

PAPER DETAILS

TITLE: Konsol Kirislerde %20 Demir Tozu Katki Maddesi Kullaniminin ve Etriye Araligi Degisiminin Yapisal Davranisina Etkisi

AUTHORS: Muhammet Zeki ÖZYURT,Serhat BURUKOGLU

PAGES: 112-122

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1465121>



Alınış tarihi (Received): 23.12.2020

Kabul tarihi (Accepted): 31.12.2020

Konsol Kirişlerde %20 Demir Tozu Katkı Maddesi Kullanımının ve Etriye Aralığı Değişiminin Yapısal Davranışına Etkisi

Muhammet Zeki ÖZYURT^{1*}, Serhat BURUKOĞLU²

¹*Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sakarya, TÜRKİYE.*

²*Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Sakarya, TÜRKİYE.*

**Sorumlu yazar: ozyurt@sakarya.edu.tr*

ÖZET: Bu çalışma kapsamında, katkı maddesi kullanılmadan üretilen konsol kirişin davranışı ile %20 demir tozu katkılı kirişin davranışları karşılaştırılmıştır. Çalışmada ayrıca, etriye adım mesafesi değiştirilerek etriye sıklaştırmasının kirişin davranışına olan etkisi de araştırılmıştır. Çalışma kapsamında toplam 12 adet betonarme konsol kiriş üretilip deneysel olarak test edilmiştir. Bu numunelerden 6 adedi katkısız referans numune olarak, diğer 6 adedi ise %20 demir tozu katkılı olarak üretilmiştir. Katkılı ve katkısız numunelerin çekme bölgesindeki boyuna donatılarında; donatı çapı ve adedi seçilirken, teorik olarak belirlenen dengeli donatı oranının altında bir donatı oranının elde edilmesine çalışılmıştır. Çalışmada, etriye adım mesafesi 50 mm, 100 mm ve 150 mm olarak değiştirilerek üç farklı tipte etriye aralığına sahip konsol kiriş üretilmiştir. Çalışma kapsamında üretilen betonarme konsol kiriş numunelerin tamamı için seçilen en kesit boyutları 150 mm x 200 mm olup, konsol kirişlerin açıklığı 400 mm olarak belirlenmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen bulgulara göre; bütün numunelerde etriye adım mesafesinin 50 mm olması durumunda etriye adım mesafesinin 150 mm olması durumuna kıyasla sünekliğin yaklaşık %10 civarında arttığı, yani daha sünek bir davranış gösterdiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler – Betonarme, Konsol Kiriş, Demir Tozu, Etriye Adım Mesafesi, Süneklik

The Effect of 20% Iron Powder Additive Use in Cantilever Beams and Stirrup Spacing Change on Structural Behavior

ABSTRACT: In this study, the behavior of the cantilever beam produced without the use of additives and the behavior of the beam with 20% iron powder were compared. In the study, the effect of stirrup tightening on the behavior of the beam was also investigated by changing the stirrup pitch distance. Within the scope of the study, a total of 12 reinforced concrete cantilever beams were produced and tested experimentally. 6 of these samples were produced as reference samples without additives, while the other 6 samples were produced with 20% iron powder. Longitudinal reinforcement in the tensile zone of doped and unadulterated samples; While selecting the reinforcement diameter and number, it has been tried to obtain a reinforcement ratio below the theoretically determined balanced reinforcement ratio. In the study, cantilever beams with three different types of stirrup spacing were produced by changing the stirrup step distance as 50 mm, 100 mm and 150 mm. The cross-section dimensions selected for all of the reinforced concrete cantilever beam samples produced within the scope of the study were 150 mm x 200 mm, and the span of the cantilever beams was determined as 400 mm. According to the findings obtained as a result of the study; In all samples, if the stirrup pitch distance was 50 mm, it was observed that the ductility increased by approximately 10% compared to the situation with the stirrup pitch distance 150 mm.

Keywords – Reinforced Concrete, Cantilever Beam, Iron Powder, Stirrup Step Distance, Ductility

1. Giriş

Bir ucu gömülü (ankastre) diğer ucu ise boşta serbest olan kirişlere ise konsol kiriş denir. Konsol kirişlerde mesnetlenme şartları sebebiyle büyük yer değiştirmeler oluşmakla beraber, kat kullanım alanını büyütmek adına yaygın bir kullanıma sahiptirler. Konsol kirişler; kendi ağırlıkları ile birlikte ilave duvar yükleri altında sehim yapmakta ve konsol kirişlerin taşıdığı duvarlarda geniş çatlaklar görülmektedir. Bu sebeplerle konsol kirişlerin tasarımı büyük önem kazanmaktadır (Aykaç ve Ekinci, 2011).

