

## YAPILARDA BURULMA DÜZENSİZLİĞİ

M. Sami DÖNDÜREN<sup>a</sup> Adnan KARADUMAN<sup>a</sup> M. Tolga ÇÖĞÜRCÜ<sup>a</sup> Mustafa ALTIN<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Konya

<sup>b</sup> Selçuk Üniversitesi Teknik Bilimler M.Y.O., İnşaat Programı Konya

### Özet

Çok katlı yapılarda genel olarak burulma düzensizliği, plan geometrisinin veya taşıyıcı eleman rijitlik dağılımının simetrik olmamasından kaynaklanmaktadır. Ancak, gerek plan geometrisi gerekse rijitlik dağılımı bakımından simetrik olan bazı yapılarda da burulma düzensizliği olabilmektedir. Bu çalışmada plan geometrisi ve rijitlik dağılımı bakımlarından simetrik olan ve olmayan yapılarda burulma düzensizliği durumları araştırılmıştır. Bunun için, burulma düzensizliği olan ve olmayan 15 katlı üçgen, elips, kare, dikdörtgen, daire, L ve T şeklinde geometriye sahip yedi farklı türde çok katlı yapılar ele alınarak deprem etkileri altındaki davranışları incelenmiş ve uygulamada yararlı olabilecek bazı sonuçlar çıkarılmıştır. Çalışmalarda SAP 2000 paket programı versiyon 7 kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Burulma düzensizliği, rijitlik, simetrik, geometrik şekil, deprem etkisi

## TORSIONAL IRREGULARITY IN THE STRUCTURES

### Abstract

The torsional irregularity existing in the multi-storey buildings is generally caused due to non-symmetric form of the plan geometry or the load-carrying member's rigidity distribution. However, in some symmetric buildings, the torsional irregularity can also be seen in terms of plan geometry and rigidity distribution. In this study, the torsional irregularities of the constructions having symmetry or non-symmetry in terms of plan geometry or rigidity distribution were investigated. Therefore, the behaviors of multi-storeyed (15 storeyed) buildings having seven different forms of triangular, elliptical, square, rectangular, circular, L and T shaped geometries were considered and investigated under seismic effects. SAP2000 computer program was used in the studies.

Keywords: Torsional irregularity, rigidity, symmetry, geometrical form, seismic effect

### 1.Giriş

Çağdaş deprem yönetmeliklerinde, en çok göz önüne alınan düzensizlik türü planda burulma düzensizliğidir. Son yıllarda geliştirilen yönetmeliklerde genel olarak benimsenen yol %5 standart dışmerkezlikli yüklemelerden elde edilen  $\eta_b$  burulma düzensizliği katsayılarının hesaplanması, bu değer belirlenen bir sınırı (1,20) aşması halinde, arttırılmış dışmerkezliklere göre hesap yapılmasıdır.[1] Yurdumuzda yapılan bazı araştırmalarda, burulma düzensizliği konusu çok katlı yapılar için ele alınmış ve belirli tipteki perdeli çerçeve yapılar için önemli bazı sonuçlar elde edilmiştir. Burulma düzensizliğini etkileyen başlıca faktörler; yapının plan geometrisi ve planda rijitlik dağılımıdır. Kat planında, rijitlik merkezi ile kütle merkezi arasındaki eksantrisite minimumda tutulmalıdır. Rijitlik merkezi ile

kütle merkezi arasında eksantrisite olması ve yatay kuvvetlerin etkimesi durumunda, kat düzeyinde burulma momenti oluşur.[4] Kat burulma momenti kolonlarda ek kesme kuvvetleri oluşturur. Deprem yükleri altında zaten yüksek kesme kuvvetlerine maruz bulunan kolonlara, bir de kat burulma momentinden ek kesme kuvvetlerinin gelmesi istenmeyen bir durumdur. Kat burulma momentini azaltmak veya eğer mümkünse, tümden yok etmek için, kütle merkezi ile rijitlik merkezinin birbirine yaklaşması veya çakışması gerekmektedir. Kütle merkezi hemen hemen sabittir. Kütle merkezinin konumunu değiştirmek için kat içindeki kütle dağılımını değiştirmek gerekir ki, bu çok zordur. Ancak, rijitlik merkezi kolon rijitlikleri ile oynayarak değiştirilebilir [1]

Bu çalışmada geometri ve rijitlik dağılımı bakımından tümüyle simetrik olan ve simetrik olmayan yapılar ele alınarak oluşan burulma düzensizlikleri araştırılmış ve karşılaştırmalar yapılmıştır.

