

FARKLI ÇAPMA ETKİLERİNE MARUZ KALMIŞ BETONARME KİRİŞLERİN DAVRANIŞININ BELİRLENMESİ

¹Cemal Yılmaz and ²*Gökhan Dok

¹ Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sakarya Üniversitesi, Türkiye

² Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sakarya Üniversitesi, Türkiye

Özet

Bu çalışmada, aynı kesit özellikleri ve donatı oranına sahip kesme dayanımı kritik betonarme basit kirişlerin iki farklı yükseklik ve iki farklı çarpma kütlesi etkisi altındaki deplasman ve ivme değerlerinin değişimleri incelenmiştir. Farklı çarpma enerjileri kullanılarak serbest düşme etkisi altında oluşturulmuş aynı enine ve boyuna donatı oranına sahip, 25x40 cm kesitinde ve 250 cm açıklığında, 3 adet kesme dayanımı kritik olan betonarme kiriş çarpma etkisinde test edilmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda kirişlerdeki çatlak mekanizmaları, ivme-zaman, deplasman-zaman ile çarpma etkisinin dinamik davranışı belirlenmiştir. Sonuç olarak, çarpma etkisi altındaki betonarme kirişlere etkiyen farklı çarpma kütlesinin ve çarpma yüksekliğinin, betonarme kirişlerin kırılma biçimlerine etkisi ve ivme değerleri ile deplasman değerlerinin etkisi sayısal olarak ifade edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Betonarme kiriş, çarpma yükleri, darbe yükleri, basit kiriş, dinamik davranış

Abstract

In this study, shear strength and reinforcement ratio with the same critical section features simple reinforced concrete beams were investigated. This truss two different heights and two different impact mass under the influence of changes in displacement and acceleration have been investigated. Different shock generated in free fall under the influence of transverse and longitudinal reinforcement using the same energy level to a 25x40 cm and 250 cm clearance is made of three concrete beam crash test. The resulting data crack mechanism of the beam in the direction of the acceleration-time, displacement-time behavior is determined. As a result, the effect of the impact of different mass effect of reinforced concrete beams under high shock impact and shock were determined. The impact of displacement and acceleration values are expressed as numerical values of reinforced concrete beams.

Keywords: RC beams, impact loading, simply supported beam, dynamic behavior

1. Giriş

Betonarme elemanların eğilme davranışı ile ilgili çalışmalar, statik yükler altında yapıldığı gibi dinamik yükler altında yapılmaktadır. Dinamik yükleme tiplerinden biri de çarpma yüklemesidir. Betonarme kirişlerde çarpma yükleme tipi, özellikle son yıllarda popüler olan ve betonarme elemanın kırılma biçimleri ile betonarme kirişlere ait parametrelerin araştırıldığı bir konu olmaktadır. Kirişlerde farklı kalitede beton ve donatı düzeni ve yükün uygulandığı noktanın mesnede olan uzaklığı (a) kiriş faydalı yüksekliğine (d) oranı (a/d) ile kirişlerin sünek davranışı tespit edilebilmektedir.

Çarpma veya darbe gibi ani (impuls) etkileri altında beton malzemesinin gerilme-şekil değiştirme ilişkisi diğer yükler altında oluşan deformasyonlardan farklı olarak gelişmektedir[1]. Literatürde yapılan çalışmalarda, beton ve betonarme elemanların davranışı konusunda birtakım bulgular elde edilmiştir. Farklı donatı düzenleriyle oluşturulmuş betonarme kirişler üzerinde yapılan çalışmalarda, çarpma hızının kiriş davranışına önemli ölçüde etki ettiği ve çarpma hızının dinamik dayanımını değiştirdiği tespit edilmiştir [2]. Bununla birlikte aynı kesit özelliklerine sahip farklı boyuna ve enine donatı ile tasarlanmış betonarme kirişlerin statik ve dinamik dayanımları karşılaştırdığında, dinamik dayanımın statik dayanıma oranla 1,5 - 2 kat daha büyük olduğu görülmüştür [3]. Bu çalışmalarda çarpma enerjisi genellikle serbest düşme yaptırılan bir kütle yardımıyla numuneler üzerine uygulanmaktadır. Farklı göçme mekanizmaları ve donatılara sahip aynı kesit geometrilili betonarme kirişlere, yatayda 63-104 m/s hızlarla değişen çarpma hızları uygulanmış, kirişlerde dinamik kesme dayanımının daha büyük olduğu ve bunun etriye ile orantılı olacak şekilde arttığı tespit edilmiştir [4]. Ayrıca farklı kayma dayanımlarına sahip betonarme kirişlerde sabit çarpma hızı ve değişken çarpma kütlesiyle oluşturulan farklı çarpma enerjilerinin kayma dayanımına etkisi de araştırılmıştır [5]. Bu çalışma ise, betonarme elemanların dinamik dayanımını belirlemek, kiriş hasar durumları ile çarpma enerjileri arasında ilişki kurmak ve güç tükenmesine karşılık gelen çarpma enerji seviyesini tespit etmek amacıyla yapılmıştır.

