

T.C.
ERZİNCAN BİNALİ YILDIRIM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BETONARME KİRİŞLERİN İÇERİSİNDEN GEÇEN TESİSAT
BORULARININ EĞİLME DAYANIMINA ETKİSİ

Emre KORKMAZ

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Atila KUMBASAROĞLU

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

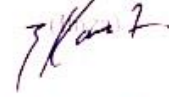
ERZİNCAN
2020

Her Hakkı Saklıdır.

Bilimsel Etiğe Uygunluk Sayfası

“Betonarme Kirişlerin İçerisinden Geçen Tesisat Borularının Eğilme Dayanımına Etkisi” isimli “Yüksek Lisans” tezimin tarafımda intihal tespit programı ile incelenmiştir. Buna göre tezimde bilimsel etik ihlali ve intihal olarak nitelendirilebilecek herhangi bir durum olmadığını taahhüt ederim.

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir biçimde elde edildiğini; aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi beyan ederim. 01/06/2020



Emre KORKMAZ

ÖZET

Yüksek Lisans/Doktora Tezi

BETONARME KİRİŞLERİN İÇERİSİNDEN GEÇEN TESİSAT BORULARININ EĞİLME DAYANIMINA ETKİSİ

Emre KORKMAZ

Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Atila KUMBASAROĞLU

Günümüzde betonarme yapılarda genellikle elektrik enerjisinin elektrik telleri vasıtasıyla alıcılara ve/veya kumanda elemanlarına ulaştırılması ve iletkenlerin de dış etkenlerden korunması yalıtkan bir gereç olan plastik boru içerisinden geçirilmek suretiyle yapılmaktadır. Özellikle enerji dağıtım elemanlarının (sigorta kutusu, enerji panosu, dağıtım buatları gibi...) bulunduğu bölgelerde artan çapları ve sayıları ile koruma boruları betonarme kirişler içerisinde azımsanmayacak boyutta boyuna doğrultuda boşluklar oluşturmaktadır.

Bu çalışmada betonarme kirişler içerisinden geçmekte olan koruma borularının, betonarme kirişlerin eğilme dayanımına etkisi araştırılmıştır. Bu araştırma için uygulamadaki şartlara haiz olacak şekilde 4 adet tam-ölçekli betonarme kirişler tasarlanmıştır. Kirişlerin birisi referans numune olarak tasarlanırken kalan 3 adet betonarme kiriş numuneleri ise sırasıyla çekme, tarafsız eksen ve basınç bölgesinde toplam 5 adet koruma borusuna sahip olacak şekilde üretilmiştir. Üretilen tüm deneysel betonarme kirişleri, yükleme sınırlarındaki eğilme momentlerinin sabit olması talebiyle 4 noktadan aksenal eğilme deneyine tabi tutularak, koruma borularının betonarme kirişlerin yapısal davranışları üzerine etkisi incelenmiştir. Çalışmadan betonarme taşıyıcı elemanlarda hem yeterli rijitlik hem de yeterli süneklik şartlarının yapısal açıdan herhangi bir süreksizlik oluşturmaması için uygulamada çeşitli nedenlerden dolayı kullanılması zorunlu olan elektrik tellerinin içinden geçtiği PVC (plastik) boruların oluşturduğu boyuna doğrultudaki dairesel kesitli boşlukların mümkün olduğunca tarafsız eksenden geçirilmesi gerektiği savunulmaktadır.

2020, 34 Sayfa

Anahtar Kelimeler Betonarme kiriş, Çekme bölgesi, Dayanım, Koruma boruları.

ABSTRACT

MSc Thesis

THE EFFECT OF FITTING PIPES THROUGH INSIDE REINFORCED BEAMS UNDER FLEXURAL STRENGTH

Emre KORKMAZ

Erzincan Binali Yıldırım University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering

Supervisor: Dr. Atila KUMBASAROĞLU

Today, in reinforced concrete structures, the transmission of electrical energy to the receivers and / or control elements through electrical wires and the protection of the conductors from external factors is carried out by passing through a plastic pipe, which is an insulating material. the protection pipes form a substantially longitudinal gap in reinforced concrete beams.

In this study, the effect of protection pipes passing through reinforced concrete beams on the bending strength of reinforced concrete beams was investigated. For this research, 4 full-scale reinforced concrete beams are designed to meet the requirements in practice. While one of the beams is designed as a reference sample, the remaining 3 reinforced concrete beam samples are produced to have a total of 5 protection pipes in the tensile, neutral axis and pressure zone, respectively. All experimental reinforced concrete beams produced were subjected to 4 axial bending tests to demand constant bending moments at loading borders, and the effect of protection pipes on the structural behavior of reinforced concrete beams was examined. It is argued that the circular cross-sectional spaces formed by PVC (plastic) pipes through electrical wires, which must be used for various reasons in the application of reinforced concrete carrier elements for various reasons in order to prevent any structural discontinuity in the application, must be passed through the neutral axis as much as possible.

2020, 34 Pages.

Keywords: Reinforce concrete beam, Tensile zone, Strength, Protection pipes.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca değerli bilgi, birikim ve tecrübeleri ile bana yol gösterici ve destek olan kıymetli, değerli ve saygıdeğer danışman hocam sayın Dr. Atila KUMBASAROĞLU' na, ilgisini ve önerilerini göstermekten kaçınmayan Doç. Dr. Hakan YALÇINER hocama, tez konumun seçilmesinde bana yol gösteren inşaat mühendisi John SADLER' e, çalışmalarım boyunca yardımını hiç esirgemeyen Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde eğitim gören lisans öğrencileri Melih Şakir POLAT' a, Salih Emrullah ARSLAN' a, Akif Berke ÖZTÜRK' e, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde eğitim gören yüksek lisans öğrencisi Merve KORKMAZ' a ve Umytjan YANGİBAYEV' e, inşaat mühendisi Rameen KOHİSTANİ' e, çalışmalarım boyunca maddi manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan aileme de sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Emre KORKMAZ

Haziran, 2020

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	v
TABLolar LİSTESİ.....	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR	vii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	4
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	8
3.1. Materyal	8
3.1.1. Deneysel Numunelerin Şekil ve Boyutları.....	10
3.1.2. Malzeme Özellikleri ve Karışım Oranları.....	12
3.2. Yöntem.....	14
3.2.1. Beton Karışımı, Dökümü ve Kürlenmesi.....	14
3.2.2. Deneysel Kurulum.....	14
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	17
4.1. Yük - Deplasman İlişkisi	17
4.2. Gözlemsel Analiz.....	25
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	30
KAYNAKLAR	32
ÖZGEÇMİŞ	35

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1. Kirişler içerisinden yürütülen PVC tesisat boruları (a) tabliyeden geçtikten sonra kirişler içerisinden yürütülen PVC borular	2
Şekil 1.1. Kirişler içerisinden yürütülen PVC tesisat boruları (b) tabliyeden geçtikten sonra kirişler içerisinden yürütülen PVC borular	2
Şekil 1.1. Kirişler içerisinden yürütülen PVC tesisat boruları (c) bakış açısı geliştirmek için mevcut kiriş ve tabliyenin kesiti alınarak 3D model görüntüleri.....	3
Şekil 1.1. Kirişler içerisinden yürütülen PVC tesisat boruları (d) bakış açısı geliştirmek için mevcut kiriş ve tabliyenin kesiti alınarak 3D model görüntüleri.....	3
Şekil 3.1. Kiriş boyunca dairesel boşluklara sahip basit mesnetli kiriş	8
Şekil 3.2. Üretilen deneysel numunelerin detay çizimleri	11
Şekil 3.3. Deneyin şematik gösterimi ve deneysel kurulumu (a).....	15
Şekil 3.3. Deneyin şematik gösterimi ve deneysel kurulumu (b)	16
Şekil 4.1. Referans numunenin yük-deplasman ilişkisi	18
Şekil 4.2. A ₁ ve A ₂ numunelerinin yük-deplasman ilişkisi.....	19
Şekil 4.3. Çekme bölgesinde dairesel boşluklu kiriş en kesiti	19
Şekil 4.4. A ₁ , A ₂ ve A ₃ numunelerinin yük-deplasman ilişkisi.....	22
Şekil 4.5. Tarafsız eksen bölgesinde dairesel boşluklu kiriş en kesiti	22
Şekil 4.6. A ₁ , A ₂ , A ₃ ve A ₄ numunelerinin yük-deplasman ilişkisi	23
Şekil 4.7. Basınç bölgesinde dairesel boşluklu kiriş en kesiti	24
Şekil 4.8. Referans deneysel kiriş numunesinin göçme modu.....	26
Şekil 4.9. Çekme bölgesinde boşluklu deneysel kiriş numunesinin göçme modu	27
Şekil 4.10 Tarafsız eksen bölgesinde boşluklu deneysel kiriş numunesinin göçme modu.....	28
Şekil 4.11. Basınç bölgesinde boşluklu deneysel kiriş numunesinin göçme modu	28

TABLULAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 3.1. Üretilen deneysel numunelerin şekil ve boyutları	12
Tablo 3.2. Üretilen deneysel numunelerin malzeme özellikleri	13
Tablo 3.3. Donatı mekanik özellikleri.....	14



SİMGELER ve KISALTMALAR

Simgeler

a	Beton Blok Derinliği
A_h	Dairesel Boşlukların Toplam Alanı
A'_h	Dairesel Boşlukların Asal Ekseninde Oluşturduğu Alan
A_{st}	Basınç Bloğundaki Donatı Alanı
A_t	Dönüştürülmüş Kesit Alanı
a_v	Kesme Açıklığı
b	Kiriş Genişliği
b'	Dairesel Boşlukların Asal Ekseninde Oluşturduğu Negatif Basınç Blok Genişliği
c	Tarafsız Eksen Derinliği
c'	Dairesel Boşlukların Eksen Derinliği
C_u	Çekme Dayanımı
d	Faydalı Yükseklik
D	Kiriş Yüksekliği
f_y	Donatının Akma Dayanımı
I_{ucr}	Tarafsız eksen civarındaki atalet momenti
M_{cr}	Betonarme Kiriş İçin Teorik Kırılma Yüğü
M_u	Nihai Eğilme Dayanımının Büyüklüğü
T_v	Basınç Bloğu Dayanımı
q	Dairesel Boşlukların Eksenel Derinliği İle Beton Basınç Blok Derinliği Arasındaki Fark
W_u	Hesaplanan Nihai Eğilme Dayanımı
ε	Betonun Maksimum Birim Şekil Değişirme Miktarı
σ_{cu}	Basınç Gerilmesi
\emptyset	Donatı Çapı
$\%$	Yüzde

Kısaltmalar

ACI	American Concrete Institute
ASTM	American Society for Testing and Materials
LVDT	Linear Variable Differential Transformer
PVC	Plastik
TS	Türk Standartları



