5 * ((fcc / fco) - 1))
Dim a, aw, ah, aw1, ah1
    ah = MAN_DER.Picture1.ScaleHeight
    aw = MAN_DER.Picture1.ScaleWidth
Show
MAN_DER.Picture1.AutoRedraw = True
'kes1.Picture1.DrawWidth = 0.8
    For a = 0 To ah Step 100
        MAN_DER.Picture1.Line (0, a)-(aw, a)
    Next
    For a = 0 To aw Step 0.02
        MAN_DER.Picture1.Line (a, 0)-(a, ah)
    Next
MAN_DER.Picture1.DrawWidth = 2
MAN_DER.Picture1.Line (0, 900)-(0.2, 900), 20
MAN_DER.Picture1.Line (0.02, 0)-(0.02, 1000), 20
    ah1 = fcc + 10
    aw1 = Ecu + 0.01
    MAN_DER.Picture2.ScaleHeight = ah1
    MAN_DER.Picture2.ScaleWidth = aw1
    ah = MAN_DER.Picture2.ScaleHeight
    aw = MAN_DER.Picture2.ScaleWidth
Show
MAN_DER.Picture2.AutoRedraw = True
For a = 0 To ah Step ah / 10
    MAN_DER.Picture2.Line (0, a)-(aw, a)
Next
For a = 0 To aw Step aw / 10
    MAN_DER.Picture2.Line (a, 0)-(a, ah)
Next
MAN_DER.Picture2.DrawWidth = 2
MAN_DER.Picture2.Line (0, ah - ah / 10)-(aw, ah - ah / 10), 20
MAN_DER.Picture2.Line (aw / 10, 0)-(aw / 10, ah), 20

```

'MOMENT EGRILIK

```
ah1 = 100
```

```

aw1 = 100
MAN_DER.Picture3.ScaleHeight = ah1
MAN_DER.Picture3.ScaleWidth = aw1
ah = MAN_DER.Picture3.ScaleHeight
aw = MAN_DER.Picture3.ScaleWidth
Show
MAN_DER.Picture3.DrawWidth = 1
MAN_DER.Picture3.AutoRedraw = True
For a = 0 To ah Step ah / 10
MAN_DER.Picture3.Line (0, a)-(aw, a)
Next
For a = 0 To aw Step aw / 10
MAN_DER.Picture3.Line (a, 0)-(a, ah)
Next
MAN_DER.Picture3.DrawWidth = 2
MAN_DER.Picture3.Line (0, ah - ah / 10)-(aw, ah - ah / 10), 20
