

## **ÇOK KATLI YAPILARDA BURULMA DÜZENSİZLİĞİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLER**

**Ali DEMİR<sup>1\*</sup>, Duygu DÖNMEZ<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 45140 Manisa, TÜRKİYE

<sup>2</sup> Celal Bayar Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Matematik Bölümü, 45140 Manisa, TÜRKİYE

**Özet:** Bu çalışma, çok katlı perde-çerçeve sistemlerin parametrik bir araştırma yöntemi ile “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (DBYYHY)” koşullarına göre burulma düzensizliklerini etkileyen faktörleri incelemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu çalışmada, geometrik planları ve perde yerleşimleri farklı olan altı tip yapı, parametrik olarak değişen kat adedi ve DBYYHY ‘de tanımlanan dört adet yerel zemin sınıfına göre incelenerek burulma düzensizlikleri irdelenmiş, etki eden faktörlerin önem derecesi belirlenmiştir. Yapısal çözümleme, SAP 2000 paket programı ile deprem hesabı Eşdeğer Deprem Yüğü yöntemi ile yapılmıştır. Sonuç olarak, burulma düzensizliği katsayısının maksimum değerleri için etkin olan faktörler belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Burulma düzensizliği, Yerel zemin sınıfı.*

## **THE FACTORS AFFECTING TORSIONAL IRREGULARITY IN MULTI-STOREY STRUCTURES**

**Abstract:** The purpose of this study is to investigate the factors affecting torsional irregularities of multi-storey shear wall-frame systems by a parametric method. The specification for structures to be built in seismic areas were considered for the analysis of torsional irregularities. In this study, six types of structure which have different plan geometry, location of shear wall and storey numbers were analyzed based on the four local site classes mentioned in the Turkish codes and the significance of the all factors were determined. SAP 2000 package program were used for the analysis. Equivalent Seismic Load Method were used for seismic analysis. Finally, significant factors for maximum values of torsional irregularity coefficient were determined.

**Keywords:** *Torsional irregularity, Local site class*

---

\*Sorumlu yazar

ali.demir@bayar.edu.tr

## 1. GİRİŞ

Deprem kuşağında bulunan ülkemiz yüzyıllardır büyük depremlere maruz kalmaktadır. Günümüzde meydana gelen ve gelecekte de olması beklenen büyük depremler nedeniyle bu konu gündemdeki yerini sürekli korumaktadır. Son yıllarda gerçekleştirilen birçok çalışmadan ve geçmiş depremlerden edinilen tecrübelerden de yararlanılarak yeni deprem yönetmeliği hazırlanmış ve Mart 2007’de “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (DBYYHY)” adıyla yürürlüğe girmiştir.

Çağdaş deprem yönetmeliklerinde, en çok göz önüne alınan düzensizlik türü, “Planda Burulma Düzensizliği”dir”. Bu yönetmeliklerden 39 tanesinde burulma düzensizliği için önlem ve yaptırımlar vardır [7].

Yapılarda oluşan burulma düzensizliği uygulamada en çok karşılaşılan düzensizlik türüdür. Bu yönüyle tüm mevcut deprem yönetmeliklerinde olduğu gibi, Türk deprem yönetmeliğinde de bulunmaktadır. DBYYHY’de burulma düzensizliği,  $\eta_b$  burulma düzensizliği katsayısına bağlıdır. Burulma düzensizliği katsayısı, herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelemeye oranı olarak ifade edilir;

$$\eta_{b(i)} = \frac{(\Delta_i)_{\max}}{(\Delta_i)_{\text{ort}}} \quad (1)$$

Burulma düzensizliği katsayısının, 1,20 ve 2,00 değerleri arasında olduğu durumlarda yapıda burulma düzensizliği meydana gelmektedir. Bu durumda, bu katta uygulanan  $\pm\%5$  ek dışmerkezlilik, her iki deprem doğrultusu için  $D_i$  katsayısı ile çarpılarak

büyütülür ve taşıyıcı sistemin daha fazla zorlanması sağlanır.

$$D_i = \left( \frac{\eta_{b(i)}}{1,20} \right)^2 \quad (2)$$

$\eta_b$  katsayısının 2,00 üst sınır değerini aştığı durumlarda ise, DBYYHY’de bulunan dinamik hesap yöntemlerinin uygulanması öngörülmektedir [9].

