

NORMAL VE YÜKSEK DAYANIMLI BETONDAN YAPILAN KİRİŞSİZ DÖŞEMELERDE ZİMBALAMA DENEYLERİ

Şevket ÖZDEN Uğur ERSOY Cengiz KARAKOÇ Turan ÖZTURAN
Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul

GİRİŞ

Betonarme yapılarda alışlagelmiş kolon ve kırışlerden meydana gelen çerçeve sistemlerinin yanı sıra, kırışsız düz döşemelerin doğrudan kolonlar üzerine oturduğu yapı sistemleri de vardır. Mimari serbestlik, kalıp maliyetinin düşüklüğü ve yapım kolaylığı, doğrudan kolonlar üzerine oturan kırışsız döşeme sistemlerinin ülkemiz bina envanterinde de artarak yerini almmasını sağlamıştır. Kullanıcıya üretim ve mimari açıdan birçok kolaylık sağlayan bu yapı sisteminde, binanın düşey ve yanal yük taşıma kapasitesi ve göçmeye karşı emniyeti, kırışsız döşeme kolon birleşimlerinin davranışları ile doğrudan ilgilidir.

Kırışsız döşeme yapı sistemlerinde en çok dikkat edilmesi gereken hususlar, kolonların düşey yükler etkisinde bağlı bulundukları döşemeler üzerinde oluşturdukları zımbalama etkisi ile, yanal deplasmanlar ve düzensiz yüklemelerden dolayı oluşan dengelenmemiş momentlerdir. Sadece düşey yükler dikkate alınarak analiz ve boyutlandırması yapılan kırışsız döşeme kolon sistemlerinde, birleşim noktalarındaki dengelenmemiş momentler bu bölgedeki kesme gerilmeleri dağılımını tamamen değiştirir. Bu durumda hesaplanan kapasitelerde önemli değişiklikler olur. Kırışsız döşeme sistemlerinin davranışını doğrudan etkileyen döşeme-kolon birleşim noktalarının davranışı, boyut oranlarından malzeme karakteristiğine ve yükleme tipine kadar değişen geniş bir yelpazeden etkilenir. Kırışsız döşeme kolon birleşimlerinde göçme (zımbalama) son derece ani ve gevrektilir. Geçmişte çeşitli ülkelerde birçok bina zımbalama nedeni ile göçmüştür. Ülkemizde ise ASELSAN binalarından birinin inşaatı sırasında zımbalama nedeni ile göçmesi en çok bilinen örnektir.

DAHA ÖNCE YAPILMIŞ ARAŞTIRMALAR

Kirişsiz dösemelerde zımbalama ile ilgili ilk araştırmalar bu yüzyılın başlarında Illinois Üniversitesi'nde Talbot tarafından tekli kolon temelleri üzerinde yapılmıştır (1). Bu konudaki en kapsamlı deneysel çalışma 1961 yılında Moe (2) tarafından yayınlanmıştır. Kirişsiz dösemelerde zımbalama davranışının incelendiği 43 eleman deneyi yapan Moe, ayrıca literatürdeki 140 temel ve 120 döseme elemanı sonuçları üzerinde de istatistiksel bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmanın sonunda çıkarılan ve Moe Denklemi olarak bilinen denklem halen daha geniş bir şekilde kullanılmaktadır. Tankut (3) 1969 yılında her biri dokuz adet kolon üzerine oturtulan büyük ölçekli iki dösemede düşey ve yanal yüklerin zımbalama davranışına etkisiyle beraber, eğilme donatısının katkısını incelemiştir ve dösemeye moment dağılımı ve transferleriyle ilgili önemli sonuçlara ulaşmıştır. Ayrıca, Moe Denkleminin iç kolonlar için oldukça iyi sonuçlar verirken döseme kenarı veya köşesindeki kolonların kapasite hesaplarında konservatif olduğunu belirtmiştir. 1993 yılında Halgren (4), ve Tomaszewics (5) yüksek dayanımlı betonla yapılmış kirişsiz dösemeler test ederek bunların zımbalama dayanımını incelemiştir.

