

Mesnet Şartlarının Betonarme Kısa Kirişlerin Davranışına Etkisinin Deneysel ve Analitik Olarak İncelenmesi

*Hakan Öztürk, Aydın Demir, Naci Çağlar
Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye

Özet

Betonarme kirişlerin davranışları üzerinde beton basınç dayanımı, donatı akma dayanımı, basınç, çekme ve kesme donatısı oranı, donatının pekleşmesi ve mesnetlenme şartları oldukça önemli etkiye sahiptir. Bu çalışmada 3 farklı mesnet şartı dikkate alınarak betonarme kısa kirişlerin davranışları deneysel ve analitik olarak incelenmiştir. Çalışmada kullanılan betonarme kısa kirişlerin boyutları 250x500x2250mm olarak seçilmiştir. Basit ve birinci dereceden hiperstatik mesnetli sistem için deneysel ve analitik çalışmalar gerçekleştirilirken ankastre mesnetli sistem için deneysel çalışma yapılmadan parametrik çalışma gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneysel ve analitik çalışmalar sonucunda betonarme kısa kirişlere ait yük-yer değiştirme grafikleri, hasar mekanizmaları ve süneklik oranları belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Betonarme Kısa Kiriş, Sonlu Eleman Analizi, Mesnetlenme Şartı

Abstract

Concrete compressive and reinforcement yield strength, amount of tension, compression and confinement bars, strain hardening of reinforcement and support condition of the member have a significant effect on behavior of reinforcement concrete (RC) short beams. In the study behavior of RC short beams is investigated experimentally and numerically under 3 different support conditions. For this purpose dimensions of a short beam are selected as 250x500x2250 mm. An experimental and numerical study is performed for simply supported and statically indeterminate to first degree support conditions. However only a numerical study is conducted for fixed support condition. According to the experimental and analytical results are evaluated in terms of load-displacement behavior, damage occurrence mechanism and ductility ratio of the specimens.

Key words: Reinforced Concrete Short Beam, Finite Element Analysis, Support Condition

1. Giriş

Betonarme yapılar için taşıyıcı sistemi oluşturan her bir elemanın davranışının ve bu davranışa etki eden faktörlerin tasarımcılar tarafından iyi bilinmesi gerekmektedir. Bu davranışa etki eden temel faktörleri beton basınç dayanımı, çekme, basınç ve kesme donatı oranları ile donatı akma ve pekleşme dayanımları şeklinde sıralanabilir [1].

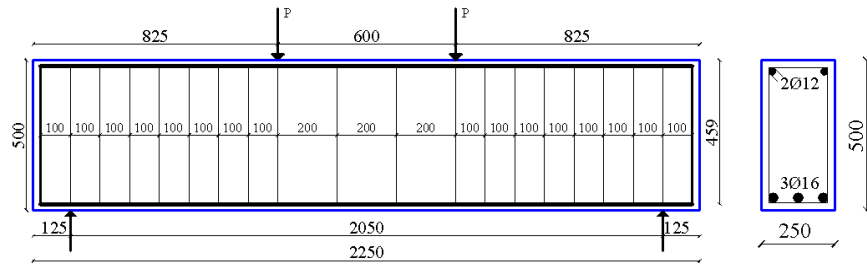
Taşıyıcı sistem davranışı, sistemi oluşturan elemanların davranışı ile ilgilidir. Bu nedenle betonarme yapıların doğrusal olmayan davranışlarının belirlenmesi için yapıyı oluşturan elemanların her birinin statik ve dinamik yükler etkisi altında incelenmesi gerekmektedir [2].

Betonarme yapıları oluşturan taşıyıcı sistem elemanları birtakım nedenlerle kesme kuvvetleri etkisinde kalırlar. Betonarme kirişlerin eğilme kapasitesi genellikle yeterlidir. Ancak kesme kapasitesinin yeterli olmadığı durumlarda gevrek kesme kırılması davranışı gözlenebilmektedir. Bunun sonucunda yapının sünekliği ve enerji yutma kapasitesi azalmaktadır [3].

Bu çalışmanın amacı farklı mesnet şartlarına sahip betonarme kısa kirişlerin davranışlarının deneysel ve analitik olarak incelenmesidir. Bu amaçla kesme açıklığını faydalı yüksekliğe oranı (a/d) 1.5 olan 250x500x2250mm boyutlarında 2 adet betonarme kısa kiriş hazırlanmıştır. Bu kirişler basit mesnetli ve birinci dereceden hiperstatik mesnet şartları etkisinde deneysel olarak test edilmiştir. Bu kirişlerin sonlu eleman modeli ile doğrulanmasının ardından ankastre mesnet şartlarına sahip sistem için parametrik çalışma yapılmıştır. Deneysel ve analitik çalışma sonucunda yük-yer değiştirme grafikleri ile hasar mekanizmaları ve süneklik oranları belirlenmiştir.