Düzensiz yapıların deprem davranışı ve yönetmelik maddelerinin değerlendirilmesi konusunda, son yıllarda birçok çalışma yapılmış ve kapsamlı bir şekilde irdelenmiştir [1], [2], [5]. Yapılan çalışmalarda burulma düzensizliği katsayısının yüksek değerler almasında etkin olan faktörler belirlenmiştir [6], [7], [8]. Özmen çalışmasında [7], plan geometrisinin burulma düzensizliği üzerindeki etkisini araştırmıştır. Plan geometrisi düzenli ve düzensiz olmak üzere iki yapı modellenmiştir. Bu yapıların  $\eta_b$  katsayıları sırasıyla 1,20 ve 1,50 civarında çıkmıştır. Özmen çalışmasında [8], rijitlik dağılımının burulma düzensizliği üzerindeki etkisini araştırmıştır. Plan geometrisi dikdörtgen olan iki yapıdan biri rijitlik bakımından düzensiz, diğeri düzenli olarak modellenmiştir. Bu iki yapının  $\eta_b$  katsayıları bulunmuş ve karşılaştırmaları yapılmıştır. Daha sonra rijitlik düzensizliği düzeltilen yapının  $\eta_b$  katsayısındaki değişim incelenmiştir.

Yapılan bu çalışmada ise, DBYYHY’ de Z1, Z2, Z3, Z4 olarak tanımlanan 4 farklı yerel zemin sınıfında incelenen, plan geometrileri aynı, perde yerleşimleri farklı A, B, C, D tipi simetrik yapılar ile plan geometrisi ve perde yerleşimi asimetrik E, F tipi yapılar 6, 8, 10, 12 katlı modellenmiştir. Bu yapıların deprem hesabı için Eşdeğer Deprem Yüğü (EDY) yöntemi kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre burulma düzensizliği katsayıları bulunmuştur. Bu çalışmada farklı

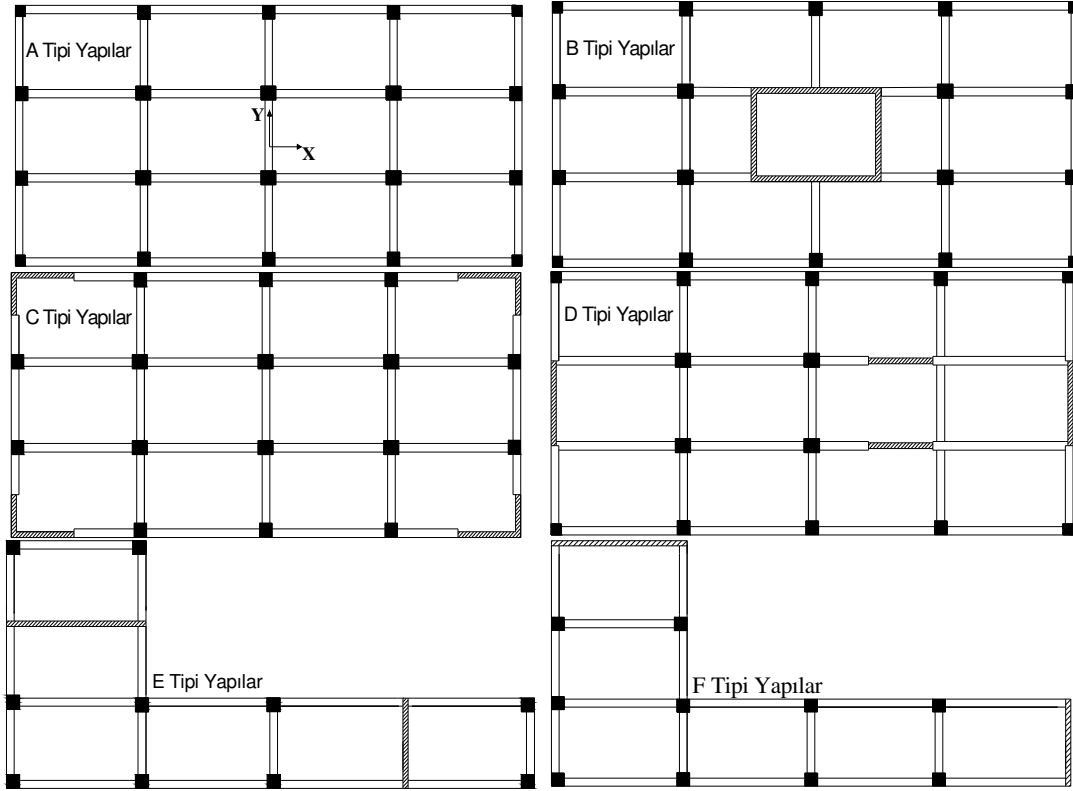
parametrelere sahip olan yaklaşık 100 yapı kullanılmıştır.

