



## Betonarme Kirişlerin Sarılma Bölgesi Uzunluğunun Araştırılması Üzerine Bir Çalışma

### A Study on Investigation of Length of Hugging Zone of Reinforced Concrete Beams

Sinan Cansız<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Istanbul Aydın Üniversitesi, 34083-İstanbul, TÜRKİYE*

*Başvuru/Received: 13/05/2020*

*Kabul / Accepted: 18/01/2021*

*Çevrimiçi Basım / Published Online: 04/02/2021*

*Son Versiyon/Final Version: 18/06/2021*

#### Öz

Bu çalışmada, farklı kesme açıklığı ile farklı sarılma bölgesi uzunluğuna sahip kirişlerin sismik analizi bilgisayar programı yardımı ile yapılmıştır. Çalışma kapsamında betonarme kirişlerin sarılma bölgesinin uzunluğunun kiriş davranışına etkisi incelenmiştir. Betonarme kirişlerin sarılma bölgesi ile kesme açıklığı uzunluğunun ilişkisi analitik olarak belirlenmiştir. Bu bağlamda farklı kesme açıklığına sahip 9 betonarme kiriş bilgisayar programında analitik olarak modellenerek, yük-yer değiştirme ilişkileri incelenmiştir. Özellikle kesme açıklığının etkili derinliğe oranı 6'dan büyük kirişlerde sarılma bölgesi uzunluğunun artırılması deprem güvenliği açısından önemli olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca çalışmada kullanılan analitik modelin doğrulanması amacıyla literatürde yapılmış deneysel veriler ile karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak analitik modelin deneysel veriye çok yakın sonuçlar verdiği görülmüştür.

#### Anahtar Kelimeler

*"Betonarme Kiriş, Sismik Analiz, Sarılma Bölgesi"*

#### Abstract

In this study, the seismic analysis of beams with different shear span and different hugging lengths has done with the help of a computer program. Within the scope of the study, the effect of the length of the hugging zone of reinforced concrete beams on the beam behavior was investigated. The relationship between the length of the hugging zone of the reinforced concrete beams and the length of the shear span has determined analytically. In this context, 9 reinforced concrete beam with different shear spans have analyzed analytically and load-displacement relations have been examined by the computer program. It has been determined that increasing the length of the hugging zone is important for earthquake safety, especially for beams with a value of 6 to the depth of the shear spanning to the effective depth. In addition, in order to confirm the analytical model used in the study, it has been compared with the experimental data made in the literature. As a result, it has seen that the analytical model gave very close results to the experimental data.

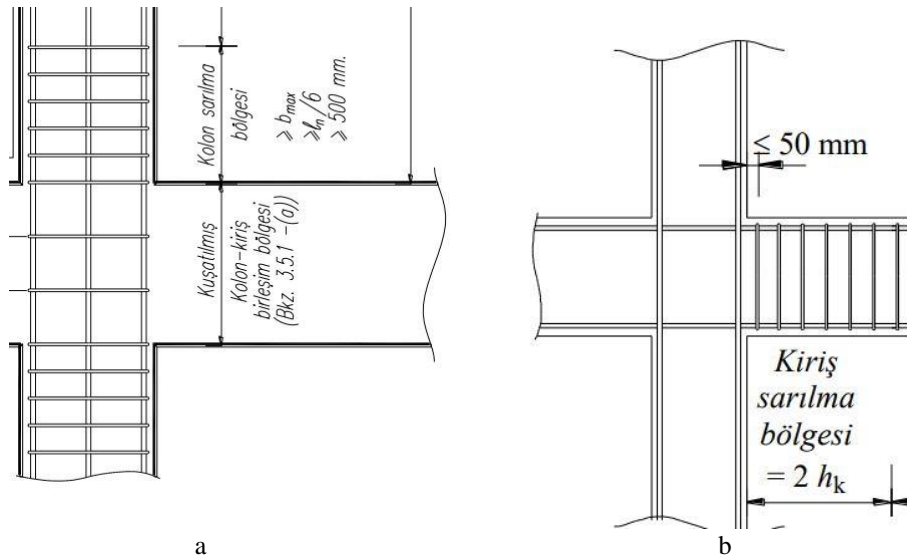
#### Key Words

*"Reinforced Beams, Seismic Analysis, Hugging Zone"*

## 1. Giriş

Betonarme yapıların tasarımında kullanılan birçok ulusal ve uluslararası deprem yönetmeliklerinde şekil değiştirme esaslı yaklaşımlara yer vermektedir. Dünyada 1990'lı yıllarda gerçekleşen depremlerden sonra dayanıma göre tasarım prensibi ile tasarlanan binaların deprem sonrası ağır hasar alması veya tekrar kullanılamaması sebebiyle ekonomik kayıplara sebep olmuştur. Vision 2000 belgesi ile Kalifornia Mühendisler Birliğini tarafından performansa dayalı tasarım yaklaşımı benimsenerek şekil değiştirme esaslı yaklaşımların temelleri atılmıştır. Sonrasında birçok araştırmacı tarafından yapılan deneysel ve analitik çalışmalar sonucu birçok yönetmelik performansa dayalı tasarım prensibini benimsemeye başlamıştır (ACI 318 (2011), EUROCODE-8 (2003), FEMA356 (2000), TS-500 (2000), Ersou U (1998), Foroughi vd. (2019) ve Aykaç vd. (2011)).

Betonarme yapıların tasarımında kullanılan yaygın yönetmeliklerde sünek tasarım ilkeleri doğrultusunda yaklaşımlar kullanılmaktadır. Deprem kuvvetlerinin yapıya etkimesi sebebiyle oluşacak hasarları sınırlandırmak ve güçlü kolon-zayıf kiriş prensibini sağlama amacıyla sismik yönetmeliklerde birçok önlem alınmaktadır. Bu önlemler; kolonların eksenel yük seviyesini sınırlandırma ( $N_d < 0.4A_c f_c$ ), güçlü kolon-zayıf kiriş prensibini sağlama, kolon-kiriş birleşim bölgelerini sık etriye ile sarma ve kolon-kirişlerin plastik mafsallık bölgesini sık etriye ile sarılması olarak sıralanabilir. Deprem anında oluşan yüksek kesme kuvveti karşılama amacıyla özellikle sarılma bölgelerinde sık etriye kullanılması yapıların kesme güvenliği açısından önem arz etmektedir. Bu amaçla yönetmelikler incelendiğinde; Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY-2007) kolonların ve kirişlerin sarılma bölgelerinin uzunluğunu sınırlandırmıştır.