## 2. Burulma Düzensizliği Araştırılan Yapılar

Bu bölümde gerek plan geometrisi, gerekse rijitlik dağılımı bakımından düzenli olan ve düzenli olmayan yedi adet tipik yapı ele alınarak deprem hesabı sonuçları irdelenecektir. Tipik yapılar 15 katlı olup, kat yükseklikleri 3.00 m'dir. Böylece toplam yapı yüksekliği  $H_N = 45.00$  m olmaktadır. Deprem hesaplarında Etkin Yer İvme Katsayısı  $A_0=0.4$ , Karakteristik Zemin Periyodu  $T_A=0.15$ ,  $T_B=0.60$ , Bina Önem Katsayısı  $I=1$  olarak alınmıştır. Bütün örneklerde, tüm katlardaki kirişler 40x50cm boyutunda, kolonlar ise 80x80cm boyutundadır. Perde kalınlığı ise 20cm olarak belirlenmiştir. Analiz ve boyutlandırma hesaplarının ayrıntıları burada gösterilmemiştir.

### 2.1.Örnek 1: Kare Bina

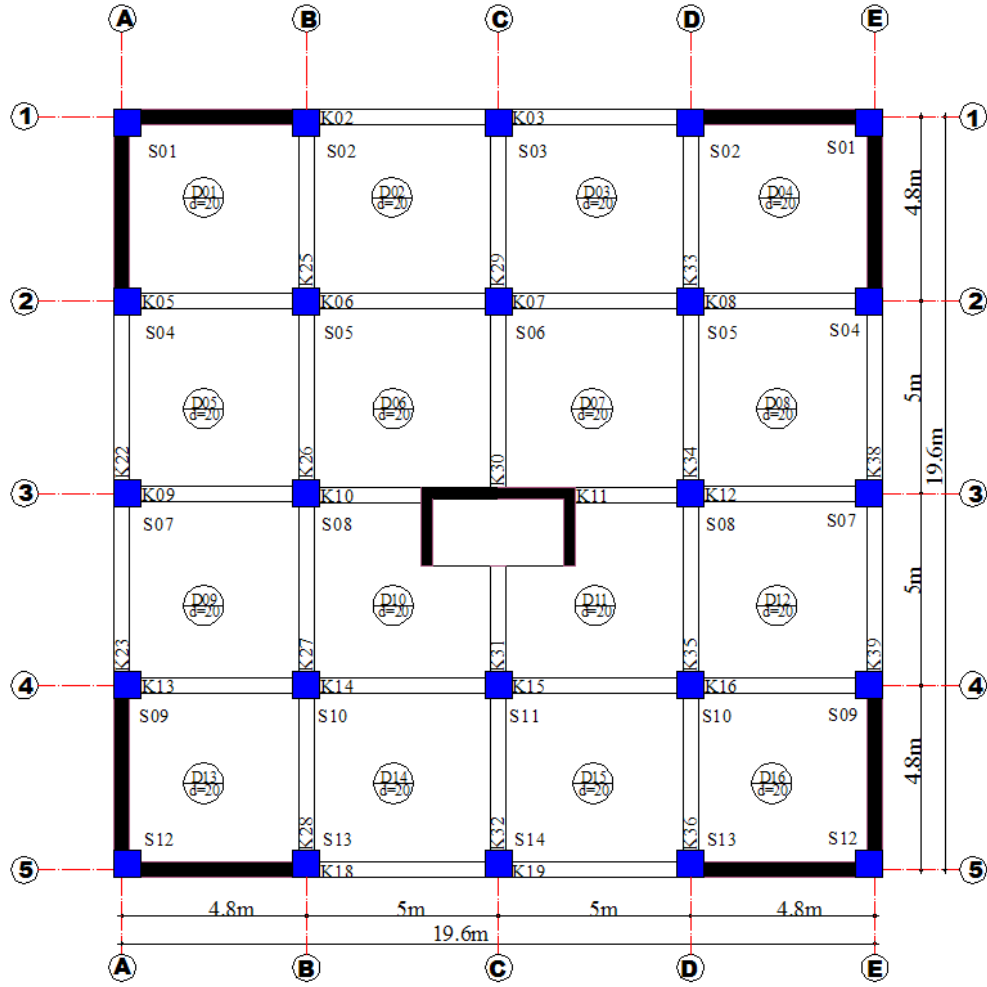
Düşey taşıyıcı elemanları kolon ve perdeden oluşan kare şeklinde seçilen binanın ölçüleri 2000 x 2000cm şeklinde belirlenmiştir. Binanın kat planı Şekil 1'de gösterilmiştir.

Deprem analizi sonunda elde edilen X ve Y doğrultularındaki  $\eta_b = \Delta_{\max} / \Delta_{\text{ort}}$  katsayıları Çizelge 1'de gösterilmiştir.

Çizelgedeki  $\eta_b$  değerlerinin 1'den büyük olmalarının nedeni, bunların  $\pm 0.05$  dışmerkezlikli yüklemelere göre hesaplanmış bulunmalarındadır. Çizelgenin incelenmesinden görüleceği gibi her iki doğrultuda, bazı katlarda burulma değeri 1.2'yi geçmektedir. Diğerlerinde burulma düzensizliği bulunmamaktadır.