DENEYSEL ÇALIŞMANIN AMACI

Bugün çeşitli yapı kodları ve yönetmeliklerde yer alan yöntem ve denklemlerde, yapılmış olan deneysel çalışmalar temel alınmaktadır. Ancak her yönetmelikte belirli bir çalışmaya ağırlık verildiğinden, yönetmelikler arasında farklılıklar bulunmaktadır. Yapı kodları ve yönetmelikler bir bütün olarak incelendiğinde kirişsiz döseme kolon birleşimi davranışına temel etkinin beton basınç dayanımı, zımbalama çevresi ve yük eksantrisitesinden geldiği, bunun yanında döseme demirinin veya demir sıklaştırmasının pozitif etkisinin dikkate alınmadığı, çelik lifler gibi katkı maddelerinden hiç bahsedilmediği görülmektedir. Literatürde yer alan deneysel araştırmalar incelendiğinde ise, yapılan kirişsiz döseme zımbalama deneylerinde: çoğunlukla beton basınç dayanımının 20 ile 40 MPa arasında olduğu; yüklemenin çoğunlukla kolon yerine belirli ebatlarda çelik plakalar bastırılarak yapıldığı; eksantrik yükleme hallerinin ve tersinen tekrarlanan yükleme şeklinin oldukça az olduğu; çelik lifler gibi katkı maddelerinin etkisinin dikkate alınmadığı anlaşılmaktadır. Dolayısıyla, normal mukavemetli katkısız betonlarla yapılan deneylerden elde edilen dizayn denklemlerinin, yüksek mukavemetli betonla yapılan kirişsiz dösemelerin davranışlarını analiz etmekte yetersiz kalacağı bir gerektir.

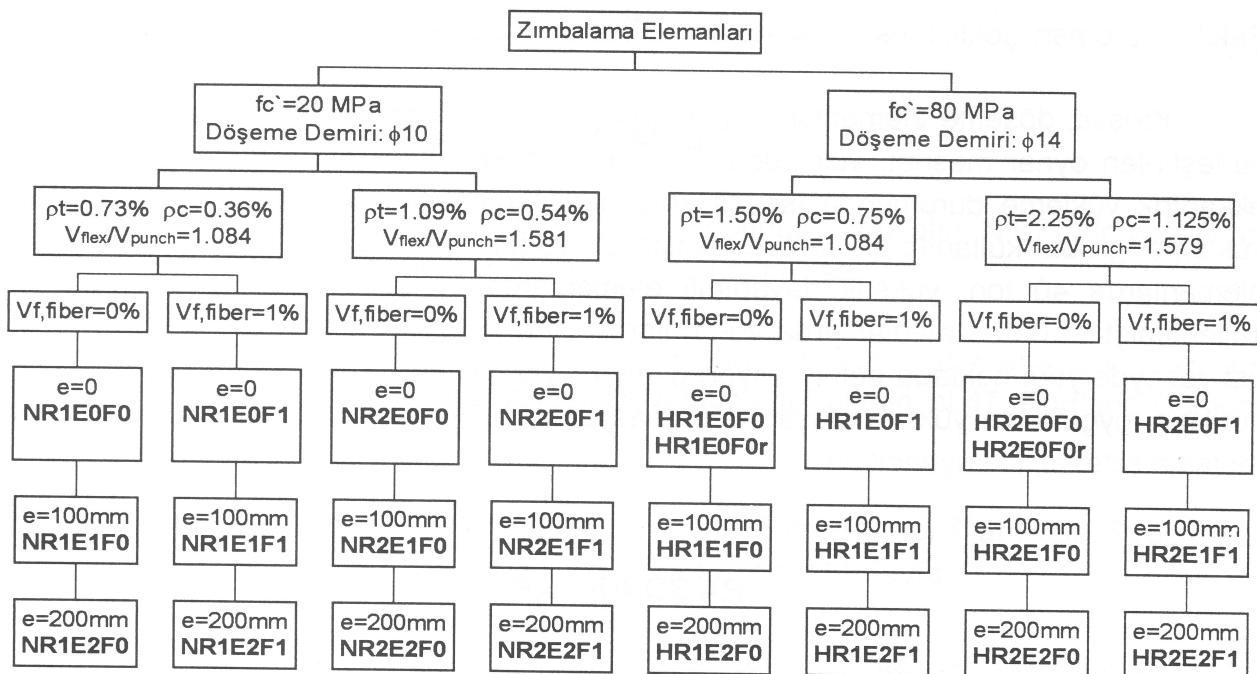
TÜBİTAK tarafından desteklenen (İNTAG-539) bu araştırma iki bölümlü olarak planlanmıştır. Ara sonuçları burada verilen deneysel çalışmada zımbalama dayanımına etkisi olduğu düşünülen beton mukavemeti, çelik lif miktarı, döseme demiri oranı ve yük eksantrisitesi ana değişkenler olarak alınmış ve toplam 26 adet eleman test edilmiştir. Araştırmamanın ikinci bölümünde ise literatürde verilen deney sonuçları bir veri tabanında toplanmış ve analiz çalışması yapılmaktadır. Burada amaç, kirişsiz dösemelerde zımbalama dayanımını gerçekçi biçimde hesaplayabilecek metodlar

üretmenin yanında yapı kodları ve yönetmeliklerde emniyetle ve kolayca kullanılabilecek ve bütün değişkenleri dikkate alan dizayn denklemleri de oluşturabilmektedir.