Diğer taraftan; günümüzde endüstriyel atıkların geri dönüşümü büyük bir önem arz etmektedir. Çelik fabrikalarında CNC tezgâhlarında kesilen çelik malzemeden havaya gözle görülemeyecek boyutta demir tozu partikülleri salınmaktadır. Hava filtreleri sayesinde bu toz partikülleri filtre makinesinde biriktirilir. Filtre makinesinden çıkartılan bu toz parçaları demir molekülleri içerdiğinden kırmızı bir renge sahiptir. Bu demir tozu makineden çıkartıldıktan sonra geri dönüşümü olmamaktadır ve endüstriyel atık depolarına götürülmektedir (Binici, Sevinç ve Geçkil, 2015). Bu çalışmada, konsol kirişlerin betonlarının üretiminde demir tozu kullanmak suretiyle, hem kirişin yapısal davranışına olan katkısı incelenmiş ve hem de çevresel bir atığın değerlendirilebilirliği araştırılarak önemli bir kazancın sağlanması amaçlanmıştır.

Bu çalışmanın amacı; öncelikli olarak kesme güvenliğini sağlamak amacıyla kullanılan etriyelerin adım mesafesinin ve beton üretiminde %20 oranında demir tozu katkı maddesi kullanılmasının, basit eğilmeye maruz betonarme konsol kirişlerde süneklik ve maksimum yük kapasitesi ve yapısal davranışını nasıl etkilediğini araştırmaktır. Sonuç bölümünde, deney sonuçları grafikler ve tablo yardımlarıyla irdelenmiştir.

2. Betonarme Kirişlerde Eğilme Davranışı

Betonarme kirişler taşıdıkları dış yükler altında; eğilme momenti, normal kuvvet, kesme kuvveti gibi kesit zorlarıyla karşı karşıya kalırlar (Adem, 2010). Bilindiği üzere betonun çekme dayanımı çok düşüktür. Bu sebeple çekme gerilmesini karşılamak adına beton içerisine donatı konulur. Betonarme kiriş içerisine yerleştirilen bu donatıların miktarı, boyutu, oranı ve hatta konumu kirişin eğilme altındaki davranışı etkiler. Betonarme bir kiriş basit eğilme altında donatı oranına göre farklı davranışlar göstermektedir (Kara ve Dündar, 2008). Bu donatı oranına bağlı olarak üç tip kırılma gözlenir:

1. Dengeli kırılma (İstenmeyen durum)
2. Basınç kırılması (İstenmeyen durum)
3. Çekme kırılması (İstenen durum)

Dengeli kırılma, basınç bölgesindeki betonda ezilme ve çekme bölgesindeki donatıda akmanın aynı anda gerçekleştiği durumdur (TS500, 2000). Bu durumda kirişteki çekme donatısı oranına dengeli donatı (ρ_b), kirişe de dengeli kiriş denir. Eşitlik 1 kullanılarak dengeli donatı oranı hesabı bulunur.

$$\rho_b = \frac{A_{sb}}{b_w d} = \frac{0.85 f_{cd}}{f_{yd}} k_1 \left(\frac{\varepsilon_{cu} E_s}{\varepsilon_{cu} E_s + f_{yd}} \right) \quad (1)$$

Bu eşitlikte; (ρ_b) dengeli donatı oranını, (A_{sb}) dengeli donatı alanı, (b_w) kiriş gövde genişliğini, (d) ise kiriş yüksekliğini göstermektedir.

Eğilmede; dengeli donatılı kırılma, sünek ve gevrek kırılmanın sınır durumunu teşkil etmektedir. Diğer taraftan, dengeli donatılı kirişlerde gevrek kırılma meydana gelmekte olup, esasında dengeli donatı oranı istenmeyen bir durumdur. Teorik olarak çekme donatısı oranı kırılmayı belirleyen tek parametredir ve dengeli donatı oranının altında kalması gerekmektedir (Adem, 2010).

Gevrek kırılmada; çekme donatısı akma sınırına gelmeden beton ezilme deformasyonuna ulaşmaktadır (TS500, 2000). Basınç bölgesinde ani kırılma durumu gerçekleşir ve bu istenilmeyen bir durumdur (Aykaç ve Ekinci, 2011) ($\rho_b < \rho$).

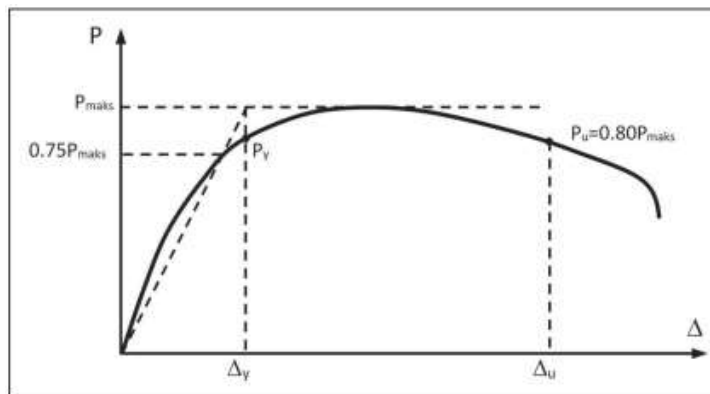
Kirişte basınç bölgesindeki beton ezilmeden önce çekme donatısı akmaya başlamışsa, sünek kırılma gerçekleşmiş demektir (TS500, 2000). Bu tipteki kirişlere denge altı donatılı kiriş, donatı oranına ise denge altı donatı oranı denir (Adem, 2010) ($\rho_b > \rho$).