2. Deneysel Çalışma

Deneysel çalışma kapsamında TDY2007 [4] tarafından önerilen boyut ve malzeme özelliklerine sahip 2 adet betonarme kısa kiriş hazırlanmıştır. 250x500x250 mm boyutlarındaki betonarme kısa kirişin etriye aralığı 100 mm olarak seçilmiştir. Paspayı 25 mm alınırken kesme açıklığının faydalı yüksekliğe oranı 1.5 olarak belirlenmiştir (Şekil 1).



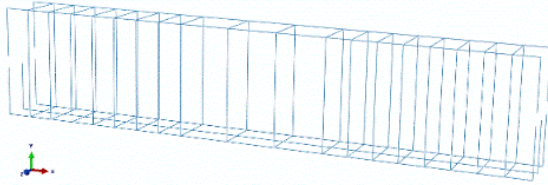
Şekil 1. Betonarme kısa kiriş detayı (boyutlar mm).

28 günlük beton basınç dayanımı 24.3 MPa ve çekme, basınç ve kesme donatı akma dayanımları sırasıyla 485 MPa, 435 MPa ve 420 MPa olarak bulunmuştur. Basınç, çekme ve kesme donatıları ise sırasıyla 2Ø12, 3Ø16 ve Ø8/100 olarak seçilmiştir. Hazırlanan kirişler dört noktalı yükleme düzeninde test edilmiştir.

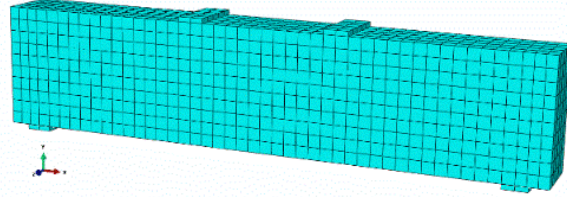
3. Analitik Çalışma

Çalışmada numerik analizler ABAQUS/Standard v.6.13-2 [5] kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Betonun inelastik davranışını tanımlamak için beton hasar plastisite (BHP) modeli kullanılmıştır [6] [7]. Burada kabul edilen BHP parametreleri ve sonlu elemanlar modelleme tekniği Demir ve ark. [6] tarafından yapılan çalışmada ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Beton için kullanılan model çekme ile çatlama ve basınç ile ezilme özelliğine sahip üç yer değiştirme serbestlik derecesine sahip 8 düğüm noktalı doğrusal kübik (C3D8R) eleman olarak tanımlanmıştır. Donatı çubuklarının modellemesi için iki noktalı doğrusal üç boyutlu çubuk (T3D2) eleman tanımlanmıştır. Donatı ile beton arasındaki şekil değiştirme oranı eşit kabul edilerek tam aderans kabulü ile donatı beton içerisine gömülü (embedded) olarak modellenmiştir. Sonlu eleman analizlerinde en uygun çözüm ağı (mesh) boyutu 50 mm (en-boy oranı bir) olacak şekilde analizler gerçekleştirilmiştir (Şekil 2-3).