DENEY ELEMANLARININ ÖZELLİKLERİ VE DEĞİŞKENLER

Toplam 26 adet kirişsiz yuvarlak döşeme elemanı deneyi yapılmıştır. Mesnetler arası $l=1200$ mm çaplı, $t=120$ mm kalınlığındaki elemanlarda döşeme çekme donatısı oranının yarısı kadar döşeme basınç donatısı kullanılmış olup döşeme faydalı derinliği $d=100$ mm dir. Kirişsiz döşeme elemanlarında yükün uygulandığı 200×200 mm kesitindeki alt kolon döşeme ile beraber dökülmüş, aynı ebattaki üst kolon ise elemanların kalıptan sökülmesinden sonra dökülmüştür. Bütün elemanlarda alt ve üst kolon yüksek mukavemetli betondan imal edilmiştir. Deney elemanlarında beton basınç dayanımı ($20, 80$ MPa), çelik lif oranı ($0,75$ kg/m³), döşeme demiri oranı (%0.73 - %2.25) ve yük eksantrisitesi ($0, 100, 200$ mm) ana değişkenler olarak alınmıştır (Çizelge 1). Normal ve yüksek mukavemetli elemanlarda döşemenin eğilme kapasitesinin (V_{flex}), TS-500 dizayn denklemleri kullanılarak hesaplanan zımbalama kapasitesine (V_{punch}) oranının sabit tutulabilmesi amacıyla sırasıyla $\phi 10$ ($f_y=507$ MPa) ve $\phi 14$ ($f_y=471$ MPa) nervürlü demir kullanılmıştır.

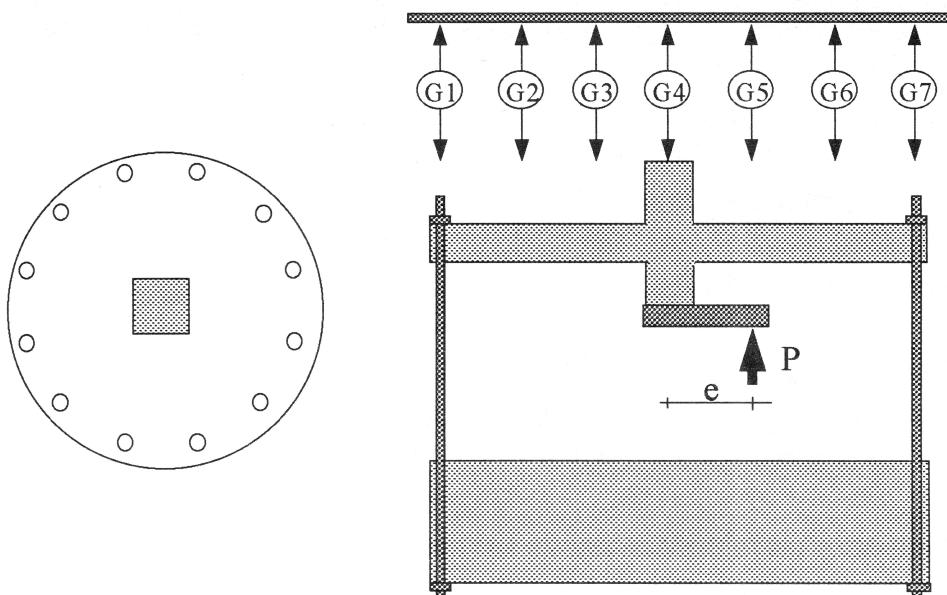
Çizelge 1 - Deney Elemanlarının İsimlendirilmesi ve Değişkenler



ELEMAN HAZIRLANIŞI VE DENEYSEL YÖNTEM

Akma dayanımları daha önceden deneysel olarak tesbit edilen $\phi 10$ ve $\phi 14$ lük döşeme demirleri, nominal beton mukavemetleri ($20, 80$ MPa) kullanılarak hesaplanan ve istenilen V_{flex}/V_{punch} oranını verecek aralıklarda karelaj yapılmış olup beton dökümü

esnasında faydalı döşeme derinliğinin değişmesini engellemek amacıyla ahşap takozlar üzerine oturtularak kalıba bağlanılmışlardır. Normal mukavemetli lfsiz beton elemanları 120 litrelilik normal beton karıştırıcısı ile, diğer bütün elemanlar ise karıştırma güçlüğü dikkate alınarak 25er litrelilik paketler halinde cebri karıştırıcı ile dökülmüşlerdir. Her eleman grubundan alınan 20 adet 150x300 mm silindir numuneleri üzerinde mukavemet kazanımı takip edildiği gibi basınç ve yarma deneyleri de yapılmıştır. Elemanlar döküldükten sonra üç gün ıslak çuvallara sarılmış daha sonra laboratuvar ortamında bırakılmışlardır.



