

T.C
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



BETONARME KOLONLARDA BURKULMA HASAR LİMİTİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Ghulam Mostafa WAZIRY

İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı
İnşaat Mühendisliği Programı

OCAK 2019

T.C
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



BETONARME KOLONLARDA BURKULMA HASAR LİMİTİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ghulam Mostafa WAZIRY

(Y1513.090003)

İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı

İnşaat Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Cem AYDEMİR

OCAK 2019



T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

Yüksek Lisans Tez Onay Belgesi

Enstitümüz İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı İnşaat Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı **Y1513.090003** numaralı öğrencisi **Ghulam Mostafa WAZIRY** 'ın "**BETONARME KOLONLARDA BURKULMA HASAR LİMİTİ**" adlı tez çalışması Enstitümüz Yönetim Kurulunun 18.12.2018 tarih ve 2018/25 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından *aybır.k.ş:* ile Tezli Yüksek Lisans tezi olarak *Kabul* edilmiştir.

Öğretim Üyesi Adı Soyadı

İmzası

Tez Savunma Tarihi : 02/01/2019

1) Tez Danışmanı: Doç. Dr. Cem AYDEMİR

.....

2) Jüri Üyesi : Doç. Dr. Müberra ESER AYDEMİR

.....

3) Jüri Üyesi : Prof. Dr. Güray ARSLAN

.....

Not: Öğrencinin Tez savunmasında **Başarılı** olması halinde bu form **imzalanacaktır**. Aksi halde geçersizdir.

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “**BETONARME KOLONLARDA BURKULMA HASAR LİMİTİ**” adlı çalışmanın, tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadarki bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Bibliyografya’da gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim. (18/12/2018)

Ghulam Mostafa WAZIRY





Eşime "Dr. Monire QUDSİ "



ÖNSÖZ

Bu tez araştırmasında betonarme kolonlarda depreme karşı gelen yükler burkulma hasar limiti deneysel olarak incelenmiştir. Bu çalışmada farklı kaynaklar üzerinde araştırma yapıp tüm verilen sonuçları incelendikten sonra, birbirine karşılanmıştır. Burkulma hangi durumlar etkisi olduğu için belirlenmiştir. Ve Türk Deprem Yönetmeliğinde hasar sınırı yaklaşımının geliştirilmesidir.

Bu araştırmanın gerçekleştirilmesinde, değerli oldukça kıymetli TEZ danışmam, ki burkulma ilgili bilgilerini benimle paylaşan, kendisine ne zaman isterip danışsam bana kıymetli zamanını ayırıp sabırla ve büyük bir ilgiyle bana faydalı olabilmek için elinden gelenden fazlasını sunan üstelik her sorun yaşadığımda yanına çekinmeden gidebildiğim, güler yüzünü ve samimiyetini benden esirgemeyen ve TEZ deneysel yöntem çalışma konusunda açısından bana sürekli yardımda bulunarak yol gösteren değerli TEZ danışmam Doç. Dr.Cem AYDEMİR 'e sonsuza kadar teşekkürler ederim. Ayrıca yüksek lisans süresince tüm engelleri, zorlukları dahil, benimle göğüşleyen, ellerinden gelenden fazlasını ve hayatımın her evresinde bana destek olan değerli ve oldukça kıymetli aileme tüm saygıyla teşekkürlerimi sunarım. Üstelik tez aşamasında gösterdikleri sabır ve manevi destek için eşim Dr.Monire QUDSi 'ye tüm kalbimle teşekkürler ederim.

OCAK 2019

Ghulam Mostafa WAZIRY

İnşaat Mühendisliği



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖNSÖZ	vii
İÇİNDEKİLER	ix
SİMGE LİSTESİ	xi
KISALTMALAR	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ	xv
ŞEKİL LİSTESİ	xvii
ÖZET	xix
ABSTRACT	xxi
1. GİRİŞ	1
1.1 Betonarme Çeliklerinin Doğrusal Olmayan Burkulma	2
1.2 Literatür Araştırması	4
1.3 Önceki Deneysel Ve Analitik Çalışmalar.....	5
1.4 Tezin Amacı	8
1.5 Materyal	8
2. DENEY PROGRAMI	11
2.1 Deney Numunelerinin Detayları Ve Test Düzeni	11
2.2 Yükleme Geçmişi.....	14
2.3 Deneysel Sonuçlar	14
3. BASINÇ DONATISI BURKULMA BİRİM ŞEKİL DEĞİŞTİRMESİ SINIRI.....	19
3.1 Basınç Yüğü Etkisindeki Donatı Çeliğinin Eksenel Gerilme-Yatay Yerdeğıştirme İlişkileri.....	19
3.2 Burkulma Durumu İçin Basınç Donatısına Şekil Değıştirme Sınırı Tanımlanması	21
4. BURKULMA BİRİM ŞEKİL DEĞİŞTİRMESİ SINIRININ LİTERATÜRDEKİ DENEYSEL SONUÇLAR İLE KARŞILAŞTIRILMASI	25
4.1 Deneysel Veritabanı	25
4.2 Çözümleme Platformu.....	26
4.2.1. Zaman tanım alanında analiz.....	27
4.2.1.1 modelleme	27
4.3 Deneysel Ve Analitik Sonuçların Karşılaştırılması	35
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	51
KAYNAKLAR	53
EKLER	57
ÖZGEÇMİŞ	129

SİMGE LİSTESİ

A_{sh}	: Kesme donatısı toplam kesit alanı
A'_s	: Basınç donatısı kesit alanı
d_h	: Yanal donatının mesnet oluşturduğu boyuna donatı eksenleri arası mesafe
f_{ck}	: Karakteristik beton basınç dayanımı
f_y	: Donatı çeliği kopma dayanımı
h	: Kesit yüksekliği
b	: Kesitin genişliği
d	: Kesitin etkili derinliği
S	: Burkulma boyu
Se	: Yanal donatı aralığı
ϵ_s, L	: Burkulma hasar sınırı için donatı çeliğın birim kısalma sınır değeri
\emptyset	: Kesit eğrileri
A_s	: Çekme donatısı kesit alanı
ϵ_1	: Çubuğın sıkıştırma tarafındaki şekil değıştirme
ϵ_2	: Çubuğın gerilme tarafındaki şekil değıştirme
ϵ	: Şekil değıştirme
ϵ_p	: Plastik şekil değıştirme
N	: Eksenel Yük
f_{cd}	: Beton basınç dayanımı
A_{st}	: Çekme donatılarının alanı
M	: Hesaplama eğilme momenti
P	: Hesaplama yük
a	: Kolon kesme açıklığı
Δ	: Hesaplama tepe yerdeğıştirme
V_{maks}	: Deneysel kesme kuvvetinin maksimum değeri
M_{maks}	: Deneysel eğilme momentinin maksimum değeri
σ_{akma}	: Akma dayanımı
\emptyset_b	: Kesme donatısı kesit alanı
R	: Korelasyon katsayısı
ϵ_{sy}	: Donatı çeliği akma birim şekil değıştirmesi
El_b	: Boyuna donatının ortalama eğilme rijitliğı



KISALTMALAR

İ.A.Ü	: İstanbul Aydın Üniversitesi
PEER	: Pasifik deprem mühendisliği araştırma merkezi
MN	: Minimum hasar bölgesi
GV	: Belirgin hasar bölgesi
GÇ	: Göçme bölgesi
KN	: Kilo Newton
MPa	: Mega Paskal



ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 1.1 : Döngüsel yüklemde plastik menteşe bölgesi	1
Çizelge 1.2 : Stres-boyuna uzama ilişkisi burkulma modu	2
Çizelge 1.3 : Monti ve nuti'den(1992) alınan deneysel basınç eğrileri	6
Çizelge 1.4 : Gömez ve Appleton tarafından önerilen plastik burkulma mekanizması	6
Çizelge 1.5 : Rodriguez ve arka'da gösterilen siklik gerilme-şekil değiştirme eğrisi (1999)	7
Çizelge 1.6 : Araştırmada kullandığı deney numuneler	9
Çizelge 1.7 : Araştırmada kullandığı deney numuneler	10
Çizelge 1.8 : Araştırmada kullandığı deney numuneler	10
Çizelge 2.1 : Deney numunesi özellikleri	13
Çizelge 2.2 : Deney numunesinde gözlemlenen hasar durumlarının özeti	15
Çizelge 2.3 : Deney numunelerinin kesme ve eğilme kapasitelerinin karşılaştırılması	16
Çizelge 3.1 : Donatı çeliği analitik burkulma birim şekil değiştirme sınırının deneysel sonuçlar ile karşılaştırılması	23
Çizelge 4.1 : Deney veri tabanında yer alan temel davranış göstergelerinin aralıkları.....	25
Çizelge 4.2 : Donatı çeliği analitik burkulma birim şekil değiştirme sınırının deneysel sonuçlar ile karşılaştırılması.....	49



ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1.1	: Test sırasında çubuk burkulması-burkulma modu 1
Şekil 1.2	: Betonarme kolonda uzunlamasına çubüğün tipik burkulması 3
Şekil 2.1	: Deneş numunesi detay çizimi 11
Şekil 2.2	: Test düzeni 12
Şekil 2.3	: Deneş düzeninde harici olarak montajı yapılan yerdeğıştirme ve birim şekil değıştirme ölçerlerin konumları 13
Şekil 2.4	: Yükleme geçmişı 14
Şekil 2.5	: Deneş numunesinin çevrimsel yük yer değıştirme ilişkisi 14
Şekil 2.6	: Deneş numunesinin çevrimsel moment-dönme ilişkisi 15
Şekil 2.7	: Deneş numunesinde yükleme öncesi ve göçme hasar durumuna ait fotoğraflar 16
Şekil 2.8	: Deneş numunesinde (a) yer değıştirme kontrollü çevrimsel yüklemde dönme talebi (b) eksenel yükleme (c) çevrimsel yüklemde eğilme momenti talebi (d) deneşsel sonuçların analitik N-M etkileşim diyagramı üzerinde gösterim 17
Şekil 2.9	: Deneş numunesinde yatay yük-basınç donatısı birim şekil değıştirme istemi zarf eğrisi 18
Şekil 3.1	: (a) Burkulmuş donatı çubuğunun yerdeğıştirme profili (b) donatı çubuğu eksenel gerilme-yanal yerdeğıştirme davranış modeli..... 20
Şekil 3.2	: Yanal yerdeğıştirmeden oluşan eksenel birim şekil değıştirmenin s/ϕ_b oranı ile etkileşimi 21
Şekil 3.3	: Deneş numunesinde yatay yük-basınç donatısı birim şekil değıştirme istemiyle, analitik şekil değıştirme sınırının karşılaştırılması 23
Şekil 4.1	: Eleman uçlarındaki yerdeğıştirme ve dönme bileşenleri 26
Şekil 4.2	: Tipik bir betonarme kesitin liflere ayrılması..... 27
Şekil 4.3	: Tipik bir betonarme kesitin liflere ayrılması..... 27
Şekil 4.4	: Malzeme özelliklerinin tanımlanması..... 28
Şekil 4.5	: Kesit özelliklerinin tanımlanması..... 29
Şekil 4.6	: Eleman tanımı..... 30
Şekil 4.7	: Düğüm noktalarının tanımı..... 31
Şekil 4.8	: Eleman uç kesitlerinin atanması..... 31
Şekil 4.9	: Mesnet şartlarının atanması..... 32
Şekil 4.10	: Yükleme geçmişinin tanımlanması..... 32
Şekil 4.11	: Yükleme geçmişinde uygulanacak zaman aralığının..... 33
Şekil 4.12	: Çevrimsel ve sabit yüklerin uygulama noktasına atanması..... 33
Şekil 4.13	: Performans değerlendirme modülünde yapılan tanımlamalar 34
Şekil 4.14	: Ang et al.1981.No.3 numunesinde deneşsel ve Analitik çevrimsel yük-yerdeğıştirme ilişkileri..... 35

Şekil 4.15	: Ang et al.1981.No.4 numunesinde deneysel ve Analitik çevrimsel yük-yerdeğiştirme ilişkileri.....	36
Şekil 4.16	: Soesianawati et al. 1986, No. 1 numunesinde deneysel ve Analitik çevrimsel yük-yerdeğiştirme ilişkileri.....	37
Şekil 4.17	: Soesianawati et al. 1986, No. 2 numunesinde deneysel ve Analitik çevrimsel yük-yerdeğiştirme ilişkileri.....	38
Şekil 4.18	: Soesianawati et al. 1986, No. 3 numunesinde deneysel ve Analitik çevrimsel yük-yerdeğiştirme ilişkileri.....	38
Şekil 4.19	: Soesianawati et al. 1986, No. 4 numunesinde deneysel ve Analitik çevrimsel yük-yerdeğiştirme ilişkileri.....	39
Şekil 4.20	: Tanaka and Park 1990, No. 1 numunesinde deneysel ve Analitik çevrimsel yük-yerdeğiştirme ilişkileri.....	40
Şekil 4.21	: Tanaka and Park 1990, No. 2 numunesinde deneysel ve Analitik çevrimsel yük-yerdeğiştirme ilişkileri.....	40
Şekil 4.22	: Tanaka and Park 1990, No. 7 numunesinde deneysel ve Analitik çevrimsel yük-yerdeğiştirme ilişkileri.....	41
Şekil 4.23	: Bayrak and Sheikh 1996, ES-1HT numunesinde deneysel ve Analitik çevrimsel yük-yerdeğiştirme ilişkileri.....	42
Şekil 4.24	: Tanaka and Park 1990, No. 3 numunesinde deneysel ve Analitik çevrimsel yük-yerdeğiştirme ilişkileri.....	42
Şekil 4.25	: Bayrak and Sheikh 1996, AS-4HT numunesinde deneysel ve Analitik çevrimsel yük-yerdeğiştirme ilişkileri.....	43
Şekil 4.26	: Davey 1975, No. 2 numunesinde deneysel ve Analitik çevrimsel yük-yerdeğiştirme ilişkileri.....	44
Şekil 4.27	: Zahn et al. 1986, No. 5 numunesinde deneysel ve Analitik çevrimsel yük-yerdeğiştirme ilişkileri.....	44
Şekil 4.28	: Calderone et al. 2000, 828 numunesinde deneysel ve Analitik çevrimsel yük-yerdeğiştirme ilişkileri.....	45
Şekil 4.29	: Ang et al 1981, No. 2 numunesinde deneysel ve Analitik çevrimsel yük-yerdeğiştirme ilişkileri.....	46
Şekil 4.30	: BAP_SC-02 numunesinde deneysel ve Analitik çevrimsel yük-yerdeğiştirme ilişkileri.....	46
Şekil 4.31	: Zahn et al. 1986, No. 7 numunesinde deneysel ve Analitik çevrimsel yük-yerdeğiştirme ilişkileri.....	47
Şekil 4.32	: Zahn et al. 1986, No. 8 numunesinde deneysel ve Analitik çevrimsel yük-yerdeğiştirme ilişkileri.....	48
Şekil 4.33	: Zahn et al. 1986, No. 8 numunesinde deneysel ve Analitik çevrimsel yük-yerdeğiştirme ilişkileri.....	48
Şekil 5.1	: Deneysel - Analitik burkulma yerdeğiştirme karşılaştırması	52

BETONARME KOLONLARDA BURKULMA HASAR LİMİTİ

ÖZET

Bu Çalışmada, İstanbul Aydın Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Laboratuvarında üretilerek test edilen deney numunelerinin ve PEER (pasifik deprem mühendisliği araştırma merkezi) 'nden burkulma ilgili farklı tür test edilen deney numunelerin davranışı deneysel olarak incelenmiştir. Deneysel sonuçlar elde edilen yük-yer değiştirme ilişkileri incelenip burkulmanın deneysel ve analitik tespit ettiği değerlerin arasında yük-yer değiştirme ilişkileri üzerinde karşılanmıştır. Tüm numuneler yük-yer değiştirme ilişkilerini bulmak için *SeismoStruct 2016* program üzerinde incelenip araştırmıştır. Türk Deprem Yönetmeliğinde verilen hasar sınırı yaklaşımı sonuçları karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Bunun ilgili çoğu dikdörtgen kolon, uzunlamasına çubuklar ve çevresel spiraller ile takviye edilmiştir. Üstelik, dairesel kolon, sabit eksenel yük ve döngüsel yanal yer değiştirmeler altında inşa edilmiş ve test edilmiştir. Çalışmada anlatılan araştırmanın amacı, İstanbul Aydın Üniversitesi Laboratuvarı'nda gerçekleştirilen birkaç örnek ile PEER (pasifik deprem mühendisliği araştırma merkezi) den deneysel veriler oluşturmaktır. Beton kırma kolonlarında veya burkulmanın oldukça etki-tepki durumlar, hangi koşulların etkilendiğini bar burkulması ve burkulma hasarı tespit etmek ve Türk depreminde hasar limiti yaklaşımını geliştirip araştırmıştır. Betonarme kolonlar ağır bir şekilde enstrümanlandı ve bar burkulmasının başlangıcını tespit etmek için özel önlemler alınmıştır. Bunun gerekli olduğu kanıtlanmıştır, çünkü enstrümanın, insan gözüyle görülemeden önce burkulması tespit edildi. Betonarme kolonlarda çeliğin bar burkulması, her zaman, gerilme artışının, yarım gerilmeli zorlanma gerginliği artışı döngüsünden sonra, basınç artışının sıkıştırıldığı yarım kayma döngüsü sırasında meydana gelmiştir. Ancak, burkulmada mutlak zorlanma çoğu durumda gerilmeyidir. Ayrıca incelenen değerler aralığında spiral sertliği ve kuvvetinin, burkulma başlangıcında, kayma veya kayma artışı üzerinde istatistiksel olarak önemsiz bir etkiye sahip olduğu bulunmuştur. Belirli bir yanal deformasyon seviyesi için, uzunlamasına çubukların olasılığını öngörmek için pratik bir model geliştirilmiştir. Bir betonarme kolonda tokmak başlamış olacaktır. Plastik rotasyon, sürüklenme oranı ve yer değiştirmeyi birbirine bağlayan üç ilişki çubuk burkulması ile süneklik, plastik-menteşe analizi, moment-eğrilik analizi ve konstrüksiyon takviyesinden kaynaklanır. Etkin bağlantı oranını, eksenel yükü açıklayan bu ilişkiler oran, en boy oranı ve boylamasına çubuk çapı, beton kolonların siklik testlerinden bar burkulma gözlemleri kullanılarak kalibre edilmiştir.

Anahtar Kelimeler : *Bar, Burkulma, Betonarme Kolon, Yerdeğiştirme, Süneklik.*



BUCKLING DAMAGE IN REINFORCED CONCRETE COLUMNS

ABSTRACT

In this work, the behavior of test specimens produced and tested at İstanbul Aydın University Civil Engineering Laboratory and different types of test specimens related to buckling of PEER (Pacific earthquake engineering research center) were examined experimentally. The load-displacement relations obtained from the experimental results are investigated and the load-displacement relationships between the values determined by the buckling experimentally and analytically are met. The sample specimens were examined and investigated in the *SeismoStruct 2016* program to find the load-displacement relationships. The results of the damage limit approach given in the Turkish Earthquake Code have been examined comparatively. Most of them are reinforced with rectangular columns, longitudinal bars and circumferential spirals. Furthermore, circular columns were constructed and tested below the axial load and cyclic lateral displacements. The purpose of the study described in the study was to create experimental data for PEER (Pacific earthquake engineering research center) with a few examples carried out in İstanbul Aydın University Laboratory. The concrete impact cracking columns were investigated to determine the impact-response conditions, which conditions were affected, and to determine the buckling and buckling damage and to develop a damage limit approach in the Turkish earthquake. The columns were heavily instrumented and special precautions were taken to determine the onset of the buckling of the bar. This has proved necessary because the sprain was detected before the instrument could be seen by the human eye. Bar buckling in reinforced concrete columns always occurred during a half cycle of drift in which the strain increment was compressive, following a half cycle of substantial tensile strain increment. However, the absolute strain at buckling was in many cases tensile. It was also found that within the range of values studied, the stiffness and strength of the spiral had a statistically insignificant effect on the drift, or drift increment, at the onset of buckling. A practical model has been developed to predict, for a given level of lateral deformation, the likelihood that longitudinal bars in a reinforced concrete column will have begun to buckle. Three relationships linking plastic rotation, drift ratio, and displacement ductility with the onset of bar buckling were derived based on the results of the plastic-hinge analysis, moment-curvature analysis, and the expected influence of the confinement reinforcement. These relationships which account for the effective of confinement ratio, axial-load ratio, aspect ratio and longitudinal bar diameter, were calibrated using the observations of the bar buckling from reinforced concrete columns.

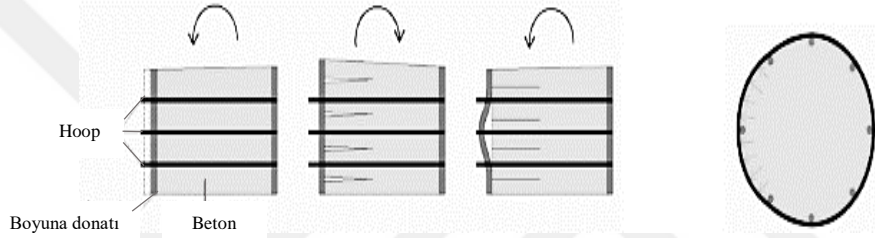
Keywords : *Bars, Buckling, Deformation, Concrete columns, Displacement, Ductility.*



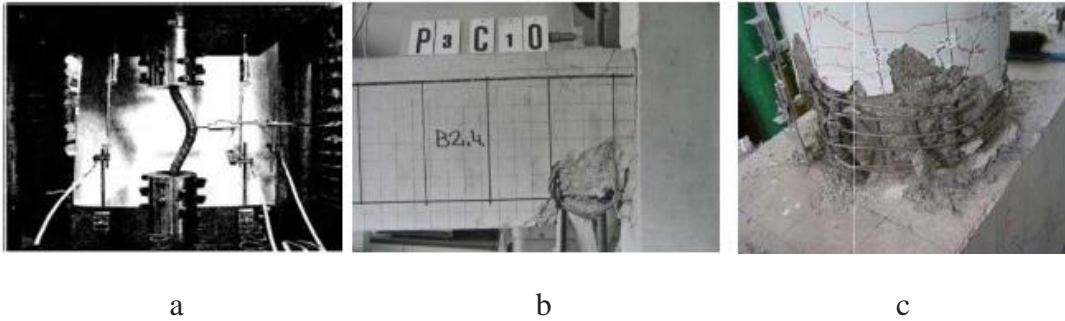
1.GİRİŞ

Betonarme yapıların deprem yükler altında, özel taşımacılık veya fazla etkisi yapısının çeşitli elemanları içinde post-kritik durumlara yol açabilmektedir. Betonarme elemanların post-kritik deformasyonlar durumundaki davranışlarını analiz ettiği sırada ve bir beton örtünün en son deformasyonları aşıldığı zaman, sıkıştırılmış uzunlamasına çubukların elastik olmayan burkulması düşünülmelidir [1].

Çizelge 1.1 : Döngüsel yüklemde plastik menteşe bölgesi [1].



Büyük ihtimalle elastik olmayan burkulmaları hesaba katan mevcut sıkıştırılmış çubuk modelleri [3], bir deney laboratuvarında sıkıştırılmış çubukların (her iki ucunun sabit) davranış analizi temelinde detaylandırılmıştır (şekil 1.1). Gerçekleştirilen deneysel testler ve sayısal analiz [3], çubukların geometrisinin (göz çarpan) yanı sıra, çeliklerin çubukların yapıldığı mekanik özelliklerinin (yani akma dayanımının, plastisite alanın uzunluğu, mukavemet ve akma dayanımı ile eğrinin güçlendirilmesi arasındaki ilişki.), çubukların elastik çökmesini etkilemektedir.



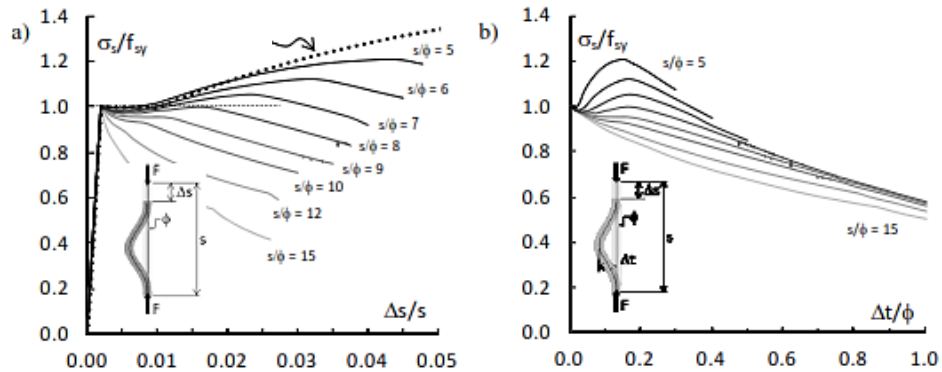
Şekil 1.1: (a)Test sırasında çubuk burkulması-burkulma modu (b) lokal burkulma (c) genel burkulma

Ancak, beton elemanlarını güçlendirmek için yerleştirilen sıkıştırılmış çubukların davranışı, laboratuvar ortamında davranışlarından farklıdır. Çoğu zamanda, beton kirişler ve kolonları güçlendirmek için yerleştirilen uzunlamasına çubuklar, iki komşu bağ arasındaki burkulma sıkışmayı tecrübe eder-yerel burkulma(şekil 1.1b). bu durumda, bardaki kritik kuvvet, hem betonarme örtüyü hem de beton ile boylamasına çubuk arasındaki yapışma kuvvetlerini (bar hassasiyetinde ayrı olarak) etkilemektedir. Barların betonarme elemandaki burkulması, kapağın ayrılmasına kadar gerçekleşmez. Bu yüzden, kapak takviye çubuklarındaki burkulma sürecinin geciktirilmesine katkıda bulunur. Burkulma işlemi ayrıca, bir bağlantı paçası arasındaki açıklıktan daha uzun bir bölüm boyunca bir betonarme elemanın bir sıkıştırılmış çubuğunda da meydana gelebilir, örnek olarak , bir çubuk ilk ve beşinci bağlar arasında sıkıştırılabilir. Genel bir burkulma (şekil 1.1c) daha sonra, sıkıştırılmış bir çubuğun davranışı, yalnızca betonarme örtü ile değil, aynı zamanda çubuk boyunca yerleştirilen bağarlada sağlanır. Ek olarak, sıkıştırılmış çubukların bir betonarme elemandaki davranışı, elemanın yüklenme yönteminden ve çubukların veya elemanın geometrik kusurlarından ayrıca betonarme elemanların gerilmeleri ve deformasyonlarından etkilenir. Yukarıdaki faktörlerden dolayı, bilinen sıkıştırılmış takviye çubuklarını modifiye etmek gereklidir. Modeller, davranışlarını etkileyen yukarıda belirtilen faktörleri içermelidir. Post-kritik deformasyonlar aralığında çalışırken, betonarme elemanların davranışının daha kesin bir şekilde prognozunu sağlayacaktır.

1.1 Betonarme Çeliklerinin Doğrusal Olmayan Burkulma

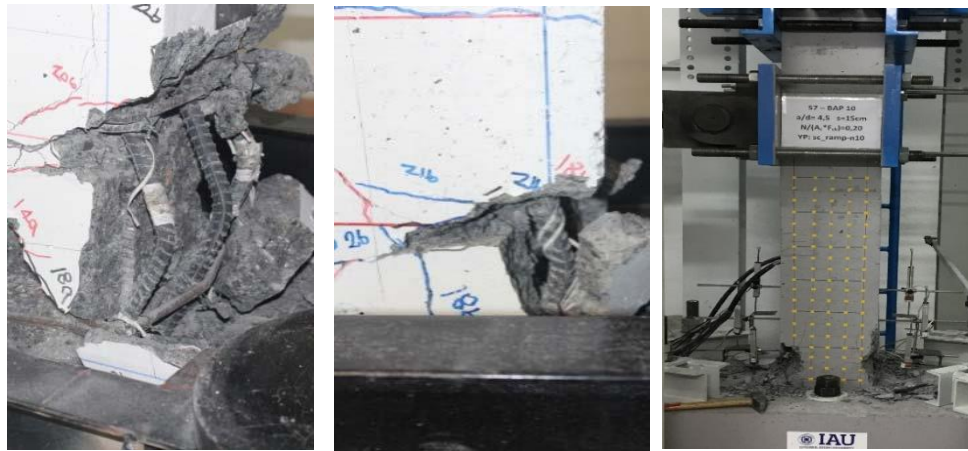
Betonarme çeliklerinin elastik olmayan burkulması görevi, hem deneysel testlerin sonuçlarını hem de analitik simülasyonları sunan çok sayıda çalışmanın konusudur. Üstelik çalışmada, çubukların geometrik parametrelerinin etkisine yönelik kapsamlı

Çizelge 1.2 : (a) stress-boyuna uzama ilişkisi, (b) stress-yanal uzama ilişkisi [3].



bir çalışmayı içermektedir, ancak mekanik parametreleri yeterince incelenmiştir. Çizelge 1.1 akma dayanımı ($\sigma_s = f / A_s$) ve çubuğun orantılı kısalması (σ_s / f_{sy}), açısından normaliz edilen stres (Δ_t / \emptyset), ile sayısal analizlerde elde edilen çubuğun merkezi bölümünün (Çizelge 1.1b), görece enine yerdeğiştirmesi (σ_s / f_{sy}) arasındaki ilişkileri göstermektedir. Fark edilebileceği gibi, yatak yükü kapasitesi bar hassasiyetine bağlıdır. Çubuktaki maksimum gerilmeler, bar slenderness $S / \emptyset < 8$ ise akma dayanımından daha büyüktür. Daha büyük bir incelik için, çubuktaki maksimum gerilmeler akma dayanımına eşittir. Sıkıştırılmış çubuk, akma dayanımına ulaştıktan hemen sonra düz şeklini kaybeder. Çubuktaki gerilmeler akma dayanımına eşit olduğu zaman, çubuk enine deformasyona uğramaktadır.

Performansa karşı deprem mühendisliği uygulamak için, yapısal bileşenlere yerleştirilern deformasyon taleplerini, özel hasar seviyelerine ulaşma olasılığı ile ilişkilendirmek gerekmektedir[7]. Betonarme kolonlarda uzunlamasına çubukların burkulmasının başlangıcı bir anahtar hasar durumudur (şekil 1.2), çünkü daha az şiddetli eksternal hasar seviyelerinin aksine, bar çökmesi kapsamlı onarım gerekmektedir (Lehman ve Arark 2001), yapının işlevselliğini önemli ölçüde azaltır (Eberhard 2000), ve yapısal güvenlik için net etkileri vardır. Betonarme kolonlarda uzunlamasına çubukların kararsızlığını modellemek için çok sayıda yaklaşım olarak önerilmiştir. Erkan modeller, küçük deformasyon, Euler burkulma teorisinin tek eksenli, monotonik kompresyona maruz kalan bir güçlendirme çubuğunu modellemesi için elastik bağlarla yanal olarak sabitlenmiştir (Bresler and gilbert 1961, Scribner 1988, Papia and Russo 1989).



Şekil 1.2 : Betonarme Kolonda uzunlamasına çubuğun tipik burkulması [4,36]

Daha yeni modeller, beton örtü, paspayı, bağlantı güçlendirmesi ve tektonik çubuklar arasındaki karmaşık etkileşimin çeşitli detaylarını ele alınmıştır. Örneğin, *Pantazopoulou (1998)* çekirdek sertliğinin bağ sertliği üzerindeki etkisini açıklamış ve çubuk sertliği azaldıkça, boylamasına çubuktan çevreleyen betonda yük yeniden dağıtılması modellenmiştir. *Bayrak ve sheikh (2001)*, genişleyen beton çekirdeğin doğrudan boyuna donatı üzerine uyguladığı baskıyı dikkate alınmıştır. *Dhokal ve Maekawa (2002)* uzunlamasına donatının burkulma uzunluğunu tahmin ederek, beton örtü, serpm ve çubuk burkulma arasındaki etkileşimi açıklanmıştır. Diğer çalışmalar, cycling uzunlamasına güçlendirme üzerindeki etkilerini değerlendirilmiştir. Örneğin, *Monti ve Nuti (1992)*, *Gomes ve Appleton (1997)*, ve *Rodriguez ve Diğ.(1999)*, bir betonarme ve enine donatı (ihmal) bar sıkma etkileri dahil olmak üzere, izole bir güçlendirme çubuğunun döngüsel, gerilme – şekil değiştirme tepkisi modellenmiştir.

1.2 Literatür Araştırması

Bir yapının kullandığı mevcut tasarım kodlarının altında yatan amacı, yaşam güvenliğinin sağlamak ve güçlü bir deprem olduğu zamanında yapının çökmesinden önlemektedir. Bununla beraber, performans karşısında deprem mühendisliğinin getirilmesi, tasarımcının belirli bir sismik duruma yanıt olarak belirli bir performansa ulaşmaya çalıştığı yeni bir felsefeyi başlatır. Bir betonarme yapının performansı, meydana gelebilecek hasar durumları ve bunlarla ilişkili yapının tamir edilebilirliği açısından ölçülür. Bir yapının betonarme kolonları için, hasar durumları arasından çatlama, akma, dökülme, uzunlamasına bar burkulması, hapsetme kaybı ve yük taşıma kapasitesinin kaybı bulunmaktadır. Uzunlamasına çubuk burkulması genel olarak spiral kırığa ve hapsetme kaybına yol açtığı için kritik bir hasar durumudur. Çubuklar burkulmaya ulaştığı zaman yada büküldükten sonra onarım zordur. Ve bir kolonun değiştirilmesi gerekecektir. Burkulma hasar durumlarda oldukça önemli ve gerekli olduğu kanıtlanmıştır, çünkü enstrümanın, insan gözüyle görülemeden önce bir betonarme kolonda burkulmasının tespit edilmiştir.

Uygulama tasarımcısının, çubuğun sürüklenme seviyesini bulmasını sağlamak için bir modele ihtiyaç vardır. Ve çeşitli tasarım parametreleri göz önüne alındığı zaman burkulma başlayacaktır. İdeal olarak, böyle bir model hem doğru hem de kullanımı kolay olmalıdır. Bununla beraber, bar burkulması kompleks bir doğrusal olmayan fenomen olduğu için, özel olarakta dairesel kolonlarda, bunun önceden tahmin

edilmesi için doğru bir model henüz geliştirilmemiştir. Deneylerde bar burkulma üzerinde birçok kolon test yaptığı zaman bar bağlama gözlenirken, çubuğun bükülmesinin çalışmanın odağını oluşturduğu ve yakından gözlemlendiği ve ölçüldüğü birkaç test yapılmıştır. Bu tür test edilen burkulma üzerinde daha iyi bir anlayış ve analitik modellerin kalibre fırsatı sunmak için ihtiyaç vardır.

1.3 Önceki Deneysel Ve Analitik Çalışmalar

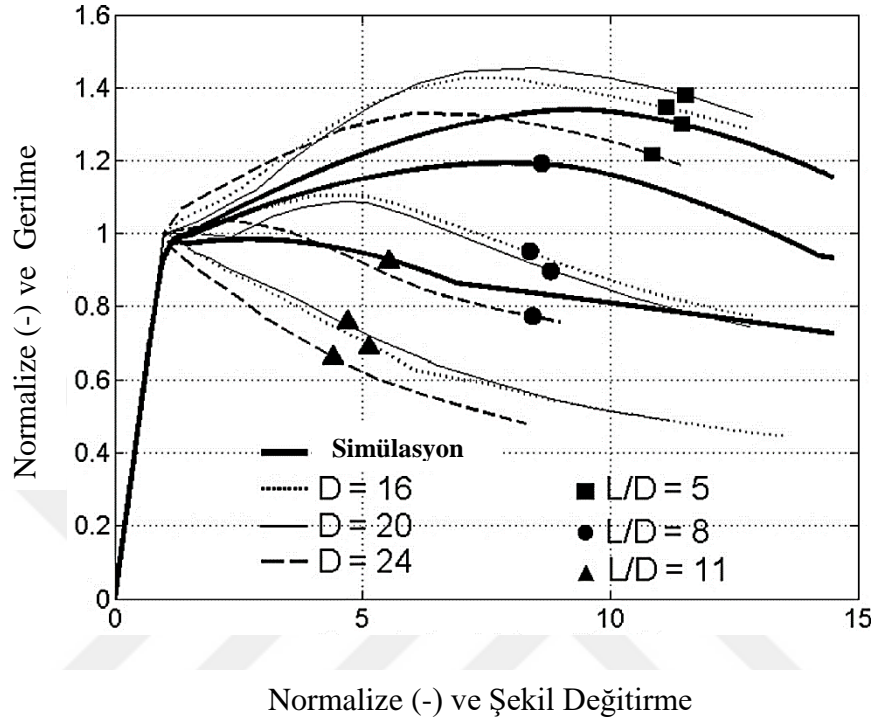
Papia et al.(1988), eksenel basınç altında betonarme elemanlarda çubuk dengesizliği üzerine analitik bir çalışma yapılmıştır. Eksenel basınç altında, sistemdeki başarısızlığını her zaman uzunlamasına takviyenin bükülmesinden, bağlama aralıkları ve ya çok sayıda bağ boşluğu arasında oluşup oluşmadığına bakılmaksızın yapıldığı belirtilmiştir. Çubuğun bükülmüş uzunluğunu hesaplamak için enine bağları temsil eden yaylar dahil olmak üzere bir model geliştirildi. Bu uzunluktan sonra, burkulmaya neden olan kritik yük belirlenmiştir. Bu model deneysel sonuçlarla iyi karşılaştırılmıştır [37] .

Mau(1990), monotonik yükleme altından güçlendirme çubuklarının bazı sonlu eleman modellemesi gerçekleştirilmiştir. Tanjant modülünü kullanarak Mau bir çubuk için kritik bir bağlantı aralığı oluşturdu 5 ila 7 arasındaki çap (s_h/d_b) oranı fark edilmiştir. Bu (s_h/d_b) değerinin altında, basınç yükü sehim eğrisi çekme eğrisini takip edecektir, bu değer üzerinde çubuk, akma noktasında ulaşıldığı zaman kararsız hale geldi ve tanjant modülü sıfıra yaklaştırdı. Genel olarak çalışmalarda 5 ila 15 arasındaki S/D oranlarına odaklanmıştır [6].

Monti ve Nuti (1992), burkulma da dahil olmak üzere bir gülendirme çubuk davranışı modeli geliştirmek için monotonik eksenel sıkıştırma testleri gerçekleştirmiştir. Çubuklar bir test makinesine yerleştirildi ve rotasyonları önlemek için uçları sabitlenmiştir. Çubuklar hem basınç hem de çekmede test edilmiştir. Bağlantı aralığının etkisini göstermek için 5, 8 ve 11 bar çaplarına (s_h / d) oranlar seçilmiştir. (s_h / d) = 5 için çekme ve basınç gerilme – şekil değiştirme eğrilerinin hemen hemen aynı olduğu, daha büyük (s_h / d) değerleri için ise eğrilerin çizelge 1.2'de gösterildiği gibi, verim başlangıcından sonra ayrıldığı bulunmuştur. *Monti ve Nuti*, kolon modellerine dahil edilebilecek elastik olmayan burkulma ile ilgili bir model elde etmek

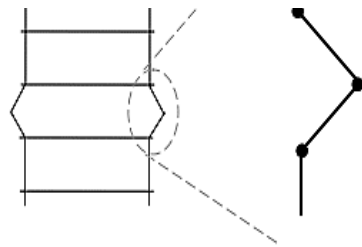
için dört farklı sertleştirme kuralı kullanmıştır. Onun enine donatının çubuk uçlarını tamamen durduracağı varsayımına dayanmaktadır [8].

Çizelge 1.3 : Monti ve Nuti ' den (1992) alınan deneysel monotonik basınç eğrileri [8].



Gomes ve Appleton (1997), güçlendirme çubuklarının burkulmasının hesaba ilave etmek için Menegotto-Pinto eğrisinde değişiklikler yapılmıştır. Bu model *baushinger* etkisi ve izotropik gerilme sertleşmesi gibi etkileri içeriyor. Burkulmanın gerilme-şekil değiştirme ilişkisi, Çizelge 1.3'de gösterildiği gibi basit bir plastik mekanizmaya dayanmaktadır. Çubukların uçlarda tutturulacağı ve bağlantı aralıkları arasında plastik menteşeler (çizelge 1.3'de siyaha noktalar olarak gösterilmiştir.) oluşturulacağı varsayılmıştır [5].

Çizelge 1.4 : Gomes ve Appleton tarafından Önerilen Plastik burkulma mekanizması [5].



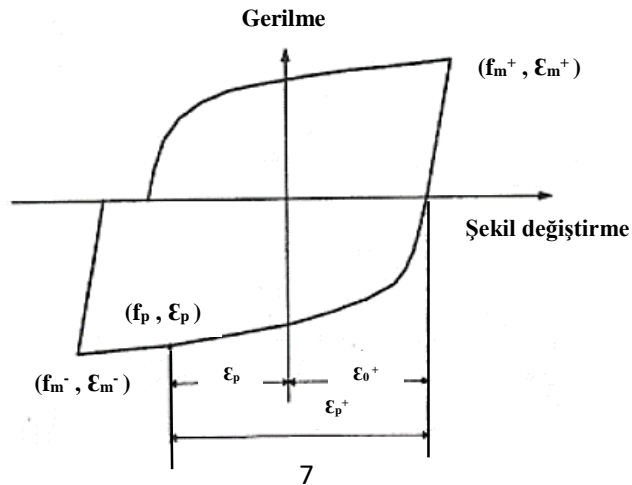
Rodriguez ve diğ. (1999) Monti ve Nuti (1992) 'ye benzer güçlendirme çubuklarının döngüsel davranışlarını incelemişlerdir. Çubuklar, 2, 5, 4, 6, ve 8'lik çubuk çapına (s_H/d) bağ aralığı ile test edilmiştir. Çubuklar sıklıklu bir test makinesine yerleştirilmiş ve saplar ile tutulmuştur. Saplar tamamen sabit bir bağlantı sağlamamıştır ve bu sebeple Monti ve Nuti (1992) tarafından tamamen sabit bir çubuk için varsayılan 0.5 değeri yerine 0.75 etkili bir uzunluk bulunmuştur. Burkulma ampirik olarak, çubuğun iki tarafındaki birim şekil değiştirme farkının belirli bir değeri aştığı an olarak tanımlanmıştır[10].

$$\varepsilon_2 - \varepsilon_1 \geq 0.2(\varepsilon_t) \quad \text{Monotonik için} \quad (1.1)$$

$$\varepsilon_1 - \varepsilon_2 \geq 0.2(\varepsilon_{m+} - \varepsilon_{m-}) \quad \text{periyodik için} \quad (1.2)$$

Burada ε_1 , çubuğun sıkıştırma tarafındaki şekil değiştirme, ε_2 çubuğun gerilme tarafındaki şekil değiştirme dir. ve ε_{m+} ve ε_{m-} ulaşılan en yüksek şekil değiştirmelerdir. Sıklıkla yüklemekten kaynaklanan burkulma başlangıcının büyük ölçüde gerilimden geri dönüşten etkilendiği ve tersine dönmeden önce ulaşılan maksimum gerilme gerilimine bağlı olduğu bulunmuştur. Bu düşünceler göz önüne alındığı zaman, bir çubuğun tokalaşacağı gerilmeyi öngören bir model üretilmiştir. Çizelge 1.4'te gösterildiği gibi sıfır yükte gerilme yükünden (ε) yeni bir ε_p şekil değiştiren dönüşten sonra döngüsel yükleme toklaması altında gerçekleşeceği sonucuna varılmıştır. Diğer tüm parametreler sabit tutulursa, ε_{p*} değeri sabit kabul edilir, böylece ε_{+0} , ε_{p*} den büyükse, çubuk net çekme şekil değiştirmesi altında (suda ve diğerleri 1996 tarafından tartışıldığı gibi), ve $\varepsilon_{+0} = 0$ ise $\varepsilon_{p*} = \varepsilon_p$ altında tokalanmıştır.

Çizelge 1.5 : Rodriguez ve arka 'da gösterilen sıklık gerilme-şekil değiştirme



Dhakal ve Maekawa (2002), dikdörtgen kolonlar üzerinde çalışmış ve güçlendirme stabilitesinin uzunlamasına çubuklara, enine donatıya ve örtü betonu ile etkileşime bağlı olduğu sonucuna varmıştır. Enerji presiplerini kullanarak çubuklar için burkulma modu ve şeklini türetmişler ve böylece çubukların kaç tane kıvrımların üst üste gelecektir. Üstelik, beton üzerindeki sıkıştırıcı şekil değiştirme ek olarak dışa doğru bükülen çubukların yanal kuvvetini içeren bir kırılma kriteri geliştirmektedir. Bu modeller, yanal ve eksenel yüklere maruz kalan bir konsol kolonunun sonlu eleman analizinde kullanılmıştır. Bu modelin sonuçları deney sonuçları ile oldukça iyi anlaşmıştır [2].

