



Betonarme Kolon Eğrilik Sünekliliğinin 2007 ve 2018 Deprem Yönetmeliklerine Göre İncelenmesi

Abdullah Gündoğay^{1*}, Ahmet Kubilay Aksakal²

^{1*} Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-5355-9014), abdullahgundogay@sdu.edu.tr

² Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-0866-9310), ahmetaksakal@sdu.edu.tr

(2nd International Conference on Applied Engineering and Natural Sciences ICAENS 2022, March 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1079707)

ATIF/REFERENCE: Gündoğay, A. & Aksakal, A. K. (2022). Betonarme Kolon Eğrilik Sünekliliğinin 2007 ve 2018 Deprem Yönetmeliklerine Göre İncelenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (34), 202-210.

Öz

Deprem etkisi altında betonarme binaların şekildeğiştirmeye göre değerlendirilmesi ve tasarımında, taşıyıcı sistem elemanlarının kesit davranışının belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Bir kesitin davranışını ise gerçeğe en yakın moment-eğrilik ilişkisinden elde edilebilmektedir. Betonarme bir kesitin moment-eğrilik ilişkisini elde etmenin en uygun yolu deney yapmaktır. Ancak bu durum pratik ve ekonomik olmadığından dolayı literatürde çeşitli araştırmacılar tarafından elde edilmiş olan beton ve donatı çeliğinin davranışına ait modellerden yararlanılarak moment-eğrilik ilişkisi analitik olarak elde edilebilmektedir. Bu çalışma kapsamında Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY, 2007) ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'ne (TBDY, 2018) göre betonarme kare kolonun moment-eğrilik ilişkisi elde edilerek beton basınç dayanımının, eksenel yük, boyuna donatı çapının, enine donatı aralığının ve kol sayısının kolon eğrilik sünekliliğine etkisi karşılaştırmalı olarak araştırılmıştır. Bu amaçla kare kolonun özellikleri ve değişken parametreleri her iki deprem yönetmeliği sınır şartlarına uygun olarak seçilmiştir. Her iki deprem yönetmeliğine göre gerilme-birim şekildeğiştirme diyagramları elde edilerek SAP2000 programına aktarılmış ve 384 adet moment-eğrilik analizi yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda TBDY (2018)'e göre hesaplanan eğrilik sünekliliği değerleri, DBYBHY (2007)'ye göre ortalama %15 daha az elde edilmiştir. TBDY (2018)'e göre eğrilik sünekliliği değerleri, kesitin güç tükenmesine donatının kapasitesine erişmesiyle ulaşıldığında DBYBHY (2007)'ye kıyasla %20-21, betonun kapasitesine erişmesiyle ulaşıldığında ise %9-19 arasında daha az olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Betonarme, Kolon, Sargılı Beton Modeli, Moment-Eğrilik, Eğrilik Sünekliliği.

Investigation of Curvature Ductility on Reinforced Concrete Column According to 2007 and 2018 Earthquake Codes

Abstract

It is of great importance to determine the cross-sectional behavior of structural system elements in the evaluation and design of reinforced concrete buildings in terms of deformation under the influence of earthquakes. The behavior of a cross-section can be obtained from the moment-curvature relationship that is the closest to reality. The most convenient way to obtain the moment-curvature relationship of a reinforced concrete section is to perform experiment. However, since this method is not practical and economical, the moment-curvature relationship can be obtained analytically by using the models that belong to the behavior of concrete and steel obtained by various researchers in the literature. Within the scope of this study, the effect of concrete compressive strength, axial load, longitudinal reinforcement diameter, transverse reinforcement spacing and the number of ties on column curvature ductility was investigated comparatively by obtaining the moment-curvature relationship of the reinforced concrete square column according to the Turkish Earthquake Code (TEC, 2007) and the Turkish Building Earthquake Code (TBEC, 2018). For this purpose, the properties and

* Sorumlu Yazar: abdullahgundogay@sdu.edu.tr

variable parameters of the square column were selected in accordance with the boundary conditions of both earthquake codes. According to both earthquake codes, stress-strain diagrams were obtained and transferred to the SAP2000 program and 384 moment-curvature analysis were performed. As a result of the analysis performed, the curvature ductility values calculated according to the TBEC (2018) were obtained on average 15% less than the values calculated according to the TEC (2007). According to the TBEC (2018), compared to the TEC (2007), it has been seen that the curvature ductility values are 20-21% lower when failure of the cross-section is reached by the reinforcement reaching its capacity, and are 9-19% less when the concrete reaches its capacity.

Keywords: Reinforced Concrete, Column, Confined Concrete Model, Moment-Curvature, Curvature Ductility.

1. Giriş

Betonarme binaların deprem etkisi altındaki doğrusal elastik olmayan davranışının gerçeğe yakın olarak belirlenebilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu sebeple şekil değiştirmeye göre değerlendirme ve tasarım yöntemlerinin tercih edildiği çalışmalar çeşitli araştırmacılar tarafından kullanılmıştır (İnel ve ark., 2006; İnel ve ark. 2007; Gündoğay ve Tekeli, 2018; Gündoğay ve ark., 2019; Dilmaç, 2021; İbiş ve Ulutaş, 2021).

Ülkemizde şekil değiştirmeye göre değerlendirme yönteminden ilk olarak 2007 yılında yürürlüğe giren Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY, 2007)'te bilgi verilmiştir. 2019 yılında ise revize edilerek Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY, 2018) olarak yürürlüğe girmiş ve şekil değiştirmeye göre değerlendirme ve tasarım yönteminin detayları verilmiştir. Yeni deprem yönetmeliğiyle birlikte yapılan değişikliklerin etkisi literatürde çeşitli araştırmacılar tarafından incelenmiştir (Keskin ve Bozdoğan, 2018; Dalyan ve Şahin, 2019; Kadaş ve ark., 2019; Ulutaş, 2019; Karaca ve ark., 2020; Sarı ve Ulutaş, 2021; Özşahin, 2021; Aksoyulu ve Arslan, 2021).

Şekil değiştirmeye göre değerlendirme ve tasarımın yapılabilmesi için en önemli hususlardan biri taşıyıcı sistem elemanlarının kesit davranışının belirlenmesidir. Bir kesitin gerçeğe en yakın davranışını moment-eğrilik ilişkisi ile elde edilebilmektedir.

Literatürde, taşıyıcı sistem elemanlarının moment-eğrilik ilişkilerinin incelendiği çalışmalar mevcuttur. Örneğin; Kaltakçı ve ark. (2001), betonarme kiriş elemanların moment-eğrilik ilişkisi için kabuk betonunun ezilmesini, donatıdaki pekleşmeyi, göbek betonu için sargılama etkisini ve gerçekçi malzeme modellerini dikkate alan Fortran dilinde program hazırlamışlardır.

Bedirhanoglu ve İlki (2004) yaptıkları çalışmada, 3 farklı beton modelini kullanarak betonarme kesitler için analitik moment-eğrilik ilişkilerini elde etmişler ve literatürdeki deneysel sonuçlarla kıyaslamışlardır. Beton basınç dayanımı, eksenel yük, enine donatı miktarı ve düzeni için parametrik çalışma da yapmışlardır. Analitik ve deneysel moment-eğrilik ilişkilerinin birbirleriyle uyumlu olduğu görülmüştür.

Çağlar ve ark. (2014) tarafından yapılan çalışmada eşit enkesit alanına sahip kare, dikdörtgen ve dairesel betonarme kolonların moment-eğrilik ilişkisi XTRACT programı kullanılarak eksenel yük, beton basınç dayanımı, enine ve boyuna donatı oranları için incelenmiştir.

Meral (2018) yaptığı çalışmada, 4 adet dikdörtgen kolon kesiti için değişken parametreler dikkate alarak kolonların uzun doğrultuları için moment-eğrilik analizlerini yapmış ve eğrilik sünekliğini araştırmıştır. Çoklu regresyon analizi ile süneklik denklemi elde etmiş ve bu denklemi kullanarak eğrilik sünekliğini yaklaşık %15 farkla hesaplamıştır.