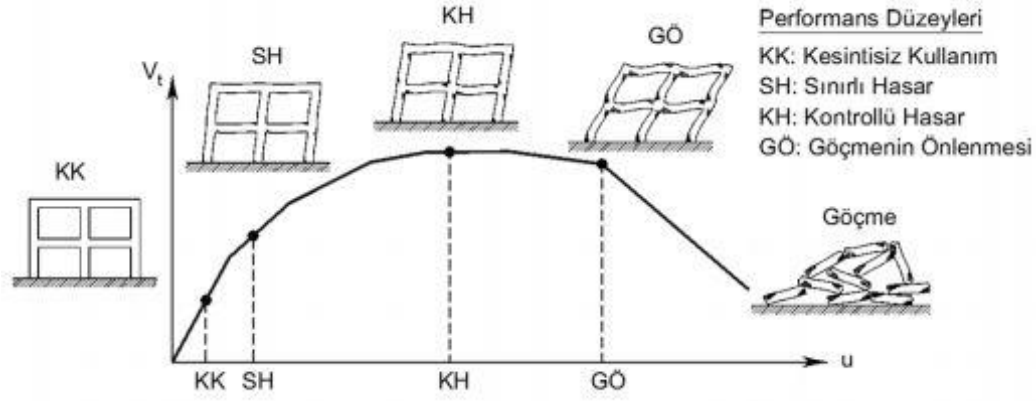


**Şekil 1: (a) Kolon sarılma bölgesi tanımı; (b) Kiriş sarılma bölgesi tanımı (DBYBHY-2007)**

Benzer şekilde 2018 yılında yayımlanan Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği de (TBDY-2018) kolon-kiriş sarılma bölgelerinin uzunluğunu DBYBHY (2007) gibi kabul etmiştir. Sadece kolonların sarılma bölgesinin minimum uzunluğu  $1.5 b_{max}$  değerine çıkarılmıştır. Burada  $b_{max}$  kolonun enkesitine ait boyutlarının maksimum olanını ifade etmektedir.

Betonarme kirişlerin kesme açıklığının etkili derinliğe oranındaki ( $a/d$ ) değişim davranışı önemli oranda değiştirmektedir. Bu orandaki değişim doğrultusunda kiriş-kemer karma davranışı gösterebilmektedir. Betonarme kirişte enine donatı bulunmasa dahi kesme dayanımı betonun katkısı ve kemer davranışa yatkinlik sebebiyle beklenen düzeyden yüksek çıkabilmektedir. Kirişte enine donatı bulunması durumunda, depremden veya düşey yüklerden kaynaklı kesme etkisinin oluşturacağı asal çekme gerilmelerini karşılayarak, kiriş içinde olduğu kabul edilen gergili kemerin genel kiriş davranışına etkisini değiştirmektedir. Betonarme kirişlerin kesme açıklığının etkili derinliğe oranının ( $a/d$ ) yapısal davranışa etkisi üzerine çalışan Mörsch'ün kafes kiriş kuramına göre betonarme kirişlerin genel olarak hayali bir iç kafes temelinde çalıştığı kabul edilmektedir (Mörsch (1902)).  $a/d$  oranı 7'den büyük kirişlerde eğilme davranışı olduğu ve kesme etkilerinin zayıf kaldığı bilinmektedir.  $a/d$  oranı daha düşük kirişlerde ise kesme etkileri dikkate alınması gereken bir parametre olduğu önceki çalışmalarda görülmüştür.

Bu çalışma kapsamında, kesme açıklığının faydalı yüksekliğe oranındaki değişkenlik ile kiriş sarılma bölgesinin uzunluğunun ilişkisi araştırılacaktır. TBDY-2018'de kiriş sarılma bölgelerinin uzunluğu kiriş yüksekliğinin 2 katı ( $2h_k$ ) olarak tanımlanmış olup, bu değer  $a/d$  oranının etkisini dikkate alan bir yaklaşımla belirlenmesi gerektiği düşünülmektedir. Bu amaçla, kesme açıklığının etkili derinliğe oranı ( $a/d$ ) ile kiriş sarılma bölge uzunluğu değişken olan 9 adet betonarme kiriş tasarlanarak analitik çözümü yapılmıştır. Seçilen kirişlerin  $a/d$  oranlarının kesme etkisini yansıttığını amacıyla 8 ve 8 den küçük değerler seçilmiştir. Betonarme kirişlerin analitik çözümünde Seismo-Struct 2020 programı kullanılmıştır. Ayrıca analitik modelin doğruluğunu göstermek için literatürde deneyi yapılmış kirişlerin deneysel sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sırasında TBDY-2018'de tanımlanan performans düzeyleri kullanılmıştır. TBDY-2018'de verilen performans düzeyleri Şekil 2'de gösterilmektedir.



Şekil 2: TBDY-2018'e göre betonarme elemanların performans düzeyleri

TBDY-2018'e göre tanımlanan performans düzeyleri, malzeme şekil değiştirme değerleri cinsinden hesaplanmaktadır. Bu hesaplar 1-5 bağıntılarında gösterilmektedir.

$$\varepsilon_c^{(GÖ)} = 0.0035 + 0.07\sqrt{\omega_{wc}} \leq 0.01 \quad (1)$$

$$\varepsilon_s^{(GÖ)} = 0.4\varepsilon_{su} \quad (2)$$

$$\theta_p^{(GÖ)} = \frac{2}{3} \left[ (\phi_u - \phi_y) L_p \left( 1 - 0.5 \frac{L_p}{L_s} \right) + 4.5\phi_u d_b \right] \quad (3)$$

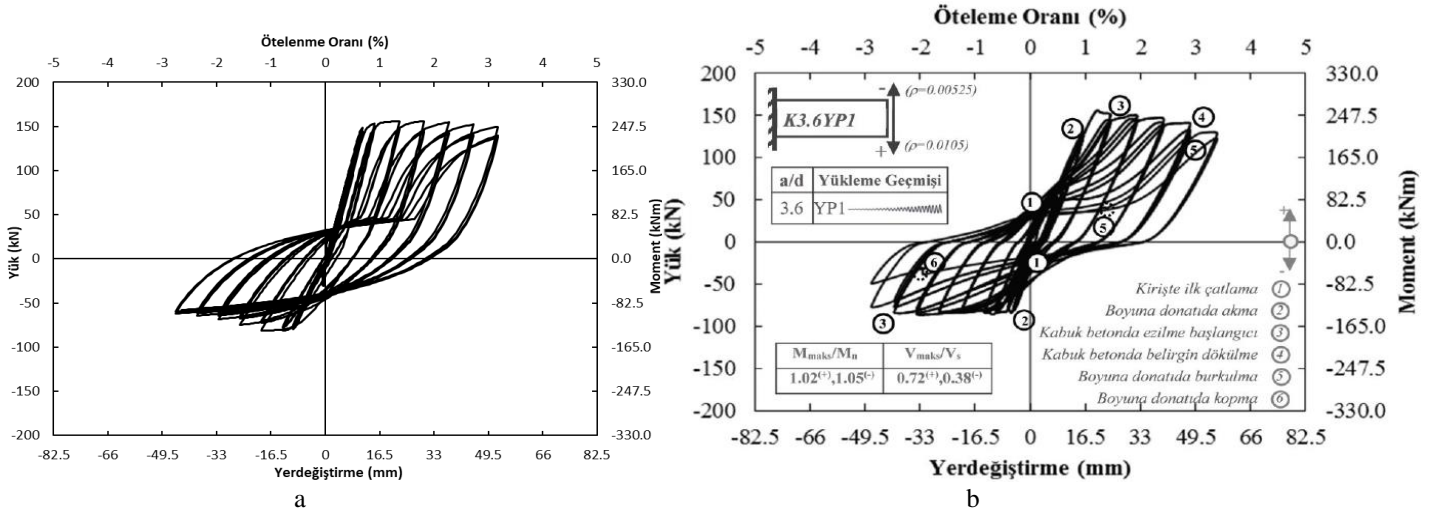
$$\theta_p^{(KH)} = 0.75 \theta_p^{(GÖ)} \quad (4)$$