Moyer ve Kowalsky (2003), dört tane 18'lik çaplı numune test edilmiştir. Tüm kolonlar aynı şekilde oluşturuldu, testteki tek değişken, numunelerin sürüklenme geçmişleriydi. Bu çalışmadan, güçlendirme çubuklarının, Rodriguez ve diğerleri (1999) ' un hipotezi ile tutarlı olan, büyük bir gerilme geriliminden geçtikten sonra, basınç, gerilmesinden kopma eğiliminde olduğu bulunmuştur. Beton çekirdeği çatladıktan sonra, uzunlamasına çubukların betondaki çatlaklar kapanana kadar sıkıştırma kuvvetinin tek taşıyıcıları olduğu bulunmuştur. Çubuklarda gerginliğin şekil değiştirme ölçer üzerinden izlenmesinin, çubukların bukülüp takılmayacağı en önemli faktör olduğu için oldukça önemli olduğu vurgulanmıştır [9].

1.4 Tezin Amacı

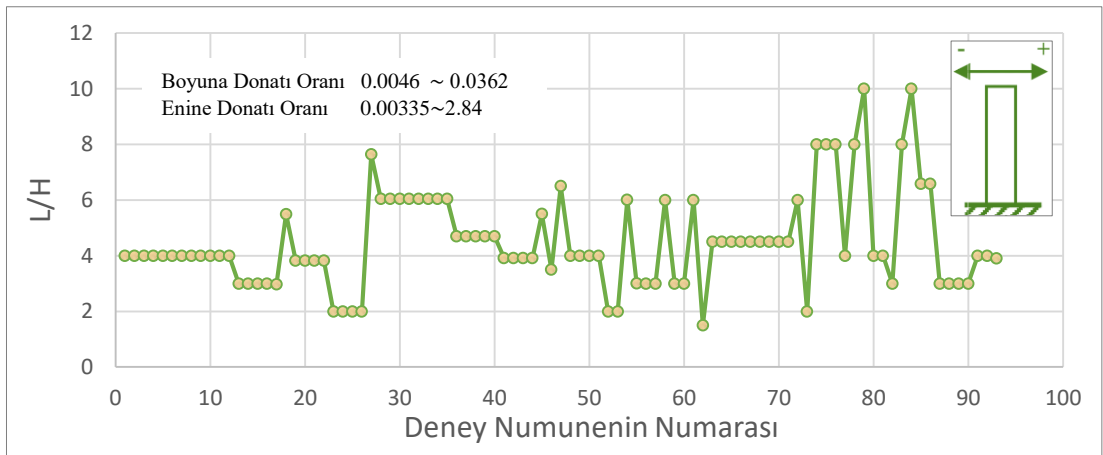
Bu araştırmada betonarme kolonlarda depreme karşı gelen yükler burkulma hasar limiti deneysel olarak incelenmiştir. Bu çalışmada farklı kaynaklar üzerinde araştırma yapıp tüm verilen sonuçlar incelendikten sonra ,deneysel ve analitik olarak birbirine karşılanmıştır. Burkulma hangi durumlar oldukça etkisi olduğu için belirlenmiştir. Ve Türk Deprem Yönetmeliğinde hasar sınırı yaklaşımının geliştirilmesidir.

1.5 Materyal

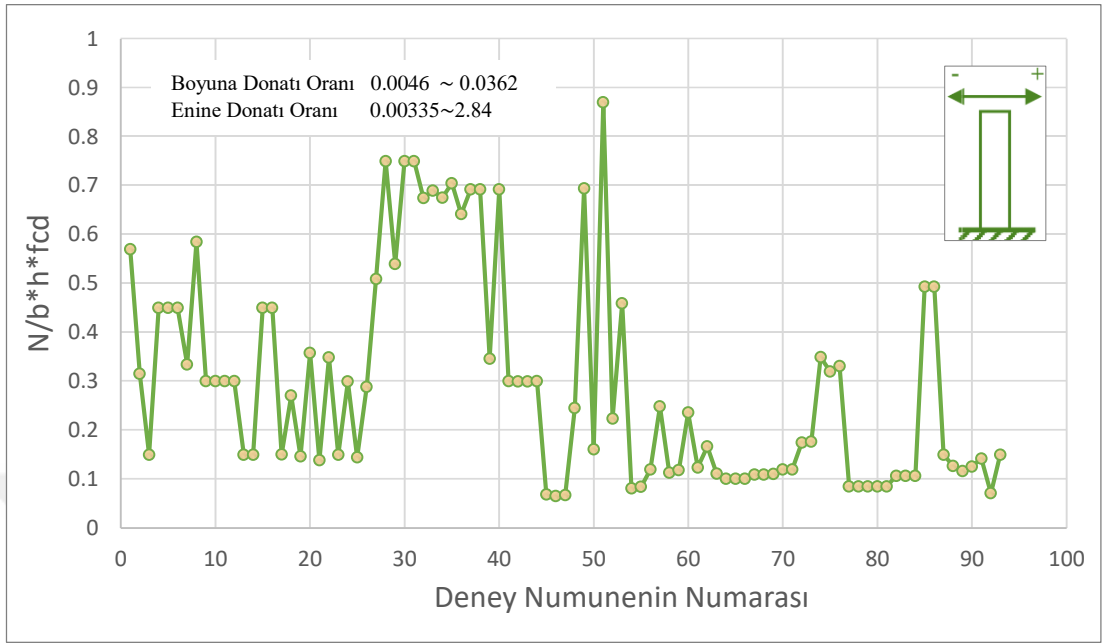
Bu araştırma da kullandığı materyal iki şekil de alınmıştır. Birinci türünde İstanbul Aydın Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Laboratuvarında bazı numuneler burkulma ilgili test edilip verileri alınıp betonarme kolonlarda burkulma hasar sınırı üzerinde incelenmiştir. İkinci şekilde, Pantazopolou (1998), çubuk bükülmesini etkileyen parametreleri tanımlamak için 300 kolon burkulma ilgili testinden oluşan bir veri tabanı derlemiştir. Üstelik, çalışmada kolondaki kararsızlık üzerindeki donatının

etkililiği, iç deformasyon kapasitesi, etriye aralığı ve donatının çubuk çapı arasındaki etkileşimi gösterip PEER olarak adlandırılmıştır. Bu çalışmada veri tabanları yani PEER (Pasifik deprem mühendisliği araştırma merkezi) 'nden ve WWW.Washington.Edu/ veya <http://Peer.berkeley.edu> adresinde, World Wide Web sitesinde bulunan özetlenip toplanmıştır. Burkulma deneylerin sonuç verileri alınıp incelenmiştir. Bu veritabanında deneyler kesit boyutları, beton dayanımı, enine ve boyuna donatı, kesit uzunluğu, test düzeni, eksenel yük, beton örtüsü ve paspayı, etriyenin çap ve aralığın birbirinden farklı numuneler seçip burkulma hasar sınırı için incelenmiştir. Her bir test edilen burkulma ilgili test edilmiştir. Genel olarak bu çalışmada maksimum kullandığı yük deney laboratuvarında (44681 KN), minimum da (120 KN), yüklenmiştir. Ayrıca test düzeni olarak 17 tane çift uçlu kolon, 70 tane konsol kolon ve 6 tane çift konsol kolon burkulma üzerinde kullanılıp incelenmiştir. Üstelik, kesit olarak da 45 tane dikdörtgen, 48 tane de dairesel alınmıştır ki bu kesitlerde maksimum beton dayanımı (102.2 Mpa), minimum beton dayanımı da (23.1 Mpa), maksimum boyuna donatı oranı (0.0362), minimum da (0.0046) ve maksimum alındığı enine donatı oranı (2.84), minimum da (0.00335) deneylerinde alınıp kullanmıştır. Her deney için veritabanları kolon geometrisi, malzame özellikleri, donatı detayları, yükleme konfigürasyonu, referans, test sonuçları ve deney sırasında hasar gözlemleri hepsi bir çizelgede toplanıp ek bölümünde verilmiştir. Araştırmada tüm kullandığı deney numuneleri aşağıda $(L/h, N/b \cdot h \cdot f_{cd}, \rho_t = Ast / (b \times h))$ deney numune numarayla karşısında graf olarak özetlenmiştir.

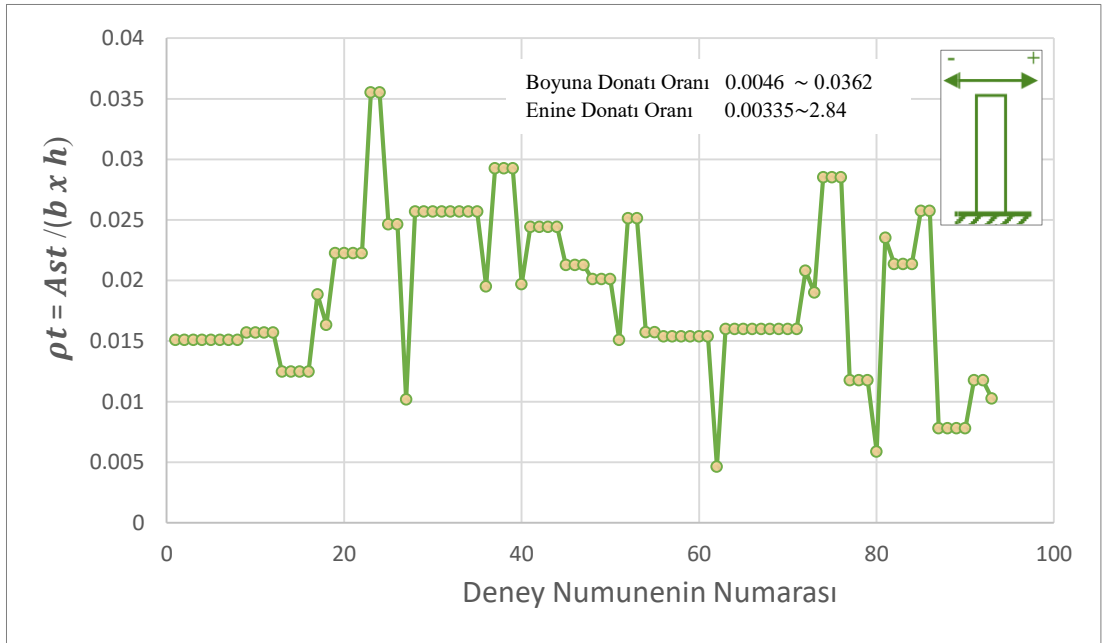
Çizelge 1.6 : Araştırmada kullandığı deney numuneler



Çizelge 1.7 : Araştırmada kullandığı deney numuneler



Çizelge 1.8 : Araştırmada kullandığı deney numuneler

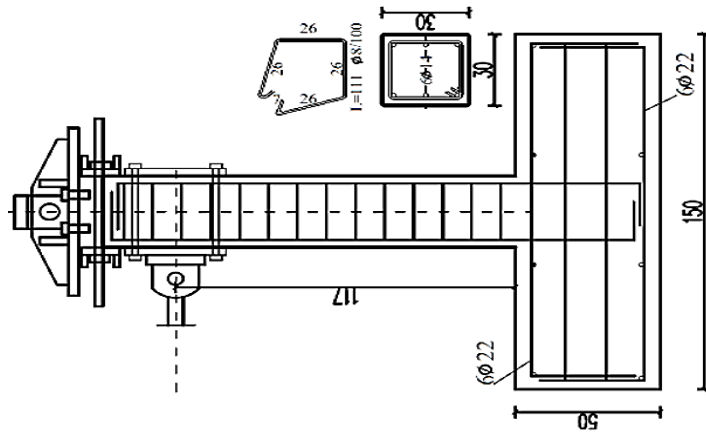


2. DENEY PROGRAMI

Bu çalışmada kullandığı ve yapıldığı yöntem betonarme kolonlarda burkulma hasar limiti üzerinde yaklaşık yüze yakın deney sonuçları değerlendirilmiştir. Program olarak iki şekilde deneysel ve analitik, deney numunelerin üzerinde açıklanıp incelenmiştir. Bu bölümünde çalışmanın, sabit aksenal yük, çevrimsel yatay yük ve depreme gelen yükler, altında deprem yüklerine benzeştirilerek test edilen ve eğilme kırılmasıyla taşıma gücüne ulaşan bir deney numunesinin davranışı incelenecektir. Deney numunesinin özellikleri ve deneysel sonuçları IAU BAP-2016-01 kolon numunesi, T.C. İ.A.Ü Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Laboratuvarında Test edilmiş ve bilimsel araştırma projesinden alınmıştır. Deney numunesinin genel özellikleri ve yükleme özellikleri 2.1 ve 2.2 bölümlerinde, deney numunesinin davranışı ve basınç donatısı burkulma hasar durumuna ait deneysel sonuçların irdelenmesi ise 2.3 bölümünde özetlenmiştir.

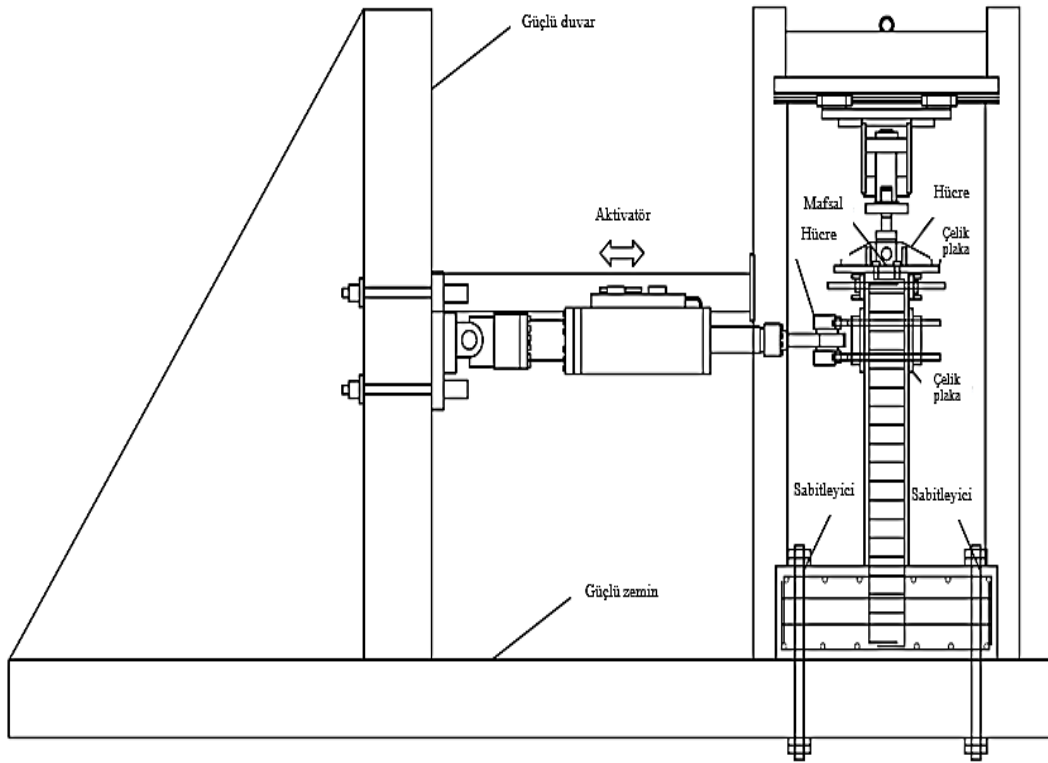
2.1 Deney Numunelerinin Detayları Ve Test Düzeni

BAP-2016-01 kolon numunesi, İstanbul Aydın Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Laboratuvarında burkulma hasar limiti üzerinde üretilerek test edilen deney numunesinin geometrisi ve donatı detayları Şekil 2.1’de, deney programında uygulanan test düzeni ise Şekil 2.2’de şematik olarak gösterilmiştir



Şekil 2.1 : Deney numunesi detay çizimi

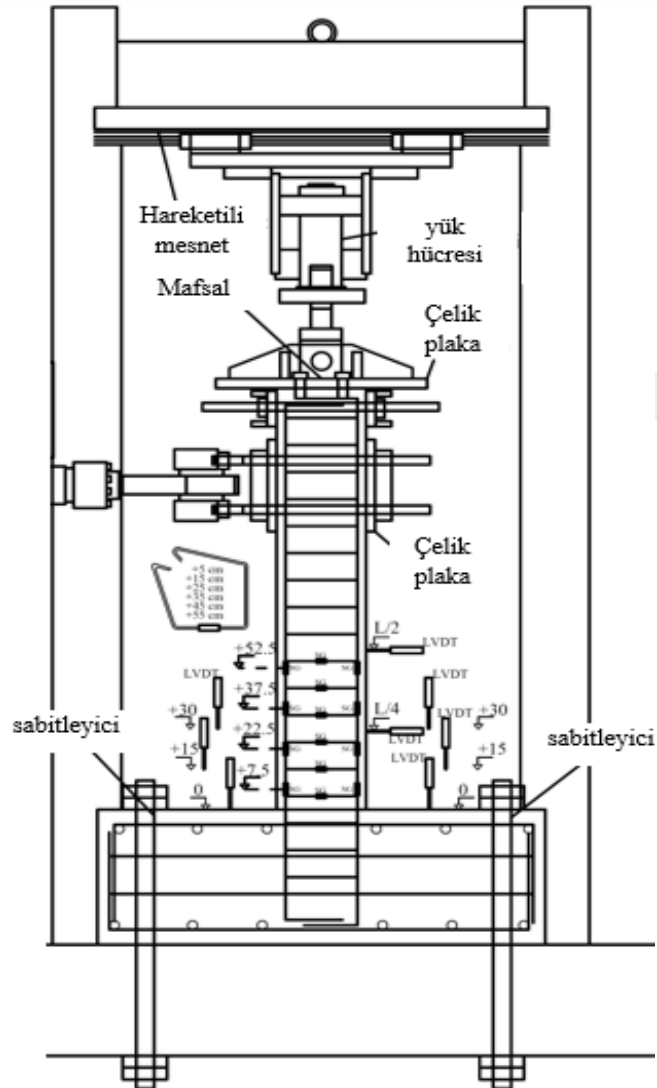
Şeklinde de görüleceği üzere konsol kolon numuneleri güçlü zemin üzerine sabitlenip, konsol olarak mesnetlenmiştir. Konsol kolon numunede yük uygulama noktasının gerçek yapı davranışında kolon açıklık bölgesindeki moment sıfır noktasını, konsol temelinin ise gerçek yapı davranışında rijit bir kolonu temsil ettiği düşünülebilir. Deneysel düzeninde, plastik mafsallık bölgesindeki eğrilik talebini ve birim deplasmanını (birim şekil değiştirme), belirlemek için 3 farklı seviyede ve 15 cm aralıklarla harici yer değiştirme ölçümleri yapılmıştır. Üstelik, deney sırasında plastik mafsallık alanındaki toplam 12 adet birim şekil değiştirme ölçer, boyuna ve enine donatılara bağlanmıştır. Deneysel veriler, 30 kanallı bir veri toplayıcı ile kayı altına alınmıştır. Numunelere yerleştirilen harici yer değiştirme konumu ve birim şekil değiştirme ölçümü Şekil 2.2’de gösterilmiştir. Konsol olarak üretilen deney numunesinde yatay yük uygulama noktası gerçek yapıdaki kolonun moment sıfır noktasını konsol numune mesnedi ise, gerçek yapıda rijit temeli simgelemektedir. Kesme açıklığının kesit etkili derinliğine oranı 3.5 olacak şekilde imal edilen toplam deney numunesinin genel özellikleri ise Çizelge 2.1’de özetlenmiştir.



Şekil 2.2 : Test düzeni

Çizelge 2.1 : Deney numunesi özellikleri

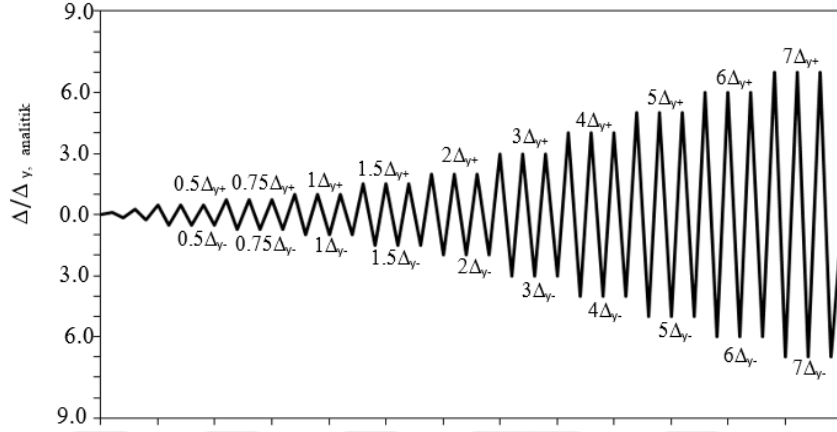
Parametre	Deney Numunesi
b/h (cm/cm)	30/30
a/d	4.5
f_{ck} (MPa)	32.5
$f_{yk}/f_{su}/f_{ywk}$ (MPa)	480/640/690
Boyuna Donatı (Oranı)	6 ϕ 14 (0.01)
Enine Donatı (Oranı)	ϕ 8/10 (0.008)
Eksenel yük, N (kN)	292.5
Boyutsuz eksenel yük	0.10



Şekil 2.3 : Deney düzeninde harici olarak montajı yapılan yerdeğiştirme ve birim şekil değiştirme ölçerlerin konumları

2.2 Yükleme Geçmişi

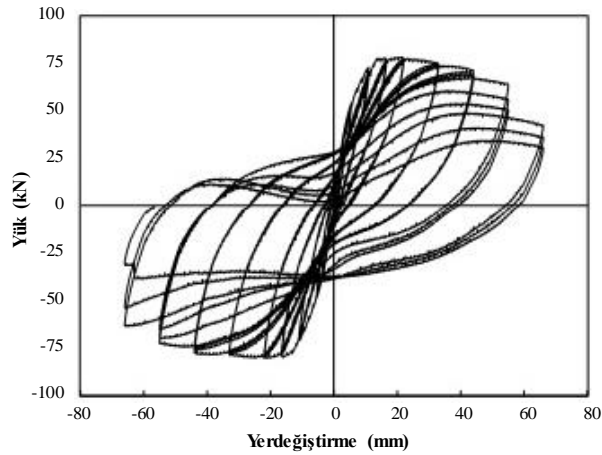
Uygulanan test numunelerinin yerdeğiştirme kontrollü çevrimsel (periyodik) tekrarlı yükleme geçmişi Şekil 2.4’de gösterilmiştir. Yükleme geçmişinde, numunelerin analitik akma yer değiştirmesi ile belirlenen nominal yerdeğiştirme sünekliliği oranları ($\Delta/\Delta_{y,analitik}$) hedeflenmektedir. Yükleme geçmişinde, nominal yer değiştirmenin 0.5’in altındaki yükleme adımlarında tek tekrarlı yükleme, nominal yer değiştirmenin 0.5 ve üzerindeki değerleri için ise 3 tekrarlı yükleme uygulanmıştır.



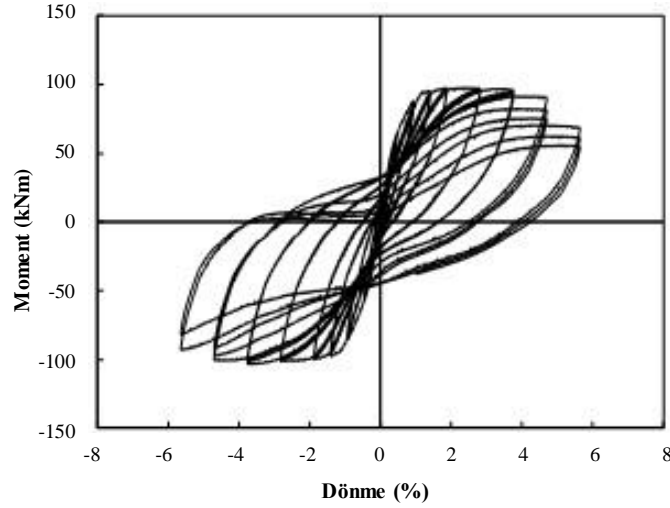
Şekil 2.4 : Yükleme geçmişi

2.3 Deneysel Sonuçlar

Deney numunesinin yük-yer değiştirmeye ve moment-dönme ilişkileri Şekil 2.5 ve 2.6’da diyagram olarak veripalmıştır. Deney sırasında numunedeki maksimum yük ve yer değiştirmeye değerleri ve gözlemlenen deney sırasında çeşitli hasar durumlarının meydana geldiği yer değiştirmeler Çizelge 2.2’de özetlenmiştir. Ayrıca, deney numunesi göçme durumu ise Şekil 2.7’de gösterilen fotoğraflar ile gösterilmiştir.



Şekil 2.5 : Deney numunesinin çevrimsel yük-yer değiştirmeye ilişkisi



Şekil 2.6 : Deney numunesinin çevrimsel moment-dönme ilişkisi

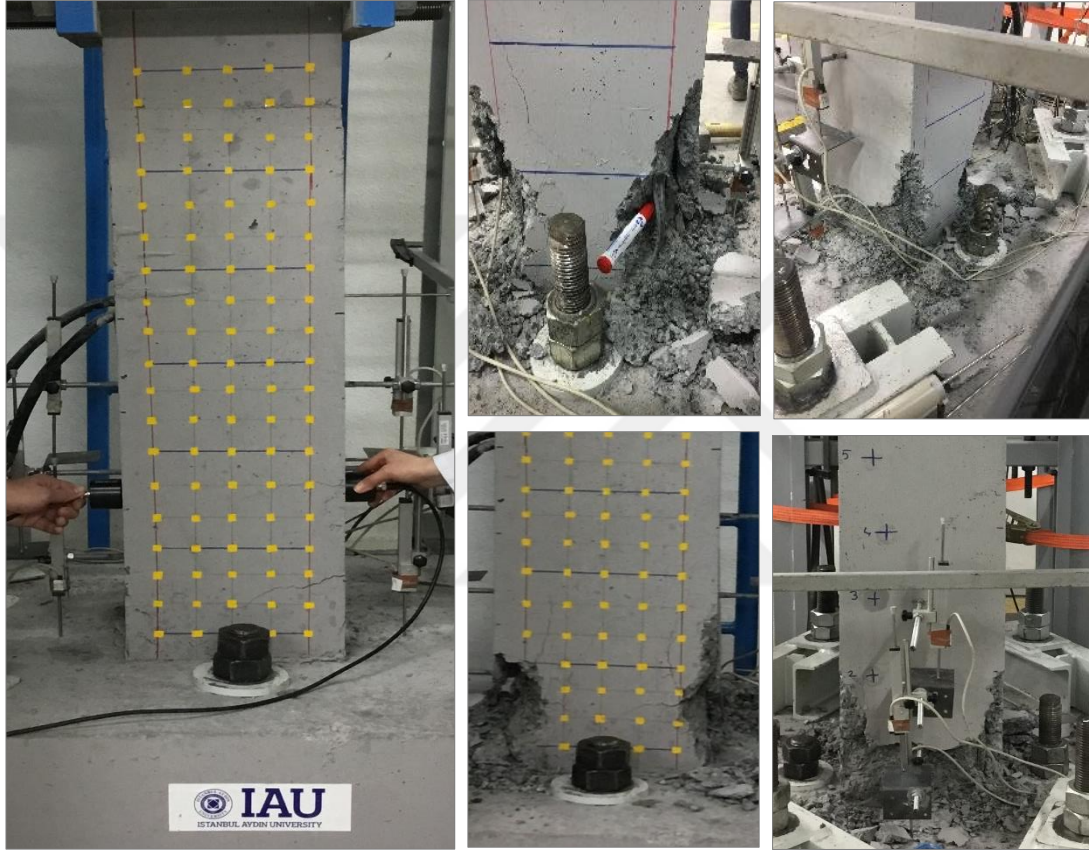
Çizelge 2.2 : Deney numunesinde gözlemlenen hasar durumlarının özeti

Yük Gözlemleri		Yerdeğiştirme Gözlemleri	
V_{maks}	78.32kN	Maksimum yer değiştirme	66mm
M_{maks}	110.94kNm	Maksimum dönme	%5.64
Yükleme Geçmişi Türü		Yerdeğiştirme sünekliği kontrollü yüklenme	
Kırılma Türü		Eğilme kırılması	
Hasar No	Hasar Gözlemi	Yer değiştirme (mm) / Dönme (%)	
1	Kesitte ilk çatlama	11/0.94	
2	Boyuna donatıda akma	16.5/1.41	
3	Kabuk betonda ezilme başlangıcı	33/2.82	
4	Kabuk betonda belirgin hasar	44/3.76	
5	Boyuna donatıda burkulma	55/4.70	

Bileşik eğilme etkisi altında çevrimsel yüklerle zorlanan numunede deneysel eğilme momenti ve kesme kuvvetinin maksimum değerlerinin (M_{maks} , V_{maks}) taşıma güçleriyle karşılaştırılması, Çizelge 2.3'de özetlenmiştir. Deney numunesinin kesme kuvveti taşıma gücü hesabında betonun kesme kuvvetine katkısı ihmal edilmiş ve taşıma gücü hesaplarında deneysel malzeme dayanımları dikkate alınmıştır.

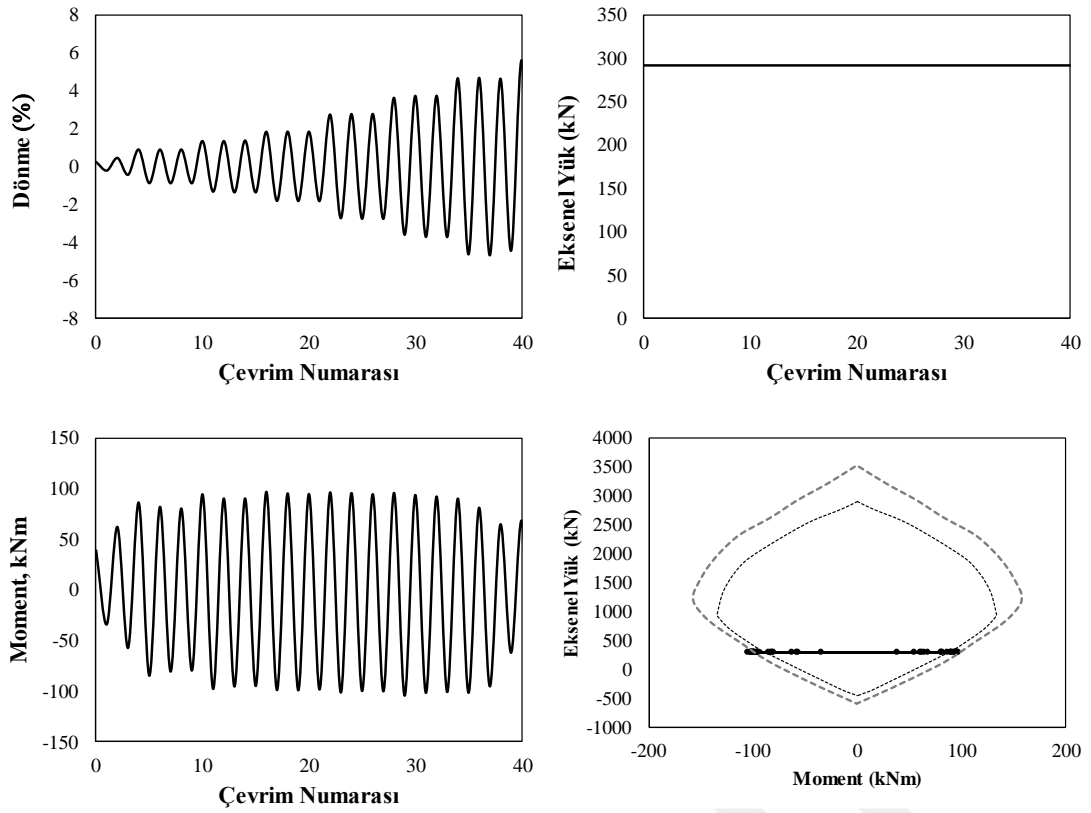
Çizelge 2.3 : Deneysel numunelerinin kesme ve eğilme kapasitelerinin karşılaştırılması

Deneysel		Analitik		Karşılaştırma	
M_{maks} (kNm)	110.94	M_n (kNm)	87.0	M_{maks} / M_n	1.28
V_{maks} (kN)	78.32	V_n (kN)	180.6	V_{maks} / V_n	0.43



Şekil 2.7 : Deneysel numunesinde yükleme öncesi ve göçme hasar durumuna ait fotoğraflar

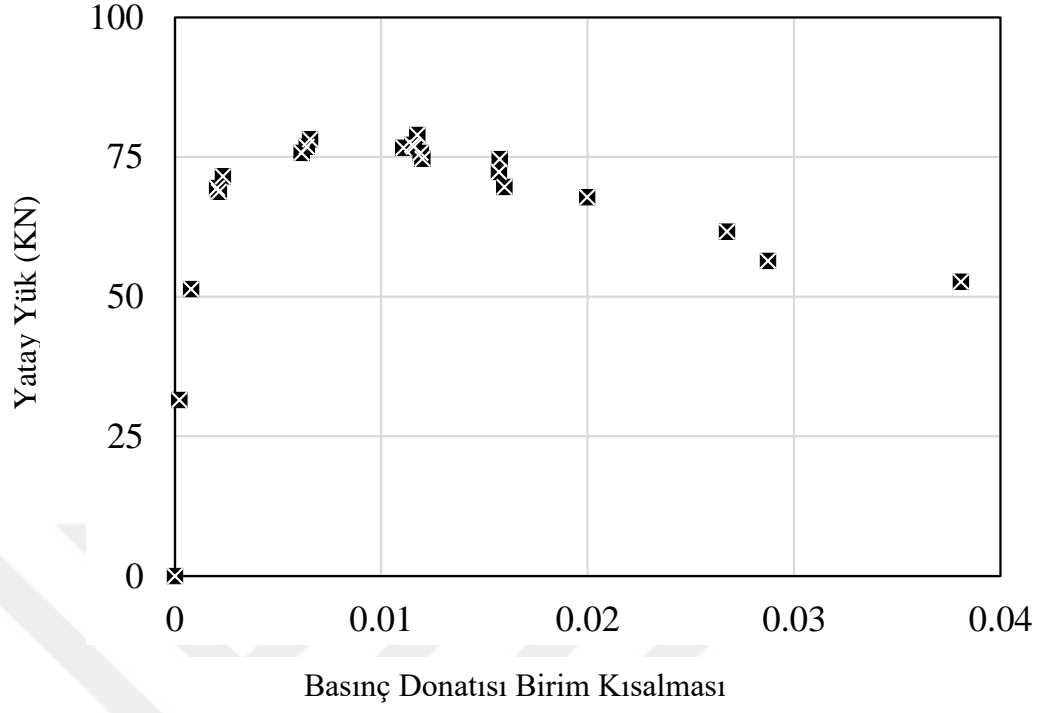
Deneysel numunesine uygulanan yer değiştirme, aksiyel yük ve momentin çevrim numarasına göre değişiklikleri Şekil 2.8(a-c)'de gösterilmiştir. Sabit aksiyel yük ve numuneye uygulanan değişkenin moment etkileri, Şekil 2.8(d)'de verilen analitik M-N, (moment eğrilik analizi ve nominal kapasite yardımıyla elde edilen etkileşim diyagramları) üzerinde görülmektedir.



Şekil 2.8 : Deney numunesinde (a) yer değiştirme kontrollü çevrimsel yüklemde dönme talebi (b) aksenal yüklemde (c) çevrimsel yüklemde eğilme momenti talebi (d) deneysel sonuçların analitik N-M etkileşim diyagramı üzerinde gösterimi

Çizelge 2.2'deki hasarlı gözlemlerde gösterildiği gibi test yüklerinin kapasite grafiğiyle karşılaştırılması ve Çizelge 2.3'te gösterilen kapasitelerin karşılaştırılması, kırılma, eğilme kırılması olan deney numunesinde gösterilmiştir.

Deney numunesine uygulanan çevrimsel yüklem adımlarında ölçülen deneysel maksimum yatay yük değeri ile mesnet bölgesine düşey konumda yerleştirilen yer değiştirme ölçerler yardımıyla belirlenen basınç donatısı ortalama birim kısalma zarf eğrileri Şekil 2.9'da verilmiştir. Şekilde de görüleceği üzere, kolon numunesinin basınç bölgesindeki donatıların burkulmasıyla birlikte yatay yük taşıma gücünde belirgin bir azalma meydana gelmektedir. Kolon numunesinde boyuna donatıda gözle görünür biçimde burkulmanın meydana geldiği durumda ölçülen birim şekil değiştirme 0.0268'dir.



Şekil 2.9 : Deney numunesinde yatay yük-basınç donatısı birim şekil değıştirme istemi zarf eğrisi

3. BASINÇ DONATISI BURKULMA BİRİM ŞEKİL DEĞİŞTİRMESİ SINIRI

Bir betonarme elemanındaki öngörülen hasar miktarının aşırı olup olmadığını kontrolü performans izleme olarak adlandırılabilir. Doğrusal olmayan elastik tasarım durumunda, performansa kontrolü, taşıyıcı sistemin elemanlarındaki şekil değiştirme gereksinimlerine göre gerçekleştirilir, çünkü performansın kontrolündeki şekil değiştirme değeri iç kuvvetten daha iyi dir. Türkiye 'nin Deprem Yönetmeliğinde (DBYBHY-2007) plastik mafsal bölümlerindeki taşıyıcı sistem elemanlarına muhtemel hasarı üç hasar sınırı ve bu yaralanmalar için tek tip birim şekil değiştirmenin sınırlanması ve niceliksel ifade olarak tanımlanmıştır. Bu şekil değiştirme sınırları basınç bölgesinde sargılı ve sargısız beton liflerinde, çekme bölgesinde ise donatı çeliği uzama birim şekil değiştirme sınırları olarak özetlenebilir [Aydemir vd., 2001].

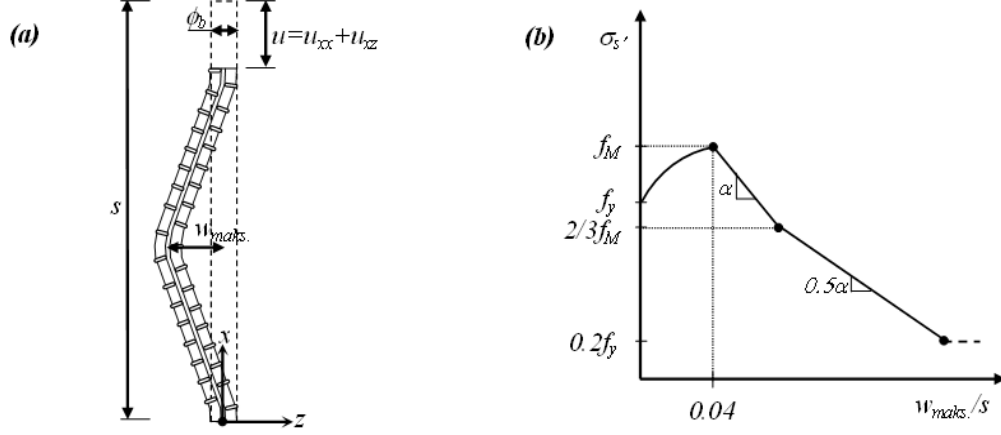
Araştırmanın bu bölümünde, basınç altındaki donatı çeliği davranışını yatay yer değiştirmeye bağlı bir biçimde ifade eden bir davranış modeli kısaca tanıtılmıştır, ve burkulmanın göçme modu boyunca etkin olduğu plastik mafsal kesitleri için burkulma denetimi bir şekil değiştirme limiti üzerinde durulacaktır.

3.1 Basınç Yüğü Etkisindeki Donatı Çeliğinin Eksenel Gerilme-Yatay Yerdeğiştirme İlişkileri

Betonarme donatıların basınç ve çekme etkisi altındaki davranış farklılıklarına yönelik literatürde çok fazla araştırma yapılmıştır. Bu araştırmalarda, donatı çubuğunun serbest boyu (s), çapı (ϕ) göre davranışında en etkili değişken olduğu malzeme ve yükleme özelliklerinin ikincil seviyede kaldığı rapor edilmiştir. [Monti ve Nuti, 1992; Rodriguez vd., 1999]. Şekil 3.1'de gösterilen davranış modeli için, basınç etkisi altında burkulma durumuna gelen bir donatının, eksenel boy değişimi ve ortalama birim şekil değiştirme ilişkileri arasındaki analitik ilişkiler, aşağıdaki bağıntıların yardımıyla belirlenebilir [Bae, 2005].

$$u = u_{xx} + u_{xz} \quad (3.1)$$

$$\varepsilon_x = \frac{du_{xx}}{dx} - z \cdot \frac{d^2w}{dx^2} = \varepsilon_{xx} + \varepsilon_{xz} \quad (3.2)$$



Şekil 3.1 : (a) Burkulmuş donatı çubuğunun yerdeğiştirme profili (b) donatı çubuğu aksel gerilme-yanal yerdeğiştirme davranış modeli

Bağıntılarda, (u_{xx}), aksel yerdeğiştirmeyi, (u_{xz}), yanal yer değiştirmeden oluşan aksel yerdeğiştirme, (w), donatı ekseninde gözlenen yanal yerdeğiştirmeyi, (ε_x), ortalama aksel birim şekil değiştirmeyi, (ε_{xx}), aksel gerilmeden oluşan aksel birim şekil değiştirmeyi, (ε_{xz}), yanal yerdeğiştirmeden oluşan aksel birim şekil değiştirmeyi göstermiştir. Yanal yerdeğiştirme etkisiyle donatı çubuğunda oluşan aksel yerdeğiştirme (s/ϕ), oranına bağlı bir biçimde yazılabilir [Bae, 2005].

$$\varepsilon_{xz} = \frac{0.035 \cos \theta + \theta}{\cos \theta - 0.035 \theta} \cdot \frac{w_{maks}}{\phi_b} \geq \frac{1}{\cos \theta - 0.07 \theta} \cdot (0.07 \cos \theta + \theta) \cdot \left(\frac{w_{maks}}{\phi_b} - 0.035 \right) \quad (3.3)$$

$$\theta = \frac{6.9}{(s/\phi_b)^2} - 0.05 \quad (3.4)$$

Davranış modelinde maksimum gerilme (f_M), donatı çeliği mekanik özellikleri ve (s/ϕ), oranına bağlı bir biçimde aşağıdaki bağıntı ile ifade edilmektedir.

$$\frac{f_M}{f_y} = -0.45 \cdot \left(\frac{f_{su}}{f_y} \right)^{1.5} \cdot \left[\ln \left(\frac{s/\phi_b}{4} \right) \right] + \frac{f_{su}}{f_y} \leq \frac{f_{su}}{f_y} \quad (3.5)$$

$$\frac{w_{maks}}{s} \leq 0.04; \sigma_s' = f_y + (f_M - f_y) \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{w_{maks}}{0.04 \cdot s} - 1 \right)^2} \quad (f_M > f_y) \quad (3.6)$$

$$\frac{w_{maks}}{s} \leq 0.04; \sigma'_s = f_y + \frac{(f_M - f_y)}{0.04} \cdot \frac{w_{maks}}{s} \quad (f_M \leq f_y) \quad (3.7)$$

$$\frac{w_{maks}}{s} > 0.04; \sigma'_s = f_y \cdot \alpha \cdot \left(\frac{w_{maks}}{s} - 0.04 \right) + f_M \quad (f_M > f_y) \quad (3.8)$$

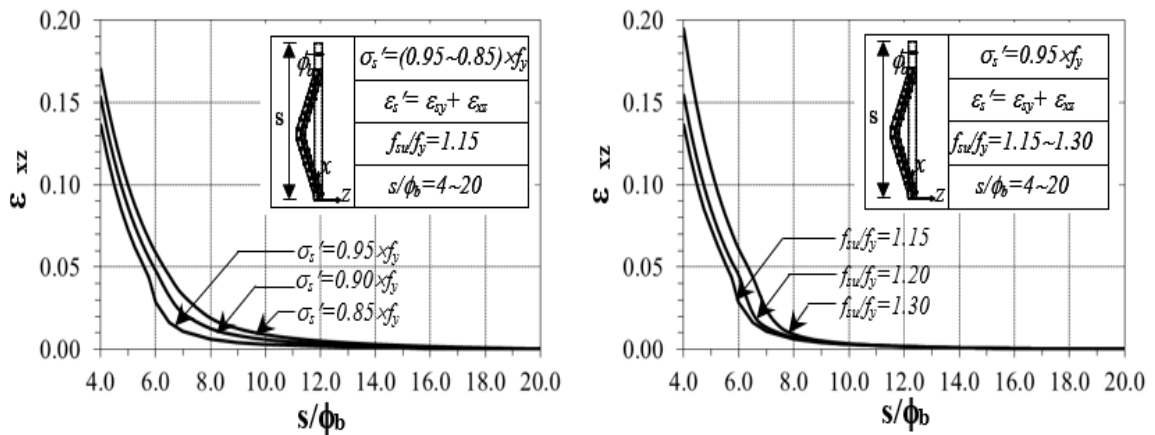
$$\frac{w_{maks}}{s} > 0.04; \sigma'_s = f_y \cdot \frac{\alpha}{2} \cdot \left(\frac{w_{maks}}{s} - \beta \right) + \frac{2 \cdot f_M}{3} \quad (f_M < f_y) \quad (3.9)$$

3.2 Burkulma Durumu İçin Basınç Donatısına Şekil Değiştirme Sınırı Tanımlanması

Aydemir ve Eser (Aydemir ve Eser 2017), bir önceki bölümde analitik ilişkisi bağıntılar ile tanımlanan davranış modeli esas alınarak, elastik ötesi zorlanan donatıların çubuklarının burkulma hasar sınırı üzerine incelemeler yapmışlardır. Bu incelemelerde esas alınan kabuller aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır.