Demir ve ark. (2017) tarafından yapılan çalışmada, dairesel ve dikdörtgen betonarme kolonlar için farklı beton basınç dayanımı, eksenel yük seviyesi, enine ve boyuna donatı oranlarının akma eğriliğine olan etkileri XTRACT programı kullanılarak araştırılmıştır. Elde edilen sonuçları TBDY (2018)'de verilen ampirik formüllerle hesaplanan akma eğrilik değerleri ile kıyaslanmıştır. Bu formüllerin kolon kesit yüksekliğine/çapına bağlı olarak akma eğriliğini hesapladığı ve değişken parametrelerin etkisini dikkate almadığı görülmüştür.

Dok ve ark. (2017) tarafından yapılan çalışmada, DBYBHY (2007)'ye göre tasarlanan perde duvarların moment-eğrilik ilişkisini XTRACT programı kullanılarak incelenmiştir.

Kiracı ve ark. (2010), betonarme kiriş elemanların eğrilik sünekliğini ve sünekliği etkileyen parametreleri araştırmıştır. Kirişlerin moment-eğrilik analizleri için SEMAp programını kullanmışlardır. Elde ettikleri sonuçlara dayanarak betonarme kiriş elemanlar için süneklik denklemi önermişlerdir.

Foroughi ve ark. (2020) tarafından yapılan çalışmada, enine donatı ve eksenel yük oranlarının kolon eğrilik sünekliğine ve etkin kesit rijitliğine etkisi araştırılmıştır. Her iki parametrenin de kolonların moment-eğrilik ilişkisinde etkili olduğu görülmüştür.

Yüksel ve Foroughi (2020), betonarme dairesel kolon için SAP2000 programından elde ettikleri moment-eğrilik ilişkileri üzerinden kesitin çekirdek ile kabuk betonundaki çatlama ve kırılmayı, donatıda ise akma ve pekleşmeyi değişken parametreler için hesaplamışlardır.

Foroughi ve Yüksel (2020), SAP2000 programında analizlerini yaptıkları kare, dairesel ve dikdörtgen betonarme kolon kesitlerinin eğrilik sünekliğini ve moment kapasitelerini eksenel yük, boyuna donatı çapı, enine donatı çapı ve aralığı için incelemiştir.

Literatürde genel olarak taşıyıcı sistem elemanlarının moment-eğrilik ilişkisi farklı programlar kullanılarak elde edildiği ve değişken parametrelerin etkisinin incelendiği çalışmalara rastlanmaktadır. DBYBHY (2007) ve TBDY (2018)'in kıyaslandığı çalışmalarda ise eğrilik sünekliğinin kıyaslamalı olarak incelenmediği görülmektedir. Bu çalışmada DBYBHY (2007) ve TBDY (2018) kolon eğrilik sünekliği açısından kıyaslanmıştır. Bu kapsamda kesit özellikleri her iki deprem yönetmeliği şartlarına uygun betonarme kare kolonun eksenel yük, beton basınç dayanımı, boyuna donatı çapı, enine donatı aralığı ve kol sayısının parametrelerine bağlı olarak gerilme-birim şekil değiştirmeye diyagramları elde edilmiştir. Elde edilen gerilme-birim şekil değiştirmeye diyagramları SAP2000 programına aktarılarak moment-eğrilik analizleri yapılmıştır. İncelenen parametrelerin kolon eğrilik sünekliğine etkisi değerlendirilmiş ve her iki deprem yönetmeliğine göre elde edilen sonuçlar kıyaslanarak yorumlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

Betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının eğilme etkisindeki kesit davranışının gerçeğe yakın olarak elde edilebilmesi için beton ve donatı çeliğinin doğrusal elastik olmayan davranışının moment-eğrilik analizlerinde dikkate alınması gerekmektedir. Bunun için literatürde geliştirilmiş birçok malzeme modeli bulunmaktadır. Çalışmada yapılan moment-eğrilik analizlerinde DBYBHY (2007) ve TBDY (2018)'de verilen malzeme modelleri dikkate alınmıştır. Betonarme kare kolonun kesit özellikleri TS 500 (2000), DBYBHY (2007) ve TBDY (2018)'de verilen sınır koşulları sağlayacak şekilde belirlenmiştir.

2.1. Malzeme Modelleri

2.1.1. Beton Modeli

DBYBHY (2007) ve TBDY (2018)'de sargılı ve sargısız betonun doğrusal elastik olmayan davranışı için verilen gerilme-birim şekil değiştirme bağıntıları aşağıda verildiği şekliyle tanımlanmaktadır. Sargılı betonda beton basınç gerilmesi (f_c), beton basınç birim şekil değiştirilmesi (ϵ_c)'nin fonksiyonu olarak Denklem 1 ile hesaplanmaktadır.

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

Denklem 1'de verilen f_{cc} , sargılı beton dayanımını; x , şekil değiştirmeye bağlı değişkeni; r ise elastisite modülüne bağlı değişkeni temsil etmektedir. Sargılı beton dayanımı (f_{cc}) ile sargısız beton) dayanımı (f_{co}) arasındaki ilişki aşağıda verilmektedir.

$$f_{cc} = \lambda_c f_{co} \quad (2)$$

$$\lambda_c = 2.254 \sqrt{1 + 7.94 \frac{f_c}{f_{co}}} - 2 \frac{f_c}{f_{co}} - 1.254 \quad (3)$$

Denklem 3'te verilen f_c , etkili sargılama basıncını temsil etmektedir. Etkili sargılama basıncı, dikdörtgen kesitlerde birbirine dik iki doğrultu için Denklem 4 ile verilen değerlerin ortalaması olarak alınmaktadır.

$$f_{cx} = k_c \rho_x f_{yw} \quad , \quad f_{cy} = k_c \rho_y f_{yw} \quad (4)$$

Denklem 4'te verilen k_c , sargılama etkinlik katsayısını; ρ_x ve ρ_y , ilgili doğrultulardaki enine donatıların hacimsel oranını; f_{yw} , ise enine donatının akma dayanımını temsil etmektedir. Sargılama etkinlik katsayısı Denklem 5 ile elde edilmektedir.

$$k_c = \left(1 - \frac{\sum a_i^2}{6b_o h_o}\right) \left(1 - \frac{s}{2b_o}\right) \left(1 - \frac{s}{2h_o}\right) \left(1 - \frac{A_s}{b_o h_o}\right)^{-1} \quad (5)$$

Denklem 5'te verilen a_i , kesit çevresindeki düşey donatıların eksenleri arasındaki uzaklığını; b_o ve h_o , göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutlarını; s , etriye aralığını; A_s ise boyuna donatı alanını temsil etmektedir.

Denklem 1'de verilen normalize edilmiş beton birim şekil değiştirilmesi x ve r değişkenlerine ilişkin bağıntılar sırasıyla Denklem 6 ve Denklem 7'de verilmektedir.

$$x = \frac{\epsilon_c}{\epsilon_{cc}} \quad , \quad \epsilon_{cc} = \epsilon_{co} [1 + 5(\lambda_c - 1)] \quad , \quad \epsilon_{co} \cong 0.002 \quad (6)$$

$$r = \frac{E_c}{E_c - E_{sec}} \quad , \quad E_c \cong 5000 \sqrt{f_{co}} \quad , \quad E_{sec} = \frac{f_{cc}}{\epsilon_{cc}} \quad (7)$$

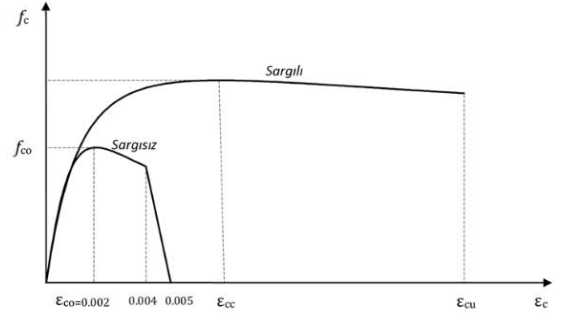
Denklem 7'de verilen E_c , betonun elastisite modülünü temsil etmektedir. Sargılı betondaki maksimum basınç birim şekil değiştirilmesi (ϵ_{cu}) DBYBHY (2007) için Denklem 8, TBDY (2018) için ise Denklem 9 kullanılarak elde edilmektedir.

