T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

BETONARME KOLONLARIN SARILMA BÖLGESİ UZUNLUKLARININ ANALİTİK OLARAK İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Selim AYKUTLU

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
İnşaat Mühendisliği Programı

EYLÜL, 2022

T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

BETONARME KOLONLARIN SARILMA BÖLGESİ UZUNLUKLARININ ANALİTİK OLARAK İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Selim AYKUTLU
(Y2013.090003)

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
İnşaat Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Sinan CANSIZ

EYLÜL, 2022

ONAY FORMU

ONUR SÖZÜ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum "Betonarme Kolonların Sarılma Bölgesi Uzunluklarının Analitik Olarak İncelenmesi" adlı çalışmanın, tarafımdan bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazdığımı ve yararlandığım eserlerin Kaynakça'da gösterilen eserlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanmış olduğumu belirtir ve bunu onurumla doğrularım. (18.09.2022)

Selim AYKUTLU

ÖNSÖZ

Tez çalışmasına başladığımız günden itibaren desteğini esirgemeyen Tez Danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Sinan CANSIZ, tezin gelişimindeki katkılarından dolayı jüri üyeleri Prof. Dr. Mehmet Fatih ALTAN ve Dr. Öğr. Üyesi Ouiame CHAKKOR, motivasyon kaynağım olan Sn. Fatma DURAK ve Öğr. Gör. Melek CEYLAN ve tüm çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Hayatımda desteklerini her zaman hissettiğim, karanlığa düştüğüm anda yolumu aydınlatan, hayatım boyunca beni destekleyen canım babam Raif AYKUTLU, annem Neşe AYKUTLU, ağabeyim Yavuz AYKUTLU, en zor anlarda her zaman yanımda olan, sevgi ve güven kaynağım sevgili eşim Filiz AYKUTLU iyi ki varsınız.

Sonsuz teşekkürler…

Eylül, 2022 Selim AYKUTLU

BETONARME KOLONLARIN SARILMA BÖLGESİ UZUNLUKLARININ ANALİTİK OLARAK İNCELENMESİ

ÖZET

Betonarme sistemler, heterojen yapısı, elastik ve doğrusal olmayan davranışı, gerilmelerin yük geçmişi ve zamana bağlı olarak değişmesi nedeniyle, anlaşılabilmesi oldukça zordur. Betonarme sistemlerle yapılan deneysel çalışmalarda, her araştırmacının kendi belirlediği parametrelere göre çalışma yapması nedeniyle net sonuç almak da imkânsız denilebilir. Dolayısıyla betonarme sistemlerin davranışlarını anlayabilmek için, içerisinde kullanılan ana malzemeler olan beton ve çeliğin özelliklerinin iyi bilinmesi gerekmektedir. Çeliğin betona göre daha sünek davranış göstermesi ve şekil değiştirebilme kapasitesinin yüksek olması nedeniyle daha elastik davranış gösterebilmektedir.

Son yıllarda artan bilgisayar kullanımı ve yazılımlar sayesinde betonarme sistemlerin davranışları analitik olarak yapılabilmekte ve tanımlanan deneysel davranış ile kıyaslanabilmektedir. Deneysel çalışmaların, maliyetli, iş gücü ve zaman kaybının fazla olması nedeniyle analitik çalışmalar daha önem kazanmıştır. Bu çalışmada deneysel olarak analizi yapılan betonarme kolonun, Seismo-Struct programı ile modellenmesi ve sonuçların karşılaştırılması sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Analiz, betonarme, sarılma bölgesi.

ANALYTICAL INVESTIGATION OF CONFINEMENT ZONE LENGTHS OF REINFORCED COLUMNS

ABSTRACT

Reinforced concrete systems are difficult to understand due to their heterogeneous structure, elastic and non-linear behavior, stresses changing with load history and time. Reinforced concrete systems, which have been the subject of experimental studies for many years, can be said to be impossible to obtain clear results in experimental studies, since each researcher works according to the parameters determined by himself. Therefore, in order to understand the behavior of reinforced concrete systems, the properties of concrete and steel, which are the main materials used, should be well known. Steel can show more elastic behavior due to its more ductile behavior and higher deformation capacity than concrete.

Thanks to the increasing use of computers and software in recent years, the behavior of reinforced concrete systems can be made analytically and compared with the defined experimental behavior. Analytical studies have gained more importance due to the cost, labor and time loss of experimental studies. In this study, the experimentally analyzed reinforced concrete column was modeled with the Seismo-Struct program and the results were compared.

Keywords: Analysis, reinforced concrete, confinement zone.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ONUR SÖZÜ ..... **i**

ÖNSÖZ ..... **ii**

ÖZET ..... **iii**

ABSTRACT ..... **iv**

İÇİNDEKİLER ..... **v**

KISALTMALAR LİSTESİ ..... **vii**

ÇİZELGELER LİSTESİ ..... **ix**

ŞEKİLLER LİSTESİ ..... **x**

I. GİRİŞ **1**

A. Çalışmanın Amacı ve Önemi 1

B. Çalışmanın Yöntemi 2

C. Çalışmanın Sınırlılığı 2

D. Çalışmanın Aşamaları 2

II. GENEL BİLGİLER VE ÖNCEKİ YAYINLAR **3**

A. Genel Bilgiler 3

B. Literatür Taraması 6

C. Matematiksel Beton Modelleri 11

III. ANALİTİK MODELLER **13**

A. Model Boyutları 13

B. Beton Modeli 14

C. Çelik Modeli 15

D. Yükleme Modeli 17

IV. ANALİTİK MODELLERE AİT SONUÇLAR 20

V. MALZEME MODELLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI 39

VI. ÖNERİ VE SONUÇLAR 40

VII.KAYNAKÇA 42

ÖZGEÇMİŞ 49

KISALTMALAR LİSTESİ

A_c : Kolonun veya perde uç bölgesinin brüt enkesit alanı

A_{ck} : Sargı donatısının dışından dışına alınan ölçü içinde kalan çekirdek beton alanı

A_{sh} : s enine donatı aralığına karşı gelen yükseklik boyunca, kolonda veya perde uç bölgesindeki tüm etriye kollarının ve çirozların enkesit alanı değerlerinin gözönüne alınan bk 'ya dik doğrultudaki izdüşümlerinin toplamı

b_k : Kolon enkesitinde en dıştaki enine donatı eksenleri arasındaki uzaklık

CEN : Avrupa Standartlaştırma Komitesi

DBYBHY : Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik

f_{ck} : Beton karakteristik basınç dayanımı

FEMA : Federal Acil Durum Yönetim Kurumu

f_{ywk} : Enine donatının karakteristik akma dayanımı

L açıklıkları : Seismo-Struct Programında oluşturulan modellerin kolon serbest

l_b : TS500'de çekme donatısı için verilen kenetlenme boyu

l_n : Kolonun kirişler arasında kalan serbest yüksekliği, kirişin kolon veya perde yüzleri arasında kalan serbest açıklığı

MPa : Megapaskal

N_d : Yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan eksenel kuvvet

s : Enine donatı aralığı, spiral/sargı donatı adımı

TBDY : Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018

TS500 : Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları

ÇİZELGELER LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1. Seismo-Struct programı ile oluşturulan malzeme modelleri ve özellikleri 19

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1. Kolon-kiriş birleşim bölgesindeki minimum enine donatı koşulları TBDY 2018. 5

Şekil 2. Mander Beton Modeli (E. Işık, vd. 2019.) 11

Şekil 3. Menegotto-Pinto Çelik Modeli (E. Işık, vd. 2019.). 12

Şekil 4. Seismo-Struct Programında oluşturulan malzeme modelleri 13

Şekil 5. Örnek sarılma bölgeleri gösterimi (h-2h-3h) (L=1600 mm. için) 14

Şekil 6. Beton sınıf ve dayanımları (TS500) 14

Şekil 7. Seismo-Struct programında tanımlanan C30/37 betonunun özellikleri .. 15

Şekil 8. Seismo-Struct Programında oluşturulan modellerin kesiti 15

Şekil 9. Donatı çeliklerinin mekanik özellikleri (TS500) 16

Şekil 10. Seismo-Struct programında tanımlanan S420 çeliğinin özellikleri 16

Şekil 11. Çevrimsel Yükleme 17

Şekil 12. Mono Yükleme (Zamana bağlı artan) 18

Şekil 13. Modelde kullanılan kısaltmalar şeması 18

Şekil 14. M01 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği 20

Şekil 15. M02 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği 21

Şekil 16. M03 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği 21

Şekil 17. M04 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği 22

Şekil 18. M05 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği 22

Şekil 19. M06 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği 23

Şekil 20. M07 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği 23

Şekil 21. M08 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği 24
Şekil 22. M09 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği 24
Şekil 23. M10 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği 25
Şekil 24. M11 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği 25
Şekil 25. M12 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği 26
Şekil 26. M13 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği 26
Şekil 27. M14 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği 27
Şekil 28. M15 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği 27
Şekil 29. M16 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği 28
Şekil 30. M17 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği 28
Şekil 31. M18 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği 29
Şekil 32. M19 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği 29
Şekil 33. M20 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği 30
Şekil 34. M21 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği 30
Şekil 35. M22 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği 31
Şekil 36. M23 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği 31
Şekil 37. M24 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği 32
Şekil 38. M25 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği 32
Şekil 39. M26 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği 33
Şekil 40. M27 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği 33
Şekil 41. M28 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği 34
Şekil 42. M29 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği 34
Şekil 43. M30 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği 35
Şekil 44. M31 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği 35
Şekil 45. M32 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği 36
Şekil 46. M33 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği 36

Şekil 47. M34 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği 37
Şekil 48. M35 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği 37
Şekil 49. M36 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği 38

I. GİRİŞ

Beton ve çelik, insan ihtiyaçlarının farklı amaç ve şekillerde giderilmesinde birçok alanda kullanılmıştır. Özellikle son yüzyılda teknolojik gelişmelere bağlı olarak inşaat sektöründe de birçok gelişme yaşanmaktadır. Beton ve çeliğin birlikte kullanıldığı betonarme sistemler ülkemizde de yaygın olarak kullanılmaktadır.

Betonarme sistem performansını etkileyen parametreler, betonu oluşturan ana ve yardımcı malzemelerin kalitesine bağlı olduğu kadar, eleman geometrisi, kesit özellikleri vb. gibi birçok parametreye de bağlı olarak değişmektedir. Betonarme sistemleri iyi analiz edebilmek için betonu oluşturan ana malzemeleri iyi tanımak kadar üzerine gelen yüklerin etkisinde nasıl davrandığını da iyi analiz etmek gerekir. Betonarme elemanların doğrusal olmayan davranışını, sismik yükler altında incelemek adına uluslararası birçok deneysel ve analitik araştırma yapılmaktadır.

Araştırmacıların yaptığı deneysel çalışmalar ile günden güne betonarme sistemlerin davranışı anlaşılmaya çalışılmıştır. Araştırmacılar maliyetli olması, işgücü ve zaman gereksiniminin fazla olması gibi olumsuz özellikleri nedeniyle deneysel çalışmalardan daha çok analitik çalışmalara yönelmektedir.

Bilgisayar kullanımı ve yazılımlarının artmasıyla inşaat sektöründe günümüzde farklı alanlarda birçok bilgisayar yazılımı kullanılmaya başlanmıştır. Yazılımlar kullanılarak modellenen betonarme eleman davranışları gerçeğe yakın sonuçlar vermektedir. Bu sebeple araştırmalarda da zamanla bu tip yazılımlar kullanılarak sonuca ulaşılmaktadır.

A. Çalışmanın Amacı ve Önemi

Bu tezin amacı TBDY 2018 ile belirlenen kolon sarılma bölgesi uzunluğunun yeterli olup olmadığının sorgulanması ve geçmiş kaynakların ışığında literatüre katkı yaparak yeni çalışmalara ışık olmasıdır.

B. Çalışmanın Yöntemi

Bu tez kapsamında Seismo-Struct v2022 programı kullanılarak farklı parametrelerle 36 adet kolon modellenmiş, davranışları analiz edilmiş ve karşılaştırılmıştır.

C. Çalışmanın Sınırlılığı

Bu çalışma kapsamında l/h değeri 4-8 aralığı, eksenel yük seviyesi 0.2-0.4 aralığı belirlenerek analizler yapılmıştır. Bu sebeple çalışma sonucunda elde edilen değerler bu sınır değerlere sahip kolonlar için geçerlidir. Ayrıca bu sınır değerler Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine uygun olacak şekilde belirlenmiştir.

D. Çalışmanın Aşamaları

Toplam 6 kısımdan oluşan bu tezde, ilk kısım olan giriş bölümünde bu çalışmanın amaç, kapsam konusundan bahsedilecektir. İkinci bölümünde genel bilgiler ve literatür taraması sonuçlarından bahsedilecektir. Üçüncü bölüm Seismo-Struct programında oluşturulan model kolon kombinasyonları ve bu modellenen kolonların özelliklerinden bahsedilecektir. Dördüncü kısım olan analitik modellere ait analiz sonuçları ve yük-yerdeğiştirme grafikleri verilecektir. Beşinci kısımda analiz sonuçlarının karşılaştırılması yapılacak ve bulgular açıklanacaktır. Altıncı ve son kısım olan öneri ve sonuçlar bölümünde ise bu tezin hedefi olan kolon sarılma bölgesinin uzunluğu hakkında önerilerde bulunulacaktır.

II. GENEL BİLGİLER VE ÖNCEKİ YAYINLAR

Bu bölümde öncelikle konu hakkında genel kavramlar, şartnameler ve yönetmelikler hakkında bilgi verilecek ve sonrasında daha önce yapılan çalışmalardan bahsedilecektir.

A. Genel Bilgiler

Türkiye'de yapılan binaların genellikle betonarme olduğunu düşünürsek betonarme yapı sistemlerinin projelendirilmesi, hesaplamaları, yapımı ve kontrolünün önemi büyüktür. Türkiye'nin özellikle deprem bölgesinde olması sebebiyle betonarme sistemler büyük hassasiyet ile irdelenmesi gerekmektedir. Yaşanan depremlerde can kaybının yüksek olması da bunu ispatlamaktadır.

Son yıllarda betonarme sistemlerle ilgili yapılan araştırmaların sayısı artmaktadır. Bu çalışmalar ile ulaşılan bilimsel bulgular neticesinde, zamanla şartname ve yönetmeliklerde de revize yapılarak değişiklere gidilmiştir. Yakın zamanlarda yapılan değişikliklerden biri ise DBYBHY yönetmeliğinin kullanımdan kaldırılarak yerine TBDY 2018 yönetmeliğinin 1 Ocak 2019'da kullanıma girmesi olmuştur.

Kolon sarılma bölgeleri baz alındığında DBYBHY yönetmeliği ile TBDY 2018 yönetmeliği arasında çok fark yoktur. Her iki yönetmelikte de kolon alt ve üst uçlarda özel sarılma bölgeleri oluşturulması istenmektedir.

TBDY 2018 yönetmeliğinde sarılma bölgelerinin her birinin uzunluğu, döşeme üst kotundan yukarı doğru veya kolona bağlanan en derin kirişin alt yüzünden başlayarak aşağı doğru ölçülmek üzere, kolon serbest yüksekliğinin 1/6'sından, kolon en büyük kesit boyutunun 1,5 katından ve 500 mm'den daha küçük olmayacağı belirtilmiştir. Yönetmelikte kolon sarılma bölgelerinde Ø8'den küçük çaplı enine donatı kullanılmasına izin verilmemektedir.

