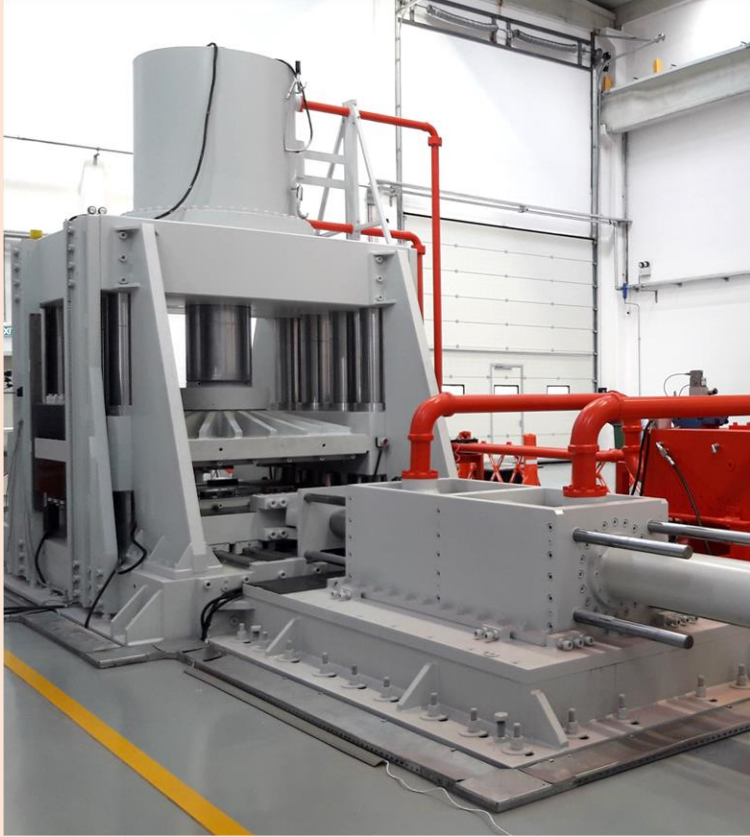


# ULUSAL 8. YAPI MEKANİĞİ LABORATUVARLARI ÇALIŞTAYI

Eskişehir Teknik Üniversitesi



EDİTÖRLER

Prof. Dr. Sinan ALTIN  
Prof. Dr. Gökhan ÖZDEMİR



**ULUSAL  
8. YAPI MEKANIĐI  
LABORATUVARLARI  
ÇALIŞTAYI**

**EDİTÖRLER**  
**Sinan ALTIN**  
**Gökhan ÖZDEMİR**

**14-15 Ekim 2022**  
**Eskişehir Teknik Üniversitesi**  
**ESKİŞEHİR**

## EKSENEL YÜK VE BURULMA ETKİSİ ALTINDAKİ KOLONLAR İÇİN BİR YÜKLEME DÜZENİĞİ ÖNERİSİ

### PROPOSAL OF A LOADING ASSEMBLY FOR COLUMNS UNDER AXIAL LOAD AND TORSION

Abdulkadir SOLAK<sup>1</sup>, Salih CENGİZ<sup>2</sup>, Alptuğ ÜNAL<sup>3</sup>, Mehmet KAMANLI<sup>4</sup>

#### ÖZET

*Betonarme kolon tasarımında eğilme, eksenel yük ve kesme kuvvetinin yanı sıra, deprem meydana geldiğinde, kolonlarda burulma momenti de oluşmaktadır. Burulmanın meydana gelmesi ile kolonun yük taşıma ve enerji yutma kapasitesi burulma olmayan duruma göre %90'a varan oranda azalmaktadır. Ancak mevcut yönetmeliklerde ve literatürdeki çalışmalarda elemanın kapasitesini önemli ölçüde değiştiren burulma etkisi üzerinde yeterince durulmamıştır. Betonarme yapı kolonlarında eğilme, eksenel yük ve kesmenin yanında elemana burulmanın etkimesi ile betonarme davranıştaki değişimin incelenmesi gereklidir. Bu çalışmada kolonlarda burulma deneylerinin gerçekleştirilebilmesi ile kolonun burulma etkisindeki betonarme davranışın belirlenmesi ve farklı yüklemeler altında betonarme davranış değişiminin incelenmesi amaçlanmaktadır. Çalışma kapsamında farklı kombinasyonları numune üzerinde birlikte verilebilmesi amacıyla deney düzeneği tasarımı yapılmıştır. Hazırlanan deney düzeneği ile kolonlar üzerinde eksenel yük, eğilme ve burulma etkileri meydana getirilebilmektedir.*

Anahtar Kelimeler: Betonarme, Burulma, Deneysel Çalışma, Hasar, Kolon....