### 2.2. Örnek 2: Daire Bina

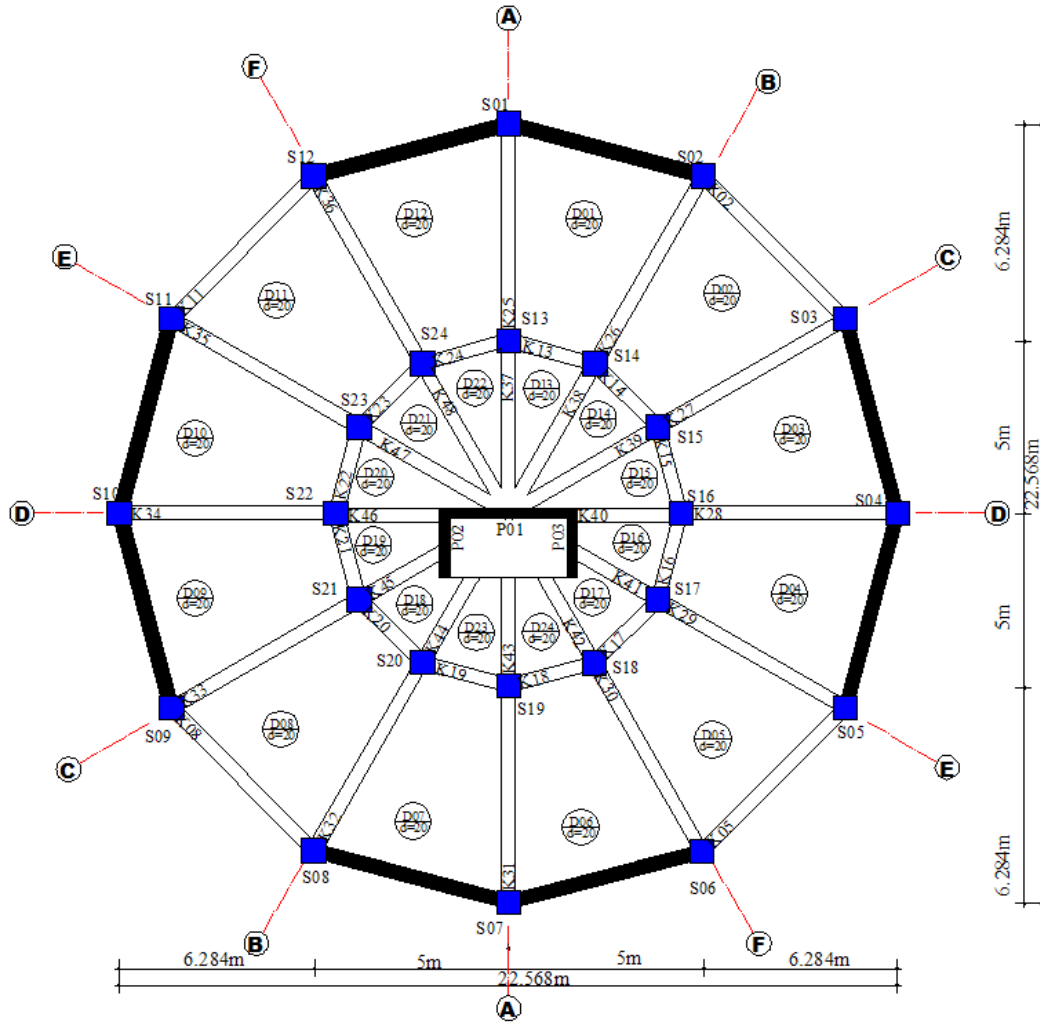
Düşey taşıyıcı elemanları kolon ve perdeden oluşan daire şeklinde seçilen binanın ölçüleri içerde kalan dairenin yarıçapı 5m, dışarıdaki dairenin yarıçapı 11.284m olarak seçilmiştir. Binanın kat planı Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Kare bina planı

Çizelge 1:Kare bina planına ait burulma düzensizliği sonuçları

KAT	X DOĞRULTUSU	Y DOĞRULTUSU
15	1.311	1.291
14	1.232	1.143
13	1.251	1.121
12	1.314	1.191
11	1.227	1.205
10	1.104	1.207
9	1.197	1.111
8	1.198	1.134
7	1.103	1.112
6	1.106	1.116
5	1.111	1.181
4	1.183	1.121
3	1.189	1.100
2	1.188	1.148
1	1.192	1.047