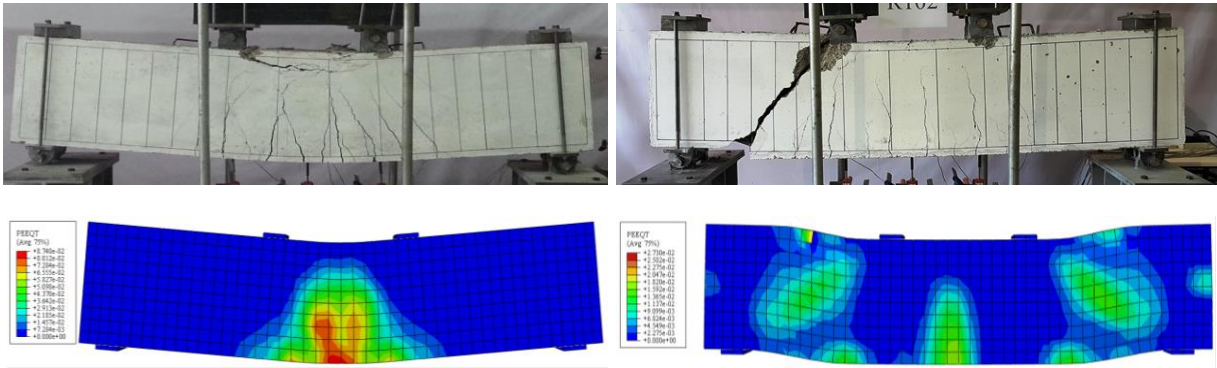
Şekil 2. ABAQUS donatı modeli



Şekil 3. ABAQUS Sonlu Eleman Modeli

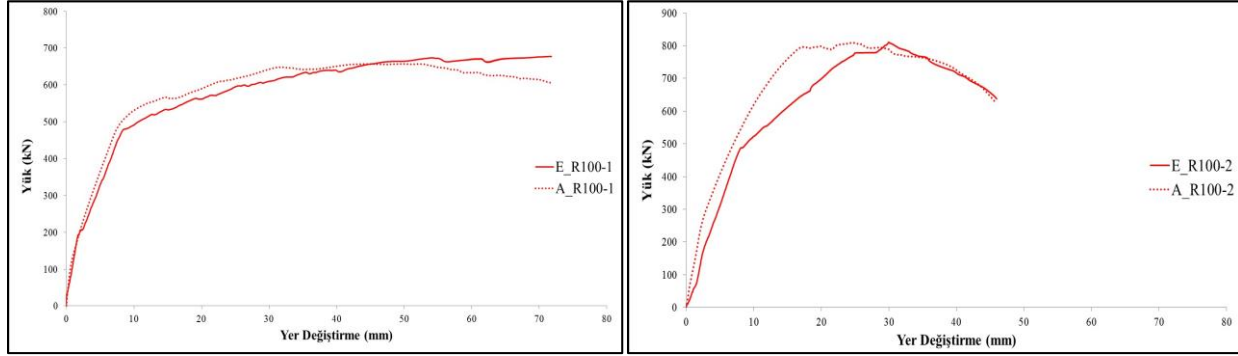
4. Sonuç ve Tartışma

Basit mesnetli ve birinci dereceden hiperstatik mesnet şartlarına sahip sistemlere ait deney ve sonlu eleman analizi sonrası hasar mekanizmaları Şekil 4'de sunulmuştur. Buradan sonlu eleman modelinin deney numunelerinin davranışının temsilde oldukça başarılı olduğu görülmektedir.



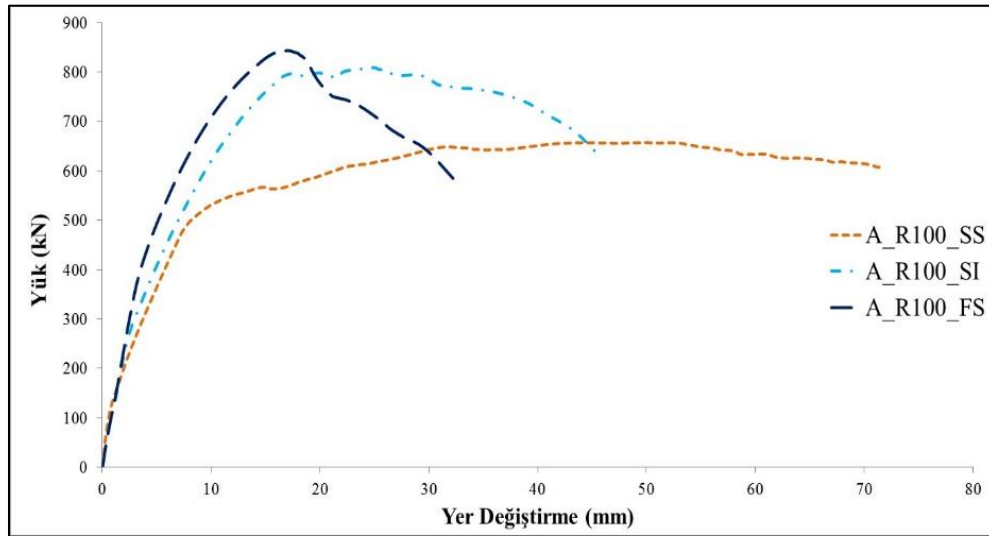
Şekil 4. Deney ve numerik modeller için hasar mekanizmaları

Deney ve sonlu eleman analizleri sonucu elde edilen yük-yer değiştirme grafik ve değerleri Şekil 5 ve Tablo 1’de sunulmuştur.



Şekil 5. Deney ve SE sonuçları

Basit ve birinci dereceden hiperstatik mesnet şartlı betonarme kirişlerin SE modelinin doğrulanmasının ardından deneysel çalışması gerçekleştirilmemiş olan ankastre mesnetli kiriş için parametrik çalışma gerçekleştirilmiştir. Farklı mesnet şartlarına sahip betonarme kısa kirişler için belirlenen yük-yer değiştirme eğrileri Şekil 6’da sunulmuştur.