Yapılar deprem anında doğrusal olmayan davranışla (elasto-plastik davranış) karşı karşıya kalırlar. Çatlak oluşumu önlenmek, yani elastik yük taşıma gücünü artırmak için çok büyük kesitlere ihtiyaç vardır. Maliyet düşünüldüğünde, yapının sünek olarak tasarlanması tercih edilir (Aydın, ve Bayrak, 2017). Süneklik plastik şekil değiştirebilme kabiliyetidir. Dört farklı süneklik tanımı vardır:

1. Malzeme bazında süneklik,
2. Kesit bazında süneklik,
3. Taşıyıcı sistem bazında süneklik,
4. Eleman bazında süneklik.

Betonarme bir yapıda öncelikle eleman sünekliği sağlanmalıdır. Yük-yer değiştirme eğrisinde; akmanın başladığı andaki yük (P_y), akma yer değiştirmesi (Δ_y), maksimum yer değiştirme anındaki yük (P_u) ve maksimum yer değiştirme (Δ_u) olarak isimlendirilir. Akma yer değiştirmesi (Δ_y) belirlenirken azaltılmış rijitlik yaklaşımı esasına göre Şekil 1’de gösterildiği gibi; kirişin maksimum yük taşıma kapasitesinin (P_{maks}) %75’ine ulaştığı nokta ile sıfır noktası birleşiminden çıkan doğru kullanılır. Kirişler yük altında eğilme davranışı gösterirler ve maksimum yük sonrası dayanımda azalma olsa da kırılma yüküne (P_u) kadar büyük yer değiştirmeler oluşur. Bu dayanım azalmalarını sınırlamak için maksimum yükte en fazla %20’lik azalma göz önüne alınıp maksimum yer değiştirmeler buna bağlı belirlenir (Park, 1988). Eşitlik 2 yardımıyla süneklik hesabı yapılabilir.

$$\mu = \Delta_u / \Delta_y \quad (2)$$



Şekil 1. Yük-yer değiştirme grafiği (Park, 1988)

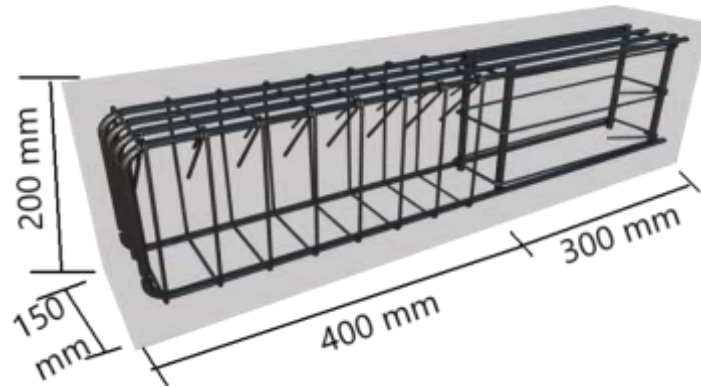
Figure 1. Load-displacement plot (Park, 1988)

3. Deneysel Çalışma

Deneysel olarak gerçekleştirilen çalışmada; çekme donatısı oranı ile denge altı durum oluşturan konsol kirişlerde, etriye adım mesafesi değişiminin ve %20 demir tozu katkısı kullanımının etkisi araştırılmıştır. Çalışma kapsamında; 12 adet betonarme konsol kiriş, Sakarya Üniversitesi Yapı Mekaniği Laboratuvarında özel olarak üretilmiş ve oluşturulan ankastre mesnet sistemi ile eğilme çerçevesi deney düzeneği kullanılarak deneyler gerçekleştirilmiştir.