TBDY 2018 yönetmeliğinde kolonlarda boyuna donatı alanı, brüt kesitin %1'inden az, %4'ünden daha büyük olamayacağı belirtilmiştir. Ayrıca kolonlarda

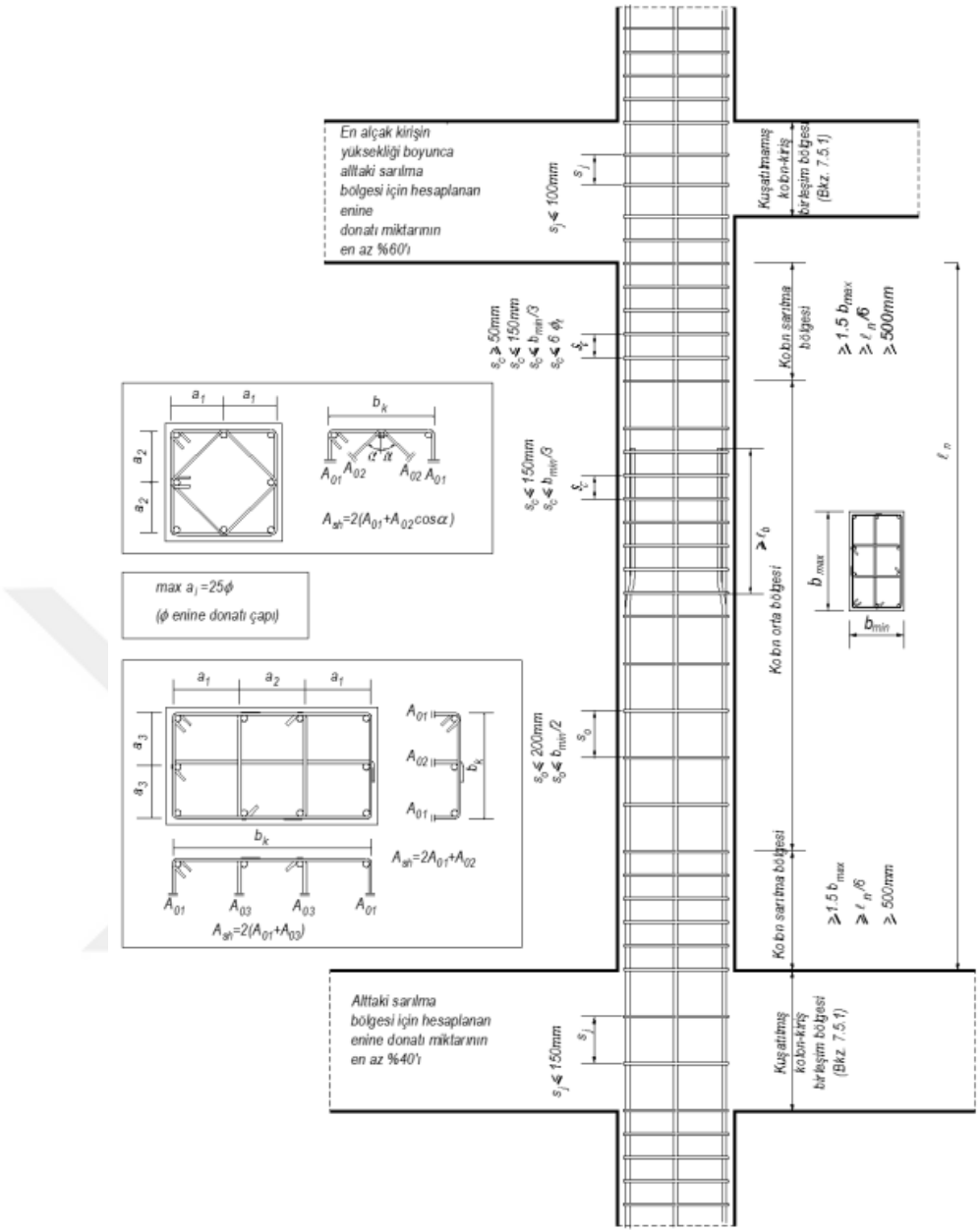
φ14 den daha ince ve dairesel kolonlarda 6 adetten daha az donatı kullanılmasına izin vermemektedir.

TBDY 2018 yönetmeliğine göre etriyeli kolonlar için $N_d > 0.20A_cf_{ck}$ (basınç) olması durumunda sarılma bölgelerindeki minimum toplam enine donatı alanı, Denklem 1 ve Denklem 2'de verilen koşulların elverişsiz olanını sağlayacak şekilde hesaplanacaktır ve bu hesapta kolonun çekirdek boyutu b_k , her iki doğrultu için ayrı ayrı gözönüne alınacaktır.

$$A_{sh} \geq 0{,}30\, s\, b_k [(A_c/A_{ck}) - 1\,](f_{ck}/f_{ywk}) \qquad \text{(Denklem 1)}$$

$$A_{sh} \geq 0{,}75\, s\, b_k\, (f_{ck}/f_{ywk}) \qquad \text{(Denklem 2)}$$

Ayrıca TBDY 2018'de yer alan kolon kiriş birleşim bölgesindeki minimum enine donatı koşulları Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Kolon-kiriş birleşim bölgesindeki minimum enine donatı koşulları TBDY 2018.

TBDY 2018'e göre en küçük kare kolon enkesiti 300 mm×300 mm boyutlarında olacaktır. Yönetmeliğe göre dikdörtgen kolon enkesitlerinde kısa kenar en az 300 mm uzunluğunda olacak ve uzun kenar boyutunun kısa kenara oranı 2'den fazla olmayacaktır.

Bir diğer standart olan TS500'de kolon enine donatı aralığının (s), en küçük boyuna çubuk çapının 12 katından ve 200 mm'den fazla olamayacağı belirtilmiştir.

B. Literatür Taraması

Literatür taraması sırasında anahtar sözcükler kullanılarak farklı veritabanlarında aramalar yapılmış ve çalışmada hedefe ulaşmaya katkı sağlayacak birçok deneysel ve analitik çalışma yapılmış kaynağa ulaşılmıştır.

Betonarme sistemlerde özellikle istenen özelliklerden biri sünek davranış göstermesidir. Yapının sünek davranış gösterebilmesinde en önemli yapı elemanlarından biri de kolonlardır. Kolonlar konusunda yapılan ilk çalışmalardan biri R. Park T. Paulay, (1975) tarafından yapılmış olan konsol kolonda eğrilik ve yerdeğiştirme düktüliteleri arasındaki, kolon boyunca eğrilik profili ile hesaplanan bir bağıntı ile ifade edilmiştir.

Ang Beng, Priestley, Park (1981), tarafından yapılan çalışmada farklı eksenel yük ve farklı kesite sahip betonarme kolonların taşıma kapasitesi, maksimum eğrilik ve yerdeğiştirme kapasitesi araştırılmıştır.

Park, Priestley (1982) tarafından yapılan çalışmada ise betonarme kolonlarda, farklı eksenel yükler altında enine donatı etkisi araştırılmıştır.

Zahn (1985) 4 betonarme kolon ile yaptığı çalışmada ise teorik ile deneysel eğilme dayanımları arasında karşılaştırma yapmıştır.

Saatcioglu, Ozcebe (1989) 14 adet kolon ile yaptıkları çalışmada, farklı eksenel yük seviyesi, farklı enine donatı oranı, farklı yükleme profili etkileri araştırılmıştır.

Cheok, Stone (1986) tarafından yapılan çalışmada, kolonların kesme açıklığı ile kolon plastik mafsal boyu arasındaki ilişki araştırılmış ve 1/6 oranına sahip 6 adet betonarme köprü kolon numuneleri çevrimsel yüklemede elastik ötesi davranışı araştırılmış ve plastik mafsal boyu kesme açıklığına bağlı olarak değiştiği görülmüştür.

Park, Ang (1985) tarafından yapılan çalışma, Park-Ang modeli ile yükleme-şekil değiştirme ilişkisi ve sönümleme enerjisine bağlı bir bağıntı geliştirmiştir.

Colombo ve Negro (2005) deneysel çalışmalar ile yeni geliştirdikleri hasar modelini karşılaştırdıkları çalışmalarında, hasar indeksini başlangıç rijitliği ile azalan rijitlik arasındaki oran olduğunu açıklamıştır.

Vui, Ashraf, Ronagh ve Baji (2011) yeni hasar modeli tavsiyesi olan çalışmada, çoğunlukla kullanılmış olan hasar indeksleri incelenmiş, en önemli hasar parametresi olarak kalıcı yerdeğiştirme ileri sürülerek bir bağıntı tavsiyesi yapılmıştır. Bu bağlamda Park ve Ang bağıntısı ile karşılaştırmış ve sonuçların kullanıma elverişli olduğu ileri sürülmüştür.

Watson (1989) yaptığı, kolonların enine donatı oranlarının etkileri incelenen çalışma ile Yeni Zelanda Deprem Yönetmeliğine (NZS3101) yeni bir bağıntı önermiştir.

Park, Reinhorn, Kunnath (1987) bilgisayar programı ile modellenen betonarme çerçeve sistemin, sismik yükler altında incelemesi yapılarak, deneysel verilerle doğrulaması yapılmıştır.

Tanaka (1990) enine donatı oranının betonarme kolonların süneklik etkisini araştırdığı çalışmada, enine donatıların kanca açılarının sünekliğe etkisini de incelemiştir. Betonarme kolonlarda deprem etkisinin en önemli bileşen olduğunu ortaya koymuştur.

Rodrigues, Arede, Varum ve Costa (2012) 24 adet betonarme kolon ile yaptığı çalışmada, bir ve iki eksenli yüklemeler ile hasar durumları tespit edilmiş, Park ve Ang tarafından yapılan hasar modelindeki 5 hasar profili ile karşılaştırması yapılmıştır. Park ve Ang hasar modeli karşılaştırmasına göre iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

Eligehausen Li (1992) maksimum dönem kapasitesi ile plastik mafsal boyunun hesabını incelediği çalışmasında, betonarme elemanların dönme kapasitesi ile ilgili sayısal model önermiştir.

Hoffman, Kunnath, Mander, Reinhorn (1992) zemin etkilerinin birleşim bölgelerindeki etkilerini incelediği çalışmasında, zemin değerlerinin deprem etkilerini önemli derece de etkileyen bir parametre olduğunu açıklamış ve birleşim bölgelerinde hasar indeks değerlerini hesaplamıştır.

Sezen ve Moehle (2004) betonarme kolonların eğilme, sıyrılma ve kesme değerleri ile yerdeğiştirme kapasitelerini analiz ederek, deneysel ve analitik sonuçların benzerliğini tespit etmiştir.

Meral (2019) yaptığı çalışmada, kısa kolon etkilerini araştırmak için, 4 ve 7 katlı binaları 2007 Deprem yönetmeliğine göre modellemiş ve zemin kat x yönündeki en dış iki aksındaki kolon boylarını azaltarak, her iki asal doğrultuda 12 adet gerçek deprem ivme kaydıyla, 96 adet analiz gerçekleştirmiştir. Meral (2019) yaptığı değerlendirmede %40 ile %60 oranında hasar tespit etmiştir.

Aykaç vd. (2014) tarafından yapılan çalışmada, dikdörtgen kesitli betonarme kolonların yaklaşık hesabı ile ilgili geliştirmiş olduğu, boyutsuz eksenel yük seviyesinin 0,50'den büyük olduğu durumlar için geçerli olan formül ile elde ettiği sonuçlar gerçeğe çok yakın çıkmış ve hata oranı ±%15 seviyesinde kalmıştır.

Foroughi ve Yüksel (2019) yapısal elemanların deprem performanslarını araştırmak için yaptığı çalışmada, farklı geometri ve parametrelerle oluşturduğu kolon modelleri ile, TBDY 2018'de betonarme kolonlar için öngörülen şekil değiştirme esaslı hasar sınırlarını analitik olarak incelemiştir. Plastik mafsal bölgelerinde akma dönme değerleri eksenel yük seviyesi, boyuna donatı ve sargı donatı çapına bağlı olarak arttığını ortaya koymuştur.

Bae ve Bayrak (2008) tarafından yapılan çalışmada ise, eksenel yük ve kesme açıklığı-derinlik oranının (L/h), plastik mafsal bölgesi uzunluğuna etkisini incelemiştir. Bunun için mevcut plastik mafsal modelleriyle, önerilen plastik mafsal modeli karşılaştırılmış ve önerilen plastik mafsal modelinin uygun sonuçlar verdiği ortaya konmuştur.

Tsuno ve Park (2004) betonarme kolonların genel olarak kullanılan hasar modellerinin karşılaştırılması ve hasar gösterge değerlerini incelediği çalışmasında, betonarme kolonların çevrimsel yatay ve eksenel yükler ile hasar, göçme performanslarının tahminine yönelik çalışma yapmıştır.

Bayrak ve Sheikh (1998) artan eksenel yükleme ile yüksek dayanımlı 24 adet betonarme kolon test edilmiş ve rijitlikte büyük oranda azalma etkisi gösterdiği tespit edilmiştir. Kesit geometrisi ve kesme açıklığının etkili derinlik oranı ile yerdeğiştirme düktilitesini etkilediği ortaya konulmuştur.

El-Bahy, Kunnath, Stone ve Taylor (1997), 12 adet betonarme kolonun sismik analiz yaptığı çalışmada, farklı yükleme durumlarında yükleme

şekillerinin betonarme kolon davranışına etkilerini incelemiş ve yeni hasar modeli önerilmiştir.

Azizinamini, Corley ve Johal (1992), 12 adet betonarme kolonun deneysel analizi üzerine yaptığı çalışmada farklı enine donatı oranı ve farklı eksenel yükler altında davranışlarını incelemiş ve yeni enine donatı detayları tanımlanarak test edilmiştir.

Sheikh ve Khoury (1993) 4 yüksek ve 6 normal dayanımlı olmak üzere toplam 10 adet betonarme kolon ile yaptığı çalışmasında, yüksek dayanımlı betonun kolonların çekirdek bölgesine etkisini araştırmıştır.

Ghobarah, Abou Elfath ve Biddah (1999) birkaç deprem kayıdı ile elde edilen farklı hasar indekslerini incelediği çalışmasında, bu deprem kayıtlarına göre her defasında farklı hasar durumlarına sebep olduğu tespit edilmiştir.

Mander, Panthaki, Kasalanati (1994) betonarme çeliğinin düşük genlikte yorulması üzerine yaptıkları çalışmada, yükleme genliğinin tekrar sayısına bağlı olarak bir model tavsiye edilmiştir.

Cosenza ve Manfredi (2000) literatürde çoğunlukla kullanılan hasar modellerini karşılaştırdıkları çalışmalarında, depreme ait parametreler incelenmiş ve deprem ivme kayıtlarına bağlı olan sismik hasar potansiyeli, doğrusal ve doğrusal olmayan yapı tepkilerinin hasar modelleri incelenmiştir.

Sinha ve Shiradhonkar (2012) genel olarak kullanılan bağıntıların göçme ve minimum hasar seviyelerini belirlemede başarılı olduğunu belirtikleri çalışmalarında, literatürdeki yaygın kullanılan hasar indekslerini karşılaştırmışlardır. Hasarın kademeli olarak değişmesi nedeniyle hasar tahminlerinin yeterli seviyede olmadığı tespit edilmiştir.

Heo ve Kunnath (2013) betonarme çerçeve sistemin gerçek deprem kaydıyla davranışını incelediği çalışmasında, performansa dayalı sismik ölçümlemesinde hasara dayanan bir yaklaşım tavsiyesinde bulunmuştur.

Ou, Alrasyid, Haber ve Lee (2015) betonarme kolonların sismik davranışını incelediği çalışmada, yüksek dayanımlı beton ve çelik kullanarak, boyuna donatı ve eklerinin etkisi incelenmiştir. Kancalı eklerden ziyade birleşimlerde kaynaklı ekler önerilmektedir.

Kunnath ve Chai (2004) yorulma davranışlarını incelediği çalışmasında, çevrimsel yükler ile yerdeğiştirme düktilitesi arasında bağıntı tavsiyesinde bulunmuştur.

Bazan ve Sasani (2004) betonarme elemanın çevrimsel yükleme ile deneysel olarak analizini yaptıkları çalışmada, Park ve Ang hasar indeksi ile karşılaştırılarak, monotonik yüklemenin yapılarda görülebilecek bir yükleme olmadığı, ötelenmeyle hasar arasında bir bağıntı tavsiye edilmiştir.

Bracci, Kunnath ve Reinhorn (1997) betonarme bir çerçeve için yaptığı sismik analiz çalışmasında, her kat için dönme oranı ile hasar durumları ve elastik kapasite değerlerinin karşılaştırması yapılmıştır.

Sucuoglu ve Erberik (2004) betonarme kolonların sönümleme enerjisini incelediği çalışma kapsamında, düşük genlikli yükleme altındaki kolonların sönümleme enerjisinin, rijitlik ve yerdeğiştirme düktilitesi arasındaki bağı açıklamıştır.

Elwood ve Moehle (2005), betonarme kolonların şekil değiştirme bileşenlerini ve FEMA356 yönetmeliğine göre iskelet eğrisi metodunu kullanarak yaptığı çalışma ile betonarme kolonların dönme kapasitesi üzerine incelemeler yapılmıştır.

Lehmann ve Moehle (2000), hasar indekslerini tekrarlı yükler altında incelediği çalışmasında, deneysel sonuçlar kullanılarak yeni hasar modeli geliştirilmiştir. Deneysel sonuçları kullanarak eleman hasarını değerlendirmek için mühendislik parametrelerini sayısal olarak değerlendirme yöntemleri geliştirdiği analitik çalışma, betonarme köprü kolonları için performansa dayalı yaklaşımı geliştirmek amacıyla kullanılmıştır.

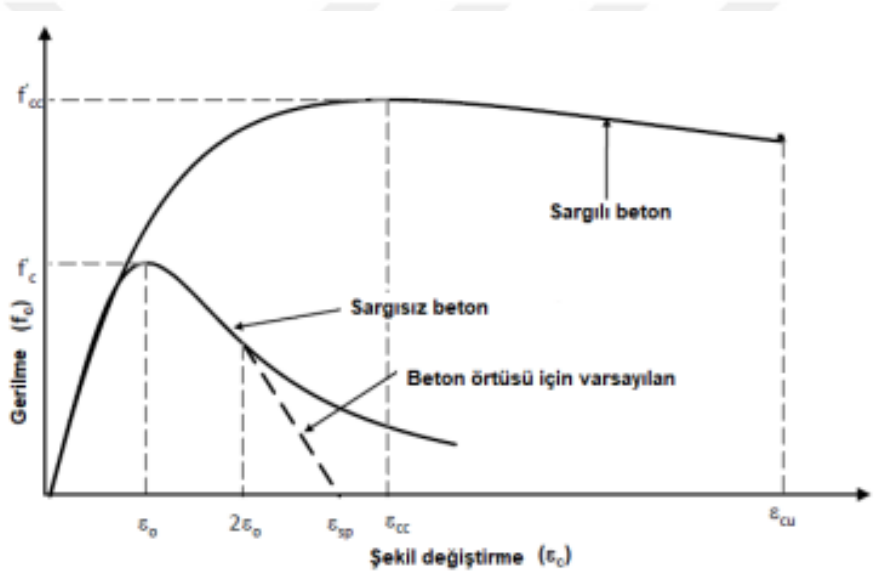
He ve Ye (2012) deneysel ve analitik hasar durumlarını karşılaştırdıkları çalışmalarında, artan genlikli yükleme profili ile hasar durumlarını incelemişlerdir. Farklı yük profillerinin, farklı hasar durumlarına yol açtığı ortaya konulmuştur.