$$\epsilon_{cu} = 0.004 + \frac{1.4 \rho_s f_{yw} \epsilon_{su}}{f_{cc}} \quad (8)$$

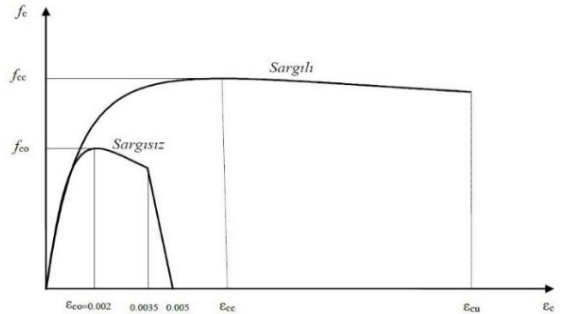
$$\epsilon_{cu} = 0.035 + \frac{1.4 \rho_s f_{yw} \epsilon_{su}}{f_{cc}} \quad (9)$$

Denklem 8-9'da verilen ρ_s , toplam enine donatının hacimsel oranını (dikdörtgen kesitler için $\rho_s = \rho_x + \rho_y$); ϵ_{su} ise donatı çeliğinin kopma birim şekil değiştirilmesini temsil etmektedir.

Sargılı beton dayanımı için verilen Denklem 1, DBYBHY (2007)'de $\epsilon_c = 0.004$ 'e kadar, TBDY (2018)'de ise $\epsilon_c = 0.0035$ 'e kadar olan bölgede sargısız beton için de geçerlidir. Sargısız betonda etkin sargılama basıncı $f_c = 0$ ve buna bağlı olarak Denklem 3'ten hesaplanan $\lambda_c = 1$ olacağından dolayı Denklem 6-7'de $f_{cc} = f_{co}$ ve $\epsilon_{cc} = \epsilon_{co}$ alınır. DBYBHY (2007) için $0.004 < \epsilon_c \leq 0.005$ aralığında, TBDY (2018) için ise $0.0035 < \epsilon_c \leq 0.005$ aralığında gerilme-birim şekil değiştirme ilişkisi doğrusal olur ve $\epsilon_c = 0.005$ 'de $f_c = 0$ tanımlanır (Şekil 1).



(a) DBYBHY (2007)



(b) TBDY (2018)

Şekil 1. Sargılı ve sargısız beton modelinin gerilme-birim şekil değiştirme diyagramları

2.1.2. Donatı Çeliği Modeli

DBYBHY (2007) ve TBDY (2018)'de donatı çeliği için gerilme-birim şekil değiştirme bağıntıları Denklem 10-12'deki ifadelerle tanımlanmaktadır.

$$f_s = E_s \epsilon_s \quad (\epsilon_s \leq \epsilon_{sy}) \quad (10)$$

$$f_s = f_{sy} \quad (\epsilon_{sy} \leq \epsilon_s \leq \epsilon_{sh}) \quad (11)$$

$$f_s = f_{su} - (f_{su} - f_{sy}) \frac{(\epsilon_{su} - \epsilon_s)^2}{(\epsilon_{su} - \epsilon_{sh})^2} \quad (\epsilon_{sh} \leq \epsilon_s \leq \epsilon_{su}) \quad (12)$$

Denklem 10-12'de verilen f_s , donatı çeliğinin gerilmesini; f_{sy} , donatı çeliğinin akma dayanımını; f_{su} , donatı çeliğinin kopma

dayanımını; ϵ_s , donatı çeliğinin birim şekildeğiştirmesini; ϵ_{sy} , donatı çeliğinin akma birim şekildeğiştirmesini; ϵ_{sh} , donatı çeliğinin pekleşme başlangıcındaki birim şekildeğiştirmesini; ϵ_{su} , donatı çeliğinin kopma birim şekildeğiştirmesini; E_s ise donatı çeliğinin elastisite modülünü temsil etmektedir. Donatı çeliğinin elastisite modülü değeri $E_s=2 \times 10^5$ MPa'dır.

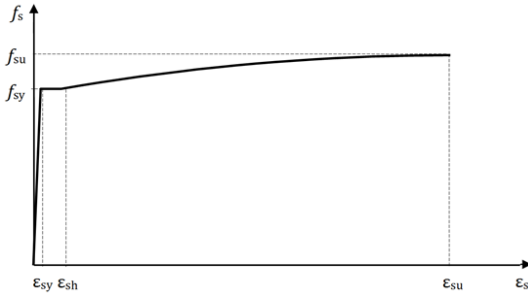
DBYBHY (2007) ve TBDY (2018)'de donatı çeliklerine ait verilen diğer bilgiler sırasıyla Tablo 1 ve Tablo 2'de, gerilme-birim şekildeğiştirme diyagramı ise Şekil 2'de verilmiştir.

Tablo 1. DBYBHY (2007)'de donatı çeliğinin malzeme özellikleri

Kalite	f_{sy} (MPa)	ϵ_{sy}	ϵ_{sh}	ϵ_{su}	f_{su} (MPa)
S220	220	0.0011	0.011	0.16	275
S420	420	0.0021	0.008	0.10	550

Tablo 2. TBDY (2018)'de donatı çeliğinin malzeme özellikleri

Kalite	f_{sy} (MPa)	ϵ_{sy}	ϵ_{sh}	ϵ_{su}	f_{su} (MPa)
S220	220	0.0011	0.011	0.16	1.15-1.35
S420	420	0.0021	0.008	0.08	1.15-1.35
B420C	420	0.0021	0.008	0.08	1.15-1.35
B500C	500	0.0025	0.008	0.08	1.15-1.35



Şekil 2. Donatı çeliğinin gerilme-birim şekildeğiştirme diyagramı (DBYBHY, 2007; TBDY, 2018)

2.2. Kesit Özellikleri

Çalışma kapsamında moment-eğrilik analizleri yapılan betonarme kare kolonun kesit özellikleri TS 500 (2000), DBYBHY (2007) ve TBDY (2018)'de verilen sınır değerler dikkate alınarak belirlenmiştir (Tablo 3).

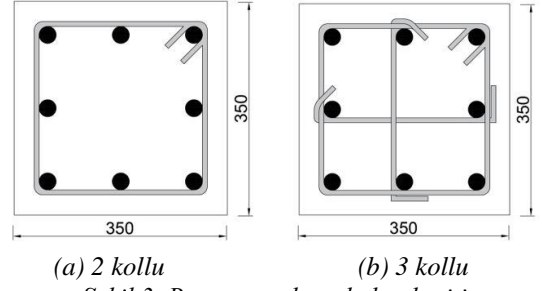
Tablo 3. TS 500 (2000), DBYBHY (2007) ve TBDY (2018)

Sınır Değerler	TS 500 (2000)	DBYBHY (2007)	TBDY (2018)
b_{min} (mm)	250	250	300
c_c (mm)	20 - 25	-	-
f_{ck} (MPa)	16 - 50	20 - 50	25 - 80
N_d	$\leq 0.6A_c f_{ck}$	$\leq 0.5A_c f_{ck}$	$\leq 0.4A_c f_{ck}$
ϕ_{boyuna} (mm)	14	14	14
ρ_{boyuna} (%)	1 - 4	1 - 4	1 - 4
ϕ_{enine} (mm)	$\phi_{max}/3$	8	8
s (mm)	$< 12\phi_{boyuna}$ < 200	$\leq b_{min}/3$ $50 \leq s \leq 100$	$\leq b_{min}/3$ $50 \leq s \leq 150$

Tablo 3'te verilen b_{min} , minimum kesit boyutunu; c_c , net beton örtüsünü; f_{ck} , beton basınç dayanımını; N_d , eksenel kuvvet değerini; ϕ_{boyuna} , minimum boyuna donatı çapını; ρ_{boyuna} , boyuna donatı oranını; ϕ_{enine} , enine donatı çapını; s ise enine donatı aralığını temsil etmektedir.

e-ISSN: 2148-2683

Kare kolon kesiti 350x350 mm olarak belirlenmiştir (Şekil 3). Kesite ait parametrelerin dağılımı Tablo 4'te verilmiştir.