3.1 Deney Numunelerinin Oluşturulması

Çalışma kapsamında toplam 12 adet konsol kiriş numunesi üretilmiştir. Üretilen numunelerin enkesit boyutları aynı olup; genişlik 150 mm, yükseklik 200 mm olarak seçilmiştir. Konsol kirişin açıklığı 400 mm olup, mesnet bölgesi ile beraber numunenin toplam boyu 700 mm'dir. Numuneler; 300 mm olan mesnet bölgesi ile oluşturulan ankastre mesnet sistemine sıkıştırılmış ve böylece ankastre mesnetlenme koşulu gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2. Oluşturulacak numunelerin 3 boyutlu modeli
Figure 2. 3D model of the specimens to be created

Deney numuneleri oluşturulurken, çekme donatısının oranının denge altı donatılı durumu sağlaması amaçlanmış olup, bu amaçla boyuna donatı olarak 4φ12 seçilmiştir. Konsol kiriş numunelerinin dengeli durum donatı oranı (1) eşitliği kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$\rho_b = \frac{0.85 \times 17}{365} 0.85 \left(\frac{0.003 \times 2 \times 10^5}{0.003 \times 2 \times 10^5 + 365} \right) = 0.0209$$

Numunelerde çekme donatısı 4φ12 olduğundan, donatı oranı 0,01676 olmaktadır ($\rho < \rho_b$).

Deney numunelerinin 6 adedinde, konsol kirişin üretiminde kullanılan betona, çimento ağırlığının %20'si kadar demir tozu katkı maddesi katılmış olup, 6 adedinde ise herhangi bir katkı kullanılmayıp referans kirişleri oluşturulmuştur. Numunelerin tamamında etriye adım mesafesi 50 mm, 100 mm ve 150 mm olarak değiştirilmiştir. Etriye kanca açısı ise bütün numunelerde 135 derecedir. Numunelerin özellikleri Tablo 1.'de verilmiştir.

Tablo 1. Deney numunelerinin malzeme ve kesit özellikleri
Table 1. Material and section properties of test specimens

Beton Sınıfı	C25	Basınç Donatısı	2 ϕ 12
Donatı Sınıfı	S420	Çekme Donatısı	4 ϕ 12
Kesit	150 mm x 200 mm	Konsol Kiriş Açıklığı	400 mm
Boyuna Donatı Çapı	12 mm	Etriye Kanca Açısı	135°
Enine Donatı Çapı	8 mm		

Beton sınıfı C25 olarak belirlenmiş ve Tablo 2’de gösterildiği gibi reçetesi çıkarılmıştır. Gerekli malzemeler temin edilip mıcır, çimento ve kum beton karma makinesine dökülmüştür. Katkılı numuneler için çimento ağırlığının yüzde 20’si kadar demir tozu katılmış, bir miktar karıştırılan numunelere suyun yarısı dökülmüştür. Suyun diğer yarısının içine ise akışkanlaştırıcı katılmış ve beton karma makinesine dökülmüştür. Yaklaşık olarak 2-2.5 dakika kadar beton karma işlemine devam edilmiştir. Şekil 3’te gösterildiği gibi hazır hale gelen beton önceden hazırlanmış kalıplara dökülmüş ve üzeri masterlanmıştır.

Tablo 2. Beton Reçetesi (21 dm³)
Table 2. Concrete Recipe (21 dm³)

Malzemeler	Miktar (kg)
2 Nolu Mıcır	21.25
Çimento	8
Kum	17.5
Su	4
Akışkanlaştırıcı	0.15



Şekil 3. Beton yerleştirme ve masterlanma anı
Figure 3. Place of concrete and leveling time

Konsol kirişlerde istenilen beton dayanımının sağlanıp sağlanmadığı anlaşılması için 6 adet katkısız 6 adette demir tozu katkılı betondan silindir numune alınmıştır. Silindir numuneler 100 mm çaplı 200 mm yüksekliğe sahiptir. Alınan numuneler kür havuzunda bekletildikten sonra başlıklama işlemi yapıp kırıldı. Kırılan numunelerde yer değiştirmeleri kayıt altına alınarak dayanım haricinde elastisite modülü de hesaplanıp Tablo 3’te gösterilmiştir.

Tablo 3. Silindir numunelerin elastisite modülleri
Table 3. Elasticity modules of cylinder specimens

Silindir Numune Özelliği	Gerilme (MPa)	Birim Şekil Değiştirme	Elastisite Modülü (MPa)
Katkısız	25.7423432	0.00089122	28884.34625
Katkısız	24.54351	0.00087021	28204.20728
Katkısız	24.9876367	0.0008736	28603.15558
Katkısız	26.9856423	0.00092599	29142.40597
Katkısız	25.4315245	0.0008989	28291.95389
Katkısız	25.54326345	0.00089408	28569.32599
%20 Demir tozu katkılı	24.16458	0.00083369	28928.73476
%20 Demir tozu katkılı	23.49178	0.00083369	28165.14776
%20 Demir tozu katkılı	25.19606	0.00089548	28136.34183
%20 Demir tozu katkılı	26.636	0.0009495	28051.38912
%20 Demir tozu katkılı	25.7407	0.00093636	28232.15153
%20 Demir tozu katkılı	23.74915	0.000841	28231.09446

Numuneler isimlendirilirken, 5, 10,15 sırasıyla etriye adım mesafesi 50 mm, 100 mm ve 150 mm olması durumunu, b etriye kanca açısının 135 derece olduğunu göstermektedir. Deney numuneleri isimlendirmeleri Tablo 4’te gösterilmiştir.