MAN_DER.Picture3.Line (aw / 10, 0)-(aw / 10, ah), 20
MAN_DER.Command6.Enabled = False
MAN_DER.Command7.Enabled = False
ProgressBar1.Visible = False
End Sub

Private Sub Text1_Change()
Ec = 0
fco = Val(Text1)
Ec = 5000 * (Sqr(fco))
Ec = Round(Ec, 2)
Label10 = Ec
End Sub

```

MANDER BETON DATA GIRISI

KESİT DATA GİRİŞİ

KESİT GENİSLİĞİ (b): 250

KESİT YUKSEKLİĞİ (h): 500

PAS PAYI (d'): 25

 **Tek Etriye**

BOYUNA DONATI ÇAPİ (mm): 16

DONATI YUKSEKLİK (mm): 207

BOYUNA DONATI ADEDİ: 3

ETRIYE ÇAPİ: 10

ETRIYE ARALIĞI (s): 100

X CİROZ ÇAPİ:

X CİROZ MESAFE (X_{wi}):

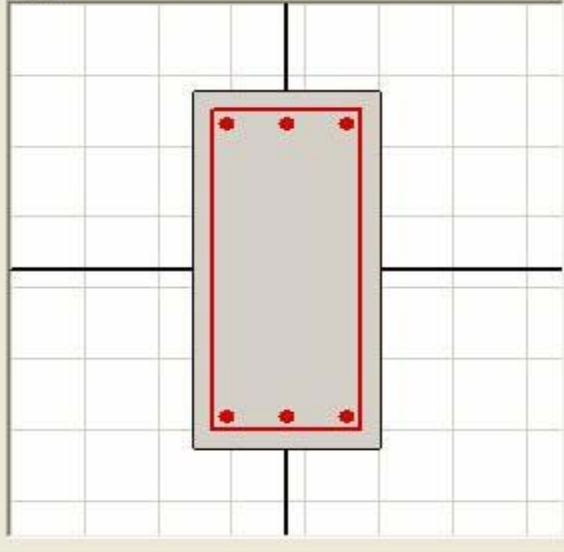
Y CİROZ ÇAPİ:

Y CİROZ MESAFE (Y_{wi}):

BETON DAYANIMI (MPa): 20

CELİK DAYANIMI (MPa): 420

KESİT



Kesit Ekle Donatı Ekle Sil İleri >>

X Ciroz Ekle Y Ciroz Ekle Hesapla fcc'=

Label18 Label17

Form1

KUSATILMAMIS BETON
 Beton Dayanımı (MPa)
 Beton Max. Uzaması (Ecp)
 Elastisite Modülü (MPa)=

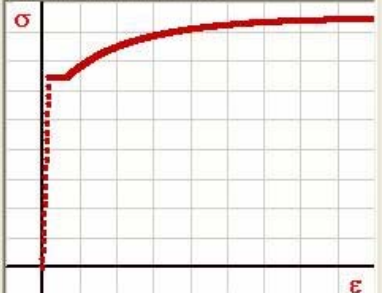
KUSATILMIS BETON
 Beton Dayanımı (MPa)
 Beton Max. Uzaması (Ecu)

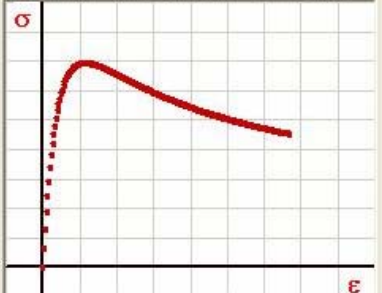
CELİK
 Çelik Akma Dayanımı (MPa)
 Çelik Kopma Dayanımı (MPa)
 Pekleşme Başlangıcı (Esh)
 Donatı Max. Uzama (Esu)

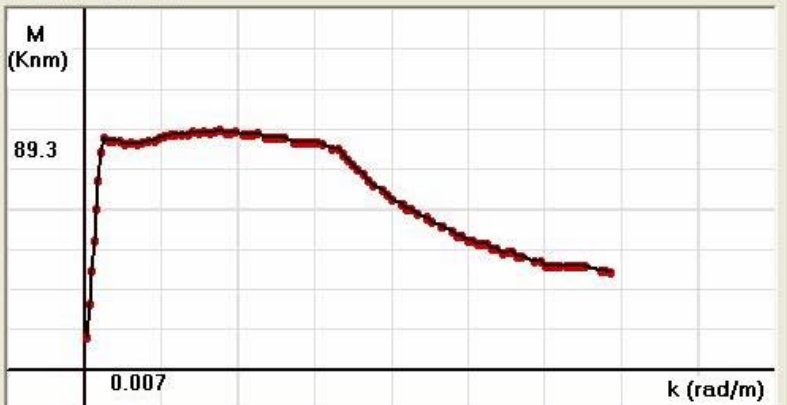
NORMAL KUVVET
 Normal Kuvvet (KN)

Çelik Çelik gerilme eğrisi
Kusatilmiş Kusatılmış gerilme eğrisi
Kusılmamış Kusatılmamış gerilme eğrisi

Hesapla **Kaydet** **Plot**
<< Geri **Data**

CELİK GERİLME EGRISI


KUSATILMIS BETON GERİLME EGRISI


MOMENT - EĞRİLİK


Moment Eğrilik için Plot tuşunu tıklayınız.