Şekil 2. Daire bina planı

Çizelge 2. Daire bina planına ait burulma düzensizliği sonuçları

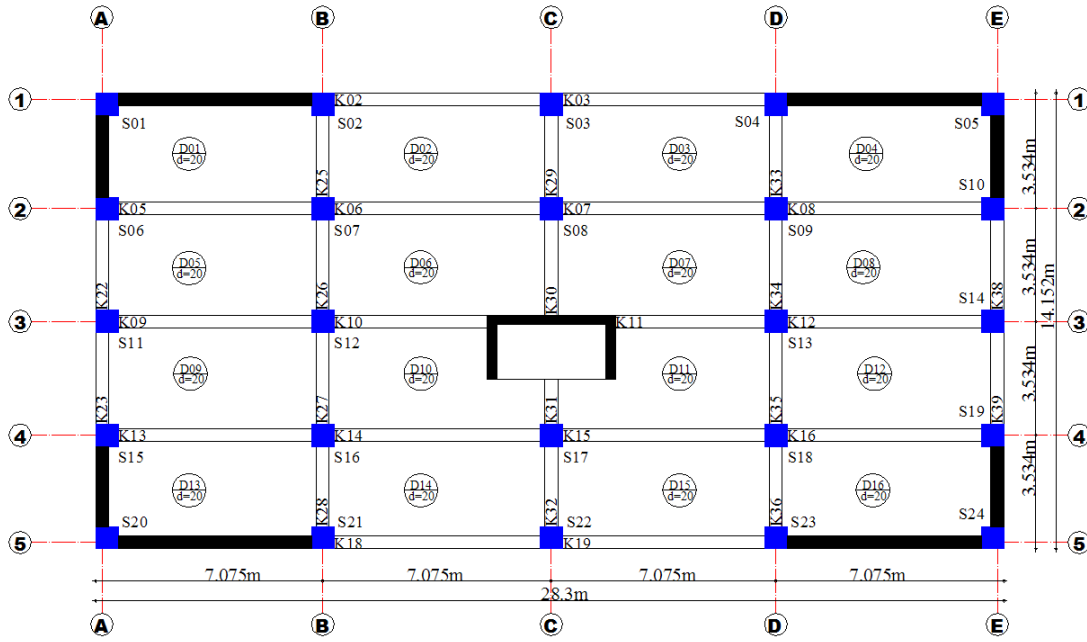
KAT	X DOĞRULTUSU	Y DOĞRULTUSU
15	1.314	1.398
14	1.094	1.163
13	1.181	1.172
12	1.124	1.099
11	1.139	1.135
10	1.323	1.347
9	1.096	1.211
8	1.099	1.204
7	1.143	1.202
6	1.216	1.318
5	1.191	1.144
4	1.251	1.351
3	1.189	1.108
2	1.108	1.058
1	1.192	1.097

Çizelgedeki  $\eta_b$  değerlerinin 1'den büyük olmalarının nedeni, bunların  $\pm 0.05$  dışmerkezlikli yüklemelere göre hesaplanmış bulunmalıdır. Çizelgenin incelenmesinden

görüreceği gibi her iki doğrultuda, burulma değerleri 1.1 ile 1.3 arasındadır. Bazı katlarda burulma sınırı aşılmıştır.

### 2.3.Örnek 3: Dikdörtgen Bina

Düşey taşıyıcı elemanları kolon ve perdeden oluşan dikdörtgen şeklinde seçilen binanın ölçüleri 28.3x14.15m şeklinde belirlenmiştir. Binanın kat planı Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3. Dikdörtgen bina planı

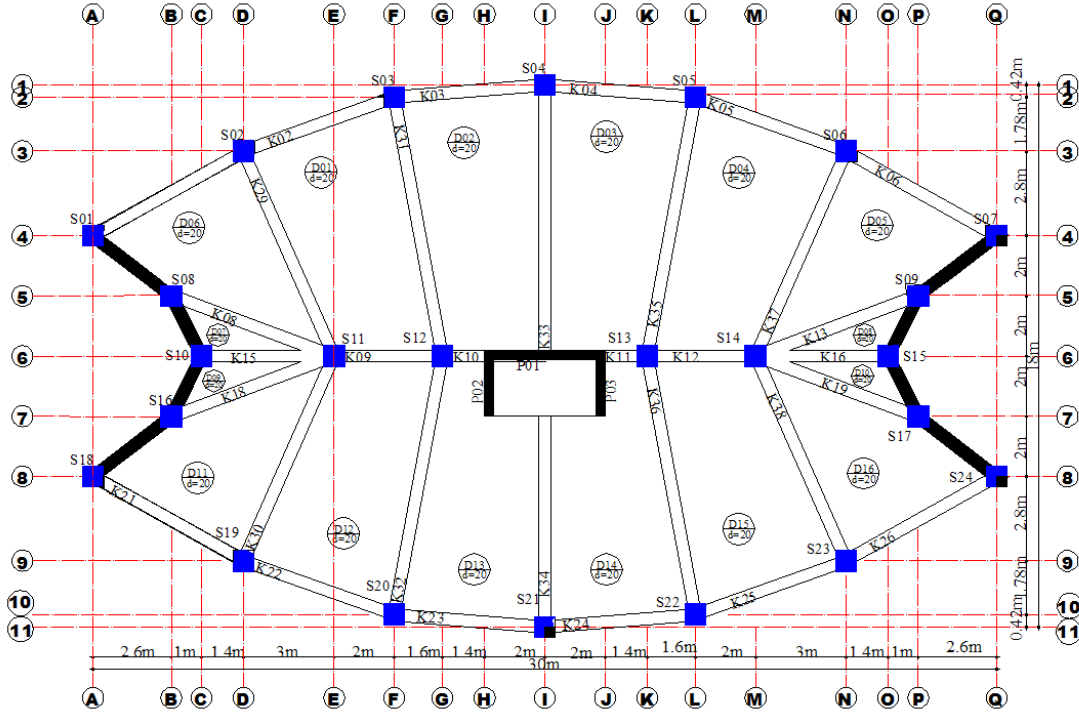
Çizelge 3. Dikdörtgen bina planına ait burulma düzensizliği sonuçları