Tablo 4. Numunelerin İsimlendirme Detayı
Table 4. Naming Detail of Specimens

Kanca Açısı (Derece)	Etriye Adım Mesafesi (mm)	Katkı Maddesi Yüzdesi	Numune Adı
135	50	%0	A ₁ -5-b-1-w
			A ₂ -5-b-1-w
		%20	A ₁ -5-b-2-y
			A ₂ -5-b-2-y
	100	%0	A ₁ -10-b-1-w
			A ₂ -10-b-1-w
		%20	A ₁ -10-b-2-y
			A ₂ -10-b-2-y
	150	%0	A ₁ -15-b-1-w
			A ₂ -15-b-1-w
		%20	A ₁ -15-b-2-y
			A ₂ -15-b-2-y

3.2 Deney Düzenegi

Eğilme deneyleri, Sakarya Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Yapı Laboratuvarında olan çelik çerçeve altında tek noktadan yükleme yapılarak gerçekleştirilmiştir. Deney düzeneği Şekil 4’te gösterilmiştir. Kırmızı renkli mesnetleme levhaları arasına hazırlanan konsol kirişlerin mesnet bölümü yerleştirilmiştir. Yüklemede mesnet levhaları düzeneğe bulon yardımıyla sabitlenmiş ve 2 adet uzun civata bulon numune sıkıştırılmıştır. Kiriş uç kısmına yerleştirilen potansiyometre ile yer değiştirmeler okunmuştur.



Şekil 4. Deney düzeneği ve verilerin toplandığı sistem
Figure 4. Experimental setup and the system where data is collected

4. Deney Sonuçları

Deneyde okunan yer değiştirme ve yük değerleri Testlab Basic isimli program ile kaydedilmiştir. Şekil 5'te deney numunelerinin deney öncesi ve sonrasına ait resimleri verilmiştir.



Şekil 5. Deney numunelerinin deney öncesi ve sonrasına ait görüntüleri
Figure 5. The images of the test samples before and after the experiment.

Deneyisel sonuçları Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Deneyisel Sonuçlar
Table 5. Experimental Results

Katki Maddesi Yok			%20 Demir Tozu Katkılı		
Numune	Süneklik	Maksimum Yük (kgf)	Numune	Süneklik	Maksimum Yük (kgf)
A ₁ -5-b-1-w	1.6051	9641.325	A ₁ -5-b-2-y	1.869	7812.687
A ₂ -5-b-1-w	1.5945	9843.278	A ₂ -5-b-2-y	1.894	8069.349
A ₁ -10-b-1-w	1.50369	9212.7564	A ₁ -10-b-2-y	1.7713	7298.762
A ₂ -10-b-1-w	1.49947	9106.8654	A ₂ -10-b-2-y	1.7747	7578.489
A ₁ -15-b-1-w	1.407	8345.689	A ₁ -15-b-2-y	1.7278	6723.984
A ₂ -15-b-1-w	1.413	8469.725	A ₂ -15-b-2-y	1.7315	7124.458

Tablo 5’te de görüldüğü üzere, farklı tiplerde üretilen her bir numuneden ikişer adet üretilmiş olup, grafiklerde bu iki numuneden elde edilen ortalama sonuçlar kullanılmıştır. Deneyler sonucunda elde edilen yük-yer değiştirme verileri kullanılarak Eşitlik 2 yardımıyla süneklik değerleri hesaplanmıştır. Şekil 1’de gösterildiği gibi; (Δ_y) kirişin maksimum yükün (P_{maks}) %75’ine ulaştığı nokta ile sıfır noktası birleşmesinden çıkan doğrunun yardımıyla geometrik olarak bulunmuştur. (Δ_u) ise; P_{maks} sonrası devam eden yer değiştirmenin yükte %15’lik azalma olduğu noktadaki değer olarak belirlenmiştir (Park, 1988).

Aynı etriye adım mesafesi ile üretilmiş olan numunelerde, beton üretiminde katkı maddesi bulunan ve bulunmayan numunelerin sonuçlarının karşılaştırılması Tablo 6.’da verilmiştir.