Yapıların farklı zeminlerde analizi ile yapıya etki eden yatay deprem yükleri ve burulma momentleri parametrik olarak değiştirilerek yapının farklı derecelerde zorlanması sağlanmış ve buna bağlı  $\eta_b$  katsayılarının değişimi incelenmiştir.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1 Materyal

Araştırma kapsamında incelenen A tipi yapılar sadece çerçevelerden oluşurken, B, C, D, E, F tipi yapılar çerçeve ve perdelerden oluşmaktadır. A, B, C, D, E, F olarak isimlendirilen 6 farklı tip yapının, plan geometrileri, kolon, kiriş ve perde yerleşimlerini gösteren geometrik planları Şekil 1’de verilmiştir. Kesik çizgi ile taranan elemanlar perdeleri temsil etmektedir.



Şekil 1. Tüm yapıların geometrik planları

Şekil 1’ de gösterildiği gibi, A, B, C grubu yapıların planda perde yerleşimleri simetrik, D grubu yapılar, sadece y-eksenine göre simetrik, E ve F grubu yapılar ise, plan geometrileri ve

perde yerleşimleri tamamen asimetric olarak seçilmiştir. Yapılar 1.derece deprem bölgesinde bulunmaktadır. Tüm kat yükseklikleri 3 m’dir. Planda her bir modülün

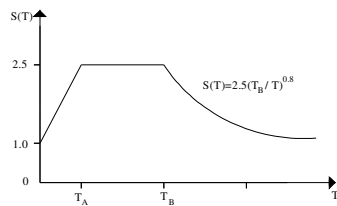
boyu x ve y yönlerinde sırasıyla 5 m ve 3 m'dir. Kiriş boyutları tüm yapılarda  $30 \times 60 \text{ cm}^2$ 'dir. A, B, C, D tipi yapılarda, köşe kolonlar  $40 \times 40 \text{ cm}^2$ , kenar kolonlar  $50 \times 50 \text{ cm}^2$ , ortada bulunan tüm kolonlar ise,  $60 \times 50 \text{ cm}^2$ 'dir. E ve F tipi yapılarda tüm kolonlar  $50 \times 50 \text{ cm}^2$ 'dir. Tüm perde kalınlıkları 20 cm'dir. Şekil 1'de gösterildiği gibi yapılarda perdelerin boyları bazı açıklıklarda tam boy, bazı açıklıklarda ise yarım boydur.

## 2.2 Metot

Tüm yapıların analizinde "SAP 2000" paket programı, deprem hesabı için, "Eşdeğer Deprem Yüğü" yöntemi kullanılmıştır. Yapıların farklı zeminlerde analizi, Z1, Z2, Z3, Z4 olarak tanımlanan 4 farklı yerel zemin sınıfı kullanılarak yapılmıştır [9]. Z1 sınıfı zeminler, kayalar, sıkı kum, çakıl, katı ve siltli kilden oluşurken, Z4 sınıfı zeminler, yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu yumuşak tabakalar, gevşek kum, kalın alüvyon tabakalarından oluşmaktadır. Bu nedenle Tablo 1' de gösterildiği gibi Z1' den Z4' e doğru zemin periyotları artmaktadır [9].

**Tablo 1.** Spektrum Karakteristik Periyotları ( $T_A$ ,  $T_B$ )

Yerel Zemin Sınıfları	$T_A$ (Saniye)	$T_B$ (Saniye)
Z1	0,10	0,30
Z2	0,15	0,40
Z3	0,15	0,60
Z4	0,20	0,90

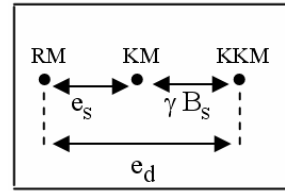


**Şekil 2.** Spektrum Katsayısı Grafiği

Yapı doğal periyodu, zemin titreşim periyoduna ne kadar yakın olursa, deplasman ve hasar o kadar fazla olur. Yapıya gelen yatay kuvvet, oluşan rezonans nedeniyle yapının salınım hızını daha da artırır, şiddetlendirir ve neticede hasar artar [4].