1. GİRİŞ

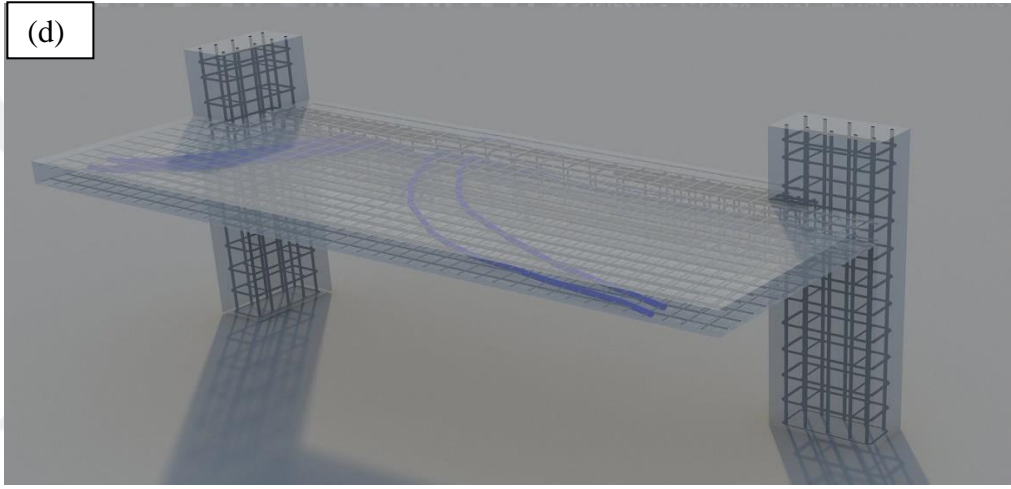
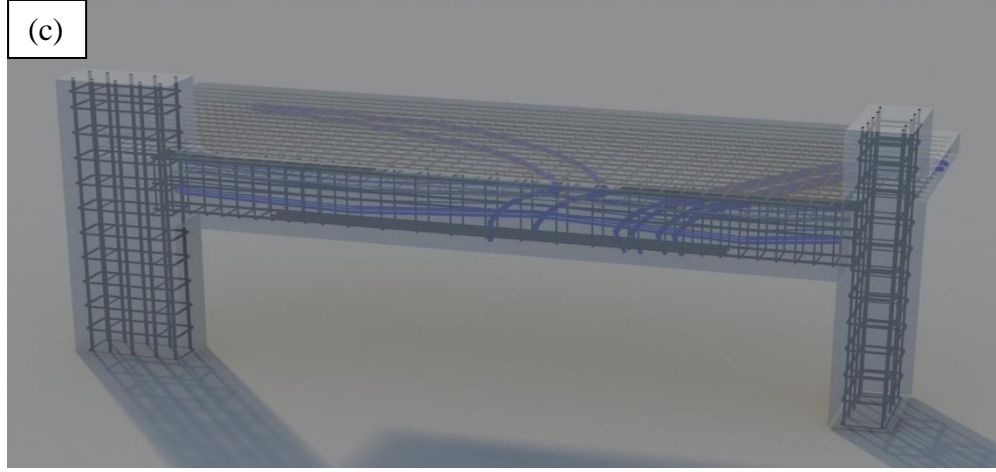
Betonarme, çok yönlü üretim ve kullanım amaçları bakımından günümüzde en fazla üretilen ve kullanılan bir yapı malzemesidir (Devdas ve Pillai, 2009). Giderek artan bir yatırım payı ile her yıl konut binaları, ticari binalar, endüstriyel binalar ve köprüler gibi milyonlarca yapı, betonarme yapı malzemesi kullanılarak inşa edilmektedir. Bu yapıların hepsinde sağlıklı bir tasarım gereği taşıyıcı betonarme kiriş elemanları kullanılmaktadır. Kompakt (boşluksuz) betonarme kirişlerin eğilme davranışları hakkında oldukça zengin bilgi olmasına rağmen uygulamada kullanılması zorunlu olan elektrik tellerinin içinden geçtiği PVC (plastik) boruların oluşturduğu boyuna doğrultudaki bir veya daha fazla boşluğa sahip betonarme kirişlerin eğilme dayanımı hakkında yeterli miktarda bilgi mevcut değildir. Betonarme kirişlerde boyuna doğrultuda bir boşluğun sağlanması, kirişlerin kendi ağırlığının azalmasına neden olur. Bu durumdan taşıyıcı betonarme kolonlar veya temeller gibi boyuna doğrultuda boşluklu kirişlerin mesnet şartlarını oluşturan tüm yapısal taşıyıcı elemanların boyutlarının inşaat sektöründe kullanılan yapı malzemelerinde tasarruf sağlanarak azaltılabileceği sonucu çıkarılabilir. Ayrıca yapıda gerekli görülen su borusu, kanalizasyon borusu, klima kanalları, elektrik ve telefon kabloları gibi temel hizmetlerin, betonarme kirişlerin boyuna doğrultuda boşluk bırakılarak geçirilmesi gerektiğinde, kiriş en kesitinde bu boşluklar için aslında her zaman müsait bir alan vardır (Mansur, 1998, 1999).

Yapılan kapsamlı literatür araştırmasına göre, bu konuda yalnızca enine boşluklara sahip olan taşıyıcı betonarme kirişlerin davranışları ve/veya dayanımları hakkında - oldukça sınırlı olmak ve nispeten son yönetmelikler ile güncellenen taşıma gücü davranışı bilgisine sahip olmamak kaydıyla- bazı çalışmalar/araştırmalar mevcut olmasına rağmen, Murugesan ve Narayanan (2017) tarafından gerçekleştirilen deneysel çalışmanın dışında, şu anda kitaplarda, araştırma yayın dergilerinde veya konferanslarda tamamen boyuna doğrultuda boşluklara sahip taşıyıcı betonarme kirişlerin yük taşıma kapasitesi ve davranışı hakkında bilgi bulunmamaktadır.

Bu çalışmada betonarme kirişler içerisinde geçmekte olan koruma borularının, betonarme kirişlerin eğilme dayanımına etkisi araştırılmıştır. Günümüzde genellikle elektrik enerjisinin kumanda elemanlarına ulaştırılmasında ilk aşama tabliye borulama

işlemleriyle gerçekleşir. Tabliye borulama döşenirken buat ve alıcı (lamba vb.) dikkate alınarak yapılır. Daha sonra işlemler duvar borulaması yapılarak enerjinin dağıtılmasıyla devam etmektedir. Ancak burada sorun oluşturan etken borulama işlemlerinin öncelikle tabliye den geçerek kirişler içerisinde yürütülmesi olmuştur. Şekil 1.1’de görüldüğü gibi tabliye borulama işlemleri sırasında tesisat borusu olarak kullanılan pvc borular tabliye ve kirişler içerisinde konumlandırılmıştır. Şekil 1.1’de verilen örnek kirişler aynı şekilde 3D olarak modellenerek farklı bir görüş açısı elde edilmiştir.





Şekil 1.1. Kirişler içerisinde yürütülen PVC tesisat boruları (a) ve (b) tabliyeden geçtikten sonra kirişler içerisinde yürütülen PVC borular (c) ve (d) bakış açısı geliştirmek için mevcut kiriş ve tabliyenin kesiti alınarak 3D model görüntüleri

Bu çalışmada betonarme kirişler içerisinde geçmekte olan koruma borularının betonarme kirişlerin eğilme dayanımına etkisi araştırılmıştır. Bu araştırma için uygulamadaki şartlara haiz olacak şekilde 4 adet tam-ölçekli betonarme kirişler tasarlanmıştır. Kirişlerin birisi referans numune olarak tasarlanırken kalan 3 adet betonarme kiriş numuneleri ise sırasıyla çekme, tarafsız eksen ve basınç bölgesinde toplam 5 adet koruma borusuna sahip olacak şekilde üretilmiştir. Üretilen tüm deneysel betonarme kirişleri, yükleme sınırlarındaki eğilme momentlerinin sabit olması talebiyle 4 noktadan aksenal eğilme deneyine tabi tutularak, koruma borularının betonarme kirişlerin yapısal davranışları üzerine etkisi incelenmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Kiriş en kesitine göre eksenlere dik doğrultuda boşluklara sahip olan betonarme kirişlere enine boşluklara sahip kirişler adı verilir. Prentzas (1968), tarafından yürütülen kapsamlı deneysel çalışmada birçok dairesel, dikdörtgen, eşkenar dörtgen, üçgen, trapezoidal ve hatta düzensiz şekillerin enine boşluklu taşıyıcı betonarme elemanlar üzerindeki etkisi ele alınmıştır. Enine boşluklu taşıyıcı betonarme elemanlar için kapsamlı yürütülen çalışmadan uygulanabilir en uygun veya yaygın olan şekillerin dairesel ve/veya dikdörtgen enine boşluklar olabileceği sonucuna varılmıştır.

Bazı durumlarda dikdörtgen şeklindeki enine boşluğun köşeleri, keskin olan uçlarında olası gerilme yığılmalarının azaltılması ve böylece uygulamada taşıyıcı betonarme kirişin çatlama davranışının iyileştirmesi amacıyla yuvarlaklaştırılır. Dikdörtgen şeklindeki enine boşlukların çevresinde oluşan gerilme yığılmaları konusu, kapsamlı bir şekilde özellikle Savin (1951) ve Bower (1966a) olmak üzere birçok araştırmacı tarafından ele alınmıştır. Tüm araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda Hook Yasası olarak bilinen malzemenin homojen ve izotropik olduğu varsayılan elastik teori kullanılmıştır.

Savin (1951) tarafından yürütülen çalışmada özellikle aksenal eğilmeye maruz kalan taşıyıcı betonarme kirişlerdeki küçük enine boşluklar çevresinde oluşan artık gerilmeler ele alınmıştır. Heller (1951) tarafından yapılan çalışmada ise aynı konu oval şekilli enine boşluklara ve daha sonra eğilmeye ve kesmeye maruz kalan taşıyıcı betonarme kirişlerdeki kare enine boşluklara genişletmiştir. Bower (1966b) tarafından yapılan diğer bir çalışmada flanşlı çelik kirişlerde dairesel ve dikdörtgen olan nispeten büyük enine boşluklara elastisite teorisi uygulanmıştır. Araştırmacılar tarafından genellikle karmaşık değişken ile ifade edilen yarı-ters fonksiyonun birincil türetilen ve daha sonra enine boşluk sınırlarında matematiksel olarak doğru gerilmeleri vermek için çözülebilen benzer teknik kullanılmıştır.

Mansur ve Hasnat (1979) tarafından yapılan çalışmada enine boşluk derinliğinin (veya çapı) toplam betonarme kiriş derinliğinin yaklaşık % 40'ından az olan dairesel, kare veya neredeyse kare olan enine boşluklar küçük diyagonal boşluklar olarak tanımlanırken, Somes ve Corley (1974) tarafından yapılan çalışmada ise boşluk çapının

betonarme kirişin en kesit derinliğinin 0.25 katını aştığında dairesel bir enine boşluğun büyük olması gerektiği savunulmuştur.

Mansur ve Tan (1999) tarafından yapılan diğer bir çalışmada ise enine boşluk kısmının eksenel eğilmeye maruz kalması durumunda betonarme kiriş en kesitinin basınç bölgesinin belirli bir mesafesine kadar kararsız bir göçme modunun meydana geldiği basit kiriş teorisinin uygulanabileceği varsayılmıştır.

Eksenel eğilme yüküne maruz kalan boşluksuz taşıyıcı betonarme bir kirişte, kiriş kesitinin akmasına bağlı olarak çekme bölgesinden başlayan eğilme çatlakları göçme modunu temsil eden nihai yüklemeye kadar, mesnet bölgelerine doğru yönelen betonarme uyum yasasına uygun bir şekilde gelişir. Monotonik yükleme düzeyinin artırılmasına bağlı olarak betonarme kiriş kesitinden bir sonraki komşu kesite aktarılan asal gerilmeler betonun karakteristik çekme dayanımının aşılması durumunda çekme bölgesinde başlayan eğilme çatlakları kirişin basınç bölgesine doğru (tarafsız eksene doğru) düşey doğrultuda uzanarak yayılma eğilimi gösterir.

Tan vd. (1996) tarafından yürütülen bir çalışmada ön görülen enine boşluğun kirişin çekme bölgesi içerisinde kaldığı sürece oluşturulan enine boşluk koşulunun nihai yük durumunda betonun kirişin eğilme şartlarına bağlı olarak herhangi bir bölgesinin hâlihazırda çatlamış olması gibi gerekçelerinden dolayı kirişin yük taşıma kapasitesini değiştirmeyeceği savunulmuştur. Tan vd. (1996) tarafından yapılan araştırmanın sonucunda ön görülen enine boşluğun betonarme bir kirişin nihai dayanımına herhangi bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

Salam (1977) tarafından gerçekleştirilen bir başka çalışmada ise enine boşlukların beton için gerekli olan minimum alanının azaltılmaması koşuluyla enine boşluklara sahip betonarme bir kiriş dayanımının nihai yükleme (göçme modu) şartlarında basınç bloğunun artırılmasına bağlı olarak boşluksuz betonarme bir kiriş ile benzer mekanik özellikler sahip olacağı rapor edilerek Tan vd. (1996) tarafından elde edilen sonuçlar teyit edilmiştir. Salam (1977) tarafından yürütülen çalışmada ayrıca enine boşlukların sadece basınç bölgesinde ön görülmesi halinde betonarme kiriş dayanımının stabil kalabilmesi için basınç bölgesindeki betonun net alanının dikkate alınması gerektiği savunulmuştur.

Esas olarak taşıyıcı betonarme elemanların kendi ağırlıklarının azaltılmasına neden olan ve elektrik boruları geçmek suretiyle bu tür enine boşluklara sahip olan çelik kirişlerin (Redwood ve Cho, 1992) ve kompozit kirişlerin (Fahmy, 1988, 1996; Clawson ve Darwin, 1982a, b; Cho ve Redwood 1992a, b) davranışları hakkında birçok araştırma makalesi ve raporu mevcuttur. Benzer şekilde, enine doğrultuda boşluklara sahip ön gerilmeli kirişlerin (Abdalla ve Kennedy, 1995; Barney vd., 1977) davranışları hakkında da teorik/sayısal araştırmalar mevcuttur.