- Basınç donatısında burkulma akma dayanımı sonrası (plastik bölge) başlar.
- Betonarme çeliğinin basınç altındaki davranışı, bir önceki bölümde verilen ve donatı eksenindeki burkulma yerdeğiştirmesine bağlı iteratif bir çözüm yöntemi gerektiren (uygunluk şartı ve kuvvet dengesi yardımıyla) davranış modeline uygundur.
- Donatı burkulma boyu, etriye aralığına bağlı olarak ifade edilebilir.

Şekil 3.2’de basınç etkisinde elastik ötesi zorlanan donatı çubuklarındaki gerilmenin, donatının akma gerilmesinin belirli bir oranına düşmesi durumu için birim şekil değiştirme-narinlik oranıyla etkileşimi gösterilmiştir (Aydemir ve Eser 2017).



Şekil 3.2 : Yanal yerdeğiştirmeden oluşan aksenal birim şekil değiştirmenin s/ϕ_b oranı ile etkileşimi

Şekil 3.2’de sol tarafta verilen eksnel birim şekil değiştirme-narinlik oranı ilişkisinde çekem dayanımının akma dayanımına oranı 1.15 kabul edilerek, burkulma durumunda basınç donatısının gerilmesinin akma dayanımına oranı için 3 farklı oran için eğrililer çizilmiştir. Sağ tarafta verilen diyagramda ise burkulma durumunda sınır gerilmenin akma gerilmesine oranı 0.95 kabul edilerek, farklı f_{su}/f_y oranına sahip donatılar için etkileşim eğrilere verilmiştir (Aydemir ve Eser 2017).

Aydemir ve Eser (Aydemir ve Eser 2017), yukarıda tanıtılan modelinde etkin davranış parametrelerini gözetererek, basınç etkisi altında kapsamlı bir deneysel çalışmanın sonuçlarını [Mises, 2002] esas alarak, aşağıda verilen (3.10) bağıntını geliştirmiştir. Bağıntıda $\varepsilon_{s,L}(\%5)$, basınç donatısı gerilmesinin akma gerilmesinin %95’ine düştüğü duruma karşı gelen birim şekil değiştirmeyi, ε_{sy} , boyuna donatının akma birim şekil değiştirmesini, f_{su}/f_y donatı çeliğinin çekme deneyinden elde edilen kopma ve akma dayanımları oranını, s/ϕ_b ise burkulma boyunun boyuna donatı çapına oranını göstermektedir.

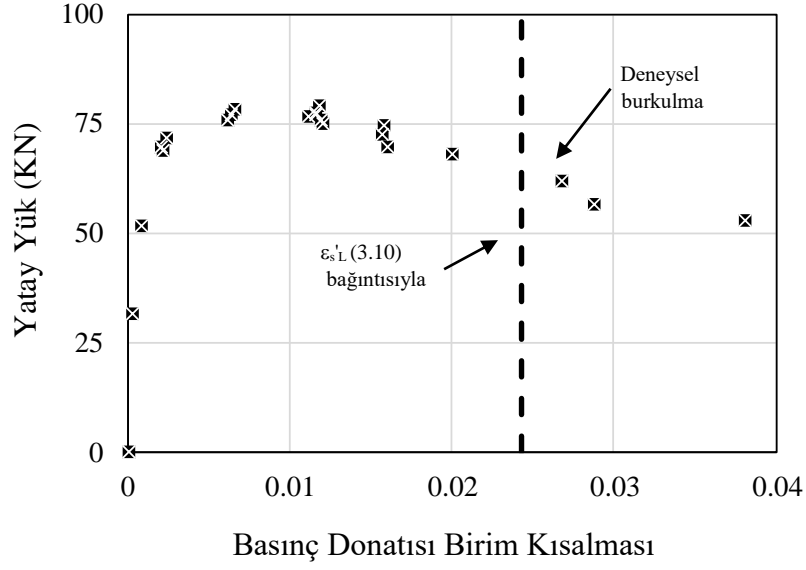
$$\begin{aligned} \frac{s}{\phi_b} \geq 9, \quad \varepsilon_{s,L}(\%5) &= \varepsilon_{sy} + 0.02 \cdot e^{\left(\frac{1.09 \cdot f_{su}}{f_y} - 0.33 \cdot \frac{s}{\phi_b} \right)} \\ 6 \leq \frac{s}{\phi_b} < 9, \quad \varepsilon_{s,L}(\%5) &= \varepsilon_{sy} + 0.06 \cdot e^{\left(\frac{3.85 \cdot f_{su}}{f_y} - 0.86 \cdot \frac{s}{\phi_b} \right)} \end{aligned} \quad (3.10)$$

(3.10) bağıntısında (S), donatının burkulma boyudur. Yanal donatı aralığına (S_e) bağlı biçimde enerji esaslı bir yaklaşımla belirlenen (Aydemir ve Eser 2017) aşağıdaki bağıntı ile belirlenebilir.

$$\zeta = \frac{32 \cdot \frac{A_{sh}}{d_h} \cdot \left(\frac{s_e}{\phi_b} \right)^2 \cdot S_e}{\pi^4 \cdot A_s' \cdot \sqrt{\frac{f_y}{400}}} \quad (3.11)$$

$$\frac{s}{s_e} = \max \left(1; 0.7 + \frac{0.24}{\zeta} \right)$$

Çalışmanın ikinci bölümündeki deney programında incelenen kolon için deneysel sonuçlarının, (3.10) analitik bağıntısıyla elde edilen basınç donatısı hasar sınırı ile karşılaştırılması aşağıdaki şekil 3.3’de verilmiştir.



Şekil 3.3 : Deneysel numunesinde yatay yük-basınç donatısı birim şekil değiştirme istemiyle, analitik şekil değiştirme sınırının karşılaştırılması

Şekil 3.3'den de görüleceği üzere (3.10) bağıntısıyla tanımlanan basınç donatısı analitik burkulma sınırı, deneysel davranışa yakın sonuç vermiştir. Bağıntının sonuçlarının çeşitli araştırmacılar tarafından test edilen deneysel kolon sonuçlarıyla karşılaştırılması aşağıdaki Çizelge 3.1'de verilmiştir. Bağıntının sonuçlarının, literatürden alınan daha kapsamlı deneysel veriler ile karşılaştırılması, çalışmanın dördüncü bölümünde yapılacaktır.

Çizelge 3.1 : Donatı çeliği analitik burkulma birim şekil değiştirme sınırının deneysel sonuçlar ile karşılaştırılması

Kolon ismi / Referans	Deneysel olarak ölçülen burkulma birim şekil değiştirmesi ^{*1}	(3.10) bağıntısıyla belirlenen Analitik burkulma birim şekil değiştirme sınırı
407/Lehman vd., 1998	0.0207	0.0257
415/Lehman vd., 1998	0.0407	0.0470
430/Lehman vd., 1998	0.0510	0.0470
815/Lehman vd., 1998	0.0230	0.0470
1015/Lehman vd., 1998	0.0420	0.0470
328/Calderon vd., 2000	0.0570	0.0310
1028/ Calderon vd., 2000	0.0310	0.0310

^{*1} Basınç donatısında belirgin şekilde burkulma olduğu durumda ölçülen deneysel birim şekil değiştirme



4. BURKULMA BİRİM ŞEKİL DEĞİŞTİRMESİ SINIRININ LİTERATÜRDEKİ DENEYSEL SONUÇLAR İLE KARŞILAŞTIRILMASI

Bu bölümünde, çalışmanın üçüncü bölümde tanıtılan basınç donatısı analitik burkulma sınırı, sabit eksenel yük ve çevrimsel yatay yük altında betonarme kolonların deprem davranışının incelendiği deneysel çalışmaların sonuçları ile karşılaştırılacaktır.

4.1 Deneysel Veri Tabanı

Analitik burkulma sınırının deneysel sonuçları ile karşılaştırılması, çeşitli araştırmacılarca test edilen toplam 70 adet kolon numunesinin deneysel sonucu kullanılmıştır. Deneysel veri tabanında kullanılan kolon numunelerin özellikleri ve deneysel sonuçları, Washington Üniversitesi'nce hazırlanan, betonarme kolon veritabanı çalışmasından alınmıştır (Eberhard, 2002). Deneysel veri tabanında yer alan betonarme kolonların temel tasarım değişkenlerinin inceleme aralıkları (sınırları) aşağıda yer alan Çizelge 4.1'de özetlenmiştir.

Çizelge 4.1 : Deneysel veri tabanında^{*2} yer alan temel davranış göstergelerinin aralıkları

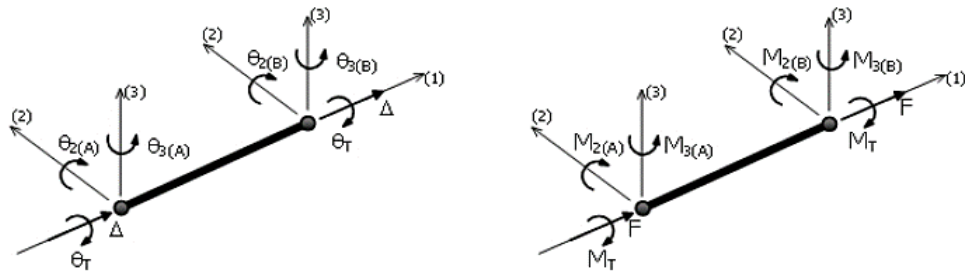
Parametre	Minimum	Maksimum
Beton basınç dayanımı, f_{ck}	23.1 (MPa)	102.2 (MPa)
Boyuna donatı çeliği akma dayanımı, f_{yk}	308 (MPa)	896 (MPa)
Enine donatı çeliği akma dayanımı, f_{ywk}	255 (MPa)	890 (MPa)
Narinlik oranı, L/h	1.5	10
Boyuna donatı oranı, ρ_t	0.0046	0.0362
Enine donatı hacimsel oranı, ρ_h	0.00335	1.53
Eksenel yük, N	120 (KN)	4468 (KN)
Eksenel yük düzeyi, $N/(Af_{ck})$	0.099	0.7

*2 Ang vd.,1981, Soesianawati vd., 1986, Zahn vd., 1986, Tanaka ve Park 1990, Atalay ve Penzien 1975, Wehbe vd., 1998, Xiao ve Martirosyan 1998, Noshou vd. 1996, Bayrak ve Sheikh 1996, Saatcioglu ve Grira 1999, Thomsen ve Wallace 1994, Davey 1975, Watson ve Park 1989, Wong vd., 1990, NIST, Full Scale Flexure, NIST, Model 1-6, Kunnath vd., 1997, Vu vd., 1998, Kowalsky vd., 1996, Lehman vd., 1998, Calderone vd.,2000, Nelson vd.,2000, Henry,1998, BAP-SC-02.

4.2 Çözümleme Platformu

Bu çalışmada, çok serbestlik dereceli sistemlerin artımsal dinamik çözümlenmeleri için SeismoStruct yazılımı kullanılmıştır. SeismoStruct, iki ve üç boyutlu, çelik, betonarme ve kompozit sistemlerin, hem geometri hem de malzeme bakımından doğrusal olmama durumunu göz önünü alarak statik ve dinamik yükler altında analiz yapabilen bir sonlu eleman programıdır. SeismoStruct programında, statik analiz, özdeğer analizi, itme analizi (pushover), doğrusal olmayan dinamik analiz ve artımsal dinamik analiz yapılabilmektedir. Ayrıca programda, on bir farklı malzeme modeli ve on beş farklı en kesit tanımı mevcuttur.

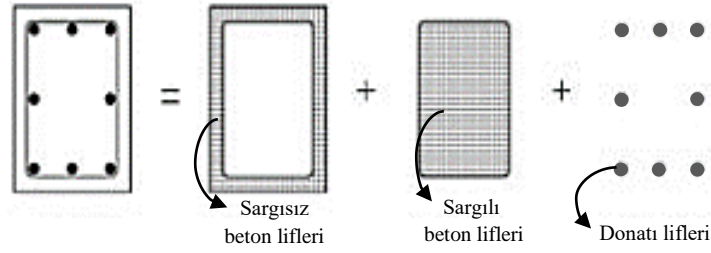
SeismoStruct programında, doğrusal olmayan malzeme davranışı, lif (fiber) eleman yaklaşımı kullanarak, plastiklik bir noktada yığılı olarak değil, eleman uzunluğu ve kesit yüksekliği boyunca yayılı olarak ele alınmaktadır. Lif eleman modelleri, eğilme davranışı ile aksenal kuvvet arasındaki etkileşimi tanımlamanın uygun olması sebebiyle literatürde geniş kullanım alanına sahiptir. Kesite ait gerilme-şekil değiştirme durumu ise, kesiti oluşturan her bir lif için elastik ötesi malzeme davranışının integrasyonundan hareketle bulunmaktadır. Bunun yanı sıra program, geometrik olarak doğrusal olmayan davranışı, hem yerel, hem de genel (sisteme ait) olarak dikkate almaktadır. Programın büyük şekil değiştirme seviyelerindeki yakınsaklığı ve sayısal stabilitesi sebebiyle, elastik ötesi tepkinin ve göçme yükünün bulunması kolaydır. Kiriş ve kolonlar kübik üç boyutlu elasto-plastik kiriş kolon elemanları kullanılarak modellenmiştir. Elemanın yerdeğiştirme ve dönmeleri, Şekil 4.1 'de görülen şekilde tanımlanır.



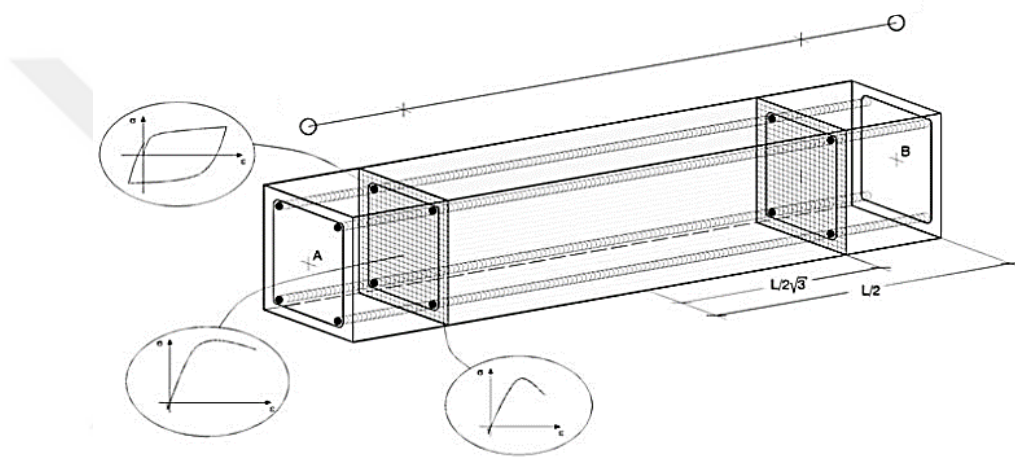
Şekil 4.1 : Eleman uçlarındaki yerdeğiştirme ve dönme bileşenleri

Bu eleman tipinde nümerik integrasyonlar, iki Gauss kesitinde yapılmaktadır. Her bir Gauss kesitinde gerilmeler ve şekil değiştirmeler malzeme ilişkilerine dayanan lif (fiber) yaklaşımıyla eleman uzunluğu ve kesit yüksekliği boyunca değişken olarak elde edilir. Bu nedenle mafsallı oluşması beklenen bölgelerde ayrıca bir mafsallı

tanımlaması yapmaya gerek yoktur. Bu yaklaşım, Şekil 4.2 ve Şekil 4.3 'de gösterilmiştir.



Şekil 4.2 : Tipik bir betonarme kesitin liflere ayrılması



Şekil 4.3 : Tipik bir betonarme kesitin liflere ayrılması

Çözümlenmelerde sönümün etkisi, literatürde sıklıkla kullanılan rijitlik orantılı sönüm olarak dikkate alınmıştır. Rijitlik orantılı sönüm için, rijitlik matrisine ait sönüm parametresi α_k , T, yapı periyodu, ζ sönüm oranı olmak üzere, $\alpha_k = \frac{T\zeta}{\pi}$ bağıntısı ile ifade edilir.

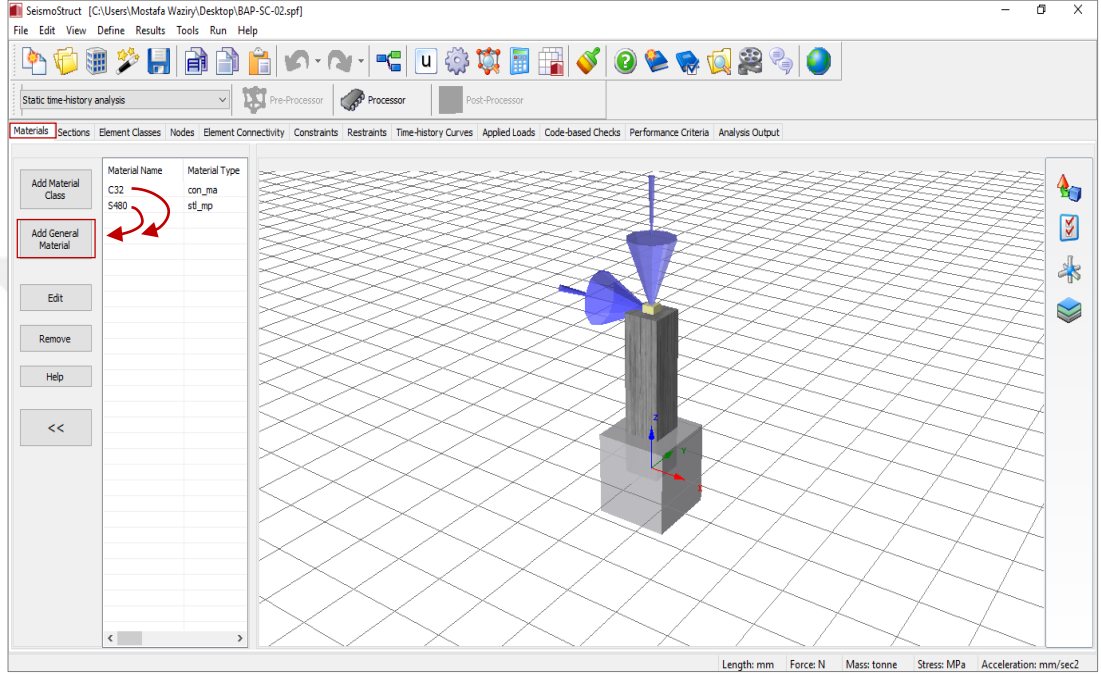
4.2.1. Zaman tanım alanında analiz

4.2.1.1 Modelleme

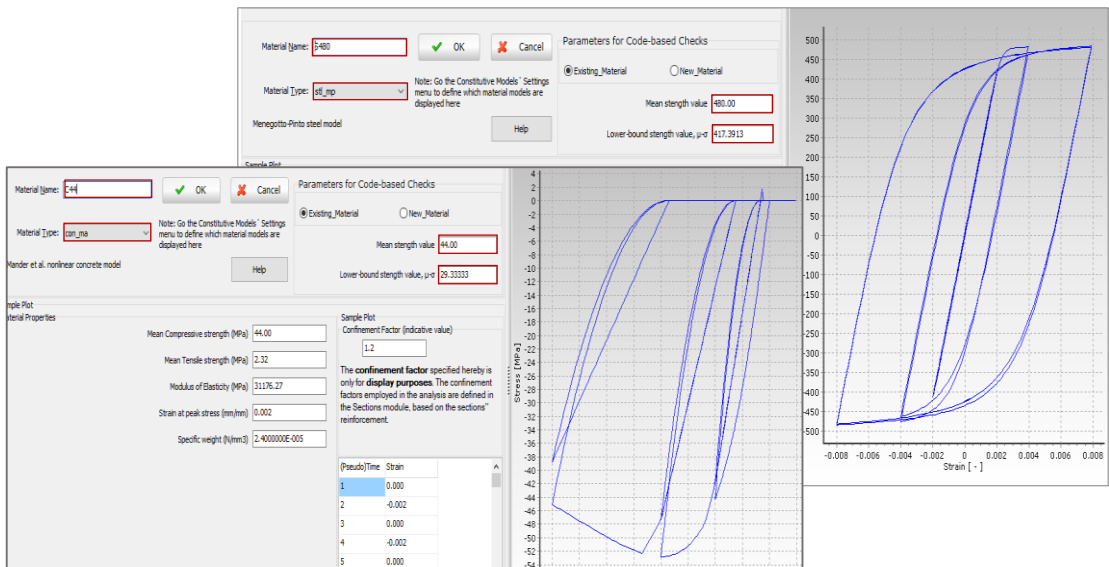
Seismostruct programıyla yapılan analizlerin modellenmenin tanıtımında, deney programında özellikleri verilen kolon kullanılacaktır. Modelleme adımları aşağıda maddeler halinde açıklanmıştır.

A) Malzeme özelliklerinin modellenmesi

Bir SeismoStruct programında malzeme özellikleri, malzeme modülünde tanımlanır. (i) isim (proje içerisindeki malzemeyi tanımlamak için kullanılır), (ii) tip, (iii) mekanik özellikler (örneğin, mukavemet, elastisite modülü, birim şekil değiştirme vb.) ve (iv) her bir malzemenin Kod tabanlı Kontrolleri (örneğin, mevcut veya yeni malzeme) için gerekli parametreler tanımlanabilir (Bkz. Şekil 4.4).



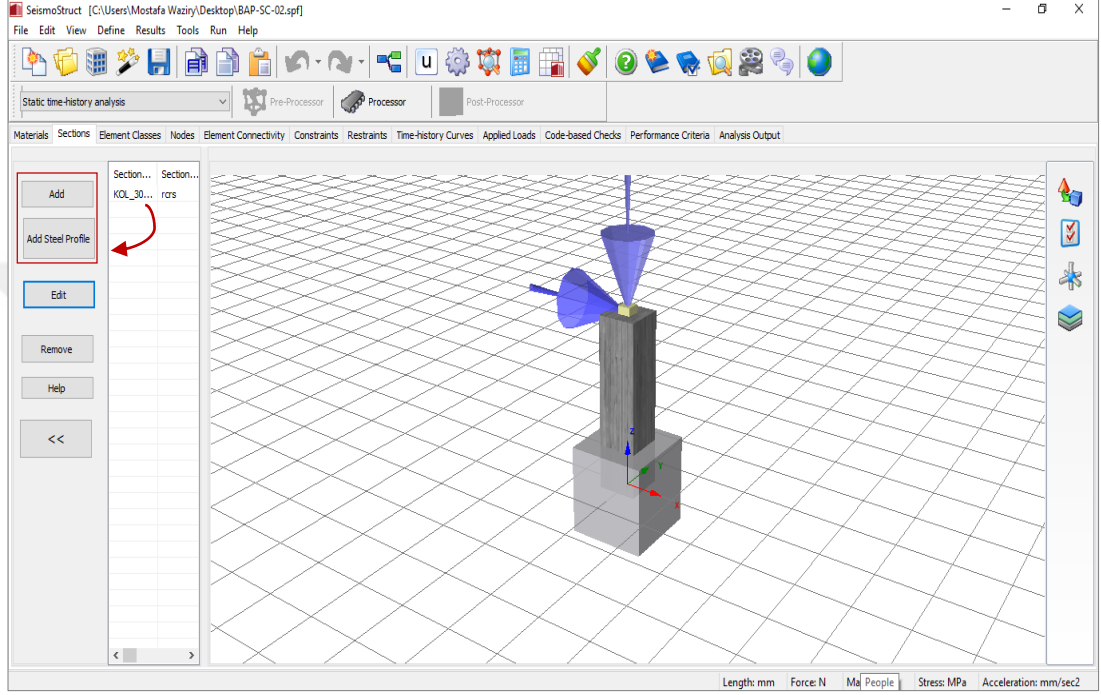
Şekil 4.4 : Malzeme özelliklerinin tanımlanması [38]



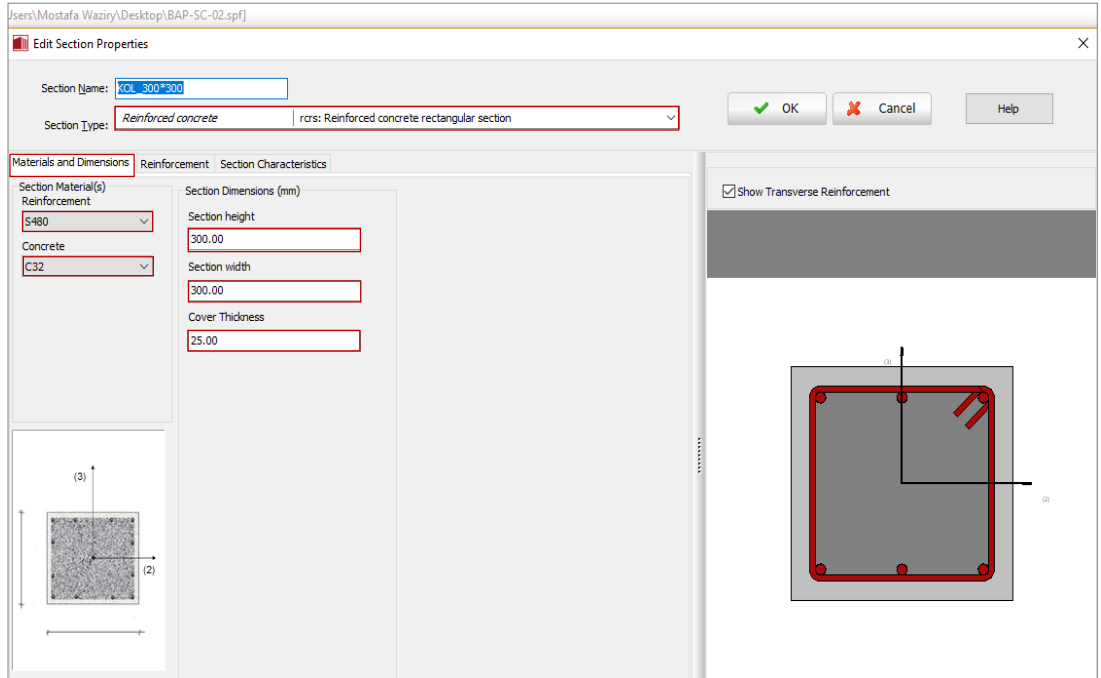
Şekil 4.4 : (devam)

B) Kesit Tanımı

Bir SeismoStruct projesinde kesit tanımı, kesitler modülü yardımıyla yapılır. Burada (i) proje adı (proje içerisindeki bölümü belirlemek için kullanılır), (ii) (aşağıda gösterilen), (iii) malzemeler (Malzeme modülünde tanımlandığı gibi), (iv) boyutlar (uzunluk, genişlik, vb) ve (v) donatı düzeni ve yerleşimi tanımlanabilir (Bkz. Şekil 4.5).



Şekil 4.5 : Kesit özelliklerinin tanımlanması

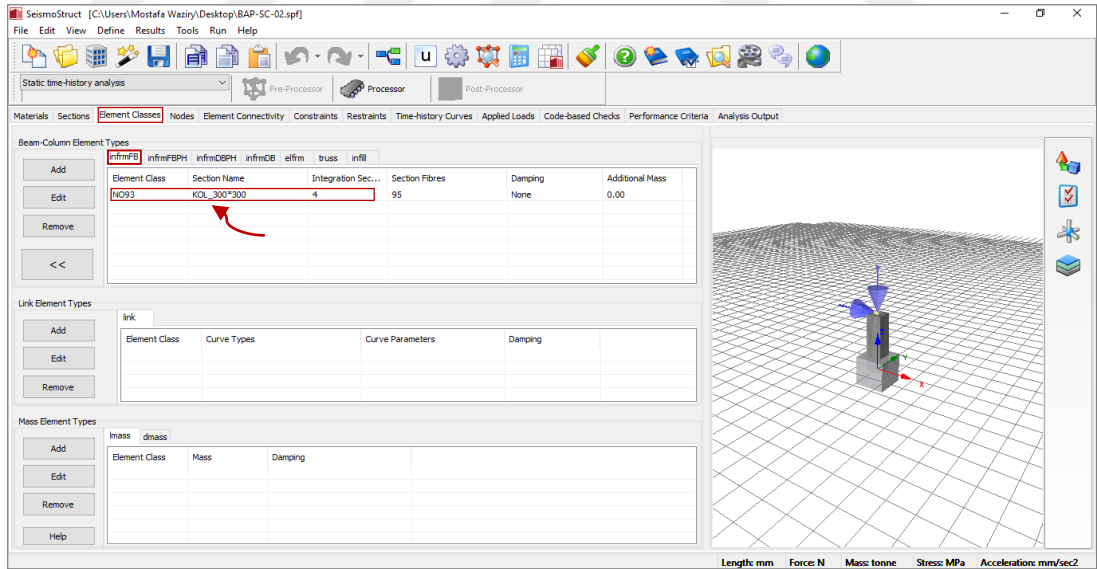


Şekil 4.5 : (devam)

C) Eleman sınıfı tanımı

Bir SeismoStruct programında malzeme ve kesitler için olduğu gibi, eleman tipine ait farklı eleman sınıfları mevcut olabilir (örneğin, kullanıcının iki farklı eleman sınıfını tanımlaması gereken iki farklı kolon modellemek için). Bu modülde tanımlanan eleman sınıfları daha sonra yapısal modeli oluşturan gerçek unsurları yaratmak için Element Connectivity modülünde kullanılır (Bkz. Şekil 4.6). Programda üç kategoriye ayrılan on bir eleman tipi mevcuttur.

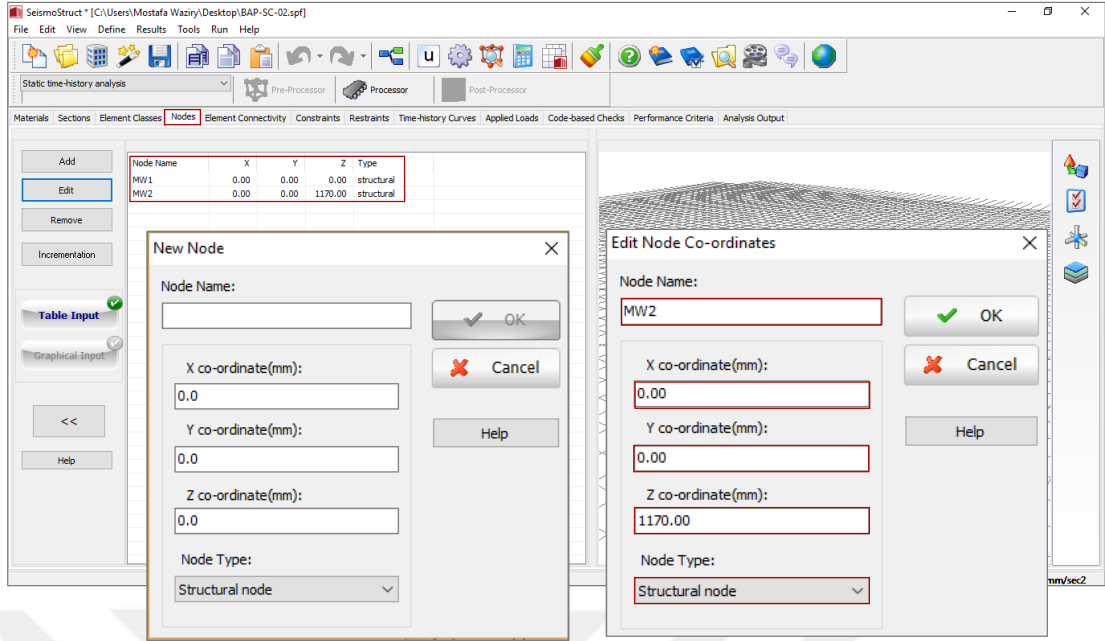
- Elastik olmayan çerçeve elemanları - infrmDB, infrmFB
- Elastik olmayan plastik menteşe çerçeve elemanı - infrmFBPH, infrm DBPH
- Elastik çerçeve elemanı – elfrm
- Esnek olmayan dolgu paneli elemanı – dolgu
- Elastik kafes elemanı – kafes
- Bağlantı elemanı – bağlantı
- Kütle elemanları - lmas ve dmas
- Sönümlenme elemanı – kesik



Şekil 4.6 : Eleman tanımı

D) Düğüm Noktalarının Tanımı

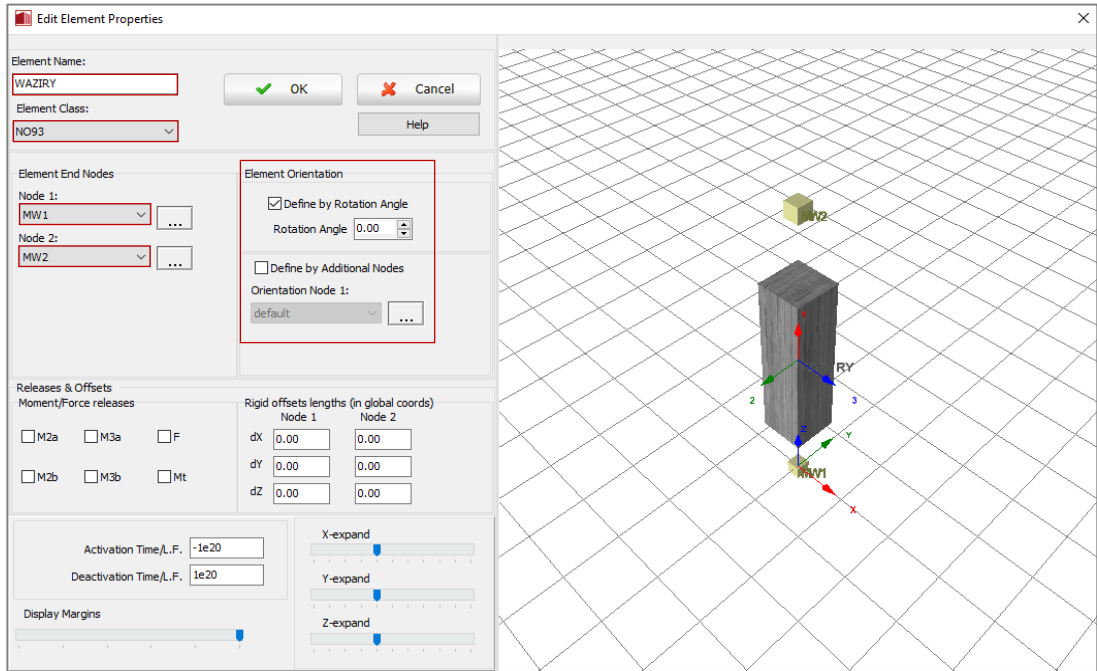
SeismoStruct'ta iki tip düğüm mevcuttur, yapısal ve yapısal olmayan. yapısal düğümler, serbestlik derecelerinin tayin edildiği ve daha sonra sertlik matrisi ve yük / yer değiştirme vektörleri kümesine dahil edilenlerdir (Bkz. Şekil 4.7).



Şekil 4.7 : Düğüm noktalarının tanımı

E) Eleman uç kesitlerinin atanması

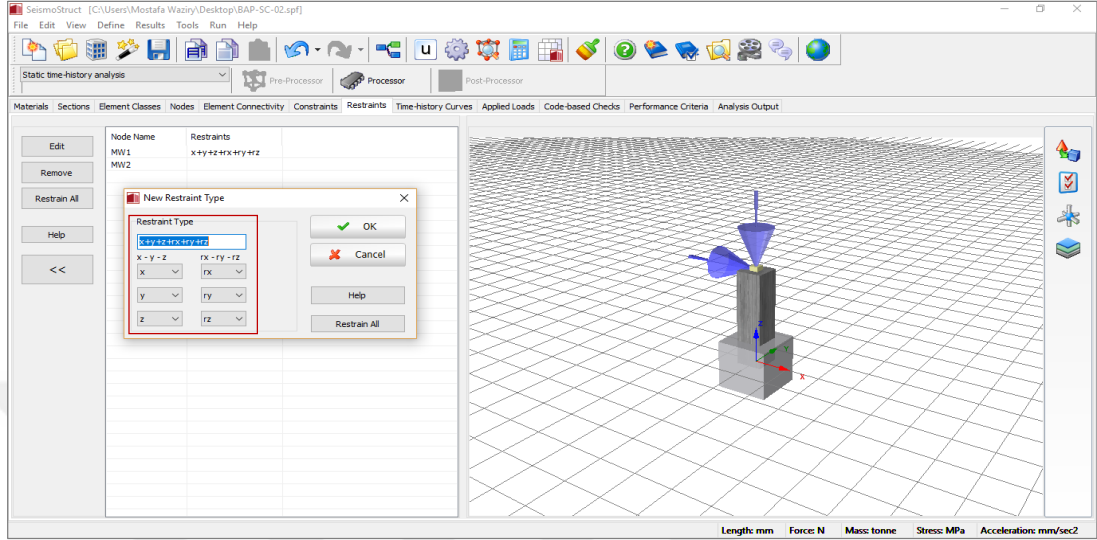
Yapının farklı unsurları, adlarının, eleman sınıfının, karşılık gelen düğümlerin, rijit ofsetlerin, kuvvet / moment salınımlarının ve nihayetinde aktivasyon süresinin / L.F'nin yer aldığı eleman bağlantı modülünde tanımlanmıştır (Bkz. Şekil 4.8).



Şekil 4.8 : Eleman uç kesitlerinin atanması

F) Mesnet Şartlarının atanması

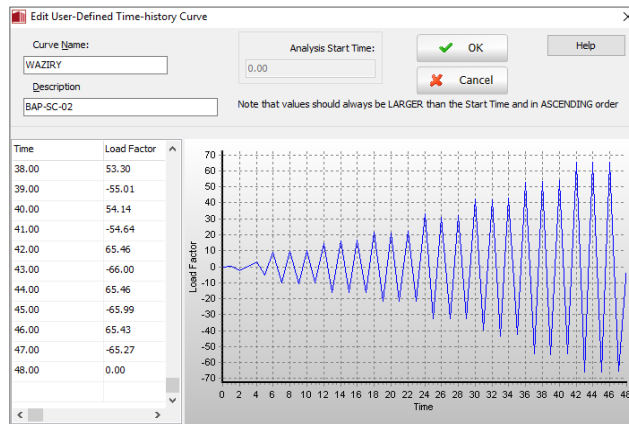
Bir modelin sınır koşulları, tüm yapısal düğümlerin listelendiği ve altı dereceden atlatmadan herhangi birinde deformasyona karşı koruma ve sınırlama için uygun olduğu Sınırlamalar modülünde tanımlanmıştır (Bkz. Şekil 4.9).



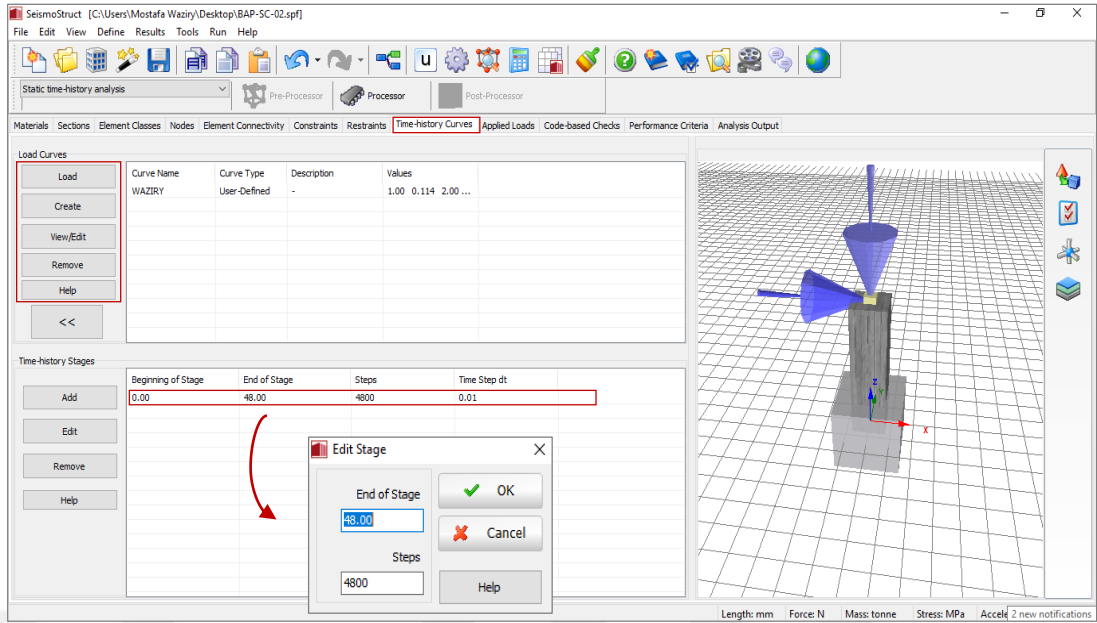
Şekil 4.9 : Mesnet şartlarının atanması

G) Yükleme geçmişinin tanımlanması

Bunlar, kullanıcı tanımlı yükleme eğrilerine göre sözde zaman alanında değişebilen statik yüklerdir (kuvvetler ve / veya yer değiştirmeler). Herhangi bir zaman adımında bir yükün büyüklüğü, kullanıcı tarafından tanımlanan nominal değeri ile yükleme eğrisi ile karakterize edilen değişken yük faktörü arasındaki ürün olarak hesaplanır. Bu tip yükler, çeşitli kuvvet veya yer değiştirme kalıpları (örneğin çevrimsel yükleme) altında yapıların yarı statik testinin modellenmesinde yaygın olarak kullanılan statik zaman alanı analizinde özel olarak kullanılır (Bkz. Şekil 4.10 ve Şekil 4.11).



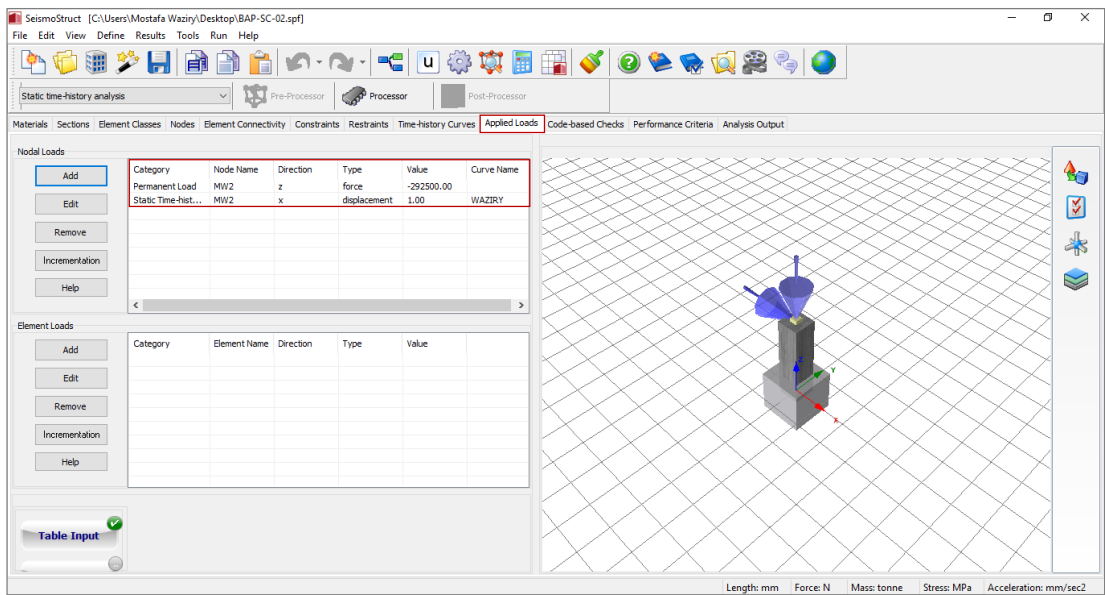
Şekil 4.10 : Yükleme geçmişinin tanımlanması



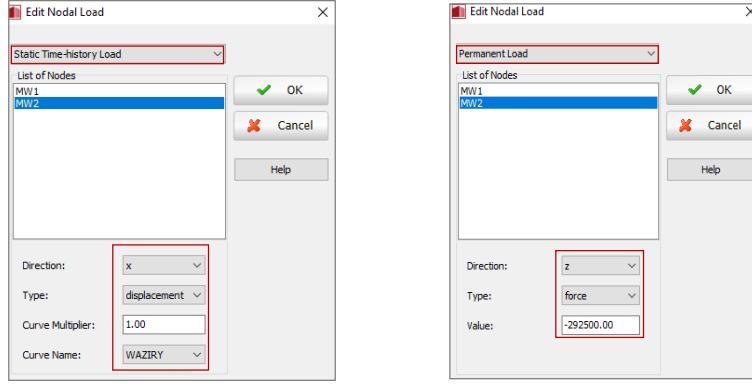
Şekil 4.11 : Yükleme geçmişinde uygulanacak zaman aralığının

H) Yükleme geçmişinin uygulama noktasına atanması

Herhangi bir zaman adımında bir yükün büyüklüğü, kullanıcı tarafından tanımlanan nominal değeri ile yükleme eğrisi ile karakterize edilen değişken yük faktörü arasındaki ürün olarak hesaplanır. Bu tip yükler, çeşitli kuvvet veya yer değiştirme kalıpları (örneğin çevrimsel yükleme) altında yapıların yarı statik testinin modellenmesinde yaygın olarak kullanılan statik zaman alanı analizinde özel olarak kullanılır (Bkz. Şekil 4.12).