Şekil 3. Betonarme kare kolon kesiti

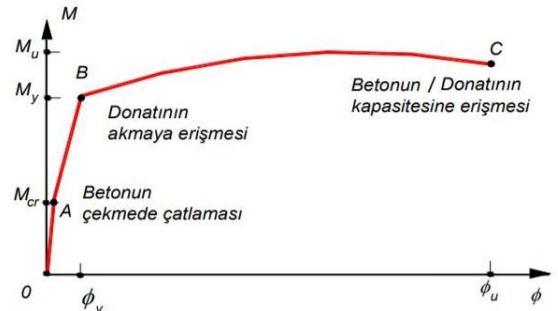
Tablo 4. Kesit özellikleri ve parametreler

Parametreler	Kesit Özellikleri
b, h (mm)	350 x 350
c_c (mm)	25
f_{ck} (MPa)	30 - 40 - 50
Donatı Kalitesi	S420
N_d (kN)	367.5 - 735 - 1102.5 - 1470
ρ_{boyuna} (%)	1 - 2 - 3 - 4
Boyuna Donatı Adedi-Çapı	8 ϕ 14 - 8 ϕ 20 - 8 ϕ 24 - 8 ϕ 28
ϕ_{enine} (mm)	8
s (mm)	50 - 150
Etriye Kol Sayısı	2 - 3

Tablo 4 incelendiğinde boyuna donatı çapları, minimum ve maksimum boyuna donatı oranlarına göre belirlenmiştir. Eksenel yük değerleri, tüm kesitlerde eksenel yük oranını aşmayacak şekilde dikkate alındığından dolayı 30 MPa beton basınç dayanımının kullanıldığı kesit için %10, %20, %30 ve %40 eksenel yük oranlarına göre belirlenmiştir.

2.3. Moment-Eğrilik

Betonarme bir kesitin eğilme davranışı hakkında gerçeğe en yakın moment-eğrilik ilişkisi üzerinden fikir sahibi olunarak yorumlanabilir (Şekil 4). Kesitin moment-eğrilik ilişkisi üzerinden rijitlik, dayanım, süneklik, vb. değerleri hesaplanabilir. Kesitin özelliklerine göre değişen bu değerler kesitin davranışı hakkında bilgi verir.



Şekil 4. Betonarme kesitin moment-eğrilik ilişkisi (Celep, 2013)

Şekil 4'te verilen M_{cr} , kesitte çatlama oluşturan eğilme momentini; M_y , kesitin akma momentini; M_u , kesitin eğilme momenti taşıma kapasitesini; ϕ_y , akma eğriliğini; ϕ_u ise güç tükenmesi eğriliğini temsil etmektedir. Eğrilik sünekliği, kesitin güç tükenmesi anındaki eğriliğin, çekme donatısının aktığı andaki eğriliğe oranı olarak tanımlanır.

$$\mu = \frac{\phi_u}{\phi_y} \quad (13)$$

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Bu çalışmada 350x350 mm kesit boyutlarındaki betonarme kare kolonun eğrilik sünekliği değeri aksenal yük, beton basınç dayanımı, boyuna donatı çapı, enine donatı aralığı ve kol sayısı parametreleri için DBYBHY (2007) ve TBDY (2018)'e göre

kıyaslamalı olarak incelenmiştir. Her iki deprem yönetmeliğine göre beton ve donatı malzemelerinin gerilme-birim şekildeğiştirme diyagramları hesaplanarak SAP2000 programına aktarılmış ve moment-eğrilik analizleri gerçekleştirilmiştir. Analizler sonucunda elde edilen akma eğriliği, güç tükenmesi eğriliği ve eğrilik sünekliği değerleri DBYBHY (2007) için Tablo 5'te, TBDY (2018) için ise Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 5. DBYBHY (2007)'ye göre analiz sonuçları

Kesit Adı	N=367.5 kN			N=735.0 kN			N=1102.5 kN			N=1470.0 kN		
	ϕ_u (rad/m)	ϕ_y (rad/m)	μ	ϕ_u (rad/m)	ϕ_y (rad/m)	μ	ϕ_u (rad/m)	ϕ_y (rad/m)	μ	ϕ_u (rad/m)	ϕ_y (rad/m)	μ
K30-14-50-2	0.0111	0.3973	35.79	0.0127	0.2789	21.96	0.0144	0.2042	14.18	0.0164	0.1601	9.76
K30-14-50-3	0.0111	0.3761	33.88	0.0126	0.4148	32.92	0.0142	0.3270	23.03	0.0116	0.2582	16.14
K30-14-150-2	0.0110	0.1698	15.44	0.0127	0.1052	8.28	0.0145	0.0790	5.45	0.0160	0.0662	4.14
K30-14-150-3	0.0111	0.2496	22.49	0.0127	0.1578	12.43	0.0145	0.1142	7.88	0.0162	0.0945	5.83
K30-20-50-2	0.0119	0.3328	27.97	0.0134	0.2398	17.90	0.0149	0.1868	12.54	0.0164	0.1560	9.51
K30-20-50-3	0.0119	0.4041	33.96	0.0133	0.3674	27.62	0.0147	0.2878	19.58	0.0163	0.2355	14.45
K30-20-150-2	0.0118	0.1340	11.36	0.0133	0.0914	6.87	0.0150	0.0770	5.13	0.0161	0.0678	4.21
K30-20-150-3	0.0119	0.1901	15.97	0.0134	0.1353	10.10	0.0149	0.1027	6.89	0.0163	0.0932	5.72
K30-24-50-2	0.0125	0.2834	22.67	0.0138	0.2169	15.72	0.0152	0.1732	11.39	0.0165	0.1535	9.30
K30-24-50-3	0.0124	0.4154	33.50	0.0137	0.3242	23.66	0.0150	0.2628	17.52	0.0166	0.2202	13.27