Murugesan ve Narayanan (2017) tarafından yürütülen deneysel çalışmada kademeli olarak artan (monotonik) ve simetrik olarak dört noktalı uygulanan aksenal eğilme yüküne maruz boyuna doğrultuda dairesel boşluklu ve basit mesnetli taşıyıcı betonarme kirişlerin eğilme davranışı incelenmiştir. Her bir betonarme kirişte dairesel boşluklar 25, 40 ve 50 mm çapında ön görülmüş olup, bu boşlukların kiriş en kesitine göre derinlikleri değişken parametre olarak 45 ile 180 mm arasında seçilmiştir. Üretilen deneysel numunelerde kiriş en kesiti ile boyuna ve enine donatı oranları sabit tutulmuştur. Tüm betonarme kiriş numuneleri aynı beton basınç dayanımına sahip olacak şekilde dökülmüştür. Betonarme kiriş numunelerinde kesme açıklığı ile etkili derinlik oranı ise 2.69 olarak sabit alınmıştır. Yapılan çalışmada betonarme kirişlerin başlangıç (ilk) çatlama yükü ve nihai yükün belirlenebilmesi için mevcut teorik denklemlerin geliştirilmesi veya yeni model denklemler önerilmiştir. Araştırma kapsamında betonarme kirişlerin dayanımı üzerine boyuna doğrultulu boşlukların alan ve konumu dikkate alınmıştır. Geliştirilen teorik denklemin geçerliliğinin incelenmesi amacıyla 12 adet dairesel boşluklu ve 1 adet boşluksuz betonarme kiriş numunesi üretilmiş ve numuneler göçme moduna kadar test edilmiştir. Çalışmanın kapsamında ayrıca dairesel boşluklu betonarme kiriş numunelerinin davranışı ve eğilme dayanımı, aynı boyutlara ve donatı oranlarına sahip boşluksuz betonarme kiriş ile karşılaştırılmıştır. Deneyi gerçekleştirilen tüm boyuna boşluklu betonarme kirişlerin göçme modundaki eğilme yöntemi gözlem yapılarak tartışılmıştır. Gerçekleştirilen deneysel çalışmaların sonucunda geliştirilen teorik modelin ilk çatlama yükünü ve boşluklu betonarme kirişlerin nihai eğilme dayanımını tatmin edici bir şekilde öngördüğünü göstermiştir.

Murugesan ve Narayanan (2017) tarafından gerçekleştirilen deneysel çalışmada elde edilen sonuçlar ve bu sonuçlara bağlı olarak önerilen modeller henüz doğrulanmamıştır.

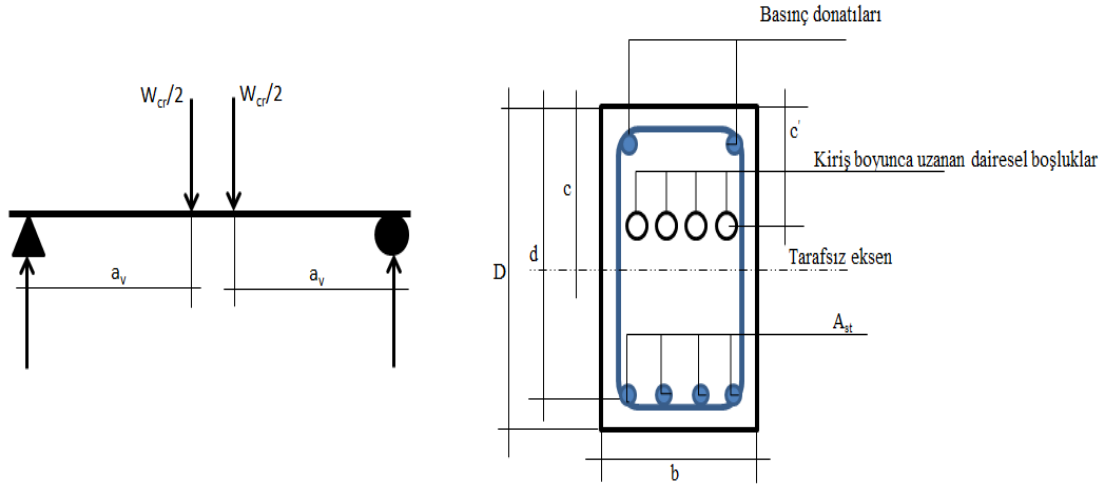
Bu nedenle bu çalışmada dört noktadan eksenel eğilme yüküne (monotonik yükleme) maruz boyuna doğrultuda farklı miktarlarda elektrik kabloları bırakılarak n görülen dairesel boşluklara sahip olan taşıyıcı betonarme kirişlerin davranışları ve dayanımları araştırılmıştır. Araştırma kapsamında tüm kirişler aynı karakteristik beton basınç dayanımına sahip olarak üretilmiştir. Tüm kirişlerin boyutları, boyuna ve enine donatı oranları, kesme açıklığı ile etkili derinlik oranları sabit tutulmuştur.



3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Araştırma kapsamında uygulamadaki çeşitli gereksinimlere bağlı olarak betonarme kirişler boyunca bırakılması gereken dairesel boşlukların, taşıyıcı betonarme kirişlerin davranış ve dayanımlarının ne şekilde etkilendiğinin anlaşılması amaçlanmıştır. İçi dairesel boşluklu betonarme kirişlerin ilk çatlama yükünün ve nihai eğilme dayanımının tahmin edilmesi için teorik modeller geliştirilmiştir veya tanımlanmıştır. İlk çatlama yükü basit eğilme yaklaşımına bağlı olan elastik teoriden ve gerilme veya birim şekil değiştirme alanları ile ilgili dönüştürme kabullerinden yararlanılan (Murugesan ve Narayanan, 2017) (donatı alanının eşdeğer beton alanına dönüştürülmesi gibi) özelliklerinden faydalanılarak hesaplanabilir.



Şekil 3.1. Kiriş boyunca dairesel boşluklara sahip basit mesnetli kiriş

Şekil 3.1'de, dairesel boşluklara sahip bir kirişin (A_t) dönüştürülmüş kesit alanı, aşağıdaki eşitlikten hesaplanabilir:

$$A_t = bD - \sum A_h + (m - 1)A_{st} \quad (3.1)$$

Burada A_h dairesel boşlukların toplam alanı olup, c tarafsız eksen derinliği ise basınç bölgesindeki alanların momentleri alınarak aşağıdaki eşitlikten elde edilir:

$$A_t xc = \left(bDx \frac{D}{2} \right) - \left(\sum A_h xc' \right) + [(m - 1)A_{st}xd] \quad (3.2)$$

Çatlamamış durumdaki kiriş en kesitinin, tarafsız eksen civarındaki atalet momenti I_{ucr} bilinen geometriye bağlı olarak aşağıdaki eşitlikten hesaplanır:

$$I_{ucr} = \frac{bD^3}{12} + bDx \left(c - \frac{D}{2} \right)^2 + (m - 1)A_{st}(d - c)^2 - \left[\frac{\pi\phi^4}{64} + A_h(c - c')^2 \right] \quad (3.3)$$

Buna göre dairesel boşluklara sahip bir betonarme kiriş için teorik kırılma yükü, aşağıdaki eşitlikten hesaplanabilir:

$$M_{cr} = \frac{f_{cr} \chi I_{cr}}{(D - c)} \quad (3.4)$$

Ayrıca kirişin kendi ağırlığının ihmal edilmesi durumunda Şekil 3.1'deki basit mesnetli kirişte de deneysel olarak ölçülebilen kırılma yükü de bilinen statik hesaplara göre aşağıdaki eşitlikten elde edilebilir:

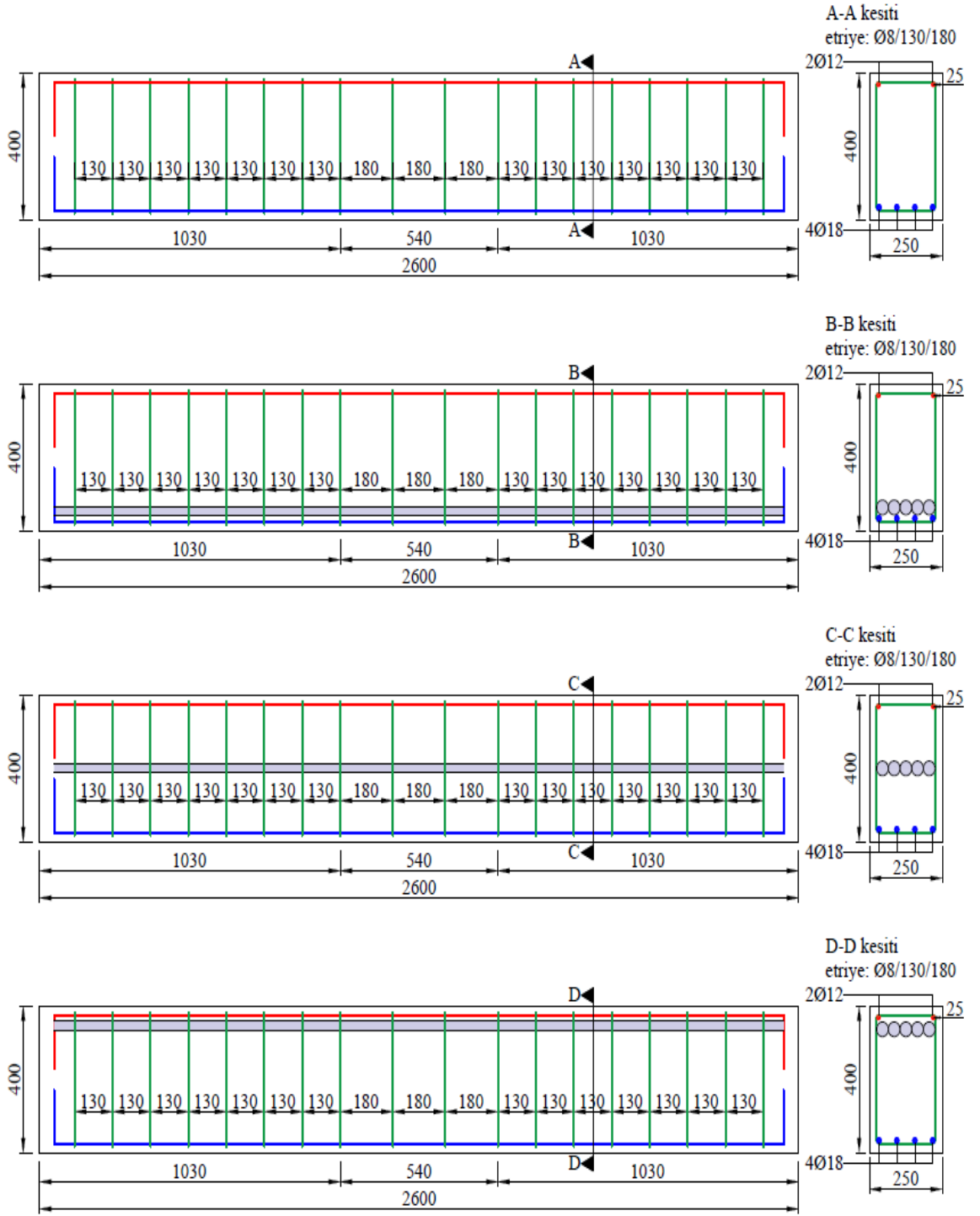
$$M_{cr} = \frac{W_{cr}}{2} \chi a_v \quad (3.5)$$

Betonarme kirişlerin ilk çatlama yükünün ve nihai eğilme dayanımının tahmin edilmesinde kabul edilen yaklaşımlar ele alındığında, daha önceki araştırmacıların deneysel çalışmalarına göre kiriş derinliği boyunca oluşan birim şekil değiştirme dağılımının doğrusal elastik olduğu varsayılmıştır (James, 1997; Fintel, 1986). Ortalama gerilme dağılımını basınç bölgesindeki beton blokta dikdörtgen benimseyen daha önceki araştırmacılar ve kabul görmüş uygulama yönetmelikleri, basınç blokunda kabul edilen ortalama basınç gerilmesinin maksimum basınç gerilmesinin 2/3 oranında alınabileceği savunulmuştur.

Betonarme kirişin basınç bölgesinin maksimum yüklemeye kadar nihai birim şekil değiştirme miktarı betonun kalitesine bağlı olmakla birlikte, bu araştırmada da betonun maksimum birim şekil değiştirme miktarı kabul edilen betonun kalitesine göre 0,0035 olarak alınması haklı görülebilir. Dolayısıyla bu araştırmada, betonarme kirişlerin ön görülen en kesit boyutları ve etkin derinliği de tam-ölçekli olarak üretilmiştir. Whitney teorisine göre (McCormac ve Brown, 2014; Whitney 1942) bu araştırmada betonarme kiriş numuneleri tam ölçekli olarak tasarlanmıştır ve donatı alanı da kabul gören yönetmeliklere uygun olarak seçilmiştir.

3.1.1. Deneysel numunelerin şekil ve boyutları

Deneysel çalışma kapsamında üretilen betonarme kiriş numunelerinin, şekil ve boyutları Şekil 3.2’de gösterilmektedir. Çalışmanın deneysel tasarım kapsamında taşıyıcı betonarme kiriş numunelerinde çeşitli uygulama şartlarından dolayı bırakılması gereken boyuna boşlukların geleneksel tasarlanan betonarme kiriş davranışları ve dayanımlarına olan etkisinin kalitatif (nitelik) ve kantitatif (nicelik) olarak anlaşılması amacıyla bir dizi deneyin yapılması planlanmıştır. Tüm betonarme deneysel kiriş numuneleri, beton dökülmeden önce Murugesan ve Narayanan (2017) tarafından gerçekleştirilen deneysel çalışmada önerilen model esas alınarak, çekme bölgesinde, basınç bölgesinde ve tarafsız eksen sınırlarında boyuna dairesel boşlukların bırakılması için elektrik tellerinin içinden geçtiği plastik PVC borular bırakılmıştır. Üretilen deneysel numunelerin şekil ve boyutları, PVC boru adedi ve çapı, boyuna dairesel boşluk derinliği Tablo 3.1’de gösterilmektedir. Deneysel çalışma kapsamında geleneksel bilinen davranıştan farklı olarak boyuna doğrultuda dairesel boşluklara sahip betonarme kirişlerde davranışın, ön görülen boyuna dairesel boşlukların farklı konumlarına göre oldukça değişiklik göstermesi beklenmektedir. Bu kapsamda betonarme kirişlerin ilk çatlama yükü ile nihai eğilme yükünün ölçülmesi bu araştırmanın en önemli parametresidir.