MANDER BETON DATA GİRİŞİ

KESİT DATA GİRİŞİ

KESİT GENİSLİĞİ (b): 250

KESİT YUKSEKLİĞİ (h): 500

PAS PAYI (d'): 25



x&y ciroz

BOYUNA DONATI CAPI (mm) 16

DONATI YUKSEKLİK (mm) 207

BOYUNA DONATI ADEDİ 3

ETRIYE CAPI: 10

ETRIYE ARALIĞI (s): 100

X CİROZ CAPI 8

X CİROZ MESAFE (xwi): 82

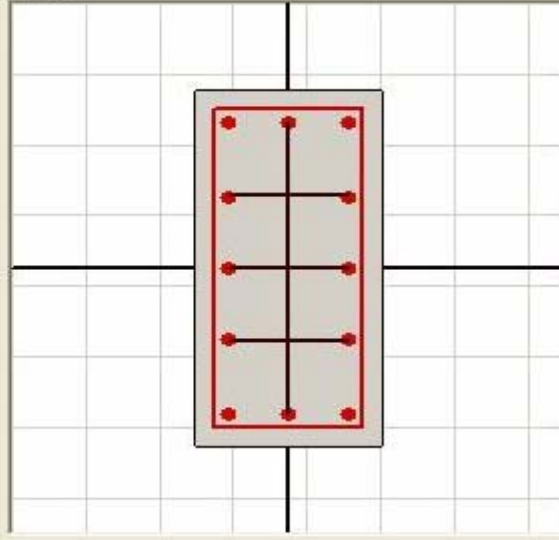
Y CİROZ CAPI 8

Y CİROZ MESAFE (Ywi) 310.5

BETON DAYANIMI (MPa) 20

CELİK DAYANIMI (MPa) 420

KESİT



Kesit Ekle

Donatı Ekle

Sil

İleri >>

X Ciroz Ekle

Y Ciroz Ekle

Hesapla

fcc'='>

Label18

Label17

Form1

KUSATILMAMIS BETON

Beton Dayanımı (MPa)

Beton Max. Uzaması (Ecp)

Elastisite Modülü (MPa)=

KUSATILMIS BETON

Beton Dayanımı (MPa)

Beton Max. Uzaması (Ecu)

CELİK

Çelik Akma Dayanımı (MPa)

Çelik Kopma Dayanımı (MPa)

Pekleşme Başlangıcı (Esh)

Donatı Max. Uzama (Esu)

NORMAL KUVVET

Normal Kuvvet (KN)

Çelik Çelik gerilme eğrisi

Kusatilmiş Kusatılmış gerilme eğrisi

Kusılmamış Kusatılmamış gerilme eğrisi

Hesapla **Kaydet** **Plot**

<< Geri **Data**

CELİK GERİLME EGRISI

KUSATILMIS BETON GERİLME EGRISI

MOMENT - EĞRİLİK

M (Knm)

147.2

0.007

k (rad/m)

Moment Eğrilik için Plot tuşunu tıklayınız.

MANDER BETON DATA GİRİŞİ

KESİT DATA GİRİŞİ

KESİT GENİSLİĞİ (b): 200

KESİT YUKSEKLİĞİ (h): 200

PAS PAYI (d'): 17



x&y ciroz

BOYUNA DONATI CAPI (mm) 4

DONATI YUKSEKLİK (mm) 75

BOYUNA DONATI ADEDİ 3

ETRIYE CAPI: 6

ETRIYE ARALIĞI (s): 45

X CİROZ CAPI 6

X CİROZ MESAFE (Xwi): 75

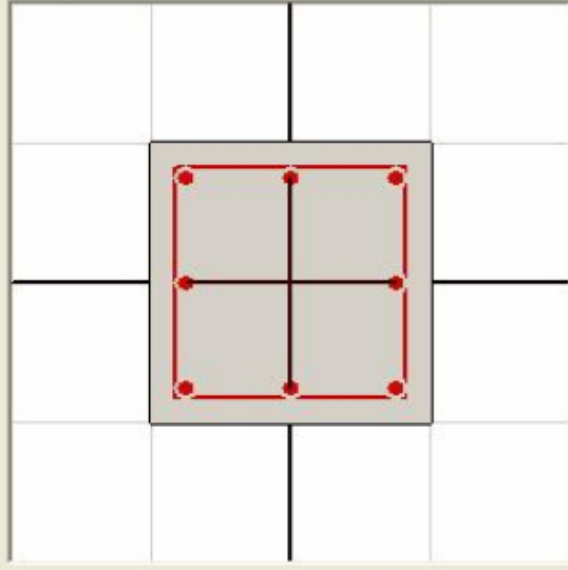
Y CİROZ CAPI 6