2. Deneysel Çalışma

Bu çalışma 3 temel aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada deney düzeneğinin kurulması, ikinci aşamada betonarme numunelere ait boyutlandırma ve imalatların gerçekleştirilmesi ve son aşamada ise deney numunelerinin test edilerek sonuçların karşılaştırılması esas alınmıştır.

2.1. Deney düzeneği

Deney düzeneği 2 ana bölümden oluşmaktadır. İlk bölüm numunelere ait mesnetlerin bağlandığı rijit temeli, ikinci bölüm ise, serbest düşme testlerinin yapılacağı çelik karkas sistemi oluşturmaktadır. Deney düzeneğinde kullanılan rijit temel 4x3 m boyutlarında olup, C30 beton sınıfına sahiptir. Şekil 1’de deney düzeneğine ait rijit temel imalatı verilmiştir.



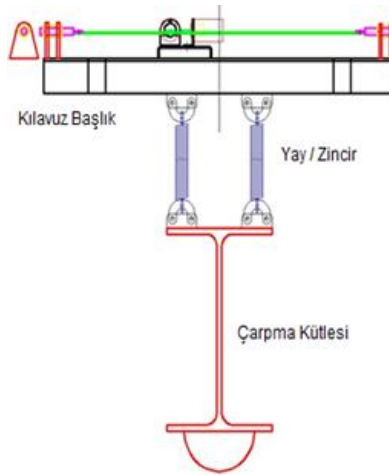
Şekil 1. Temel imalatı

Çarpma test düzeneği ise 1 ton yük kapasitesi ve 3.25 m net serbest düşme yüksekliğine sahiptir. Serbest düşmeyi yapacak kütle elektrikli halat yardımıyla yukarı çekilip mekanik olarak serbest bırakılmaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. Çarpma testi deney düzeneği

Betonarme kirişlerin basit kiriş modeli oluşturması için bir tarafı sabit diğer tarafı hareketli mesnet koşullarını sağlayacak şekilde mesnet tasarımları yapılmıştır. Numunenin mesnet bölgesinde serbest dönme hareketini yapabilmesi için alt ve üst noktalara miller yerleştirilmiştir. Çarpma kütlesi yarım silindir yüzeyden oluşmakta ve numuneye çizgisel yük uygulamaktadır. Çarpma kütlesi, dört adet zincire bağlı olarak klavuz başlık adı verilen elemana bağlı olarak hareket etmektedir (Şekil 3).



Şekil 3. Çarpma kütlesi ve çarpma bölgesi

2.2. Deney numunesi tasarımı

Bu çalışmada kullanılan deney numuneleri 25x40 cm kesit ve 250 cm açıklığa sahip kesme dayanımı kritik betonarme kirişlerden oluşmaktadır. Betonarme kirişlerde çekme donatısı 4 ϕ 16, basınç donatısı 2 ϕ 12 ve etriyesi ϕ 8/200 mm olarak tasarlanmıştır. Yapılan tasarım, Türk Deprem Yönetmeliği (TDY2007) ve TS500 esas alınarak tasarlanmıştır. Betonarme kirişler, C20 beton ve S420 donatı sınıflarına göre imal edilmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Numunelere ait kalıp, demir, beton imalatı