Şekil 3.2. Üretilen deneysel numunelerin detay çizimleri

Tablo 3.1. Üretilen deneysel numunelerin şekil ve boyutları

Numune no	PVC boru adedi ve çapı (mm)	En-kesit boyutları (mmxmm)	Numune uzunluğu (mm)	Boyuna dairesel boşluk derinliği (c') (mm)
A ₁	Referans	250x400	2600	Referans
A ₂	5Ø10	250x400	2600	370
A ₃	5Ø10	250x400	2600	200
A ₄	5Ø10	250x400	2600	30

Boyuna doğrultudaki boşlukların basınç bölgesinde veya tarafsız eksen sınırlarında bulunması, betonarme kirişlerin davranışlarında önemli bir farklılığa neden olmayabilir. Boyuna doğrultudaki dairesel boşlukların çekme bölgesinde konumlandırılması durumunda, davranışın ilk çatlama yüküne kadar kısmen birincil rijitliğin bir miktar etkilenebileceği, çatlamadan sonra kesitin akmasına bağlı olarak nihai eğilme dayanımına kadar daha düşük taşıma yükü ile birlikte, ikincil rijitliğin (süneklik oranı) daha düşük enerji yutma kapasitesi sergilemesi beklenmektedir.

3.1.2. Malzeme özellikleri ve karışım oranları

Betonarme kiriş numunelerinin üretimi TS 500 (2002) şartnamesine uygun olarak seçilen C20 betonu piyasa şartlarında katkısız üretilen hazır beton olarak temin edilmiştir. Tüm deneysel numuneler için (referans numuneler de dâhil) en az 3 (üç) adet silindirik ve küp numuneler ayrıca alınmıştır ve tüm numuneler aynı şartlara sahip olarak kür edilmiştir. Kür işlemi sürecinde silindirik ve küp numunelerin 7 (yedi) günlük ve 28 (yirmi sekiz) günlük beton karakteristik basınç dayanımları ASTM C 39-01 (2001) standardına uygun olarak beton basınç testleri yapılarak elde edilmiştir. Deneysel kiriş numunelerinin malzeme özellikleri Tablo 3.2’de özetlenmiştir.

Tablo 3.2. Üretilen deneysel numunelerin malzeme özellikleri

Numune no	Su/çimento oranı	7 günlük basınç dayanımı (MPa)	28 günlük basınç dayanımı (MPa)
A ₁	0.45	17.2	21.5
A ₂	0.45	16.9	22.3
A ₃	0.45	17.1	20.4
A ₄	0.45	17.3	20.5

Betonarme kiriş numunelerinde, geleneksel davranıştan farklı olarak kiriş kesitinin özellikle çekme bölgesinde yer alan boyuna doğrultudaki boşlukların hem birincil rijitlik hem de ikincil rijitlik bölgesinde azalan talep yükü ve enerji yutma kapasitesinden dolayı davranışın ayrı olarak analiz edilmesi gerekmektedir. Deneysel çalışma kapsamında 4 noktadan yükleme yapılacağından dolayı, yükleme sınırlarında oluşan eğilme momentleri sabittir. Çalışmada numuneler için kesme açıklığı ile etkili derinlik oranı sabit alındığından dolayı, eğilme ve kesme çatlakları yükleme sınırlarında meydana gelmiştir. Betonarme kirişlerin yük taşıma kapasiteleri açısından deneysel program kapsamında konumları değişen boyuna doğrultulu dairesel boşlukların her halükarda riskli olabileceği araştırılmıştır. Betonarme kirişlerin yük taşıma kapasiteleri için birincil ve ikincil rijitlikler (süneklik oranı) ile enerji yutma kapasiteleri her bir numune için hesaplanmıştır.

Deneysel çalışma kapsamında boyuna dairesel boşlukların taşıyıcı betonarme kirişlere yapısal etkisinin anlaşılabilmesi için betonarme kiriş numunelerde donatı çubukları TS 708, (2010) şartnamesine uygun olarak S420 2Ø12/100 ebadında askı donatı çubuğu ile 4Ø16/100 ebadında çekme donatı çubukları kullanılmıştır. Donatı çubukları için yapılan donatı çekme testleri ile malzeme mekanik özelliklerini sağlıklı bir şekilde yansıtan gerilme-birim şekil değiştirme ilişkileri elde edilmiştir. Elde edilen mekanik özellikler sayesinde donatı çubuklarının akma ve kopma dayanımları ile akma ve kopma dayanımlarına karşılık gelen birim şekil değiştirmeler Tablo 3.3’de özetlenmiştir.

Tablo 3.3. Donatı mekanik özellikleri

Donatı no	Akma dayanımı (MPa)	Kopma dayanımı (MPa)	Akmadaki birim şekil değiştirme (mm/mm)	Kopmadaki birim şekil değiştirme (mm/mm)	Elastisite modülü (MPa)
Ø18	445	585	0.0022	0.0112	2×10^5
Ø12	470	590	0.0023	0.0243	2×10^5
Ø8	510	610	0.0026	0.0355	2×10^5

3.2. Yöntem

3.2.1. Beton karışımı, dökümü ve kürlenmesi

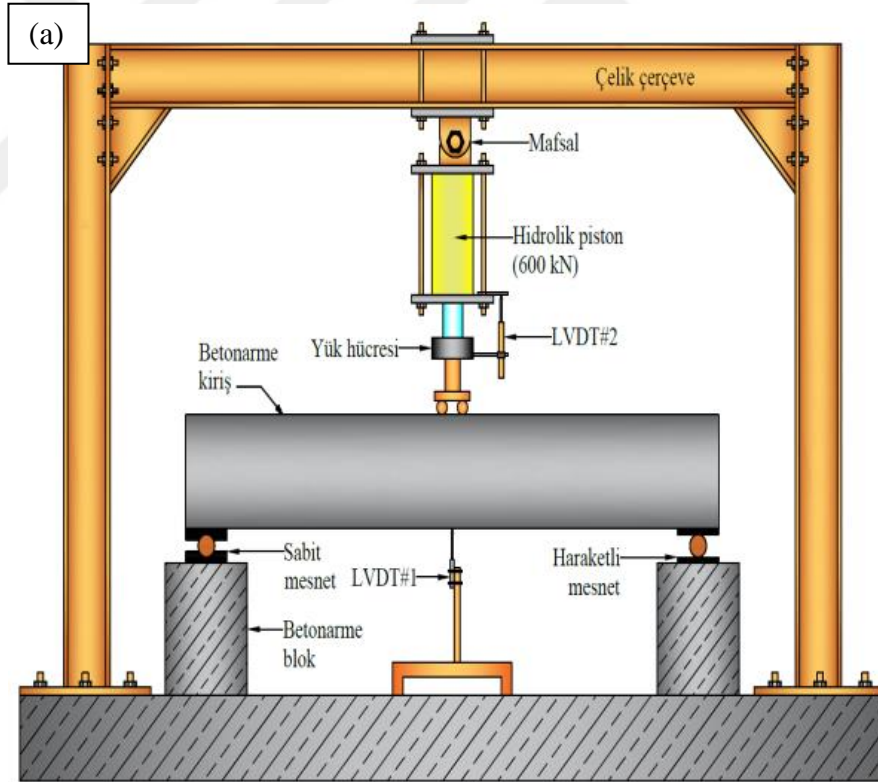
Deneysel betonarme kiriş numuneleri için piyasa şartlarından temin edilen C20 katkısız hazır beton kullanılmıştır. Kalıplar, minimum 13 mm kalınlıkta eğilmez özelliğe sahip bir kontrplak kullanılarak yapılmış olup, kalıba hiçbir şekilde suyun girmemesi için birkaç kat su yalıtımı ile kaplanmıştır. Hem betonarme kiriş numuneleri hem de silindir ve küp numunelerin kalıpları, numunelerin kalıplarından bozulmadan çıkarılabilmesi için yağlanmıştır. Ayrıca hem betonarme kiriş numuneleri hem de silindir/küp numunelerin iyice sıkıştırılması için yeterli vibratör işlemi uygulanmıştır. Beton dökümü sonrasında, hemen başlayan hidratasyon süreci açısından mevsimsel şartlar da dikkate alınarak betonarme kiriş numuneleri ve silindir/küp numuneler yeterince nemlendirilmiş polietilen çarşaflar ile kaplanmıştır. Sonraki 28 günlük kür sürecinde için de polietilen çarşafların nemlendirilmesi işlemi sulanmak suretiyle devam ettirilmiştir. Kürleme sırası ve sonrasında gerek betonarme kiriş numuneler ve gerekse silindir/küp numuneler için, kalıpların açılması ve deneysel numunelerin çıkarılması işleminde literatürde kabul gören şartlar (ACAR, 2004) uygulanmıştır.

3.2.2. Deneysel kurulum

Araştırmanın amacı doğrultusunda tasarlanan deneysel kurulum Şekil 3.3'de şematik olarak gösterilmektedir. Yükleme, betonarme kiriş numunesinin üst yüzeyinin ortasında 2 noktadan olmak üzere eksenel eğilme yükü (monotonik) olarak uygulanmıştır. Bir noktadan uygulanan yükleme çelik bir plaka aparatına kaynaklanmış 2 (iki) adet çelik

silindir profil sayesinde 2 (iki) eşit noktaya dağıtılması planlanmıştır. Böylece numunelerin mesnetleri de dâhil olmak üzere, yükleme 4 (dört) noktadan yapılarak, tüm numunelerde aderans ve eğilme çatlaklarının oluşması amacıyla bağlı olarak, bu iki noktaların arasında oluşacak eğilme momentlerinin sabit olması sağlanmıştır.

Betonarme taşıyıcı elemanların birincil ve ikincil davranışlarının (ilk çatlama yükü ve eğilme göçmesi modu) yansıtılabilmesi açısından, yük-deplasman ilişkilerinin ölçülebilmesi için, betonarme kiriş numunelerinin merkezi (orta noktası) alt yüzeyine, yükleme doğrultusu ile aynı hizada olacak şekilde, 1 (bir) adet 100 mm'lik doğrusal değişken yer değiştirme ölçer (LVDT) yerleştirilmiştir. Tek bir noktadan yapılacak aksel basınç (monotonik yükleme) testlerinde 1 (bir) adet 60 ton (600 kN) kapasiteli hidrolik silindir ile hidrolik silindirin ön yüzeyine vidalı 1 (bir) adet olan 60 ton (600 kN) kapasiteli yükleme hücresi kullanılmıştır.