Öztürk (2003), betonarme yapıların deprem yüklerine karşı sismik dönme taleplerinin değerlendirilmesi için bir prosedür önerdiği tez çalışmasından sonra da 2007 yılında yaptığı çalışma ile sismik bölgelerdeki yapıların dönme talepleri incelemiştir.

C. Matematiksel Beton Modelleri

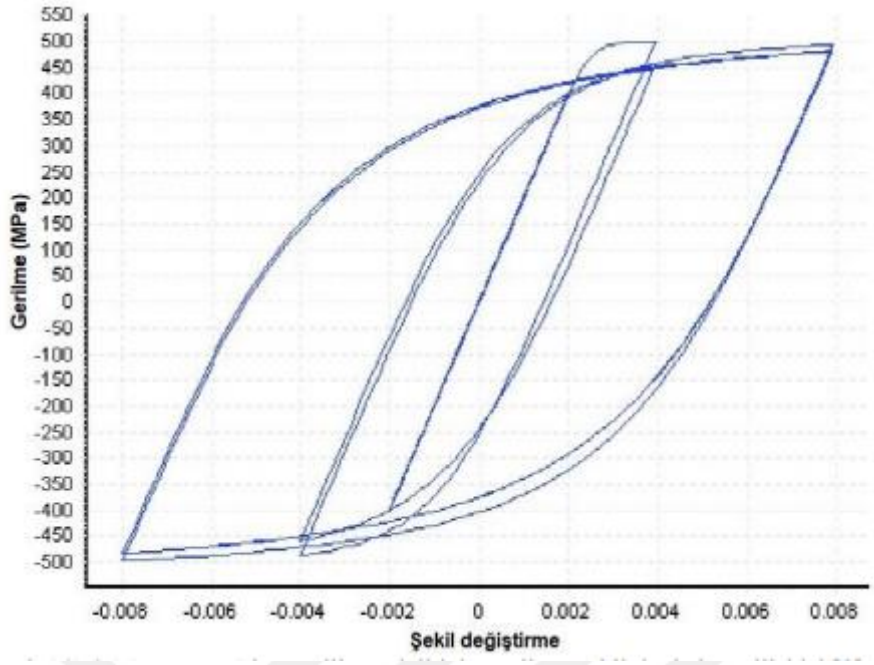
Beton ve çeliğin modellenmesinde kullanılan birçok matematiksel model vardır. Hognestad, Kent ve Park, Mander, Ravzi ve Saatçioğlu beton modelleri bunlardan birkaçıdır.

Mander vd. (1988) yaptıkları çalışmalarda, çevrimsel ve monotonik yükler altında dairesel, spiral ve dikdörtgen sargı donatılı ve dairesel, dikdörtgen veya kare kesitli kolonların davranışlarını tanımlamaya çalışmışlardır. 40 adet eksenel yük altında, dairesel, spiral, dikdörtgen sargı donatılı kesitleri inceleyerek, gerilme-şekil değiştirme bağıntısı önermiştir. Bu gerilme-şekil değiştirme eğrisi Şekil-2'de verilmiştir.



Şekil 2. Mander Beton Modeli (E. Işık, vd. 2019.)

Menegotto-Pinto (1973) tarafından önerilen gerilme-şekil değiştirme eğrisi şekil-3'de verilmiştir.

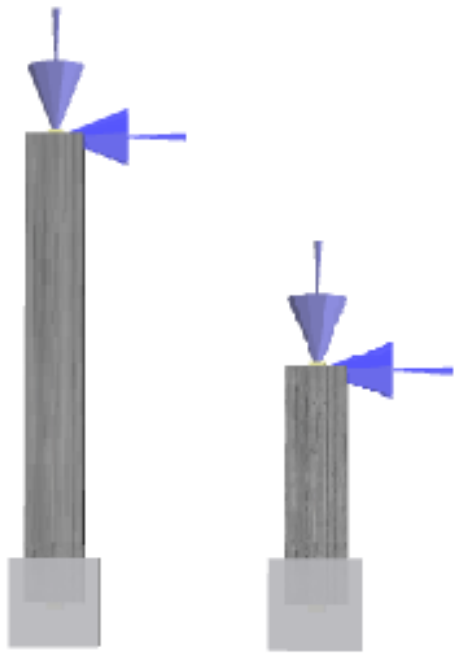


Şekil 3. Menegotto-Pinto Çelik Modeli (E. Işık, vd. 2019.).

III. ANALİTİK MODELLER

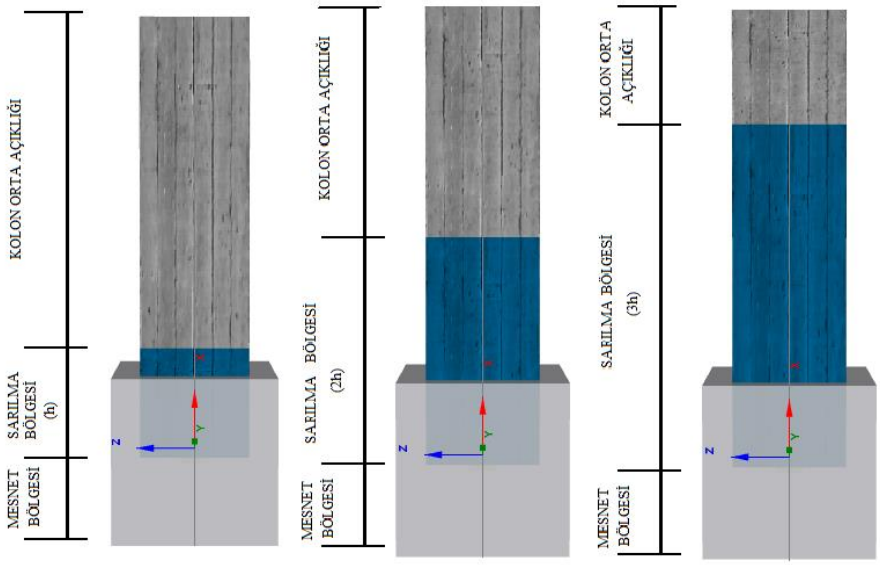
A. Model Boyutları

Seismo-Struct programı kullanılarak oluşturulan malzeme modellerinin enkesiti 400mm.- 400mm. boyutlarında kare kolon olarak tasarlanmıştır. Kolon boyuna bağlı analiz sonuçlarını hesaplayabilmek için 1600 mm. ve 3200 mm. olmak üzere iki farklı kolon boyu (l_n) modellenerek l_n/b oranına bağlı farklı kombinasyonlar oluşturulmuştur. Burada b olarak tanımlanan kare kolonun kenar uzunluğudur. Kolon ankastre olarak mesnetlenmiştir. Seismo-Struct programında oluşturulan modelin ve yüklerin görünüşleri Şekil 4'te gösterilmiştir.



Şekil 4. Seismo-Struct Programında oluşturulan malzeme modelleri

Model kombinasyonları oluşturulurken h-2h-3h sarılma bölgeleri 400 mm.-800 mm. – 1200 mm. olarak programa tanımlanmıştır. Sarılma bölgelerinin gösterimi Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. Örnek sarılma bölgeleri gösterimi (h-2h-3h) (L=1600 mm. için)

B. Beton Modeli

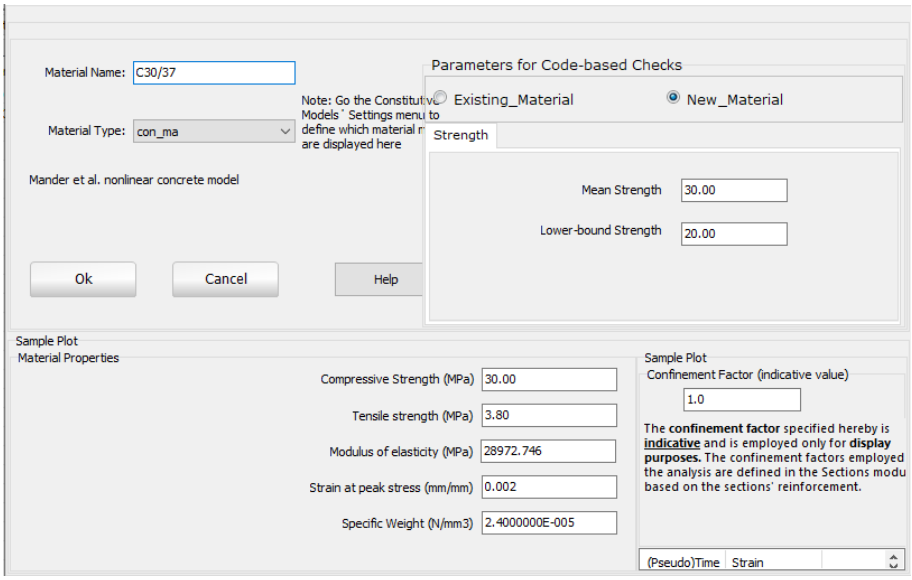
TS500 Türk standardında bulunan beton sınıf ve dayanımları Şekil 6'da gösterilmiştir.

Beton Sınıfı	Karakteristik Silindir (150 mm x 300 mm) Basınç Dayanımı, fck MPa	Eşdeğer Küp (150mmx150mm) Basınç Dayanımı,fck MPa	Karekteristik eksenel çekme Dayanımı, fctk MPa	28 Günlük Elastisite Modülü Ec MPa
C16	16	20	1.4	27000
C18	18	22	1.5	27500
C20	20	25	1.6	28000
C25	25	30	1.8	30000
C30	30	37	1.9	32000
C35	35	45	2.1	33000
C40	40	50	2.2	34000
C45	45	55	2.3	36000
C50	50	60	2.5	37000

Şekil 6. Beton sınıf ve dayanımları (TS500)

Kolonlar TS500 Türk standardında belirtilen C30/37 beton sınıfı ile modellenmiştir.

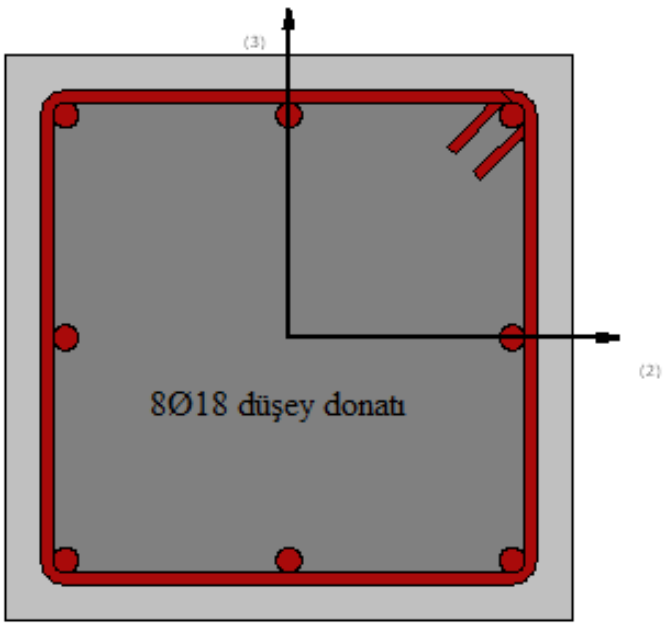
Seismo-Struct programında Mander nonlinear beton modeli seçilmiştir. Malzeme ismi C30/37 ve Silindirik basınç dayanımı 30 MPa. olarak tanımlanmıştır. Beton modelinin diğer özellikleri Şekil 7'de gösterilmiştir.



Şekil 7. Seismo-Struct programında tanımlanan C30/37 betonunun özellikleri

C. Çelik Modeli

olonun modellenmesinde S420 çeliğinden 8Ø18 düşey donatı simetrik olarak kullanılmıştır. Modellerin kesiti Şekil 8'de gösterilmiştir.



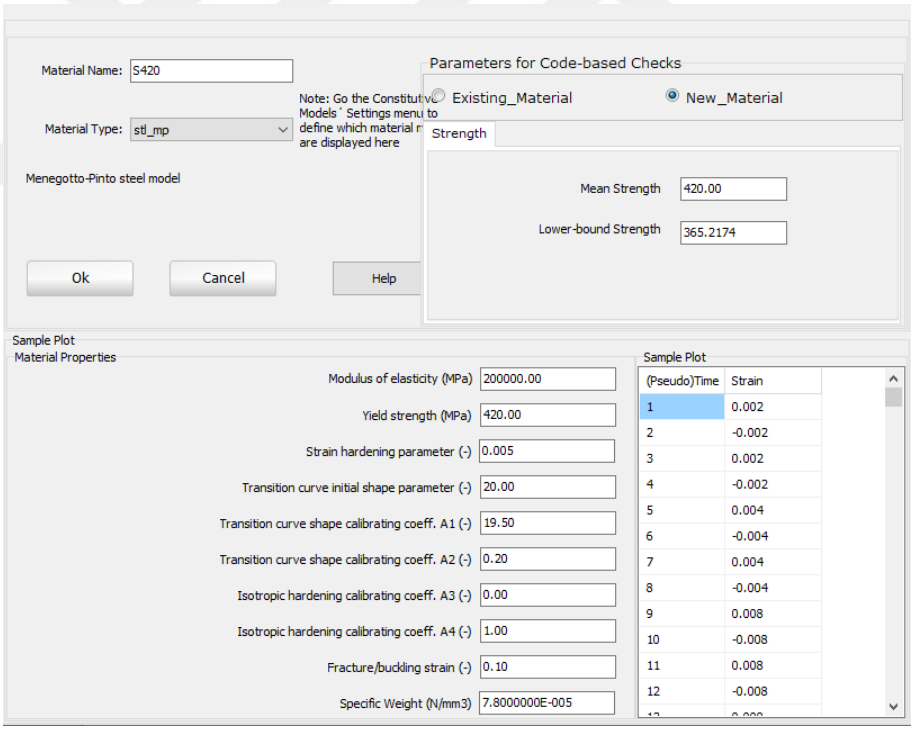
Şekil 8. Seismo-Struct Programında oluşturulan modellerin kesiti

TS500'de belirtilen donatı çeliklerinin mekanik özellikleri Şekil 9'da gösterilmiştir.

Mekanik Özellikler	Donatı Çubukları				Hasır Donatı	
	Doğal Sertlikte			Soğukta işlem Görmüş		
	S220a	S220a	S500a	S420b	S500bs	S500bk
Minimum Akma Dayanımı fyk (MPa)	220	420	500	420	500	500
Minimum Kopma Dayanımı fsu (MPa)	340	500	550	550	550	550
Ø≤32 Minumum kopma Uzaması ∑su (%)	18	12	12	10	8	5
32<Ø≤5O Minumum Kopma Uzaması ∑su (%)	18	10	10	10	8	5

Şekil 9. Donatı çeliklerinin mekanik özellikleri (TS500)

Seismo-Struct programında oluşturulan çelik modellerinde ise, malzeme ismi S420 olarak verilmiş ve akma dayanımı 420 MPa. elastisite modülü 200000 MPa. olarak tanımlanmıştır. Menegotto-Pinto modeli ile tanımlanan çeliğin özellikleri Şekil 10'da gösterilmiştir.