KAT	X DOĞRULTUSU	Y DOĞRULTUSU
15	1.293	1.235
14	1.266	1.173
13	1.219	1.202
12	1.246	1.261
11	1.219	1.172
10	1.385	1.364
9	1.231	1.201
8	1.204	1.209
7	1.113	1.192
6	1.159	1.203
5	1.147	1.169
4	1.265	1.214
3	1.145	1.110
2	1.261	1.203
1	1.172	1.135

Çizelgenin incelenmesinden görüleceği gibi her iki doğrultuda, burulma değerleri 1.1 ile 1.3 arasındadır.

### 2.4.Örnek 4: Elips Bina

Düşey taşıyıcı elemanları kolon ve perdeden oluşan elips şeklinde seçilen binanın yatay uzunluğu 30m, düşey uzunluğu 18m şeklinde belirlenmiştir. Binanın kat planı Şekil 4'de gösterilmiştir.



Şekil 4. Elips bina planı

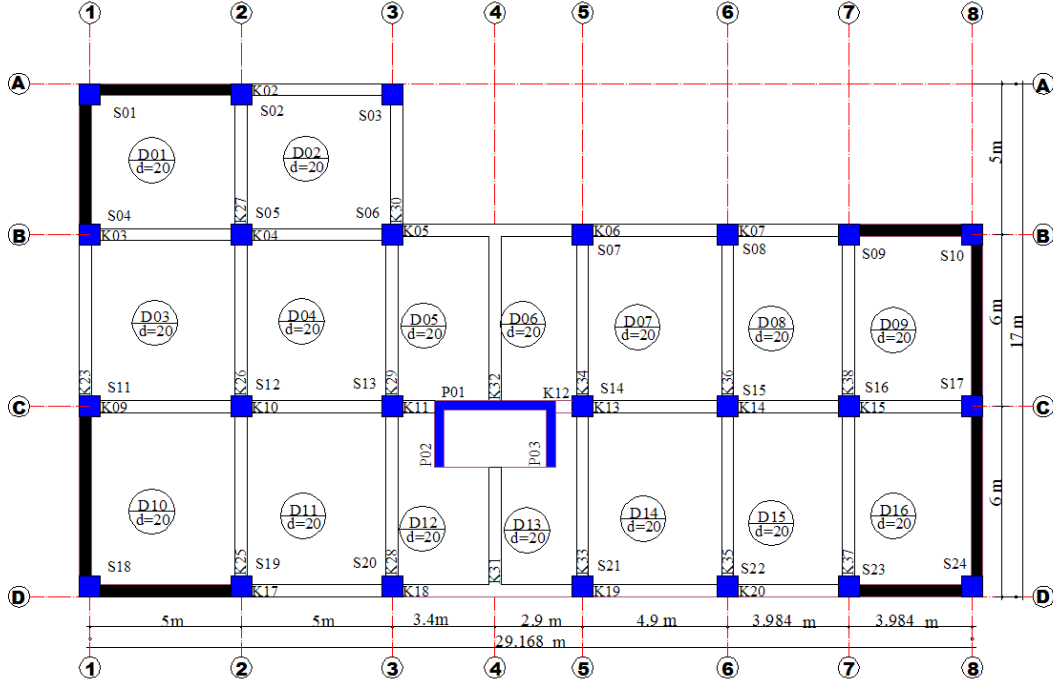
Çizelge 4. Elips bina planına ait burulma düzensizliği sonuçları

KAT	X DOĞRULTUSU	Y DOĞRULTUSU
15	2.953	2.725
14	2.166	2.833
13	2.217	2.212
12	2.182	2.411
11	2.210	2.331
10	2.322	2.364
9	2.431	2.381
8	2.224	2.412
7	2.213	2.332
6	2.519	2.301
5	2.117	2.269
4	2.415	2.414
3	2.125	2.410
2	2.121	2.423
1	2.112	2.535

Çizelgedeki  $\eta_b$  değerlerinin 1'den büyük olmalarının nedeni, bunların  $\pm 0.05$  dışmerkezlikli yüklemelere göre hesaplanmış bulunmalıdır. Çizelgenin incelenmesinden görüleceği gibi her iki doğrultuda, burulma değerleri 2'nin üzerinde çıkmıştır. Burulma sınırı çok aşılmıştır.

## 2.5.Örnek 5: L Bina

Düşey taşıyıcı elemanları kolon ve perdeden oluşan L şeklinde seçilen binada birinci dikdörtgenin alanı 170 m<sup>2</sup>, ikinci dikdörtgenin alanı da 230 m<sup>2</sup> şeklinde belirlenmiştir. Binanın kat planı Şekil 5'te gösterilmiştir.