Şekil 3.3. (a) ve (b) Deneyin şematik gösterimi ve deneysel kurulumu

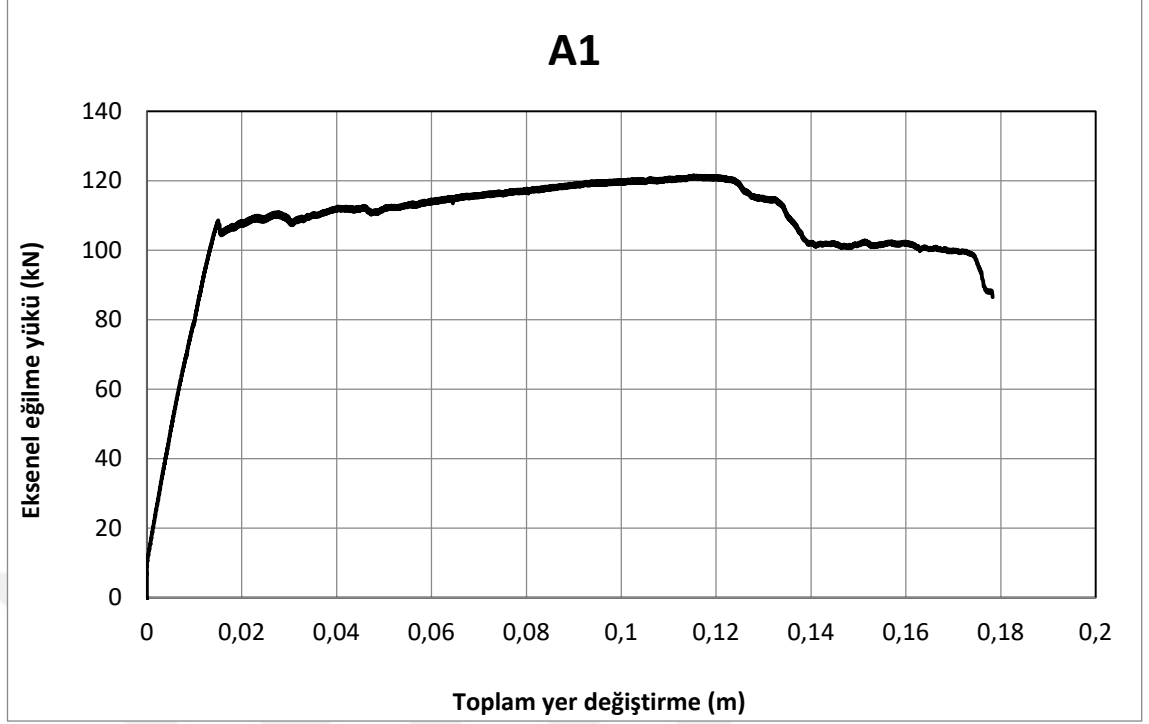
Geliştirilen deneysel tasarım kapsamında betonarme kiriş numunelerindeki boyuna dairesel boşluklar çekme bölgesi, basınç bölgesi ve tarafsız eksen bölgelerinde konumlandırılmıştır. Monotonik yükleme sistemine bağlı olarak eş-zamanlı ölçülen yük-deplasman ilişkisine bağlı olarak, elastik ve elastik ötesi davranışlar, yük taşıma kapasitesi parametresine bağlı olarak analiz edilmiştir. Böylece geliştirilen deneysel tasarım kapsamında her bir deneysel numune için boyuna dairesel boşlukların değişen davranışa olan etkisinin daha sağlıklı bir şekilde tahmin edilmesi sağlanmış olacaktır. Deneysel kurulum için betonarme kiriş numunelerine yerleştirilen tüm ölçüm cihazları bir veri toplama sistemi (data-acquisition system) ile eş-zamanlı olarak ölçülerek bilgisayara kaydedilmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Çalışma kapsamında eğilme davranışının boyuna doğrultuda dairesel boşluklar üzerindeki etkisinin daha sağlıklı bir şekilde anlaşılabilmesi için boyuna ve enine donatı oranları ve kesme açıklığı ile etkili derinlik oranının sabit tutulan, dairesel boşlukların ise çekme, basınç ve tarafsız eksen seviyesinde değişken kabul edilerek üretilen 4 adet tam-ölçekli betonarme kiriş numuneleri dört noktadan aksenal eğilme testine maruz bırakılmıştır. Tam-ölçekli betonarme kirişlerden birisi referans numune (A1) olarak üretilmiştir. Kalan 3 adet kiriş numuneler ise dairesel boşlukları çekme (A2), tarafsız eksen (A3) ve basınç (A4) bölgesinde oluşturulmuştur. Deneysel çalışmada aksenal eğilme yükü her bir betonarme kiriş numunesine dört noktadan olacak şekilde orta noktasından etki ettirilmiştir ve yükleme monotonik olarak betonarme kiriş numunesi göçme moduna ulaşınca kadar devam ettirilmiştir. Betonarme kirişlerde dairesel kesitli boşlukların betonarme taşıyıcı eleman davranışına etkisi yapısal ve gözlemsel olarak analiz edilmiştir.

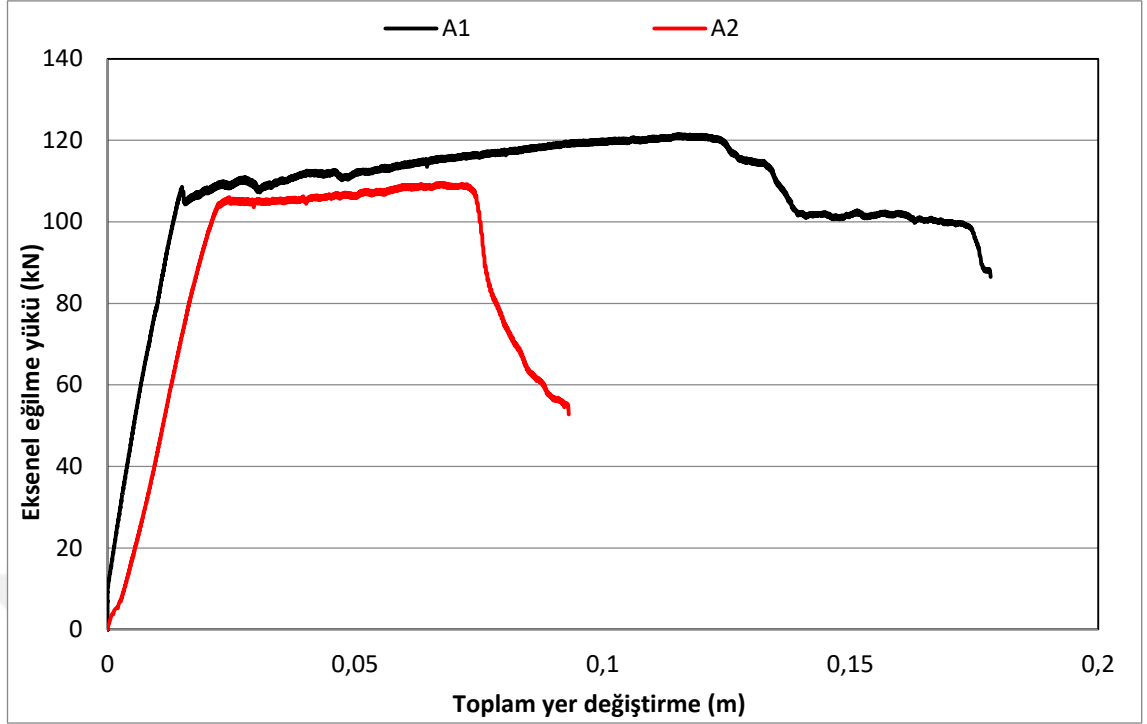
4.1. Yük - Deplasman İlişkisi

Çalışma kapsamında boyuna doğrultuda herhangi bir boşluk bulunmayan referans betonarme kiriş numunesinin 4 noktadan yapılan aksenal eğilme testi sonucunda ölçülen yük-deplasman ilişkisi Şekil 4.1'de gösterilmiştir. Tüm betonarme kirişler, geleneksel teorik betonarme en kesit hesaplarına göre maksimum 118,00 kN.m büyüklüğünde bir moment kapasitesini karşılamak üzere tasarlanmıştır. Şekil 4.1'den görüleceği üzere referans numunesinin taşıdığı maksimum yük 121,52 kN'dur. Referans numunesinin ilk çatlama yükü (veya akma yükü) 0,0147 m yer değiştirme seviyesinde 108,05 kN olarak ölçülmüştür. Göçme moduna karşılık gelen nihai yük ise 0,172 m yer değiştirme seviyesinde 99,17 kN olarak ölçülmüştür. Ölçülen değerlere göre referans numunesinin elastik bölgedeki başlangıç (birincil) rijitliği 7305,03 kN/m ve elastik ötesi bölgedeki süneklik (ikincil rijitlik) oranı ise 11,65 m/m olarak hesap edilmiştir.

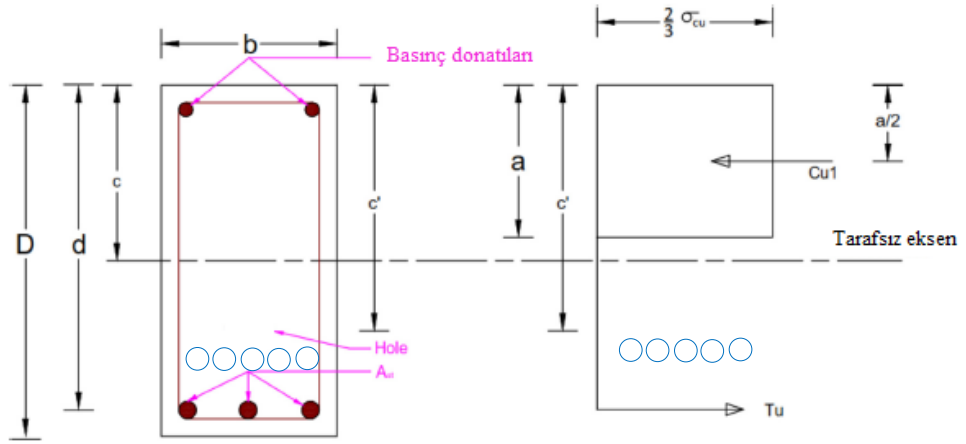


Şekil 4.1. Referans numunenin yük-deplasman ilişkisi

Boyuna doğrultuda dairesel boşluklara sahip olan betonarme kirişlerin çatlama yükü ile nihai eğilme dayanımının tahmin edilmesi için teorik geleneksel betonarme hesaplara dayanarak Murugesan ve Narayanan (2017) tarafından geliştirilen eşitlikler için mevcut deneysel çalışma kapsamını da ilgilendiren üç durum ele alınmıştır. Bu durumlar sırası ile dairesel kesitli boşlukların çekme bölgesinde, tarafsız eksen bölgesinde ve basınç bölgesinde bulunması ile tarif edilmiştir. A₁ referans kiriş numunesi sonuçları ile birlikte A₂ olarak isimlendirilen ve dairesel kesitli boşlukları çekme bölgesinde yer alan betonarme kiriş numunesinin eksenel eğilme testi sonucunda ölçülen yük-deplasman ilişkisi Şekil 4.2’de ve teorik hesaplanan nihai eğilme dayanımı (W_u) hesapları için şematik gösterim Şekil 4.3’de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. A₁ ve A₂ numunelerinin yük-deplasman ilişkisi



Şekil 4.3. Çekme bölgesinde dairesel boşluklu kiriş en kesiti

Şekil 4.2’de deneysel olarak ölçülen ve Şekil 4.3 referans alınarak hesaplanan nihai eğilme dayanımı için iyi bir ilişki elde edilmiştir. Şekil 4.2’den görüleceği üzere A₂ kiriş numunesinin taşıdığı maksimum yük 109,59 kN’dur. Çekme bölgesinde dairesel boşluklu kiriş numunesinin ilk çatlama yükü (veya akma yükü) 0.022 m yer değiştirme seviyesinde 104,38 kN olarak ölçülmüştür. Göçme moduna karşılık gelen nihai yük ise 0.074 m yer değiştirme seviyesinde 106,50 kN olarak ölçülmüştür. Ölçülen değerlere göre referans numunesinin elastik bölgedeki başlangıç (birincil) rijitliği 4684,75 kN/m

ve elastik ötesi bölgedeki süneklik (ikincil rijitlik) oranı ise 3.34 m/m olarak hesap edilmiştir.

Şekil 4.3 referans alınarak çekme bölgesinde dairesel boşluklu betonarme kiriş numunesinin nihai eğilme dayanımı hesaplanabilir. Buna göre çekme dayanımı ile basınç bloğu dayanımı arasındaki ilişki ile basınç bloğunda kabul edilen ortalama basınç gerilmesinin maksimum basınç gerilmesinin 2/3 oranında alınabileceği kabulüne göre betonarme hesaplar aşağıdaki gibi yapılabilir:

$$C_u = T_u \quad (4.1)$$

Eşitlik 4.1 en kesit gerilmeleri açısından ifade edilirse a beton blok derinliği aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$\frac{2}{3} \sigma_{cu} x b x a = A_{st} x f_y \quad (4.2)$$

$$a = \frac{2 A_{st} x f_y}{3 \sigma_{cu} x b} \quad (4.3)$$

En kesit için nihai eğilme dayanımının büyüklüğü aşağıdaki eşitlik ile elde edilebilir:

$$M_u = T_u x k u v v e t \ k o l u \quad (4.4)$$

$$\frac{W_u x a_v}{2} = A_{st} x f_y \left(d - \frac{3 A_{st} x f_y}{4 \sigma_{cu} x b} \right) \quad (4.5)$$

Eşitlik 10'da nihai eğilme dayanımı parametresi yalnız bırakılırsa eşitlik aşağıdaki gibi düzenlenmiş olur.

$$W_u = \frac{2}{a_v} x A_{st} x f_y \left(d - \frac{3 A_{st} x f_y}{4 \sigma_{cu} x b} \right) \quad (4.6)$$

A₁ referans kiriş numunesi ve A₂ boşluklu kiriş numunesi sonuçları ile birlikte A₃ olarak isimlendirilen ve dairesel kesitli boşlukları tarafsız eksen bölgesinde yer alan betonarme kiriş numunesinin aksenal eğilme testi sonucunda ölçülen yük-deplasman ilişkisi Şekil 4.4'de ve teorik hesaplanan nihai eğilme dayanımı (W_u) hesapları için şematik gösterim Şekil 5.5'de gösterilmiştir. Şekil 4.4'de deneysel olarak ölçülen ve Şekil 4.5 referans alınarak hesaplanan nihai eğilme dayanımı için iyi bir ilişki elde edilmiştir.