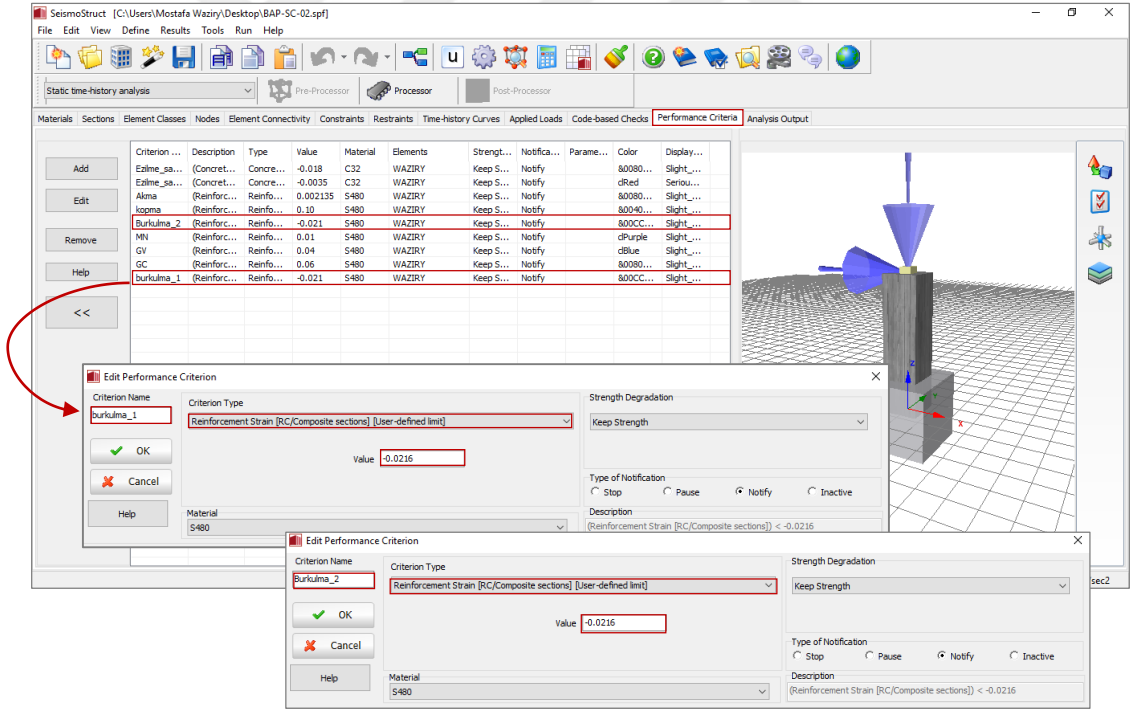
Şekil 4.12 : Çevrimsel ve sabit yüklerin uygulama noktasına atanması



Şekil 4.12 : (devam)

I) Performans ölçütlerinin tanımlanması

SeismoStruct programında kestin her hangi bir lifi için malzeme birim şekil değiştirme sınırı tanımlanabilir. Örnek kolon için tanımlanan hasar sınırları ve bu sınırlara ait sınır şekil değiştirme değeri Şekil 4.13’de gösterilmiştir.

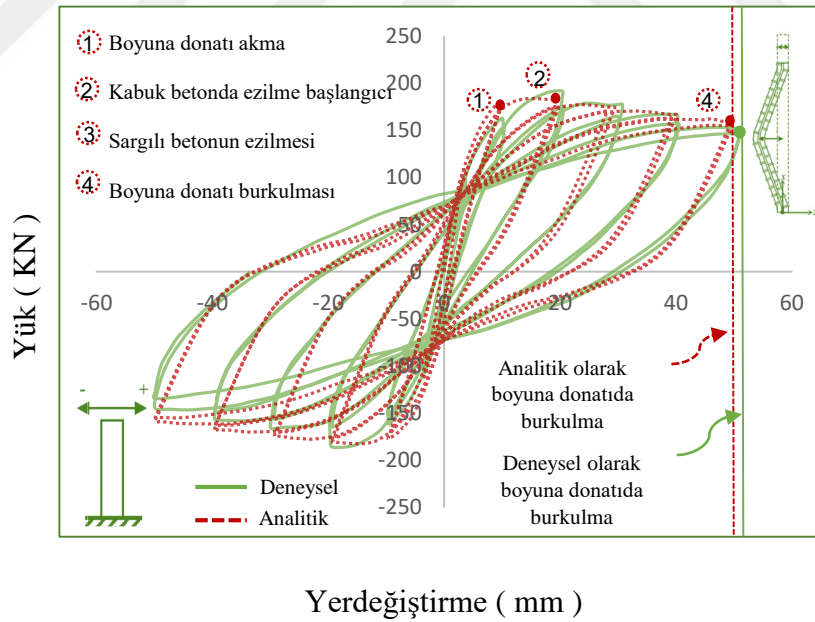


Şekil 4.13 : Performans değerlendirme modülünde yapılan tanımlamalar

4.3 Deneysel ve Analitik Sonuçların Karşılaştırılması

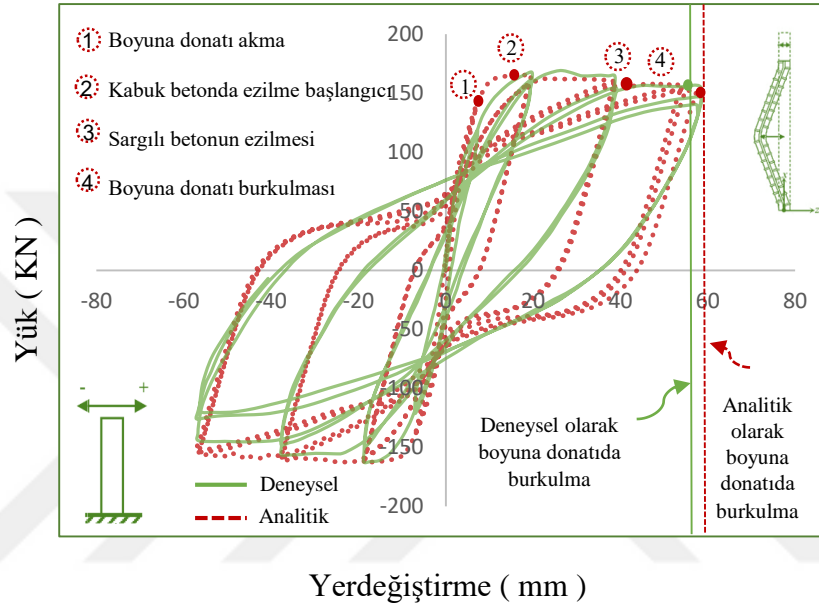
Deneysel veri tabanında yer alan bazı kolonlar için deneysel ve analitik sonuçlar aşağıda ayrıntılı olarak verilmiştir. Ayrıntılı karşılaştırmaları yapılan deneysel elemanlarda hem deneysel ve analitik çevrimsel yük yer değiştirme ilişkileri karşılaştırılmış, hem de deney sırasında gözlenen çeşitli deneysel hasar gözlemleri ile hasar sınırı yaklaşımında analitik olarak tanımlanan birim şekil değiştirme sınırlarına göre belirlenen hasar sınırları ile karşılaştırmalar yapılmıştır. Analitik hasar sınırı yaklaşımında, burkulma hasar sınırı için (3.10) bağıntısı kullanılmıştır.

Ang et al.1981.No.3 deney numunesinde, 10mm yerdeğiştirme talebinde kabuk betonda ezilme başlangıcı, 20mm yerdeğiştirme talebinde belirgin beton dökülmesi ve 50mm yerdeğiştirme talebinde ise boyuna donatıda burkulması hasar gözlemleri rapor edilmiştir. SeismoStruct programı ile yapılan analitik modelleme sonucunda boyuna donatıda akma 8.5mm, kabuk betonda ezilme başlangıcı 11.6mm, ve boyuna donatıda burkulma ise 48.82mm yer değiştirme talebinde oluşmuştur. Numunenin deneysel ve analitik yük-yerdeğiştirme ilişkisi şekil 4.14'de karşılanmıştır.



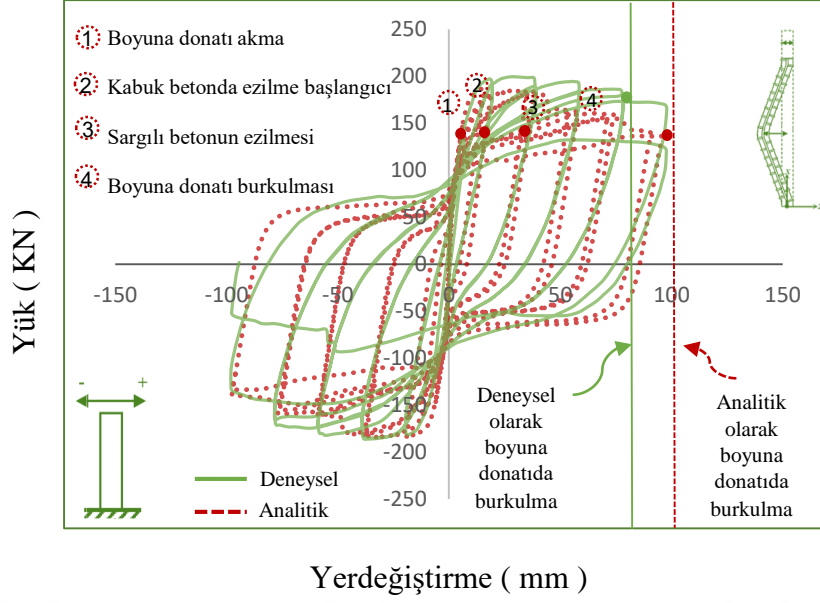
Şekil 4.14 : Ang et al.1981.No.3 numunesinde deneysel ve Analitik çevrimsel yük-yerdeğiştirme ilişkileri

Ang et al.1981.No.4 deney numunesinde, 9mm yer değiştirme talebinde kabuk betonda ezilme başlangıcı, 20mm belirgin beton dökölmesi ve 58 mm yer değiştirme talebinde ise boyuna donatıda burkulması gözlenmiştir. Analitik modelleme ile boyuna donatıda akma 7.4mm, kabuk betonda ezilme başlangıcı 12.7mm ve boyuna donatıda burkulması ise 66.09 mm yer değiştirme talebinde oluşmuştur. Numunenin deneysel ve analitik yük-yerdeğiştirme ilişkisi şekil 4.15'de karşılanmıştır.



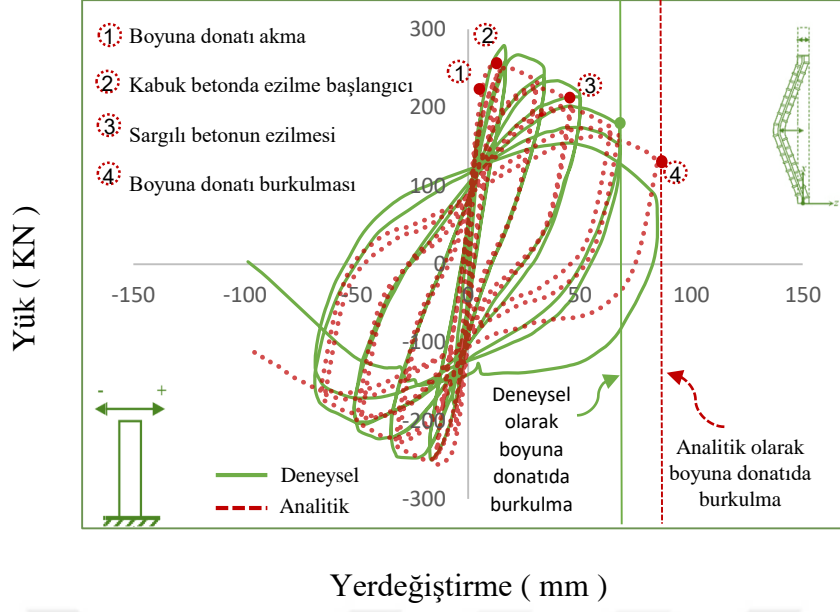
Şekil 4.15 : Ang et al.1981.No.4 numunesinde deneysel ve Analitik çevrimsel yük-yerdeğiştirme ilişkileri

Soesianawati et al. 1986, No. 1 deney numunesinde, 39.2mm yerdeğiştirme talebinde kabuk betonda ezilme başlangıcı, 58.8mm yerdeğiştirme talebinde belirgin beton dökölmesi ve 78.4mm yerdeğiştirme talebinde ise boyuna donatıda burkulması hasar gözlemleri rapor edilmiştir. SeismoStruct programı ile yapılan analitik modelleme sonucunda boyuna donatıda akma 6.33mm, kabuk betonda ezilme başlangıcı 15.75mm, ve boyuna donatıda burkulma ise 120.01mm yer değiştirme talebinde oluşmuştur. Numunenin deneysel ve analitik yük-yerdeğiştirme ilişkisi şekil 4.16'de karşılanmıştır.



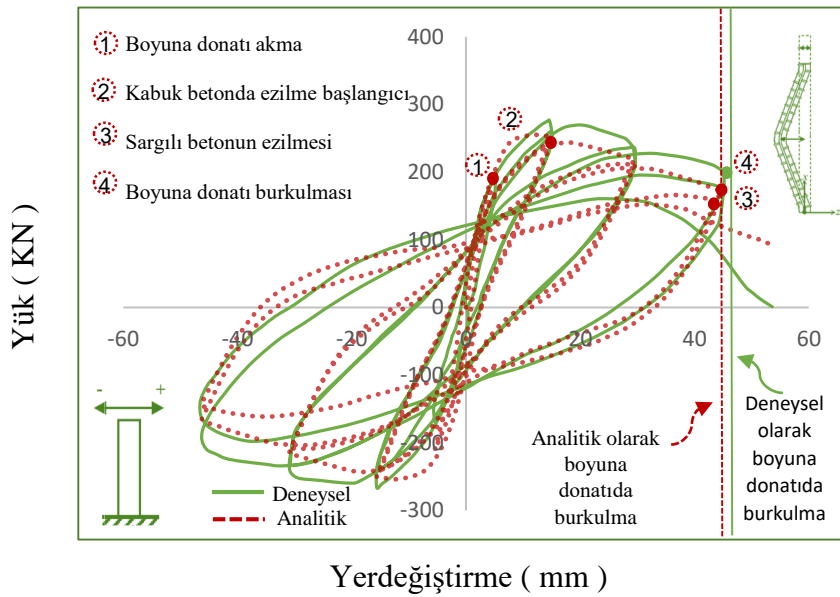
Şekil 4.16 : Soesianawati et al. 1986, No. 1 numunesinde deneysel ve Analitik çevrimsel yük-yerdeğiştirme ilişkileri

Soesianawati et al. 1986, No. 2 deney numunesinde, 34.2mm yerdeğiştirme talebinde kabuk betonda ezilme başlangıcı, 34.2mm yerdeğiştirme talebinde belirgin beton dökülmesi ve 68.4mm yerdeğiştirme talebinde ise boyuna donatıda burkulması hasar gözlemleri rapor edilmiştir. SeismoStruct programı ile yapılan analitik modelleme sonucunda boyuna donatıda akma 7.50mm, kabuk betonda ezilme başlangıcı 12.38mm, ve boyuna donatıda burkulma ise 92.95mm yer değiştirme talebinde oluşmuştur. Numunenin deneysel ve analitik yük-yerdeğiştirme ilişkisi şekil 4.17'de karşılanmıştır.



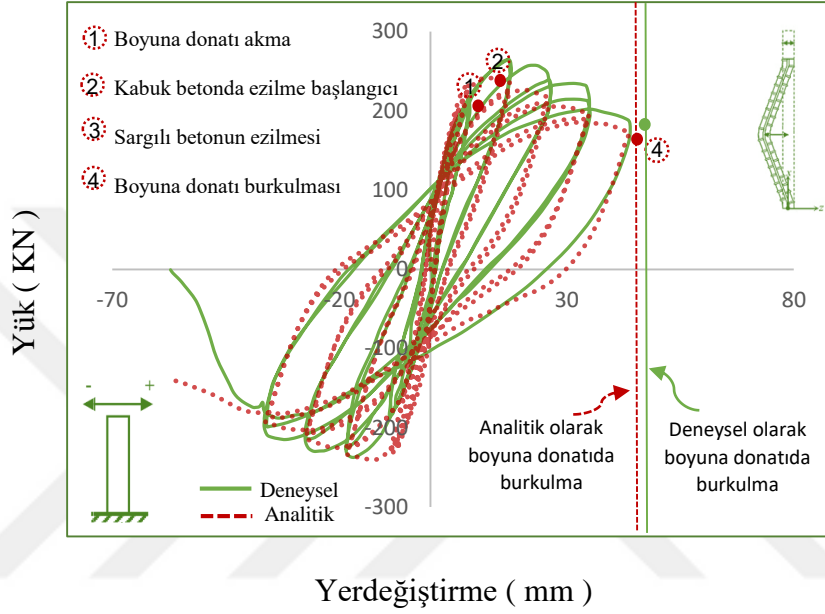
Şekil 4.17 : Soesianawati et al. 1986, No. 2 numunesinde deneysel ve Analitik çevrimsel yük-yerdeğiştirme ilişkileri

Soesianawati et al. 1986, No. 3 deney numunesinde, 30.6mm yer değıştirme talebinde kabuk betonda ezilme başlangıcı, 30.6mm belirgin beton dökülmesi ve 44.9 mm yer değıştirme talebinde ise boyuna donatıda burkulması gözlenmiştir. Analitik modelleme ile boyuna donatıda akma 7.34mm, kabuk betonda ezilme başlangıcı 12mm ve boyuna donatıda burkulması ise 44.7mm yer değıştirme talebinde oluşmuştur. Numunenin deneysel ve analitik yük-yerdeğiştirme ilişkisi şekil 4.18'de karşılanmıştır.



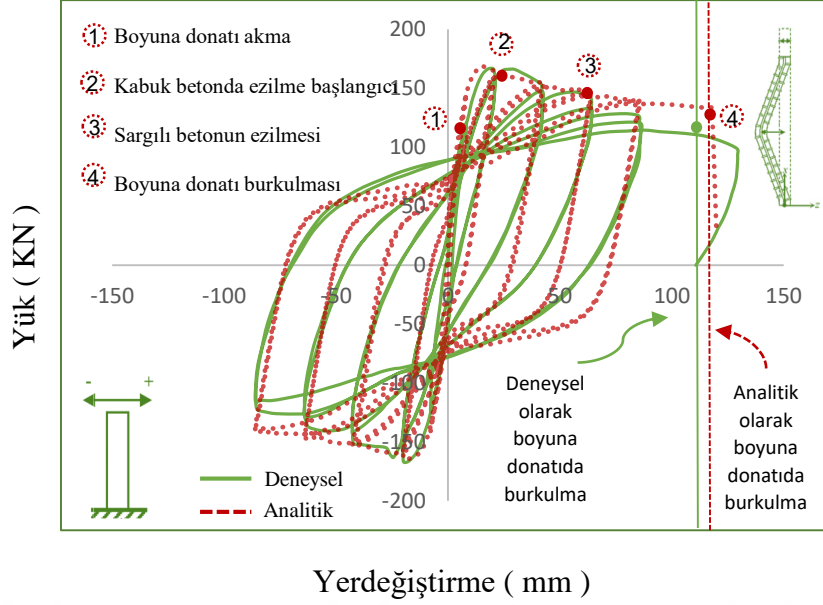
Şekil 4.18 : Soesianawati et al. 1986, No. 3 numunesinde deneysel ve Analitik çevrimsel yük-yerdeğiştirme ilişkileri

Soesianawati et al. 1986, No. 4 deney numunesinde, 16.4mm yer değiştirme talebinde kabuk betonda ezilme başlangıcı, 24.6mm belirgin beton dökölmesi ve 41mm yer değiştirme talebinde ise boyuna donatıda burkulması gözlenmiştir. Analitik modelleme ile boyuna donatıda akma 7.29mm, kabuk betonda ezilme başlangıcı 11.96mm ve boyuna donatıda burkulması ise 39.86mm yer değiştirme talebinde oluşmuştur. Numunenin deneysel ve analitik yük-yerdeğiştirme ilişkisi Şekil 4.19'de karşılanmıştır.



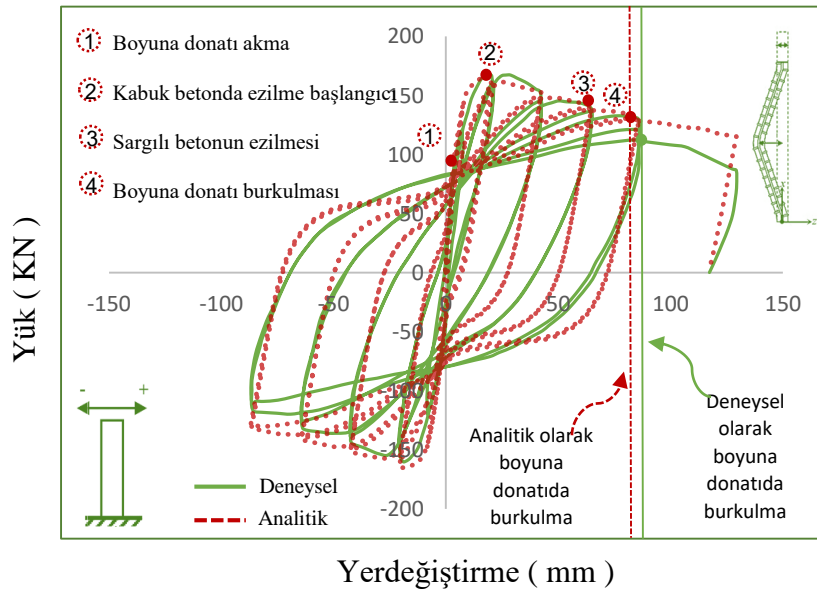
Şekil 4.19 : Soesianawati et al. 1986, No. 4 numunesinde deneysel ve Analitik çevrimsel yük-yerdeğiştirme ilişkileri

Tanaka and Park 1990, No. 1 deney numunesinde, 20mm yerdeğiştirme talebinde kabuk betonda ezilme başlangıcı, 40mm yerdeğiştirme talebinde belirgin beton dökölmesi ve 120mm yerdeğiştirme talebinde ise boyuna donatıda burkulması hasar gözlemleri rapor edilmiştir. SeismoStruct programı ile yapılan analitik modelleme sonucunda boyuna donatıda akma 8.23mm, kabuk betonda ezilme başlangıcı 13.65mm, ve boyuna donatıda burkulma ise 127.61mm yer değiştirme talebinde oluşmuştur. Numunenin deneysel ve analitik yük-yerdeğiştirme ilişkisi Şekil 4.20'de karşılanmıştır.



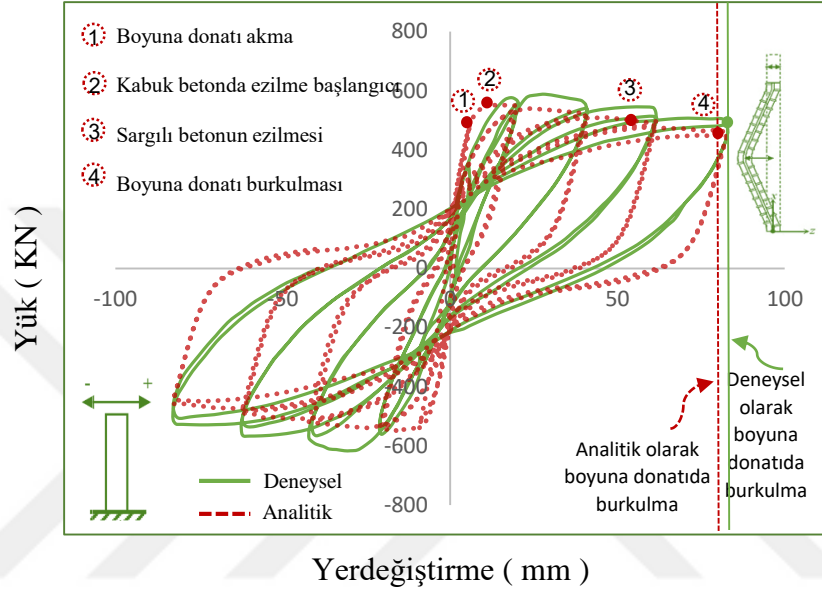
Şekil 4.20 : Tanaka and Park 1990, No. 1 numunesinde deneysel ve Analitik çevrimsel yük-yerdeğiştirme ilişkileri

Tanaka and Park 1990, No. 2 deney numunesinde, 18mm yer değiştirme talebinde kabuk betonda ezilme başlangıcı, 34mm belirgin beton dökülmesi ve 87.2mm yer değiştirme talebinde ise boyuna donatıda burkulması gözlenmiştir. Analitik modelleme ile boyuna donatıda akma 7.98mm, kabuk betonda ezilme başlangıcı 16.49mm ve boyuna donatıda burkulması ise 82.51mm yer değiştirme talebinde oluşmuştur. Numunenin deneysel ve analitik yük-yerdeğiştirme ilişkisi şekil 4.21'de karşılanmıştır.



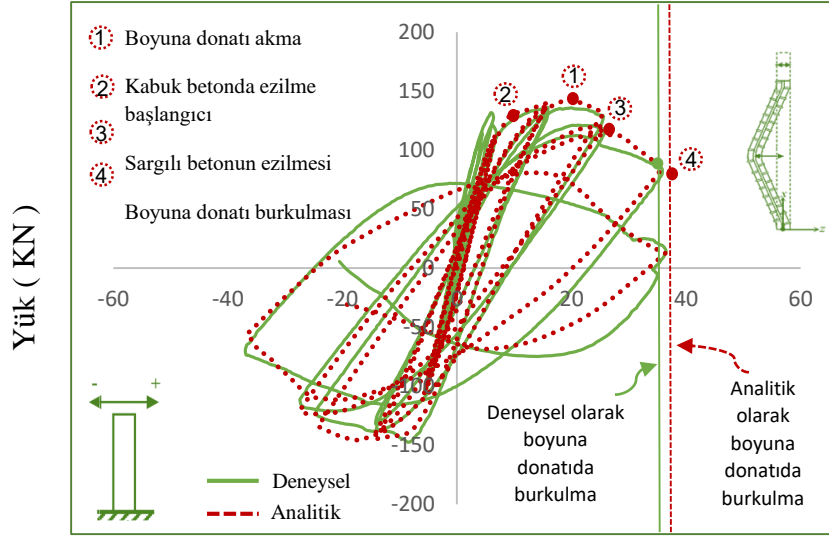
Şekil 4.21 : Tanaka and Park 1990, No. 2 numunesinde deneysel ve Analitik çevrimsel yük-yerdeğiştirme ilişkileri

Tanaka and Park 1990, No. 7 deney numunesinde, 19mm yer değiştirme talebinde kabuk betonda ezilme başlangıcı, 29mm belirgin beton dökülmesi ve 82.4mm yer değiştirme talebinde ise boyuna donatıda burkulması gözlenmiştir. Analitik modelleme ile boyuna donatıda akma 5.70mm, kabuk betonda ezilme başlangıcı 10.13mm ve boyuna donatıda burkulması ise 74.16mm yer değiştirme talebinde oluşmuştur. Numunenin deneysel ve analitik yük-yerdeğiştirme ilişkisi Şekil 4.22'de karşılanmıştır.



Şekil 4.22 : Tanaka and Park 1990, No. 7 numunesinde deneysel ve Analitik çevrimsel yük-yerdeğiştirme ilişkileri

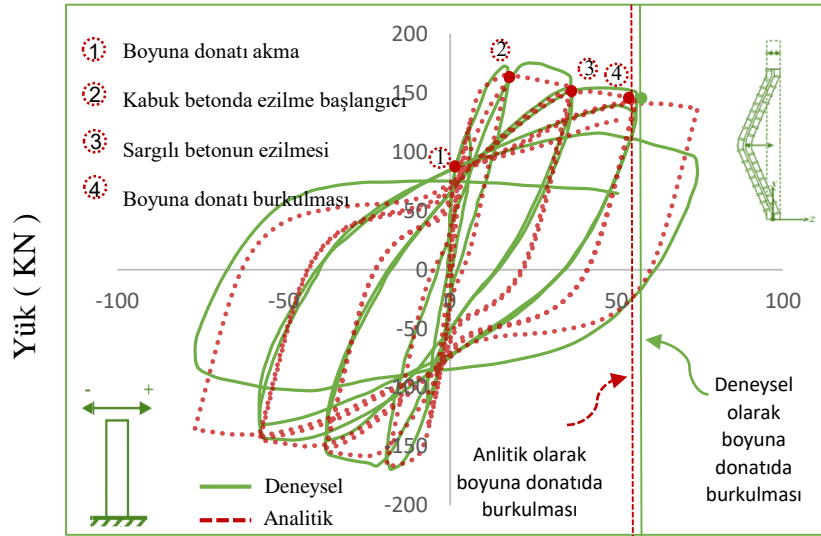
Bayrak and Sheikh 1996, ES-1HT deney numunesinde, 7mm yerdeğiştirme talebinde kabuk betonda ezilme başlangıcı, 0mm yerdeğiştirme talebinde belirgin beton dökülmesi ve 37mm yerdeğiştirme talebinde ise boyuna donatıda burkulması hasar gözlemleri rapor edilmiştir. SeismoStruct programı ile yapılan analitik modelleme sonucunda boyuna donatıda akma 21.28mm, kabuk betonda ezilme başlangıcı 14.09 mm, ve boyuna donatıda burkulma ise 42.50mm yer değiştirme talebinde oluşmuştur. Numunenin deneysel ve analitik yük-yerdeğiştirme ilişkisi Şekil 4.23'de karşılanmıştır.



Yerdeğiştirme (mm)

Şekil 4.23 : Bayrak and Sheikh 1996, ES-1HT numunesinde deneysel ve Analitik çevrimsel yük-yerdeğiştirme ilişkileri

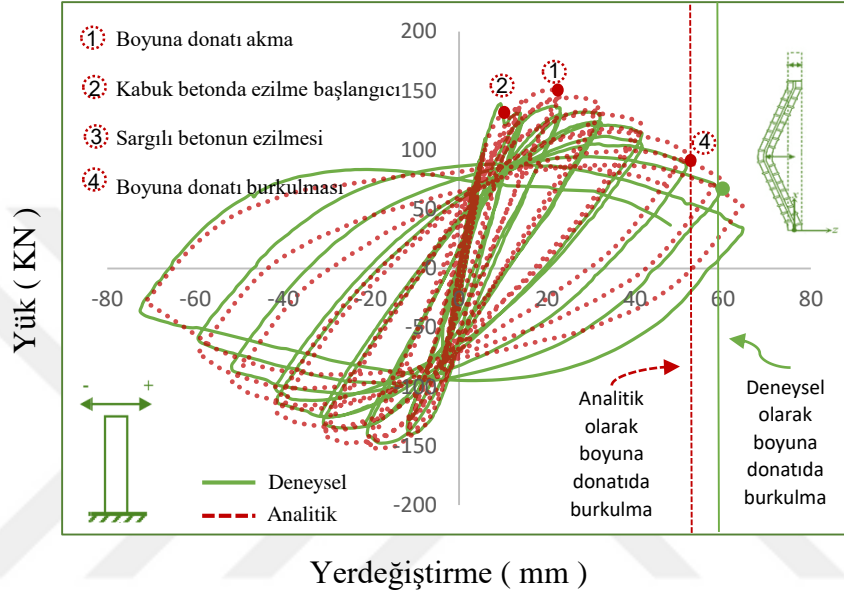
Tanaka and Park 1990, No. 3 deney numunesinde, 16mm yer değiştirme talebinde kabuk betonda ezilme başlangıcı, 34mm belirgin beton dökülmesi ve 59 mm yer değiştirme talebinde ise boyuna donatıda burkulması gözlenmiştir. Analitik modelleme ile boyuna donatıda akma 7.94mm, kabuk betonda ezilme başlangıcı 16.34mm ve boyuna donatıda burkulması ise 58.5mm yer değiştirme talebinde oluşmuştur. Numunenin deneysel ve analitik yük-yerdeğiştirme ilişkisi şekil 4.24'de karşılanmıştır.



Yerdeğiştirme (mm)

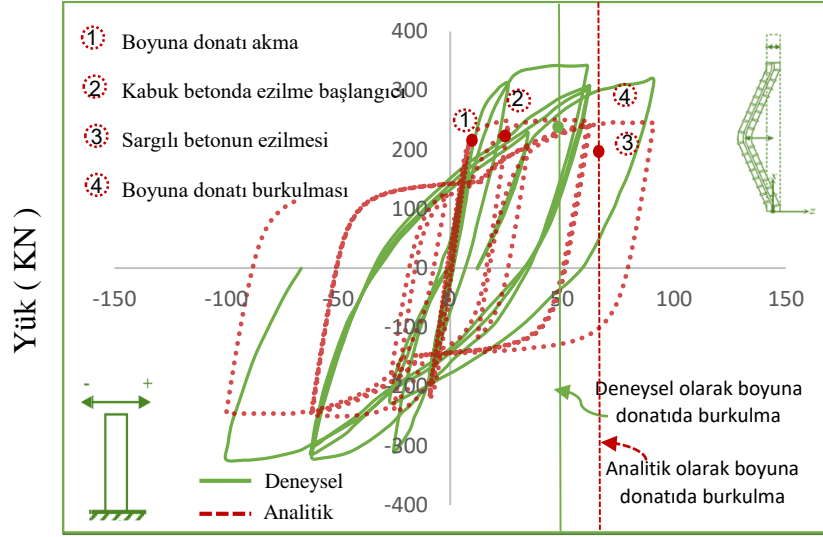
Şekil 4.24 : Tanaka and Park 1990, No. 3 numunesinde deneysel ve Analitik çevrimsel yük-yerdeğiştirme ilişkileri

Bayrak and Sheikh 1996, AS-4HT deney numunesinde, 9mm yerdeğiştirme talebinde kabuk betonda ezilme başlangıcı, 0mm yerdeğiştirme talebinde belirgin beton dökülmesi ve 60mm yerdeğiştirme talebinde ise boyuna donatıda burkulması hasar gözlemleri rapor edilmiştir. SeismoStruct programı ile yapılan analitik modelleme sonucunda boyuna donatıda akma 20.62mm, kabuk betonda ezilme başlangıcı 12.82 mm, ve boyuna donatıda burkulma ise 48.67mm yer değiştirme talebinde oluşmuştur. Numunenin deneysel ve analitik yük-yerdeğiştirme ilişkisi Şekil 4.25'de karşılanmıştır.



Şekil 4.25 : Bayrak and Sheikh 1996, AS-4HT numunesinde deneysel ve Analitik çevrimsel yük-yerdeğiştirme ilişkileri

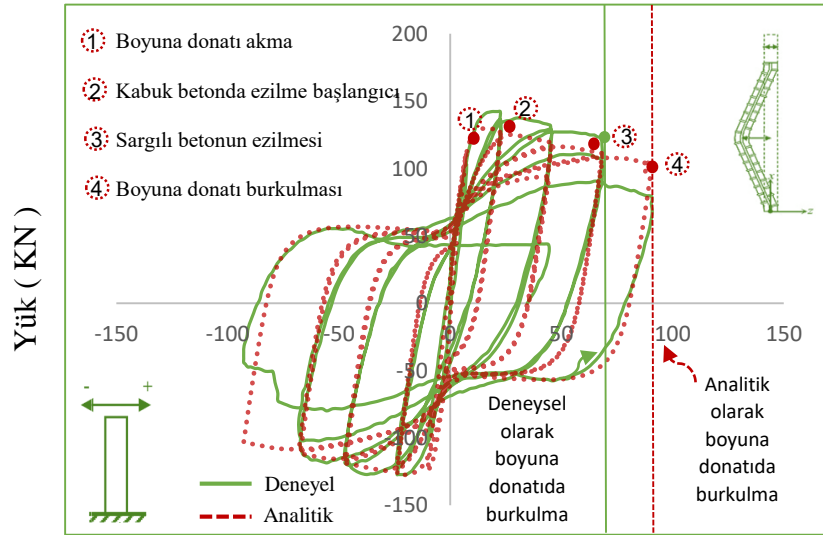
Davey 1975, No. 2 deney numunesinde, 61mm yerdeğiştirme talebinde kabuk betonda ezilme başlangıcı, 61mm yerdeğiştirme talebinde belirgin beton dökülmesi ve 82mm yerdeğiştirme talebinde ise boyuna donatıda burkulması hasar gözlemleri rapor edilmiştir. SeismoStruct programı ile yapılan analitik modelleme sonucunda boyuna donatıda akma 6.69mm, kabuk betonda ezilme başlangıcı 11.45mm, ve boyuna donatıda burkulma ise 103.5mm yer değiştirme talebinde oluşmuştur. Numunenin deneysel ve analitik yük-yerdeğiştirme ilişkisi Şekil 4.26'de karşılanmıştır.



Yerdeğiştirme (mm)

Şekil 4.26 : Davey 1975, No. 2 numunesinde deneysel ve Analitik çevrimsel yük-yerdeğiştirme ilişkiler

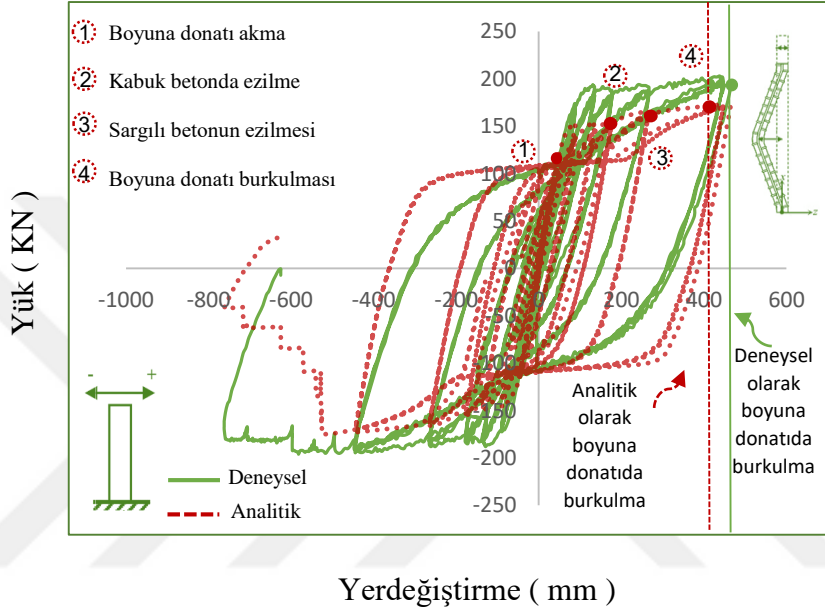
Zahn et al. 1986, No. 5 deney numunesinde, 0mm yer değiştirme talebinde kabuk betonda ezilme başlangıcı, 22.8mm belirgin beton dökülmesi ve 45.6mm yer değiştirme talebinde ise boyuna donatıda burkulması gözlenmiştir. Analitik modelleme ile boyuna donatıda akma 7.49mm, kabuk betonda ezilme başlangıcı 16.25mm ve boyuna donatıda burkulması ise 66.12mm yer değiştirme talebinde oluşmuştur. Numunenin deneysel ve analitik yük-yerdeğiştirme ilişkisi şekil 4.27'de karşılanmıştır.



Yerdeğiştirme (mm)

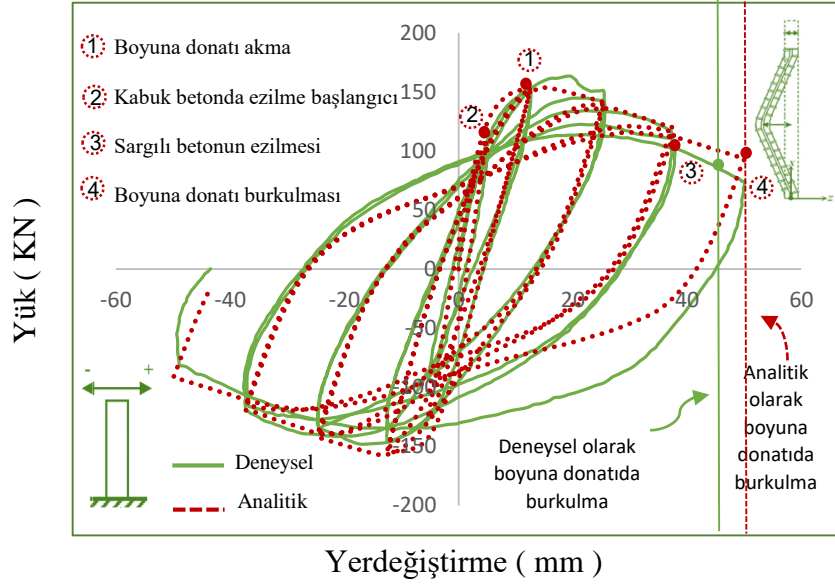
Şekil 4.27 : Zahn et al. 1986, No. 5 numunesinde deneysel ve Analitik çevrimsel yük-yerdeğiştirme ilişkileri

Calderone et al. 2000, 828 deney numunesinde, 0mm yer değiştirme talebinde kabuk betonda ezilme başlangıcı, 0mm belirgin beton dökölmesi ve 600mm yer değiştirme talebinde ise boyuna donatıda burkulması gözlenmiştir. Analitik modelleme ile boyuna donatıda akma 42.81mm, kabuk betonda ezilme başlangıcı 111.44mm ve boyuna donatıda burkulması ise 585.1mm yer değiştirme talebinde oluşmuştur. Numunenin deneysel ve analitik yük-yerdeğiştirme ilişkisi şekil 4.28'de karşılanmıştır.



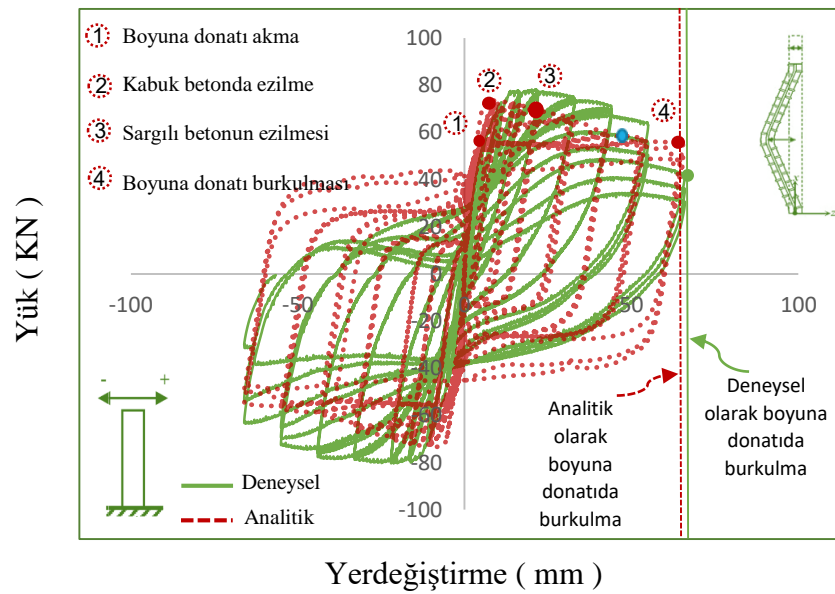
Şekil 4.28 : Calderone et al. 2000, 828 numunesinde deneysel ve Analitik çevrimsel yük-yerdeğiştirme ilişkileri

Ang et al 1981, No. 2 deney numunesinde, 9.8mm yer değiştirme talebinde kabuk betonda ezilme başlangıcı, 26mm belirgin beton dökölmesi ve 52mm yer değiştirme talebinde ise boyuna donatıda burkulması gözlenmiştir. Analitik modelleme ile boyuna donatıda akma 10.50mm, kabuk betonda ezilme başlangıcı 8.71mm ve boyuna donatıda burkulması ise 59.94mm yer değiştirme talebinde oluşmuştur. Numunenin deneysel ve analitik yük-yerdeğiştirme ilişkisi şekil 4.29'de karşılanmıştır.