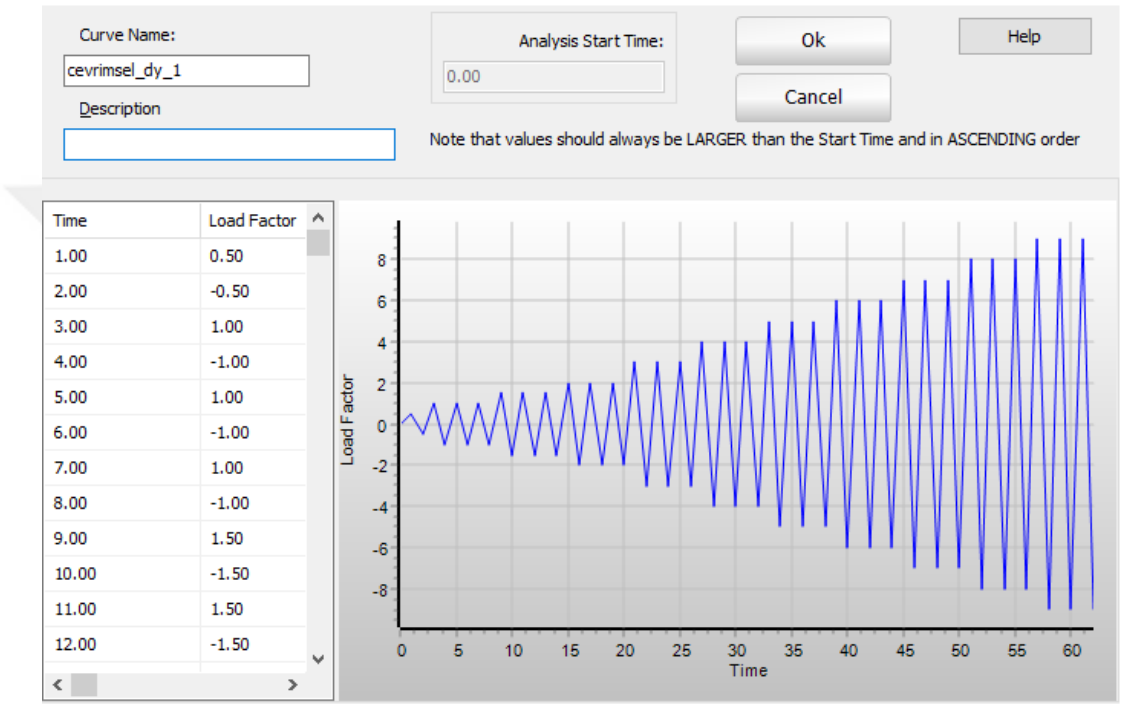
Şekil 10. Seismo-Struct programında tanımlanan S420 çeliğinin özellikleri

Kolon enine donatı aralıkları (sarılma bölgesi/kolon orta bölgesi) 50mm./100mm. ve 75mm./150mm. olarak 2 farklı kombinasyon ile modelleme yapılmıştır. 50mm./100mm. olarak seçilen modellerde sarılma bölgesinde donatı aralıkları 50mm. kolon orta açıklığında 100mm. olarak tanımlanmıştır.

75mm./150mm. olan modellerde ise sarılma bölgesinde 75mm. kolon orta açıklığında ise 150mm. olarak programa tanıtılmıştır.

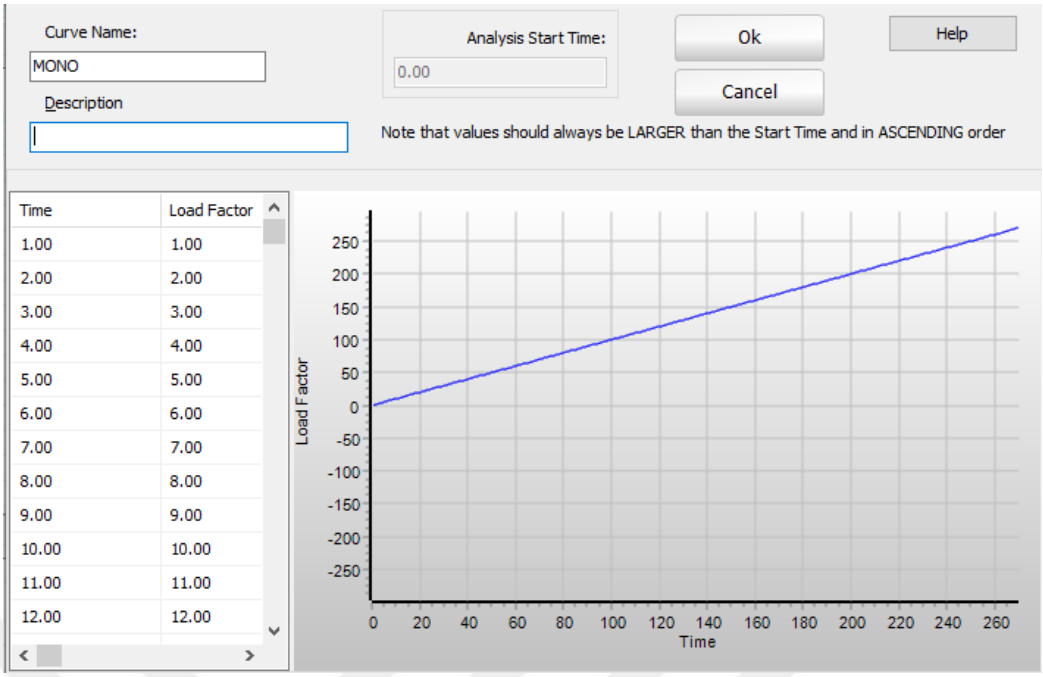
D. Yükleme Modeli

Sistem modelinde sismik davranışın araştırılabilmesi için zamana bağlı olarak değişen çevrimsel ve mono olmak üzere iki farklı yükleme tanımlanmıştır. Artan genlikli çevrimsel tersinir yükleme Şekil 11'de verilmiştir.



Şekil 11. Çevrimsel Yükleme

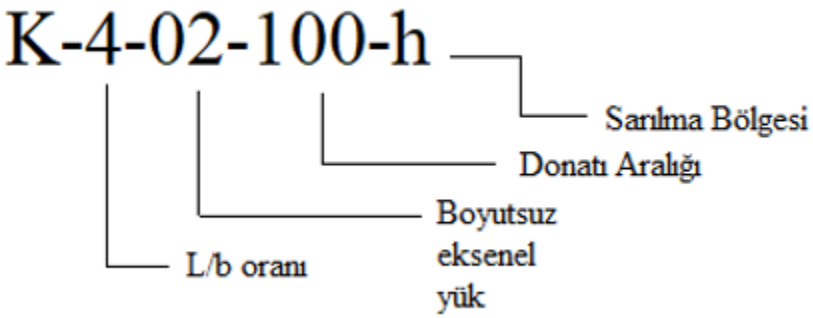
Tek yönde uygulanan zamana bağlı artan Monotonik yükleme Şekil 12'de gösterilmiştir.



Şekil 12. Mono Yükleme (Zamana bağlı artan)

$N/A_c f_c$ oranı ile 3 farklı kombinasyon oluşturulmuştur. Eksenel yük olarak modele 960 kN, 1440 kN. ve 1920 kN. olmak üzere 3 farklı değer verilmiş ve $N/A_c f_c$ değeri 0,2 – 0,3 – 0,4 olarak bulunmuştur. Boyutsuz eksenel yük değerleri olan bu değerler ile kombinasyonlar oluşturulmuştur. Burada N eksenel yükü, A_c kesit alanını, f_c ise beton basınç dayanımını göstermektedir.

Oluşturulan bu kombinasyonlara kolay tanımlayabilmek için her bir parametreye farklı indisler atanmıştır. Bu tanımlamaları gösteren M01 modeline ait kısaltmalar şeması Şekil 13'de verilmiştir.



Şekil 13. Modelde kullanılan kısaltmalar şeması

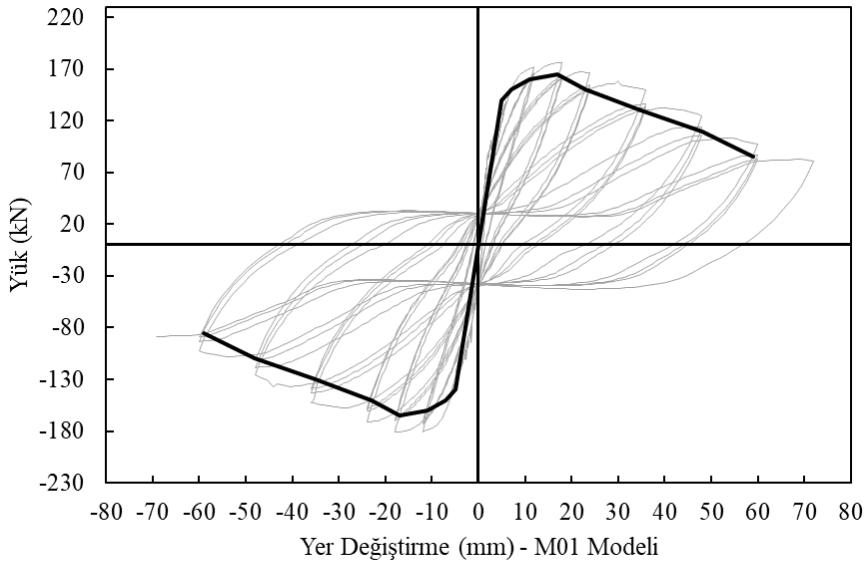
Tüm bu kombinasyonlar ile toplam 36 adet model oluşturulmuştur. Malzeme modelleri, kullanılan parametrelerle birlikte Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Seismo-Struct programı ile oluşturulan malzeme modelleri ve özellikleri

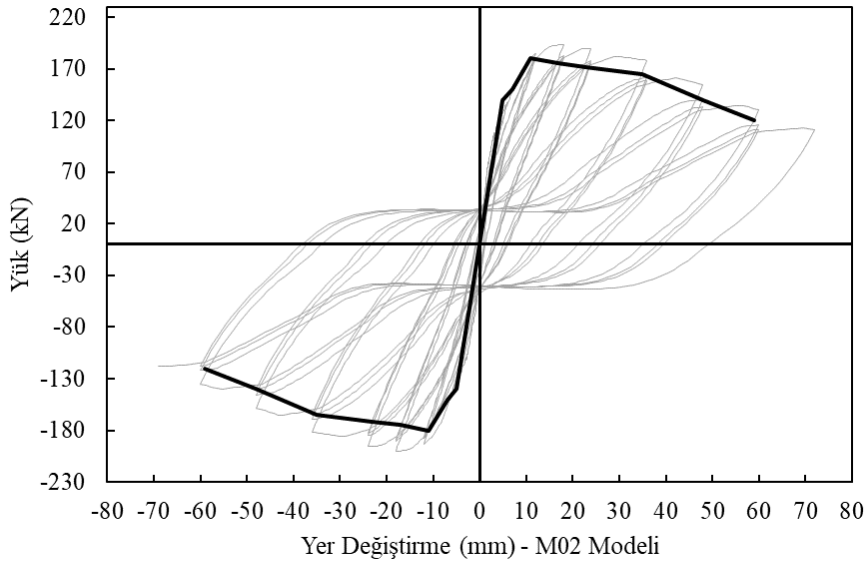
Model No	Model İsmi	L/b	N/Acfc	s(mm.)	Sıklaştırma	L(mm.)	N(N)
M01	K-4-02-100-h	4	0.2	50/100	h	1600	960000
M02	K-4-02-100-2h	4	0.2	50/100	2h	1600	960000
M03	K-4-02-100-3h	4	0.2	50/100	3h	1600	960000
M04	K-4-02-150-h	4	0.2	75/150	h	1600	960000
M05	K-4-02-150-2h	4	0.2	75/150	2h	1600	960000
M06	K-4-02-150-3h	4	0.2	75/150	3h	1600	960000
M07	K-4-03-100-h	4	0.3	50/100	h	1600	1440000
M08	K-4-03-100-2h	4	0.3	50/100	2h	1600	1440000
M09	K-4-03-100-3h	4	0.3	50/100	3h	1600	1440000
M10	K-4-03-150-h	4	0.3	75/150	h	1600	1440000
M11	K-4-03-150-2h	4	0.3	75/150	2h	1600	1440000
M12	K-4-03-150-3h	4	0.3	75/150	3h	1600	1440000
M13	K-4-04-100-h	4	0.4	50/100	h	1600	1920000
M14	K-4-04-100-2h	4	0.4	50/100	2h	1600	1920000
M15	K-4-04-100-3h	4	0.4	50/100	3h	1600	1920000
M16	K-4-04-150-h	4	0.4	75/150	h	1600	1920000
M17	K-4-04-150-2h	4	0.4	75/150	2h	1600	1920000
M18	K-4-04-150-3h	4	0.4	75/150	3h	1600	1920000
M19	K-8-02-100-h	8	0.2	50/100	h	3200	960000
M20	K-8-02-100-2h	8	0.2	50/100	2h	3200	960000
M21	K-8-02-100-3h	8	0.2	50/100	3h	3200	960000
M22	K-8-02-150-h	8	0.2	75/150	h	3200	960000
M23	K-8-02-150-2h	8	0.2	75/150	2h	3200	960000
M24	K-8-02-150-3h	8	0.2	75/150	3h	3200	960000
M25	K-8-03-100-h	8	0.3	50/100	h	3200	1440000
M26	K-8-03-100-2h	8	0.3	50/100	2h	3200	1440000
M27	K-8-03-100-3h	8	0.3	50/100	3h	3200	1440000
M28	K-8-03-150-h	8	0.3	75/150	h	3200	1440000
M29	K-8-03-150-2h	8	0.3	75/150	2h	3200	1440000
M30	K-8-03-150-3h	8	0.3	75/150	3h	3200	1440000
M31	K-8-04-100-h	8	0.4	50/100	h	3200	1920000
M32	K-8-04-100-2h	8	0.4	50/100	2h	3200	1920000
M33	K-8-04-100-3h	8	0.4	50/100	3h	3200	1920000
M34	K-8-04-150-h	8	0.4	75/150	h	3200	1920000
M35	K-8-04-150-2h	8	0.4	75/150	2h	3200	1920000
M36	K-8-04-150-3h	8	0.4	75/150	3h	3200	1920000

IV. ANALİTİK MODELLERE AİT SONUÇLAR

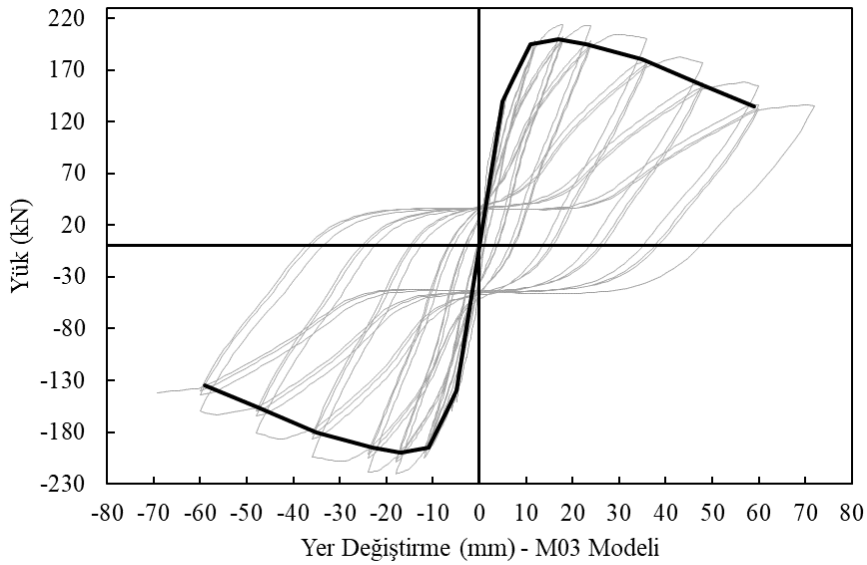
Seismo-Struct programında tüm kesit, yük ve malzeme tanımlamaları yapılmıştır. Yükleme durumuna bağlı olarak her bir model ayrı ayrı dosya oluşturularak sisteme tanıtılmıştır. Program yardımıyla her bir model analiz edilmiş ve sonrasında Excel programı ile grafikleri oluşturulmuştur. Programda farklı parametrelere göre oluşturulan 36 adet modelin analizi sonrası oluşan yük-yerdeğiştirme grafikleri Şekil 14-49'de verilmiştir.