2.3. Deney prosedürü

Deney düzeneğine basit mesnet koşulları ile oluşturulmuştur. 3 adet kesme dayanımı kritik betonarme kiriş numunesi, farklı kütle ve yükseklikler ile test edilmiş, kirişin dinamik dayanımı ve göçme mekanizmaları tespit edilmiştir. Kullanılan deney prosedürü Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Deney prosedürü

Deney adı	Yükseklik (m)	Çarpma kütlesi (kg)
Deney 1	2,00	220
Deney 2	3,25	220
Deney 3	3,25	506

Betonarme kirişin çarpma etkisi altındaki kırılma biçimi, kesme ya da eğilme çatlağı durumu incelenmiştir. Çarpma sonunda, betonarme kirişin orta noktasındaki maksimum deplasman değerleri ile hareketli mesnedin yanal deplasman değerleri ölçülmüştür. İvme-zaman, orta nokta deplasmanı-zaman ilişkisi ve donatılardaki birim deformasyonlar ölçülerek kirişe ait dinamik dayanım ve maksimum çarpma enerji seviyesi tespit edilmiştir. İvme-zaman değerleri 0.4-10000 Hz frekans aralığında ölçüm yapabilen ICP tipi şok ivmeölçerler ile yapılmıştır. İvmeölçerlerden biri numune üzerinde, diğeri ise vurma başlığı yer almaktadır. Kirişin orta noktasını ve hareketli mesnedin yanal deplasmanını ölçmek için iki adet potansiyometre kullanılmıştır.

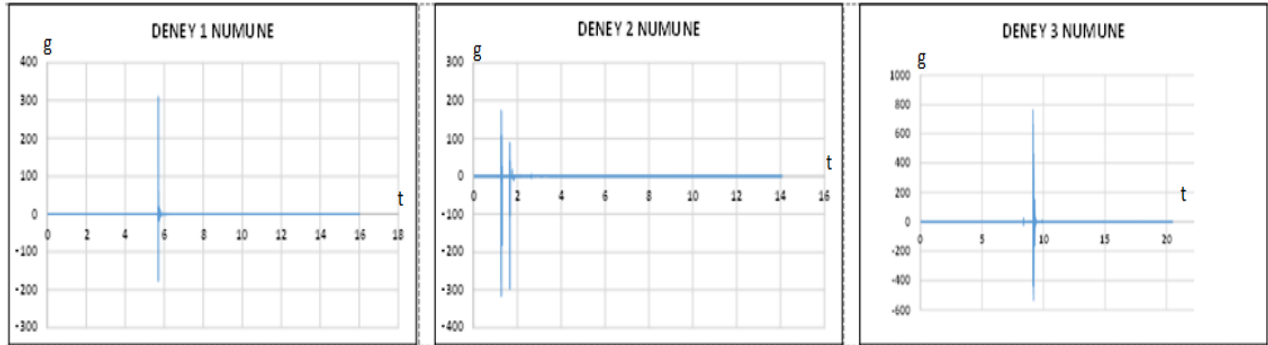
3. Bulgular ve Değerlendirme

Kesme dayanımı kritik, aynı kesit özellikleri ve donatı oranına sahip betonarme kirişler için üç farklı enerji seviyesi ile test edilmiştir. Yüksekliğin artması ve çarpma kütlelerinin artırılması ivme deplasman değerlerini de arttırmaktadır. Her üç deneyden elde edilen ivme ve deplasman değerleri Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2. Çarpma deneyi verileri

Deney adı	Maksimum ivme (g)	Maksimum orta nokta deplasmanı (mm)	Maksimum yanal deplasman (mm)
Deney 1	308,77	4,56	2,41
Deney 2	317,48	5,00	1,50
Deney 3	763,34	27,43	5,41

