

Düşey Düzensizliğe Sahip Betonarme Yapıların Performans Analizi

¹Necati Mert ^{*2}Najibullah Ahmadi ¹Hüseyin Kasap
¹Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Türkiye
^{*2}Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Türkiye

Özet:

Bu çalışmada betonarme yapılarda düzenli bir referans yapı modelinden farklı 4 model ayrı ayrı oluşturularak elde edilen düşey düzensizlik durumunun yapısal davranışı incelenmiştir. Referans modeli, 30x30m toplam 900m² taban alanına sahip, x ve y akslarında 6 açıklıklı, simetrik olmayan düzenli bir yapı sistemine sahiptir. Referans modelden oluşturulan 4 modelin kat alanları farklı şekillerde azaltılmıştır ve her modelin kendine özgü farklı düzensizlikleri bulunmaktadır. Tüm modeller, zemin katta 3,2 metre, normal katlara 3 metre kat yüksekliğine sahip olmak üzere 10 katlı betonarme çerçeve sistemlerdir. Modellerde 1. derece deprem bölgesi ve ZC zemin sınıfı dikkate alınmıştır. Tüm modellerin analizinde SAP2000 sonlu elemanlar analiz programı kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Plandaki düzensizlikler, Doğrusal olmayan analiz, Performans değerlendirme, Betonarme yapı.

Abstract

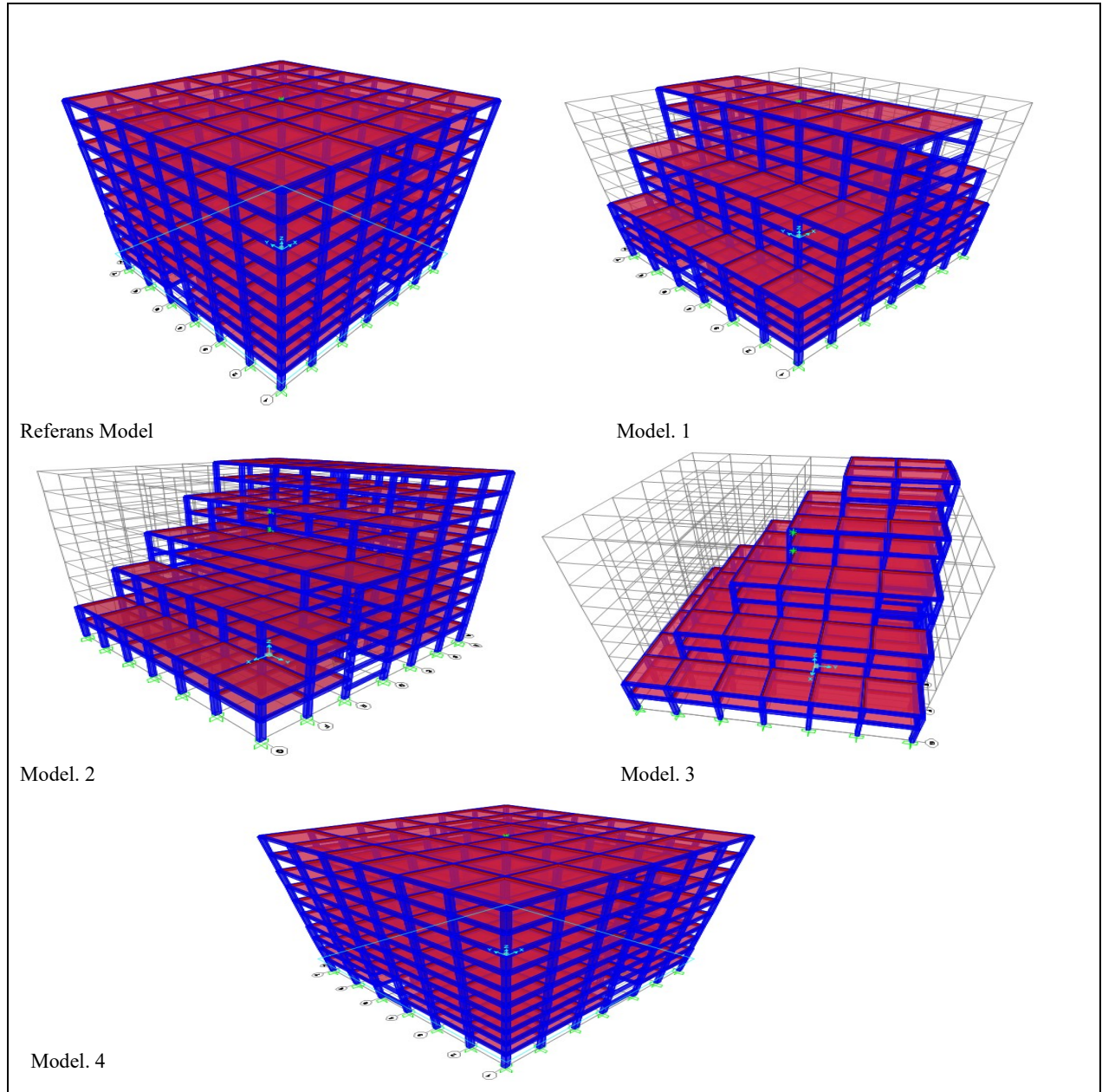
In this study, the structural behavior of the vertical irregularity situation obtained by constructing 4 different models separately from a regular reference structure model in reinforced concrete structures was investigated. The reference model has a non-symmetrical regular construction system with a total floor area of 30x30m and a total floor area of 900m², with 6 spans in the x and y axes. The floor areas of the 4 models created from the reference model have been reduced in different ways and each model has its own unique irregularities. All models are 10-storey reinforced concrete frame systems with a floor height of 3.2 meters on the ground floor and 3 meters on normal floors. 1st degree earthquake zone and ZC soil class are taken into account in the models. SAP2000 finite element analysis program was used in the analysis of all models.