$$\theta_p^{(SH)} = 0 \quad (5)$$

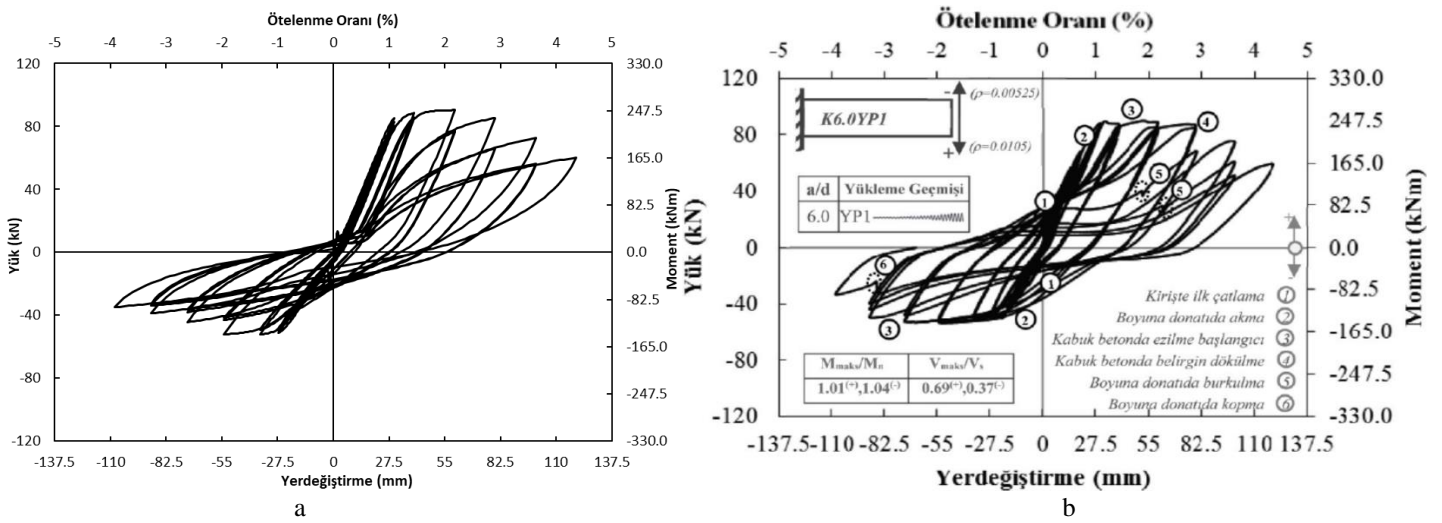
Burada;  $\varepsilon_c$  en dış beton basınç lifindeki kısılmayı,  $\omega_{wc}$  yanal donatı mekanik indeksi,  $\varepsilon_s$  boyuna donatıya ait birim uzama,  $\varepsilon_{su}$  boyuna donatıya ait maksimum gerilme anındaki birim uzama,  $\theta_p$  elemana ait plastik dönme oranını,  $\phi_u$  kesite ait maksimum eğriliği,  $\phi_y$  kesite ait akma eğriliğini,  $L_p$  plastik mafsal boyunu,  $L_s$  kesme açıklığını ve  $d_b$  boyuna donatı çapını ifade etmektedir.

## 2. Analitik Modeller ve Doğrulama Modeli

Betonarme kirişlerin analitik sonuçlarının araştırılması amacıyla Seismo-Struct 2020 programı kullanılmıştır. Programda kullanılan malzeme modelleri TBDY-2018'de kabul edilen malzeme modelleridir. Ayrıca programın uygun sonuç verdiğini kontrol etme amacıyla literatürde kullanılan deneylerin sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Bu amaçla, literatürde deneyi yapılmış 2 kiriş numunesi Seismo-Struct 2020 programında modellenmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 3-4'de karşılaştırılmaktadır.



Şekil 3: (a) Seismo-Struct modeline ait sonuç; (b) K3.6YP1 numunesinde çevrimsel yük-yerdeğiştirme ilişkisi (Aydemir vd. 2020)



Şekil 4: (a) Seismo-Struct modeline ait sonuç; (b) K6.0YP1 numunesinde çevrimsel yük-yerdeğiştirme ilişkisi (Aydemir vd. 2020)

Deneysel verilere en yakın sonuçları veren malzeme modelleri parametreleri doğru seçildiğinde oldukça yakın sonuçlar verebilmektedir. Bu doğrultuda, programın deneysel sonuçları çok yakın tahmin ettiği düşünülmektedir. Ayrıca aynı model üzerinden sıklaştırma bölgesinin uzunluğu ile kesme açıklığı değiştirilerek daha homojen sonuçlar alınması planlanmıştır.