A, B, C tipi yapıların plan geometrileri ve perde yerleşimleri simetrik olduğundan dolayı her katın kütle merkezine yatay deprem yükleri ve x, y yönlerinde  $\pm\%5$  ek dışmerkezlik uygulanarak oluşan burulma momentleri uygulanmıştır. D tipi yapıların perde yerleşimleri, E ve F tipi yapıların ise plan geometrileri ve perde yerleşimleri simetrik olmadığından, yapının kütle merkezi ile rijitlik merkezi üst üste gelmemektedir. Bu durumda oluşan ek dışmerkezlik aşağıdaki bağıntı ile hesaplanmıştır.

$$e_d = \alpha e_s + \gamma B_s \quad (3)$$



RM= Rijitlik Merkezi

KM= Kütle Merkezi

KKM= Kaydırılmış Kütle Merkezi

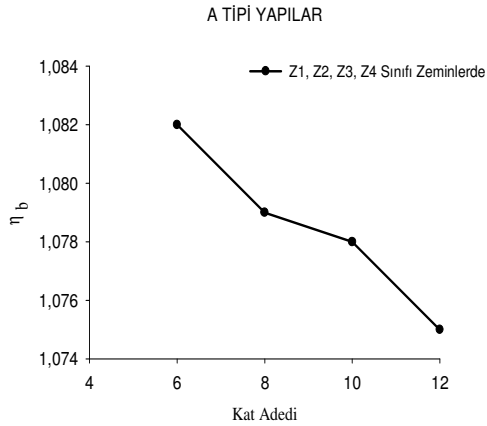
**Şekil 3.** Planda ek dışmerkezlik

DBYYHY'de  $\gamma=0,05$  ve  $\alpha=1,0$  olarak dikkate alınmakta ve dışmerkezlik burulma düzensizliğinin derecesine bağlı olarak,  $D_i$  katsayısı ile artırılmaktadır.  $e_s$ , planda var olan dışmerkezliğin yapıda meydana getirebileceği burulma etkilerini,  $\gamma B_s$  ise yapıda, rijitlik, dayanım ve yüklerin hesaplanan değerleri ile gerçek değerleri arasındaki farkları dikkate alabilmek için kullanılmaktadır [3]. D tipi yapılarda, y yönünde etkiyen deprem kuvvetleri, E, F tipi yapılarda, x ve y yönünde etkiyen deprem

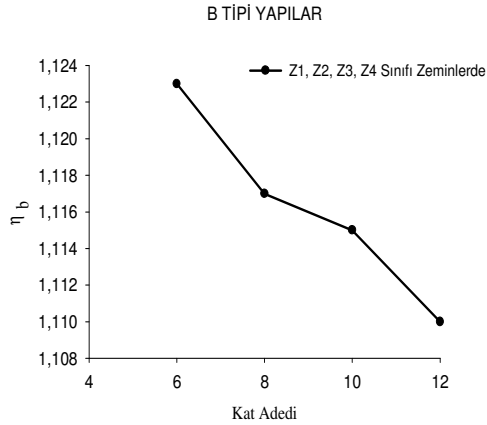
kuvvetleri, hesaplanan ek dışmerkezlik değerleri ile çarpılarak daha büyük burulma momentleri bulunmuş ve yatay deprem kuvvetleri ile birlikte kütle merkezine uygulanmıştır.

### 3. BULGULAR

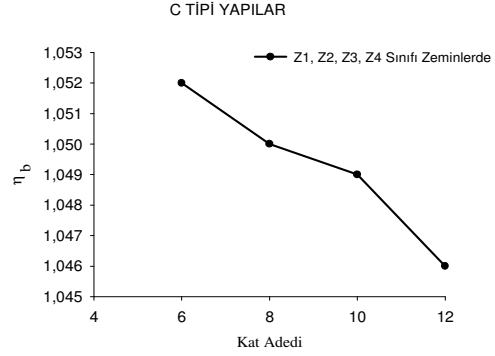
Tüm yapıların analizi ile elde edilen burulma düzensizliği katsayıları Şekil 4, 5, 6, 7, 8, 9' daki grafiklerde verilmiştir.



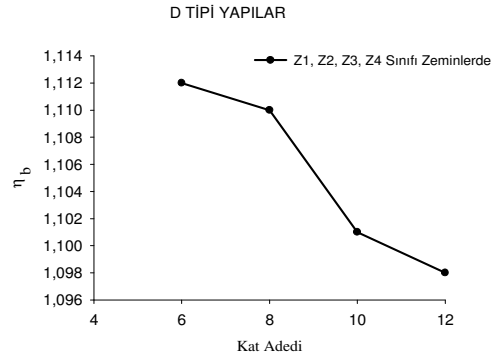
Şekil 4. A tipi yapıların  $\eta_b$  değerleri