#### ABSTRACT

*When an earthquake occurs, in addition to bending, axial load and shear forces in reinforced concrete column design, torsional moment also occurs in the columns. With the effect of the torsion, the load carrying and energy absorption capacity of the column decreases up to 90% compared to the non-torsion condition. However, in the codes and studies in the literature, the torsion effect, which significantly changes the capacity of the element, has not been sufficiently emphasized. In this study, it is aimed to perform torsion tests on columns, to determine the behavior of reinforced concrete under the effect of torsion and to examine the behavior of reinforced concrete under different loads. Within the scope of the study, the experimental setup was designed in order to be able to give different combinations together on the sample. With the prepared test setup, axial load, bending and torsion effects can be provided on the columns.*

Keywords: Reinforced Concrete, Torsion, Experimental Study, Damage, Column....

<sup>1</sup> Araştırma Görevlisi, Konya Teknik Üniversitesi, Konya, abdulcadirsolak@ktun.edu.tr

<sup>2</sup> Öğretim Görevlisi, Konya Teknik Üniversitesi, Konya, scengiz@ktun.edu.tr <sup>3</sup>

<sup>3</sup> Doçent Doktor, Konya Teknik Üniversitesi, Konya, aunal@ktun.edu.tr

<sup>4</sup> Profesör Doktor, Konya Teknik Üniversitesi, Konya, mkamanli@ktun.edu.tr

## **GİRİŞ**

Betonarme kolon tasarımında eksenel yük, kesme ve eğilme etkileri dikkate alınmaktadır. Deprem meydana geldiğinde kolonlarda bu etkiler haricinde burulma oluşmaktadır. Burulmanın meydana gelmesi ile kolonun yük taşıma kapasitesi burulma olmayan duruma göre azalmaktadır (Nie vd., 2012). Özellikle kütle ve rijitlik merkezi arasında eksantrisite bulunan düzensiz yapılarda, köşe kolonlar üzerindeki burulma momenti değerleri eksantrisite arttıkça artmaktadır (Cengiz vd., 2022). Mevcut yönetmeliklerde tasarımda burulma etkisinin bulunduğu kolonlar için tasarım ve hesap yöntemleri bulunmamaktadır.

Deprem etkisindeki kolonlarda eğilme, eğilmeli burulma ve salt burulma sonucunda oluşan kesme etkileri sebebiyle hasar oluşmaktadır (Xu vd., 2020). Kolonda eğilme nedeniyle kolon alt bölgesinde hasar meydana gelmektedir. Burulma etkisinin artması ile hasar kolonun alt bölgesinden orta bölgeye kaymakta ve kesme çatlakları 45° açı ile tüm kolon boyunca oluşmaktadır (Belarbi vd., 2009). Kolonda dönmenin artmasıyla enerji yutma kapasitesi %90'a varan oranda azalmaktadır (Attarchian vd., 2020). Kolonlarda eksenel yükün artmasıyla burulma hasarı azalmaktadır (Xu vd., 2020). Burulma ve eğilmenin kolona birlikte etki etmesi ile burulma rijitliği eğilmeye göre daha fazla azalmaktadır. Bu durumda elemanda kesme kırılması meydana gelmektedir (Yu ve Shan, 2021).

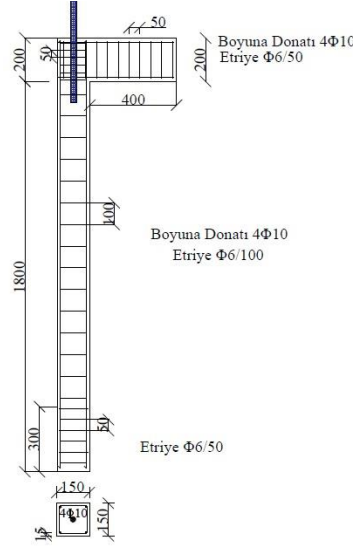
Literatürde burulmanın incelendiği çalışmalarda yoğunlukla kompozit kesitler, T ve L şekilli kesitler ve büyük kesitli betonarme köprü kolonları araştırılmıştır. Betonarme yapı kolonlarında eğilme, eksenel yük ve kesmenin yanında elemana burulmanın etkimesi ile betonarme davranıştaki değişimin incelenmesi gereklidir.