Tablo 6. Katkı maddesi bakımından karşılaştırma tablosu

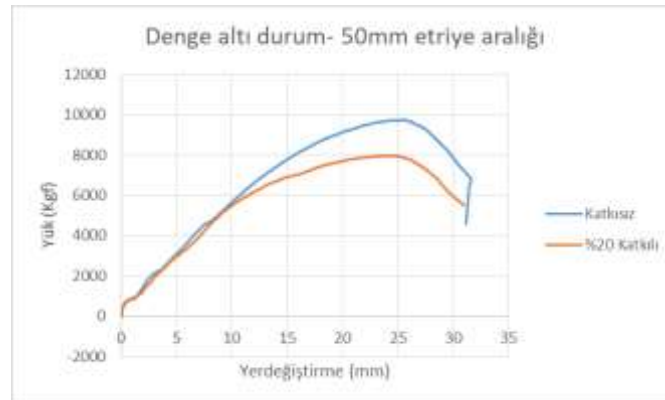
Table 6. Comparison table in terms of additives

Etriye Adım Mesafesi (mm)	Numune Adı	Δ_y (mm)	Δ_u (mm)	μ	Yüzde Artış Miktarı (%)	P_{max} (kgf)	Yüzde Artış Miktarı (%)
50	A-5-b-1-w	18.78	29.4	1.599	-	9752.784	-
	A-5-b-2-y	15.134	28.595	1.889	+18.136	7977.602	-18.20
100	A-10-b-1-w	18.546	27.83	1.50059	-	9125.2878	-
	A-10-b-2-y	19.4464	34.4905	1.7736	+18.193	7492.676	-17.89
150	A-15-b-1-w	21.1	29.78	1.411	-	8400.225	-
	A-15-b-2-y	20.6474	35.8812	1.73	+22.60	6999.869	-16.67

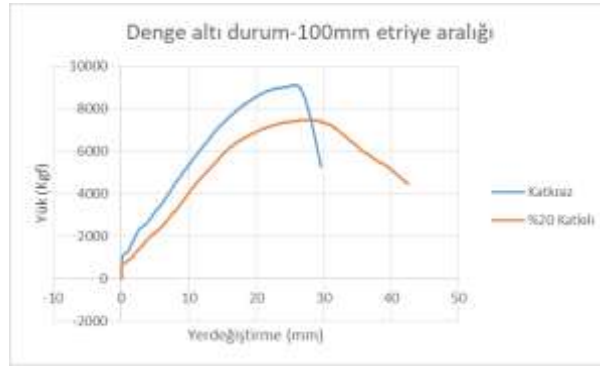
Buna göre; etriye adım mesafesi 50 mm olan katkılı konsol kirişlerde, referans numunelere göre süneklik bakımından yaklaşık %18 civarında artış görülmüş olup, maksimum yük değerinde ise yaklaşık %20 azalma tespit edilmiştir.

100 mm etriye adım mesafeli konsol kirişlerde ise; katkılı kirişlerin sünekliği yaklaşık %13 ila %18 oranında bir artarken, maksimum yük değerlerinde yaklaşık %18 azalma meydana gelmiştir.

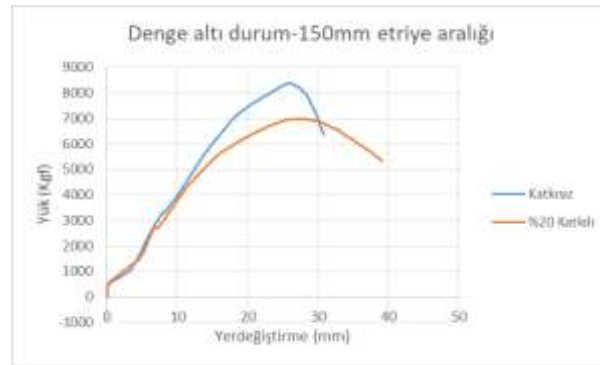
150 mm etriye aralığına sahip konsol kirişlerde; katkılı kirişlerin sünekliğinde %13.5 ila %22 arasında artış meydana gelirken, maksimum yük değerinde %17’ azalma görülmüştür. Şekil 6, Şekil 7 ve Şekil 8’de sırasıyla etriye adım mesafeleri 50 mm, 100 mm ve 150 mm olan katkılı ve katkısız konsol kirişlerde yük-yer değiştirme grafikleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



Şekil 6. Etriye Aralığı 50 mm Olan Katkılı ve Katkısız Konsol Kirişlerde Yük-Yerdeğiştirme Eğrileri
Figure 6. Load-Displ. Curves for Additive and Non-Additive Cantilever Beams with Stirrup Spacing of 50 mm



Şekil 7. Etriye Aralığı 100 mm Olan Katkılı ve Katkısız Konsol Kirişlerde Yük-Yer değiştirme Eğrileri
Figure 7. Load-Displ. Curves for Additive and Non-Additive Cantilever Beams with Stirrup Spacing of 100mm