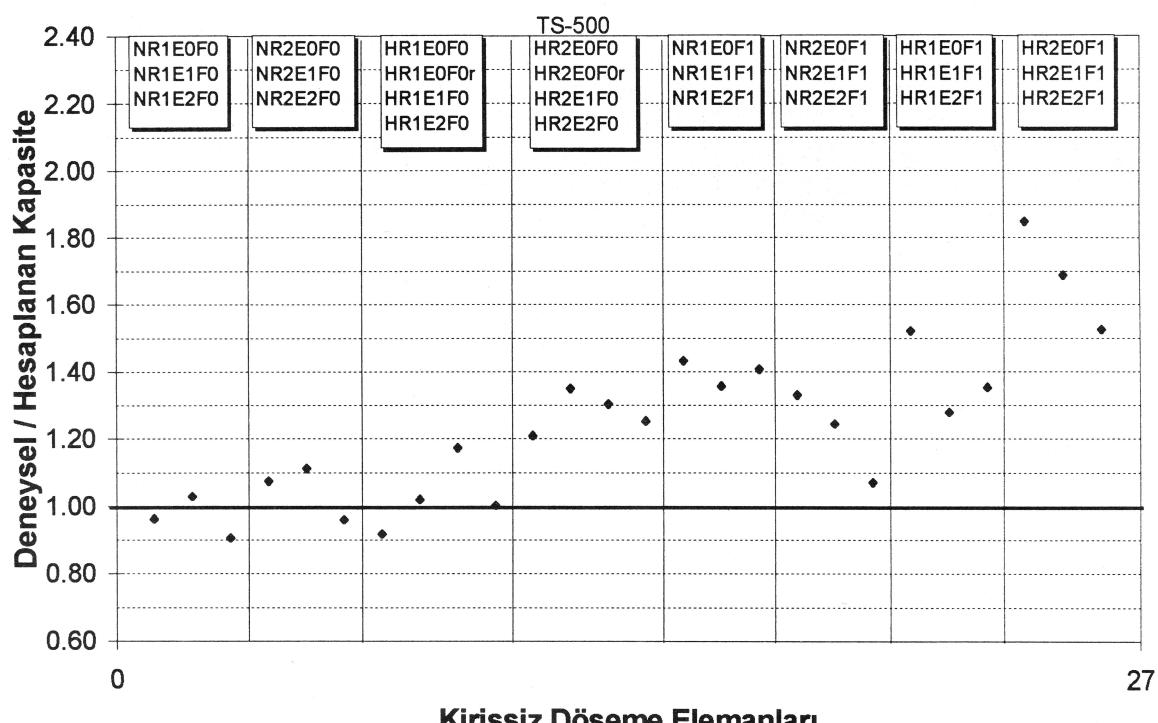
Şekil 1 - Eleman Şekli, Mesnet Noktaları ve Yükleme Düzeneği

Kirişsiz döşeme elemanları konsantrik yükleme esnasında doğrudan alt kolona yerleştirilen oynar mesnet, yük hücresi ve 100 ton kapasiteli hidrolik kriko grubu ile, eksantrik yükleme durumunda ise alt kolona giydirilen çelik kol yardımıyla ve aynı yükleme grubu kullanılarak test edilmişlerdir (Şekil 1). Normal dayanımlı beton elemanlarında 40 ton, yüksek dayanımlı elemanlarında 70 ton kapasiteli yük hücresi kullanılmıştır. Bütün elemanlarda yük deformasyon karakteristığının izlenebilmesi için üst yüzeyde yedi noktada deformasyon okuması yapılmıştır. Yükleme manuel kriko ile verilmiş, uygulanan yük ve oluşan deformasyonlar bilgisayar kontrollü elektronik veri toplama sistemi ile kaydedilmiştir.