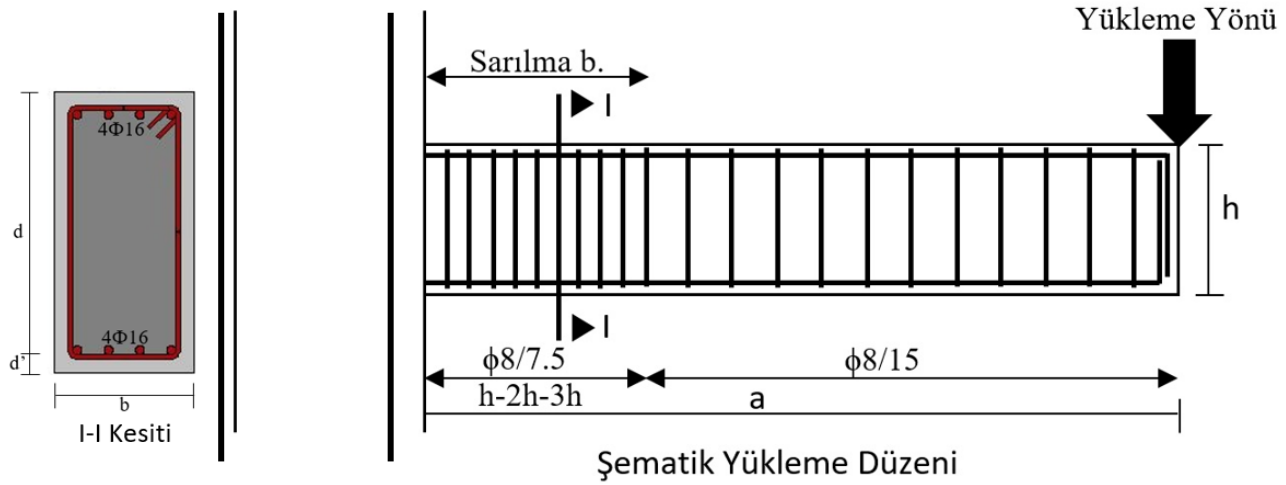
## 2.1. Kirişlerin Özellikleri

Çalışma kapsamında iki parametre değişken kabul edilmiştir. Bu doğrultuda, kesme açıklığının etkili derinliğe oranının 4-8 aralığındaki değerler incelenmiştir. Bilindiği gibi  $a/d$  oranı 2.5 altında olan kirişlerde kesme davranışı eğilme davranışına göre daha baskın olmaktadır. Bu çalışmada, eğilme kırılmasına maruz kalmış ve eğilme etkin davranışına sahip modellerin kiriş sarılma bölgesinden nasıl etkilendiği araştırılmıştır. Kirişlerde sarılma bölgesinin uzunluğu TBDY-2018'de kesit yüksekliğinin 2 katı olarak sabit kabul edilmiştir. Bu çalışmada, sarılma bölgesi uzunluğunun kesme açıklığı yüksek olan kirişlerde davranışa etkisini görebilmek amacıyla üç farklı sarılma bölgesi uzunluğu kullanılmıştır. Bu amaçla, üretilen modellerin özellikleri Tablo 1'de sunulmaktadır.

**Tablo 1:** Kirişlere ait özellikler

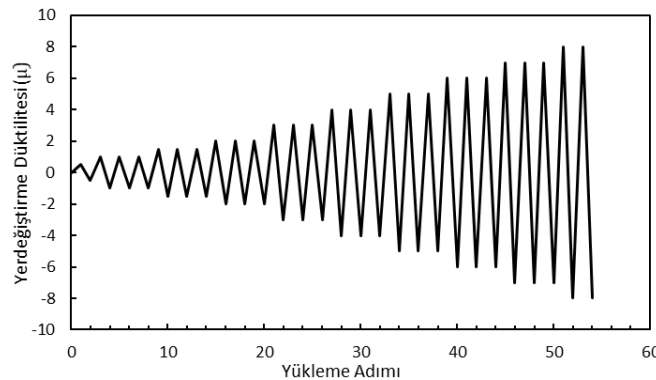
Kiriş Adı	Malzeme	a/d	b (mm)	h (mm)	d' (mm)	d (mm)	a (mm)	$\phi_s$ (mm)	Üst Donatı	Alt Donatı	Etriye Düzeni	$L_{\text{sarılma}}$ (mm)
K-4-S1H	C30/S420	4	250	500	25	475	1900	8	4 $\phi$ 16	4 $\phi$ 16	$\phi$ 8/75/150	500
K-4-S2H	C30/S420	4	250	500	25	475	1900	8	4 $\phi$ 16	4 $\phi$ 16	$\phi$ 8/75/150	1000
K-4-S3H	C30/S420	4	250	500	25	475	1900	8	4 $\phi$ 16	4 $\phi$ 16	$\phi$ 8/75/150	1500
K-6-S1H	C30/S420	6	250	500	25	475	2850	8	4 $\phi$ 16	4 $\phi$ 16	$\phi$ 8/75/150	500
K-6-S2H	C30/S420	6	250	500	25	475	2850	8	4 $\phi$ 16	4 $\phi$ 16	$\phi$ 8/75/150	1000
K-6-S3H	C30/S420	6	250	500	25	475	2850	8	4 $\phi$ 16	4 $\phi$ 16	$\phi$ 8/75/150	1500
K-8-S1H	C30/S420	8	250	500	25	475	3800	8	4 $\phi$ 16	4 $\phi$ 16	$\phi$ 8/75/150	500
K-8-S2H	C30/S420	8	250	500 </td <td>25</td> <td>475</td> <td>3800</td> <td>8</td> <td>4<math>\phi</math>16</td> <td>4<math>\phi</math>16</td> <td><math>\phi</math>8/75/150</td> <td>1000</td>	25	475	3800	8	4 $\phi$ 16	4 $\phi$ 16	$\phi$ 8/75/150	1000
K-8-S3H	C30/S420	8	250	500	25	475	3800	8	4 $\phi$ 16	4 $\phi$ 16	$\phi$ 8/75/150	1500

Burada; b kiriş genişliğini, h kiriş yüksekliğini, d' paspayını, d etkili derinliği, a kesme açıklığını,  $\phi_s$  enine donatı çapını ve  $L_{\text{sarılma}}$  sarılma bölgesi uzunluğunu göstermektedir. Bu çalışma kapsamında üretilen modellerde benzer donatı düzeni modellenmiştir. Boyuna donatılar için alt ve üst mesnet donatıları 4 $\phi$ 16 olarak seçilmiştir. Enine donatılar için ise sarılma bölgelerinde 75 mm etriye aralığı seçilmiş olup, kiriş açıklıklarında 150 mm etriye aralığı kullanılmıştır. Tüm enine donatıların çapı 8 mm olarak seçilmiştir. Çalışma kapsamında, TBDY-2018'de tanımlanan kiriş sarılma bölge uzunluğu olan 2h değerinin yarısı ve 2 katı olan 1h-3h değerleri de dikkate alınarak modeller oluşturulmuştur. Seismo-Struct 2020 programında modellenen kirişlerin şematik yükleme düzeni ile en kesiti Şekil 5'de gösterilmektedir.

**Şekil 5:** Şematik yükleme düzeni ve kesit

## 2.2. Yükleme Profili

Çalışma kapsamında incelenen tüm kirişlerde benzer yükleme profili kullanılmıştır. Literatürde sıklıkla araştırmacılar tarafından kullanılan artan genlikli çevrimsel yükleme kiriş ucundan uygulanmıştır (Lehmann ve Moehle). Bu kapsamda analitik olarak tanımlanmış yükleme profili Şekil 6'da gösterilmektedir.