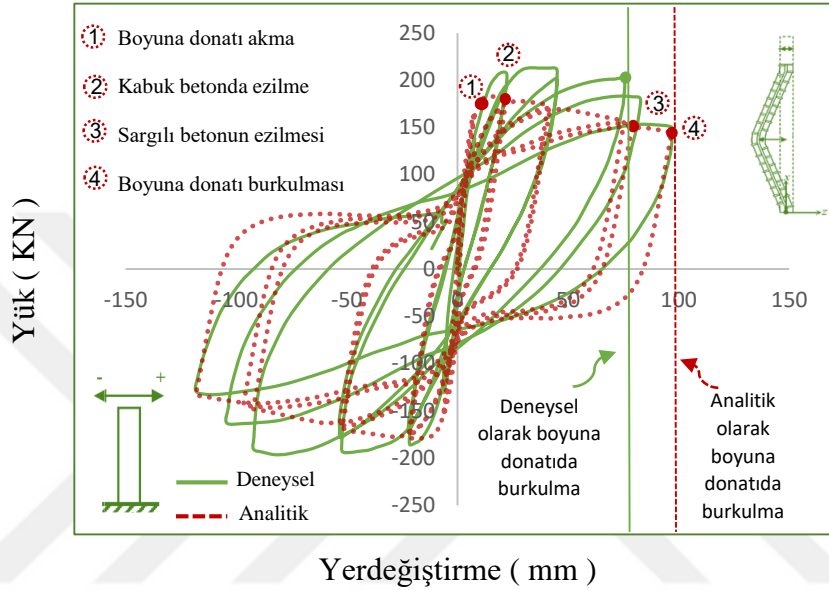
Şekil 4.29 : Ang et al 1981, No. 2 numunesinde deneysel ve Analitik çevrimsel yük-yerdeğiştirme ilişkileri

BAP_SC-02 deney numunesinde, 33mm yerdeğiştirme talebinde kabuk betonda ezilme başlangıcı, 55mm yerdeğiştirme talebinde belirgin beton dökülmesi ve 55mm yerdeğiştirme talebinde ise boyuna donatıda burkulması hasar gözlemleri rapor edilmiştir. SeismoStruct programı ile yapılan analitik modelleme sonucunda boyuna donatıda akma 4.89mm, kabuk betonda ezilme başlangıcı 14.70mm, ve boyuna donatıda burkulma ise 52.05mm yer değiştirme talebinde olmuştur. Numunenin deneysel ve analitik yük-yerdeğiştirme ilişkisi şekil 4.30'de karşılanmıştır.



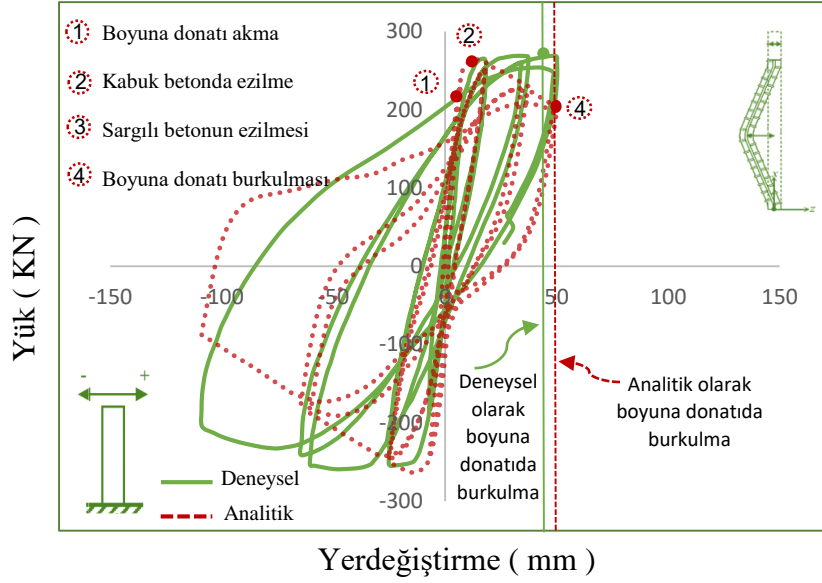
Şekil 4.30 : BAP_SC-02 numunesinde deneysel ve Analitik çevrimsel yük-yerdeğiştirme ilişkileri

Zahn et al. 1986, No. 7 deney numunesinde, 22mm yerdeğiştirme talebinde kabuk betonda ezilme başlangıcı, 0mm yerdeğiştirme talebinde belirgin beton dökülmesi ve 71mm yerdeğiştirme talebinde ise boyuna donatıda burkulması hasar gözlemleri rapor edilmiştir. SeismoStruct programı ile yapılan analitik modelleme sonucunda boyuna donatıda akma 6.97mm, kabuk betonda ezilme başlangıcı 15.45mm, ve boyuna donatıda burkulma ise 86.12mm yer değiştirme talebinde oluşmuştur. Numunenin deneysel ve analitik yük-yerdeğiştirme ilişkisi Şekil 4.31'de karşılanmıştır.



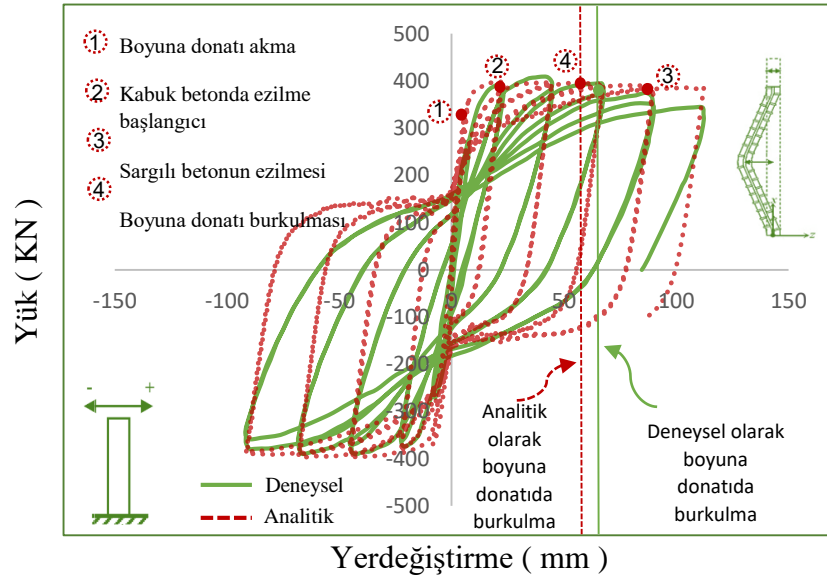
Şekil 4.31 : Zahn et al. 1986, No. 7 numunesinde deneysel ve Analitik çevrimsel yük-yerdeğiştirme ilişkileri

Zahn et al. 1986, No. 8 deney numunesinde, 17mm yerdeğiştirme talebinde kabuk betonda ezilme başlangıcı, 0mm yerdeğiştirme talebinde belirgin beton dökülmesi ve 50mm yerdeğiştirme talebinde ise boyuna donatıda burkulması hasar gözlemleri rapor edilmiştir. SeismoStruct programı ile yapılan analitik modelleme sonucunda boyuna donatıda akma 8.37mm, kabuk betonda ezilme başlangıcı 10.39mm, ve boyuna donatıda burkulma ise 64.76mm yer değiştirme talebinde oluşmuştur. Numunenin deneysel ve analitik yük-yerdeğiştirme ilişkisi Şekil 4.32'de karşılanmıştır.



Şekil 4.32 : Zahn et al. 1986, No. 8 numunesinde deneysel ve Analitik çevrimsel yük-yerdeğiştirme ilişkileri

Tanaka and Park 1990, No. 6 deney numunesinde, 19mm yer değıştirme talebinde kabuk betonda ezilme başlangıcı, 32mm belirgin beton dökülmesi ve 67.2mm yer değıştirme talebinde ise boyuna donatıda burkulması gözlenmiştir. Analitik modelleme ile boyuna donatıda akma 4.90mm, kabuk betonda ezilme başlangıcı 17.71mm ve boyuna donatıda burkulması ise 66.23mm yer değıştirme talebinde oluşmuştur. Numunenin deneysel ve analitik yük-yerdeğiştirme ilişkisi şekil 4.33'de karşılanmıştır.



Şekil 4.33 : Tanaka and Park 1990, No. 6 numunesinde deneysel ve Analitik çevrimsel yük-yerdeğiştirme ilişkileri

Deneysel veri tabanındaki tüm kolonlar için burkulma hasar sınırında deneysel ve analitik burkulma yer değiştirme kapasiteleri Çizelge 4.2’de özetlenmiştir.

Çizelge 4.2 : Donatı çeliği analitik burkulma birim Şekil değiştirme sınırının deneysel sonuçlar ile karşılaştırılması

Kolon ismi / Referans	Burkulma hasar sınırına karşı gelen deneysel yer değiştirme(mm)	(3.10) bağıntısıyla belirlenen burkulma hasar sınırına karşı gelen analitik yer değiştirme(mm)
No.3/Ang vd., 1981	50	48.82
No.4/Ang vd., 1981	58	66.09
No.1/ Soesianawati, 1986	78.4	120.01
No.2/ Soesianawati, 1986	68.4	92.95
No.3/ Soesianawati, 1986	44.9	44.7
No.4/ Soesianawati, 1986	41	39.86
No.7/Zahn vd., 1986	71	86.12
No.8/Zahn vd., 1986	50	64.76
No.1/Tanaka ve Park, 1990	120	127.61
No.2/Tanaka ve Park, 1990	87.2	82.51
No.3/Tanaka ve Park, 1990	59	58.5
No.4/Tanaka ve Park, 1990	80	78.11
No.5/Tanaka ve Park, 1990	73.8	66.95
No.6/Tanaka ve Park, 1990	67.2	66.23
No.7/Tanaka ve Park, 1990	82.4	74.16
No.8/Tanaka ve Park, 1990	78	76.79
No.9/Park ve Paulay, 1990	84	93.7
No.6S1/Atalay vd., 1975	81.3	100.16
No.A1/Wehbe vd., 1998	122	131.19
No.A2/Wehbe vd., 1998	102	92.98
No.B1/Wehbe vd., 1998	160	130.87
No.B2/Wehbe vd., 1998	128	95.08
No.1/Nosho vd., 1996	37.3	33.87
ES-1HT/Bayrak vd., 1996	37	42.51
AS-2HT/Bayrak vd., 1996	73	82.7
AS-3HT/Bayrak vd., 1996	48	49.12
AS-4HT/Bayrak vd., 1996	60	48.67
BG-2/Saatcioglu vd., 1999	82.2	83.57
BG-4/Saatcioglu vd., 1999	65.8	46.57
BG-8/Saatcioglu vd., 1999	115.2	77.53
BG-9/Saatcioglu vd., 1999	65.8	64.33
No.1 /Davey, 1975	65	82.09
No.2 /Davey, 1975	82	103.5
No.3 /Davey, 1975	87	87.42
No.1 /Ang vd., 1981	60	59.08
No.2 /Ang vd., 1981	52	59.94
No.5 /Zahn vd., 1986	45.6	66.12
No.11 /Watson vd., 1989	36.3	34.61
No.1 /Wong vd., 1990	40	28.31
No.3 /Wong vd., 1990	25.9	20.22

Çizelge 4.2 : Donatı çeliği analitik burkulma birim şekil değiştirme sınırının deneysel sonuçlar ile karşılaştırılması (devam)

Kolon ismi / Referans	Burkulma hasar sınırına karşı gelen deneysel yer değiştirme(mm)	(3.10) bağıntısıyla belirlenen burkulma hasar sınırına karşı gelen analitik yer değiştirme(mm)
NIST, Model N3	102.4	101.97
NIST, Model N6	67.2	99.02
No.A2 /Kunnath vd., 1997	68.3	65.6
No.A4 /Kunnath vd., 1997	57	55.21
No.A5 /Kunnath vd., 1997	75	63.64
No.SRPH1 /Hose vd.,1997	320	273.57
No. NH3 /Vu vd., 1998	100	50.27
FL1 / Kowalsky vd., 1996	332	309.13
FL2 / Kowalsky vd., 1996	210	202.07
FL3 / Kowalsky vd., 1996	340	340.31
No. 415 /Lehman vd., 1998	127	108.74
No. 815/Lehman vd., 1998	445	416.36
No. 1015/Lehman vd.,1998	635	606.53
No. 407 /Lehman vd., 1998	127	130.98
No. 430 /Lehman vd., 1998	178	147.19
No.328/Calderone vd.,2000	125	125.06
No.828/Calderone vd.,2000	600	585.1
No. Col1/Nelson vd.,2000	47.5	41.5
No. Col2/Nelson vd.,2000	56.6	50.01
No. Col3/Nelson vd.,2000	47.8	55.45
No. Col4/Nelson vd.,2000	45	44.5
No. 415p /Henry,1998	127	112.66
No. 415S /Henry,1998	127	178.09
No. SC-02 /BAP	55	52.05

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

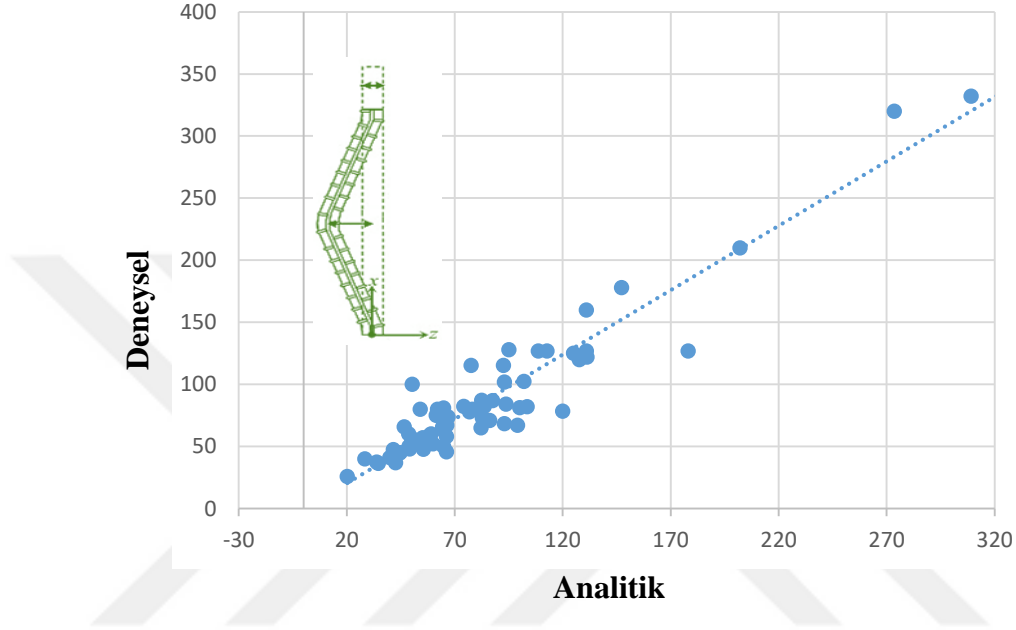
Bu tez çalışmasında, betonarme kolonlarda basınç donatısı burkulma birim kısalma sınırı üzerine incelemeler yapılmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde basınç donatısı birim kısalmasıyla ilgili olarak sınırlı sayıda numunenin davranışı deneysel olarak incelenmiştir. Çalışmanın üçüncü bölümünde ise sınırlı sayıda deney numunesi için, yatay yük taşıma kapasitesinde belirgin azalmaya karşı gelen sınır durum için deneysel olarak belirlenen basınç donatısında burkulma birim kısaltmaları ile (3.10) bağıntısıyla tanımlanan analitik birim şekil değiştirme sınırı ile karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırmalar ile elde edilen temel sonuçlar aşağıda kısaca özetlenmiştir.

- Deneysel burkulma birim şekil değiştirme talepleri ile analitik burkulma birim şekil değiştirme sınırları genelde birbirine yakındır (Bkz. Çizelge 3.1). Deneysel ve analitik burkulma birim şekil değiştirmeleri arasındaki bağıl hata oranlarının $((\epsilon_{b,deney} - \epsilon_{b,analitik}) / \epsilon_{b,deney})$ ortalaması -0.14'dür.

Çalışmanın dördüncü bölümünde ise literatürde yer alan geniş bir deneysel veri tabanı esas alınarak, deneysel ve analitik sonuçlar karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalarda veri tabanında yer alan kolon numunelerinin yatay yük taşıma kapasitesinde belirgin azalmanın meydana geldiği ve deneysel olarak rapor edilen yer değiştirme kapasitesi ile analitik burkulma birim kısalma sınırına karşı gelen analitik yer değiştirme kapasiteleri kıyaslanmıştır (Bkz. Çizelge 4.2). Yapılan karşılaştırmalar ile elde edilen temel sonuçlar aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- Veri tabanında yer alan kolon numuneler için deneysel olarak rapor edilen burkulma yer değiştirme sınırı ile analitik basınç donatısı burkulma birim kısalma kullanılarak belirlenen analitik yer değiştirme sınırları arasındaki bağıl hata oranları $((\Delta_{b,deney} - \Delta_{b,analitik}) / \Delta_{b,deney})$ -0.53 ile +0.33 arasında değişmektedir. Deneysel ve analitik burkulma yer değiştirme sınırları arasındaki bağıl hata oranlarının ortalaması ise 0.006'dır.

- Deneysel ve analitik burkulma yer değiştirme sınırlarının birbirleriyle oranlandığında ($\Delta_{b,deney}/\Delta_{b,analitik}$), maksimum oran 1.49, minimum oran ise 0.65'dir. Sözü edilen deneysel ve analitik yer değiştirme sınırları arasındaki oranların ortalaması 1.03, standart sapması 0.183 ve varyasyon katsayısı ise 0.177'dir.



şekil 5.1 : Deneysel - Analitik burkulma yerdeğiştirme karşılaştırması

Çalışmada yapılan karşılaştırmalar sonuçlarına bağlı olarak, analitik burkulma birim şekil dęeiřtirme sınırının genelde deneysel sonuçlara yakın sonuçlar verdiği söylenebilir.

Deneysel veri tabanında yer alan kolonların tamamında yükleme geçmişleri artan genlikli yatay yer değiştirme uygulamasıyla uygulanmıştır. (3.10) bağıntısıyla tanımlanan analitik burkulma birim şekil değiştirme sınırının farklı yükleme geçmişi uygulanan numuneler için de karşılaştırılması önerilir.

KAYNAKLAR

- [1] **Rajesh P. DHAKAL and Koichi MAEKAWA**, " Post-peak cyclic response analysis and energy dissipation capacity of RC columns", *Journal of the J. Materials.conc. struct. pavements.Jsce* V-51,117-133,MAY 2001.
- [2] **Dhakal, P.and K. Maekawa** (2002). Reinforcement stability and Fracture of Cover Concrete in Reinforced Concrete Members. *Journal of Structural Engineering, ASCE. 128(10), 1253 – 1262.*
- [3] **Miseses, A.M.**, Inelastic Buckling Behavior of Concrete Reinforcing Bars under Monotonic Uniaxial Compressive Loading, M.S. thesis, The University of Texas at Austin, 2002.
- [4] **Cem Aydemir and Müberra Eser Aydemir**, "Betonarme kirişlerin hasar sınırlarının deneysel gözlemlerle", *İMO Teknik dergi*, 2017-8023, -8049, yazı 486.
- [5] **Gomes, A. and J. Appleton** (1997). Nonlinear cyclic stress-strain relationship of reinforcing bars including buckling. *Engineering Structures. 19(10), 822-826.*
- [6] **Mau, S.** (1990). Effect of Tie Spacing on Inelastic Buckling of Reinforcing Bars. *ACI Structural Journal. 87(6), 671-677.*
- [7] **Michael p. Berry and Marc o. Eberhard**, " Practical Performanse model for bar buckling", *journal of structural engineering* vol.131, NO.7, July 1,2005.
- [8] **Monti, G. and C. Nuti** (1992). Nonlinear Cyclic Behavior of Reinforcing Bars Including Buckling. *Journal of Structural Engineering, ASCE, 118(12), 3268-3284.*
- [9] **Moyer, M. and M. Kowalsky** (2003). Influence of Tension Strain on Buckling of Reinforcement in Concrete Columns. *ACI Structural Journal. 100(1), 75-85.*
- [10] **Rodriguez, M., J. Betero, and J. Villa** (1999). Cyclic Stress-Strain Behavior of Reinforcing Steel Including Effects of Buckling. *Journal of Structural Engineering, ASCE, 125(6), 605-612.*
- [11] **Ang Beng Ghee; Priestley, M.J.N.; and Park, R.**, "Ductility of Reinforced Bridge Piers Under Seismic Loading," *Report 81-3, Department of Civil Engineering, University of Canterbury, Christchurch, New Zealand, February 1981, 109 pages.*
- [12] **Soesianawati, M.T.; Park, R; and Priestley, M.J.N.**, "Limited Ductility Design of Reinforced Concrete Columns," *Report 86-10, Department of Civil Engineering, University of Canterbury, Christchurch, New Zealand, March 1986, 208 pages.*
- [13] **Zahn, F.A.; Park, R; and Priestley, M.J.N.**, "Design of Reinforced Bridge Columns for Strength and Ductility," *Report 86-7, Department of Civil Engineering, University of Canterbury, Christchurch, New Zealand, March 1986, 330 pages.*
- [14] **Tanaka, H.; and Park, R.**, "Effect of Lateral Confining Reinforcement on the Ductile Behavior of Reinforced Concrete Columns," *Report 90-2, Department of Civil Engineering, University of Canterbury, June 1990, 458 pages.*
- [15] **Park, R.; and Paulay, T.**, "Use of Interlocking Spirals for Transverse Reinforcement in Bridge Columns." *Strength and Ductility of Concrete Substructures of Bridges, RRU (Road Research Unit) Bulletin 84, Vol. 1, 1990, pp. 77-92.*
- [16] **Atalay, M.B.; and Penzien, J.** "The Seismic Behavior of Critical Regions of Reinforced Concrete Components as Influenced by Moment, *Shear and Axial Force*,"

Report No. EERC 75-19, University of California, Berkeley, December 1975, 226 pages.

[17] **Wehbe, N., Saiidi, M.S., and Sanders, D.** "Confinement of Rectangular Bridge Columns for Moderate Seismic Areas," *National Center for Earthquake Engineering Research (NCEER) Bulletin*, Volume 12, Number 1, Spring 1998.

[18] **Nosho, Kirk; Stanton, John; and MacRae, Gregory;** "Retrofit of Rectangular Reinforced Concrete Columns using *Tonen Forca Tow Sheet Carbon Fiber Wrapping*," Report No. SGEM 96-2, Department of Civil Engineering, University of Washington, Seattle, Washington,

[19] **Bayrak, Oguzhan; Sheikh, Shamim,** "Confinement Steel Requirements for High Strength Concrete Columns," *Paper No. 463, Eleventh World Conference on Earthquake Engineering, 1996.*

[20] **Saatcioglu, Murat; and Grira, Mongi,** "Confinement of Reinforced Concrete Columns with Welded Reinforcement Grids," *American Concrete Institute, ACI Structural Journal*, Vol. 96, No. 1, January-February 1999, pp. 29-39.

[21] **Davey, B.E.,** "Reinforced Concrete Bridge Piers Under Seismic Loading," Master of Engineering Report, *Civil Engineering Department, University of Canterbury, Christchurch*, New Zealand, February 1975, 107 pages.

[22] **Ang Beng Ghee; Priestley, M.J.N.; and Park, R.,** Ductility of Reinforced Concrete Bridge Piers Under Seismic Loading, Report 81-3, *Department of Civil Engineering, University of Canterbury, Christchurch*, New Zealand, February 1981, 113 pages.

[23] **Zahn, F.A.; Park, R.; and Priestley, M.J.N.,** Design of Reinforced Concrete Bridge Columns for Strength and Ductility, Report 86-7, *Department of Civil Engineering, University of Canterbury, Christchurch*, New Zealand, March 1986, 380 pages.

[24] **Watson, S.,** Design of Reinforced Concrete Frames of Limited Ductility, Report 89-4, *Department of Civil Engineering, University of Canterbury, Christchurch*, New Zealand, January 1989, 232 pages.

[25] **Wong, Y.L.; Paulay, T.; and Priestley, M.J.N.,** Squat Circular Bridge Piers Under Multi-Directional Seismic Attack, Report 90-4, *Department of Civil Engineering, University of Canterbury, Christchurch*, New Zealand, October 1990, 264 pages.

[26] **Wong, Y.L., Paulay, T., and Priestley, M.J.N. (1993).** "Response of Circular Reinforced Concrete Columns to Multi-Directional Seismic Attack." *ACI Structural Journal*, Vol 90, No.2, pp. 180-191.

[27] **Cheok, G.S.; and Stone, William C.,** Behavior of 1/6-Scale Model Bridge Columns Subjected to Cycle Inelastic Loading, *NBSIR 86-3494, Center for Building Technology, National Engineering Laboratory*, National Institute of Standards and Technology, Gaithersbu.

[28] **Stone, William C.; and Cheok, Geraldine S.,** Inelastic Behavior of Full-Scale Bridge Columns Subjected to Cyclic Loading, NIST BSS 166, *Building Science Series, Center for Building Technology, National Engineering Laboratory*, National Institute of Standard.

[29] **Kunnath, Sashi, K.; El-Bahy, Ashraf; Taylor, Andrew; and Stone, William,** Cumulative Seismic Damage of Reinforced Concrete Bridge Piers, *Technical Report NCEER-97-0006, National Center for Earthquake Engineering Research*, September 1997, 147 pages.

- [30] **Vu, Nganha D.; Priestley, M.J. Nigel; Seible, Frieder; Benzoni, Gianmario,** *Seismic Response of Well Confined Circular Reinforced Concrete Columns with Low Aspect Ratios*, 5th Caltrans Seismic Research Workshop, 1998.
- [31] **Lehman, D.E.; Moehle, J.P.;** "Seismic Performance of Well-Confined Concrete Bridge Columns," *Pacific Earthquake Engineering Research Center, PEER* 1998/01, Dec. 2000.
- [32] **Roeder et al,** "Seismic Performance of Pile-Wharf Connections", *Pacific Earthquake Engineering Research Center, PEER*, Dec. 2001.
- [33] **Calderone, A.J., Lehman, D.E.; Moehle, J.P.;** "Behavior of Reinforced Concrete Bridge Columns Having Varying Aspect Ratios and Varying Lengths of Confinement," *Pacific Earthquake Engineering Research Center, PEER* 2000/08, 2000.
- [34] **Nelson, Jared M.,** "Damage Model Calibration for Reinforced Concrete Columns", *Master's Thesis, Department of Civil and Environmental Engineering, University of Washington*, 2000.
- [35] **Henry, L; Mahin, S.A.;** Study of Buckling Longitudinal Bars in Reinforced Concrete Bridge Columns, *Report to the California Department of Transportation*, 1999.
- [36] **BAP-SC-02,** *İstanbul Aydın Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Laboratuvarında* üretilerek, test edilen .2018.
- [37] **Papia, M., G. Russo, and G. Zingone** (1988). Instability of Longitudinal Bars in RC Columns. *Journal of Structural Engineering, ASCE. 114(2), 445-461.*
- [38] Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, **Bayındırlık ve İskân Bakanlığı**, Ankara, Mart 2007
- [39] **Aydemir, C., Kırçıl M.S., Hancıoğlu B., Zorbozan M.,** Betonarme Kolonların Hasar Sınır Eğriliklerinin Belirlenmesi, *İMO Teknik Dergi*, 2011, Cilt 22, Sayı 4, Sayfa 5613-5641.
- [40] **Bae, S.,** Seismic Performance of Full-Scale Reinforced Concrete Columns, the University of Texas at Austin, Ph.D. thesis, 2005.
- [41] SeismoStruct Programında *BETON* için **Mander vb, (Con-ma)**, Nonlinear beton modeli ve *ÇELİK* için **Menegotto-Pinto, (Stl-mp)** modeli kullanılmıştır.



EKLER

EK A: Deney numunelerin özellikleri



Çizelge A.1: Ang et al.1981, No.3 Deney numuneninin özellikleri [11]

Adı	Ang et al. 1981, No. 3			
Kesit	Dikdörtgen			
Açıklama	Donatı Aralığı 120mm-75mm-120mm			
Malzeme Özellikleri		P-d		
Beton dayanımı	23.6 (MPa)			
Enine donatı	Grade : 275			
	Akma Dayanımı: 320 (MPa) Çekme Dayanım : 434 (MPa)			
Boyuna donatı	Grade: 380			
	Akma Dayanımı: 427 (MPa) Çekme Dayanımı : 670 (MPa)			
Geometri Özellikleri				
Kesit Boyutları	Genişlik:400 (mm) Derinlik:400 (mm)			
Uzunluk	L-Çekim: 1,600 (mm) Ölçülen:1,600 (mm)			
Test Düzeni	Çift Uçlu			
Yükleme Özellikleri				
Eksenel Yük	1,435 (kN)			
P-D	Kesilme sağlandı			
L-Üst	0			
L-Alt	0			
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Deney Sonuçları		
Çap	Köşe 16 (mm) Orta 16 (mm)		V_{maks} (kN)	192
Adet	12		M_{maks} (kNm)	337
Dik yükleme	Paspayı : 24.5 (mm)		Δ_y (mm)	9.61
Paralel yükleme	Paspayı : 24.5 (mm)		Δ_{maks} (mm)	50.932
Donatı oranı	0.0151		Δ_y/Δ_{maks}	5.3
Enine Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri		
Tip	RI (TİP3)		Kırılma Tipi	Eğilme
Etriye Kol Sayısı	4		Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi:10 (mm)
Etriye Aralığı	Çap:12 (mm) / Aralık: 100 (mm)			Belirgin Beton Dökülmesi: 20 (mm)
Enine Donatı Oranı	0.028			Boyuna Donatı Burkulması: 50 (mm)
Boyutsuz Özellikleri				
Kesme oranı	4			Boyuna Donatı kırılması :50 (mm)
Eksenel Yük düzeyi	0.38		Spiral Kırılması: 0 (mm)	
				Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı:0 (mm)

Çizelge A.2: Ang et al.1981, No.4 Deney numuneninin özellikleri [11]

Adı	Ang et al. 1981, No. 4			
Kesit	Dikdörtgen			
Açıklama	Donatı Aralığı 120mm-75mm-120mm			
Malzeme Özellikleri		P-d		
Beton dayanımı	25 (MPa)			
Enine donatı	Grade : 275			
	Akma Dayanımı: 280 (MPa) Dayanım Çekme Dayanım : 408 (MPa)			
Boyuna donatı	Grade: 380			
	Akma Dayanımı: 427 (MPa) Çekme Dayanımı : 670 (MPa)			
Geometri Özellikleri				
Kesit Boyutları	Genişlik:400 (mm) Derinlik:400 (mm)			
Uzunluk	L-Çekim: 1,600 (mm) Ölçülen:1,600 (mm)			
Test Düzeni	Çift Uçlu			
Yükleme Özellikleri				
Eksenel Yük	840 (kN)			
P-D	Kesilme sağlandı			
L-Üst	0			
L-Alt	0			
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Deney Sonuçları		
Çap	Köşe 16 (mm) Orta 16 (mm)		V_{maks} (kN)	169
Adet	12		M_{maks} (kNm)	298
Dik yükleme	Paspayı : 22.5(mm)		Δ_y (mm)	12.19
Paralel yükleme	Paspayı : 22.5(mm)		Δ_{maks} (mm)	58.46
Donatı oranı	0.0151		Δ_y/Δ_{maks}	4.8
Enine Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri		
Tip	RI (TİP3)		Kırılma Tipi	Eğilme
Etriye Kol Sayısı	4		Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 19 (mm)
Etriye Aralığı	Çap: 10 (mm) / Aralık: 90 (mm)			Belirgin Beton Dökülmesi: 20 (mm)
Enine Donatı Oranı	0.022			Boyuna Donatı Burkulması: 58 (mm)
Boyutsuz Özellikleri				
Kesme oranı	4			Boyuna Donatı kırılması : 58(mm)
Eksenel Yük düzeyi	0.21		Spiral Kırılması: 0 (mm)	
				Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı:0 (mm)

Çizelge A.3: Soesianawati et al. 1986, No. 1 Deney numunenin özellikleri [12]

Adı	Soesianawati et al. 1986, No. 1			
Kesit	Dikdörtgen			
Açıklama				
Malzeme Özellikleri		P-d		
Beton dayanımı	46.5 (MPa)			
Enine donatı	Grade : 275			
	Akma Dayanımı: 364 (MPa) Çekme Dayanım : 521 (MPa)			
Boyuna donatı	Grade: 380			
	Akma Dayanımı: 446 (MPa) Çekme Dayanımı : 702 (MPa)			
Geometri Özellikleri				
Kesit Boyutları	Genişlik:400 (mm) Derinlik:400 (mm)			
Uzunluk	L-Çekim: 1,600 (mm) Ölçülen:1,600 (mm)			
Test Düzeni	Çift Uçlu			
Yükleme Özellikleri				
Eksenel Yük	744 (kN)			
P-D	Kesilme sağlandı			
L-Üst	0			
L-Alt	0			
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Deney Sonuçları		
Çap	Köşe 16 (mm) Orta 16 (mm)		V_{maks} (kN)	200
Adet	12		M_{maks} (kNm)	354
Dik yükleme	Paspayı : 13 (mm)		Δ_y (mm)	10.36
Paralel yükleme	Paspayı : 13 (mm)		Δ_{maks} (mm)	97.854
Donatı oranı	0.0151		Δ_y/Δ_{maks}	9.4
Enine Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri		
Tip	RO (TİP7)		Kırılma Tipi	Eğilme
Etriye Kol Sayısı	4		Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 39.2 (mm)
Etriye Aralığı	Çap: 7 (mm) / Aralık: 85 (mm)			Belirgin Beton Dökülmesi: 58.8 (mm)
Enine Donatı Oranı	0.009			Boyuna Donatı Burkulması: 78.4 (mm)
Boyutsuz Özellikleri				
Kesme oranı	4			Boyuna Donatı kırılması : 98 (mm)
Eksenel Yük düzeyi	0.1		Spiral Kırılması: 0 (mm)	
			Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 98 (mm)	

Çizelge A.4: Soesianawati et al. 1986, No. 2 Deney numunenin özellikleri [12]

Adı	Soesianawati et al. 1986, No. 2		
Kesit	Dikdörtgen		
Açıklama			
Malzeme Özellikleri		P-d	
Beton dayanımı	44 (MPa)		
Enine donatı	Grade : 275		
	Akma Dayanımı: 360 (MPa) Çekme Dayanım : 492 (MPa)		
Boyuna donatı	Grade: 380		
	Akma Dayanımı: 446 (MPa) Çekme Dayanımı : 702 (MPa)		
Geometri Özellikleri			
Kesit Boyutları	Genişlik:400 (mm) Derinlik:400 (mm)		
Uzunluk	L-Çekim: 1,600 (mm) Ölçülen:1,600 (mm)		
Test Düzeni	Çift Uçlu		
Yükleme Özellikleri			
Eksenel Yük	2,112 (kN)		
P-D	Kesilme sağlandı		
L-Üst	0		
L-Alt	0		
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Deney Sonuçları	
Çap	Köşe 16 (mm) Orta 16 (mm)	V_{maks} (kN)	279
Adet	12	M_{maks} (kNm)	481
Dik yükleme	Paspayı : 13 (mm)	Δ_y (mm)	9.16
Paralel yükleme	Paspayı : 13 (mm)	Δ_{maks} (mm)	84.83
Donatı oranı	0.0151	Δ_y/Δ_{maks}	9.3
Enine Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri	
Tip	RO (TİP7)	Kırılma Tipi	Eğilme
Etriye Kol Sayısı	4	Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 34.2 (mm)
Etriye Aralığı	Çap: 8 (mm) / Aralık: 78 (mm)		Belirgin Beton Dökülmesi: 34.2 (mm)
Enine Donatı Oranı	0.012		Boyuna Donatı Burkulması: 68.4 (mm)
Boyutsuz Özellikleri			Boyuna Donatı kırılması : 85.5 (mm)
Kesme oranı	4		Spiral Kırılması: 0 (mm)
Eksenel Yük düzeyi	0.3		Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)

Çizelge A.5: Soesianawati et al. 1986, No. 3 Deney numuneninin özellikleri [12]

Adı	Soesianawati et al. 1986, No. 3			
Kesit	Dikdörtgen			
Açıklama				
Malzeme Özellikleri		P-d		
Beton dayanımı	44 (MPa)			
Enine donatı	Grade : 275			
	Akma Dayanımı: 364 (MPa) Çekme Dayanım : 521 (MPa)			
Boyuna donatı	Grade: 380			
	Akma Dayanımı: 446 (MPa) Çekme Dayanımı : 702 (MPa)			
Geometri Özellikleri				
Kesit Boyutları	Genişlik:400 (mm) Derinlik:400 (mm)			
Uzunluk	L-Çekim: 1,600 (mm) Ölçülen:1,600 (mm)			
Test Düzeni	Çift Uçlu			
Yükleme Özellikleri				
Eksenel Yük	2,112 (kN)			
P-D	Kesilme sağlandı			
L-Üst	0			
L-Alt	0			
Boyuna Donatı ve Yerleşimi			Deney Sonuçları	
Çap	Köşe 16 (mm) Orta 16 (mm)		V_{maks} (kN)	277
Adet	12		M_{maks} (kNm)	474
Dik yükleme	Paspayı : 13 (mm)	Δ_y (mm)	8.77	
Paralel yükleme	Paspayı : 13 (mm)	Δ_{maks} (mm)	53.58	
Donatı oranı	0.0151	Δ_y/Δ_{maks}	6.1	
Enine Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri		
Tip	RO (TİP7)	Kırılma Tipi	Eğilme	
Etriye Kol Sayısı	4	Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 30.6 (mm)	
Etriye Aralığı	Çap: 7 (mm) / Aralık: 91 (mm)		Belirgin Beton Dökülmesi: 30.6 (mm)	
Enine Donatı Oranı	0.008		Boyuna Donatı Burkulması: 68.4 (mm)	
Boyutsuz Özellikleri			Boyuna Donatı kırılması : 44.9 (mm)	
Kesme oranı	4		Spiral Kırılması: 44.9 (mm)	
Eksenel Yük düzeyi	0.3		Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)	

Çizelge A.6: Soesianawati et al. 1986, No. 4 Deney numunenin özellikleri [12]

Adı	Soesianawati et al. 1986, No. 4		
Kesit	Dikdörtgen		
Açıklama			
Malzeme Özellikleri		P-d	
Beton dayanımı	40 (MPa)		
Enine donatı	Grade : 275 Akma Dayanımı: 255 (MPa) Çekme Dayanım : 402 (MPa)		
Boyuna donatı	Grade: 380 Akma Dayanımı: 446 (MPa) Çekme Dayanımı : 702 (MPa)		
Geometri Özellikleri			
Kesit Boyutları	Genişlik:400 (mm) Derinlik:400 (mm)		
Uzunluk	L-Çekim: 1,600 (mm) Ölçülen:1,600 (mm)		
Test Düzeni	Çift Uçlu		
Yükleme Özellikleri		Deney Sonuçları	
Eksenel Yük	1,920 (kN)	V_{maks} (kN)	265
P-D	Kesilme sağlandı	M_{maks} (kNm)	457
L-Üst	0	Δ_y (mm)	9.59
L-Alt	0	Δ_{maks} (mm)	43.914
		Δ_y/Δ_{maks}	4.6
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri	
Çap	Köşe 16 (mm) Orta 16 (mm)	Kırılma Tipi	Eğilme
Adet	12	Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 16.4 (mm)
Dik yükleme	Paspayı : 13 (mm)		Belirgin Beton Dökülmesi: 24.6 (mm)
Paralel yükleme	Paspayı : 13 (mm)		Boyuna Donatı Burkulması: 41 (mm)
Donatı oranı	0.0151		Boyuna Donatı kırılması : 0 (mm)
			Spiral Kırılması: 0 (mm)
			Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)
Enine Donatı ve Yerleşimi		Boyutsuz Özellikleri	
Tip	RO (TİP7)		
Etriye Kol Sayısı	4		
Etriye Aralığı	Çap: 6 (mm) / Aralık: 94 (mm)		
Enine Donatı Oranı	0.006		
Kesme oranı	4		
Eksenel Yük düzeyi	0.3		

Çizelge A.7: Zahn et al. 1986, No. 7 Deney numunenin özellikleri [13]

Adı	Zahn et al. 1986, No. 7		
Kesit	Dikdörtgen		
Açıklama			
Malzeme Özellikleri		P-d	
Beton dayanımı	28.3 (MPa)		
Enine donatı	Grade : 380		
	Akma Dayanımı: 466 (MPa) Çekme Dayanım : 688 (MPa)		
Boyuna donatı	Grade: 380		
	Akma Dayanımı: 440 (MPa) Çekme Dayanımı : 674 (MPa)		
Geometri Özellikleri			
Kesit Boyutları	Genişlik:400 (mm) Derinlik:400 (mm)		
Uzunluk	L-Çekim: 1,600 (mm) Ölçülen:1,600 (mm)		
Test Düzeni	Çift Uçlu		
Yükleme Özellikleri			
Eksenel Yük	1,010 (kN)		
P-D	Kesilme sağlandı		
L-Üst	0		
L-Alt	0		
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Deney Sonuçları	
Çap	Köşe 16 (mm) Orta 16 (mm)	V_{maks} (kN)	213
Adet	12	M_{maks} (kNm)	398
Dik yükleme	Paspayı : 13 (mm)	Δ_y (mm)	11.88
Paralel yükleme	Paspayı : 13 (mm)	Δ_{maks} (mm)	97.008
Donatı oranı	0.0151	Δ_y/Δ_{maks}	8.2
Enine Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri	
Tip	RI (TİP3)	Kırılma Tipi	Eğilme
Etriye Kol Sayısı	4	Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 22 (mm)
Etriye Aralığı	Çap: 10 (mm) / Aralık: 117 (mm)		Belirgin Beton Dökülmesi: 0 (mm)
Enine Donatı Oranı	0.016		Boyuna Donatı Burkulması: 71 (mm)
Boyutsuz Özellikleri			Boyuna Donatı kırılması : 0 (mm)
Kesme oranı	4		Spiral Kırılması: 0 (mm)
Eksenel Yük düzeyi	0.223		Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)

Çizelge A.8: Zahn et al. 1986, No. 8 Deney numunenin özellikleri [13]

Adı	Zahn et al. 1986, No. 8		
Kesit	Dikdörtgen		
Açıklama			
Malzeme Özellikleri		P-d	
Beton dayanımı	40.1 (MPa)		
Enine donatı	Grade : 380		
	Akma Dayanımı: 466 (MPa) Çekme Dayanım : 688 (MPa)		
Boyuna donatı	Grade: 380		
	Akma Dayanımı: 440 (MPa) Çekme Dayanımı : 674 (MPa)		
Geometri Özellikleri			
Kesit Boyutları	Genişlik:400 (mm) Derinlik:400 (mm)		
Uzunluk	L-Çekim: 1,600 (mm) Ölçülen:1,600 (mm)		
Test Düzeni	Çift Uçlu		
Yükleme Özellikleri			
Eksenel Yük	2,502 (kN)		
P-D	Kesilme sağlandı		
L-Üst	0		
L-Alt	0		
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Deney Sonuçları	
Çap	Köşe 16 (mm) Orta 16 (mm)	V_{maks} (kN)	269
Adet	12	M_{maks} (kNm)	554
Dik yükleme	Paspayı : 13 (mm)	Δ_y (mm)	10.27
Paralel yükleme	Paspayı : 13 (mm)	Δ_{maks} (mm)	50.38
Donatı oranı	0.0151	Δ_y/Δ_{maks}	4.9
Enine Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri	
Tip	RI (TİP3)	Kırılma Tipi	Eğilme
Etriye Kol Sayısı	4	Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 17 (mm)
Etriye Aralığı	Çap: 10 (mm) / Aralık: 92 (mm)		Belirgin Beton Dökülmesi: 0 (mm)
Enine Donatı Oranı	0.02		Boyuna Donatı Burkulması: 50 (mm)
Boyutsuz Özellikleri			Boyuna Donatı kırılması : 0 (mm)
Kesme oranı	4		Spiral Kırılması: 0 (mm)
Eksenel Yük düzeyi	0.39	Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)	

Çizelge A.9: Tanaka and Park 1990, No. 1 Deney numunenin özellikleri [14]

Adı	Tanaka and Park 1990, No. 1		
Kesit	Dikdörtgen		
Açıklama			
Malzeme Özellikleri		P-d	
Beton dayanımı	25.6 (MPa)		
Enine donatı	Grade : 380		
	Akma Dayanımı: 333 (MPa) Çekme Dayanım : 481 (MPa)		
Boyuna donatı	Grade: 380		
	Akma Dayanımı: 474 (MPa) Çekme Dayanımı : 721 (MPa)		
Geometri Özellikleri			
Kesit Boyutları	Genişlik:400 (mm) Derinlik:400 (mm)		
Uzunluk	L-Çekim: 1,600 (mm) Ölçülen:1,600 (mm)		
Test Düzeni	Çift Uçlu		
Yükleme Özellikleri			
Eksenel Yük	819 (kN)		
P-D	Kesilme sağlandı		
L-Üst L-Alt	0		
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Deney Sonuçları	
Çap	Köşe 20 (mm) Orta 20 (mm)	V_{maks} (kN)	167
Adet	8	M_{maks} (kNm)	290
Dik yükleme	Paspayı : 40 (mm)	Δ_y (mm)	13.81
Paralel yükleme	Paspayı : 40 (mm)	Δ_{maks} (mm)	129.5
Donatı oranı	0.0151	Δ_y/Δ_{maks}	9.4
Enine Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri	
Tip	RJ (TİP5)	Kırılma Tipi	Eğilme
Etriye Kol Sayısı	3	Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 20 (mm)
Etriye Aralığı	Çap: 12 (mm) / Aralık: 80 (mm)		Belirgin Beton Dökülmesi: 40 (mm)
Enine Donatı Oranı	0.025		Boyuna Donatı Burkulması: 120 (mm)
Boyutsuz Özellikleri			Boyuna Donatı kırılması : 0 (mm)
Kesme oranı	4		Spiral Kırılması: 0 (mm)
Eksenel Yük düzeyi	0.2		Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)