ARA SONUÇLAR

Deney elemanlarında yükleme esnasında alt ve üst yüzeylerde çat�ak oluşumları dikkatle takip edilmiştir. Yüklemenin başlangıç seviyelerinde önce üst yüzeyde kolon dibine çok yakın ve kolon yüzeylerine paralel çat�aklar oluşmuş, sonra özellikle kolon köşelerinden başlayan kolona dik çat�ak saçıklanmaları gözlemlenmiştir. İleri yük aşamalarında üst yüzeyde kolon yüzeyine paralel yaklaşık d uzaklıkta yoğunlaşan çat�aklar elemanı zımbalama göçmesine götürmüştür. Bütün bu senaryo içerisinde zımbalama anına kadar alt yüzeyde zımbalama çat�ağı oluşmadığı gibi, kolon döşeme

birleşiminde de herhangi bir çapaklanma görülmemiştir. Deney sonuçları Şekil 2 de TS-500 kullanılarak hesaplanan kapasitelere oranlanarak verilmiştir. Bu hesaplarda 50 MPa in üzerindeki betonlarda ve çelik lif takviyeli betonlarda TS-500 denklemleri aynen kullanılmıştır.



27

Kirişsiz Döşeme Elemanları

Şekil 2 - Deneysel ve Hesaplanan Zımbalama Yüklerinin Karşılaştırılması

KAYNAKLAR

1. Talbot, A.N. "Reinforced Concrete Wall Footings" Bulletin N.67, University of Illinios, Engineering Experiment Station, Mart 1913, 114 sayfa.
2. Moe, Johannes "Shearing Strength of Reinforced Concrete Slabs and Footings Under Concentrated Loads" Department Development Bulletin, N.47, Portland Cement Association, Skokie, Nisan 1961, 130 sayfa
3. Tankut, T.; Yu, C.W. "An Investigation into the Behaviour of Flat Plate Structures" Research Report, Imperial College, Ocak 1969, Londra, 40 Sayfa
- 4 Halgren, Mikael; Kinnunen, Sven "Punching Shear Tests on Circular High Strength Concrete Slabs" Utilization of High Strength Concrete, Proceedings, Symposium, Haziran 1993, Norveç, Sayfa 192-199
5. Tomaszewics, Andrej "Punching Shear Capacity of Reinforced Concrete Slabs" Utilization of High Strength Concrete, Proceedings, Symposium, Haziran 1993, Norveç, Sayfa 393-401

BİRLEŞİMLER

Kiriş - Kolon Birleşim Bölgelerinde Etriye Düzeni ile İlgili Deneysel Çalışmalar	79
H. Boduroğlu, P. Zahirtar, P. Özdemir	
Önüretimli Betonarme Yapılarda Kullanılan Bir Bağlantı Düzeninin Deprem Davranışı	85
T. Tankut, U. Ersoy, G. Özcebe	
Betonarme Çerçeveelerde Deprem Enerjisinin Kontrollü Mafsal Oluşumu ile Tüketilmesi	91
E. Başaran, H. Sucuoğlu, G. Özcebe	
Çanak Temele Yerleştirilen Önyapım Kolonlarının İki Yönlü Yükler Etkisindeki Davranışları	97
A. İlki, K. Darılmaz, E. Yüksel, H.F. Karadoğan	
Yüksek Dayanımlı Kirişler için Minimum Eğilme Donatısı	103
G. Özcebe, U. Ersoy, T. Tankut	

DÖŞEMELER

Normal ve Yüksek Dayanımlı Betondan Yapılan Kirişsiz Döşemelerde Zımbalama	111
Ş. Özden, U. Ersoy, C. Karakoç, T. Özturan	
Kalıpsız Döşeme Elemanlarının Sabit ve Yineleinen Yükler Etkisindeki Davranışı	117
A. İlki, K. Darılmaz, H. Saruhan, H.F. Karadoğan	
Onarılmış / Güçlendirilmiş Betonarme Döşemelerin Davranış ve Dayanımı	123
S. Aykaç, T. Tankut	
Güçlendirilmiş Kalıpsız Döşemeler	129
A. İlki, K. Darılmaz, E. Yüksel, H.F. Karadoğan	
Genişletilmiş Metal ile Betonarme Döşeme Sistemi	135
E. Keyder, Ö. Tengirşek	



TÜBİTAK
İkinci Deprem Sempozyumu
Ankara, 27 - 28 Kasım 1997

**YAPI VE ELEMANLARIN
DEPREM DAVRANIŞLARIYLA İLGİLİ
DENEYSEL ARAŞTIRMALAR**

SUNUŞ ÖZETLERİ

Derleyen: Tuğrul TANKUT

İnşaat Teknolojileri Araştırma Grubu