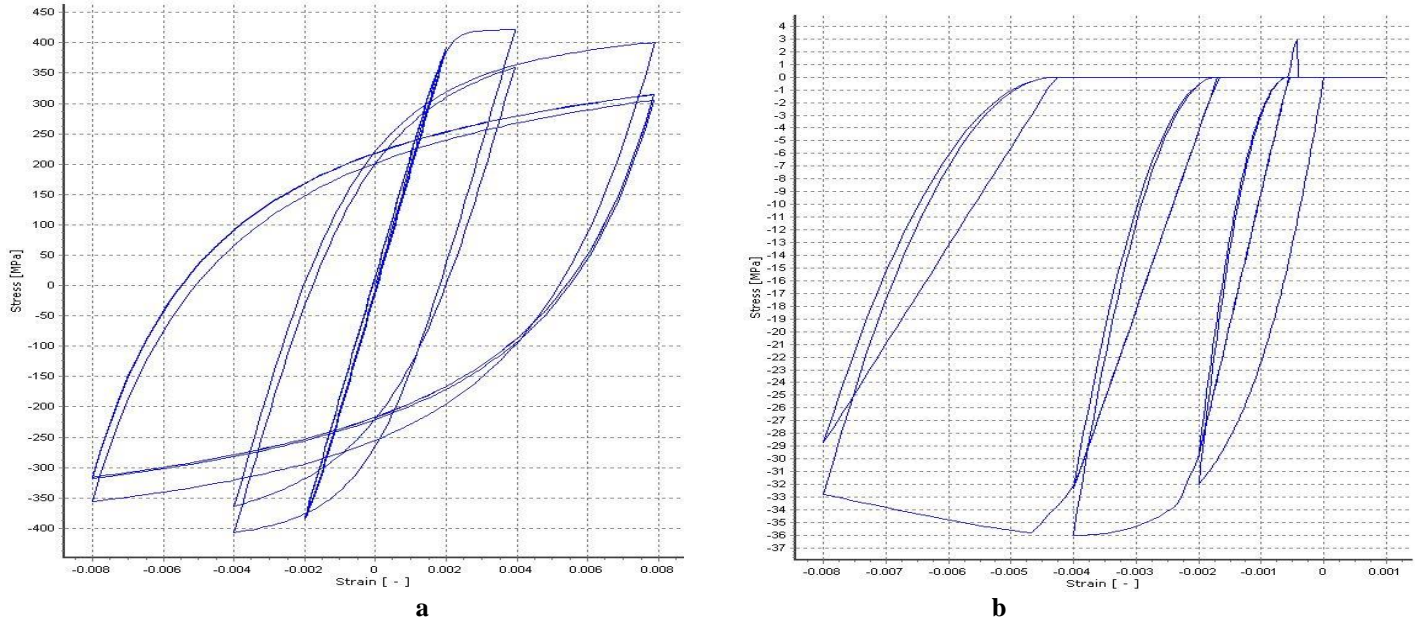
**Şekil 6:** Şematik yükleme profili



Çalışmada kullanılan yükleme profili hesaplanırken, monotonik yükleme altında tespit edilmiş akma yer değiştirmesinin katları olarak uygulanmıştır. Akma öncesinde akma yer değiştirmesinin yarısı kadar uygulanan yer değiştirme değeri tek tekrarlı olarak uygulanmıştır. Akma yer değiştirmesi değeriyle birlikte üç tekrarlı ve artan düktilite katları ( $1\mu-1.5\mu-2\mu-3\mu-4\mu\dots$ ) olarak tanımlanmıştır.

### 2.3. Seismo-Struct Programında Modelleme

Betonarme kirişin davranışını etkileyen önemli parametrelerden biriside malzeme modellerinin seçimi olmaktadır. Bu doğrultuda donatının davranışını tanımlama amacıyla Managetto-Pinto modeli kullanılmıştır. Betonun davranışını için ise Mander vd. tarafından tanımlanan doğrusal olmayan davranış temsil eden model kullanılmıştır. Programda tanımlanan modellerin ekran alıntıları Şekil 7’de gösterilmektedir.



Şekil 7: (a) Managetto-Pinto donatı modeli (b) Mander vd. beton modeli

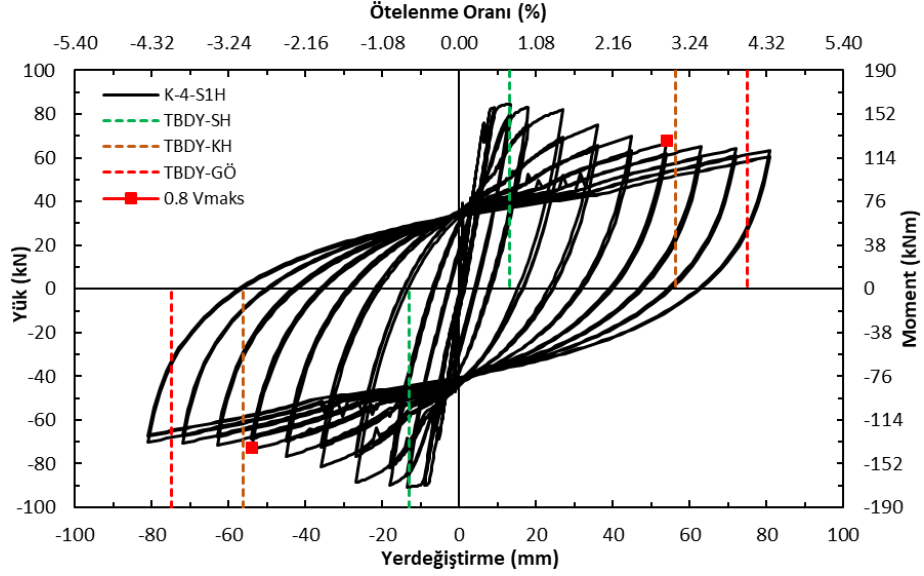
Deneyel sonuçlar ile karşılaştırma amacıyla üretilen doğrulama modellerinde Managetto-Pinto modelinin gerçek davranışa yakın olacak şekilde dayanım azalmasını sağlama amacıyla A1 parametresi 19.55 seçilerek tüm kiriş modellerinde aynı değer kullanılmıştır. Kiriş davranışına etkileyecek olan sarılma bölgesi ile kiriş açıklığı bölgesi iki ayrı kesit olarak tanımlanmıştır. Sarılma bölgelerinde etriye sıklaştırması yapılarak 75 mm aralık ile tasarlanmış ve açıklıkta etriye aralığı 150 mm olarak modellenmiştir. Kirişin bu iki bölgesi programda iki farklı kesit olarak tanımlanması sebebiyle doğrulama kirişlerinde de bu durum dikkate alınmıştır. Bu amaçla, deneysel veriler ile karşılaştırılan modellerde iki farklı kesit tasarlanarak, etriye aralığı aynı tutulmuş ve davranış doğru yansıttığı görülmüştür. İki farklı modelleme ile yansıtılan sarılma bölgesinin etkisi bu sayede analitik modele yansıtılmıştır. Programda modellenen kirişin görünüşü Şekil 8’de gösterilmektedir.