Y CİROZ MESAFE (Ywi) 75

BETON DAYANIMI (MPa) 21.6

CELİK DAYANIMI (MPa) 900

KESİT



Kesit Ekle

Donatı Ekle

Sil

İleri >>

X Ciroz Ekle

Y Ciroz Ekle

Hesapla

fcc' =

Label18

Label17

MANDER BETON DATA GİRİŞİ

KESİT DATA GİRİŞİ

KESİT GENİSLİĞİ (b): 200

KESİT YUKSEKLİĞİ (h): 200

PAS PAYI (d'): 17



Tek Etriye

BOYUNA DONATI CAPI (mm) 4

DONATI YUKSEKLİK (mm) 75

BOYUNA DONATI ADEDİ 3

ETRIYE CAPI: 6

ETRIYE ARALIĞI (s): 100

X CİROZ CAPI

X CİROZ MESAFE (Xwi):

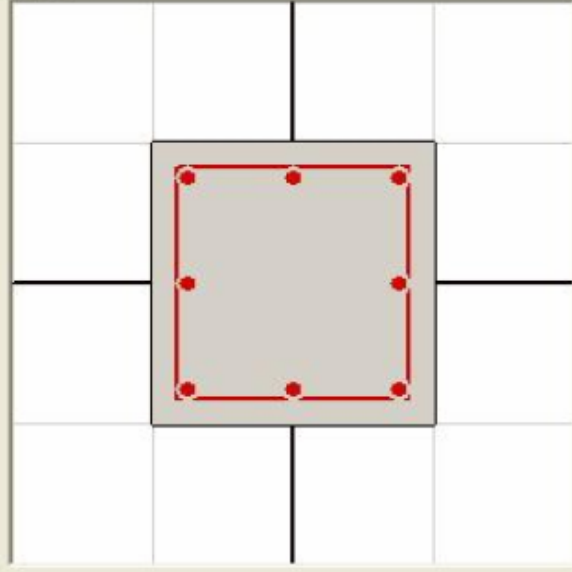
Y CİROZ CAPI

Y CİROZ MESAFE (Ywi):

BETON DAYANIMI (MPa) 24

CELİK DAYANIMI (MPa) 550

KESİT



Kesit Ekle

Donatı Ekle

Sil

İleri >>

X Ciroz Ekle

Y Ciroz Ekle

Hesapla

fcc'=26.75 MPa

MANDER BETON DATA GİRİŞİ

KESİT DATA GİRİŞİ

KESİT GENİSLİĞİ (b): 200

KESİT YÜKSEKLİĞİ (h): 200

PAS PAYI (d'): 17



BOYUNA DONATI CAPI (mm) 4

DONATI YÜKSEKLİK (mm) 73.5

BOYUNA DONATI ADEDİ 4

ETRIYE CAPI: 8

ETRIYE ARALIĞI (s): 100

X CİROZ CAPI 8

X CİROZ MESAFE (Xwi): 98.6667

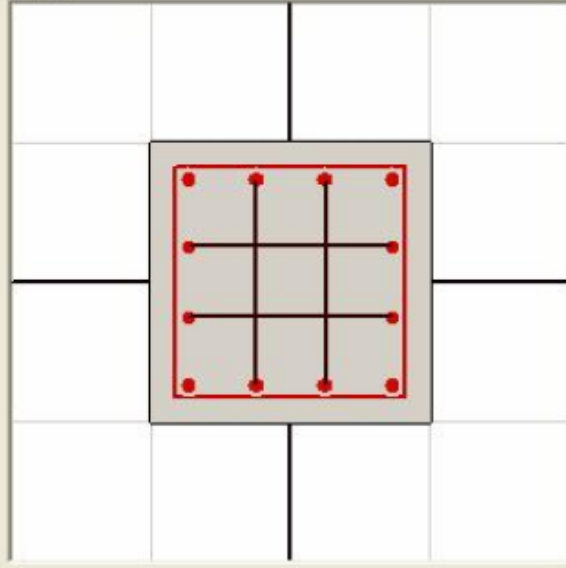
Y CİROZ CAPI 8

Y CİROZ MESAFE (Ywi) 98.6667

BETON DAYANIMI (MPa) 34.80

CELİK DAYANIMI (MPa) 550

KESİT



Kesit Ekle

Donatı Ekle

Sil

İleri >>

X Ciroz Ekle

Y Ciroz Ekle

Hesapla

fcc' =

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 07.10.1978

Doğum yeri Trabzon

Lise 1991-1995 Tefvik Sırrı Gür Lisesi

Lisans 1996-2001 Erciyes Üniversitesi İnşaat Fak.
İnşaat Mühendisliği Bölümü

Çalıştığı kurum(lar)

2001-Devam ediyor İlkon Müh. Danışmanlık LTD.