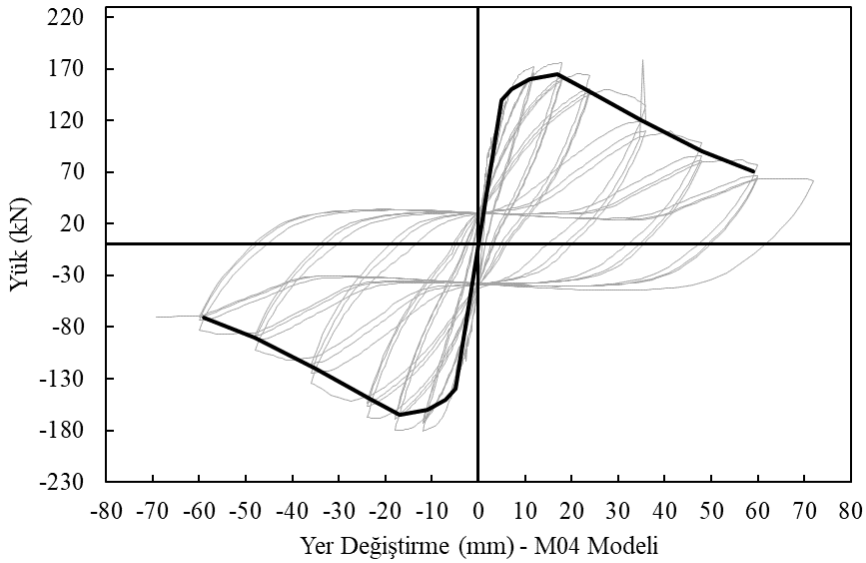
Şekil 14. M01 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği



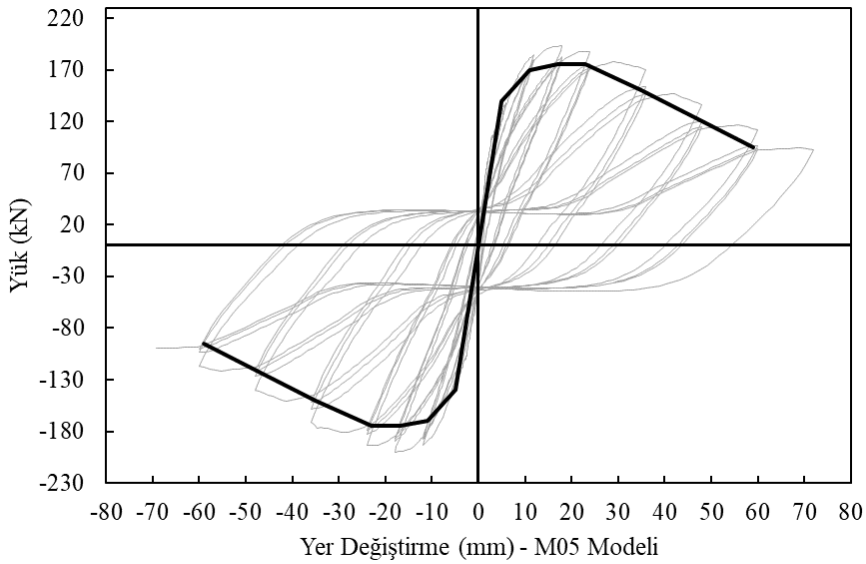
Şekil 15. M02 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği



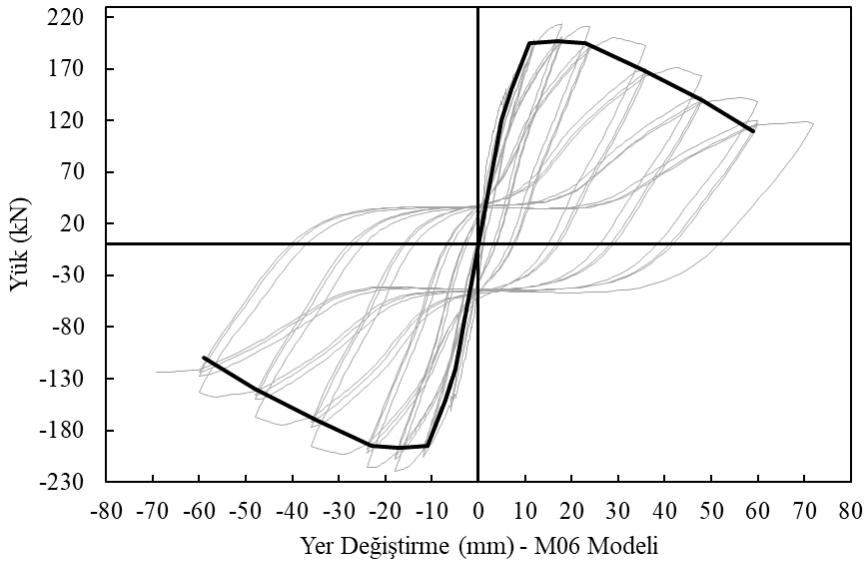
Şekil 16. M03 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği



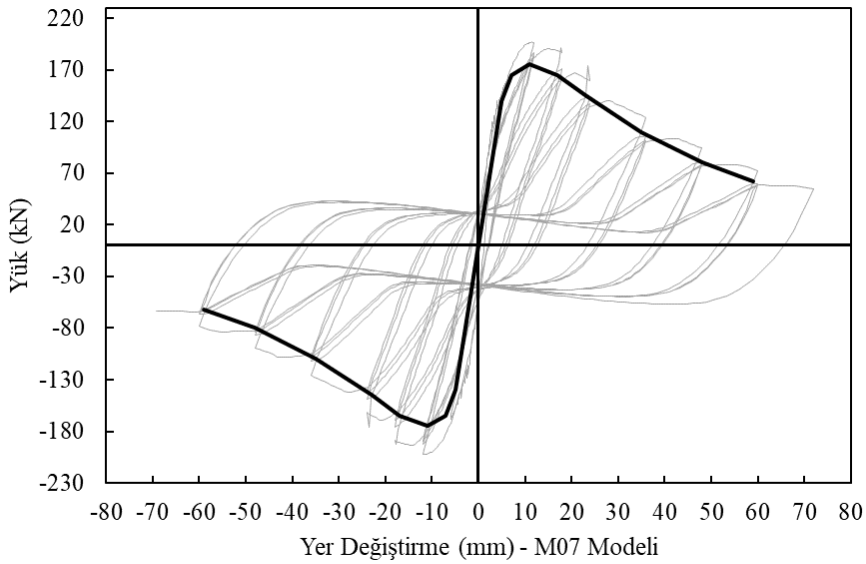
Şekil 17. M04 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği



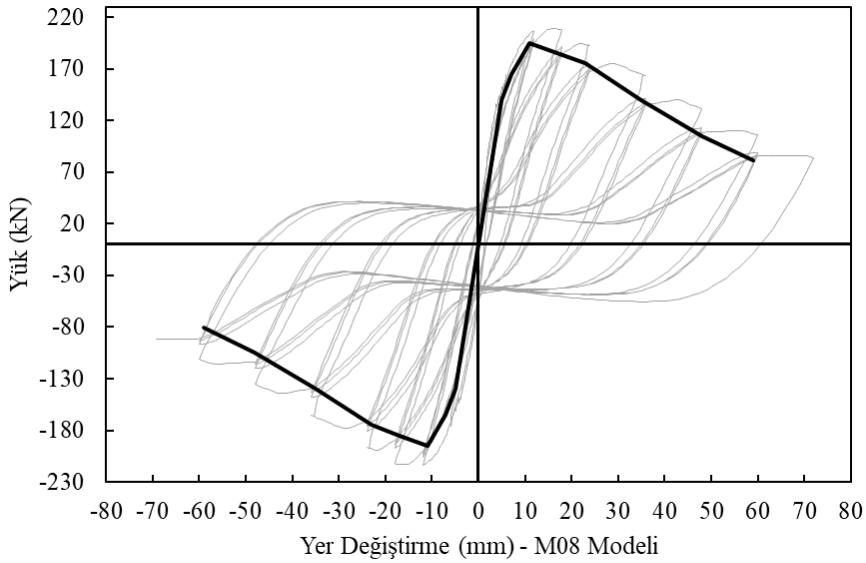
Şekil 18. M05 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği



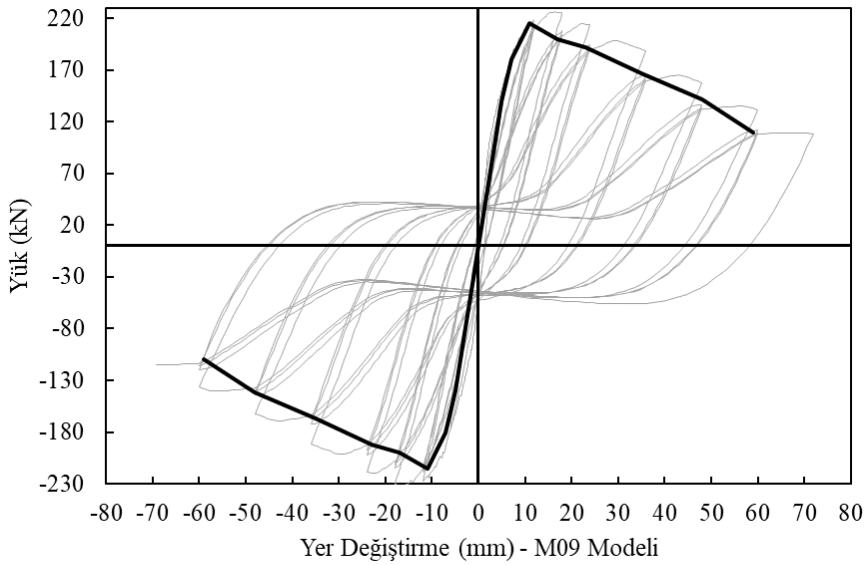
Şekil 19. M06 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği



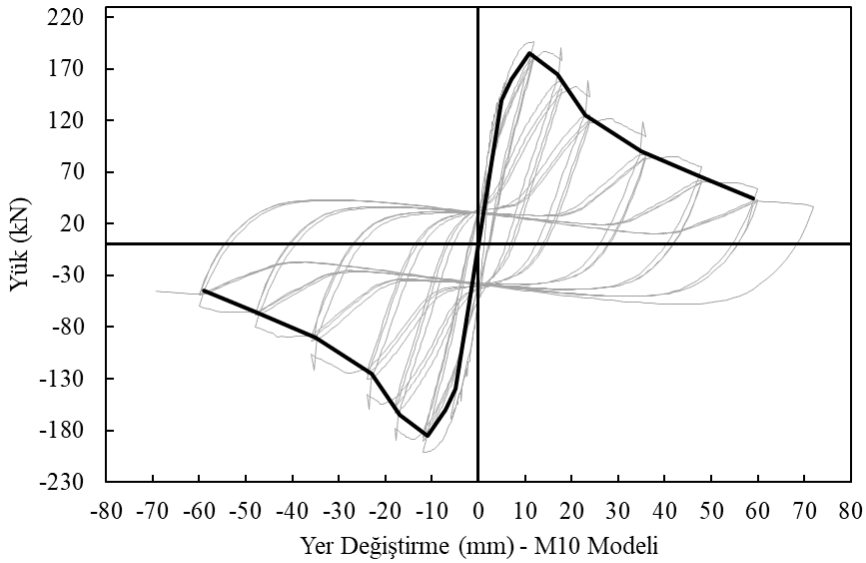
Şekil 20. M07 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği



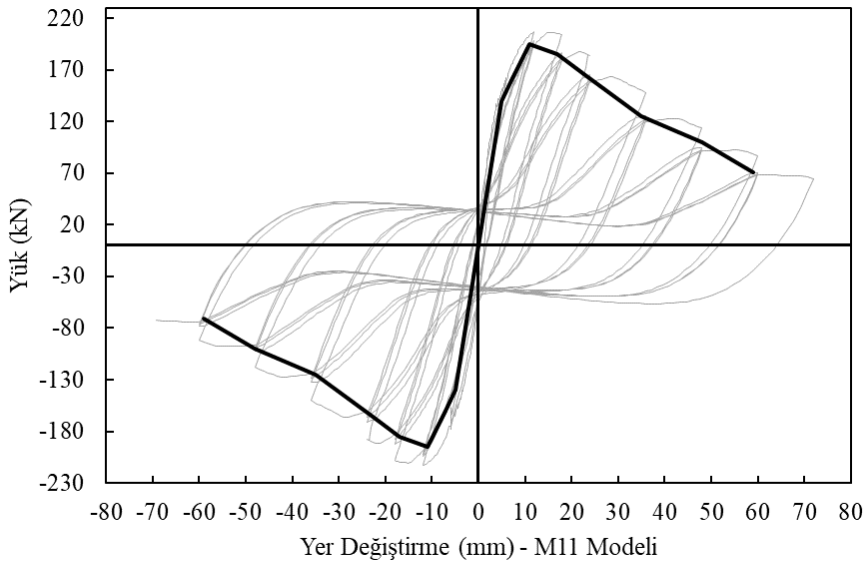
Şekil 21. M08 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği



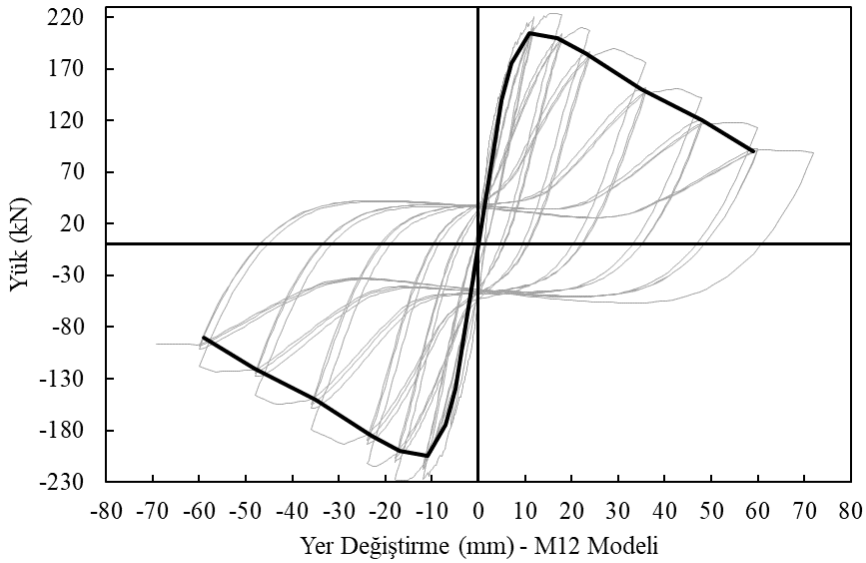
Şekil 22. M09 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği



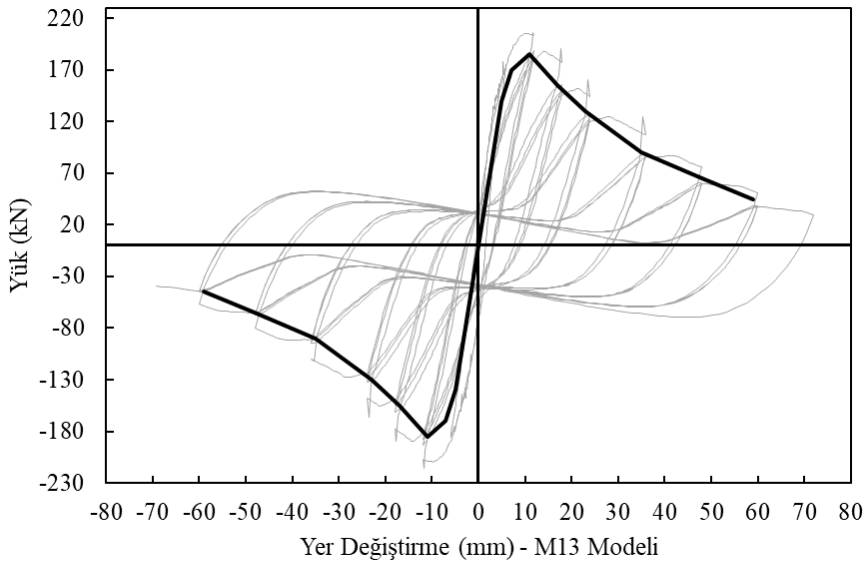
Şekil 23. M10 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği



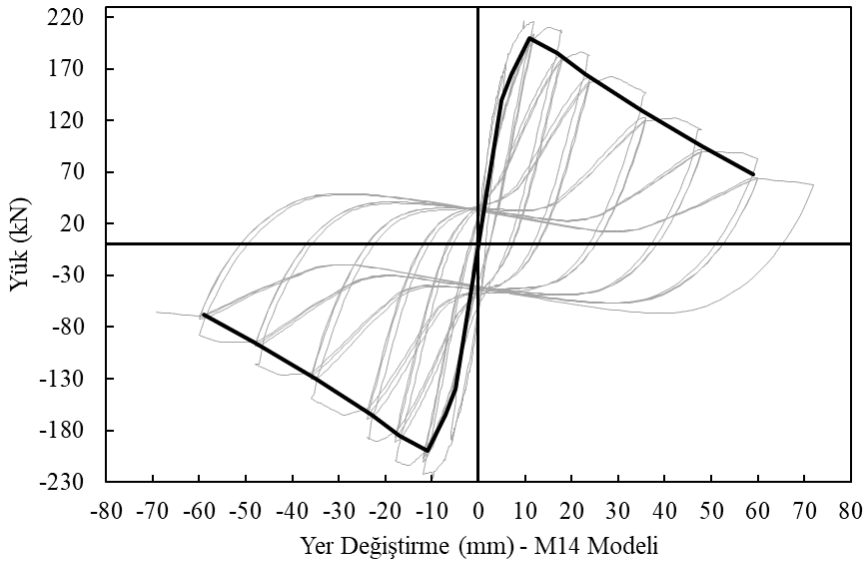
Şekil 24. M11 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği



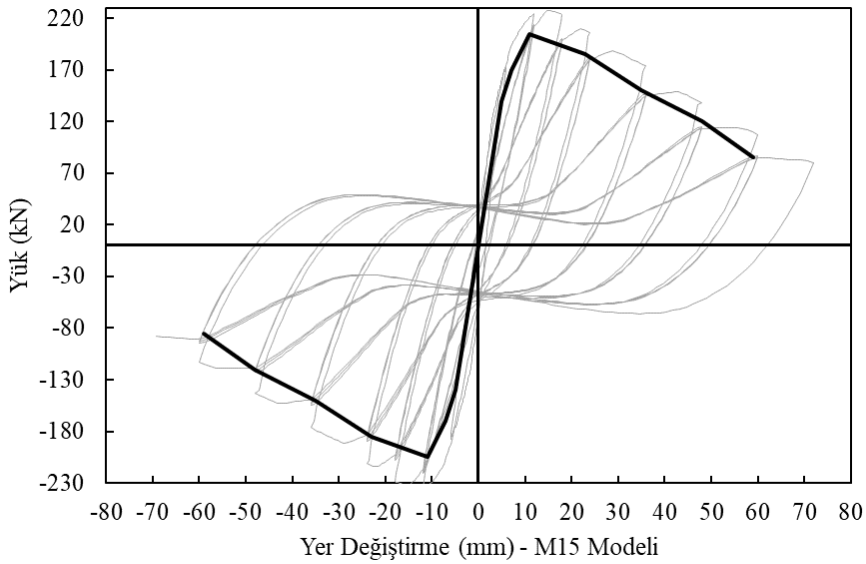
Şekil 25. M12 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği



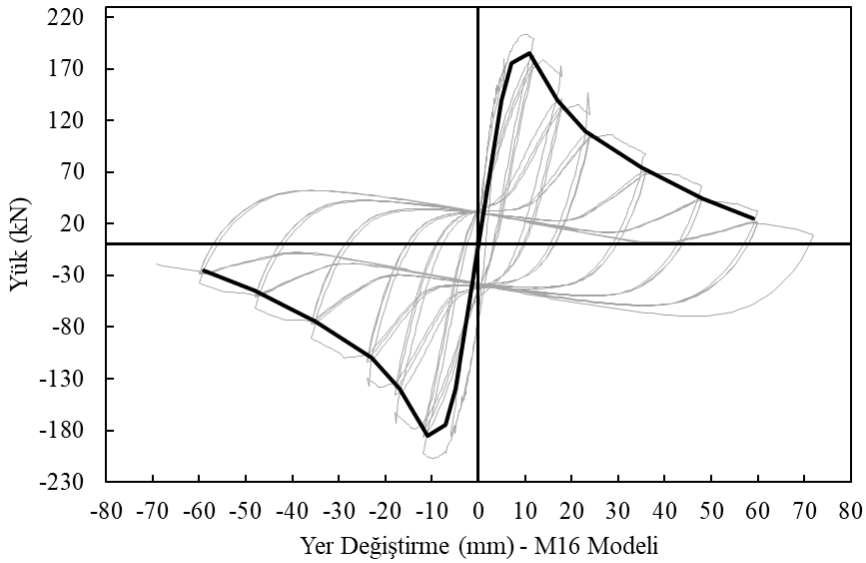
Şekil 26. M13 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği



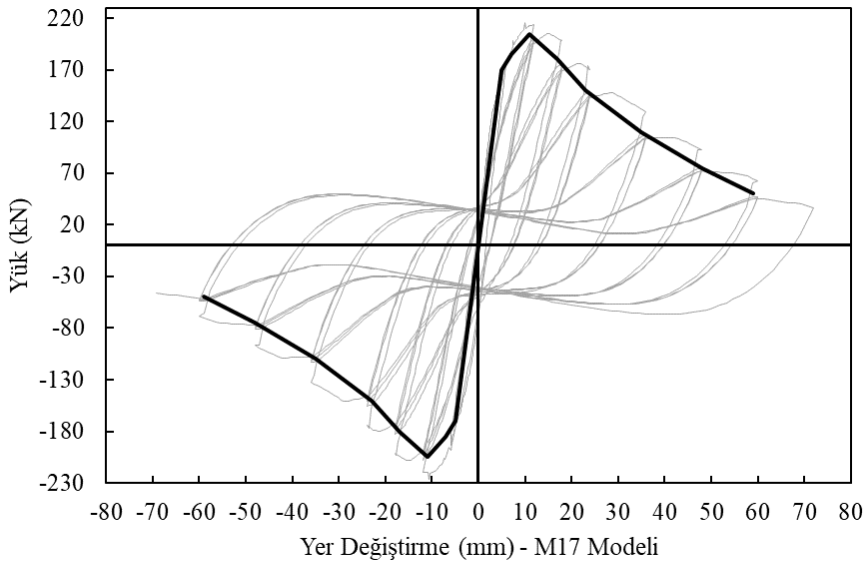
Şekil 27. M14 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği



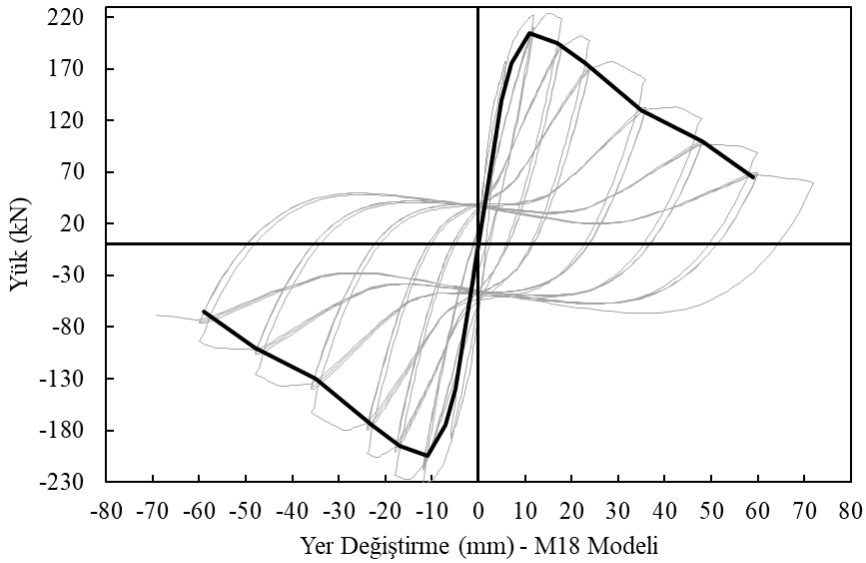
Şekil 28. M15 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği



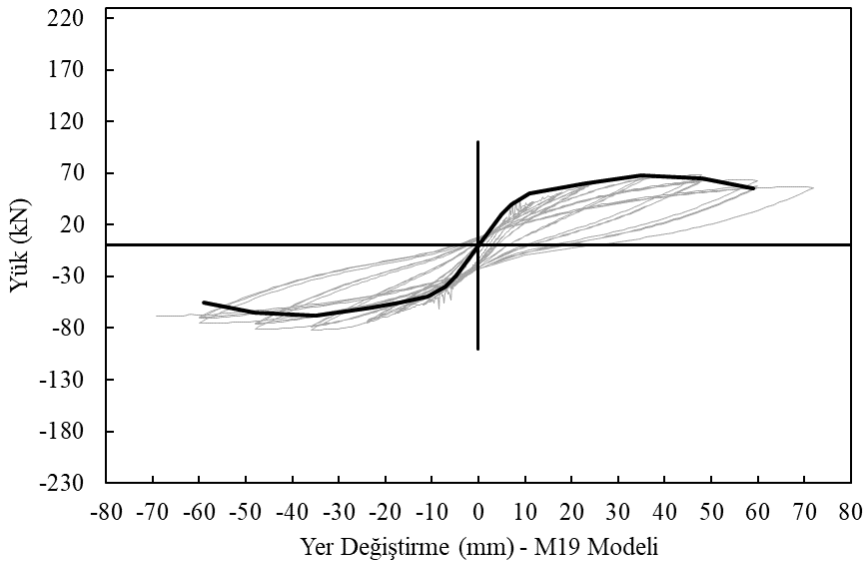
Şekil 29. M16 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği



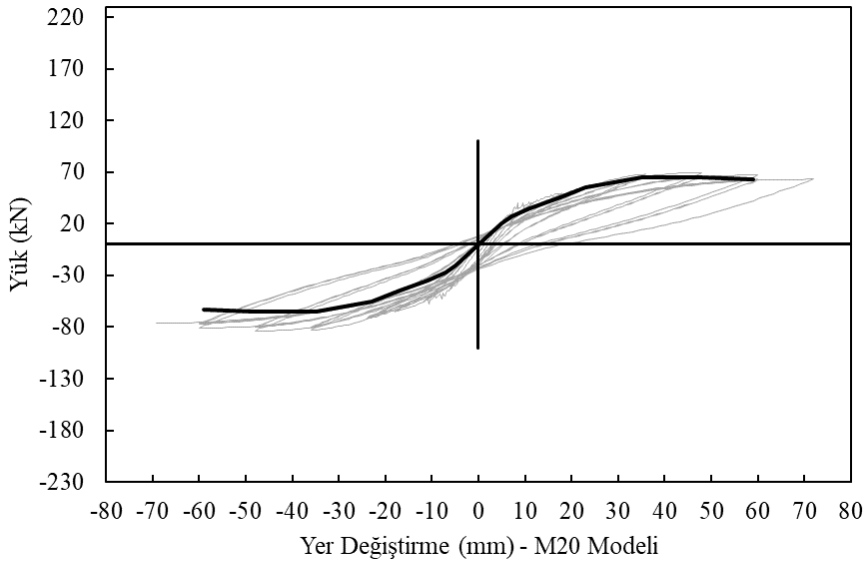
Şekil 30. M17 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği



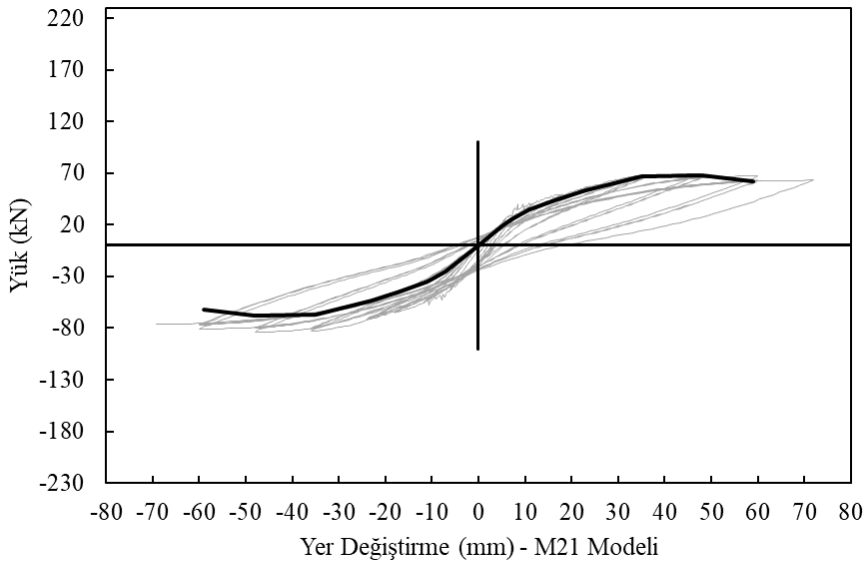
Şekil 31. M18 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği



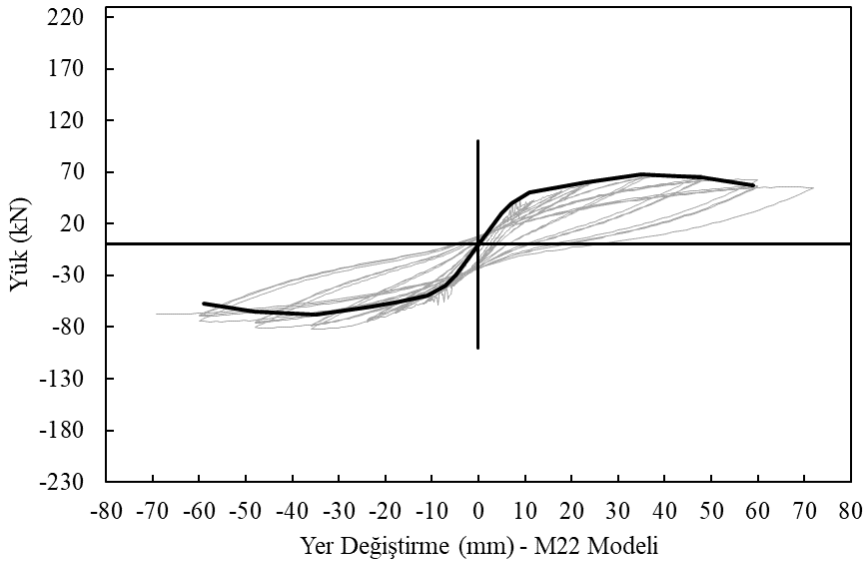
Şekil 32. M19 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği



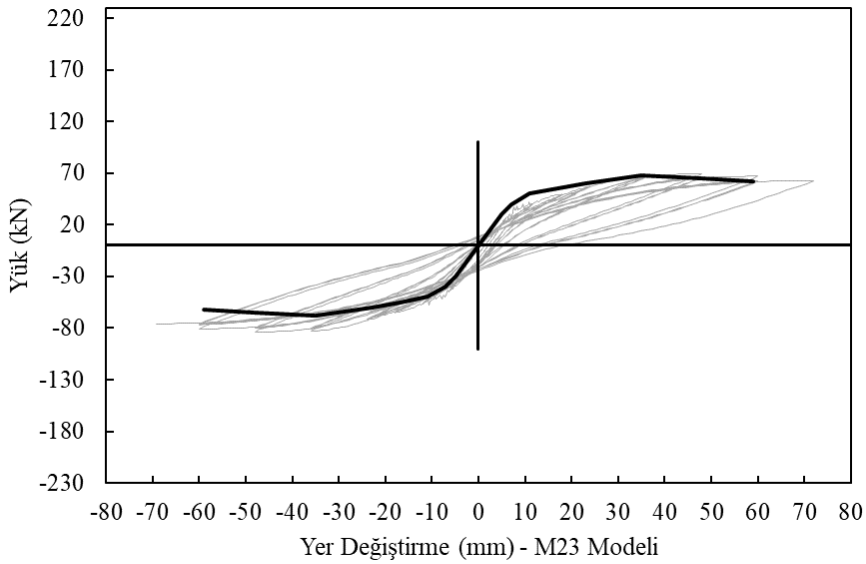
Şekil 33. M20 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği



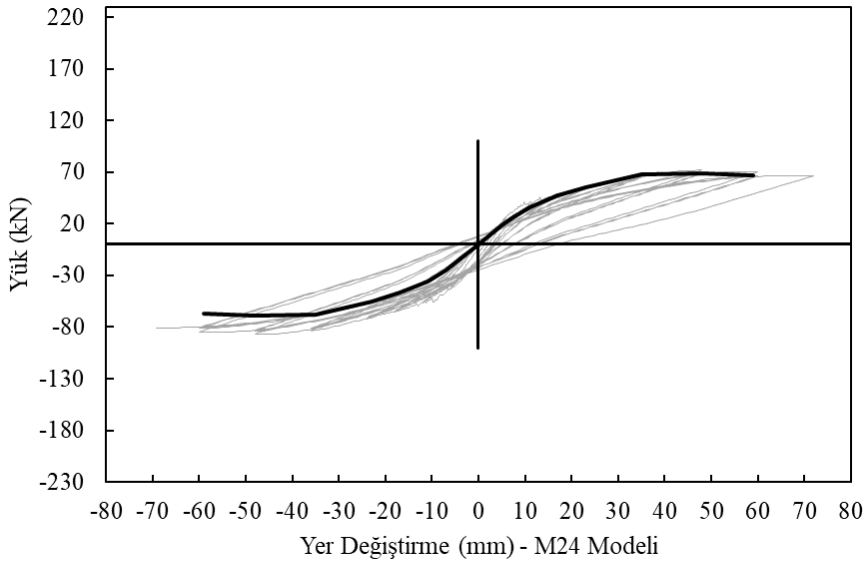
Şekil 34. M21 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği



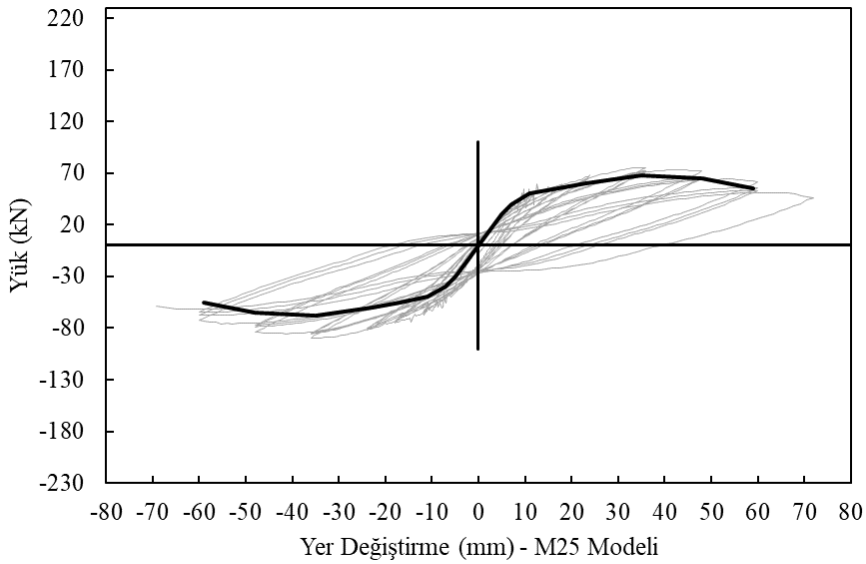
Şekil 35. M22 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği



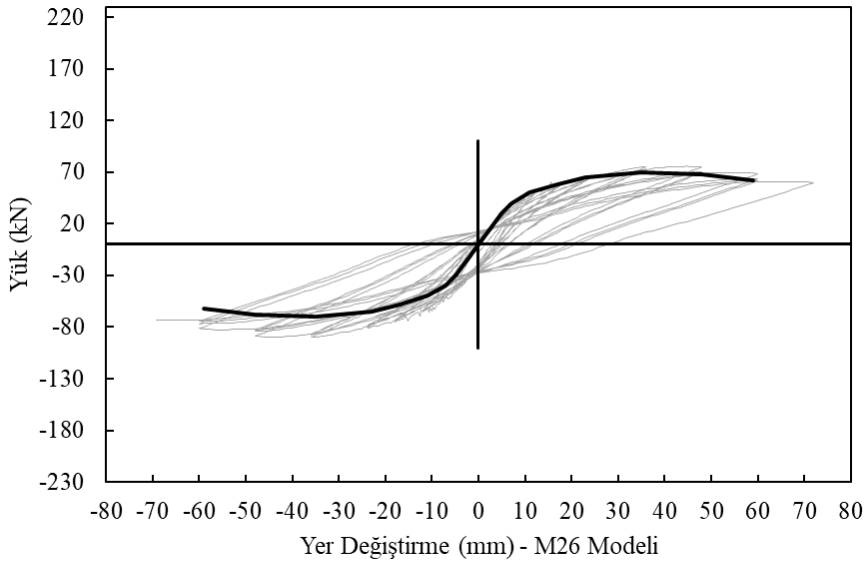
Şekil 36. M23 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği



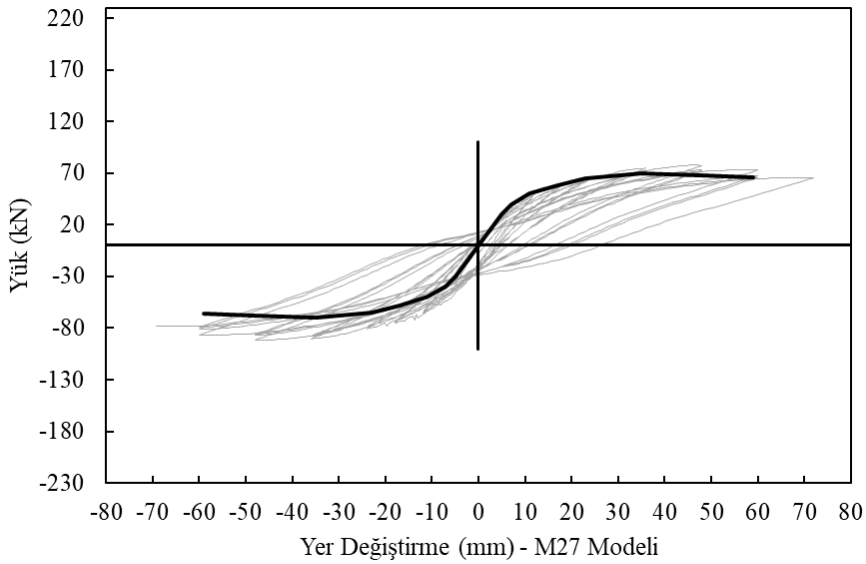
Şekil 37. M24 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği



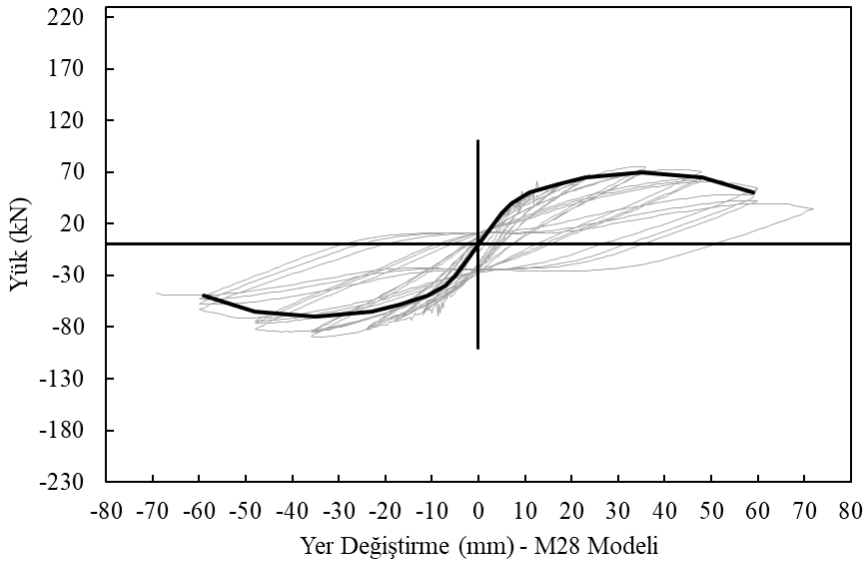
Şekil 38. M25 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği



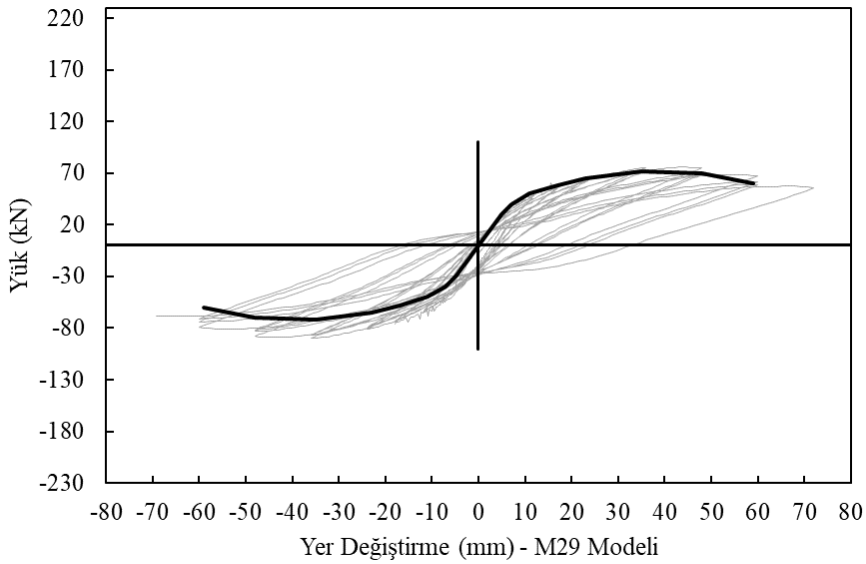
Şekil 39. M26 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği



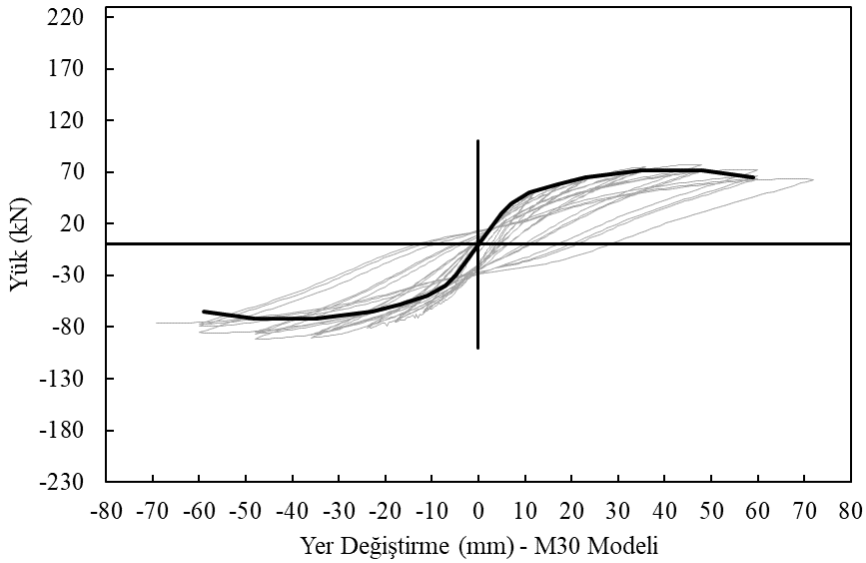
Şekil 40. M27 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği



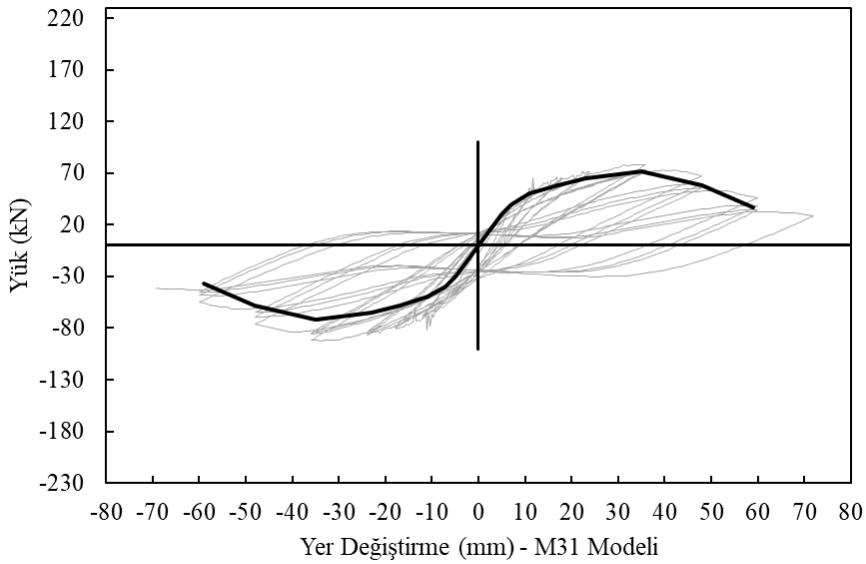
Şekil 41. M28 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği



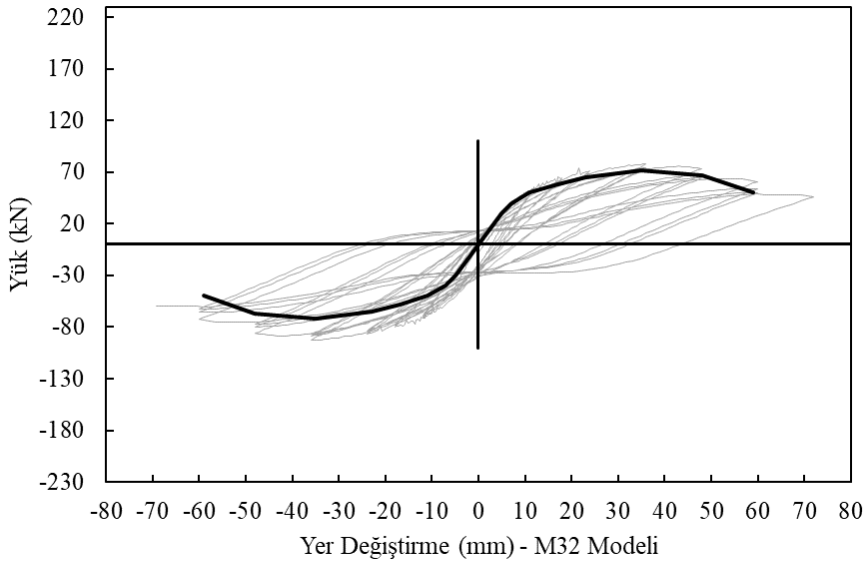
Şekil 42. M29 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği



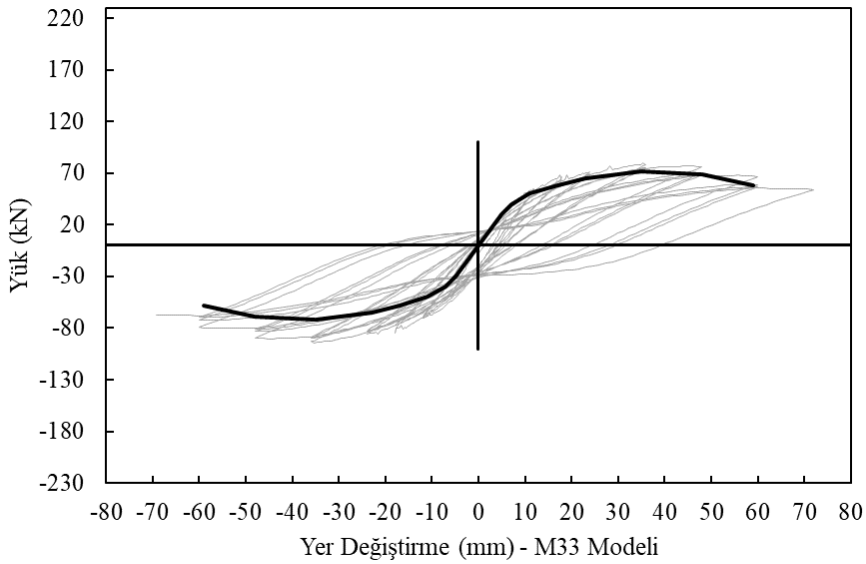
Şekil 43. M30 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği



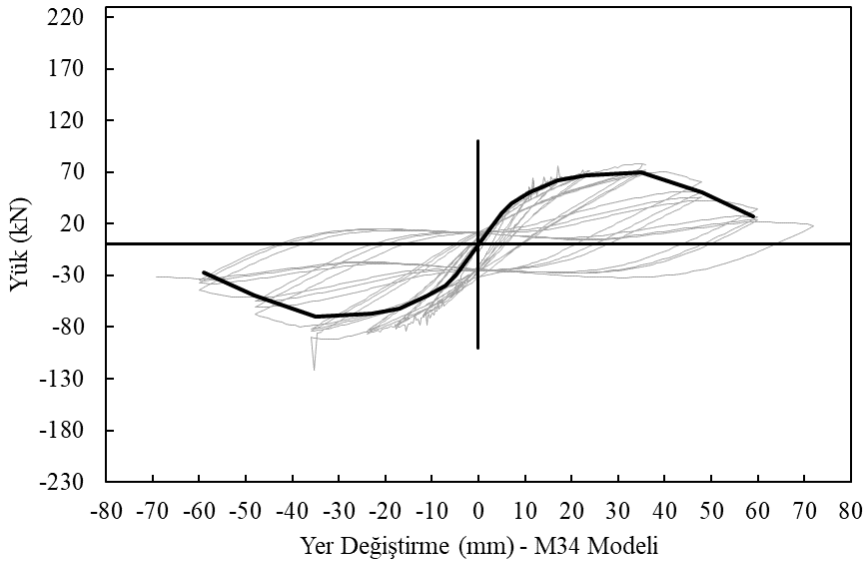
Şekil 44. M31 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği



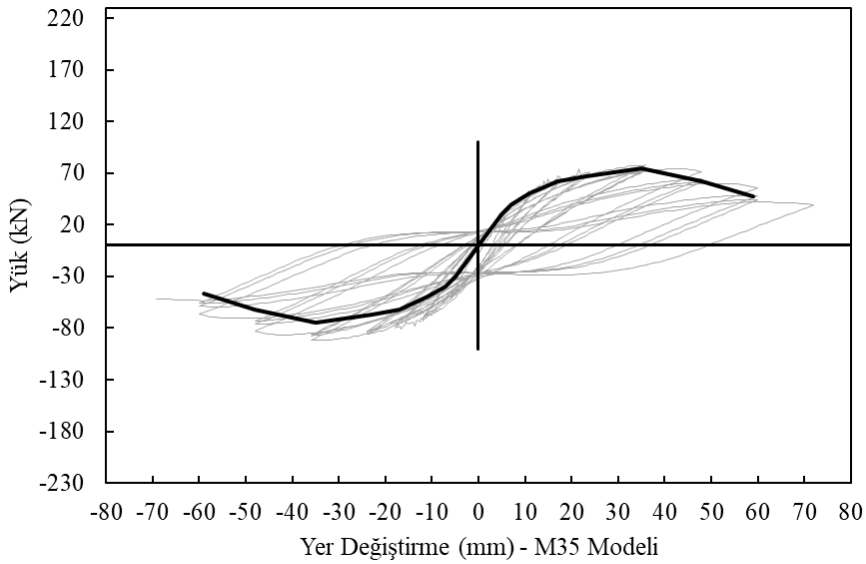
Şekil 45. M32 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği



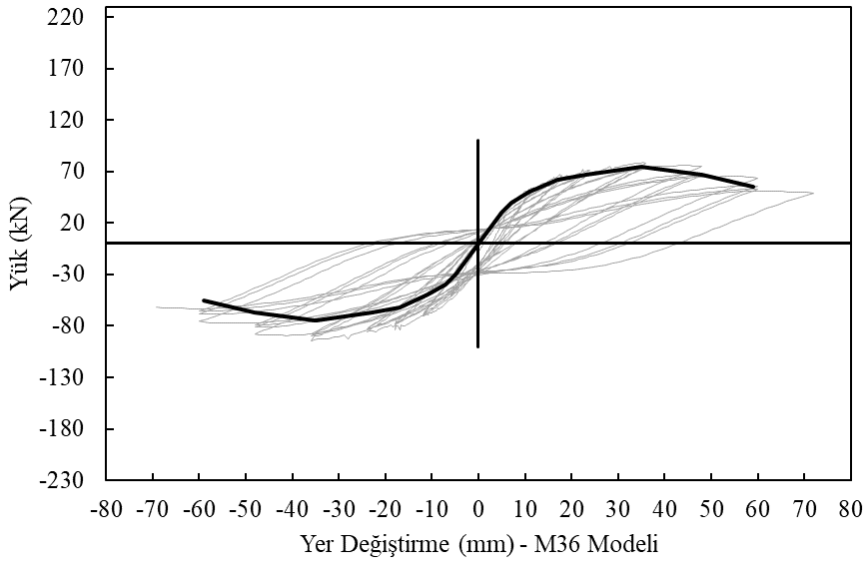
Şekil 46. M33 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği



Şekil 47. M34 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği



Şekil 48. M35 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği



Şekil 49. M36 Modeli Yük-Yerdeğiştirme Grafiği

V.MALZEME MODELLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Birçok yönetmeliğe göre, kolonlarda yatay yük taşıma kapasitesindeki %20 azalma, yerdeğiştirme sonucu ağır hasar oluşturmaktadır.