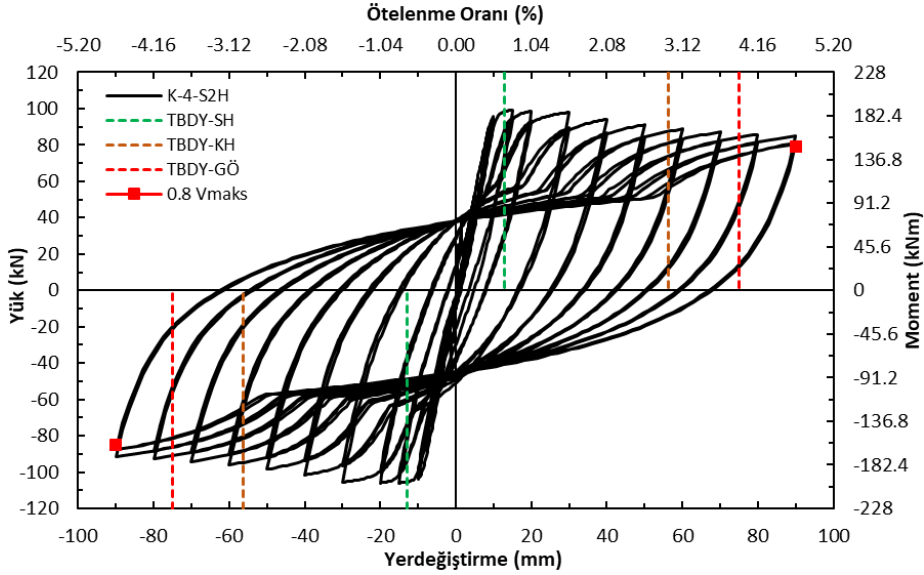
Şekil 8: Seismo-Struct 2020 programında yapılan model görüntüsü

### 3. Analitik Sonuçlar

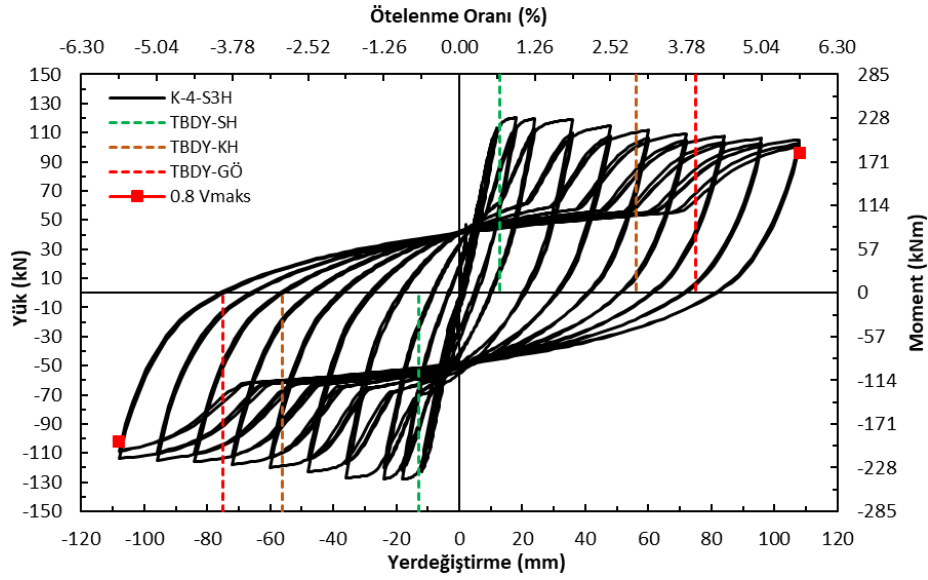
Deprem yüklerinden benzeştirilen artan genlikli çevrimsel yükleme altında gerçekleştirilen sismik analiz sonrası elde edilen analitik sonuçlar Şekil 9-17’de gösterilmektedir. Kirişlere ait yük-yer değiştirme eğrileri üzerinde TBDY-2018’e göre hesaplanan performans düzeyleri 1-5 bağıntıları yardımıyla hesaplanarak üzerine işlenmiştir. Ayrıca yatay yük taşıma kapasitesinde %20 azalmaya karşılık gelen yer değiştirme talebi kontrol amacıyla eğri üzerinde işaretlenmiştir.



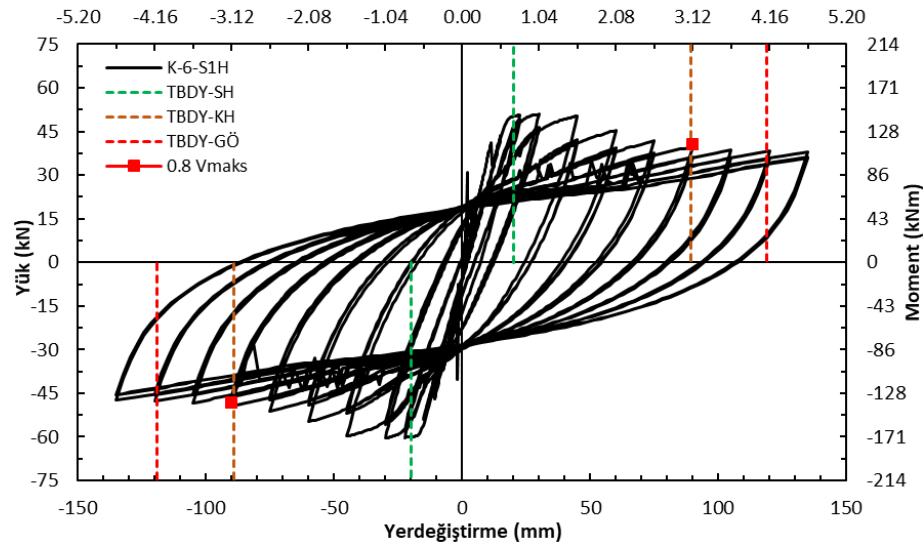
Şekil 9: K-4-S1H kirişine ait yük-yer değiştirme ilişkisi



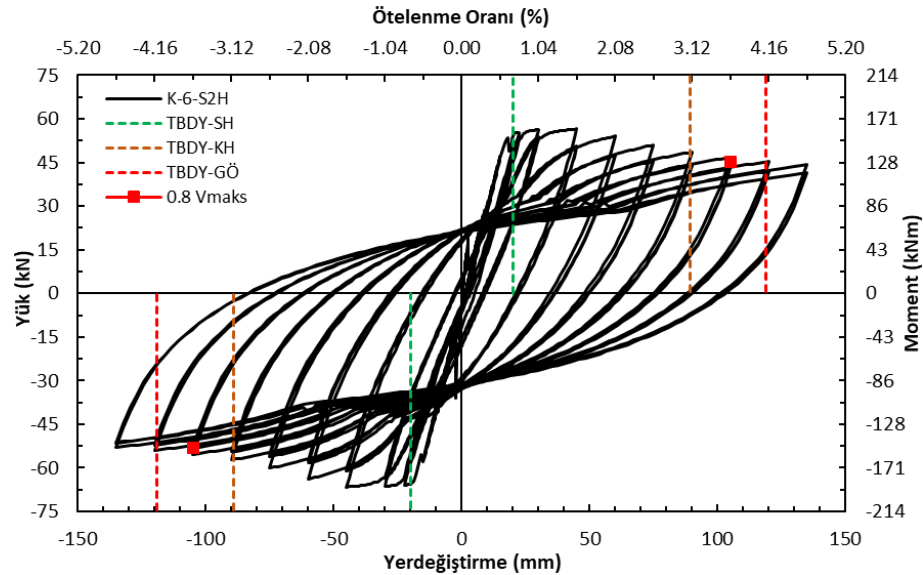
Şekil 10: K-4-S2H kirişine ait yük-yer değiştirme ilişkisi