K30-24-150-2	0.0124	0.1150	9.27	0.0138	0.0833	6.04	0.0153	0.0759	4.96	0.0162	0.0687	4.24
K30-24-150-3	0.0125	0.1633	13.06	0.0138	0.1210	8.77	0.0153	0.1002	6.55	0.0163	0.0928	5.69
K30-28-50-2	0.0131	0.2442	18.64	0.0143	0.1969	13.77	0.0156	0.1600	10.26	0.0165	0.1511	9.16
K30-28-50-3	0.0130	0.3556	27.35	0.0142	0.2875	20.25	0.0154	0.2407	15.63	0.0168	0.2052	12.21
K30-28-150-2	0.0130	0.0983	7.56	0.0143	0.0810	5.66	0.0157	0.0751	4.78	0.0163	0.0692	4.25
K30-28-150-3	0.0131	0.1415	10.80	0.0143	0.1085	7.59	0.0156	0.0983	6.30	0.0164	0.0924	5.63
K40-14-50-2	0.0106	0.3844	36.26	0.0119	0.2653	22.29	0.0132	0.1946	14.74	0.0146	0.1530	10.48
K40-14-50-3	0.0107	0.3720	34.77	0.0120	0.3983	33.19	0.0132	0.3194	24.20	0.0146	0.2530	17.33
K40-14-150-2	0.0105	0.1697	16.16	0.0118	0.1062	9.00	0.0131	0.0762	5.82	0.0146	0.0631	4.32
K40-14-150-3	0.0106	0.2445	23.07	0.0119	0.1545	12.98	0.0132	0.1119	8.48	0.0146	0.0876	6.00
K40-20-50-2	0.0114	0.3127	27.43	0.0126	0.2254	17.89	0.0138	0.1764	12.78	0.0151	0.1422	9.42
K40-20-50-3	0.0114	0.3888	34.11	0.0126	0.3548	28.16	0.0137	0.2788	20.35	0.0150	0.2296	15.31
K40-20-150-2	0.0113	0.1328	11.75	0.0125	0.0913	7.30	0.0137	0.0707	5.16	0.0150	0.0627	4.18
K40-20-150-3	0.0113	0.1860	16.46	0.0125	0.1317	10.54	0.0137	0.1007	7.35	0.0151	0.0843	5.58
K40-24-50-2	0.0119	0.2652	22.29	0.0130	0.2037	15.67	0.0142	0.1639	11.54	0.0154	0.1349	8.76
K40-24-50-3	0.0119	0.3971	33.37	0.0130	0.3116	23.97	0.0141	0.2524	17.90	0.0153	0.2133	13.94
K40-24-150-2	0.0118	0.1138	9.64	0.0129	0.0826	6.40	0.0141	0.0688	4.88	0.0154	0.0624	4.05
K40-24-150-3	0.0119	0.1584	13.31	0.0130	0.1179	9.07	0.0141	0.0927	6.57	0.0154	0.0826	5.36
K40-28-50-2	0.0125	0.2269	18.15	0.0135	0.1835	13.59	0.0146	0.1505	10.31	0.0157	0.1296	8.25
K40-28-50-3	0.0125	0.3386	27.09	0.0135	0.2748	20.36	0.0145	0.2305	15.90	0.0156	0.1989	12.75
K40-28-150-2	0.0124	0.0971	7.83	0.0134	0.0744	5.55	0.0145	0.0669	4.61	0.0157	0.0616	3.92
K40-28-150-3	0.0124	0.1365	11.01	0.0135	0.1051	7.79	0.0145	0.0869	5.99	0.0157	0.0814	5.18
K50-14-50-2	0.0103	0.3780	36.70	0.0114	0.2503	21.96	0.0125	0.1841	14.73	0.0136	0.1451	10.67
K50-14-50-3	0.0104	0.3697	35.55	0.0115	0.3866	33.62	0.0126	0.3114	24.71	0.0137	0.2462	17.97
K50-14-150-2	0.0102	0.1656	16.24	0.0113	0.1043	9.23	0.0124	0.0753	6.07	0.0135	0.0603	4.47
K50-14-150-3	0.0103	0.2372	23.03	0.0114	0.1517	13.31	0.0125	0.1097	8.78	0.0136	0.0860	6.32
K50-20-50-2	0.0110	0.2958	26.89	0.0120	0.2133	17.78	0.0130	0.1669	12.84	0.0141	0.1354	9.60
K50-20-50-3	0.0110	0.3846	34.96	0.0121	0.3427	28.32	0.0131	0.2713	20.71	0.0141	0.2229	15.81
K50-20-150-2	0.0109	0.1292	11.85	0.0119	0.0900	7.56	0.0129	0.0685	5.31	0.0140	0.0590	4.21
K50-20-150-3	0.0109	0.1808	16.59	0.0120	0.1290	10.75	0.0130	0.0985	7.58	0.0140	0.0792	5.66
K50-24-50-2	0.0115	0.2504	21.77	0.0125	0.1918	15.34	0.0134	0.1550	11.57	0.0144	0.1284	8.92
K50-24-50-3	0.0116	0.3862	33.29	0.0125	0.3004	24.03	0.0135	0.2452	18.16	0.0145	0.2069	14.27
K50-24-150-2	0.0114	0.1105	9.69	0.0124	0.0812	6.55	0.0133	0.0642	4.83	0.0143	0.0581	4.06
K50-24-150-3	0.0115	0.1535	13.35	0.0124	0.1151	9.28	0.0134	0.0905	6.75	0.0144	0.0764	5.31
K50-28-50-2	0.0121	0.2138	17.67	0.0130	0.1732	13.32	0.0139	0.1435	10.32	0.0148	0.1205	8.14
K50-28-50-3	0.0121	0.3264	26.98	0.0130	0.2650	20.38	0.0139	0.2220	15.97	0.0148	0.1916	12.95
K50-28-150-2	0.0120	0.0951	7.93	0.0129	0.0734	5.69	0.0138	0.0623	4.51	0.0147	0.0574	3.90
K50-28-150-3	0.0120	0.1319	10.99	0.0129	0.1028	7.97	0.0138	0.0834	6.04	0.0148	0.0746	5.04