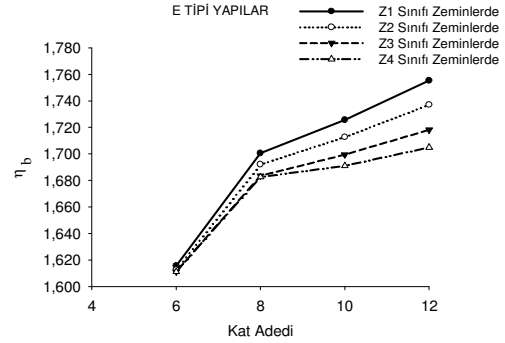
Şekil 5. B tipi yapıların  $\eta_b$  değerleri



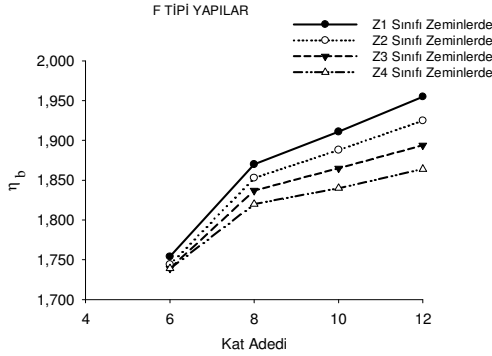
Şekil 6. C tipi yapıların  $\eta_b$  değerleri



Şekil 7. D tipi yapıların  $\eta_b$  değerleri



Şekil 8. E tipi yapıların  $\eta_b$  değerleri

Şekil 9. F tipi yapıların  $\eta_b$  değerleri

#### 4. SONUÇLAR

Plan geometrileri ile perde yerleşimleri simetrik olan A, B, C grubu yapılar ile plan geometrisi simetrik, perde yerleşimi asimetrik olan D grubu yapılarda  $\eta_b$  değerleri 1,20 sınır değerinin altında kalmıştır. Plan geometrisi ve perde yerleşimi asimetrik olan E, F tipi yapıların  $\eta_b$  değerlerinin 2,00 üst sınırına yaklaştığı görülmüştür. Yerel zemin sınıfları  $\eta_b$  katsayılarını, simetrik yapılarda ihmal edilebilecek seviyede etkilerken, asimetrik yapılarda şekil 8 ve 9 da gösterildiği gibi 0,02-0,10 arasında değişen değerler ile etkilemektedir. Elde edilen sonuçlar göz önüne alındığında,  $\eta_b$  katsayısının maksimum değerler almasında etkin olan faktörlerin sırasıyla,

- Yapının plan geometrisi
- Perdelerin plandaki konumu
- Kat adedi
- Yerel zemin sınıfı olduğu saptanmıştır.

#### Kaynaklar

- [1] CALDERONI, B. MAZZOLONI, F.M. and GHERSI, A. "A New Approach to the Problem of In-plan Irregularity in Seismic Design of Buildings", 10th European Conference on Earthquake Engineering, 843-848, Duma (ed.) Rotterdam, ISBN90 54 10528 3,1995.
- [2] GÜLAY F., ÇALIM G., "A Comparative Study of Torsionally Unbalanced Multi-Storey Structures Under Seismic Loading" Turkish J. Eng. Env. Sci. 27 (2003) , 11 - 19. © TÜBİTAK.
- [3] LİVAOĞLU, R., DOĞANGÜN, A., "Burulma Düzensizliği Olan Çok Katlı Yapılarda Rijit ve Esnek Tarafalarda Bulunan Elemanların Davranışlarının İrdelenmesi", Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, Bildiri: AT-102, 26-30 Mayıs 2003.
- [4] MERTOL, A., MERTOL, H.C., "Deprem Mühendisliği, Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı", Kozan Ofset, Sayfa no:102-126, 295-314, Yıl: 2002.
- [5] ÖZMEN, G., GÜLAY, F.G., "An Investigation of Torsionally Irregular Multi-Storey Buildings under Earthquake Loading", Structural Engineering and Mechanics, An International Journal, 14/2, 237-243, Yıl:2002.
- [6] ÖZMEN, G., "Excessive Torsional Irregularity in Multi-Storey Structures", İnşaat Mühendisleri Odası Teknik Dergi Digest, Vol.15, No.1, pp:3331-3144, Yıl:2004.
- [7] ÖZMEN, G., "Plan Geometrisinin Burulma Düzensizliğine Etkisi", Türkiye Mühendislik Haberleri, Yıl: 46/2001-Sayı: 410, Ankara, Nisan 2001.
- [8] ÖZMEN, G. "Rijitlik Dağılımının Burulma Düzensizliğine Etkisi", Türkiye Mühendislik Haberleri, Yıl:46/2001-Sayı:411, Ankara, Haziran 2001.
- [9] Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, Mart 2007

Geliş Tarihi: 01/04/2007

Kabul Tarihi: 25/09/2007