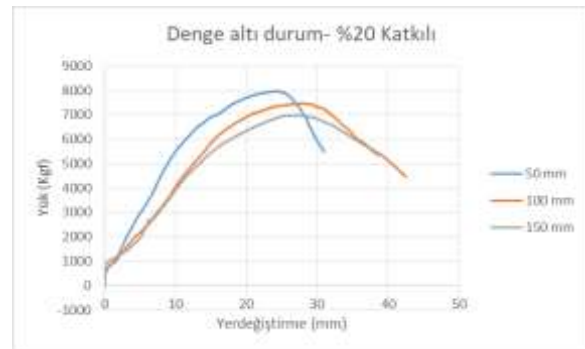
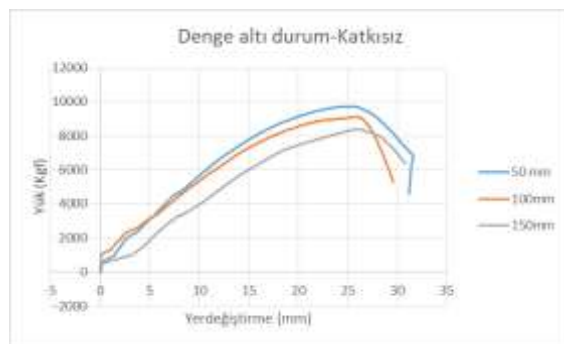


Şekil 8. Etriye Aralığı 150 mm Olan Katkılı ve Katkısız Konsol Kirişlerde Yük-Yer değiştirme Eğrileri
Figure 8. Load-Displ. Curves for Additive and Non-Additive Cantilever Beams with Stirrup Spacing of 150mm

Etriye aralığı değişimine göre süneklik ve maksimum yük değerleri Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Etriye adım mesafesi bakımından karşılaştırma tablosu
Table 7. Comparison table in terms of stirrup pitch distance

Katkı Durumu	Numune Adı	Δ_y (mm)	Δ_u (mm)	μ	Yüzde Artış Miktarı (%)	P_{max} (kgf)	Yüzde Artış Miktarı (%)
Katkısız	A-5-b-1-w	18.78	29.4	1.599	-	9752.784	-
	A-10-b-1-w	18.546	27.83	1.500	-6.154	9125.287 8	-6.434
	A-15-b-1-w	21.1	29.78	1.411	-11.7573	8400.225	-13.868
%20 Demir Tozu Katkılı	A-5-b-2-y	15.134	28.595	1.889	-	7977.602	-
	A-10-b-2-y	19.4464	34.490	1.773	-6.109	7492.676	-6.078
	A-15-b-2-y	20.6474	35.881	1.73	-8.417	6999.869	-12.255



Şekil 9. Katkısız ve %20 Katkılı Numunelerde Etriye Adım Mesafesine Göre Yük-Yer değiştirme Eğrileri
Figure 9. Load-Displ. Curves According to Stirrup Step Distance for Non-Additive and 20% Additive Samples

5. Sonuçlar

Çalışmada; denge altı donatılı olacak şekilde çekme donatısı belirlenen toplam 12 adet konsol kiriş; etriye adım mesafeleri 50 mm, 100 mm ve 150 mm olacak şekilde 3 farklı tipte üretilmiştir. Bu numunelerin 6 adedinin betonlarında katkı maddesi kullanılmazken, 6 adedinin betonlarındaysa %20 demir tozu katkısı kullanılmıştır. Böylece; eğilmeye maruz konsol kirişlerin yapısal davranışında etriye adım mesafesinin ve %20 demir tozu katkı maddesinin etkisi araştırılmıştır. Buna göre:

%20 Demir tozu katkılı durumda; etriye adım mesafesi 50 mm olan kirişler süneklik açısından 150 mm adım mesafeli numunelere oranla yaklaşık %8 ile %11 arası bir artış göstermiştir. Maksimum yük değeri ise %13 ile %20 arası bir artış göstermiştir. Etriye aralığı 100 mm olan numunelerin 150 mm adım mesafeli numunelere oranla sünekliğinin %2.5 ile %3.5 arasında, maksimum yük değerinin ise %7 ile %11 arasında arttığı görülmektedir.

Çalışma kapsamında; katkısız betonla veya %20 demir tozu katkılı betonla üretilen konsol kirişlerin süneklik ve maksimum yük değeri bakımından karşılaştırılması durumunda: etriye adım mesafesi 50 mm olan numunelerde katkılı numunelerin süneklik bakımından %20 daha yüksek değerlere ulaştığı, maksimum yük değerinin ise %17 civarında azaldığı görülmektedir. Etriye adım mesafesi 100 mm olan numunelerde ise katkılı betonla üretilen numunelerdeki süneklikteki artışın %17 civarında gerçekleştiği, maksimum yük değerindeki düşüşün ise %16 civarında olduğu tespit edilmektedir. Etriye adım mesafesinin 150 mm olması durumunda ise; katkılı numunelerde katkısız numunelere kıyasla sünekliğin yaklaşık %22 oranında arttığı, maksimum yük değerinin %17 oranında azaldığı ortaya çıkmaktadır.

Sonuç olarak; %20 demir tozu katkılı numunelerde katkısız numunelere göre süneklik açısından yaklaşık %18 civarında bir artış görülürken, maksimum yük değerinin katkılı numunelerde yaklaşık %16 civarında azaldığı belirlenmiştir.