Burulma konusunda çalışmaların az sayıda olmasının nedeni burulmanın dahil olduğu yüklemelerde testlerin aktüatörler ve eksenel yükleme çerçeveleri ile gerçekleştirilmesidir. Çünkü eğilme ve burulma meydana geldiğinde eksenel yükün kolon üzerinde sabit kalması ayrıca kolonun yükleme sisteminin altında serbestçe dönebilmesi için yüksek maliyetli sistemler gerekmektedir.

Bu çalışma kapsamında burulma deneylerinin gerçekleştirilebilmesi için deneysel yükleme düzenegi hazırlanmıştır. Hazırlanan deney düzeneginde kolonlara eksenel yük, eğilme ve burulma etkilerinin verilmesi amaçlanmıştır. Yapılan ön deneysel çalışmalarda elemanın eğilme yapması engellenerek, kolonların yalnızca eksenel yük ve burulma etkisindeki betonarme davranışı incelenecektir.

## **DENEYSEL ÇALIŞMA**

Eksenel yük, eğilme ve burulma etkilerinin kolonlara verilmesi amacıyla Konya Teknik Üniversitesi Yapı ve Deprem Laboratuvarında hazırlanan burulma deney düzeneginde farklı kesit boyutlarına sahip kolonlarda eksenel yük ve burulma etkileri oluşturulacaktır. Yapılan ön deneysel çalışmalarda C16 beton ve B420C donatı kullanılmıştır. Numuneler ½ ölçekli olacak şekilde 150x150 mm kesitli, 1500 mm uzunluğunda üretilmiştir (Şekil 1). Kolonun altında zemine ankastre bağlantıyı oluşturmak ve kolonu sabitlemek için 700x1500x500 boyutlarında temel üretimi yapılmıştır. Temelin ortasında kolon için 300 mm derinliğinde, 190x190 mm boyutlu soket oluşturulmuştur. Bağlantıda hasar oluşmasını engellemek amacıyla kolon ve temel dayanımı C60 beton seviyesinde olan grout harcı ile birleştirilmiştir.



Şekil 1. Deney Elemanları

Kolonda boyuna donatı 4Φ10 ve etriyeler sıklaştırmaz Φ6/100 mm olarak seçilmiştir. Kolonun sokete bağlandığı kısımda etriye sıklaştırması yapılmıştır. Ayrıca kolona burulma etkisini vermek amacıyla 400 mm uzunluğunda tek tarafa uzanan bir kiriş teşkil edilmiştir. Kirişler, yükleme nedeniyle oluşabilecek bölgesel hasarı önlemek amacıyla Φ6/50 mm etriyeli olarak üretilmiştir.

### Deney Düzeneği

Hazırlanan deney düzeneğinde kolon üzerinde hidrolik silindir yerleştirilmiş ve silindir üzerinde bulunan çelik kiriş zemine bağlanarak sıkıştırma yoluyla aksenal yük etki etmektedir (Şekil 2a). Kolonda burulmayı oluşturmak amacıyla yatay silindir ile kirişte yatay yükleme oluşturulmuştur (Şekil 2b). Yatay yük kolona 400 mm moment kolu oluşturacak şekilde etkimektedir. Her iki silindirin ucuna numuneye verilen yükleri belirlemek amacıyla mayın tipi yük hücreleri yerleştirilmiştir. Yatay yükleme etkisi ile kolon üzerinde burulma oluştuğunda elemanın serbestçe dönebilmesi ve üst kısımda bulunan yükleme sisteminin sabit kalması için mafsallı bir sistem üretilmiştir (Şekil 2c). Üretilen mafsallı sistem 42 adet bilyadan oluşmaktadır. Numune üzerine yerleştirilmeden tüm bilyalar sürtünmeyi azaltmak amacıyla gres yağı ile yağlanmaktadır.