Şekil 4.4'den görüleceği üzere A₃ kiriş numunesinin taşıdığı maksimum yük 115,71 kN'dur. Tarafsız eksen bölgesinde dairesel boşluklu kiriş numunesinin ilk çatlama yükü (veya akma yükü) 0.015 m yer değiştirme seviyesinde 104,92 kN olarak ölçülmüştür. Göçme moduna karşılık gelen nihai yük ise 0.141 m yer değiştirme seviyesinde 103,71 kN olarak ölçülmüştür. Ölçülen değerlere göre referans numunesinin elastik bölgedeki başlangıç (birincil) rijitliği 6707,98 kN/m ve elastik ötesi bölgedeki süneklik (ikincil rijitlik) oranı ise 9.05 m/m olarak hesap edilmiştir.

Şekil 4.5'deki en kesit referans alınarak tarafsız eksen bölgesinde dairesel boşluklu betonarme kiriş numunesinin nihai eğilme dayanımı hesaplanabilir. Buna göre dairesel boşlukların eksen derinliği ve tarafsız ekseninde oluşan basınç bloğu ile basınç blokunda kabul edilen ortalama basınç gerilmesinin maksimum basınç gerilmesinin 2/3 oranında alınabileceği kabulüne göre betonarme hesaplar aşağıdaki gibi yapılabilir:

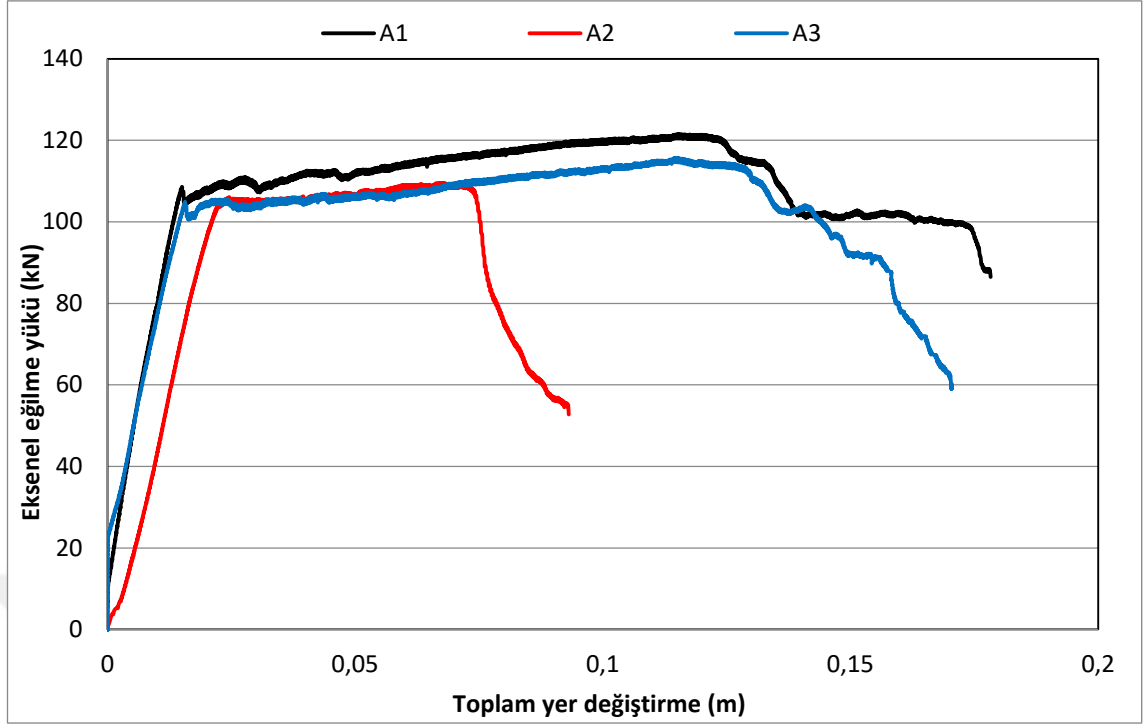
$$c' - a = q \quad (4.7)$$

$$y = \frac{b'}{2} - q \quad (4.8)$$

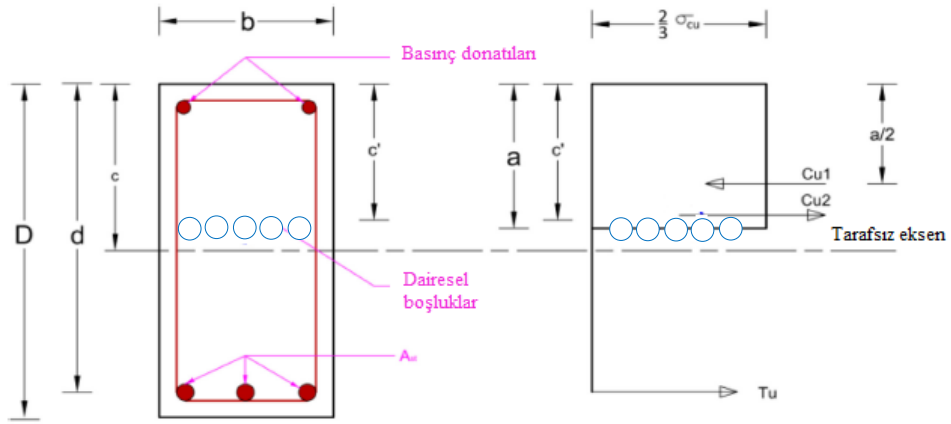
$$A'_h = b'xy \quad (4.9)$$

$$b' = \sqrt{\frac{\pi\phi^2}{4}} \quad (4.10)$$

Burada q ; dairesel boşlukların eksen derinliği ile beton basınç blok derinliği arasındaki fark, b' ; dairesel boşlukların asal ekseninde oluşturduğu negatif basınç blok genişliği, A'_h ; dairesel boşlukların asal ekseninde oluşturduğu alandır.



Şekil 4.4. A₁, A₂ ve A₃ numunelerinin yük-deplasman ilişkisi



Şekil 4.5. Tarafsız eksen bölgesinde dairesel boşluklu kiriş en kesiti

$$(C_{u1} - C_{u2}) = T_u \quad (4.11)$$

Eşitlik 4.11 en kesit gerilmeleri açısından ifade edilirse aşağıdaki gibi bir ifade edilir:

$$\left(\frac{2}{3}\sigma_{cu}xbxa\right) - \left(\frac{2}{3}\sigma_{cu}xA'_h\right) = A_{st}xf_y \quad (4.12)$$

Eşitlik 4.7 – 4.12 kullanılarak basınç bloğu derinliği bulunabilir. Hesap edilen çekme kuvvetinin tarafsız eksene göre moment alınması ile eğilme dayanımının büyüklüğü aşağıdaki eşitlik ile elde edilebilir:

$$M_u = \left[C_{u1} x \left(d - \frac{a}{2} \right) \right] - \left[C_{u2} x \left(d - a + \frac{y}{2} \right) \right] \quad (4.13)$$

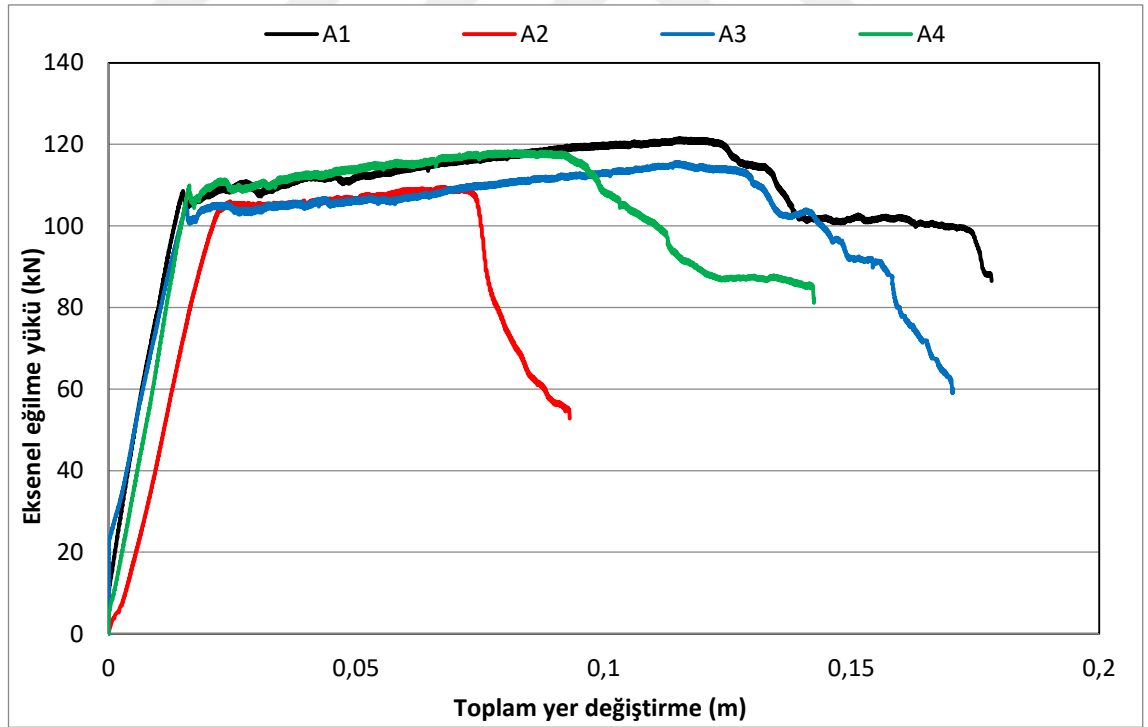
$$M_u = \left[\frac{2}{3} \sigma_{cu} x b x a x \left(d - \frac{a}{2} \right) \right] - \left[\frac{2}{3} \sigma_{cu} x A'_h x \left(d - a + \frac{y}{2} \right) \right] \quad (4.14)$$

Elde edilen nihai eğilme momentine eşit olarak, nihai yükün değeri ise aşağıdaki gibi belirlenebilir:

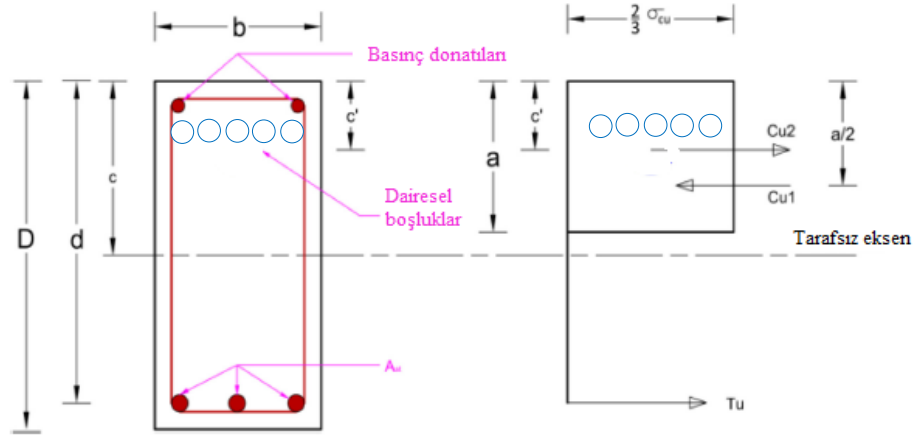
$$\frac{W_u}{2} x a_v = \left[\frac{2}{3} \sigma_{cu} x b x a x \left(d - \frac{a}{2} \right) \right] - \left[\frac{2}{3} \sigma_{cu} x A'_h x \left(d - a + \frac{y}{2} \right) \right] \quad (4.15)$$

Eşitlik 4.15’de nihai eğilme dayanımı parametresi yalnız bırakılırsa eşitlik aşağıdaki gibi düzenlenmiş olur.

$$W_u = \frac{2}{a_v} x \left[\frac{2}{3} \sigma_{cu} x b x a x \left(d - \frac{a}{2} \right) \right] - \left[\frac{2}{3} \sigma_{cu} x A'_h x \left(d - a + \frac{y}{2} \right) \right] \quad (4.16)$$



Şekil 4.6. A₁, A₂, A₃ ve A₄ numunelerinin yük-deplasman ilişkisi



Şekil 4.7. Basınç bölgesinde dairesel boşluklu kiriş en kesiti

A_1 referans kiriş numunesi ile A_2 ve A_3 boşluklu kiriş numunesi sonuçları ile birlikte A_4 olarak isimlendirilen ve dairesel kesitli boşlukları basınç bölgesinde yer alan betonarme kiriş numunesinin aksenal eğilme testi sonucunda ölçülen yük-deplasman ilişkisi Şekil 4.6'da ve teorik hesaplanan nihai eğilme dayanımı (W_u) hesapları için şematik gösterim Şekil 4.7'de gösterilmiştir. Şekil 4.6'da deneysel olarak ölçülen ve Şekil 4.7 referans alınarak hesaplanan nihai eğilme dayanımı için iyi bir ilişki elde edilmiştir.

Şekil 4.6'dan görüleceği üzere A_4 kiriş numunesinin taşıdığı maksimum yük 118,37 kN'dur. Basınç bölgesinde dairesel boşluklu kiriş numunesinin ilk çatlama yükü (veya akma yükü) 0.016 m yer değiştirme seviyesinde 109,95 kN olarak ölçülmüştür. Göçme moduna karşılık gelen nihai yük ise 0.142 m yer değiştirme seviyesinde 85,17 kN olarak ölçülmüştür. Ölçülen değerlere göre referans numunesinin elastik bölgedeki başlangıç (birincil) rijitliği 6734,14 kN/m ve elastik ötesi bölgedeki süneklik (ikincil rijitlik) oranı ise 8.70 m/m olarak hesap edilmiştir.