Çizelge A.10: Tanaka and Park 1990, No. 2 Deney numunenin özellikleri [14]

Adı	Tanaka and Park 1990, No. 2		
Kesit	Dikdörtgen		
Açıklama			
Malzeme Özellikleri		P-d	
Beton dayanımı	25.6 (MPa)		
Enine donatı	Grade : 380		
	Akma Dayanımı: 333 (MPa) Çekme Dayanım : 481 (MPa)		
Boyuna donatı	Grade: 380		
	Akma Dayanımı: 474 (MPa) Çekme Dayanımı : 721 (MPa)		
Geometri Özellikleri			
Kesit Boyutları	Genişlik:400 (mm) Derinlik:400 (mm)		
Uzunluk	L-Çekim: 1,600 (mm) Ölçülen:1,600 (mm)		
Test Düzeni	Çift Uçlu		
Yükleme Özellikleri			
Eksenel Yük	819 (kN)		
P-D	Kesilme sağlandı		
L-Üst	0		
L-Alt	0		
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Deney Sonuçları	
Çap	Köşe 20 (mm) Orta 20 (mm)	V_{maks} (kN)	168
Adet	8	M_{maks} (kNm)	291
Dik yükleme	Paspayı : 40 (mm)	Δ_y (mm)	13.04
Paralel yükleme	Paspayı : 40 (mm)	Δ_{maks} (mm)	129.33
Donatı oranı	0.0157	Δ_y/Δ_{maks}	9.9
Enine Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri	
Tip	RJ (TİP5)	Kırılma Tipi	Eğilme
Etriye Kol Sayısı	3	Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 18 (mm)
Etriye Aralığı	Çap: 12 (mm) / Aralık: 80 (mm)		Belirgin Beton Dökülmesi: 34 (mm)
Enine Donatı Oranı	0.025		Boyuna Donatı Burkulması: 87.2 (mm)
Boyutsuz Özellikleri			Boyuna Donatı kırılması : 0 (mm)
Kesme oranı	4		Spiral Kırılması: 65.4 (mm)
Eksenel Yük düzeyi	0.2		Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)

Çizelge A.11: Tanaka and Park 1990, No. 3 Deney numunenin özellikleri [14]

Adı	Tanaka and Park 1990, No. 3		
Kesit	Dikdörtgen		
Açıklama			
Malzeme Özellikleri		P-d	
Beton dayanımı	25.6 (MPa)		
Enine donatı	Grade : 380		
	Akma Dayanımı: 333 (MPa) Çekme Dayanım : 481 (MPa)		
Boyuna donatı	Grade: 380		
	Akma Dayanımı: 474 (MPa) Çekme Dayanımı : 721 (MPa)		
Geometri Özellikleri			
Kesit Boyutları	Genişlik:400 (mm) Derinlik:400 (mm)		
Uzunluk	L-Çekim: 1,600 (mm) Ölçülen:1,600 (mm)		
Test Düzeni	Çift Uçlu		
Yükleme Özellikleri			
Eksenel Yük	819 (kN)		
P-D	Kesilme sağlandı		
L-Üst	0		
L-Alt	0		
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Deney Sonuçları	
Çap	Köşe 20 (mm) Orta 20 (mm)	V_{maks} (kN)	175
Adet	8	M_{maks} (kNm)	302
Dik yükleme	Paspayı : 40 (mm)	Δ_y (mm)	11.37
Paralel yükleme	Paspayı : 40 (mm)	Δ_{maks} (mm)	74.3
Donatı oranı	0.0157	Δ_y/Δ_{maks}	6.5
Enine Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri	
Tip	RJ (TİP5)	Kırılma Tipi	Eğilme
Etriye Kol Sayısı	3	Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 16 (mm)
Etriye Aralığı	Çap: 12 (mm) / Aralık: 80 (mm)		Belirgin Beton Dökülmesi: 34 (mm)
Enine Donatı Oranı	0.025		Boyuna Donatı Burkulması: 59 (mm)
Boyutsuz Özellikleri			Boyuna Donatı kırılması : 0 (mm)
Kesme oranı	4		Spiral Kırılması: 46 (mm)
Eksenel Yük düzeyi	0.2		Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)

Çizelge A.12: Tanaka and Park 1990, No. 4 Deney numunenin özellikleri [14]

Adı	Tanaka and Park 1990, No. 4		
Kesit	Dikdörtgen		
Açıklama			
Malzeme Özellikleri		P-d	
Beton dayanımı	25.6 (MPa)		
Enine donatı	Grade : 380		
	Akma Dayanımı: 333 (MPa) Çekme Dayanım : 481 (MPa)		
Boyuna donatı	Grade: 380		
	Akma Dayanımı: 474 (MPa) Çekme Dayanımı : 721 (MPa)		
Geometri Özellikleri			
Kesit Boyutları	Genişlik:400 (mm) Derinlik:400 (mm)		
Uzunluk	L-Çekim: 1,600 (mm) Ölçülen:1,600 (mm)		
Test Düzeni	Çift Uçlu		
Yükleme Özellikleri			
Eksenel Yük	819 (kN)		
P-D	Kesilme sağlandı		
L-Üst	0		
L-Alt	0		
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Deney Sonuçları	
Çap	Köşe 20 (mm) Orta 20 (mm)	V_{maks} (kN)	170
Adet	8	M_{maks} (kNm)	292
Dik yükleme	Paspayı : 40 (mm)	Δ_y (mm)	12.35
Paralel yükleme	Paspayı : 40 (mm)	Δ_{maks} (mm)	117.97
Donatı oranı	0.0157	Δ_y/Δ_{maks}	9.6
Enine Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri	
Tip	RJ (TİP5)	Kırılma Tipi	Eğilme
Etriye Kol Sayısı	3	Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 16 (mm)
Etriye Aralığı	Çap: 12 (mm) / Aralık: 80 (mm)		Belirgin Beton Dökülmesi: 32 (mm)
Enine Donatı Oranı	0.025		Boyuna Donatı Burkulması: 80 (mm)
Boyutsuz Özellikleri			Boyuna Donatı kırılması : 0 (mm)
Kesme oranı	4		Spiral Kırılması: 0 (mm)
Eksenel Yük düzeyi	0.2	Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)	

Çizelge A.13: Tanaka and Park 1990, No. 5 Deney numunenin özellikleri [14]

Adı	Tanaka and Park 1990, No. 5				
Kesit	Dikdörtgen				
Açıklama					
Malzeme Özellikleri		P-d			
Beton dayanımı	32 (MPa)				
Enine donatı	Grade : 380				
	Akma Dayanımı: 325 (MPa) Çekme Dayanım : 429 (MPa)				
Boyuna donatı	Grade: 380				
	Akma Dayanımı: 511 (MPa) Çekme Dayanımı : 675 (MPa)				
Geometri Özellikleri					
Kesit Boyutları	Genişlik:550 (mm) Derinlik:550 (mm)				
Uzunluk	L-Çekim: 1,650 (mm) Ölçülen:1,650 (mm)				
Test Düzeni	Konsol				
Yükleme Özellikleri					
Eksenel Yük	968 (kN)				
P-D	Kesilme sağlandı				
L-Üst	0				
L-Alt	0				
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Deney Sonuçları			
Çap	Köşe 20 (mm) Orta 20 (mm)		V_{maks} (kN)	386	
Adet	12		M_{maks} (kNm)	704	
Dik yükleme	Paspayı : 40 (mm)		Δ_y (mm)	13.55	
Paralel yükleme	Paspayı : 40 (mm)		Δ_{maks} (mm)	74.3	
Donatı oranı	0.0125		Δ_y/Δ_{maks}	5.5	
Enine Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri			
Tip	RJ (TIP5)		Kırılma Tipi	Eğilme	
Etriye Kol Sayısı	4		Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 22 (mm)	
Etriye Aralığı	Çap: 12 (mm) / Aralık: 110 (mm)			Belirgin Beton Dökülmesi: 46 (mm)	
Enine Donatı Oranı	0.017			Boyuna Donatı Burkulması: 73.8 (mm)	
Boyutsuz Özellikleri					
Kesme oranı	3			Boyuna Donatı kırılması : 0 (mm)	
Eksenel Yük düzeyi	0.1		Spiral Kırılması: 0 (mm)		
				Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)	

Çizelge A.14: Tanaka and Park 1990, No. 6 Deney numunenin özellikleri [14]

Adı	Tanaka and Park 1990, No. 6		
Kesit	Dikdörtgen		
Açıklama			
Malzeme Özellikleri		P-d	
Beton dayanımı	32 (MPa)		
Enine donatı	Grade : 380		
	Akma Dayanımı: 325 (MPa) Çekme Dayanım : 429 (MPa)		
Boyuna donatı	Grade: 380		
	Akma Dayanımı: 511 (MPa) Çekme Dayanımı : 675 (MPa)		
Geometri Özellikleri			
Kesit Boyutları	Genişlik:550 (mm) Derinlik:550 (mm)		
Uzunluk	L-Çekim: 1,650 (mm) Ölçülen:1,650 (mm)		
Test Düzeni	Konsol		
Yükleme Özellikleri		Deney Sonuçları	
Eksenel Yük	968 (kN)	V_{maks} (kN)	409
P-D	Kesilme sağlandı	M_{maks} (kNm)	717
L-Üst	0	Δ_y (mm)	11.96
L-Alt	0	Δ_{maks} (mm)	112.32
		Δ_y/Δ_{maks}	9.4
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri	
Çap	Köşe 20 (mm) Orta 20 (mm)	Kırılma Tipi	Eğilme
Adet	12	Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 19 (mm)
Dik yükleme	Paspayı : 40 (mm)		Belirgin Beton Dökülmesi: 32 (mm)
Paralel yükleme	Paspayı : 40 (mm)		Boyuna Donatı Burkulması: 67.2 (mm)
Donatı oranı	0.0125		Boyuna Donatı kırılması : 0 (mm)
			Spiral Kırılması: 0 (mm)
		Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)	
Enine Donatı ve Yerleşimi			
Tip	RU (TİP4)		
Etriye Kol Sayısı	4		
Etriye Aralığı	Çap: 12 (mm) / Aralık: 110 (mm)		
Enine Donatı Oranı	0.017		
Boyutsuz Özellikleri			
Kesme oranı	3		
Eksenel Yük düzeyi	0.1		

Çizelge A.15: Tanaka and Park 1990, No. 7 Deney numunenin özellikleri [14]

Adı	Tanaka and Park 1990, No. 7			
Kesit	Dikdörtgen			
Açıklama				
Malzeme Özellikleri		P-d		
Beton dayanımı	32.1 (MPa)			
Enine donatı	Grade : 380			
	Akma Dayanımı: 325 (MPa) Çekme Dayanım : 429 (MPa)			
Boyuna donatı	Grade: 380			
	Akma Dayanımı: 511 (MPa) Çekme Dayanımı : 675 (MPa)			
Geometri Özellikleri				
Kesit Boyutları	Genişlik:550 (mm) Derinlik:550 (mm)			
Uzunluk	L-Çekim: 1,650 (mm) Ölçülen:1,650 (mm)			
Test Düzeni	Konsol			
Yükleme Özellikleri				
Eksenel Yük	2,913 (kN)			
P-D	Kesilme sağlandı			
L-Üst	0			
L-Alt	0			
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Deney Sonuçları		
Çap	Köşe 20 (mm) Orta 20 (mm)		V_{maks} (kN)	588
Adet	12		M_{maks} (kNm)	1070
Dik yükleme	Paspayı : 40 (mm)		Δ_y (mm)	9.68
Paralel yükleme	Paspayı : 40 (mm)		Δ_{maks} (mm)	82.93
Donatı oranı	0.0125		Δ_y/Δ_{maks}	8.6
Enine Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri		
Tip	RJ (TIP5)		Kırılma Tipi	Eğilme
Etriye Kol Sayısı	4		Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 19 (mm)
Etriye Aralığı	Çap: 12 (mm) / Aralık: 90 (mm)			Belirgin Beton Dökülmesi: 29 (mm)
Enine Donatı Oranı	0.021			Boyuna Donatı Burkulması: 82.4 (mm)
Boyutsuz Özellikleri				
Kesme oranı	3			Boyuna Donatı kırılması : 0 (mm)
Eksenel Yük düzeyi	0.3		Spiral Kırılması: 82.4 (mm)	
			Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)	

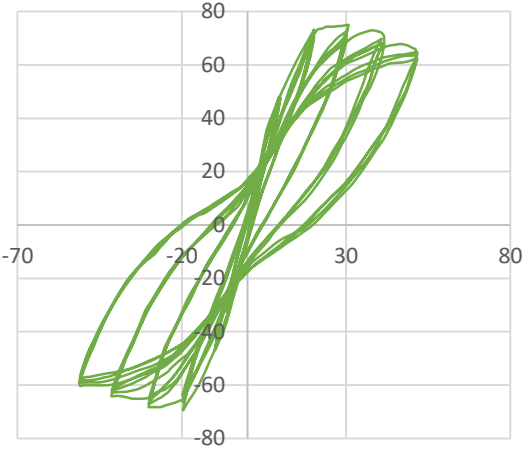
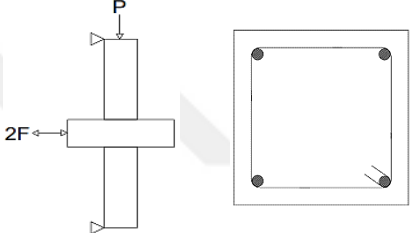
Çizelge A.16: Tanaka and Park 1990, No. 8 Deney numunenin özellikleri [14]

Adı	Tanaka and Park 1990, No. 8				
Kesit	Dikdörtgen				
Açıklama					
Malzeme Özellikleri		P-d			
Beton dayanımı	32.1 (MPa)				
Enine donatı	Grade : 380				
	Akma Dayanımı: 325 (MPa) Çekme Dayanım : 429 (MPa)				
Boyuna donatı	Grade: 380				
	Akma Dayanımı: 511 (MPa) Çekme Dayanımı : 675 (MPa)				
Geometri Özellikleri					
Kesit Boyutları	Genişlik:550 (mm) Derinlik:550 (mm)				
Uzunluk	L-Çekim: 1,650 (mm) Ölçülen:1,650 (mm)				
Test Düzeni	Konsol				
Yükleme Özellikleri					
Eksenel Yük	2,913 (kN)				
P-D	Kesilme sağlandı				
L-Üst	0				
L-Alt	0				
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Deney Sonuçları			
Çap	Köşe 20 (mm) Orta 20 (mm)		V_{maks} (kN)	619	
Adet	12		M_{maks} (kNm)	1090	
Dik yükleme	Paspayı : 40 (mm)		Δ_y (mm)	8.39	
Paralel yükleme	Paspayı : 40 (mm)		Δ_{maks} (mm)	85.8	
Donatı oranı	0.0125		Δ_y/Δ_{maks}	10.2	
Enine Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri			
Tip	RU (TİP4)		Kırılma Tipi	Eğilme	
Etriye Kol Sayısı	4		Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 13 (mm)	
Etriye Aralığı	Çap: 12 (mm) / Aralık: 90 (mm)			Belirgin Beton Dökülmesi: 25 (mm)	
Enine Donatı Oranı	0.021			Boyuna Donatı Burkulması: 78 (mm)	
Boyutsuz Özellikleri					
Kesme oranı	3			Boyuna Donatı kırılması : 0 (mm)	
Eksenel Yük düzeyi	0.3		Spiral Kırılması: 0 (mm)		
				Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)	

Çizelge A.17: Park and Paulay 1990, No. 9 Deney numunenin özellikleri [15]

Adı	Park and Paulay 1990, No. 9		
Kesit	Dikdörtgen		
Açıklama			
Malzeme Özellikleri		P-d	
Beton dayanımı	26.9 (MPa)		
Enine donatı	Grade : 380		
	Akma Dayanımı: 305 (MPa) Çekme Dayanım : 0 (MPa)		
Boyuna donatı	Grade: 380		
	Akma Dayanımı: 432 (MPa) Çekme Dayanımı : 0 (MPa)		
Geometri Özellikleri			
Kesit Boyutları	Genişlik:400 (mm) Derinlik:600 (mm)		
Uzunluk	L-Çekim: 1,784(mm) Ölçülen: 1,784 (mm)		
Test Düzeni	Konsol		
Yükleme Özellikleri		Deney Sonuçları	
Eksenel Yük	646 (kN)	V_{maks} (kN)	393
P-D	Kesilme sağlandı	M_{maks} (kNm)	727
L-Üst	0	Δ_y (mm)	10.71
L-Alt	0	Δ_{maks} (mm)	105.11
		Δ_y/Δ_{maks}	9.8
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri	
Çap	Köşe 24 (mm) Orta 24 (mm)	Kırılma Tipi	Eğilme
Adet	10	Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 0 (mm)
Dik yükleme	Paspayı : 24 (mm)		Belirgin Beton Dökülmesi: 0 (mm)
Paralel yükleme	Paspayı : 24 (mm)		Boyuna Donatı Burkulması: 84 (mm)
Donatı oranı	0.0188		Boyuna Donatı kırılması : 0 (mm)
			Spiral Kırılması: 0 (mm)
			Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)
Enine Donatı ve Yerleşimi		Boyutsuz Özellikleri	
Tip	RIJ (TİP8)	Kesme oranı	2.97
Etriye Kol Sayısı	3	Eksenel Yük düzeyi	0.1
Etriye Aralığı	Çap: 12 (mm) / Aralık: 80 (mm)		
Enine Donatı Oranı	0.022		

Çizelge A.18: Atalay and Penzien 1975, No. 6S1 Deney numuneninin özellikleri [16]

Adı	Atalay and Penzien 1975, No. 6S1					
Kesit	Dikdörtgen					
Açıklama						
Malzeme Özellikleri		P-d				
Beton dayanımı	31.8 (MPa)					
Enine donatı	Grade : 275					
	Akma Dayanımı: 392 (MPa) Çekme Dayanım : 530 (MPa)					
Boyuna donatı	Grade: 275					
	Akma Dayanımı: 429 (MPa) Çekme Dayanımı : 657 (MPa)					
Geometri Özellikleri						
Kesit Boyutları	Genişlik:305 (mm) Derinlik:305 (mm)					
Uzunluk	L-Çekim: 1,676 (mm) Ölçülen: 1,676 (mm)					
Test Düzeni	Çift Uçlu					
Yükleme Özellikleri						
Eksenel Yük	534 (kN)					
P-D	Kesilme sağlandı					
L-Üst	0					
L-Alt	0					
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Deney Sonuçları				
Çap	Köşe 22 (mm) Orta 22 (mm)	V_{maks} (kN)	75			
Adet	4	M_{maks} (kNm)	143			
Dik yükleme	Paspayı : 32 (mm)	Δ_y (mm)	18.97			
Paralel yükleme	Paspayı : 32 (mm)	Δ_{maks} (mm)	51.69			
Donatı oranı	0.0163	Δ_y/Δ_{maks}	2.7			
Enine Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri				
Tip	R (TİP 2)	Kırılma Tipi	Eğilme			
Etriye Kol Sayısı	2	Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 61 (mm)			
Etriye Aralığı	Çap: 9.5 (mm) / Aralık: 127 (mm)		Belirgin Beton Dökülmesi: 0 (mm)			
Enine Donatı Oranı	0.009		Boyuna Donatı Burkulması: 81.3 (mm)			
Boyutsuz Özellikleri			Boyuna Donatı kırılması : 0 (mm)			
Kesme oranı	5.5		Spiral Kırılması: 0 (mm)			
Eksenel Yük düzeyi	0.181	Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)				

Çizelge A.19: Wehbe et al. 1998, A1 Deney numunenin özellikleri [17]

Adı	Wehbe et al. 1998, A1			
Kesit	Dikdörtgen			
Açıklama	Düzensiz bağ konfigürasyonu #3 yüke dikey çapraz bağlar.			
Malzeme Özellikleri		P-d		
Beton dayanımı	27.2 (MPa)			
Enine donatı	Grade :			
	Akma Dayanımı: 428 (MPa) Çekme Dayanım : 738 (MPa)			
Boyuna donatı	Grade:			
	Akma Dayanımı: 448 (MPa) Çekme Dayanımı : 731 (MPa)			
Geometri Özellikleri				
Kesit Boyutları	Genişlik: 380 (mm) Derinlik: 610(mm)			
Uzunluk	L-Çekim: 2,335 (mm) Ölçülen: 2,335 (mm)			
Test Düzeni	Konsol			
Yükleme Özellikleri				
Eksenel Yük	615 (kN)			
P-D	Sağlanan feff			
L-Üst	0			
L-Alt	0			
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Deney Sonuçları		
Çap	Köşe 19.1 (mm) Orta 19.1(mm)		V_{maks} (kN)	337
Adet	18		M_{maks} (kNm)	860
Dik yükleme	Paspayı : 28 (mm)		Δ_y (mm)	23.58
Paralel yükleme	Paspayı : 28 (mm)		Δ_{maks} (mm)	162.89
Donatı oranı	0.0222		Δ_y/Δ_{maks}	6.9
Enine Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri		
Tip	RJ (TIP5)		Kırılma Tipi	Eğilme
Etriye Kol Sayısı	4		Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 47 (mm)
Etriye Aralığı	Çap: 6 (mm) / Aralık: 110 (mm)			Belirgin Beton Dökülmesi: 0 (mm)
Enine Donatı Oranı	0.004			Boyuna Donatı Burkulması: 122 (mm)
Boyutsuz Özellikleri				
Kesme oranı	3.83			Boyuna Donatı kırılması : 0 (mm)
Eksenel Yük düzeyi	0.098		Spiral Kırılması: 122 (mm)	
		Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 163 (mm)		

Çizelge A.20: Wehbe et al. 1998, A2 Deney numunenin özellikleri [17]

Adı	Wehbe et al. 1998, A2			
Kesit	Dikdörtgen			
Açıklama	Düzensiz bağ konfigürasyonu #3 yüke dikey çapraz bağlar.			
Malzeme Özellikleri		P-d		
Beton dayanımı	27.2 (MPa)			
Enine donatı	Grade :			
	Akma Dayanımı: 428 (MPa) Çekme Dayanım : 738 (MPa)			
Boyuna donatı	Grade:			
	Akma Dayanımı: 448 (MPa) Çekme Dayanımı : 731 (MPa)			
Geometri Özellikleri				
Kesit Boyutları	Genişlik: 380 (mm) Derinlik: 610(mm)			
Uzunluk	L-Çekim: 2,335 (mm) Ölçülen: 2,335 (mm)			
Test Düzeni	Konsol			
Yükleme Özellikleri				
Eksenel Yük	1,505 (kN)			
P-D	Sağlanan feff			
L-Üst	0			
L-Alt	0			
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Deney Sonuçları		
Çap	Köşe 19.1 (mm) Orta 19.1(mm)		V_{maks} (kN)	363
Adet	18		M_{maks} (kNm)	935
Dik yükleme	Paspayı : 28 (mm)		Δ_y (mm)	22
Paralel yükleme	Paspayı : 28 (mm)		Δ_{maks} (mm)	121.95
Donatı oranı	0.0222		Δ_y/Δ_{maks}	5.5
Enine Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri		
Tip	RJ (TIP5)		Kırılma Tipi	Eğilme
Etriye Kol Sayısı	4		Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 40 (mm)
Etriye Aralığı	Çap: 6 (mm) / Aralık: 110 (mm)			Belirgin Beton Dökülmesi: 0 (mm)
Enine Donatı Oranı	0.004			Boyuna Donatı Burkulması: 102 (mm)
Boyutsuz Özellikleri		Boyuna Donatı kırılması : 0 (mm)		
Kesme oranı	3.83			Spiral Kırılması: 102 (mm)
Eksenel Yük düzeyi	0.098		Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 121 (mm)	

Çizelge A.21: Wehbe et al. 1998, B1 Deney numunenin özellikleri [17]

Adı	Wehbe et al. 1998, B1				
Kesit	Dikdörtgen				
Açıklama	Düzensiz bağ konfigürasyonu #3 yüke dikey çapraz bağlar.				
Malzeme Özellikleri		P-d			
Beton dayanımı	28.1 (MPa)				
Enine donatı	Grade :				
	Akma Dayanımı: 428 (MPa) Çekme Dayanım : 738 (MPa)				
Boyuna donatı	Grade:				
	Akma Dayanımı: 448 (MPa) Çekme Dayanımı : 731 (MPa)				
Geometri Özellikleri					
Kesit Boyutları	Genişlik: 380 (mm) Derinlik: 610(mm)				
Uzunluk	L-Çekim: 2,335 (mm) Ölçülen: 2,335 (mm)				
Test Düzeni	Konsol				
Yükleme Özellikleri					
Eksenel Yük	601 (kN)				
P-D	Sağlanan feff				
L-Üst	0				
L-Alt	0				
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Deney Sonuçları			
Çap	Köşe 19.1 (mm) Orta 19.1(mm)		V_{maks} (kN)	346	
Adet	18		M_{maks} (kNm)	887	
Dik yükleme	Paspayı : 25(mm)		Δ_y (mm)	27.31	
Paralel yükleme	Paspayı : 25(mm)		Δ_{maks} (mm)	183.7	
Donatı oranı	0.0222		Δ_y/Δ_{maks}	6.7	
Enine Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri			
Tip	RJ (TIP5)		Kırılma Tipi	Eğilme	
Etriye Kol Sayısı	4		Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 47 (mm)	
Etriye Aralığı	Çap: 6 (mm) / Aralık: 83 (mm)			Belirgin Beton Dökülmesi: 0 (mm)	
Enine Donatı Oranı	0.005			Boyuna Donatı Burkulması: 160 (mm)	
Boyutsuz Özellikleri					
Kesme oranı	3.83			Boyuna Donatı kırılması : 0 (mm)	
Eksenel Yük düzeyi	0.092		Spiral Kırılması: 138 (mm)		
				Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 185 (mm)	

Çizelge A.22: Wehbe et al. 1998, B2 Deney numunenin özellikleri [17]

Adı	Wehbe et al. 1998, B2			
Kesit	Dikdörtgen			
Açıklama	Düzensiz bağ konfigürasyonu #3 yüke dikey çapraz bağlar.			
Malzeme Özellikleri		P-d		
Beton dayanımı	28.1 (MPa)			
Enine donatı	Grade :			
	Akma Dayanımı: 428 (MPa) Çekme Dayanım : 738 (MPa)			
Boyuna donatı	Grade:			
	Akma Dayanımı: 448 (MPa) Çekme Dayanımı : 731 (MPa)			
Geometri Özellikleri				
Kesit Boyutları	Genişlik: 380 (mm) Derinlik: 610(mm)			
Uzunluk	L-Çekim: 2,335 (mm) Ölçülen: 2,335 (mm)			
Test Düzeni	Konsol			
Yükleme Özellikleri				
Eksenel Yük	1,514 (kN)			
P-D	Sağlanan feff			
L-Üst	0			
L-Alt	0			
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Deney Sonuçları		
Çap	Köşe 19.1 (mm) Orta 19.1(mm)		V_{maks} (kN)	372
Adet	18		M_{maks} (kNm)	991
Dik yükleme	Paspayı : 25(mm)		Δ_y (mm)	26.86
Paralel yükleme	Paspayı : 25(mm)		Δ_{maks} (mm)	151.15
Donatı oranı	0.0222		Δ_y/Δ_{maks}	5.6
Enine Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri		
Tip	RJ (TIP5)		Kırılma Tipi	Eğilme
Etriye Kol Sayısı	4		Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 0 (mm)
Etriye Aralığı	Çap: 6 (mm) / Aralık: 83 (mm)			Belirgin Beton Dökülmesi: 0 (mm)
Enine Donatı Oranı	0.005			Boyuna Donatı Burkulması: 128 (mm)
Boyutsuz Özellikleri		Boyuna Donatı kırılması : 0 (mm)		
Kesme oranı	3.83		Spiral Kırılması: 128 (mm)	
Eksenel Yük düzeyi	0.232		Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 150 (mm)	

Çizelge A.23: Nosho et al. 1996, No. 1 Deney numunenin özellikleri [18]

Adı	Nosho et al. 1996, No. 1		
Kesit	Dikdörtgen		
Açıklama			
Malzeme Özellikleri		P-d	
Beton dayanımı	40.6 (MPa)		
Enine donatı	Grade :		
	Akma Dayanımı: 351 (MPa) Çekme Dayanım : 390 (MPa)		
Boyuna donatı	Grade: 275		
	Akma Dayanımı: 407 (MPa) Çekme Dayanımı : 659 (MPa)		
Geometri Özellikleri			
Kesit Boyutları	Genişlik: 279.4 (mm) Derinlik: 279.4 (mm)		
Uzunluk	L-Çekim: 2,134 (mm) Ölçülen: 2,134 (mm)		
Test Düzeni	Konsol		
Yükleme Özellikleri		Deney Sonuçları	
Eksenel Yük	1,076 (kN)	V_{maks} (kN)	42
P-D	P Ram dönüşü azalır V	M_{maks} (kNm)	121
L-Üst	229	Δ_y (mm)	24.19
L-Alt	381	Δ_{maks} (mm)	34.68
		Δ_y/Δ_{maks}	1.4
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri	
Çap	Köşe 15.9 (mm) Orta 15.9 (mm)	Kırılma Tipi	Eğilme
Adet	4	Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 21.3 (mm)
Dik yükleme	Paspayı : 25.4(mm)		Belirgin Beton Dökülmesi: 37 (mm)
Paralel yükleme	Paspayı : 25.4(mm)		Boyuna Donatı Burkulması: 37.3 (mm)
Donatı oranı	0.0101		Boyuna Donatı kırılması : 0 (mm)
			Spiral Kırılması: 0 (mm)
			Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)
Enine Donatı ve Yerleşimi			
Tip	R (TIP 2)		
Etriye Kol Sayısı	4		
Etriye Aralığı	Çap: 6.3(mm) / Aralık: 228.6 (mm)		
Enine Donatı Oranı	0		
Boyutsuz Özellikleri			
Kesme oranı	7.64		
Eksenel Yük düzeyi	0.339		

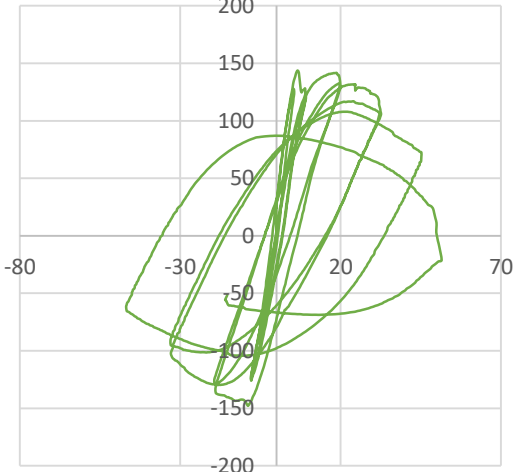
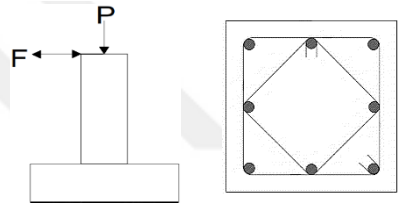
Çizelge A.24: Bayrak and Sheikh 1996, ES-1HT Deney numunenin özellikleri [19]

Adı	Bayrak and Sheikh 1996, ES-1HT			
Kesit	Dikdörtgen			
Açıklama				
Malzeme Özellikleri		P-d		
Beton dayanımı	72.1 (MPa)			
Enine donatı	Grade :			
	Akma Dayanımı: 463 (MPa) Çekme Dayanım : 648(MPa)			
Boyuna donatı	Grade:			
	Akma Dayanımı: 454(MPa) Çekme Dayanımı : 700 (MPa)			
Geometri Özellikleri				
Kesit Boyutları	Genişlik: 305 (mm) Derinlik: 305 (mm)			
Uzunluk	L-Çekim: 1,842 (mm) Ölçülen: 1,842 (mm)			
Test Düzeni	Konsol			
Yükleme Özellikleri				
Eksenel Yük	3,354 (kN)			
P-D	P Ram dönüşü azalır V			
L-Üst	0			
L-Alt	1208			
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Deney Sonuçları		
Çap	Köşe 19.5 (mm) Orta 19.5 (mm)		V_{maks} (kN)	124
Adet	8		M_{maks} (kNm)	290
Dik yükleme	Paspayı : 11.5 (mm)		Δ_y (mm)	6.62
Paralel yükleme	Paspayı : 11.5 (mm)		Δ_{maks} (mm)	36.27
Donatı oranı	0.0258		Δ_y/Δ_{maks}	5.5
Enine Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri		
Tip	R (TIP 2)		Kırılma Tipi	Eğilme
Etriye Kol Sayısı	2		Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 7 (mm)
Etriye Aralığı	Çap: 16 (mm) / Aralık: 95 (mm)			Belirgin Beton Dökülmesi: 0 (mm)
Enine Donatı Oranı	0.032			Boyuna Donatı Burkulması 37 (mm)
Boyutsuz Özellikleri				
Kesme oranı	6.04			Boyuna Donatı kırılması : 0 (mm)
Eksenel Yük düzeyi	0.5		Spiral Kırılması: 0 (mm)	
		Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)		

Çizelge A.25: Bayrak and Sheikh 1996, AS-2HT Deney numuneninin özellikleri [19]

Adı	Bayrak and Sheikh 1996, AS-2HT			
Kesit	Dikdörtgen			
Açıklama				
Malzeme Özellikleri		P-d		
Beton dayanımı	71.7 (MPa)			
Enine donatı	Grade :			
	Akma Dayanımı: 542 (MPa) Çekme Dayanım : 683 (MPa)			
Boyuna donatı	Grade:			
	Akma Dayanımı: 454(MPa) Çekme Dayanımı : 700 (MPa)			
Geometri Özellikleri				
Kesit Boyutları	Genişlik: 305 (mm) Derinlik: 305 (mm)			
Uzunluk	L-Çekim: 1,842 (mm) Ölçülen: 1,842 (mm)			
Test Düzeni	Konsol			
Yükleme Özellikleri				
Eksenel Yük	2,401 (kN)			
P-D	P Ram dönüşü azalır V			
L-Üst	0			
L-Alt	1208			
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Deney Sonuçları		
Çap	Köşe 19.5 (mm) Orta 19.5 (mm)		V_{maks} (kN)	140
Adet	8		M_{maks} (kNm)	300
Dik yükleme	Paspayı : 14 (mm)		Δ_y (mm)	7.72
Paralel yükleme	Paspayı : 14 (mm)		Δ_{maks} (mm)	99.68
Donatı oranı	0.0258		Δ_y/Δ_{maks}	12.9
Enine Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri		
Tip	RD (TİP 6)		Kırılma Tipi	Eğilme
Etriye Kol Sayısı	3.4		Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 9 (mm)
Etriye Aralığı	Çap: 11.3(mm) / Aralık: 90(mm)			Belirgin Beton Dökülmesi: 0 (mm)
Enine Donatı Oranı	0.028			Boyuna Donatı Burkulması 73 (mm)
Boyutsuz Özellikleri				
Kesme oranı	6.04			Boyuna Donatı kırılması : 0 (mm)
Eksenel Yük düzeyi	0.36		Spiral Kırılması: 0 (mm)	
		Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)		

Çizelge A.26: Bayrak and Sheikh 1996, AS-3HT Deney numuneninin özellikleri [19]

Adı	Bayrak and Sheikh 1996, AS-3HT			
Kesit	Dikdörtgen			
Açıklama				
Malzeme Özellikleri		P-d		
Beton dayanımı	71.8 (MPa)			
Enine donatı	Grade :			
	Akma Dayanımı: 542 (MPa) Çekme Dayanım : 683 (MPa)			
Boyuna donatı	Grade:			
	Akma Dayanımı: 454(MPa) Çekme Dayanımı : 700 (MPa)			
Geometri Özellikleri				
Kesit Boyutları	Genişlik: 305 (mm) Derinlik: 305 (mm)			
Uzunluk	L-Çekim: 1,842 (mm) Ölçülen: 1,842 (mm)			
Test Düzeni	Konsol			
Yükleme Özellikleri				
Eksenel Yük	3,340 (kN)			
P-D	P Ram dönüşü azalır V			
L-Üst	0			
L-Alt	1208			
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Deney Sonuçları		
Çap	Köşe 19.5 (mm) Orta 19.5 (mm)	V_{maks} (kN)	135	
Adet	8	M_{maks} (kNm)	296	
Dik yükleme	Paspayı : 14 (mm)	Δ_y (mm)	6.48	
Paralel yükleme	Paspayı : 14 (mm)	Δ_{maks} (mm)	51.52	
Donatı oranı	0.0258	Δ_y/Δ_{maks}	8.0	
Enine Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri		
Tip	RD (TİP 6)	Kırılma Tipi	Eğilme	
Etriye Kol Sayısı	3.4	Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 7(mm)	
Etriye Aralığı	Çap: 11.3 (mm) / Aralık: 90 (mm)		Belirgin Beton Dökülmesi: 0 (mm)	
Enine Donatı Oranı	0.028		Boyuna Donatı Burkulması 48 (mm)	
Boyutsuz Özellikleri			Boyuna Donatı kırılması : 0 (mm)	
Kesme oranı	6.04		Spiral Kırılması: 0 (mm)	
Eksenel Yük düzeyi	0.5	Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)		

Çizelge A.27: Bayrak and Sheikh 1996, AS-4HTDeney numunenin özellikleri [19]

Adı	Bayrak and Sheikh 1996, AS-4HT			
Kesit	Dikdörtgen			
Açıklama				
Malzeme Özellikleri		P-d		
Beton dayanımı	71.9 (MPa)			
Enine donatı	Grade :			
	Akma Dayanımı: 463 (MPa) Çekme Dayanım : 648 (MPa)			
Boyuna donatı	Grade:			
	Akma Dayanımı: 454 (MPa) Çekme Dayanımı : 700 (MPa)			
Geometri Özellikleri				
Kesit Boyutları	Genişlik: 305 (mm) Derinlik: 305 (mm)			
Uzunluk	L-Çekim: 1,842 (mm) Ölçülen: 1,842 (mm)			
Test Düzeni	Konsol			
Yükleme Özellikleri		Deney Sonuçları		
Eksenel Yük	3,344 (kN)		V_{maks} (kN)	127
P-D	P Ram dönüşü azalır V		M_{maks} (kNm)	301
L-Üst	0		Δ_y (mm)	9.76
L-Alt	1208		Δ_{maks} (mm)	64.51
			Δ_y/Δ_{maks}	6.6
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri		
Çap	Köşe 19.5 (mm) Orta 19.5 (mm)		Kırılma Tipi	Eğilme
Adet	8		Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 9 (mm)
Dik yükleme	Paspayı : 11.5(mm)			Belirgin Beton Dökülmesi: 0 (mm)
Paralel yükleme	Paspayı : 11.5(mm)			Boyuna Donatı Burkulması 60 (mm)
Donatı oranı	0.0258			Boyuna Donatı kırılması : 0 (mm)
				Spiral Kırılması: 0 (mm)
			Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)	
Enine Donatı ve Yerleşimi		Boyutsuz Özellikleri		
Tip	RD (TİP 6)			
Etriye Kol Sayısı	3.4			
Etriye Aralığı	Çap: 16 (mm) / Aralık: 100 (mm)			
Enine Donatı Oranı	0.051			
Kesme oranı	6.04			
Eksenel Yük düzeyi	0.5			

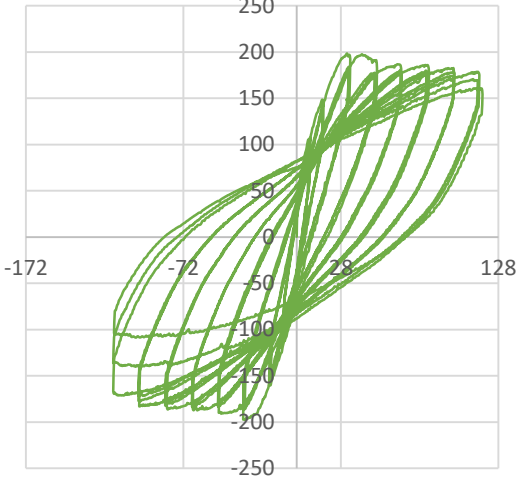
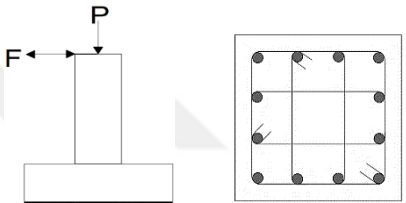
Çizelge A.28: Saatcioglu and Grira 1999, BG-2 Deney numunenin özellikleri [20]

Adı	Saatcioglu and Grira 1999, BG-2			
Kesit	Dikdörtgen			
Açıklama				
Malzeme Özellikleri		P-d		
Beton dayanımı	34 (MPa)			
Enine donatı	Grade :			
	Akma Dayanımı: 570 (MPa) Çekme Dayanım : 680 (MPa)			
Boyuna donatı	Grade:			
	Akma Dayanımı: 455.6 (MPa) Çekme Dayanımı : 660 (MPa)			
Geometri Özellikleri				
Kesit Boyutları	Genişlik: 305 (mm) Derinlik: 305 (mm)			
Uzunluk	L-Çekim: 1,645 (mm) Ölçülen: 1,645 (mm)			
Test Düzeni	Konsol			
Yükleme Özellikleri				
Eksenel Yük	1,782 (kN)			
P-D	P Ram dönüşü azalır V			
L-Üst	0			
L-Alt	0			
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Deney Sonuçları		
Çap	Köşe 19.5 (mm) Orta 19.5 (mm)		V_{maks} (kN)	165
Adet	8		M_{maks} (kNm)	307
Dik yükleme	Paspayı : 29 (mm)		Δ_y (mm)	9.64
Paralel yükleme	Paspayı : 29 (mm)		Δ_{maks} (mm)	83.5
Donatı oranı	0.0195		Δ_y/Δ_{maks}	8.7
Enine Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri		
Tip	RI (TİP 3)		Kırılma Tipi	Eğilme
Etriye Kol Sayısı	3		Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 32.9(mm)
Etriye Aralığı	Çap: 9.5 (mm) / Aralık: 76(mm)			Belirgin Beton Dökülmesi: 0 (mm)
Enine Donatı Oranı	0.02			Boyuna Donatı Burkulması 82.2(mm)
				Boyuna Donatı kırılması : 0 (mm)
				Spiral Kırılması: 0 (mm)
Boyutsuz Özellikleri				
Kesme oranı	4.7		Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)	
Eksenel Yük düzeyi	0.428			

Çizelge A.29: Saatcioglu and Grira 1999, BG-4 Deney numunenin özellikleri [20]

Adı	Saatcioglu and Grira 1999, BG-4			
Kesit	Dikdörtgen			
Açıklama				
Malzeme Özellikleri		P-d		
Beton dayanımı	34 (MPa)			
Enine donatı	Grade :			
	Akma Dayanımı: 570 (MPa) Çekme Dayanım : 680 (MPa)			
Boyuna donatı	Grade:			
	Akma Dayanımı: 455.6 (MPa) Çekme Dayanımı : 660 (MPa)			
Geometri Özellikleri				
Kesit Boyutları	Genişlik: 305 (mm) Derinlik: 305 (mm)			
Uzunluk	L-Çekim: 1,645 (mm) Ölçülen: 1,645 (mm)			
Test Düzeni	Konsol			
Yükleme Özellikleri		Deney Sonuçları		
Eksenel Yük	1,923 (kN)	V_{maks} (kN)	171	
P-D	P Ram dönüşü azalır V	M_{maks} (kNm)	335	
L-Üst	0	Δ_y (mm)	11.01	
L-Alt	0	Δ_{maks} (mm)	83.5	
		Δ_y/Δ_{maks}	7.6	
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri		
Çap	Köşe 19.5 (mm) Orta 19.5 (mm)	Kırılma Tipi	Eğilme	
Adet	12	Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 32.9 (mm)	
Dik yükleme	Paspayı : 29(mm)		Belirgin Beton Dökülmesi: 0 (mm)	
Paralel yükleme	Paspayı : 29(mm)		Boyuna Donatı Burkulması 65.8 (mm)	
Donatı oranı	0.0293		Boyuna Donatı kırılması : 0 (mm)	
			Spiral Kırılması: 0 (mm)	
			Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)	
Enine Donatı ve Yerleşimi		Boyutsuz Özellikleri		
Tip	RI (TİP 3)			
Etriye Kol Sayısı	4			
Etriye Aralığı	Çap: 9.5 (mm) / Aralık: 152 (mm)			
Enine Donatı Oranı	0.013			
Kesme oranı	4.7			
Eksenel Yük düzeyi	0.462			