Şekil 5. L bina plan

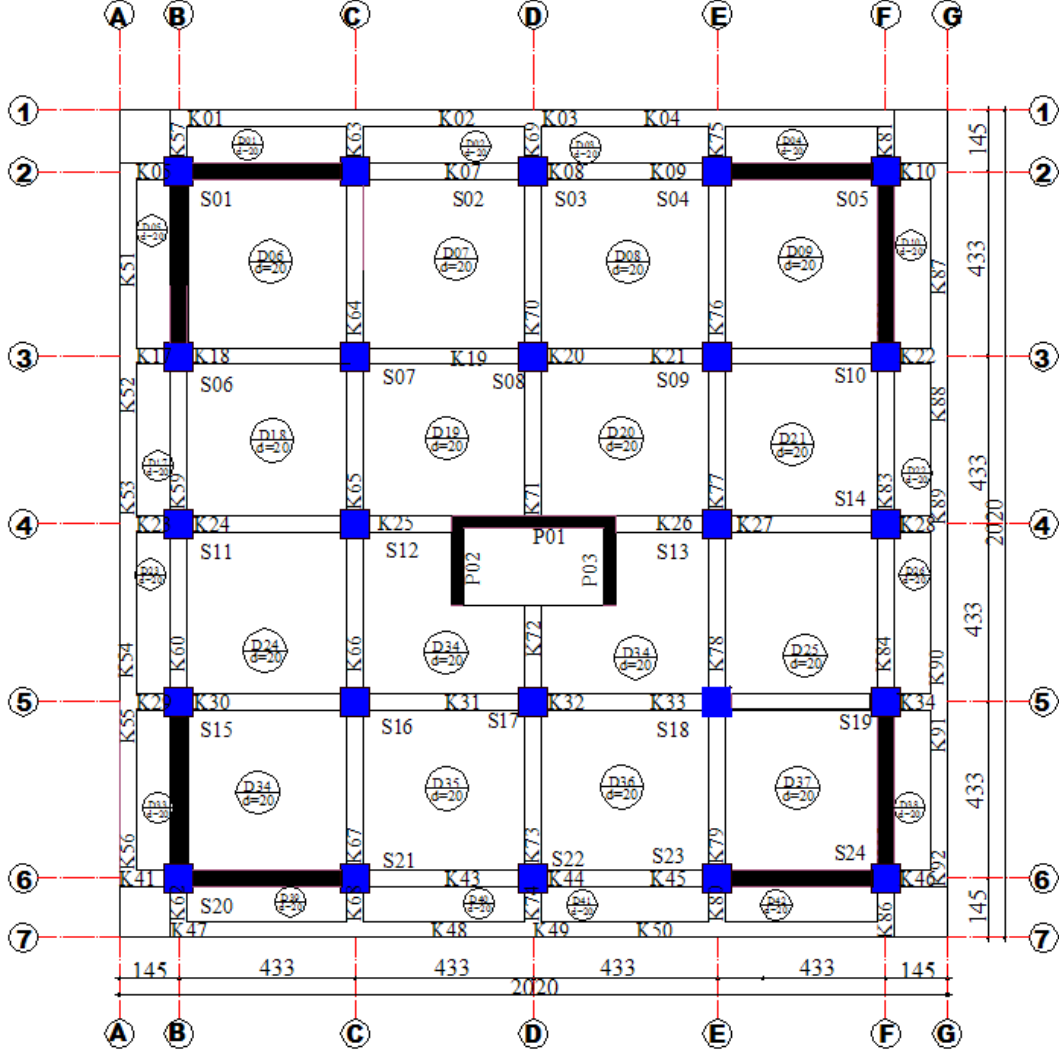
Çizelge 5. L bina planına ait burulma düzensizliği sonuçları

KAT	X DOĞRULTUSU	Y DOĞRULTUSU
15	3.245	3.571
14	3.219	3.544
13	2.861	3.452
12	2.782	2.859
11	2.691	2.505
10	3.201	3.611
9	3.121	3.786
8	3.321	3.484
7	2.411	3.489
6	2.209	2.488
5	2.211	2.500
4	2.591	2.451
3	2.671	2.628
2	2.291	2.390
1	2.386	2.381

Çizelgedeki  $\eta_b$  değerlerinin 1'den büyük olmalarının nedeni, bunların  $\pm 0.05$  dışmerkezlikli yüklemelere göre hesaplanmış bulunmalıdır. Çizelgenin incelenmesinden görüleceği gibi her iki doğrultuda, tüm katlarda burulma değerleri 2.5–3.5 arasındadır. Çok yüksek değerler bulunmuştur.

## 2.6.Örnek 6: T Bina

Düşey taşıyıcı elemanları kolon ve perdeden oluşan T şeklinde seçilen binanın içindeki dikdörtgen 15x15m, dış taraftaki dört küçük dikdörtgen 2.9x15m şeklinde belirlenmiştir. Binanın kat planı Şekil 6'da gösterilmiştir



Şekil 6. T bina planı

Çizelge 6. T bina planına ait burulma düzensizliği sonuçları

KAT	X DOĞRULTUSU	Y DOĞRULTUSU
15	1.691	1.671
14	1.556	1.563
13	1.418	1.409
12	1.497	1.406



11	1.302	1.326
10	1.303	1.318
9	1.408	1.371
8	1.211	1.241
7	1.221	1.211
6	1.244	1.209
5	1.231	1.261
4	1.191	1.121
3	1.111	1.141
2	1.132	1.119
1	1.210	1.299

Çizelgenin incelenmesinden görüleceği gibi her iki doğrultuda, tüm katlarda burulma değerleri en yüksek 1.5 olarak bulunmuştur.