Şekil 6. Parametrik SE sonuçları

Mesnet şartlarının değişmesi sonucu aynı boyut ve özelliklere sahip betonarme kısa kirişler oldukça farklı davranış göstermiştir. Ayrıca mesnet serbestlik derecesinin artmasına bağlı olarak

taşınabilen maksimum yük değeri artmakta ancak maksimum yer değiştirme değeri azalmaktadır. Bu nedenle basit mesnetli sistem süneklik bakımından oldukça büyük değerlere ulaşırken ankastre mesnetli sistem için süneklikten bahsetmek oldukça zordur. Deney ve sonlu eleman analiz sonuçlarına ait maksimum yük, maksimum yer değiştirme ve süneklik oranları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Deney ve SE analiz sonuçları

| Deney Numunesi | V (kN) | Δ (mm) | Süneklik μ | Hasar |
|----------------|--------|---------------|----------------|--------------|
| A_R100-SS | 658 | 71.7 | 8.87 | Eğilme |
| A_R100-SI | 809 | 45.7 | 2.8 | Eğilme-Kesme |
| A_R100-FS | 843 | 32.6 | - | Kesme |

5. Sonuç

Bu çalışmada farklı mesnetlenme şartlarına bağlı aynı özelliklere sahip betonarme kirişlerin yük etkisi altında davranışları incelenmiştir. Bu amaçla deneysel ve analitik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan betonarme kısa kirişlerin boyutları 250x500x2250 mm olacak şekilde seçilmiştir. Basit ve birinci dereceden hiperstatik mesnetli sistem için deneysel çalışma yapılmış ve sonlu eleman modelleri deney sonuçlarına göre doğrulanmıştır. Ankastre mesnetli sistem için deneysel çalışma yapılmayarak parametrik nümerik bir çalışma gerçekleştirilmiştir.

Yük-yer değiştirme ve hasar mekanizması bakımından deney ve sonlu eleman analiz sonuçlarına bakıldığında oluşturulan sonlu eleman modelinin betonarme kısa kirişin davranışını temsil etmekte oldukça başarılı olduğu görülmektedir. Mesnet şartlarının değişmesi sonucu aynı boyut ve özelliklere sahip betonarme kısa kirişler oldukça farklı davranış göstermiştir. Ayrıca mesnet serbestlik derecesinin artmasına bağlı olarak taşınabilen maksimum yük değeri artmakta ancak maksimum yer değiştirme değeri azalmaktadır. Bu nedenle basit mesnetli sistem süneklik bakımından oldukça büyük değerlere ulaşırken ankastre mesnetli sistem için süneklikten bahsetmek oldukça zordur.

Zaman, maddi kaynak ve laboratuvarında deneysel çalışma zorlukları dikkate alındığında önerilen model sayesinde betonarme kısa kirişlerin davranışlarının belirlenmesinde sonlu elemanlar yöntemi oldukça güvenilir ve tercih edilebilir bir tekniktir.

Kaynaklar

- [1] N. Çağlar, Demir A., H. Öztürk ve A. Akkaya, A new approach to determine the moment-curvature relationship of circular reinforced concrete columns, *Compututurs and Concrete*, vol. 3, pp. 321-335, 2015.
- [2] N. Çağlar, Demir A., H. Öztürk ve A. Akkaya, A simple formulation for effective flexural stiffness of circular reinforced concrete columns, *Eng. Appl. Artif. Intell.*, vol. 38, pp. 79-87, 2015.
- [3] S. Altın, Ö. Anıl ve Y. Gökten, An application of external clamps for shear strengthening of reinforced concrete beams, *J. Fac. Eng. Arch. Gazi Univ.*, vol. 19, no. 4, pp. 415-422, 2004.
- [4] TDY2007, Ankara, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.
- [5] ABAQUS/Standard, V.6.13-2 SE, Dassault Systèmes Simulia Corp., Providence, RI.
- [6] A. Demir, H. Öztürk ve G. Dok, 3D Numerical Modeling of RC Deep Beam Behavior by Nonlinear Finite Element Analysis, *Disaster Science and Engineering*, vol. 2, no. 1, pp. 1-10, 2016.
- [7] A. Demir, N. Çağlar, H. Öztürk ve Y. Sumer, Nonlinear finite element study on the improvement of shear capacity in reinforced concrete T-Section beams by an alternative diagonal shear reinforcement, *Engineering Structures*, vol. 120, pp. 158-165, 2016.