Toplam 36 adet modelin, Seismo-Struct programında sismik davranışı analiz edilerek sonuçlar irdelenmiş ve aşağıda sıralanmıştır.

- Enine donatı aralığının artması, sargılı beton modellerinde beton basınç dayanımını azalmaktadır.
- Enine donatı aralığı fazla olmasına rağmen yine de süneklik sağlar.
- Enine donatı aralığı fazla olan modellerde de çok düşük seviyede de olsa dayanımı arttırdığı görülmüştür.
- Enine donatı aralıklarının azalmasıyla dayanım ve süneklik büyük ölçüde artar.
- Sargı bölgesi uzunluğu arttırıldıkça süneklik düzeyinde ve yatay yük kapasitesinde de artış olduğu görülmüştür.
- Enine donatı aralıklarının azalması ve sarılma bölgesinin uzunluğunun arttırılmasıyla en iyi sonuçlara ulaşılmaktadır. Betondaki maksimum gerilme birim kısalmayı da arttıracağından dayanım ve süneklik çok artar.

VI. ÖNERİ VE SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında 36 adet kolon modelinin analitik olarak incelemesi yapılmış ve sarılma bölgesi, boyutsuz eksenel yük, kolon boyu ve enine donatı aralığı parametrelerine göre sonuçlar oluşturulmuştur. Elde edilen sonuçlar maddeler halinde sıralanmıştır.

- Sarılma bölgesi uzunluğunun l/b değeri düşük elemanlarda etkisinin sınırlı olduğu, l/b değerinin yüksek (l/b=8) olduğu kolonlarda ise etkisinin belirgin bir şekilde arttığı görülmüştür. Bu sebeple l/b değeri yüksek olan kolonlarda sarılma bölgesi uzunluğunun arttırılması yapı davranışına önemli katkı sunmaktadır. Ayrıca genellikle zemin katı ticari olan yapılarda kat yüksekliğinin yüksek olması sebebiyle l/b değeri yüksek olan yapılar oluşmaktadır. Ayrıca bu tür yapılarda diğer katlardan kat yüksekliklerinin farklı olması sebebiyle zayıf-yumuşak kat etkisinin artması sebebiyle daha kritik seviyede oldukları bilinmektedir. Bu sebeple bu tür elemanların oluştuğu zayıf-yumuşak katlarda düşey taşıyıcı olan kolonlarda önlem alınması gerekmektedir.
- Eksenel yük seviyesi yüksek olan kolonlarda sarılma bölgesi uzunluğunun etkisi l/b oranı düşük olan kolonlarda daha sınırlı olmaktadır. Buna karşın l/b oranı yüksek olan kolonlarda eksenel yük seviyesinin artmasıyla birlikte sarılma bölgesi uzunluğundaki artış kolon davranışına etkisi daha pozitif olmaktadır. Bu sebeple l/b oranı yüksek olan kolonlarda eksenel yük seviyesindeki artışla birlikte kolonların sarılma bölgesi uzunluğunun etkisi önem kazanmaktadır.
- Genel olarak kolon sarılma bölgesi uzunluğu h olan kolonların davranışı yönetmelikçe belirlenen 2h sınır değerine göre oldukça düşük kalmaktadır. l/b oranı yüksek olan kolonlarda ise kolon sarılma bölgesi uzunluğunun 3h değerinin davranışa etkisinin oldukça pozitif olduğu görülmüştür.

- Kısıtlı sayıda kolonlar üzerine yapılan incelemede elde edilen sonuçlar belirtilen değer aralıklarına sahip kolonlar için geçerlidir. Bu sebeple sonraki yapılacak çalışmalar için bu değer aralıklarında referans olabilecek bir çalışma olarak ışık tutması beklenmektedir.

VII. KAYNAKÇA

MAKALELER

A. COLOMBO P. NEGRO, [2005], A damage index of generalised applicability, **Engineering Structures**, vol. 27, no. 8, pp. 1164–1174.

A. GHOBARAH, H. ABOU-ELFATH, A. BİDDAH,[1999] Response-based damage assessment of structures, **Earthquake engineering & structural dynamics**, vol. 28, no. 1, pp. 79–104,.

AYDEMİR, C., ESER AYDEMİR, M., & YILDIRIM, P. (2020). "Belirgin Düşey Yük Etkisindeki Betonarme Kirişlerin Çevrimsel Yükler Altındaki Davranışı Üzerine Deneysel Bir İnceleme." **Teknik Dergi.** DOI: 10.18400/tekderg.34140.

AYKAÇ, S , AYKAÇ, B , BÖCEK, M . (2014). Dikdörtgen Kesitli Betonarme Kolonların Yaklaşık Hesabı İçin Basit Bir Formül . **International Journal of Engineering Research and Development** , 6 (2) , 13-22 . DOI: 10.29137/umagd.346078

AZİZİNAMİNİ A, JOHAL, LS, HANSON NW, MUSSER DW, CORLEY WG. (1988). Effects of Transverse Reinforcement on Seismic Performance of Columns - **A Partial Parametric Investigation**. Project No. CR-9617, Construction Technology,

BAE, S., & BAYRAK, O. (2008). Plastic hinge length of reinforced concrete columns. **ACI Structural Journal**, 105(3), 290.

BERRY M, PARRİSH M, EBERHARD M, (2004). PEER structural performance database user's manual**, Pacific Engineering Research Center**, Univ. of California, Berkeley, CA, 38.

CANSIZ, S. (2021). Analytical Estimation of the Residual Drift of Reinforced Concrete Columns under the Ultimate Displacement Capacity. **Periodica Polytechnica Civil Engineering**, 65(2), 450-462.

CANSIZ, S. (2021). Betonarme Kirişlerin Sarılma Bölgesi Uzunluğunun Araştırılması Üzerine Bir Çalışma. **International Journal of Engineering Research and Development**, 13 (2), 339-349. DOI: 10.29137/umagd.728936

CANSIZ, S. (2021). Betonarme Kolonların Yerdeğiştirme Kapasitesi Tahmini için Analitik Çalışma. **International Journal of Engineering Research and Development**, 13 (2), 545-562. DOI: 10.29137/umagd.867517

CEN (2003). Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistant, Part 1. **Comité Européen de Normalisation**, Brussels.

E. COSENZA G. MANFREDİ, [2000], Damage indices and damage measures," **Progress in Structural Engineering and Materials**, vol. 2, no. 1, pp. 50–59.

EL-BAHY, A., KUNNATH, S. K., STONE, W. C., & TAYLOR, A. W. (1999). Cumulative seismic damage of circular bridge columns: Benchmark and low-cycle fatigue tests. **ACI Structural Journal**, 96, 633-641.

ELWOOD, K. J., & MOEHLE, J. P. (2005). Drift capacity of reinforced concrete columns with light transverse reinforcement. **Earthquake Spectra,** 21(1), 71-89.

ELWOOD, K. J., & MOEHLE, J. P. (2005). Drift capacity of reinforced concrete columns with light transverse reinforcement. **Earthquake Spectra**, 21(1), 71-89.

F. A. ZAHN, [1985]. Design of reinforced concrete bridge columns for strength and ductility.

FOROUGHİ, S, YÜKSEL, S. (2019). Betonarme Kolonların Şekil Değiştirme Esaslı Hasar Sınırlarının Araştırılması . **International Journal of Engineering Research and Development** , 11 (2) , 584-601 . DOI: 10.29137/umagd.519208

FOROUGHİ S., JAMAL R., YÜKSEL S.B. [2021] " TBDY 2018 ve Mander Modeline göre Sargılı Betonun Gerilme-Şekil Değiştirmesinin Araştırılması " **El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi**, 8 (1), 363-375. DOI:10.31202/ecjse.788121

G. ANG BENG,[1981]. M. Priestley, R. Park, Ductility of reinforced bridge piers under seismic loading.

G. HOFFMAN, S. K. KUNNATH, J. MANDER, A. REİNHORN, [1992] Gravity-load-designed reinforced concrete buildings: Seismic evaluation of existing construction and detailing strategies for improved seismic resistance. **National Center for Earthquake Engineering Research**, State University of New York at Buffalo, Tech. Rep (1992): 92-0016.

G. S. CHEOK W. C. STONE, [1986], Behaviour of 1/6 scale model bridge columns subjected to cyclic inelastic loading, Report No. NBSIR 86-3494, U.S. Department of Commerce, **National Institute of Standards and Technology**, Gaithersburg, Md., 1986, 270 pp.

H. RODRİGUES, H. VARUM, A. ARÊDE, A. COSTA, (2012), A comparative analysis of energy dissipation and equivalent viscous damping of rc columns subjected to uniaxial and biaxial loading, **Engineering Structures**, vol. 35, pp. 149–164.

H. SEZEN J. P. MOEHLE, [2004], Shear strength model for lightly reinforced concrete columns, **Journal of Structural Engineering**, vol. 130, no. 11, pp. 1692–1703.

H. SUCUOGLU A. ERBERİK, [2004], Energy-based hysteresis and damage models for ˇ deteriorating systems, **Earthquake engineering & structural dynamics**, vol. 33, no. 1, pp. 69–88.

IŞIK, E.,ÖZDEMİR, M., KARAŞİN İ.B., KARAŞİN, A.(2019). Betonarme Yapılarda Kullanılan Malzeme Modellerinin Karşılaştırılması. **BEÜ Fen Bilimleri Dergisi**, 8 (3), 968-984.

J. B. MANDER, F. PANTHAKİ, A. KASALANATİ, [1994], Low-cycle fatigue behavior of reinforcing steel, **Journal of Materials in Civil Engineering**, vol. 6, no. 4, pp. 453–468.

J. M. BRACCİ, S. K. KUNNATH, A. M. REİNHORN, [1997], Seismic performance and retrofit evaluation of reinforced concrete structures, **Journal of Structural Engineering**, vol. 123, no. 1, pp. 3–10.

K. TSUNO R. PARK, [2004], Prediction method for seismic damage of reinforced concrete bridge columns, **Doboku Gakkai Ronbunshu**, vol. 2004, no. 766, pp. 1–15.

KAPPOS A., KONSTANTİNİDİS D. [1999] "Statistical analysis of confined high strength concrete," **Materials and Structures**, Vol. 32, pp. 734-748.

KENT D.C., PARK R. [1971] "Flexural members with confined concrete.", Journal of the Structural Division, **Proceedings of the American Society of Civil Engineers**, Vol. 97, Issue 7, pp. 1969-1990

L. HE X. G. YE, [2012], Comparative study on major damage ındex models, in Applied Mechanics and Materials, **Trans Tech Publ**, vol. 204, pp. 2424–2427.

LEHMAN, D. E. (2000). Seismic performance of well-confined concrete bridge columns.

M. BAZAN M. SASANİ, [2004], A new damage model for reinforced concrete elements, in **Proceedings of the 13th World Conference on Earthquake Engineering**, Vancouver, BC, Canada.

M. MENEGOTTO, P.E. PİNTO (1973), Method of analysis for cyclically loaded reinforced concrete plane frames including changes in geometry and non-elastic behaviour of elements under combined normal force and bending, IABSE symposium of resistance and ultimate deformability of structures acted on by well-defined repeated loads, vol. 13, **International Association of Bridge and Structural Engineering**, Lisbon, Portugal. pp. 15-22

M. SAATCİOGLU G. OZCEBE, [1989], Response of reinforced concrete columns to simulated seismic loading, **Structural Journal**, vol. 86, no. 1, pp. 3–12.

MANDER J.B., PRİESTLEY M.J.N., PARK R. [1988] "Theoretical stress-strain model for confined concrete," **Journal of Structural Engineering**, Vol. 114, No. 8, pp. 1804-1826.

MANDER, J.B., PRİESTLEY, M.J.N., PARK, R., 1988: Theoretical stress-strain model for confined concrete**. Journal of the Structural Division**. Vol. 114, no. 8, pp. 1804–1826.

MENEGOTTO M., PİNTO P.E. [1973] "Method of analysis for cyclically loaded R.C. plane frames including changes in geometry and non-elastic behaviour of elements under combined normal force and bending," Symposium on the Resistance and Ultimate Deformability of Structures Acted on by Well Defined Repeated Loads, **International Association for Bridge and Structural Engineering**, Zurich, Switzerland, pp. 15-22.

MERAL, E. (2019). Betonarme Binalarda Kısa Kolon Etkilerinin Araştırılması. **International Journal of Engineering Research and Development**, 11 (2), 515-527. DOI: 10.29137/umagd.495192

O. BAYRAK S. A. SHEİKH,[1998], Confinement reinforcement design considerations for ductile hsc columns, **Journal of Structural Engineering**, vol. 124, no. 9, pp. 999– 1010.

ÖZTURK, B. M. (2003). Seismic drift response of building structures in seismically active and near-fault regions.

ÖZTÜRK, B., (2007). Evaluation of Drift Demand on the Basis of Nonlinear Response of Building Structures Located at Seismically Active Regions . **4th Conference on Earthquake Geotechnical Engineering**, Selanik

R. ELİGEHAUSEN L. Lİ, [1992], Rotation capacity of prestressed concrete members. (1992).

R. PARK T. PAULAY [1975]. Reinforced concrete structures. **John Wiley & Sons**.

R. PARK, M. PRİESTLEY,[1982]. W. D. Gill, "Ductility of square-confined concrete columns," **Journal of the structural division**, vol. 108, no. 4, pp. 929–950.

R. SİNHA S. SHİRADHONKAR, (2012), Seismic damage index for classification of structural damage–closing the loop, in **Proceedings of the 15th World Conference On Earthquake Engineering**, Libosa, Portugal.

RAMBERG W., OSGOOD W.R. [1943] Description of Stress-Strain Curves by Three Parameters, **National Advisory Committee on Aeronautics**, Technical Note 902.

S. A. SHEİKH S. S. KHOURY, [1993], Confined concrete columns with stubs, **ACI Structural Journal**, vol. 90, pp. 414–414.

S. KUNNATH Y. CHAİ, [2004], Cumulative damage-based inelastic cyclic demand spectrum, **Earthquake engineering & structural dynamics**, vol. 33, no. 4, pp. 499–520.

SAATCİOGLU G. OZCEBE [1989]. "Response of reinforced concrete columns to simulated seismic loading," **Structural Journal**, vol. 86, no. 1, pp. 3–12,.

SAATCİOGLU M AND GRİRA M. (1999). Confinement of Reinforced Concrete Columns with Welded Reinforcement Grids. **ACI Structural Journal**, 96(1), 29-39.

UZBAŞ, B. (2014). Beton İçin Geliştirilen Gerilme-Şekil Değiştirme Modellerinin Karşılaştırılması, **Politeknik Dergisi**, 17 (3), 115-126.

V. V. CAO, H. R. RONAGH, M. ASHRAF, H. BAJİ, (2014), A new damage index for reinforced concrete structures, **Earthquakes and Structures**, vol. 6, no. 6, pp. 581–609.

Y. HEO S. K. KUNNATH, (2013), Damage-based seismic performance evaluation of reinforced concrete frames," **International Journal of Concrete Structures and Materials**, vol. 7, no. 3, pp. 175–182.

Y.-C. OU, H. ALRASYİD, Z. B. HABER, H.-J. LEE, (2015), Cyclic behavior of precast high-strength reinforced concrete columns**., ACI Structural Journal**, vol. 112, no. 6.

Y.-J. PARK A. H.-S. ANG, [1985], Mechanistic seismic damage model for reinforced concrete, **Journal of structural engineering**, vol. 111, no. 4, pp. 722–739.

Y.-J. PARK A. H.-S. ANG, [1985], Mechanistic seismic damage model for reinforced concrete, **Journal of structural engineering**, vol. 111, no. 4, pp. 722–739.

ELEKTRONİK KAYNAKLAR

SEİSMOSOFT, S. (v2022). A computer program for static and dynamic nonlinear analysis of framed structures. Disponível online em: http://www.seismosoft.com. (Erişim Tarihi: 15.09.2022)

TEZLER

ANG BG, PRİESTLEY MJN, PARK R. (1981). Ductility of Reinforced Bridge Piers Under Seismic Loading. Report 81-3, Department of Civil Engineering, University of Canterbury, Christchurch, New Zealand, February.

S. WATSON, [1989], Design of reinforced concrete frames of limited ductility.

H. TANAKA, [1990], Effect of lateral confining reinforcement on the ductile behaviour of reinforced concrete columns.

Y. PARK, A. REİNHORN, S. KUNNATH, [1987], Idarc: ¨Inelastic damage analysis of frame shear-wall structures, Techincal Report NCEER, pp. 87–0008.

DİĞER KAYNAKLAR

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik DBYBHY (2007). Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.

FEMA-356. (2000). Prestandard and commentary for the seismic rehabilitation of buildings. Report No. FEMA-356, Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C.

TS500, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları (ICS 91.080.40), Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2000.

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği TBDY (2018), Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı :Selim AYKUTLU

Ögrenim Durumu

Lisans :Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi (2000-2009)

Yüksek Lisans : İstanbul Aydın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Yüksek Lisans (2020-2022)

Yabancı Dil Ve Düzeyi

İngilizce / İntermediate