### 2.7.Örnek 7: Üçgen Bina

Düşey taşıyıcı elemanları kolon ve perdeden oluşan üçgen şeklinde seçilen binada yükseklik 26.344m, genişlik 30.42m şeklinde belirlenmiştir. Binanın kat planı Şekil 7’de gösterilmiştir.

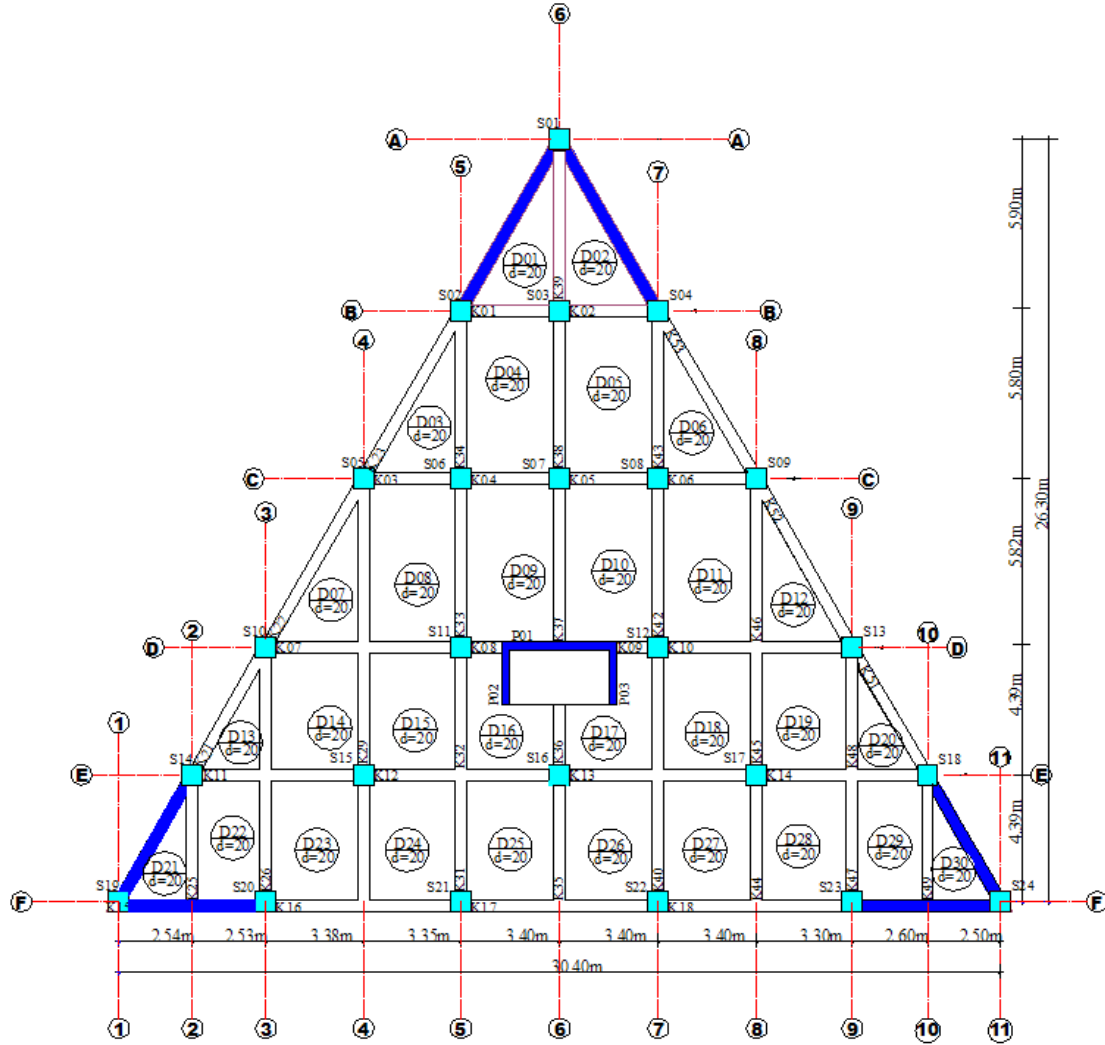
Çizelgedeki  $\eta_b$  değerlerinin 1’den büyük olmasının nedeni, bunların  $\pm 0.05$  dışmerkezlikli yüklemelere göre hesaplanmış olmalarıdır. Çizelgenin incelenmesinden görüleceği gibi her iki doğrultuda, tüm katlarda burulma değerleri 2.5’in üstündedir.