Şekil 11: K-4-S3H kirişine ait yük-yer değiştirme ilişkisi

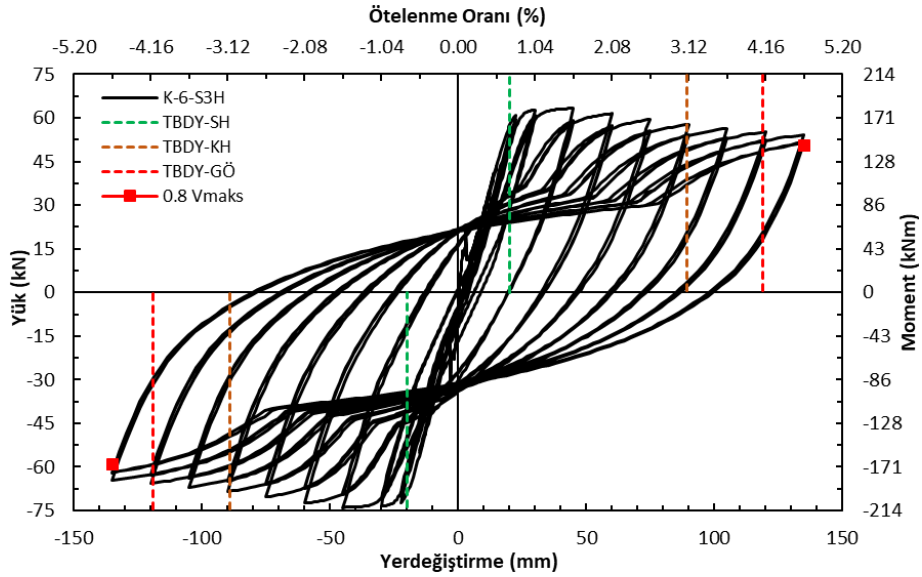


Şekil 12: K-6-S1H kirişine ait yük-yer değiştirme ilişkisi

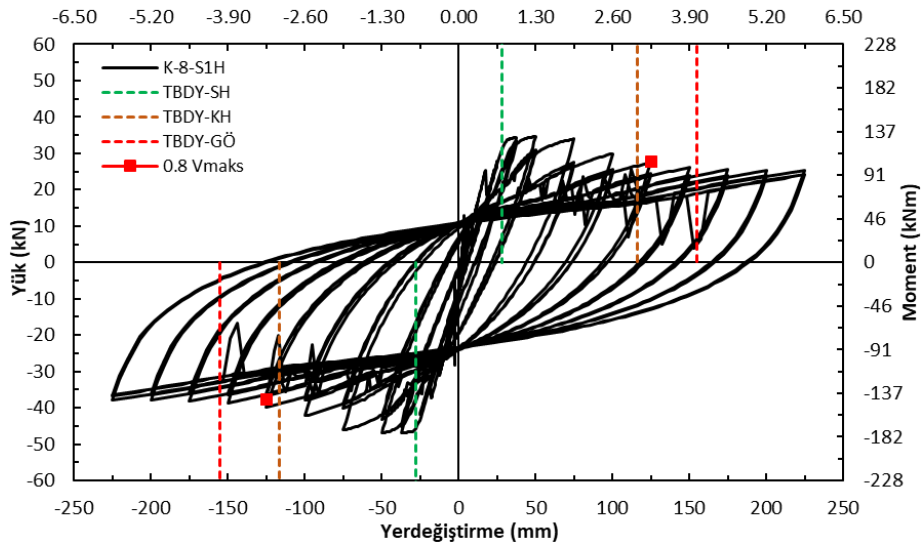


Şekil 13: K-6-S2H kirişine ait yük-yer değiştirme ilişkisi

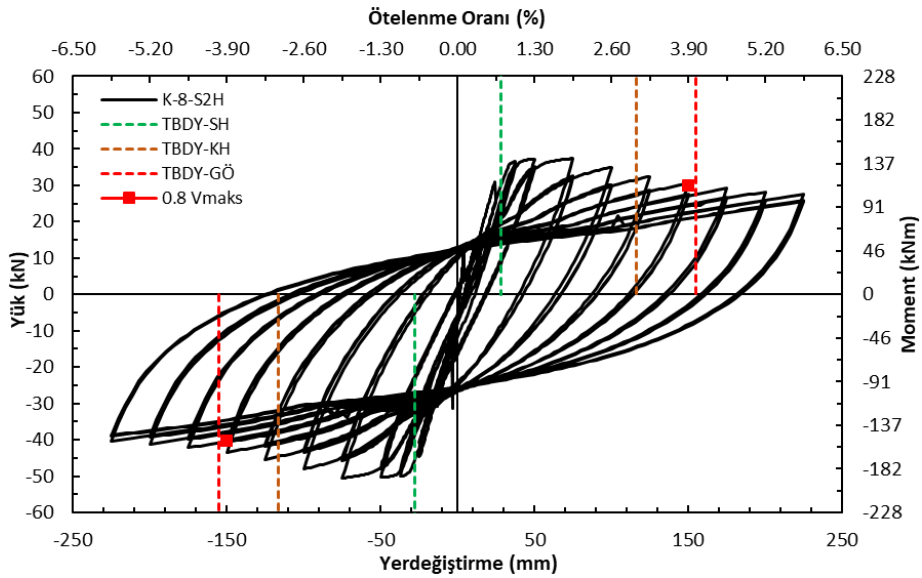




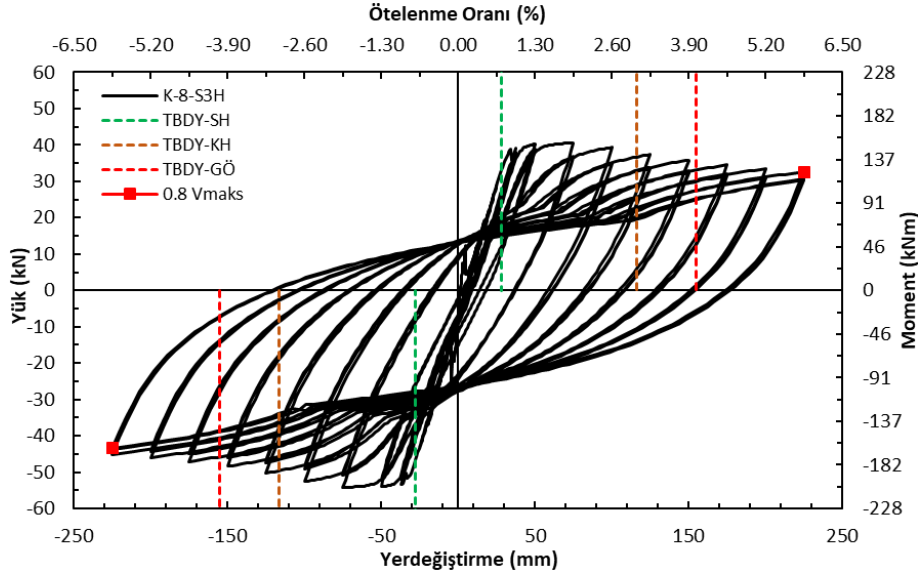
Şekil 14: K-6-S3H kirişine ait yük-yer değiştirme ilişkisi