6. Kaynaklar

- Beycioğlu, A., Başyigit, C., Subaşı, S., 2008. Endüstriyel Atıkların İnşaat Sektöründe Kullanımı ile Geri Kazanılması ve Çevresel Etkilerinin Azaltılması, Çevre ve Sorunları Sempozyumu, Kocaeli, 1386-1394,
- Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik-1998 (ABYYHY-1998).
- Aydın, A.C., Bayrak, B., 2017. Betonarme Kirişlerin DeneySEL ve Teorik Burulma Momenti Değerlerinin Karşılaştırılması, Sakarya Üniversitesi Bilim Dergisi, Sakarya,
- Aykaç, S., Ekinci, B., 2011. BA Yapılarda Konsol Kirişlere Aktarılan İlave Yükler, İMO Teknik Dergi, 5449-5462, Yazı351,
- Adem, D., 2010. Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı, 6. Baskı, İstanbul: Birsan Yayınevi,
- Esendemir, Ü., Öndürücü, A., 2003. Üçgen Yayılı Yüke Maruz Ankastre Kirişlerde Elastik-Plastik Gerilme Analiz, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Denizli,
- Özkal, F. M., Uysal, H., 2017. Betonarme Yapı Elemanlarında En Uygun Donatı Yerleşiminin Belirlenmesi: Konsol Kiriş Örneği, Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi,
- Binici, H., Sevinç, A.H., Geçkil, H., 2015. Atık Demir Tozu Katkılı Harç ve Betonların Durabilite Özellikleri, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 30(1), 1-16 ss.,
- Kara, İ.F., Dündar, C., 2008. Betonarme Kiriş Elemanlarda Bulunan Farklı Donatı Oranlarının ve Değişik Yükleme Tiplerinin Etkili Atalet Momenti Üzerine Olan Etkisinin İrdelenmesi, Çukurova Üniversitesi Mühendislik, Mimarlık Dergisi, Adana,
- Emiroğlu, M., 2006. Atık Lastiğin Beton İçerisinde Kullanımı ve Betonun Karakteristiklerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ,
- Mesçi, B., Ergun, ON., Çakıroğlu, M., 2007. Bakır Endüstrisi Atıklarının Beton Katkı Maddesi Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması, 2. Yapılarda Kimyasal Katkılar Sempozyumu, 13-15 Nisan, Ankara, Türkiye,
- Orhan, E., Şahin, M., 2016. Öğütülmüş Atık Cam Tozu Katkılı Betonun Basınç Dayanımına Yüksek Sıcaklığın Etkisi, İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi, 5(1), 61-70,
- Özkal, F. M., 2017. Kesme açıklığı küçük olan betonarme kirişlerin etriye düzeni ve kenetlenme yönünden incelenmesi, XX. Ulusal Mekanik Kongresi , (Bursa, Turkey), 551-561,
- Pakdamar, F., Güler, K., 2011. Betonarme Kirişler İçin Esnek Performans, İTÜ Teknik Dergisi, İstanbul,
- Park, R., 1988. Ductility Evaluation from Laboratory and Analytical Testing, Proceedings of the 9th World Conference on Earthquake Engineering, Tokyo, Kyoto, 8, 605-616,
- Altın, S., Anıl, Ö., 2002. Kesmeye Karşı Güçlendirilmiş Betonarme Kirişlerin Deprem Davranışı, ECAS2002 Uluslararası Yapı ve Deprem Mühendisliği Sempozyumu, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, Türkiye,
- Saatçi S, Batarlar B., 2017. Çelik Fiber Katkılı Etriyersiz Betonarme Kirişlerin Davranışı, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 32(4), 1143 – 1154,
- Severcan M., Kara, H., İlker, F., Akçaözoğlu, K., 2016. Değişik Yükleme Etkisi Altında Farklı Donatı Oranlarına Sahip Betonarme Kirişlerde Oluşan Deplasmanların DeneySEL Olarak İncelenmesi, Niğde Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi 5, no.2: 135 – 147,
- T.C. Millî Eğitim Bakanlığı, İnşaat Teknolojisi, Sürekli-Konsol ve Ters Kiriş Donatıları, 2013. Ankara.
- Tekin, A., Esendemir, Ü., Öndürücü, A., 2004. Serbest Ucundan Tekil Bir Yüke Maruz Polimer Matrisli Kompozit Ankastre Bir Kiriş için Elasto-Plastik Gerilme Analizi, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisinde, Denizli,
- TS 500, 2000. Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 196-1, 2002. Türk Standartları Enstitüsü (TSE), “Çimento deney metotları-Bölüm 1: Dayanım Tayini”, Ankara, Türkiye.
- Yavuz G, 1999. Betonarme Kısa Konsolların Davranışlarının DeneySEL Olarak ve Kafes Sistem - Strut and Tie Modellemesiyle İncelenmesi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Y. Lisans Tezi, Konya.