Şekil 4.7'deki en kesit referans alınarak basınç bölgesinde dairesel boşluklu betonarme kiriş numunesinin nihai eğilme dayanımı hesaplanabilir. Buna göre çekme gerilmesi ile basınç bloku dayanımı arasındaki ilişki ve basınç bloğunda kabul edilen basınç gerilmesinin maksimum basınç gerilmesinin 2/3 oranında alınabileceği kabulüne göre betonarme hesaplar aşağıdaki gibi yapılabilir:

$$(C_{u1} - C_{u2}) = T_u \quad (4.17)$$

Eşitlik 4.17 en kesit gerilmeleri açısından ifade edilirse a beton blok derinliği aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$\left(\frac{2}{3}\sigma_{cu}xbxa\right) - \left(\frac{2}{3}\sigma_{cu}xA_h\right) = A_{st}xf_y \quad (4.18)$$

En kesit için nihai eğilme dayanımının büyüklüğü aşağıdaki eşitlik ile elde edilebilir:

$$M_u = \left[C_{u1}x\left(d - \frac{a}{2}\right)\right] - [C_{u2}x(d - c')] \quad (4.19)$$

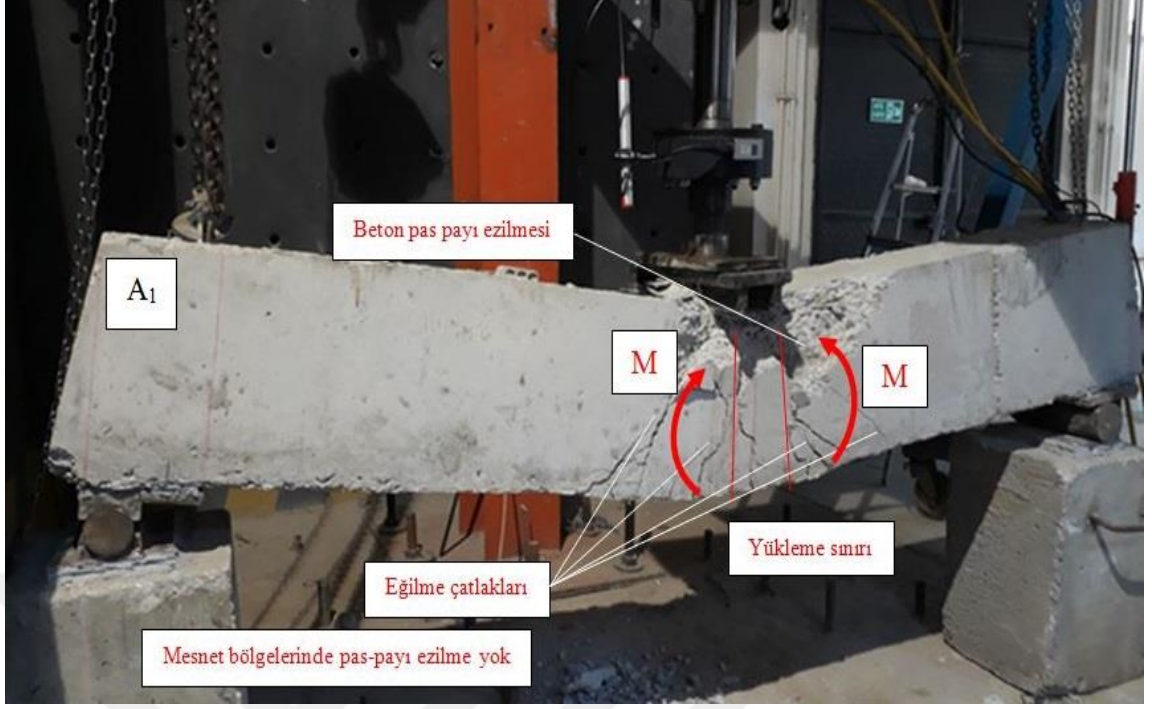
$$M_u = \left[\frac{2}{3}\sigma_{cu}xbxax\left(d - \frac{a}{2}\right)\right] - \left[\frac{2}{3}\sigma_{cu}xA_hx(d - c')\right] \quad (4.20)$$

Elde edilen nihai eğilme momentine eşit olarak, nihai yükün değeri ise aşağıdaki gibi belirlenebilir:

$$W_u = \frac{2}{a_v}x\left[\frac{2}{3}\sigma_{cu}xbxax\left(d - \frac{a}{2}\right)\right] - \left[\frac{2}{3}\sigma_{cu}xA_hx(d - c')\right] \quad (4.21)$$

4.2. Gözlemsel Analiz

Araştırma kapsamında boyuna doğrultuda dairesel kesitli boşlukların tam-ölçekli betonarme kirişlerin davranış ve dayanıma etkisi gözlemsel olarak da analiz edilmiştir. Üretilen deneysel numunelerde sınır şartları basit kiriş kabulüne (sınır şartları olarak mesnetlerden birisi sabit iken diğer mesnet hareketli olarak kabul edilmektedir) göre yapılmıştır. Dolayısı ile deneysel betonarme kirişlerde sabit mesnet bölgesinde yalnızca dönme hareketi meydana gelirken hareketli mesnet bölgesinde ise hem dönme hareketi hem de yatay doğrultuda yer değiştirme hareketi meydana gelmektedir.

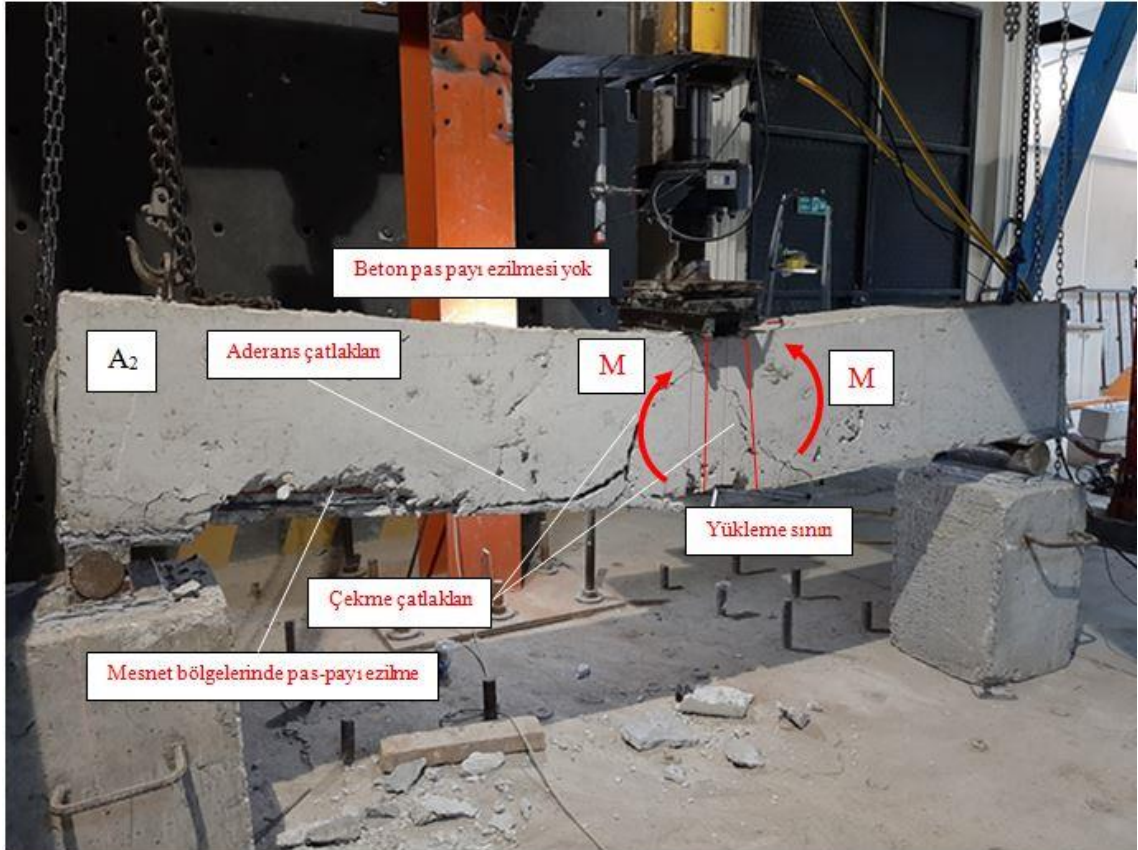


Şekil 4.8. Referans deneysel kiriş numunesinin göçme modu

Şekil 4.8, Şekil 4.9, Şekil 4.10 ve Şekil 4.11’de aksenal eğilme testi sonucunda sırasıyla referans numune ile çekme bölgesinde, tarafsız eksen bölgesinde ve basınç bölgesinde boyuna doğrultuda dairesel kesitli boşluklu kiriş numunelerine ait göçme modları gösterilmiştir. Deneysel çalışmada yüklemeye programı dört noktadan yapılmış olup, boyuna doğrultuda dairesel kesitli boşlukların çekme bölgesinde bulunan betonarme kiriş numunesi hariç olmak üzere, diğer tüm deneysel kiriş numunelerinde, yükün uygulandığı yüzeylerde, betonun maksimum birim şekil değiştirme miktarı aşıldığı için betonarme kiriş numunelerinin basınç bölgesinde ezilmeler gerçekleşmiştir. Çekme bölgesinde boşluklu deneysel kiriş numunesinin göçme modu Şekil 4.9’da, tarafsız eksen bölgesinde boşluklu deneysel kiriş numunesinin göçme modu Şekil 4.10’da, basınç bölgesinde boşluklu deneysel kiriş numunesinin göçme modu Şekil 4.11’de gösterilmiştir. Şekil 4.9’da görüldüğü üzere deneysel kiriş numunesinde beton pas-payının ezilmemesinin nedeni, betonun maksimum birim şekil değiştirme miktarının ($\epsilon=0.035$ mm/ mm) aşılmasının yanında, deneysel numunenin yeterli rijitlik ve yeterli sünekliliğe sahip olmamasına bağlı olarak, diğer deneysel numunelerde olduğu gibi yeterli eğilme davranışını sergileyememesi olarak açıklanmaktadır. Deneysel betonarme kiriş numunesi üst yüzeyinden uygulanan aksenal eğilme yükünün en kısa yoldan mesnetlere iletilebilmesi kabulüne göre bilinen eğilme davranışı, boyuna

doğrultuda dairesel kesitli boşlukların çekme bölgesinde bulunan betonarme kiriş numunesi hariç olmak üzere, diğer tüm numuneler için oluşmuştur.

Eksenel eğilme yükünün mesnetlere iletilmesi sırasında, artan monotonik yüklemeye bağlı olarak, boyuna doğrultuda dairesel kesitli boşlukların çekme bölgesinde bulunan betonarme kiriş numunesi hariç olmak üzere, diğer tüm deneysel numunelerde eğilme çatlakları ortaya çıkmıştır ve gelişmiştir. Şekil 4.9'dan da görüldüğü üzere, boyuna doğrultuda dairesel kesitli boşlukların çekme bölgesinde bulunan betonarme kiriş numunesi gevrek bir formasyonuna sahip olarak, monotonik eksenel eğilme yükünün etkisi ile basınç bölgesinde çekme çatlakları ve çekme bölgesinde ise aderans çatlakları oluşmuştur.