Tablo 5 ve Tablo 6’da kesit adlarının tanımlanmasında K harfi “Kesit” ifadesinin kısaltmasını, K harfinden sonra gelen rakamlar sırasıyla beton dayanımını (MPa), boyuna donatı çapını (mm), enine donatı aralığını (mm) ve etriye kol sayısını göstermektedir. Tablo 5 ve Tablo 6’da eğrilik sünekliği

değerlerinde, kırmızı renk ile kesitin güç tükenmesine donatının kapasitesine erişmesiyle ulaşıldığını, siyah renk ile ise kesitin güç tükenmesine betonun kapasitesine erişmesiyle ulaşıldığını temsil etmektedir.

Tablo 6. TBDY (2018)’ye göre analiz sonuçları

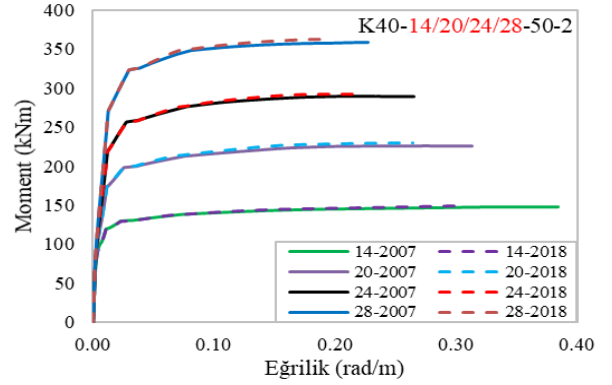
Kesit Adı	N=367.5 kN			N=735.0 kN			N=1102.5 kN			N=1470.0 kN		
	ϕ_u (rad/m)	ϕ_y (rad/m)	μ	ϕ_u (rad/m)	ϕ_y (rad/m)	μ	ϕ_u (rad/m)	ϕ_y (rad/m)	μ	ϕ_u (rad/m)	ϕ_y (rad/m)	μ
K30-14-50-2	0.0111	0.3152	28.40	0.0127	0.2340	18.43	0.0144	0.1719	11.94	0.0164	0.1346	8.21
K30-14-50-3	0.0111	0.3024	27.24	0.0126	0.3310	26.27	0.0142	0.2679	18.87	0.0160	0.2116	13.23
K30-14-150-2	0.0111	0.1473	13.27	0.0127	0.0914	7.20	0.0145	0.0678	4.68	0.0160	0.0565	3.53
K30-14-150-3	0.0111	0.2122	19.12	0.0127	0.1336	10.52	0.0145	0.0969	6.68	0.0162	0.0796	4.91
K30-20-50-2	0.0119	0.2756	23.16	0.0134	0.1995	14.89	0.0149	0.1550	10.40	0.0164	0.1289	7.86
K30-20-50-3	0.0119	0.3232	27.16	0.0133	0.2990	22.48	0.0147	0.2348	15.97	0.0164	0.1932	11.78
K30-20-150-2	0.0118	0.1158	9.81	0.0133	0.0792	5.95	0.0150	0.0655	4.37	0.0161	0.0572	3.55
K30-20-150-3	0.0119	0.1607	13.50	0.0134	0.1136	8.48	0.0149	0.0865	5.81	0.0163	0.0777	4.77
K30-24-50-2	0.0125	0.2343	18.74	0.0138	0.1805	13.08	0.0152	0.1443	9.49	0.0165	0.1266	7.67
K30-24-50-3	0.0124	0.3379	27.25	0.0137	0.2643	19.29	0.0150	0.2151	14.34	0.0166	0.1811	10.91
K30-24-150-2	0.0124	0.0989	7.98	0.0138	0.0717	5.20	0.0153	0.0642	4.20	0.0162	0.0576	3.56
K30-24-150-3	0.0125	0.1376	11.01	0.0138	0.1017	7.37	0.0153	0.0839	5.48	0.0163	0.0770	4.72
K30-28-50-2	0.0131	0.2016	15.39	0.0143	0.1630	11.40	0.0156	0.1326	8.50	0.0165	0.1241	7.52
K30-28-50-3	0.0130	0.2882	22.17	0.0142	0.2336	16.45	0.0154	0.197	12.79	0.0168	0.1678	9.99
K30-28-150-2	0.0130	0.0849	6.53	0.0143	0.0689	4.82	0.0157	0.0633	4.03	0.0163	0.0578	3.55
K30-28-150-3	0.0131	0.1191	9.09	0.0143	0.0909	6.36	0.0156	0.0820	5.26	0.0164	0.0765	4.66
K40-14-50-2	0.0106	0.3040	28.68	0.0119	0.2253	18.93	0.0132	0.1657	12.55	0.0146	0.1302	8.92
K40-14-50-3	0.0107	0.2990	27.94	0.0120	0.3162	26.35	0.0137	0.2619	19.12	0.0151	0.2080	13.77
K40-14-150-2	0.0105	0.1498	14.27	0.0118	0.0942	7.98	0.0131	0.0680	5.19	0.0146	0.0552	3.78
K40-14-150-3	0.0106	0.2122	20.02	0.0119	0.1340	11.26	0.0132	0.0971	7.36	0.0146	0.0763	5.23
K40-20-50-2	0.0114	0.2646	23.21	0.0126	0.1906	15.13	0.0138	0.1497	10.85	0.0151	0.1211	8.02
K40-20-50-3	0.0114	0.3109	27.27	0.0126	0.2909	23.09	0.0137	0.2303	16.81	0.0150	0.1892	12.61
K40-20-150-2	0.0113	0.1167	10.33	0.0125	0.0807	6.46	0.0137	0.0617	4.50	0.0150	0.0542	3.61
K40-20-150-3	0.0113	0.1605	14.20	0.0125	0.1145	9.16	0.0137	0.0869	6.34	0.0151	0.0721	4.77
K40-24-50-2	0.0119	0.2233	18.76	0.0130	0.1713	13.18	0.0142	0.1386	9.76	0.0154	0.1142	7.42
K40-24-50-3	0.0119	0.3282	27.58	0.0130	0.2557	19.67	0.0141	0.2082	14.77	0.0153	0.1761	11.51
K40-24-150-2	0.0118	0.0998	8.46	0.0129	0.0728	5.64	0.0141	0.0595	4.22	0.0154	0.0535	3.47
K40-24-150-3	0.0119	0.1354	11.38	0.0130	0.1010	7.77	0.0141	0.0794	5.63	0.0154	0.0698	4.53
K40-28-50-2	0.0125	0.1897	15.18	0.0135	0.1543	11.43	0.0146	0.1270	8.70	0.0157	0.1085	6.91
K40-28-50-3	0.0125	0.2759	22.07	0.0135	0.2242	16.61	0.0145	0.1891	13.04	0.0156	0.1630	10.45
K40-28-150-2	0.0124	0.0851	6.86	0.0134	0.0656	4.90	0.0145	0.0578	3.99	0.0157	0.0529	3.37
K40-28-150-3	0.0124	0.1170	9.44	0.0135	0.0897	6.64	0.0146	0.0736	5.04	0.0157	0.0684	4.36
K50-14-50-2	0.0103	0.3008	29.20	0.0114	0.2182	19.14	0.0125	0.1606	12.85	0.0136	0.1268	9.32
K50-14-50-3	0.0104	0.2957	28.43	0.0115	0.3075	26.74	0.0126	0.2601	20.64	0.0137	0.2066	15.08
K50-14-150-2	0.0102	0.1458	14.29	0.0113	0.0951	8.42	0.0124	0.0688	5.55	0.0135	0.0543	4.02
K50-14-150-3	0.0103	0.1980	19.22	0.0114	0.1335	11.71	0.0125	0.0971	7.77	0.0136	0.0762	5.60
K50-20-50-2	0.0110	0.2551	23.19	0.0120	0.1839	15.33	0.0130	0.1444	11.11	0.0141	0.1176	8.34
K50-20-50-3	0.0110	0.3077	27.97	0.0121	0.2863	23.66	0.0131	0.2258	17.24	0.0141	0.1850	13.12
K50-20-150-2	0.0109	0.1162	10.66	0.0119	0.0815	6.85	0.0129	0.0620	4.81	0.0140	0.0522	3.73
K50-20-150-3	0.0109	0.1581	14.50	0.0120	0.1134	9.45	0.0130	0.0867	6.67	0.0140	0.0698	4.99
K50-24-50-2	0.0115	0.2147	18.67	0.0125	0.1643	13.14	0.0134	0.1331	9.93	0.0144	0.1101	7.65
K50-24-50-3	0.0115	0.3194	27.77	0.0125	0.2495	19.96	0.0135	0.2032	15.05	0.0145	0.1720	11.86
K50-24-150-2	0.0114	0.0990	8.68	0.0124	0.0731	5.90	0.0133	0.0574	4.32	0.0143	0.0510	3.57
K50-24-150-3	0.0115	0.1340	11.65	0.0124	0.1009	8.14	0.0134	0.0793	5.92	0.0144	0.0659	4.58
K50-28-50-2	0.0121	0.1826	15.09	0.0130	0.1471	11.32	0.0139	0.1223	8.80	0.0148	0.1029	6.95
K50-28-50-3	0.0121	0.2709	22.39	0.0130	0.2181	16.78	0.0139	0.1839	13.23	0.0148	0.1591	10.75
K50-28-150-2	0.0120	0.0850	7.08	0.0129	0.0659	5.11	0.0138	0.0546	3.96	0.0147	0.0500	3.40
K50-28-150-3	0.0120	0.1149	9.58	0.0129	0.0896	6.95	0.0138	0.0728	5.28	0.0148	0.0640	4.32

Tablo 5 ve Tablo 6’da her bir kesit için farklı parametrelere göre elde edilen eğrilik sünekliği değerlerinin yorumlanabilmesi için TBDY (2018)’e göre elde edilen değerler DBYBHY (2007)’ye göre elde edilenlere oranlanmıştır. Tablo 7’nin en alt satırında tanımlanan “Ortalama” ifadesi ile her bir eksenel yük değeri için kesitlerdeki değerlerin ortalaması temsil edilmektedir.

Tablo 7. Her iki deprem yönetmeliğine ait eğrilik sünekliği değerlerinin oranları