Kolon üst kısmında eğilmeyi önlemek ve sistemin eksen üzerinde kalmasını sağlamak amacıyla Şekil 2a'da kolon üst kısmında görülen 2000 mm uzunluğundaki gijon kolon içerisinde 400 mm kalacak şekilde yerleştirilmiştir. Gijon yükleme duvarına çelik profiller ile tutturulmuştur. Kiriş kolon bağlantısında, yüklemenin kolona iletilmesi amacıyla çift taraflı plaka yerleştirilmiştir (Şekil 2b).



(a)



(b)



(c)

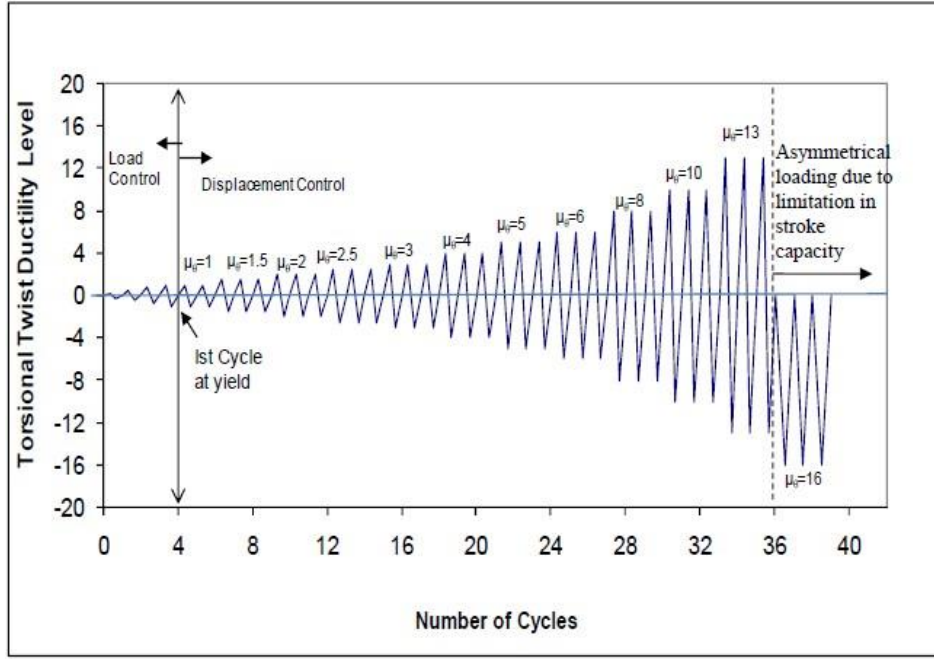
Şekil 2. (a) Deney Düzenegi (b) Yükleme Düzenekleri (c) Mafsallı sistem

Numunedeki dönmelerin belirlenmesi, deneylerde deplasman kontrolünün yapılması ve yataydaki yükün kolona etki ettirdiği momentin hesaplanması amacı ile kolon ekseninde, giriş ucunda ve kolonun alt orta üst bölgelerinde potansiyometrik cetveller yerleştirilmiştir (Şekil 2a). Deneylerden elde edilecek tüm verileri toplamak için saniyede 8 veri kaydı yapabilen sekiz kanallı statik veri toplama cihazı kullanılmaktadır.

### **Yükleme Protokolü**

Deneylerin gerçekleştirilmesinde kolon üzerinde bulunan eksenel yük deney boyunca sabit olarak etki etmektedir. Deneylerde burulma etkisi kolon üzerine çevrimsel olarak verilecektir. Deneysel çalışma akmanın gerçekleştiği noktaya kadar yük kontrollü olarak ve akmanın gerçekleştiği yükün %25, %50, %75 ve %100 seviyelerinde itme ve çekme olarak birer tekrar yapılacaktır (Şekil 3). Akmanın gerçekleştiği noktanın tespit edilmesi için ön deneyler yapılmaktadır. Akmanın gerçekleştiği noktada kolonun yaptığı dönme oranı 1 olarak kabul edilecek ve akma sonrasında bu dönme oranınının 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 8.0 olduğu dönme oranlarında deplasman kontrollü olarak devam edecektir. Akma sonrasında her bir adımda 3 tekrar yapılacaktır (Prakash Shanmugam, 2009).