Çizelge A.30: Saatcioglu and Grira 1999, BG-8 Deney numunenin özellikleri [20]

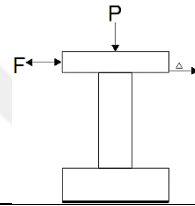
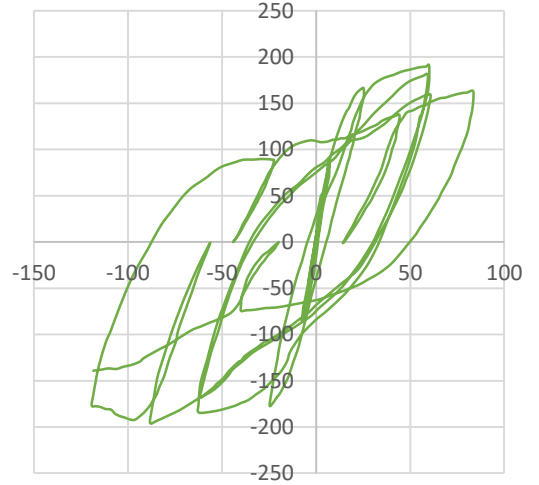
Adı	Saatcioglu and Grira 1999, BG-8			
Kesit	Dikdörtgen			
Açıklama	Enine donatı kaynaklı gerid			
Malzeme Özellikleri		P-d		
Beton dayanımı	34 (MPa)			
Enine donatı	Grade :			
	Akma Dayanımı: 580 (MPa) Çekme Dayanım : 720 (MPa)			
Boyuna donatı	Grade:			
	Akma Dayanımı: 455.6 (MPa) Çekme Dayanımı : 660 (MPa)			
Geometri Özellikleri				
Kesit Boyutları	Genişlik: 305 (mm) Derinlik: 305 (mm)			
Uzunluk	L-Çekim: 1,645 (mm) Ölçülen: 1,645 (mm)			
Test Düzeni	Konsol			
Yükleme Özellikleri				
Eksenel Yük	961 (kN)			
P-D	P Ram dönüşü azalır V			
L-Üst	0			
L-Alt	0			
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Deney Sonuçları		
Çap	Köşe 19.5 (mm) Orta 19.5 (mm)		V_{maks} (kN)	180
Adet	12		M_{maks} (kNm)	327
Dik yükleme	Paspayı : 29(mm)		Δ_y (mm)	20.66
Paralel yükleme	Paspayı : 29(mm)		Δ_{maks} (mm)	118
Donatı oranı	0.0293		Δ_y/Δ_{maks}	5.7
Enine Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri		
Tip	RI (TİP 3)		Kırılma Tipi	Eğilme
Etriye Kol Sayısı	4		Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 32.9 (mm)
Etriye Aralığı	Çap: 6.6 (mm) / Aralık: 76(mm)			Belirgin Beton Dökülmesi: 0 (mm)
Enine Donatı Oranı	0.013			Boyuna Donatı Burkulması 115.2 (mm)
Boyutsuz Özellikleri		Boyuna Donatı kırılması : 0 (mm)		
Kesme oranı	4.7		Spiral Kırılması: 0 (mm)	
Eksenel Yük düzeyi	0.231		Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)	

Çizelge A.31: Saatcioglu and Grira 1999, BG-9 Deney numunenin özellikleri [20]

Adı	Saatcioglu and Grira 1999, BG-9			
Kesit	Dikdörtgen			
Açıklama	Enine donatı kaynaklı gerid			
Malzeme Özellikleri		P-d		
Beton dayanımı	34 (MPa)			
Enine donatı	Grade :			
	Akma Dayanımı: 580 (MPa) Çekme Dayanım : 720 (MPa)			
Boyuna donatı	Grade:			
	Akma Dayanımı: 427.8 (MPa) Çekme Dayanımı : 675 (MPa)			
Geometri Özellikleri				
Kesit Boyutları	Genişlik: 305 (mm) Derinlik: 305 (mm)			
Uzunluk	L-Çekim: 1,645 (mm) Ölçülen: 1,645 (mm)			
Test Düzeni	Konsol			
Yükleme Özellikleri				
Eksenel Yük	1,923 (kN)			
P-D	P Ram dönüşü azalır V			
L-Üst	0			
L-Alt	0			
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Deney Sonuçları		
Çap	Köşe 16(mm) Orta 16 (mm)		V_{maks} (kN)	185
Adet	12		M_{maks} (kNm)	361
Dik yükleme	Paspayı : 29(mm)		Δ_y (mm)	12.41
Paralel yükleme	Paspayı : 29(mm)		Δ_{maks} (mm)	118
Donatı oranı	0.0328		Δ_y/Δ_{maks}	9.5
Enine Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri		
Tip	RI (TİP 3)		Kırılma Tipi	Eğilme
Etriye Kol Sayısı	4		Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 32.9 (mm)
Etriye Aralığı	Çap: 6.6 (mm) / Aralık: 76 (mm)			Belirgin Beton Dökülmesi: 0 (mm)
Enine Donatı Oranı	0.013			Boyuna Donatı Burkulması 65.8 (mm)
Boyutsuz Özellikleri		Boyuna Donatı kırılması : 0 (mm)		
Kesme oranı	4.7		Spiral Kırılması: 0 (mm)	
Eksenel Yük düzeyi	0.462		Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)	

Çizelge A.32: Davey 1975, No. 1 Deney numunenin özellikleri [21]

Adı	Davey 1975, No. 1		
Kesit	Spiral		
Açıklama	İskelenin kapağı olan numune, eksantrik dikey yük		
Malzeme Özellikleri		P-d	
Beton dayanımı	33.2 (MPa)		
Enine donatı	Grade :		
	Akma Dayanımı: 312 (MPa)		
Boyuna donatı	Çekme Dayanım : (MPa)		
	Grade:		
	Akma Dayanımı: 373 (MPa)		
		Çekme Dayanımı : 564 (MPa)	
Geometri Özellikleri			
Çap	500 (mm) Çapraz-Kesit: sekizgen		
Uzunluk	L-Çekim: 2,750 (mm) Ölçülen: 2,000 (mm)		
Test Düzeni	Cantilever with Hammer Head		
Yükleme Özellikleri			
Eksenel Yük	380 (kN)		
P-D	Sağlanan Feff		
L-Üst	0		
L-Alt	0		
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Deney Sonuçları	
Çap	18.4 (mm)	V_{maks} (kN)	180
Adet	20	M_{maks} (kNm)	527
Dik yükleme		Δ_y (mm)	14.09
Paspayı	20.2 (mm)	Δ_{maks} (mm)	83.5
Donatı oranı	0.0257	Δ_y/Δ_{maks}	5.9
Enine Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri	
Tip		Kırılma Tipi	Eğilme
Etriye Kol Sayısı	2	Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 65 (mm)
Etriye Aralığı	Spiral Çapı : 6.5 (mm) / Aralık: 65 (mm)		Belirgin Beton Dökülmesi: 65 (mm)
Enine Donatı Oranı	0.44		Boyuna Donatı Burkulması 65 (mm)
Boyutsuz Özellikleri			Boyuna Donatı kırılması : 0 (mm)
Kesme oranı	5.5		Spiral Kırılması: 0 (mm)
Eksenel Yük düzeyi	0.055	Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)	

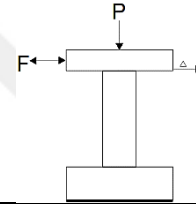
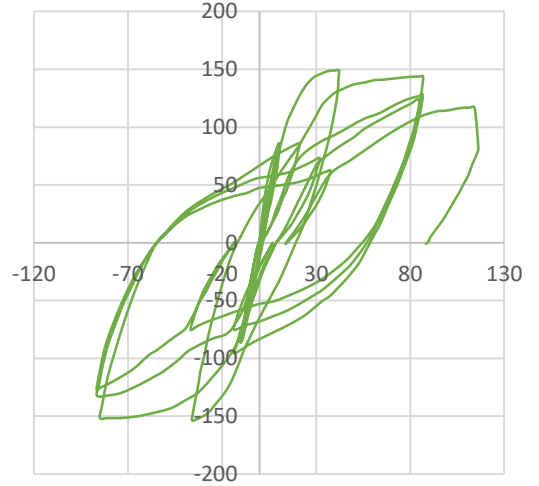


Çizelge A.33: Davey 1975, No. 2 Deney numunenin özellikleri [21]

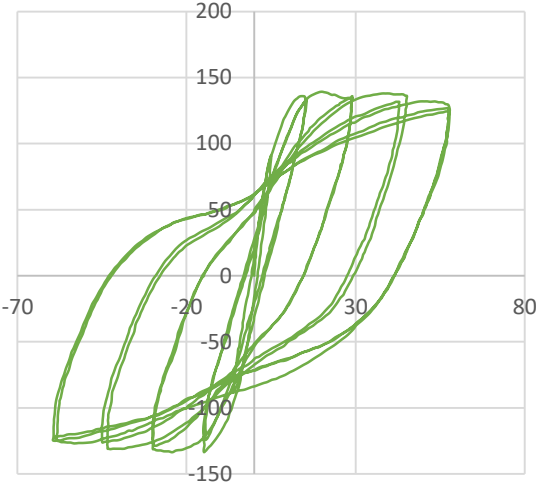
Adı	Davey 1975, No. 2			
Kesit	Spiral			
Açıklama	İskelenin kapağı olan numune, eksantrik dikey yük			
Malzeme Özellikleri		P-d		
Beton dayanımı	34.8 (MPa)			
Enine donatı	Grade :			
	Akma Dayanımı: 312 (MPa) Çekme Dayanım : (MPa)			
Boyuna donatı	Grade:			
	Akma Dayanımı: 371 (MPa)			
	Çekme Dayanımı : 562 (MPa)			
Geometri Özellikleri				
Çap	500 (mm) Çapraz-Kesit: sekizgen			
Uzunluk	L-Çekim: 2,750 (mm) Ölçülen: 2,000 (mm)			
Test Düzeni	Cantilever with Hammer Head			
Yükleme Özellikleri				
Eksenel Yük	380 (kN)			
P-D	Sağlanan Feff			
L-Üst	0			
L-Alt	0			
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Deney Sonuçları		
Çap	18.4 (mm)	V_{maks} (kN)	334	
Adet	20	M_{maks} (kNm)	600	
Dik yükleme		Δ_y (mm)	10.73	
Paspayı	20.2 (mm)	Δ_{maks} (mm)	91	
Donatı oranı	0.0257	Δ_y/Δ_{maks}	8.5	
Enine Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri		
Tip		Kırılma Tipi	Eğilme	
Etriye Kol Sayısı	2	Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 61 (mm)	
Etriye Aralığı	Spiral Çapı : 6.5 (mm) / Aralık: 65 (mm)		Belirgin Beton Dökülmesi: 61 (mm)	
Enine Donatı Oranı	0.44		Boyuna Donatı Burkulması 82 (mm)	
Boyutsuz Özellikleri			Boyuna Donatı kırılması : 0 (mm)	
Kesme oranı	3.5		Spiral Kırılması: 0 (mm)	
Eksenel Yük düzeyi	0.053	Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)		

Çizelge A.34: Davey 1975, No. 3 Deney numunenin özellikleri [21]

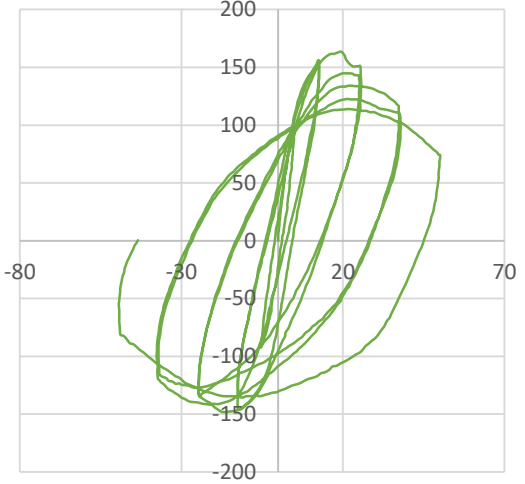
Adı	Davey 1975, No. 3		
Kesit	Spiral		
Açıklama	İskelenin kapağı olan numune, eksantrik dikey yük		
Malzeme Özellikleri		P-d	
Beton dayanımı	33.8 (MPa)		
Enine donatı	Grade :		
	Akma Dayanımı: 342 (MPa) Çekme Dayanım : (MPa)		
Boyuna donatı	Grade:		
	Akma Dayanımı: 373 (MPa) Çekme Dayanımı : 563 (MPa)		
Geometri Özellikleri			
Çap	500 (mm) Çapraz-Kesit: sekizgen		
Uzunluk	L-Çekim: 3,250 (mm) Ölçülen: 2,000 (mm)		
Test Düzeni	Cantilever with Hammer Head		
Yüklemeye Özellikleri			
Eksenel Yük	380 (kN)		
P-D	Sağlanan Feff		
L-Üst	0		
L-Alt	0		
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Deney Sonuçları	
Çap	18.4 (mm)	V_{maks} (kN)	142
Adet	20	M_{maks} (kNm)	485
Dik yükleme		Δ_y (mm)	17.78
Paspayı	20.2 (mm)	Δ_{maks} (mm)	116.21
Donatı oranı	0.0257	Δ_y/Δ_{maks}	6.5
Enine Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri	
Tip		Kırılma Tipi	Eğilme
Etriye Kol Sayısı	2	Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 41 (mm)
Etriye Aralığı	Spiral Çapı : 6.5 (mm) / Aralık: 65 (mm)		Belirgin Beton Dökülmesi: 87 (mm)
Enine Donatı Oranı	0.44		Boyuna Donatı Burkulması 87 (mm)
Boyutsuz Özellikleri			Boyuna Donatı kırılması : 0 (mm)
Kesme oranı	6.5		Spiral Kırılması: 0 (mm)
Eksenel Yük düzeyi	0.054	Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)	



Çizelge A.35: Ang et al. 1981, No. 1 Deney numunenin özellikleri [22]

Adı	Ang et al. 1981, No. 1		
Kesit	Spiral		
Açıklama			
Malzeme Özellikleri		P-d	
Beton dayanımı	26 (MPa)		
Enine donatı	Grade :		
	Akma Dayanımı: 308 (MPa) Çekme Dayanım : 465 (MPa)		
Boyuna donatı	Grade:		
	Akma Dayanımı: 373 (MPa) Çekme Dayanımı : 563 (MPa)		
Geometri Özellikleri			
Çap	400 (mm) Çapraz-Kesit: sekizgen		
Uzunluk	L-Çekim: 1,600(mm) Ölçülen: 1,600 (mm)		
Test Düzeni	Çift Uçlu		
Yükleme Özellikleri			
Eksenel Yük	680 (kN)		
P-D	Sağlanan Feff		
L-Üst	0		
L-Alt	0		
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Deney Sonuçları	
Çap	16 (mm)	V_{maks} (kN)	
Adet	16	M_{maks} (kNm)	
Dik yükleme		Δ_y (mm)	
Paspayı	16 (mm)	Δ_{maks} (mm)	
Donatı oranı	0.0243	Δ_y/Δ_{maks}	
Enine Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri	
Tip		Kırılma Tipi	Eğilme
Etriye Kol Sayısı	2	Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 15 (mm)
Etriye Aralığı	Spiral Çapı : 6 (mm) / Aralık: 40 (mm)		Belirgin Beton Dökülmesi: 0 (mm)
Enine Donatı Oranı	0.76		Boyuna Donatı Burkulması 60 (mm)
Boyutsuz Özellikleri			Boyuna Donatı kırılması : 60 (mm)
Kesme oranı	4		Spiral Kırılması: 60 (mm)
Eksenel Yük düzeyi	0.197	Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)	

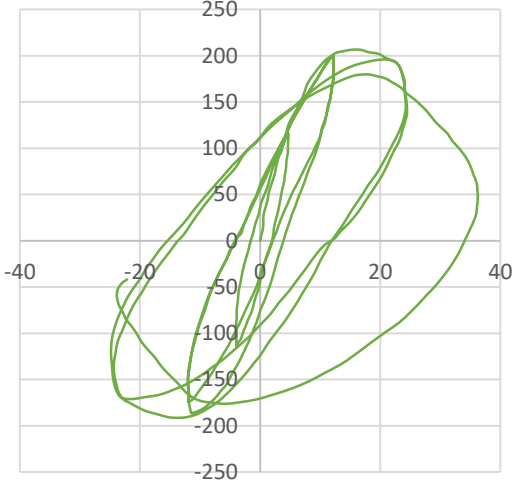
Çizelge A.36: Ang et al 1981, No. 2 Deney numunenin özellikleri [22]

Adı	Ang et al 1981, No. 2		
Kesit	Spiral		
Açıklama			
Malzeme Özellikleri		P-d	
Beton dayanımı	28.5 (MPa)		
Enine donatı	Grade :		
	Akma Dayanımı: 280 (MPa) Çekme Dayanım : (MPa)		
Boyuna donatı	Grade:		
	Akma Dayanımı: 308(MPa) Çekme Dayanımı : 465 (MPa)		
Geometri Özellikleri			
Çap	400 (mm) Çapraz-Kesit: sekizgen		
Uzunluk	L-Çekim: 1,600(mm) Ölçülen: 1,600 (mm)		
Test Düzeni	Çift Uçlu		
Yükleme Özellikleri		Deney Sonuçları	
Eksenel Yük	2,111 (kN)	V_{maks} (kN)	
P-D	Sağlanan Feff	M_{maks} (kNm)	
L-Üst	0	Δ_y (mm)	
L-Alt	0	Δ_{maks} (mm)	
		Δ_y/Δ_{maks}	
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri	
Çap	16 (mm)	Kırılma Tipi	Eğilme
Adet	16	Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 9.8 (mm)
Dik yükleme			Belirgin Beton Dökülmesi: 26 (mm)
Paspayı	18 (mm)		Boyuna Donatı Burkulması: 52 (mm)
Donatı oranı	0.0243		Boyuna Donatı kırılması : 60 (mm)
			Spiral Kırılması: 60 (mm)
		Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)	
Enine Donatı ve Yerleşimi			
Tip			
Etriye Kol Sayısı	2		
Etriye Aralığı	Spiral Çapı : 10 (mm) / Aralık: 55 (mm)		
Enine Donatı Oranı	1.53		
Boyutsuz Özellikleri			
Kesme oranı	4		
Eksenel Yük düzeyi	0.559		

Çizelge A.37: Zahn et al. 1986, No. 5 Deney numunenin özellikleri [23]

Adı	Zahn et al. 1986, No. 5			
Kesit	Spiral			
Açıklama	Test gününde betonun dayanımı bildirilmedi. 28 günlük dayanımı bildirildi ?			
Malzeme Özellikleri		P-d		
Beton dayanımı	32.3 (MPa)			
Enine donatı	Grade :			
	Akma Dayanımı: 466 (MPa)			
Boyuna donatı	Çekme Dayanım : (MPa)			
	Grade:			
	Akma Dayanımı: 337 (MPa)			
		Çekme Dayanımı : 491 (MPa)		
Geometri Özellikleri				
Çap	400 (mm) Çapraz-Kesit: sekizgen			
Uzunluk	L-Çekim: 1,600(mm) Ölçülen: 1,600 (mm)			
Test Düzeni	Çift Uçlu			
Yükleme Özellikleri				
Eksenel Yük	2,111 (kN)			
P-D	Sağlanan Feff			
L-Üst	0			
L-Alt	0			
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Deney Sonuçları		
Çap	16 (mm)	V_{maks} (kN)	142	
Adet	16	M_{maks} (kNm)	240	
Dik yükleme		Δ_y (mm)	9.59	
Paspayı	18 (mm)	Δ_{maks} (mm)	90.79	
Donatı oranı	0.0243	Δ_y/Δ_{maks}	9.5	
Enine Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri		
Tip		Kırılma Tipi	Eğilme	
Etriye Kol Sayısı	2	Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 9.8 (mm)	
Etriye Aralığı	Spiral Çapı : 10 (mm) / Aralık: 135 (mm)		Belirgin Beton Dökülmesi: 22.8 (mm)	
Enine Donatı Oranı	0.62		Boyuna Donatı Burkulması 45.6 (mm)	
			Boyuna Donatı kırılması : 80 (mm)	
			Spiral Kırılması: 60 (mm)	
Boyutsuz Özellikleri		Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)		
Kesme oranı	4			
Eksenel Yük düzeyi	0.13			

Çizelge A.38: Watson and Park 1989, No 11 Deney numuneninin özellikleri [24]

Adı	Watson and Park 1989, No 11		
Kesit	Spiral		
Açıklama	Test gününde betonun dayanımı bildirilmedi. 28 günlük dayanımı bildirildi ?		
Malzeme Özellikleri		P-d	
Beton dayanımı	39 (MPa)		
Enine donatı	Grade :		
	Akma Dayanımı: 338 (MPa) Çekme Dayanım : (MPa)		
Boyuna donatı	Grade:		
	Akma Dayanımı: 474 (MPa) Çekme Dayanımı : 633.3 (MPa)		
Geometri Özellikleri			
Çap	400 (mm) Çapraz-Kesit: sekizgen		
Uzunluk	L-Çekim: 1,600(mm) Ölçülen: 1,600 (mm)		
Test Düzeni	Çift Uçlu		
Yükleme Özellikleri			
Eksenel Yük	3,620 (kN)		
P-D	Sağlanan Feff		
L-Üst	0		
L-Alt	0		
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Deney Sonuçları	
Çap	16 (mm)	V_{maks} (kN)	207
Adet	16	M_{maks} (kNm)	394
Dik yükleme		Δ_y (mm)	6.35
Paspayı	18 (mm)	Δ_{maks} (mm)	36.2
Donatı oranı	0.0182	Δ_y/Δ_{maks}	5.7
Enine Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri	
Tip		Kırılma Tipi	Eğilme
Etriye Kol Sayısı	2	Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 0 (mm)
Etriye Aralığı	Spiral Çapı : 10 (mm) / Aralık: 57 (mm)		Belirgin Beton Dökülmesi: 10.1 (mm)
Enine Donatı Oranı	1.47		Boyuna Donatı Burkulması 36.3 (mm)
Boyutsuz Özellikleri			Boyuna Donatı kırılması : 0 (mm)
Kesme oranı	4		Spiral Kırılması: 0 (mm)
Eksenel Yük düzeyi	0.7	Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)	

Çizelge A.39: Wong et al. 1990, No. 1 Deney numunenin özellikleri [25]

Adı	Wong et al. 1990, No. 1			
Kesit	Spiral			
Açıklama	Kırılmadan sonra eksenel yük azaldı			
Malzeme Özellikleri		P-d		
Beton dayanımı	38 (MPa)			
Enine donatı	Grade :			
	Akma Dayanımı: 300 (MPa)			
Boyuna donatı	Çekme Dayanım : (MPa)			
	Grade:			
	Akma Dayanımı: 423 (MPa)			
		Çekme Dayanımı : 577 (MPa)		
Geometri Özellikleri				
Çap	400 (mm) Çapraz-Kesit: sekizgen			
Uzunluk	L-Çekim: 800 (mm) Ölçülen: 800 (mm)			
Test Düzeni	Konsol			
Yükleme Özellikleri				
Eksenel Yük	907 (kN)			
P-D	Kesilme sağlandı			
L-Üst	0			
L-Alt	0			
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Deney Sonuçları		
Çap	16 (mm)	V_{maks} (kN)	461	
Adet	20	M_{maks} (kNm)	394	
Dik yükleme		Δ_y (mm)	5.87	
Paspayı	20 (mm)	Δ_{maks} (mm)	41.42	
Donatı oranı	0.032	Δ_y/Δ_{maks}	7.1	
Enine Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri		
Tip		Kırılma Tipi	Eğilme	
Etriye Kol Sayısı	2	Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 6 (mm)	
Etriye Aralığı	Spiral Çapı : 10 (mm) / Aralık: 60 (mm)		Belirgin Beton Dökülmesi: 9.6 (mm)	
Enine Donatı Oranı	1.42		Boyuna Donatı Burkulması 40 (mm)	
			Boyuna Donatı kırılması : 0 (mm)	
			Spiral Kırılması: 40(mm)	
			Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 40 (mm)	
Boyutsuz Özellikleri				
Kesme oranı	2			
Eksenel Yük düzeyi	0.19			

Çizelge A.40: Wong et al. 1990, No. 3 Deney numunenin özellikleri [26]

Adı	Wong et al. 1990, No. 3		
Kesit	Spiral		
Açıklama			
Malzeme Özellikleri		P-d	
Beton dayanımı	37 (MPa)		
Enine donatı	Grade :		
	Akma Dayanımı: 300 (MPa) Çekme Dayanım : (MPa)		
Boyuna donatı	Grade:		
	Akma Dayanımı: 475 (MPa) Çekme Dayanımı : 625 (MPa)		
Geometri Özellikleri			
Çap	400 (mm) Çapraz-Kesit: sekizgen		
Uzunluk	L-Çekim: 800 (mm) Ölçülen: 800 (mm)		
Test Düzeni	Konsol		
Yükleme Özellikleri			
Eksenel Yük	1,813 (kN)		
P-D	Kesilme sağlandı		
L-Üst	0		
L-Alt	0		
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Deney Sonuçları	
Çap	16 (mm)	V_{maks} (kN)	579
Adet	20	M_{maks} (kNm)	499
Dik yükleme		Δ_y (mm)	4.32
Paspayı	20 (mm)	Δ_{maks} (mm)	33.89
Donatı oranı	0.032	Δ_y/Δ_{maks}	7.8
Enine Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri	
Tip		Kırılma Tipi	Eğilme
Etriye Kol Sayısı	2	Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 6 (mm)
Etriye Aralığı	Spiral Çapı : 10 (mm) / Aralık: 60 (mm)		Belirgin Beton Dökülmesi: 9.7 (mm)
Enine Donatı Oranı	1.42		Boyuna Donatı Burkulması: 25.9 (mm)
Boyutsuz Özellikleri			Boyuna Donatı kırılması : 0 (mm)
Kesme oranı	2		Spiral Kırılması: 0 (mm)
Eksenel Yük düzeyi	0.39	Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)	

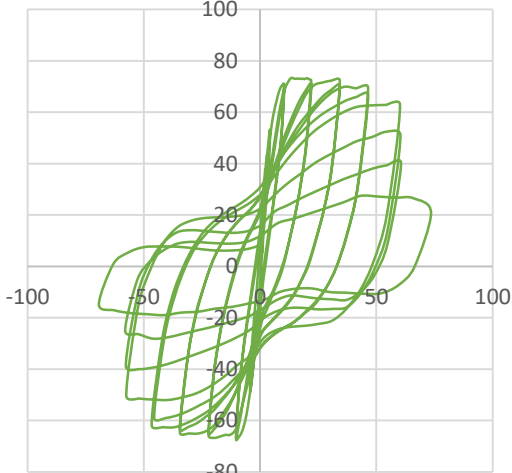
Çizelge A.41: NIST, Full Scale Flexure Deney numunenin özellikleri [27]

Adı	NIST, Full Scale Flexure			
Kesit	Spiral			
Açıklama				
Malzeme Özellikleri		P-d		
Beton dayanımı	35.8 (MPa)			
Enine donatı	Grade :			
	Akma Dayanımı: 493 (MPa) Çekme Dayanım : (MPa)			
Boyuna donatı	Grade:			
	Akma Dayanımı: 475 (MPa) Çekme Dayanımı : 500 (MPa)			
Geometri Özellikleri				
Çap	1,520 (mm) Çapraz-Kesit: Dairesel			
Uzunluk	L-Çekim: 9,140 (mm) Ölçülen: 9,140 (mm)			
Test Düzeni	Konsol			
Yükleme Özellikleri				
Eksenel Yük	4,450 (kN)			
P-D	Kesilme sağlandı			
L-Üst	0			
L-Alt	0			
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Deney Sonuçları		
Çap	43 (mm)	V_{maks} (kN)	1289	
Adet	25	M_{maks} (kNm)	13300	
Dik yükleme		Δ_y (mm)	109.63	
Paspayı	58.7 (mm)	Δ_{maks} (mm)	593.37	
Donatı oranı	0.02	Δ_y/Δ_{maks}	5.4	
Enine Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri		
Tip		Kırılma Tipi	Eğilme	
Etriye Kol Sayısı	2	Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 179 (mm)	
Etriye Aralığı	Spiral Çapı : 15.9 (mm) / Aralık: 89 (mm)		Belirgin Beton Dökülmesi: 269 (mm)	
Enine Donatı Oranı	0.63		Boyuna Donatı Burkulması: 538 (mm)	
Boyutsuz Özellikleri			Boyuna Donatı kırılması : 538 (mm)	
Kesme oranı	6.01		Spiral Kırılması: 538 (mm)	
Eksenel Yük düzeyi	0.069	Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)		

Çizelge A.42: NIST, Model N1 Deney numunenin özellikleri [28]

Adı	NIST, Model N1		
Kesit	Spiral		
Açıklama			
Malzeme Özellikleri		P-d	
Beton dayanımı	24.1 (MPa)		
Enine donatı	Grade :		
	Akma Dayanımı: 441 (MPa) Çekme Dayanım : (MPa)		
Boyuna donatı	Grade:		
	Akma Dayanımı: 446 (MPa) Çekme Dayanımı : 500 (MPa)		
Geometri Özellikleri			
Çap	250 (mm) Çapraz-Kesit: Dairesel		
Uzunluk	L-Çekim: 750 (mm) Ölçülen: 750 (mm)		
Test Düzeni	Konsol		
Yükleme Özellikleri			
Eksenel Yük	120 (kN)		
P-D	Kesilme sağlandı		
L-Üst	0		
L-Alt	0		
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Deney Sonuçları	
Çap	7 (mm)	V_{maks} (kN)	59
Adet	25	M_{maks} (kNm)	50
Dik yükleme		Δ_y (mm)	7.39
Paspayı	9.9 (mm)	Δ_{maks} (mm)	104.15
Donatı oranı	0.0196	Δ_y/Δ_{maks}	14.1
Enine Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri	
Tip		Kırılma Tipi	Eğilme
Etriye Kol Sayısı	2	Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 19.3 (mm)
Etriye Aralığı	Spiral Çapı : 3.1 (mm) / Aralık: 9 (mm)		Belirgin Beton Dökülmesi: 38.6 (mm)
Enine Donatı Oranı	1.41		Boyuna Donatı Burkulması: 77.2 (mm)
Boyutsuz Özellikleri			Boyuna Donatı kırılması : 77.2 (mm)
Kesme oranı	3		Spiral Kırılması: 0 (mm)
Eksenel Yük düzeyi	0.101	Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)	

Çizelge A.43: NIST, Model N2 Deney numunenin özellikleri [28]

Adı	NIST, Model N2		
Kesit	Spiral		
Açıklama			
Malzeme Özellikleri		P-d	
Beton dayanımı	23.1 (MPa)		
Enine donatı	Grade :		
	Akma Dayanımı: 441 (MPa) Çekme Dayanım : (MPa)		
Boyuna donatı	Grade:		
	Akma Dayanımı: 446 (MPa) Çekme Dayanımı : 500 (MPa)		
Geometri Özellikleri			
Çap	250 (mm) Çapraz-Kesit: Dairesel		
Uzunluk	L-Çekim: 750 (mm) Ölçülen: 750 (mm)		
Test Düzeni	Konsol		
Yükleme Özellikleri			
Eksenel Yük	239 (kN)		
P-D	Kesilme sağlandı		
L-Üst	0		
L-Alt	0		
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Deney Sonuçları	
Çap	7 (mm)	V_{maks} (kN)	73
Adet	25	M_{maks} (kNm)	63
Dik yükleme		Δ_y (mm)	6.16
Paspayı	9.9 (mm)	Δ_{maks} (mm)	73.59
Donatı oranı	0.0196	Δ_y/Δ_{maks}	11.9
Enine Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri	
Tip		Kırılma Tipi	Eğilme
Etriye Kol Sayısı	2	Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 0 (mm)
Etriye Aralığı	Spiral Çapı : 3.1 (mm) / Aralık: 9 (mm)		Belirgin Beton Dökülmesi: 33.5 (mm)
Enine Donatı Oranı	1.41		Boyuna Donatı Burkulması: 44.7 (mm)
Boyutsuz Özellikleri			Boyuna Donatı kırılması : 55.9 (mm)
Kesme oranı	3		Spiral Kırılması: 55.9 (mm)
Eksenel Yük düzeyi	0.211		Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)

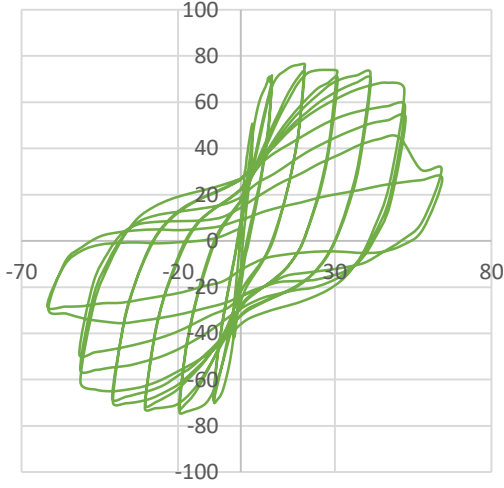
Çizelge A.44: NIST, Model N3 Deney numunenin özellikleri [28]

Adı	NIST, Model N3		
Kesit	Spiral		
Açıklama			
Malzeme Özellikleri		P-d	
Beton dayanımı	25.4 (MPa))		
Enine donatı	Grade :		
	Akma Dayanımı: 476 (MPa) Çekme Dayanım : (MPa)		
Boyuna donatı	Grade:		
	Akma Dayanımı: 446 (MPa) Çekme Dayanımı : 500 (MPa)		
Geometri Özellikleri			
Çap	250 (mm) Çapraz-Kesit: Dairesel		
Uzunluk	L-Çekim: 1,500(mm) Ölçülen: 1,500 (mm)		
Test Düzeni	Konsol		
Yükleme Özellikleri		Deney Sonuçları	
Eksenel Yük	120 (kN)	V_{maks} (kN)	32
P-D	Kesilme sağlandı	M_{maks} (kNm)	57
L-Üst	0	Δ_y (mm)	16.1
L-Alt	0	Δ_{maks} (mm)	128.85
		Δ_y/Δ_{maks}	8.0
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri	
Çap	7 (mm)	Kırılma Tipi	Eğilme
Adet	25	Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 51.2 (mm)
Dik yükleme			Belirgin Beton Dökülmesi: 76.8 (mm)
Paspayı	9.7 (mm)		Boyuna Donatı Burkulması: 102.4 (mm)
Donatı oranı	0.0196		Boyuna Donatı kırılması : 102.4 (mm)
			Spiral Kırılması: 76.8 (mm)
Enine Donatı ve Yerleşimi			Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)
Tip			
Etriye Kol Sayısı	2		
Etriye Aralığı	Spiral Çapı : 2.7 (mm) / Aralık: 14 (mm)		
Enine Donatı Oranı	0.68		
Boyutsuz Özellikleri			
Kesme oranı	6		
Eksenel Yük düzeyi	0.096		

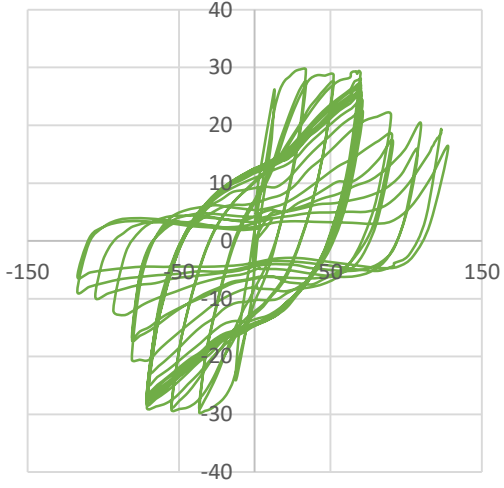
Çizelge A.45: NIST, Model N4 Deney numunenin özellikleri [28]

Adı	NIST, Model N4		
Kesit	Spiral		
Açıklama			
Malzeme Özellikleri		P-d	
Beton dayanımı	24.4 (MPa)		
Enine donatı	Grade :		
	Akma Dayanımı: 441 (MPa) Çekme Dayanım : (MPa)		
Boyuna donatı	Grade:		
	Akma Dayanımı: 446 (MPa) Çekme Dayanımı : 500 (MPa)		
Geometri Özellikleri			
Çap	250 (mm) Çapraz-Kesit: Dairesel		
Uzunluk	L-Çekim: 1,750 (mm) Ölçülen: 750 (mm)		
Test Düzeni	Konsol		
Yükleme Özellikleri			
Eksenel Yük	120 (kN)		
P-D	Kesilme sağlandı		
L-Üst	0		
L-Alt	0		
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Deney Sonuçları	
Çap	7 (mm)	V_{maks} (kN)	63
Adet	25	M_{maks} (kNm)	51
Dik yükleme		Δ_y (mm)	4.89
Paspayı	9.9 (mm)	Δ_{maks} (mm)	67.51
Donatı oranı	0.0196	Δ_y/Δ_{maks}	13.8
Enine Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri	
Tip		Kırılma Tipi	Eğilme
Etriye Kol Sayısı	2	Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 21.3 (mm)
Etriye Aralığı	Spiral Çapı : 3.1 (mm) / Aralık: 9 (mm)		Belirgin Beton Dökülmesi: 32 (mm)
Enine Donatı Oranı	1.41		Boyuna Donatı Burkulması : 53.3 (mm)
Boyutsuz Özellikleri			Boyuna Donatı kırılması : 53.3 (mm)
Kesme oranı	1		Spiral Kırılması: 53.3 (mm)
Eksenel Yük düzeyi	0.1	Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)	

Çizelge A.46: NIST, Model N5 Deney numunenin özellikleri [28]

Adı	NIST, Model N5		
Kesit	Spiral		
Açıklama			
Malzeme Özellikleri		P-d	
Beton dayanımı	24.3 (MPa)		
Enine donatı	Grade :		
	Akma Dayanımı: 441 (MPa) Çekme Dayanım : (MPa)		
Boyuna donatı	Grade:		
	Akma Dayanımı: 446 (MPa) Çekme Dayanımı : 500 (MPa)		
Geometri Özellikleri			
Çap	250 (mm) Çapraz-Kesit: Dairesel		
Uzunluk	L-Çekim: 1,750 (mm) Ölçülen: 750 (mm)		
Test Düzeni	Konsol		
Yükleme Özellikleri			
Eksenel Yük	239 (kN)		
P-D	Kesilme sağlandı		
L-Üst	0		
L-Alt	0		
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Deney Sonuçları	
Çap	7 (mm)	V_{maks} (kN)	77
Adet	25	M_{maks} (kNm)	64
Dik yükleme		Δ_y (mm)	6.31
Paspayı	9.9 (mm)	Δ_{maks} (mm)	64.3
Donatı oranı	0.0196	Δ_y/Δ_{maks}	10.2
Enine Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri	
Tip		Kırılma Tipi	Eğilme
Etriye Kol Sayısı	2	Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 19.3 (mm)
Etriye Aralığı	Spiral Çapı : 3.1 (mm) / Aralık: 9 (mm)		Belirgin Beton Dökülmesi: 29 (mm)
Enine Donatı Oranı	1.41		Boyuna Donatı Burkulması: 48.3 (mm)
Boyutsuz Özellikleri			Boyuna Donatı kırılması : 48.3 (mm)
Kesme oranı	3		Spiral Kırılması: 48.3 (mm)
Eksenel Yük düzeyi	0.2	Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)	

Çizelge A.47: NIST, Model N6 Deney numunenin özellikleri [28]

Adı	NIST, Model N6		
Kesit	Spiral		
Açıklama			
Malzeme Özellikleri		P-d	
Beton dayanımı	23.3 (MPa)		
Enine donatı	Grade :		
	Akma Dayanımı: 476 (MPa) Çekme Dayanım : (MPa)		
Boyuna donatı	Grade:		
	Akma Dayanımı: 446 (MPa) Çekme Dayanımı : 500 (MPa)		
Geometri Özellikleri			
Çap	250 (mm) Çapraz-Kesit: Dairesel		
Uzunluk	L-Çekim: 1,750 (mm) Ölçülen: 750 (mm)		
Test Düzeni	Konsol		
Yükleme Özellikleri			
Eksenel Yük	239 (kN)		
P-D	Kesilme sağlandı		
L-Üst	0		
L-Alt	0		
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Deney Sonuçları	
Çap	7 (mm)	V_{maks} (kN)	30
Adet	25	M_{maks} (kNm)	52
Dik yükleme		Δ_y (mm)	14.35
Paspayı	9.7 (mm)	Δ_{maks} (mm)	127.7
Donatı oranı	0.0196	Δ_y/Δ_{maks}	8.9
Enine Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri	
Tip		Kırılma Tipi	Eğilme
Etriye Kol Sayısı	2	Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 33.6 (mm)
Etriye Aralığı	Spiral Çapı : 2.7 (mm) / Aralık: 14 (mm)		Belirgin Beton Dökülmesi: 67.2 (mm)
Enine Donatı Oranı	0.68		Boyuna Donatı Burkulması: 67.2 (mm)
Boyutsuz Özellikleri			Boyuna Donatı kırılması : 100.8 (mm)
Kesme oranı	6		Spiral Kırılması: 67.2 (mm)
Eksenel Yük düzeyi	0.105	Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)	

Çizelge A.48: Kunnath et al. 1997, A2 Deney numunenin özellikleri [29]

Adı	Kunnath et al. 1997, A2				
Kesit	Spiral				
Açıklama					
Malzeme Özellikleri		P-d			
Beton dayanımı	29 (MPa)				
Enine donatı	Grade :				
	Akma Dayanımı: 434 (MPa) Çekme Dayanım : (MPa)				
Boyuna donatı	Grade:				
	Akma Dayanımı: 446 (MPa) Çekme Dayanımı : 690 (MPa)				
Geometri Özellikleri					
Çap	305 (mm) Çapraz-Kesit: Dairesel				
Uzunluk	L-Çekim: 1,372 (mm) Ölçülen: 1,372 (mm)				
Test Düzeni	Konsol				
Yükleme Özellikleri					
Eksenel Yük	200 (kN)				
P-D	Kesilme sağlandı				
L-Üst	0				
L-Alt	0				
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Deney Sonuçları			
Çap	9.5 (mm)	V_{maks} (kN)	74		
Adet	21	M_{maks} (kNm)	115		
Dik yükleme		Δ_y (mm)	13.94		
Paspayı	14.5 (mm)	Δ_{maks} (mm)	75.74		
Donatı oranı	0.0204	Δ_y/Δ_{maks}	5.4		
Enine Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri			
Tip		Kırılma Tipi	Eğilme		
Etriye Kol Sayısı	2	Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 0 (mm)		
Etriye Aralığı	Spiral Çapı : 4 (mm) / Aralık: 19 (mm)		Belirgin Beton Dökülmesi: 40 (mm)		
Enine Donatı Oranı	0.94		Boyuna Donatı Burkulması: 68.3 (mm)		
Boyutsuz Özellikleri			Boyuna Donatı kırılması : 0 (mm)		
Kesme oranı	4.5		Spiral Kırılması: 76.2 (mm)		
Eksenel Yük düzeyi	0.094	Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)			

Çizelge A.49: Kunnath et al. 1997, A4 Deney numunenin özellikleri [29]

Adı	Kunnath et al. 1997, A4		
Kesit	Spiral		
Açıklama			
Malzeme Özellikleri		P-d	
Beton dayanımı	35.5 (MPa)		
Enine donatı	Grade :		
	Akma Dayanımı: 434 (MPa) Çekme Dayanım : (MPa)		
Boyuna donatı	Grade:		
	Akma Dayanımı: 448 (MPa) Çekme Dayanımı : 690 (MPa)		
Geometri Özellikleri			
Çap	305 (mm) Çapraz-Kesit: Dairesel		
Uzunluk	L-Çekim: 1,372 (mm) Ölçülen: 1,372 (mm)		
Test Düzeni	Konsol		
Yükleme Özellikleri		Deney Sonuçları	
Eksenel Yük	222 (kN)	V_{maks} (kN)	72
P-D	Kesilme sağlandı	M_{maks} (kNm)	111
L-Üst	0	Δ_y (mm)	15.29
L-Alt	0	Δ_{maks} (mm)	58.5
		Δ_y/Δ_{maks}	3.8
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri	
Çap	9.5 (mm)	Kırılma Tipi	Eğilme
Adet	21	Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 57 (mm)
Dik yükleme			Belirgin Beton Dökülmesi: 57 (mm)
Paspayı	14.5 (mm)		Boyuna Donatı Burkulması: 57 (mm)
Donatı oranı	0.0204		Boyuna Donatı kırılması : 0 (mm)
			Spiral Kırılması: 57 (mm)
Enine Donatı ve Yerleşimi		Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)	
Tip			
Etriye Kol Sayısı	2		
Etriye Aralığı	Spiral Çapı : 4 (mm) / Aralık: 19 (mm)		
Enine Donatı Oranı	0.94		
Boyutsuz Özellikleri			
Kesme oranı	4.5		
Eksenel Yük düzeyi	0.086		