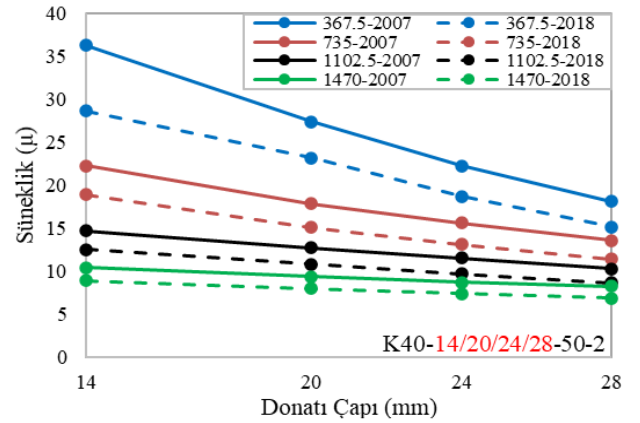
Kesit Adı	μ TBDY (2018) / μ DBYBHY (2007)			
	N=367.5 kN	N=735.0 kN	N=1102.5 kN	N=1470.0 kN
K30-14-50-2	0.79	0.84	0.84	0.84
K30-14-50-3	0.80	0.80	0.82	0.82
K30-14-150-2	0.86	0.87	0.86	0.85
K30-14-150-3	0.85	0.85	0.85	0.84
K30-20-50-2	0.83	0.83	0.83	0.83
K30-20-50-3	0.80	0.81	0.82	0.82
K30-20-150-2	0.86	0.87	0.85	0.84
K30-20-150-3	0.85	0.84	0.84	0.83
K30-24-50-2	0.83	0.83	0.83	0.82
K30-24-50-3	0.81	0.82	0.82	0.82
K30-24-150-2	0.86	0.86	0.85	0.84
K30-24-150-3	0.84	0.84	0.84	0.83
K30-28-50-2	0.83	0.83	0.83	0.82
K30-28-50-3	0.81	0.81	0.82	0.82
K30-28-150-2	0.86	0.85	0.84	0.84
K30-28-150-3	0.84	0.84	0.83	0.83
K40-14-50-2	0.79	0.85	0.85	0.85
K40-14-50-3	0.80	0.79	0.82	0.82
K40-14-150-2	0.88	0.89	0.89	0.87
K40-14-150-3	0.87	0.87	0.87	0.87
K40-20-50-2	0.85	0.85	0.85	0.85
K40-20-50-3	0.80	0.82	0.83	0.82
K40-20-150-2	0.88	0.88	0.87	0.86
K40-20-150-3	0.86	0.87	0.86	0.86
K40-24-50-2	0.84	0.84	0.85	0.85
K40-24-50-3	0.83	0.82	0.82	0.83
K40-24-150-2	0.88	0.88	0.86	0.86
K40-24-150-3	0.85	0.86	0.86	0.85
K40-28-50-2	0.84	0.84	0.84	0.84
K40-28-50-3	0.81	0.82	0.82	0.82
K40-28-150-2	0.88	0.88	0.86	0.86
K40-28-150-3	0.86	0.85	0.84	0.84
K50-14-50-2	0.80	0.87	0.87	0.87
K50-14-50-3	0.80	0.80	0.84	0.84
K50-14-150-2	0.88	0.91	0.91	0.90
K50-14-150-3	0.83	0.88	0.89	0.89
K50-20-50-2	0.86	0.86	0.87	0.87
K50-20-50-3	0.80	0.84	0.83	0.83
K50-20-150-2	0.90	0.91	0.91	0.88
K50-20-150-3	0.87	0.88	0.88	0.88
K50-24-50-2	0.86	0.86	0.86	0.86
K50-24-50-3	0.83	0.83	0.83	0.83
K50-24-150-2	0.90	0.90	0.89	0.88
K50-24-150-3	0.87	0.88	0.88	0.86
K50-28-50-2	0.85	0.85	0.85	0.85
K50-28-50-3	0.83	0.82	0.83	0.83
K50-28-150-2	0.89	0.90	0.88	0.87
K50-28-150-3	0.87	0.87	0.87	0.86
Ortalama	0.84	0.85	0.85	0.85

Tablo 7 incelendiğinde eğrilik sünekliği oranlarının yaklaşık olarak 0.79-0.91 arasında değiştiği ve ortalama değerinin 0.85 olduğu görülmektedir. Her iki deprem yönetmeliğine göre kesitin güç tükenmesine donatının kapasitesine erişmesiyle ulaşıldığında eğrilik sünekliği oranlarının yaklaşık olarak 0.79-0.80, kesitin güç tükenmesine betonun kapasitesine erişmesiyle ulaşıldığında eğrilik sünekliği oranlarının yaklaşık olarak 0.81-0.91 arasındadır. SAP 2000 programında moment-eğrilik analizlerinden elde edilen grafikler sadece boyuna donatının değişimini incelemek amacıyla K40-14/20/24/28-50-2 kesitleri 367.5 kN eksenel yük değeri için DBYBHY (2007) ve TBDY (2018)’e göre kıyaslamalı olarak Şekil 5’te sunulmuştur.

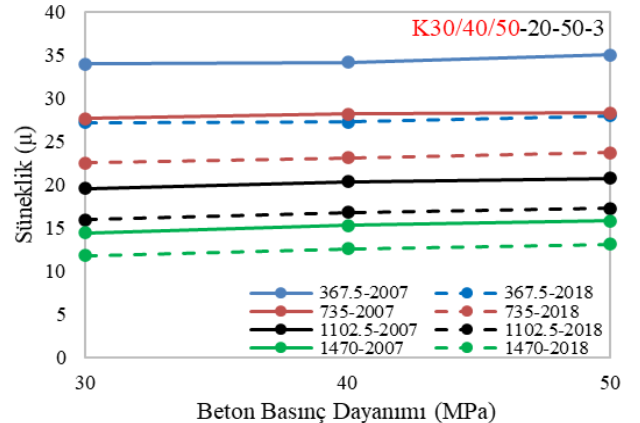


Şekil 5. Moment-eğrilik grafikleri

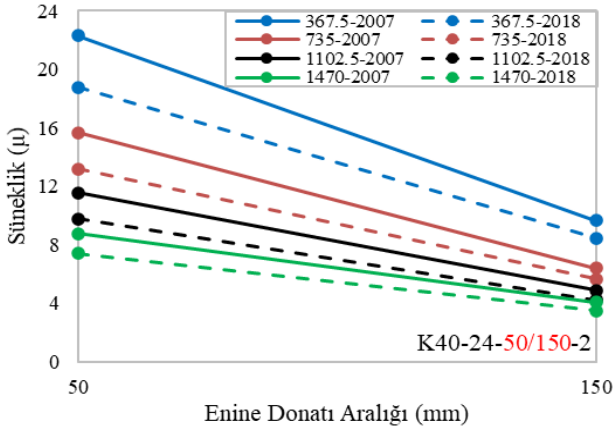
Eksenel yükün, boyuna donatı çapının, beton basınç dayanımının, enine donatı aralığının ve kol sayısının eğrilik sünekliği üzerindeki etkisi belirli kesitler için DBYBHY (2007) ve TBDY (2018)’e göre kıyaslamalı olarak Şekil 6’da sunulmuştur.



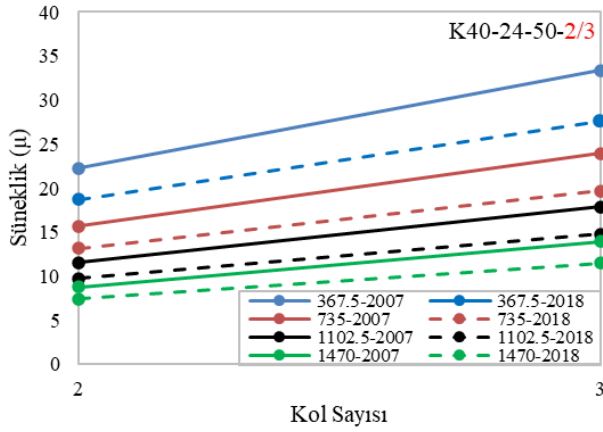
(a) Boyuna donatı çapının etkisi



(b) Beton basınç dayanımının etkisi



c) Enine donatı aralığının etkisi



d) Enine donatı kol sayısının etkisi

Şekil 6. Parametrelerin eğrilik sünekliği üzerindeki etkisi

4. Sonuç

Bu çalışma kapsamında DBYBHY (2007) ve TBDY (2018)'de verilen beton ve donatı malzeme modellerine göre betonarme kare kolonun eğrilik sünekliği değeri aksel yük, beton basınç dayanımı, boyuna donatı çapı, enine donatı aralığı ve kol sayısı parametrelerine göre kıyaslamalı olarak incelenmiştir. Bu amaçla 384 adet moment-eğrilik analizi SAP2000 programında yapılmış ve eğrilik sünekliği değerleri hesaplanmıştır. Yapılan analizlerden elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

TBDY (2018)'e göre hesaplanan eğrilik sünekliği değerleri, DBYBHY (2007)'ye göre hesaplanan değerlerden daha küçük elde edilmiştir. Dolayısıyla TBDY (2018)'e göre elde edilen eğrilik sünekliği değerleri daha güvenli tarafta kalmaktadır.

TBDY (2018)'e göre hesaplanan eğrilik sünekliği değerleri, kesitin güç tükenmesine donatının kapasitesi ile ulaşıldığında DBYBHY (2007)'ye kıyasla yaklaşık olarak %20-21, kesitin güç tükenmesine betonun kapasitesi ile ulaşıldığında ise %9-19 arasında daha küçük olduğu görülmüştür.

TBDY (2018)'e göre hesaplanan eğrilik sünekliği değerleri, DBYBHY (2007)'ye hesaplanan değerlere göre ortalama %15 daha küçük elde edilmiştir.

Kesitteki enine donatı aralığının artması halinde TBDY (2018)'e göre elde edilen eğrilik sünekliği değerleri DBYBHY (2007) değerlerine yaklaşmıştır.