Şekil 3. Yükleme Protokolü (Prakash Shanmugam, 2009)

## Deneyler

Oluşturulan aksel yüklemeler, eğilme ve burulma düzeneği daha önce kullanılmadığı için tasarımda ve birleşimlerde herhangi bir hata olmaması amacıyla düzeneğe yapılan işlemlerden sonra ön deneyler gerçekleştirilmektedir. Yapılan ön deneylerde kolon üzerinde 150 kN'a varan aksel yüklemeler oluşturulabilmektedir (Şekil 4).



Şekil 4. Aksel Yükleme ve Hasar Durumu

Yatay yükleme sonucunda kolonda burulmanın oluştuğu belirlenmiştir. Kolon üzerinde tüm yüksekliği kolon boyunca 45°' lik açı ile diyagonal kesme çatlakları oluştuğu gözlemlenmiştir (Şekil 5). Ayrıca, daha sonraki çalışmalarda, oluşturulan yükleme sisteminde yapılabilecek geliştirmeler ile kolonlara eksenel yük ve burulma etkisinin yanında eğilme etkisi de verilebilecektir.



Şekil 5. Kolonda Meydana Gelen Burulma Hasarları

## SONUÇ

Burulma deneylerinin gerçekleştirilebilmesi için deneysel yükleme düzenegi oluşturulmuştur. Kolonlara eksenel yük, eğilme ve burulma etkilerinin verilmesi amacıyla hazırlanan deney düzeneginde yapılan ön deneysel çalışmalarda kolon üzerinde 150 kN'a kadar eksenel yük verilmiştir.

Kolonlarda eksenel yük ve burulma testlerinin tasarlanan sistem ile yapılabilmesi mümkün olacaktır. Deney düzeneginde gerekli düzenlemelerin yapılması ile eksenel yük ve burulma etkisindeki kolonların eğilme davranışı da araştırılabilecektir.

Tasarlanan düzenek kullanılarak düşük maliyetler ile farklı kombinasyonlardaki yüklemeler gerçekleştirilebilecektir. Yapılacak çalışmalar sonucunda literatürde burulma konusunda çalışmalar arttırılabilecektir.

Burulma ve diğer yüklemelere maruz kalacak elemanlarda yapılabilecek güçlendirme yöntemlerinde yapılacak güçlendirmenin çeşidine göre deney düzeneginin düzenlemesi mümkün olacaktır.

## KAYNAKLAR

Attarchian, N., Attari, N. K. A., & Waezi, Z. (2020). Experimental Investigation of the Seismic Performance of Rectangular Reinforced Concrete Columns Subjected to Combined Flexure-torsion Cyclic Loading. *Journal of Earthquake Engineering*, 26(8), 3954-3976. <https://doi.org/10.1080/13632469.2020.1822225>



- Belarbi, A., Prakash, S., & You Y.M., (2009). Effect of spiral reinforcement on flexural-shear-torsional seismic behavior of reinforced concrete circular bridge columns, *Structural Engineering and Mechanics*, 33(2), 137-158. Cengiz S., Solak A., Kamanlı M., Ünal A., 2022, Burulma Düzensizliğinin Betonarme Binalardaki Kolonlara Etkileri, *5th International Symposium on Innovative Approaches in Smart Technologies (ISAS-2022)*, 28-29 Mayıs, Online, Türkiye.
- Nie, J.-g., Wang, Y. H., & Fan, J.-s. (2012). Experimental study on seismic behavior of concrete filled steel tube columns under pure torsion and compression–torsion cyclic load. *Journal of Constructional Steel Research*, 79, 115–126. <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2012.07.029>
- Prakash Shanmugam, S. (2009). Seismic behavior of circular reinforced concrete bridge columns under combined loading including torsion. Ph.D. Thesis, Missouri University of Science and Technology
- Xu, D., Yang, Y., & Chen, Z. J. A. S. (2020). Experimental Study and Damage Model on the Seismic Behavior of Reinforced Concrete L-Shaped Columns under Combined Torsion, *Applied Sciences*, 10(19), 7008.
- Yu, Z., & Shan, D. J. K. J. o. C. E. (2021). An Experimental Study on Behaviour of Reinforced Concrete Tshaped Columns Subjected to Combined Loads, *KSCE Journal of Civil Engineering* , 25(3), 906-919.