Şekil 4.9. Çekme bölgesinde boşluklu deneysel kiriş numunesinin göçme modu

Şekil 4.9’da boyuna doğrultudaki dairesel kesitli boşlukların çekme bölgesinde bulunduğu betonarme kiriş numunesinde ortaya çıkan çekme çatlağının gelişerek mesnet bölgesine doğru aderans çatlağı formunu alması ile birlikte, diğer tüm deneysel numunelerde gözlemlenmeyen mesnet bölgesinde pas-payı ezilmesi davranışı tespit edilmiştir. Deneysel ölçümlere dayanarak, boyuna doğrultudaki dairesel boşlukları çekme bölgesinde bulunan betonarme kiriş numunesinde, referans numunesine göre hesap edilen başlangıç (birincil rijitlik bölgesi) rijitliğinde yaklaşık % 36 oranında, süneklik (ikincil rijitlik bölgesi) oranında ortalama % 71 ve eğilme davranışı açısından göçme moduna kadar olan enerji yutma kapasitesinde ise ortalama % 58 oranında azalmalar meydana gelmiştir. Şekil 4.10 ve Şekil 4.11’den görüldüğü üzere, boyuna doğrultudaki dairesel kesitli boşlukların tarafsız eksen ve basınç bölgesinde bulunan betonarme kiriş numuneleri, referans numunesi ile karşılaştırıldığında, gözlemsel analiz sonucunda, başlangıç (birincil rijitlik bölgesi) rijitliği, süneklik (ikincil rijitlik bölgesi) oranı ve eğilme davranışı açısından göçme moduna kadar olan enerji yutma kapasitesinde çeşitli azalmaların söz konusu olduğu anlaşılmaktadır. Ölçülen deneysel verilerden, referans numunesine göre hesap edilen başlangıç (birincil rijitlik bölgesi) rijitliğindeki azalma, her iki boyuna doğrultudaki dairesel kesitli boşlukların tarafsız eksen ve basınç bölgesinde bulunan betonarme kiriş numunelerinde % 8,0 oranında özdeş elde edilmiştir. Benzer şekilde, süneklik (ikincil rijitlik bölgesi) oranındaki azalma da her iki betonarme kiriş numunelerinde, sırasıyla % 22,0 ve % 25,0 oranında yakın elde edilmiştir. Ancak enerji yutma kapasitesindeki azalma, betonarme kiriş numunelerinde, sırasıyla % 10,0 ve % 25,0 oranında bulunmuştur. Bu durumda uygulamada kullanılması zorunlu olan elektrik tellerinin içinden geçtiği PVC (plastik) boruların oluşturduğu boyuna doğrultudaki dairesel kesitli boşlukların, betonarme taşıyıcı elemanlarda yeterli rijitlik ve/veya yeterli süneklik şartlarının yapısal açıdan süreksizlik oluşturmaması için mümkün olduğunca tarafsız eksenden geçirilmesi gerektiği sonucuna ulaşılmaktadır.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada betonarme kirişler içerisinde geçmekte olan koruma borularının, betonarme kirişlerin eğilme dayanımına etkisinin daha sağlıklı bir şekilde anlaşılması için boyuna doğrultuda dairesel kesitli boşlukların çekme, basınç ve tarafsız eksen seviyesinde değişen tam-ölçekli betonarme kiriş numuneleri dört noktadan monotonik aksenal eğilme testine maruz bırakılmıştır. Boyuna doğrultuda dairesel kesitli boşluklu ve tam-ölçekli betonarme kirişler üzerinde yürütülen deneysel çalışmadan ölçülen veya hesap edilen deneysel verilerden aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Yürütülen deneysel araştırma kapsamında boyuna doğrultuda dairesel boşluklu betonarme kiriş elemanların eğilme davranışı için ilave yeni veriler elde edilmiş olup Murugesan ve Narayanan (2017) tarafından gerçekleştirilen deneysel çalışmada elde edilen sonuçlar ve bu sonuçlara bağlı olarak önerilen modeller doğrulanmıştır. Bu çalışmada betonarme taşıyıcı elemanlarda hem yeterli rijitlik hem de yeterli süneklik şartlarının yapısal açıdan herhangi bir süreksizlik oluşturmaması için uygulamada çeşitli nedenlerden dolayı kullanılması zorunlu olan elektrik tellerinin içinden geçtiği PVC (plastik) boruların oluşturduğu boyuna doğrultudaki dairesel kesitli boşlukların mümkün olduğunca tarafsız eksenden geçirilmesi gerektiği savunulmaktadır. Boyuna doğrultudaki dairesel kesitli boşlukların özellikle çekme bölgesinden geçirilmesinin geleneksel teorik betonarme en kesit hesaplarına göre eğilme hâkimli olarak tasarlanan betonarme bir elemanın bu karakteristiğini tamamen kaybetmesine ve başlangıç (birincil rijitlik bölgesi) rijitliği, süneklik (ikincil rijitlik bölgesi) oranı ve eğilme davranışı açısından göçme moduna kadar olan enerji yutma kapasitesi gibi yapısal özelliklerinin ise oldukça farklı bir oranda azalmasına neden olduğu sonucuna varılmıştır. Boyuna doğrultudaki dairesel kesitli boşlukların betonarme kiriş elemanının basınç bölgesinden geçirilmesi durumunda başlangıç (birincil rijitlik bölgesi) rijitliği, süneklik (ikincil rijitlik bölgesi) oranındaki azalma tarafsız eksen bölgesinde boyuna doğrultuda dairesel boşluklu betonarme kiriş numunesi ile kıyaslandığında, aynı seviyede kalabilme ihtimalinden dolayı makul kabul edilebilir. Ancak enerji yutma kapasitesindeki azalmanın göçme moduna kadar olan eğilme davranışını yapısal olarak olumsuz yönde etkilediği için genel olarak boyuna doğrultudaki dairesel kesitli boşlukların betonarme kiriş elemanının basınç bölgesinden de geçirilmemesi gerektiği savunulmaktadır.

Bu çalışmanın ileride yapılacak olan araştırmalara ışık tutması için kısıtlı yönleri ile birlikte ön görülen öneriler ise aşağıda özetlenmiştir.

Yürütölen deneysel çalışmada boyuna doğrultudaki dairesel kesitli boşluklar betonarme kiriş elemanın en-kesitine göre tasarlanırken boşluk derinliği açısından sınırlı sayıda tutulmuştur ve boşluklar en-kesit içerisinde simetrik veya düzenli bir şekilde oluşturulmuştur. Bu konuda daha sağlıklı tartışmaların yapılabilmesi için boyuna doğrultuda dairesel boşluklu betonarme kiriş numunesi sayısının boşluk derinliğine bağlı olarak artırılması ve boşlukların rastgele veya düzensiz olarak yerleştirildiği şartlarının da göz önüne alınması gerektiği önerilmektedir. Ayrıca, boyuna doğrultudaki dairesel kesitli boşlukların çekme bölgesinde olması durumunda, betonarme kiriş elemanında oluşan ve gelişen aderans çatlakları bu araştırma kapsamında yalnızca gözlemsel analiz olarak incelenmiştir. Bu konuda daha kapsamlı bir tartışmanın yapılabilmesi için ileriki çalışmalarda betonarme kiriş elemanlarında aderans gerilmesi ile donatı kayması arasındaki ilişkinin de deneysel olarak ölçölmesi öğütlenmektedir.

KAYNAKLAR

- Abdalla, H. and Kennedy, JB. (1995). "Design of prestressed concrete beams with openings", *Journal of Structural Engineering*, 10.1061/(ASCE) 0733-9445(1995)121:5(890), 890–898.
- Acar, A. (2004). "Proje okuma, kalıp hazırlama, demir bağlama ve beton kurs notları", *TMMOB İzmir Şubesi Yayınları*, İzmir.
- ASTM C 39-01. (2001). "Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens", Annual book of ASTM standards, *American Society for Testing and Materials*, Philadelphia.
- Barney, GB., Corley, WG., Hanson, JM. and Parmelee, RA. (1977). "Behavior and design of prestressed concrete beams with large web openings", *Prestressed Concrete Institute Journal*, 22(6), 32–61.
- Bower, JE. (1966a). "Elastic stresses around holes in wide-flange beams", *Journal of the Structural Division*, 92(2), 85–102.
- Bower, JE. (1966b). "Experimental stresses in wide-flange beams with holes" *Journal of the Structural Division*, 92(5), 167–186.
- Cho, SH. and Redwood, RG. (1992a). "Slab behavior in composite beams at opening, I: Analysis", *Journal of Structural Engineering*, 10.1061/(ASCE) 0733-9445(1992)118:9(2287), 2287–2303.
- Cho, SH. and Redwood, RG. (1992b). "Slab behavior in composite beams at opening, II: Tests and verification", *Journal of Structural Engineering*, 10.1061/(ASCE)0733-9445(1992)118:9(2304), 2304–2322.
- Clawson, C. and Darwin, D. (1982a). "Tests of composite beams with web openings", *Journal of the Structural Division*, 108(1), 145–162.
- Clawson, C. and Darwin, D. (1982b). "Strength of composite beams at web openings", *Journal of the Structural Division*, 108(3), 623–641.
- Devdas, M. and Pillai, SU. (2009). "Reinforced concrete design", *Tata McGraw-Hill*, New Delhi, India.
- Doğangün A. (2013), "Betonarme Yapıların Hesap Ve Tasarımı" ,10. Baskı, *Birsen Yayınevi*, İstanbul, 309-429.
- Elçi H. (1998) "Boşluklu Betonarme Kirişlerin Davranışı Boşluk Civarında Gerilme Dağılımının İncelenmesi", Doktora Tezi, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Balıkesir, 125.
- Elçi H. (2005), "Büyük Boşluklu Betonarme Kirişlerin Statik-Betonarme Analizi", *TMH - TÜRKİYE MÜHENDİSLİK HABERLERİ*, SAYI 437.

- Fahmy, EH. (1988). "Strength of composite beams with web openings", *CSCE 1*, Calgary, AB, Canada, 552–565.
- Fahmy, EH. (1996). "Analysis of composite beams with rectangular web openings", *Journal of Constructional Steel Research*, 37(1), 47–62.
- Fintel, M. (1986). "Handbook of concrete engineering", *Van Nostrand Reinhold Co.*, New York.
- Heller, SR. (1951). "Reinforced circular holes in bending with shear", Ph.D. dissertation, *Massachusetts Institute of Technology*, Cambridge, MA.
- James, GM. (1997). "Reinforced concrete mechanics and design", *Prentice Hall*, Upper Saddle River, NJ.
- Kalkan İ. (2014), "Düzenli Boşluklu Betonarme Kirişlerin Düzlem İçi Eğilme Davranışları", *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 29, No 1, 155-163.
- Kürklü G. ve Ünal O. (2007) "Ön gerilmeli Beton Teknolojisi", *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, (2), 26-35.
- Mansur, MA. and Hasnat, A. (1979). "Concrete beams with small openings under torsion", *Journal of Structural Engineering*, 105(11), 2433–2447.
- Mansur M.A. and Paramasivam P. (1984) "Reinforced Concrete Beams with Small Opening in Bending and Torsion", *American Concrete Institute Journal*, Title no. 81-20, 180.
- Mansur, MA. (1998). "Effect of openings on the behaviour and strength of R/C beams in shear", *Cement and Concrete Composites*, 20(6), 477–486.
- Mansur, MA. (1999). "Design of reinforced concrete beams with small openings under combined loading", *American Concrete Institute Structural Journal*, 96(5), 675–682.
- Mansur, MA. and Tan, KH. (1999). "Concrete beams with openings: Analysis and design", *CRC*, New York.
- McCormac, JC. and Brown, RH. (2014). "Design of reinforced concrete", *Wiley& Sons*, New York.
- Murugesan, A. and Narayanan, A. (2017). "Influence of a longitudinal circular hole on flexural strength of reinforced concrete beams", *Practice Periodical on Structural Design and Construction*, 22(2), 1–10, 2017.
- Prentzas, EG. (1968). "Behavior and reinforcement of concrete beams with large rectangular apertures" Ph.D. thesis, *The University of Sheffield*, Sheffield, U.K.
- Redwood, R. and Cho, SH. (1992). "Design of steel and composite beams with web openings", *Journal of Constructional Steel Research*, 25(1–2), 23–41.

- Salam, SA. (1977). “Beams with openings under different stress conditions”, *Proceedings of the 3rd Conference on Our World in Concrete and Structures, CI-Premier*, Singapore, 259–267.
- Savin, GN. (1951). “Stress concentration around holes”, *Pergamon*, New, York.
- Somes, NF. and Corley, WG. (1974). “Circular openings in webs of continuous beams’ shear in reinforced concrete”, *SP-42, American Concrete Institute*, Detroit, 359–398.
- Tan, KH., Mansur, MA. and Huang, LM. (1996). “Reinforced concrete T-beams with large web openings in positive and negative moment regions”, *American Concrete Institute Structural Journal*, 93(3), 277–289.
- TS 500. (2002). “Requirements for design and construction of reinforced concrete structures”, *Turkish Institute of Standards*, Ankara.
- TS 708. (2010). “Steel for the reinforcement of concrete—Reinforcing steel”, *Turkish Standard Institution*, Ankara.
- Whitney, CS. (1942). “Plastic theory of reinforced concrete design”, *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, 107, 251–326.

ÖZGEÇMİŞ

Emre KORKMAZ, 11.07.1994 tarihinde Erzurum’ da doğdu. İlköğretimini İbni Sina İlköğretim Okulu’ nda 8 yıl, ortaöğretimini Yıldızkent İ.M.K.B Lisesi’ nde 4 yıl okuyarak 2012 yılında liseden mezun oldu. 2012 yılında Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesinin Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği bölümünü kazandı. 2017 yılında mezun oldu. 2017 yılında Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans eğitimine başladı. Mezun olur olmaz Erzincan Canpolatlar İnşaat firmasında 11.10.2016 - 12.07.2017 tarihleri arasında çalıştı. Hemen sonra Erzincan İliç ilçesinde bulunan Anagold Altın Madeni tesisinde kalite kontrol saha şefi olarak 13.07.2017 - 01.12.2018 tarihleri arasında çalıştı. 02.01.2019 tarihinde Emre Korkmaz İnşaat Taahhüt Gayrimenkul firmasını kurarak yönetici olarak halen çalışmaktadır. Aynı zamanda 11.09.2019 tarihinde Karabeyoğlu İnşaat Taahhüt LTD. ŞTİ firmasında kalite kontrol mühendisi olarak halen çalışmaktadır.