Kesitteki enine donatı kol sayısının artması halinde TBDY (2018)'e göre elde edilen eğrilik sünekliği değerleri eğer

kıyaslanan iki kesitinde güç tükenmesine donatının kapasitesi ile ulaşıyorsa DBYBHY (2007) değerlerine yaklaşmaktadır. Aksi takdirde TBDY (2018)'e göre elde edilen eğrilik sünekliği değerleri DBYBHY (2007) değerlerinden uzaklaşmaktadır.

Beton basınç dayanımının artması halinde TBDY (2018)'e göre elde edilen eğrilik sünekliği değerleri eğer kesit güç tükenmesine betonun kapasitesi ile ulaşıyorsa DBYBHY (2007) değerlerine yaklaşmaktadır. Eğer kesit güç tükenmesine donatının kapasitesi ile ulaşıyorsa TBDY (2018)'e göre elde edilen eğrilik sünekliği değerlerinin DBYBHY (2007) değerlerinden uzaklaştığı veya aynı kaldığı söylenebilir.

Her iki deprem yönetmeliğinde aksel yükün, boyuna donatı çapının ve enine donatı aralığının artması eğrilik sünekliğinde azalma meydana getirmiştir. Enine donatı kol sayısının artması ise eğrilik sünekliğini arttırmıştır. Beton basınç dayanımındaki artışın eğrilik sünekliğine katkısı diğer parametrelere göre sınırlı seviyede kalmıştır.

Kaynakça

- Aksoylu, C. & Arslan, M. H. (2021). 2007 ve 2019 Deprem Yönetmeliklerinde Betonarme Binalar İçin Yer Alan Farklı Deprem Kuvveti Hesaplama Yöntemlerinin Karşılaştırılması Olarak İrdelenmesi. *International Journal of Engineering Research and Development*, 13(2), 359-374. DOI: 10.29137/umagd.844186
- Bedirhanoglu, I., & Ilki, A. (2004). Theoretical moment-curvature relationships for reinforced concrete members and comparison with experimental data. In *Sixth International Congress on Advances in Civil Engineering*, 231-240, İstanbul.
- Celep, Z. (2013). Deprem Yönetmeliği'nde Plastisite Teorisinin Uygulamaları. XVIII. Ulusal Mekanik Kongresi, 23-39, Manisa.
- Çağlar, N., Akkaya, A., Demir, A., & Öztürk, H. (2004). Farklı kesit geometrilerine sahip betonarme kolonların davranışının incelenmesi. *ISITES2014*, 2095-2105, Karabük.
- Dalyan, İ. & Şahin, B. (2019). Mevcut Betonarme Bir Binanın 2007 ve 2018 Deprem Yönetmeliklerine Göre Deprem Yükleri Altındaki Taşıyıcı Sistem Performansının Değerlendirilmesi. *Türk Deprem Araştırma Dergisi*, 1(2), 134-147. DOI: 10.46464/tad.631998
- DBYBHY. (2007). Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara.
- Demir, A., Dok, G. & Öztürk, H. (2017). Betonarme Kolonların Akma Eğriliklerinin Tespiti için Tbdy-2016'da Verilen Ampirik Bağlılıkların İncelenmesi. 4. Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Sempozyumu, Eskişehir.
- Dilmaç, H. (2021). A Study on Structural Behaviour of RC Buildings Pre-Designed According to TBSC Design Principles. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, Ejosat Özel Sayı 2021 (ICAENS), 91-96. DOI: 10.31590/ejosat.988526
- Dok, G., Ozturk, H. & Demir, A. (2017). Determining Moment-Curvature Relationship Of Reinforced Concrete Columns. *The Eurasia Proceedings of Science Technology Engineering and Mathematics*, (1), 52-58.
- Foroughi, S., Jamal, R. & Yüksel, B. (2020). Sargı Donatısı ve Aksel Yük Seviyesinin Betonarme Kolonların Eğrilik Süneklik ile Etkin Kesit Rijitliğine Etkisi. *El-Cezeri*, 7(3), 1309-1319. DOI: 10.31202/ecjse.750775

- Foroughi, S. & Yüksel, S. B. (2020). Analytical Investigation of Curvature Ductility of Reinforced Concrete Columns. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 25(1), 27-38. DOI: 10.17482/uumfd.510862
- Gündoğay, A. & Tekeli, H., (2018). Atölye binalarının deprem performansını etkileyen bazı parametrelerin incelenmesi. 6th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science, 929-938, Antalya.
- Gündoğay, A., Ulutaş, H., & Tekeli, H. (2019). Mevcut atölye binalarının deprem güvenliğinin incelenmesi. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 10(2), 755-768.
- İbiş, T., & Ulutaş, H. (2021). Yeni Yapılacak Betonarme Bir Binanın TBDY 2018'e göre Deprem Performansının Belirlenmesi. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 10(3), 1104-1124. DOI: 10.17798/bitlisfen.914069
- İnel, M., Bilgin, H. & Özmen, H., (2006). Mevcut Kamu Yapılarının Performans Değerlendirmesi. *Türkiye Mühendislik Haberleri*, 444-445, 64-71.
- İnel, M., Bilgin, H. & Özmen, H., (2007). Okul Binalarının Yeni Deprem Yönetmeliğine Göre Değerlendirilmesi. *Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, 257-267, İstanbul.
- Kadaş, K., Soysal, B. F., Akansel, V. H., Mazılıgüney, L. & Yakut, A. (2019). Comparison of 2007 and 2019 seismic hazard maps based on spectrum intensities and corresponding engineering demands – a case study with RC school buildings in Istanbul. 5th International Conference on Earthquake Engineering and Seismology, Ankara.
- Kaltakçı, M. Y., Korkmaz, H. H. & Korkmaz, S. Z. (2001). Basit Eğilme Etkisindeki Betonarme Elemanların Moment-Eğrilik ve Tasarım Değişkenleri Üzerine Analitik Bir İnceleme. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7(1), 71-80.
- Karaca, H., Oral, M. & Erbil, M. (2020). Yapısal Tasarım Bağlamında 2007 ve 2018 Deprem Yönetmeliklerinin Karşılaştırılması, Niğde Örneği. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 9(2), 898-903. DOI: 10.28948/ngumuh.667365
- Keskin, E. & Bozdoğan, K. B. (2018). 2007 ve 2018 Deprem Yönetmeliklerinin Kırklareli İli Özelinde Değerlendirilmesi. *Kırklareli Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 4(1), 74-90.
- Kiracı, S., Erdem, R. T. & Bağcı, M. (2010). Betonarme Bir Eleanda Eğrilik Sünekliğinin İncelenmesi. *Celal Bayar University Journal of Science*, 6(2), 141-154.
- Meral, E. (2018). Yapısal Parametrelerin Betonarme Kolonların Eğrilik Sünekliğine Etkileri. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 1(1), 28-43.
- Özşahin, B. (2021). Edirne İli Özelinde 2019 ve 2007 Türk Deprem Yönetmeliklerine Göre Yatay Tasarım İvme Spektrumlarının Değişiminin İncelenmesi. *Journal of Advanced Research in Natural and Applied Sciences*, 7(4), 590-608. DOI: 10.28979/jarnas.927688
- SAP 2000. (2011). *Structural Analysis and Design Program. Computers and Structures, Inc., v.20.0.0., Berkeley, California, USA.*
- Sarı, O. & Ulutaş, H. (2021). Mevcut konut türü betonarme bir binanın deprem güvenliğinin incelenmesi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11(4), 1129-1144. DOI: 10.17714/gumusfenbil.906844
- TBDY. (2018). *Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara.*
- TS500. (2000). *Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları. Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.*
- Ulutaş, H. (2019). DBYBHY (2007) ve TBDY (2018) Deprem Yönetmeliklerinin Kesit Hasar Sınırları Açısından Kıyaslanması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (17), 351-359. DOI: 10.31590/ejosat.620827
- Yüksel, B. & Foroughi, S. (2020). Analysis of Bending Moment-Curvature and the Damage Limits of Reinforced Concrete Circular Columns. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 891-903. DOI: 10.31590/ejosat.696116