Çizelge A.50: Kunnath et al. 1997, A5 Deney numuneninin özellikleri [29]

Adı	Kunnath et al. 1997, A5		
Kesit	Spiral		
Açıklama			
Malzeme Özellikleri		P-d	
Beton dayanımı	35.5 (MPa)		
Enine donatı	Grade :		
	Akma Dayanımı: 434 (MPa) Çekme Dayanım : (MPa)		
Boyuna donatı	Grade:		
	Akma Dayanımı: 448 (MPa) Çekme Dayanımı : 690 (MPa)		
Geometri Özellikleri			
Çap	305 (mm) Çapraz-Kesit: Dairesel		
Uzunluk	L-Çekim: 1,372 (mm) Ölçülen: 1,372 (mm)		
Test Düzeni	Konsol		
Yükleme Özellikleri			
Eksenel Yük	222 (kN)		
P-D	Kesilme sağlandı		
L-Üst	0		
L-Alt	0		
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Deney Sonuçları	
Çap	9.5 (mm)	V_{maks} (kN)	77
Adet	21	M_{maks} (kNm)	123
Dik yükleme		Δ_y (mm)	16.84
Paspayı	14.5 (mm)	Δ_{maks} (mm)	76.34
Donatı oranı	0.0204	Δ_y/Δ_{maks}	4.5
Enine Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri	
Tip		Kırılma Tipi	Eğilme
Etriye Kol Sayısı	2	Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 75 (mm)
Etriye Aralığı	Spiral Çapı : 4 (mm) / Aralık: 19 (mm)		Belirgin Beton Dökülmesi: 75 (mm)
Enine Donatı Oranı	0.94		Boyuna Donatı Burkulması: 75 (mm)
Boyutsuz Özellikleri			Boyuna Donatı kırılması : 75 (mm)
Kesme oranı	4.5		Spiral Kırılması: 0 (mm)
Eksenel Yük düzeyi	0.086		Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)

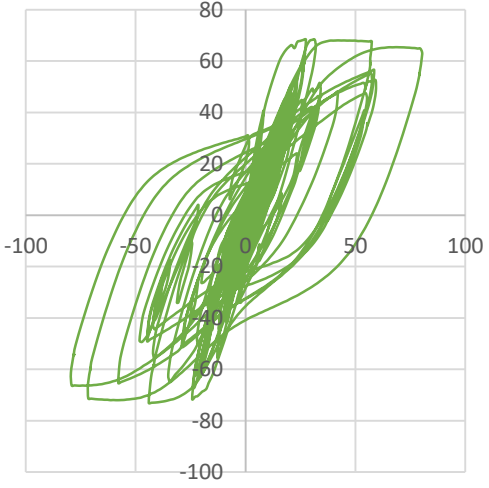
Çizelge A.51: Kunnath et al. 1997, A6 Deney numunenin özellikleri [29]

Adı	Kunnath et al. 1997, A6		
Kesit	Spiral		
Açıklama			
Malzeme Özellikleri		P-d	
Beton dayanımı	35.5 (MPa)		
Enine donatı	Grade :		
	Akma Dayanımı: 434 (MPa) Çekme Dayanım : (MPa)		
Boyuna donatı	Grade:		
	Akma Dayanımı: 448 (MPa) Çekme Dayanımı : 690 (MPa)		
Geometri Özellikleri			
Çap	305 (mm) Çapraz-Kesit: Dairesel		
Uzunluk	L-Çekim: 1,372 (mm) Ölçülen: 1,372 (mm)		
Test Düzeni	Konsol		
Yükleme Özellikleri		Deney Sonuçları	
Eksenel Yük	222 (kN)	V_{maks} (kN)	77
P-D	Kesilme sağlandı	M_{maks} (kNm)	119
L-Üst	0	Δ_y (mm)	13.53
L-Alt	0	Δ_{maks} (mm)	95.47
		Δ_y/Δ_{maks}	7.1
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri	
Çap	9.5 (mm)	Kırılma Tipi	Eğilme
Adet	21	Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 0 (mm)
Dik yükleme			Belirgin Beton Dökülmesi: 75 (mm)
Paspayı	14.5 (mm)		Boyuna Donatı Burkulması: 75 (mm)
Donatı oranı	0.0204		Boyuna Donatı kırılması : 0 (mm)
			Spiral Kırılması: 75 (mm)
Enine Donatı ve Yerleşimi		Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)	
Tip			
Etriye Kol Sayısı	2		
Etriye Aralığı	Spiral Çapı : 4 (mm) / Aralık: 19 (mm)		
Enine Donatı Oranı	0.94		
Boyutsuz Özellikleri			
Kesme oranı	4.5		
Eksenel Yük düzeyi	0.086		

Çizelge A.52: Kunnath et al. 1997, A7 Deney numuneninin özellikleri [29]

Adı	Kunnath et al. 1997, A7				
Kesit	Spiral				
Açıklama					
Malzeme Özellikleri		P-d			
Beton dayanımı	32.8 (MPa)				
Enine donatı	Grade :				
	Akma Dayanımı: 434 (MPa) Çekme Dayanım : (MPa)				
Boyuna donatı	Grade:				
	Akma Dayanımı: 448 (MPa) Çekme Dayanımı : 690 (MPa)				
Geometri Özellikleri					
Çap	305 (mm) Çapraz-Kesit: Dairesel				
Uzunluk	L-Çekim: 1,372 (mm) Ölçülen: 1,372 (mm)				
Test Düzeni	Konsol				
Yükleme Özellikleri					
Eksenel Yük	222 (kN)				
P-D	Kesilme sağlandı				
L-Üst	0				
L-Alt	0				
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Deney Sonuçları			
Çap	9.5 (mm)	V_{maks} (kN)	79		
Adet	21	M_{maks} (kNm)	120		
Dik yükleme		Δ_y (mm)	11.14		
Paspayı	14.5 (mm)	Δ_{maks} (mm)	81.14		
Donatı oranı	0.0204	Δ_y/Δ_{maks}	7.3		
Enine Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri			
Tip		Kırılma Tipi	Eğilme		
Etriye Kol Sayısı	2	Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 20 (mm)		
Etriye Aralığı	Spiral Çapı : 4 (mm) / Aralık: 19 (mm)		Belirgin Beton Dökülmesi: 80 (mm)		
Enine Donatı Oranı	0.94		Boyuna Donatı Burkulması: 80 (mm)		
Boyutsuz Özellikleri			Boyuna Donatı kırılması : 0 (mm)		
Kesme oranı	4.5		Spiral Kırılması: 80 (mm)		
Eksenel Yük düzeyi	0.093		Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)		

Çizelge A.53: Kunnath et al. 1997, A8 Deney numunenin özellikleri [29]

Adı	Kunnath et al. 1997, A8		
Kesit	Spiral		
Açıklama			
Malzeme Özellikleri		P-d	
Beton dayanımı	32.8 (MPa)		
Enine donatı	Grade :		
	Akma Dayanımı: 434 (MPa) Çekme Dayanım : (MPa)		
Boyuna donatı	Grade:		
	Akma Dayanımı: 448 (MPa) Çekme Dayanımı : 690 (MPa)		
Geometri Özellikleri			
Çap	305 (mm) Çapraz-Kesit: Dairesel		
Uzunluk	L-Çekim: 1,372 (mm) Ölçülen: 1,372 (mm)		
Test Düzeni	Konsol		
Yükleme Özellikleri			
Eksenel Yük	222 (kN)		
P-D	Kesilme sağlandı		
L-Üst	0		
L-Alt	0		
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Deney Sonuçları	
Çap	9.5 (mm)	V_{maks} (kN)	68
Adet	21	M_{maks} (kNm)	107
Dik yükleme		Δ_y (mm)	15.43
Paspayı	14.5 (mm)	Δ_{maks} (mm)	80.45
Donatı oranı	0.0204	Δ_y/Δ_{maks}	5.2
Enine Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri	
Tip		Kırılma Tipi	Eğilme
Etriye Kol Sayısı	2	Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 32 (mm)
Etriye Aralığı	Spiral Çapı : 4 (mm) / Aralık: 19 (mm)		Belirgin Beton Dökülmesi: 58 (mm)
Enine Donatı Oranı	0.94		Boyuna Donatı Burkulması: 80 (mm)
Boyutsuz Özellikleri			Boyuna Donatı kırılması : 0 (mm)
Kesme oranı	4.5		Spiral Kırılması: 80 (mm)
Eksenel Yük düzeyi	0.093		Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)

Çizelge A.54: Kunnath et al. 1997, A9 Deney numunenin özellikleri [29]

Adı	Kunnath et al. 1997, A9		
Kesit	Spiral		
Açıklama			
Malzeme Özellikleri		P-d	
Beton dayanımı	32.5 (MPa)		
Enine donatı	Grade :		
	Akma Dayanımı: 434 (MPa) Çekme Dayanım : (MPa)		
Boyuna donatı	Grade:		
	Akma Dayanımı: 448 (MPa) Çekme Dayanımı : 690 (MPa)		
Geometri Özellikleri			
Çap	305 (mm) Çapraz-Kesit: Dairesel		
Uzunluk	L-Çekim: 1,372 (mm) Ölçülen: 1,372 (mm)		
Test Düzeni	Konsol		
Yükleme Özellikleri			
Eksenel Yük	222 (kN)		
P-D	Kesilme sağlandı		
L-Üst	0		
L-Alt	0		
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Deney Sonuçları	
Çap	9.5 (mm)	V_{maks} (kN)	75
Adet	21	M_{maks} (kNm)	114
Dik yükleme		Δ_y (mm)	11.87
Paspayı	14.5 (mm)	Δ_{maks} (mm)	90.53
Donatı oranı	0.0204	Δ_y/Δ_{maks}	7.6
Enine Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri	
Tip		Kırılma Tipi	Eğilme
Etriye Kol Sayısı	2	Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 57 (mm)
Etriye Aralığı	Spiral Çapı : 4 (mm) / Aralık: 19 (mm)		Belirgin Beton Dökülmesi: 63 (mm)
Enine Donatı Oranı	0.94		Boyuna Donatı Burkulması: 63 (mm)
Boyutsuz Özellikleri			Boyuna Donatı kırılması : 0 (mm)
Kesme oranı	4.5		Spiral Kırılması: 90 (mm)
Eksenel Yük düzeyi	0.093	Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)	

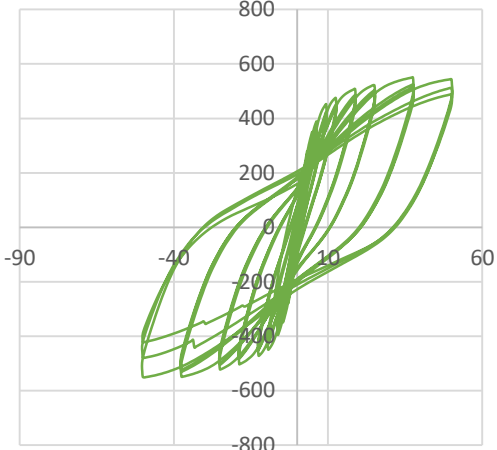
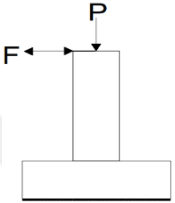
Çizelge A.55: Kunnath et al. 1997, A10 Deney numunenin özellikleri [29]

Adı	Kunnath et al. 1997, A10		
Kesit	Spiral		
Açıklama			
Malzeme Özellikleri		P-d	
Beton dayanımı	27 (MPa)		
Enine donatı	Grade :		
	Akma Dayanımı: 434 (MPa) Çekme Dayanım : (MPa)		
Boyuna donatı	Grade:		
	Akma Dayanımı: 448 (MPa) Çekme Dayanımı : 690 (MPa)		
Geometri Özellikleri			
Çap	305 (mm) Çapraz-Kesit: Dairesel		
Uzunluk	L-Çekim: 1,372 (mm) Ölçülen: 1,372 (mm)		
Test Düzeni	Konsol		
Yükleme Özellikleri			
Eksenel Yük	200 (kN)		
P-D	Kesilme sağlandı		
L-Üst	0		
L-Alt	0		
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Deney Sonuçları	
Çap	9.5 (mm)	V_{maks} (kN)	74
Adet	21	M_{maks} (kNm)	113
Dik yükleme		Δ_y (mm)	12.05
Paspayı	14.5 (mm)	Δ_{maks} (mm)	90.66
Donatı oranı	0.0204	Δ_y/Δ_{maks}	7.5
Enine Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri	
Tip		Kırılma Tipi	Eğilme
Etriye Kol Sayısı	2	Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 32 (mm)
Etriye Aralığı	Spiral Çapı : 4 (mm) / Aralık: 19 (mm)		Belirgin Beton Dökülmesi: 50 (mm)
Enine Donatı Oranı	0.94		Boyuna Donatı Burkulması: 82 (mm)
Boyutsuz Özellikleri			Boyuna Donatı kırılması : 0 (mm)
Kesme oranı	4.5		Spiral Kırılması: 82 (mm)
Eksenel Yük düzeyi	0.101		Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)

Çizelge A.56: Kunnath et al. 1997, A12 Deney numunenin özellikleri [29]

Adı	Kunnath et al. 1997, A12		
Kesit	Spiral		
Açıklama			
Malzeme Özellikleri		P-d	
Beton dayanımı	27 (MPa)		
Enine donatı	Grade :		
	Akma Dayanımı: 434 (MPa) Çekme Dayanım : (MPa)		
Boyuna donatı	Grade:		
	Akma Dayanımı: 448 (MPa) Çekme Dayanımı : 690 (MPa)		
Geometri Özellikleri			
Çap	305 (mm) Çapraz-Kesit: Dairesel		
Uzunluk	L-Çekim: 1,372 (mm) Ölçülen: 1,372 (mm)		
Test Düzeni	Konsol		
Yükleme Özellikleri		Deney Sonuçları	
Eksenel Yük	200 (kN)	V_{maks} (kN)	72
P-D	Kesilme sağlandı	M_{maks} (kNm)	109
L-Üst	0	Δ_y (mm)	11.24
L-Alt	0	Δ_{maks} (mm)	57.71
		Δ_y/Δ_{maks}	5.1
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri	
Çap	9.5 (mm)	Kırılma Tipi	Eğilme
Adet	21	Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 50 (mm)
Dik yükleme			Belirgin Beton Dökülmesi: 81 (mm)
Paspayı	14.5 (mm)		Boyuna Donatı Burkulması: 81 (mm)
Donatı oranı	0.0204		Boyuna Donatı kırılması : 0 (mm)
			Spiral Kırılması: 81 (mm)
Enine Donatı ve Yerleşimi		Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)	
Tip			
Etriye Kol Sayısı	2		
Etriye Aralığı	Spiral Çapı : 4 (mm) / Aralık: 19 (mm)		
Enine Donatı Oranı	0.94		
Boyutsuz Özellikleri			
Kesme oranı	4.5		
Eksenel Yük düzeyi	0.101		

Çizelge A.57: Vu et al. 1998, NH3 Deney numunenin özellikleri [30]

Adı	Vu et al. 1998, NH3											
Kesit	Spiral											
Açıklama												
Malzeme Özellikleri		P-d										
Beton dayanımı	39.4 (MPa)											
Enine donatı	Grade :											
	Akma Dayanımı: 434 (MPa) Çekme Dayanım : (MPa)											
Boyuna donatı	Grade:											
	Akma Dayanımı: 448 (MPa) Çekme Dayanımı : 690 (MPa)											
Geometri Özellikleri												
Çap	457 (mm) Çapraz-Kesit: Dairesel											
Uzunluk	L-Çekim: 910 (mm) Ölçülen:910 (mm)											
Test Düzeni	Konsol											
Yükleme Özellikleri						Deney Sonuçları						
Eksenel Yük	970 (kN)											
P-D	Kesilme sağlandı											
L-Üst	0											
L-Alt	0											
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri										
Çap	9.5 (mm)											
Adet	20											
Dik yükleme												
Paspayı	24.8 (mm)											
Donatı oranı	0.0241											
Enine Donatı ve Yerleşimi		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Kırılma Tipi</th> <th>Eğilme</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="6">Hasar Gözlemleri</td> <td>Betonun Ezilmesi: 37.5 (mm)</td> </tr> <tr> <td>Belirgin Beton Dökülmesi: 37.5 (mm)</td> </tr> <tr> <td>Boyuna Donatı Burkulması 81 (mm)</td> </tr> <tr> <td>Boyuna Donatı kırılması : 100 (mm)</td> </tr> <tr> <td>Spiral Kırılması: 0 (mm)</td> </tr> <tr> <td>Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)</td> </tr> </tbody> </table>		Kırılma Tipi	Eğilme	Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 37.5 (mm)	Belirgin Beton Dökülmesi: 37.5 (mm)	Boyuna Donatı Burkulması 81 (mm)	Boyuna Donatı kırılması : 100 (mm)	Spiral Kırılması: 0 (mm)	Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)
Kırılma Tipi	Eğilme											
Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 37.5 (mm)											
	Belirgin Beton Dökülmesi: 37.5 (mm)											
	Boyuna Donatı Burkulması 81 (mm)											
	Boyuna Donatı kırılması : 100 (mm)											
	Spiral Kırılması: 0 (mm)											
	Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)											
Tip												
Etriye Kol Sayısı	2											
Etriye Aralığı	Spiral Çapı : 9.5 (mm) / Aralık: 60 (mm)											
Enine Donatı Oranı	1.14											
Boyutsuz Özellikleri												
Kesme oranı	1.99											
Eksenel Yük düzeyi	0.15											

Çizelge A.58: Lehman et al. 1998, 415 Deney numunenin özellikleri [31]

Adı	Lehman et al. 1998, 415		
Kesit	Spiral		
Açıklama			
Malzeme Özellikleri		P-d	
Beton dayanımı	31 (MPa)		
Enine donatı	Grade :		
	Akma Dayanımı: 606.8 (MPa) Çekme Dayanım : (MPa)		
Boyuna donatı	Grade:		
	Akma Dayanımı: 462 (MPa) Çekme Dayanımı : 630 (MPa)		
Geometri Özellikleri			
Çap	609.6 (mm) Çapraz-Kesit: Dairesel		
Uzunluk	L-Çekim: 2,438.4 (mm) Ölçülen: 2,438.4(mm)		
Test Düzeni	Konsol		
Yükleme Özellikleri			
Eksenel Yük	653.86 (kN)		
P-D	P Ram dönüşü azalır V		
L-Üst	0		
L-Alt	450		
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Deney Sonuçları	
Çap	15.9 (mm)	V_{maks} (kN)	269
Adet	22	M_{maks} (kNm)	708
Dik yükleme		Δ_y (mm)	17.6
Paspayı	22.2 (mm)	Δ_{maks} (mm)	179
Donatı oranı	0.0149	Δ_y/Δ_{maks}	10.2
Enine Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri	
Tip		Kırılma Tipi	Eğilme
Etriye Kol Sayısı	2	Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 38.1 (mm)
Etriye Aralığı	Spiral Çapı : 6.4 (mm) / Aralık: 31.8 (mm)		Belirgin Beton Dökülmesi: 37.5 (mm)
Enine Donatı Oranı	0.7		Boyuna Donatı Burkulması: 127 (mm)
Boyutsuz Özellikleri			Boyuna Donatı kırılması : 178 (mm)
Kesme oranı	4		Spiral Kırılması: 135 (mm)
Eksenel Yük düzeyi	0.072		Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)

Çizelge A.59: Lehman et al. 1998, 815 Deney numunenin özellikleri [31]

Adı	Lehman et al. 1998, 815		
Kesit	Spiral		
Açıklama			
Malzeme Özellikleri		P-d	
Beton dayanımı	31 (MPa)		
Enine donatı	Grade :		
	Akma Dayanımı: 606.8 (MPa) Çekme Dayanım : (MPa)		
Boyuna donatı	Grade:		
	Akma Dayanımı: 462 (MPa) Çekme Dayanımı : 630 (MPa)		
Geometri Özellikleri			
Çap	609.6 (mm) Çapraz-Kesit: Dairesel		
Uzunluk	L-Çekim: 4,876.8 (mm) Ölçülen: 4,876.8 (mm)		
Test Düzeni	Konsol		
Yükleme Özellikleri			
Eksenel Yük	653.86 (kN)		
P-D	P Ram dönüşü azalır V		
L-Üst	0		
L-Alt	450		
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Deney Sonuçları	
Çap	15.9 (mm)	V_{maks} (kN)	130
Adet	22	M_{maks} (kNm)	745
Dik yükleme		Δ_y (mm)	64.81
Paspayı	22.2 (mm)	Δ_{maks} (mm)	446
Donatı oranı	0.0149	Δ_y/Δ_{maks}	6.9
Enine Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri	
Tip		Kırılma Tipi	Eğilme
Etriye Kol Sayısı	2	Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 133 (mm)
Etriye Aralığı	Spiral Çapı : 6.4 (mm) / Aralık: 31.8 (mm)		Belirgin Beton Dökülmesi: 178 (mm)
Enine Donatı Oranı	0.7		Boyuna Donatı Burkulması : 445 (mm)
Boyutsuz Özellikleri			Boyuna Donatı kırılması : 445 (mm)
Kesme oranı	4		Spiral Kırılması: 445 (mm)
Eksenel Yük düzeyi	0.072		Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)

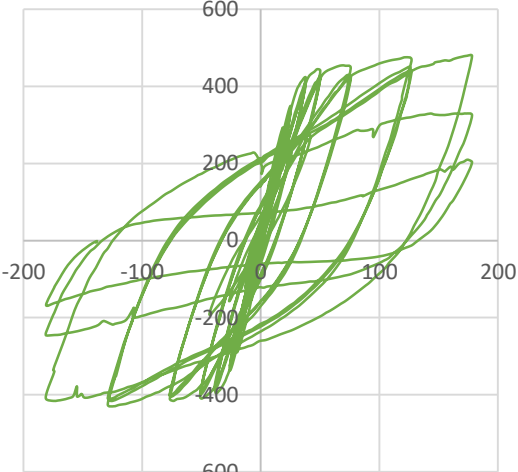
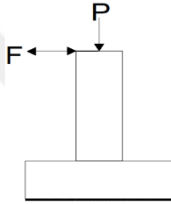
Çizelge A.60: Lehman et al. 1998, 1015 Deney numunenin özellikleri [31]

Adı	Lehman et al. 1998, 1015		
Kesit	Spiral		
Açıklama			
Malzeme Özellikleri		P-d	
Beton dayanımı	31 (MPa)		
Enine donatı	Grade :		
	Akma Dayanımı: 606.8 (MPa) Çekme Dayanım : (MPa)		
Boyuna donatı	Grade:		
	Akma Dayanımı: 462 (MPa) Çekme Dayanımı : 630 (MPa)		
Geometri Özellikleri			
Çap	609.6 (mm) Çapraz-Kesit: Dairesel		
Uzunluk	L-Çekim: 6,096 (mm) Ölçülen: 6,096 (mm)		
Test Düzeni	Konsol		
Yükleme Özellikleri			
Eksenel Yük	653.86 (kN)		
P-D	P Ram dönüşü azalır V		
L-Üst	0		
L-Alt	450		
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Deney Sonuçları	
Çap	15.9 (mm)	V_{maks} (kN)	80
Adet	22	M_{maks} (kNm)	604
Dik yükleme		Δ_y (mm)	109.46
Paspayı	22.2 (mm)	Δ_{maks} (mm)	639.8
Donatı oranı	0.0149	Δ_y/Δ_{maks}	5.8
Enine Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri	
Tip		Kırılma Tipi	Eğilme
Etriye Kol Sayısı	2	Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 191 (mm)
Etriye Aralığı	Spiral Çapı : 6.4 (mm) / Aralık: 31.8 (mm)		Belirgin Beton Dökülmesi: 254 (mm)
Enine Donatı Oranı	0.7		Boyuna Donatı Burkulması : 635 (mm)
Boyutsuz Özellikleri			Boyuna Donatı kırılması : 635 (mm)
Kesme oranı	10		Spiral Kırılması: 635 (mm)
Eksenel Yük düzeyi	0.072		Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)

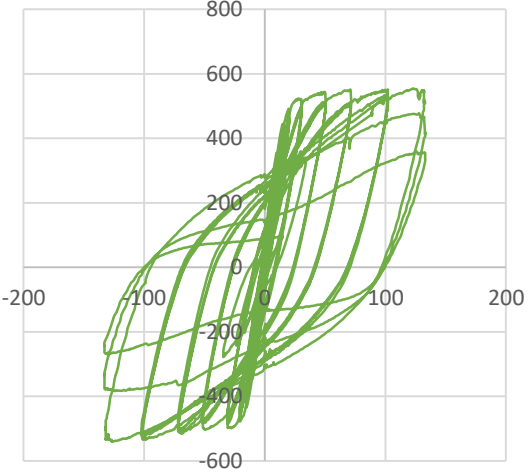
Çizelge A.61: Lehman et al. 1998, 407 Deney numunenin özellikleri [32]

Adı	Lehman et al. 1998, 407		
Kesit	Spiral		
Açıklama			
Malzeme Özellikleri		P-d	
Beton dayanımı	31 (MPa)		
Enine donatı	Grade :		
	Akma Dayanımı: 606.8 (MPa) Çekme Dayanım : (MPa)		
Boyuna donatı	Grade:		
	Akma Dayanımı: 462 (MPa) Çekme Dayanımı : 630 (MPa)		
Geometri Özellikleri			
Çap	609.6 (mm) Çapraz-Kesit: Dairesel		
Uzunluk	L-Çekim: 2,438.4 (mm) Ölçülen: 2,438.4(mm)		
Test Düzeni	Konsol		
Yükleme Özellikleri			
Eksenel Yük	653.86 (kN)		
P-D	P Ram dönüşü azalır V		
L-Üst	0		
L-Alt	450		
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Deney Sonuçları	
Çap	15.9 (mm)	V_{maks} (kN)	172
Adet	22	M_{maks} (kNm)	443
Dik yükleme		Δ_y (mm)	13.18
Paspayı	22.2 (mm)	Δ_{maks} (mm)	127
Donatı oranı	0.0075	Δ_y/Δ_{maks}	9.6
Enine Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri	
Tip		Kırılma Tipi	Eğilme
Etriye Kol Sayısı	2	Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 0 (mm)
Etriye Aralığı	Spiral Çapı : 6.4 (mm) / Aralık: 31.8 (mm)		Belirgin Beton Dökülmesi: 38.1 (mm)
Enine Donatı Oranı	0.7		Boyuna Donatı Burkulması : 127 (mm)
Boyutsuz Özellikleri			Boyuna Donatı kırılması : 127 (mm)
Kesme oranı	4		Spiral Kırılması: 127 (mm)
Eksenel Yük düzeyi	0.072		Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)

Çizelge A.62: Lehman et al. 1998, 430 Deney numunenin özellikleri [31]

Adı	Lehman et al. 1998, 430			
Kesit	Spiral			
Açıklama	Boyuna çubuklar iki kat halinde paketlenmiştir			
Malzeme Özellikleri		P-d		
Beton dayanımı	31 (MPa)			
Enine donatı	Grade :			
	Akma Dayanımı: 606.8 (MPa) Çekme Dayanım : (MPa)			
Boyuna donatı	Grade:			
	Akma Dayanımı: 462 (MPa) Çekme Dayanımı : 630 (MPa)			
Geometri Özellikleri				
Çap	609.6 (mm) Çapraz-Kesit: Dairesel			
Uzunluk	L-Çekim: 2,438.4 (mm) Ölçülen: 2,438.4(mm)			
Test Düzeni	Konsol			
Yükleme Özellikleri				
Eksenel Yük	653.86 (kN)			
P-D	P Ram dönüşü azalır V			
L-Üst	0			
L-Alt	450			
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Deney Sonuçları		
Çap	15.9 (mm)	V_{maks} (kN)	448	
Adet	44	M_{maks} (kNm)	1180	
Dik yükleme		Δ_y (mm)	26.18	
Paspayı	22.2 (mm)	Δ_{maks} (mm)	178	
Donatı oranı	0.0298	Δ_y/Δ_{maks}	6.8	
Enine Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri		
Tip		Kırılma Tipi	Eğilme	
Etriye Kol Sayısı	2	Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 38.1 (mm)	
Etriye Aralığı	Spiral Çapı : 6.4 (mm) / Aralık: 31.8 (mm)		Belirgin Beton Dökülmesi: 50.8 (mm)	
Enine Donatı Oranı	0.7		Boyuna Donatı Burkulması : 178 (mm)	
Boyutsuz Özellikleri			Boyuna Donatı kırılması : 0 (mm)	
Kesme oranı	4		Spiral Kırılması: 178 (mm)	
Eksenel Yük düzeyi	0.072	Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)		

Çizelge A.63: Calderone et al. 2000, 328 Deney numunenin özellikleri [33]

Adı	Calderone et al. 2000, 328		
Kesit	Spiral		
Açıklama			
Malzeme Özellikleri		P-d	
Beton dayanımı	34.5 (MPa)		
Enine donatı	Grade :		
	Akma Dayanımı: 606.8 (MPa) Çekme Dayanım : (MPa)		
Boyuna donatı	Grade:		
	Akma Dayanımı: 441.3 (MPa) Çekme Dayanımı : 602 (MPa)		
Geometri Özellikleri			
Çap	609.6 (mm) Çapraz-Kesit: Dairesel		
Uzunluk	L-Çekim: 1,828.8 (mm) Ölçülen: 1,828.8(mm)		
Test Düzeni	Konsol		
Yükleme Özellikleri		Deney Sonuçları	
Eksenel Yük	911.84 (kN)	V_{maks} (kN)	525
P-D	P Ram dönüşü azalır V	M_{maks} (kNm)	1030
L-Üst	0	Δ_y (mm)	14.88
L-Alt	450	Δ_{maks} (mm)	133
		Δ_y/Δ_{maks}	8.9
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri	
Çap	19 (mm)	Kırılma Tipi	Eğilme
Adet	28	Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 0 (mm)
Dik yükleme			Belirgin Beton Dökülmesi: 0 (mm)
Paspayı	28.6 (mm)		Boyuna Donatı Burkulması : 125 (mm)
Donatı oranı	0.0273		Boyuna Donatı kırılması : 132 (mm)
			Spiral Kırılması: 132 (mm)
Enine Donatı ve Yerleşimi		Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)	
Tip			
Etriye Kol Sayısı	2		
Etriye Aralığı	Spiral Çapı : 6.4 (mm) / Aralık: 25.4 (mm)		
Enine Donatı Oranı	0.89		
Boyutsuz Özellikleri			
Kesme oranı	3		
Eksenel Yük düzeyi	0.091		

Çizelge A.64: Calderone et al. 2000, 828 Deney numunenin özellikleri [33]

Adı	Calderone et al. 2000, 828			
Kesit	Spiral			
Açıklama	Tabandan 3 feet e kadar % 0.9 luk kasnak çeliği sağlanmıştır.			
Malzeme Özellikleri		P-d		
Beton dayanımı	34.5 (MPa)			
Enine donatı	Grade :			
	Akma Dayanımı: 606.8 (MPa) Çekme Dayanım : (MPa)			
Boyuna donatı	Grade:			
	Akma Dayanımı: 441.3 (MPa) Çekme Dayanımı : 602 (MPa)			
Geometri Özellikleri				
Çap	609.6 (mm) Çapraz-Kesit: Dairesel			
Uzunluk	L-Çekim: 4,876.8 (mm) Ölçülen: 4,876.8 (mm)			
Test Düzeni	Konsol			
Yükleme Özellikleri				
Eksenel Yük	911.84 (kN)			
P-D	P Ram dönüşü azalır V			
L-Üst	0			
L-Alt	450			
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Deney Sonuçları		
Çap	19 (mm)	V_{maks} (kN)	172	
Adet	28	M_{maks} (kNm)	975	
Dik yükleme		Δ_y (mm)	83.04	
Paspayı	28.6 (mm)	Δ_{maks} (mm)	465	
Donatı oranı	0.0273	Δ_y/Δ_{maks}	5.6	
Enine Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri		
Tip		Kırılma Tipi	Eğilme	
Etriye Kol Sayısı	2	Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 0 (mm)	
Etriye Aralığı	Spiral Çapı : 6.4 (mm) / Aralık: 25.4 (mm)		Belirgin Beton Dökülmesi: 0 (mm)	
Enine Donatı Oranı	0.89		Boyuna Donatı Burkulması : 600 (mm)	
Boyutsuz Özellikleri			Boyuna Donatı kırılması : 0 (mm)	
Kesme oranı	8		Spiral Kırılması: 750 (mm)	
Eksenel Yük düzeyi	0.091		Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)	

Çizelge A.65: Nelson and Price 2000, Col3 Deney numunenin özellikleri [34]

Adı	Nelson and Price 2000, Col3			
Kesit	Spiral			
Açıklama				
Malzeme Özellikleri		P-d		
Beton dayanımı	57 (MPa)			
Enine donatı	Grade :			
	Akma Dayanımı: 455 (MPa)			
Boyuna donatı	Çekme Dayanım : (MPa)			
	Grade:			
	Akma Dayanımı: 455 (MPa)			
		Çekme Dayanımı : 723.5 (MPa)		
Geometri Özellikleri				
Çap	508 (mm) Çapraz-Kesit: Dairesel			
Uzunluk	L-Çekim: 1,524 (mm) Ölçülen: 1,524 (mm)			
Test Düzeni	Konsol			
Yükleme Özellikleri				
Eksenel Yük	1,139 (kN)			
P-D	P Ram dönüşü azalır V			
L-Üst	0			
L-Alt	609.6			
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Deney Sonuçları		
Çap	16 (mm)	V_{maks} (kN)	260	
Adet	10	M_{maks} (kNm)	423	
Dik yükleme		Δ_y (mm)	9.09	
Paspayı	21.3 (mm)	Δ_{maks} (mm)	57.9	
Donatı oranı	0.0099	Δ_y/Δ_{maks}	6.4	
Enine Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri		
Tip		Kırılma Tipi	Eğilme	
Etriye Kol Sayısı	2	Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 0 (mm)	
Etriye Aralığı	Spiral Çapı : 4.5 (mm) / Aralık: 102 (mm)		Belirgin Beton Dökülmesi: 29.2 (mm)	
Enine Donatı Oranı	0.13		Boyuna Donatı Burkulması : 47.8 (mm)	
Boyutsuz Özellikleri			Boyuna Donatı kırılması : 0 (mm)	
Kesme oranı	3		Spiral Kırılması: 47.8 (mm)	
Eksenel Yük düzeyi	0.099		Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 57.9 (mm)	

Çizelge A.66: Nelson and Price 2000, Col4 Deney numunenin özellikleri [34]

Adı	Nelson and Price 2000, Col4		
Kesit	Spiral		
Açıklama			
Malzeme Özellikleri		P-d	
Beton dayanımı	52.7 (MPa)		
Enine donatı	Grade :		
	Akma Dayanımı: 455 (MPa) Çekme Dayanım : (MPa)		
Boyuna donatı	Grade:		
	Akma Dayanımı: 455 (MPa) Çekme Dayanımı : 723.5 (MPa)		
Geometri Özellikleri			
Çap	508 (mm) Çapraz-Kesit: Dairesel		
Uzunluk	L-Çekim: 1,524 (mm) Ölçülen: 1,524 (mm)		
Test Düzeni	Konsol		
Yükleme Özellikleri			
Eksenel Yük	1,139 (kN)		
P-D	P Ram dönüşü azalır V		
L-Üst	0		
L-Alt	609.6		
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Deney Sonuçları	
Çap	16 (mm)	V_{maks} (kN)	252
Adet	10	M_{maks} (kNm)	415
Dik yükleme		Δ_y (mm)	9.48
Paspayı	21.3 (mm)	Δ_{maks} (mm)	45.7
Donatı oranı	0.0099	Δ_y/Δ_{maks}	4.8
Enine Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri	
Tip		Kırılma Tipi	Eğilme
Etriye Kol Sayısı	2	Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 0 (mm)
Etriye Aralığı	Spiral Çapı : 4.5 (mm) / Aralık: 102 (mm)		Belirgin Beton Dökülmesi: 45 (mm)
Enine Donatı Oranı	0.13		Boyuna Donatı Burkulması : 45 (mm)
Boyutsuz Özellikleri			Boyuna Donatı kırılması : 0 (mm)
Kesme oranı	3		Spiral Kırılması: 45 (mm)
Eksenel Yük düzeyi	0.107		Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 45.7 (mm)

Çizelge A.67: Henry 1998, 415p Deney numunenin özellikleri [35]

Adı	Henry 1998, 415p		
Kesit	Spiral		
Açıklama			
Malzeme Özellikleri		P-d	
Beton dayanımı	37.2 (MPa)		
Enine donatı	Grade :		
	Akma Dayanımı: 606.8 (MPa) Çekme Dayanım : (MPa)		
Boyuna donatı	Grade:		
	Akma Dayanımı: 462 (MPa) Çekme Dayanımı : 500 (MPa)		
Geometri Özellikleri			
Çap	609.6 (mm) Çapraz-Kesit: Dairesel		
Uzunluk	L-Çekim: 2,438.4 (mm) Ölçülen: 2,438.4 (mm)		
Test Düzeni	Konsol		
Yükleme Özellikleri			
Eksenel Yük	1,308 (kN)		
P-D	P Ram dönüşü azalır V		
L-Üst	0		
L-Alt	450		
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Deney Sonuçları	
Çap	15.9 (mm)	V_{maks} (kN)	277
Adet	22	M_{maks} (kNm)	831
Dik yükleme		Δ_y (mm)	25.78
Paspayı	21.2 (mm)	Δ_{maks} (mm)	179.07
Donatı oranı	0.0149	Δ_y/Δ_{maks}	6.9
Enine Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri	
Tip		Kırılma Tipi	Eğilme
Etriye Kol Sayısı	2	Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 0 (mm)
Etriye Aralığı	Spiral Çapı : 6.4 (mm) / Aralık: 31.8 (mm)		Belirgin Beton Dökülmesi: 0 (mm)
Enine Donatı Oranı	0.7		Boyuna Donatı Burkulması : 127 (mm)
Boyutsuz Özellikleri			Boyuna Donatı kırılması : 135 (mm)
			Spiral Kırılması: 127 (mm)
Kesme oranı	4		Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)
Eksenel Yük düzeyi	0.12		

Çizelge A.68: Henry 1998, 415S Deney numunenin özellikleri [35]

Adı	Henry 1998, 415s			
Kesit	Spiral			
Açıklama				
Malzeme Özellikleri		P-d		
Beton dayanımı	37.2 (MPa)			
Enine donatı	Grade :			
	Akma Dayanımı: 606.8 (MPa) Çekme Dayanım : (MPa)			
Boyuna donatı	Grade:			
	Akma Dayanımı: 462 (MPa) Çekme Dayanımı : 500 (MPa)			
Geometri Özellikleri				
Çap	609.6 (mm) Çapraz-Kesit: Dairesel			
Uzunluk	L-Çekim: 2,438.4 (mm) Ölçülen: 2,438.4 (mm)			
Test Düzeni	Konsol			
Yükleme Özellikleri				
Eksenel Yük	654 (kN)			
P-D	P Ram dönüşü azalır V			
L-Üst	0			
L-Alt	450			
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Deney Sonuçları		
Çap	15.9 (mm)	V_{maks} (kN)	259	
Adet	22	M_{maks} (kNm)	716	
Dik yükleme		Δ_y (mm)	23.62	
Paspayı	22.2 (mm)	Δ_{maks} (mm)	180.111	
Donatı oranı	0.0149	Δ_y/Δ_{maks}	7.6	
Enine Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri		
Tip		Kırılma Tipi	Eğilme	
Etriye Kol Sayısı	2	Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 0 (mm)	
Etriye Aralığı	Spiral Çapı : 6.4 (mm) / Aralık: 63.5 (mm)		Belirgin Beton Dökülmesi: 0 (mm)	
Enine Donatı Oranı	0.35		Boyuna Donatı Burkulması : 127 (mm)	
Boyutsuz Özellikleri			Boyuna Donatı kırılması : 0 (mm)	
Kesme oranı	4		Spiral Kırılması: 127 (mm)	
Eksenel Yük düzeyi	0.06	Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)		

Çizelge A.69: Calderone et al. 2000, 1028 Deney numunenin özellikleri [35]

Adı	Calderone et al. 2000, 1028		
Kesit	Spiral		
Açıklama	Tabandan 4 feet e kadar % 0.9 luk kasnak çeliği sağlanmıştır.		
Malzeme Özellikleri		P-d	
Beton dayanımı	34.5 (MPa)		
Enine donatı	Grade :		
	Akma Dayanımı: 606.8 (MPa) Çekme Dayanım : (MPa)		
Boyuna donatı	Grade:		
	Akma Dayanımı: 441.3 (MPa) Çekme Dayanımı : 602 (MPa)		
Geometri Özellikleri			
Çap	609.6 (mm) Çapraz-Kesit: Dairesel		
Uzunluk	L-Çekim: 6,096 (mm) Ölçülen: 6,096 (mm)		
Test Düzeni	Konsol		
Yükleme Özellikleri			
Eksenel Yük	911.84 (kN)		
P-D	P Ram dönüşü azalır V		
L-Üst	0		
L-Alt	450		
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Deney Sonuçları	
Çap	19 (mm)	V_{maks} (kN)	157
Adet	28	M_{maks} (kNm)	1160
Dik yükleme		Δ_y (mm)	95.47
Paspayı	28.6 (mm)	Δ_{maks} (mm)	894.08
Donatı oranı	0.0273	Δ_y/Δ_{maks}	9.4
Enine Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri	
Tip		Kırılma Tipi	Eğilme
Etriye Kol Sayısı	2	Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 0 (mm)
Etriye Aralığı	Spiral Çapı : 6.4 (mm) / Aralık: 25.4 (mm)		Belirgin Beton Dökülmesi: 0 (mm)
Enine Donatı Oranı	0.89		Boyuna Donatı Burkulması : 127 (mm)
Boyutsuz Özellikleri			Boyuna Donatı kırılması : 0 (mm)
Kesme oranı	10		Spiral Kırılması: 127 (mm)
Eksenel Yük düzeyi	0.091		Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)

Çizelge A.70: BAP_SC-02 Deney numunenin özellikleri [36]

Adı	BAP_SC-02			
Kesit	Dikdörtgen			
Açıklama				
Malzeme Özellikleri		P-d		
Beton dayanımı	30 (MPa) / Deney Günü 32.5 (MPa)			
Enine donatı	Grade : 420			
	Akma Dayanımı: 790 (MPa) Çekme Dayanım : 890 (MPa)			
Boyuna donatı	Grade: 420			
	Akma Dayanımı: 480 (MPa)			
	Çekme Dayanımı : 637 (MPa)			
Geometri Özellikleri				
Kesit Boyutları	Genişlik 300 (mm) Derinlik 300 (mm)			
Uzunluk	L-Çekim 1170(mm) Ölçülen: 1170 (mm)			
Test Düzeni	Konsol			
Yükleme Özellikleri				
Eksenel Yük	292.5 (kN)			
P-D				
L-Üst				
L-Alt				
Boyuna Donatı ve Yerleşimi		Deney Sonuçları		
Çap	14 (mm)	V_{maks} (kN)	78.317	
Adet	6	M_{maks} (kNm)	110.93	
Dik yükleme	Paspayı 40 (mm)	Δ_y (mm)	11	
P. yükleme	Paspayı 40 (mm)	Δ_{maks} (mm)	66.04	
Donatı oranı	0.0103	Δ_y/Δ_{maks}	6.0012	
Enine Donatı ve Yerleşimi		Hasar Gözlemleri		
Tip	Kapalı Etriye	Kırılma Tipi	Eğilme	
Etriye Kol Sayısı	2	Hasar Gözlemleri	Betonun Ezilmesi: 33 (mm)	
Etriye Aralığı	Spiral Çapı : 8 (mm) / Aralık: 100 (mm)		Belirgin Beton Dökülmesi: 44 (mm)	
Enine Donatı Oranı	0.00335		Boyuna Donatı Burkulması : 55 (mm)	
Boyutsuz Özellikleri			Boyuna Donatı kırılması : (mm)	
Kesme oranı	4.5		Spiral Kırılması: (mm)	
Eksenel Yük düzeyi	0.1		Eksenel Yük Kapasitesi Kaybı: 0 (mm)	



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ghulam Mostafa Waziry
Doğum Yeri : Herat-Afganistan
Doğum Yılı : 1990
Medeni Hali : Evli
Ana Dili : farsça
Yabancı Dili : İngilizce, Türkçe
E-Posta : eng.waziry1697@gmail.com



Eğitim Durumu

Lise : Jami Yüksek Lisesi, 2010
Lisans : Herat Üniversitesi – İnşaat Mühendislik Fakültesi
Yüksek Lisans : İstanbul Aydın Üniversitesi – İnşaat Mühendisliği

Mesleki Deneyim

Kamp Zafar, İnşaat Şirketi : Teknik ofis mühendisliği, testi sorumluluğu (2012).
GE-CS (Küresel Mühendislik ve Uzmanlık Hizmetleri) : İş ilerlemesinin denetlenmesi (2013).
Herat Belediyesi : 2013-2014
Banayee İnşaat Ünitesi : Şantiye Sefliği, Proje Müdürlüğü (2014-2015).