Elde edilen ivme değerleri irdelendiğinde şu bulgulara ulaşılmıştır; Birinci ve ikinci deneylerdeki aynı çarpma kütleleri ve iki farklı yükseklik seçilmiştir. İkinci deneyin birinci deneye kıyasla çarpma yüksekliği % 62,5 oranında artırılmış ve bu artış ikinci deneyin ivme değerlerini % 2,82 oranında arttırdığı tespit edilmiştir. İkinci ve üçüncü deneylerde ise aynı yüksekliği ve iki farklı ağırlıkta çarpma kütleleri seçilmiştir. Üçüncü deneyin ikinci deneye kıyasla çarpma kütleleri % 130 oranında artırılmış ve bu artış ikinci deneyin ivme değerlerini % 140 oranında arttırdığı tespit edilmiştir. Elde edilen ivme değerleri Şekil 5’de verilmiştir.



Şekil 5. Deney numunelerinden el edilen ivme-zaman değerleri



Şekil 6. Deney 1 numunesi hasar durumu



Şekil 7. Deney 2 numunesi hasar durumu



Şekil 8. Deney 3 numunesi hasar durumu

Birinci deney sonunda, çarpma etkisinde kalan betonarme kirişte kılcal kesme çatlakları tespit edilmiştir. Donatılar akmamış, kiriş elastik hasar sınırları içerisinde kalmıştır. İkinci deney sonunda, betonarme kirişin çarpma yüzeyinde lokal hasar meydana gelmiş, kiriş yanal yüzeyinde ise 1-3 mm genişliğinde kesme çatlakları ve kiriş orta bölgesinde kılcal eğilme çatlakları gözlenmiştir. Oluşan kesme çatlaklarının derinliğinin kabuk betona ulaştığı tespit edilmiştir. Üçüncü deney sonunda, betonarme kirişin orta noktası ve asal donatı bölgesinde 2-5 mm genişliğinde derin çatlaklar oluştuğu gözlenmiş ve çatlak derinliğinin kabuk betonu geçtiği tespit edilmiştir. Sabit mesnet bölgesinde ise 1-2 mm genişliğinde 90 derecelik dik çatlaklar oluşmuştur. Şekil 6-8'de numunelere çarpma etkisinden sonra betonarme kirişlerde oluşan çatlak formları gösterilmiştir.

4. Sonuçlar

Kesme dayanımı kritik olan betonarme kirişlerin çarpma etkisi sonunda, aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

1. Çarpma kütlesi parametresinin artırılması, yükseklik parametresinin arttırılması ya da her iki parametrenin aynı anda arttırılması çarpan kütledeki ivme değerlerini arttırdığı,
2. Betonarme kiriş numunesinin orta nokta deplasman değerleri ve yanal deplasman değerleri ile ivme değerleri arasındaki artma ve azalmaların lineer olmadığı,
3. Kesme dayanımı kritik kirişlerde, çarpan kütle ve yüksekliğin numunenin kırılma biçimlerini, kesme ve kesme-eğilme davranışı biçiminde değiştirebildiği,
4. Çarpan kütledeki ivme değerlerinin artmasıyla, betonarme kirişin mesnet bölgelerinde mesnet kuvvetinden dolayı gerilmelerin oluştuğu, tespit edilmiştir.

5. Kaynaklar

- [1] Murtiadi S., Marzouk H. Behaviour of high-strength concrete plates under impact loading” , Magazine of Concrete Research, 2001, 01: 43 – 50.
- [2] Kazunori F., Bing Li, Sam S. Impact response of reinforced concrete beam and its analytical evaluation, Journal of Structural Engineering, 2009, 135:938-950.
- [3] Demetrios M. C. A simplified approach for assessing the load-carrying capacity of reinforced concrete beams under concentrated load applied at high rates, International Journal of impact Engineering,2010, 37: 907-917.
- [4] Razaei H. C. S., Marzouk H. Response of reinforced concrete elements to high-velocity impact load, Phd Thesis, Perdue University, USA, August 2011,.
- [5] Saatci S., Vecchio F. J. Effects of shear mechanisms on impact behavior of reinforced concrete beams, ACI Structural Journal, 2009, 106:78-86.
- [6] Türkiye Deprem Yönetmeliği, TDY 2007, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, Türkiye Mart 2007.
- [7] Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, TS 500, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye, Şubat 2000.