### 3. Sonuçlar

Bu çalışmada ele alınan yapıların yatay yükler altındaki davranışlarının incelenmesinden aşağıdaki sonuçlar çıkarılmıştır.

Geometri ve rijitlik dağılımı bakımlarından düzenli olan yapılarda da, burulma düzensizliği meydana gelmektedir. Bu tür yapılarda burulma düzensizliğinin nedeni, kenar akslardaki rijitliklerin düşük olmasıdır. Burulma düzensizliklerini gidermek için, kenar akslardaki taşıyıcı elemanların boyutlarını artırmak gerekir.

Sonuç olarak, yedi tane örnek binanın burulma düzensizlikleri karşılaştırıldığında X ve Y yönünde en düşük burulma düzensizliği kare ve daire kesitli örneklerde en yüksek değer ise elips şeklindeki kesitte bulunmuştur (Çizelge 8). Daire ve kare kesitte ortaya çıkan burulma değerleri, elips kesitten 1.5 kat, L kesitten ise yaklaşık 2.5 kat daha düşüktür. Burulma düzensizliğini önlemek için seçilecek binanın simetrik olmasına dikkat edilmelidir. Ayrıca kütle merkeziyle rijitlik merkezinin çakışması çok önemlidir.



Şekil 7. Üçgen bina planı

Çizelge 7. Üçgen plana ait burulma düzensizliği sonuçları

KAT	X DOĞRULTUSU	Y DOĞRULTUSU
15	1.691	1.671
14	1.556	1.563
13	1.418	1.409
12	1.497	1.406
11	1.302	1.326
10	1.303	1.318
9	1.408	1.371
8	1.211	1.241
7	1.221	1.211
6	1.244	1.209
5	1.231	1.261
4	1.191	1.121
3	1.111	1.141
2	1.132	1.119
1	1.210	1.299

Çizelge 8. Tüm bina tipleri burulma düzensizlik sonuçlarının karşılaştırma tablosu

KARŞILAŞTIRMA TABLOSU

Kat	Kare Bina		Daire Bina		Dikdörtgen Bina		Elips Bina		L Bina		T Bina		Üçgen Bina	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
15	1.311	1.291	1.314	1.398	1.293	1.235	2.953	2.725	3.245	3.571	1.691	1.671	1.691	1.671
14	1.232	1.143	1.094	1.163	1.266	1.173	2.166	2.833	3.219	3.544	1.556	1.563	1.556	1.563
13	1.251	1.121	1.181	1.172	1.219	1.202	2.217	2.212	2.861	3.452	1.418	1.409	1.418	1.409
12	1.314	1.191	1.124	1.099	1.246	1.261	2.182	2.411	2.782	2.859	1.497	1.406	1.497	1.406
11	1.227	1.205	1.139	1.135	1.219	1.172	2.210	2.331	2.691	2.505	1.302	1.326	1.302	1.326
10	1.104	1.207	1.323	1.347	1.385	1.364	2.322	2.364	3.201	3.611	1.303	1.318	1.303	1.318
9	1.197	1.111	1.096	1.211	1.231	1.201	2.431	2.381	3.121	3.786	1.408	1.371	1.408	1.371
8	1.198	1.134	1.099	1.204	1.204	1.209	2.224	2.412	3.321	3.484	1.211	1.241	1.211	1.241
7	1.103	1.112	1.143	1.202	1.113	1.192	2.213	2.332	2.411	3.489	1.221	1.211	1.221	1.211
6	1.106	1.116	1.216	1.318	1.159	1.203	2.519	2.301	2.209	2.488	1.244	1.209	1.244	1.209
5	1.111	1.181	1.191	1.144	1.147	1.169	2.117	2.269	2.211	2.500	1.231	1.261	1.231	1.261
4	1.183	1.121	1.251	1.351	1.265	1.214	2.415	2.414	2.591	2.451	1.191	1.121	1.191	1.121
3	1.189	1.100	1.189	1.108	1.145	1.110	2.125	2.410	2.671	2.628	1.111	1.141	1.111	1.141
2	1.188	1.148	1.108	1.058	1.261	1.203	2.121	2.423	2.291	2.390	1.132	1.119	1.132	1.119
1	1.192	1.047	1.192	1.097	1.172	1.135	2.112	2.535	2.386	2.381	1.210	1.299	1.210	1.299

**Kaynaklar**

- [1] Aka, İ. ve Keskinel, F., Arad, T.S. (1996) Betonarme Yapı Elemanları, Birsen Yayınevi.
- [2] Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (1997) İnşaat Mühendisleri Odası.
- [3] Celep,Z., Kumbasar, N ., (1996) Betonarme Yapılar, Sema Matbaacılık, İstanbul
- [4] Kara, E., (2001) Yapılara Etki Eden Deprem Kuvvetleri İle Yapıların Taşıyıcı Sistemlerinin Tasarlanması Arasındaki İlişkilerin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi,Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde.
- [5] Döndüren M.S., (2003), ‘‘Planda değişik geometriye sahip çok katlı betonarme yapıların zaman- tanım aralığında dinamik analizi’’, Yüksek Lisans Tezi,Selçuk Ün. Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.