Şekil 15: K-8-S1H kirişine ait yük-yer değiştirme ilişkisi



Şekil 16: K-8-S2H kirişine ait yük-yer değiştirme ilişkisi



Şekil 17: K-8-S3H kirişine ait yük-yer değiştirme ilişkisi

Kirişlere ait yük-yer değiştirme ilişkileri incelendiğinde tespit edilen sonuçlar Tablo 2’de özetlenmektedir.

Tablo 2: Kirişlere ait kapasite tahminindeki hata yüzdeleri

Kiriş Adı	$\Delta^{(G^0)}$ (TBDY-2018) (mm)	$\theta^{(G^0)}$ (TBDY-2018)	$\Delta_{0.8V_{max}}$ (mm)	$\theta_{0.8V_{max}}$	Bağlı Hata (%)
K-4-S1H	75	0.041	54	0.028	+38.8
K-4-S2H	75	0.041	90	0.047	-16.6
K-4-S3H	75	0.041	108	0.056	-30.5
K-6-S1H	119	0.041	90	0.031	+32.2
K-6-S2H	119	0.041	105	0.036	+13.3
K-6-S3H	119	0.041	135	0.047	-11.8
K-8-S1H	155	0.041	125	0.032	+24.0
K-8-S2H	155	0.041	150	0.039	+3.3
K-8-S3H	155	0.041	225	0.059	-31.1

Tablo 2 incelendiğinde görülen sonuçlar maddeler halinde sıralanmıştır:

TBDY-2018’de tanımlanmış kiriş sarılma bölgesinin uzunluğu 1h olan kirişler kapasiteyi fazla tahmin etmektedir. TBDY-2018 için kiriş sarılma bölgesi 1h durumunda uygun olmadığı üç a/d oranı içinde görülmektedir.

- Kiriş sarılma bölgesi 2h olan kirişlerde a/d oranı düşük kirişlerde güvenli sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Buna karşın a/d oranı yüksek olan kirişlerde (K-6-S2H, K-8-S2H) kapasiteyi olması gereken değerden fazla tahmin etmektedir.
- Kiriş sarılma gölgesi 3h olan kirişlerde ise a/d oranından bağımsız olarak güvenli sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Özellikle a/d oranı yüksek kirişlerde sarılma bölgesi uzunluğundaki artış sonuçları güvenli hale getirmektedir.

#### 4. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışma kapsamında, kiriş sarılma bölgesi uzunluğu ile a/d oranı arasındaki etkileşim araştırılmıştır. Bu bağlamda üretilen analitik modeller benzer yükleme durumları altında sismik analizi sonucunda davranışları incelenmiştir. Bu bağlamda elde edilen sonuçlar maddeler halinde sıralanmıştır.

- TBDY-2018’de 2h olarak tanımlanan kiriş sarılma bölgesi uzunluğunun a/d oranı düşük olan kirişlerde uygun sonuçlar verdiği ve ihtiyatlı kaldığı görülmüştür.
- İmar yönetmeliğinde izin verilen ve mimari gereksinim gereği kolonlar arası açıklık yüksek seçilen yapılarda a/d oranı 7-10 arasında olan kirişler olabilmektedir. Bu durumda kiriş sarılma bölgesi uzunluğunun a/d oranından etkilendiği ve TBDY-2018’e göre güvensiz sonuçlar verebileceği görülmüştür. Kısıtlı sayıda modele göre yapılan analiz sonucunda kiriş sarılma bölgesi uzunluğunun, a/d oranı 5 ve üstü olduğu durumlarda 3h mertebesinde kabul edilmesinin daha güvenli tasarım yapılmasına yardımcı olacağı düşünülmektedir.

- TBDY-2018’de kiriş sarılma bölgesinin uzunluğu; kiriş yüksekliğine bağlı olarak belirlenmektedir. Kiriş açıklığının yüksek olduğu durumlarda güvenli sonuçlar vermemesi sebebiyle, kiriş sarılma bölgesi uzunluğunu belirlemede ilave parametrelerin etkisini dikkate alması yönetmeliği daha güvenli kılacaktır. Kısıtlı sayıda yapılan model üzerinden elde edilen sonuçların literatüre katkı yaparak sonraki çalışmalara ışık tutacağı düşünülmektedir.

## Referanslar

ACI 318 (2011), Building code requirements for structural concrete and commentary, American Concrete Institute; Farmington Hills, MI, USA.

Aydemir, C., Eser Aydemir, M., & Yıldırım, 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 , Tankut, T , Can, H . (2011). Güçlendirilmiş Betonarme Kirişlerin Deprem Davranışı. *International Journal of Engineering Research and Development* , 3 (2) , 42-46 . Retrieved from <http://dergipark.org.tr/tr/pub/umagd/issue/31722/345746>.

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

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

Ersoy U., Betonarme Kiriş ve Kolonların Moment Kapasitelerinin Saptanması, *Teknik Dergi*, 9(4), 1781-97, 1998.

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

Foroughi, 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.

Mörsch, E., Concrete-Steel Construction (Der Eisenbetonbau), Almanca 3.ncü baskıdan İngilizce çeviri (1909), Ed: Goodrich, E.P. McGraw-Hill Book Company, New York, 1902.

Özkal, F. M. (2017) “Kesme Açıklığı Küçük Olan Betonarme Kirişlerin Etriye Düzeni Ve Kenetlenme Yönünden İncelenmesi.” 20. Ulusal Mekanik Kongresi, Bursa.

Poland, C. D., Hill, J., Sharpe, R. L., Soulages, J., Structural Engineers Association of California., & California. (1995). Vision 2000: Performance based seismic engineering of buildings. Sacramento, CA: Structural Engineers Association of California.

SeismoSoft, S. (2020). A computer program for static and dynamic nonlinear analysis of framed structures. Disponível online em: <http://www.seismosoft.com>.

TS 500, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları (ICS 91.080.40), Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, 2000.

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