Keywords: Irregularities in the plan, Non-linear analysis, Performance evaluation, Reinforced concrete structure .

1. Giriş

Depremler tarih boyunca dünyanın hemen her yerinde yıkıcı felaketlerden biri olmuştur. Betonarme yapılarda düşey elemanların süreksizliğinden dolayı oluşan düzensizlikler nedeniyle depremden dolayı ciddi hasar veya çökmeler oluşmaktadır. Döşemeler esas olarak düşey yükleri karşılar ve gelen yükleri kirişler üzerinden kolonlara iletir. Ayrıca diyafram özelliği nedeniyle yatay yüklerin düşey taşıyıcı elemanlara dağılımı döşemeler tarafından yapılmaktadır. Bu durum binaların kütle dağılımını etkileyerek, binanın deprem yükleri altındaki davranışlarında etkin rol oynar. Bu çalışmada 10 katlı olmak üzere bir referans model ile 4 tip farklı betonarme yapı modeli ayrı tasarlanıp analiz edilmiştir. Referans model, simetrik olmayan bir plan yapısına sahip olup döşeme düzensizliği olan bir yapıdır. Referans modelinden alınan 4 modelin kat alanları farklı şekillerde azaltılmıştır ve her modelin kendine özgü farklı düzensizlikleri bulunmaktadır. Analizden elde edilen sonuçlar; grafik ve çizelgeler ile karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

*Corresponding author: Address: Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering Sakarya University, 54187, Sakarya TURKEY. E-mail address:mert@sakarya.edu.tr, Phone: +902642955753



Şekil 1. Hazırlanan 10 katlı modellerin 3 boyutlu görünüşleri

2.1. Yapı analizde kullanılan malzeme ve kombinasyonlar

Yapı modelde C25 sınıfı beton ve S420 sınıfı donatı kullanılmıştır. Betonarme çerçevesel yapı modelin yüklemesi için düşey yükler ve deprem yüklerin ortak etkisinden ($0.9\ddot{O}+1.0H$, $1.2\ddot{O} + 1.0D + H + 0.2K$, $1.0\ddot{O} + 0.3H + 0.2K$) oluşan birleşimler göz önüne alınarak kullanılmıştır. Bu birleşimlerde \ddot{O} ; ölü yükler, H; hareketli yükler, K; kar yükleri ve D; deprem yükleri olarak tanımlanmaktadır. Analizde deprem yükleri ise x ve y yönünde alınmıştır.

Tüm modellerin genel parametreleri	
Modellerin Özellikleri	
Kullanım Amacı	Konut
Kat Sayısı	10 Kat
Bina Oturma Alanı	900m ²
Zemin kat yüksekliği	3.2m
Normal kat yüksekliği	3m
Döşeme kalınlığı	18cm
Toplam Bina Yüksekliği	32m
Toplam bina uzunluğu	30m
Bina Taşıyıcı Sistemi	Betonarme Çerçeve

Deprem parametreleri	
Deprem Parametreler	
S _S (Kısa Periyod bölgesi için harita spektral ivme katsayısı)	1.672
S ₁ (1.0 saniye periyod için harita spektral ivme katsayısı)	0.457
Zemin Sınıfı	ZC
Bina Kullanım Sınıfı (BKS)	3
Bina Önem Katsayısı	1
Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DD-2

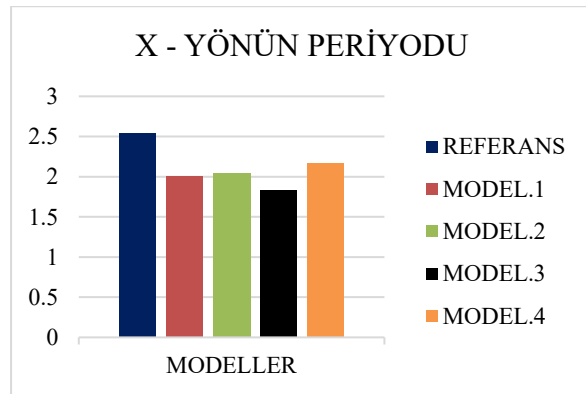
3. Periyot Karşılaştırılması

10 katlı modeller için x ve y doğrultuda periyotlar Tablo 1'de gösterilmiştir.

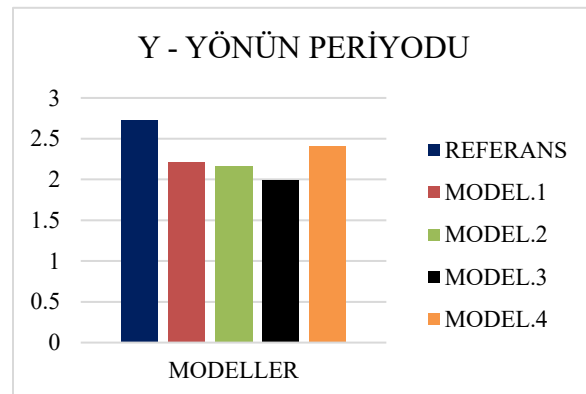
Tablo 1. 10 Katlı modellerin periyotlarının karşılaştırılması (sn)

Yön	Referans	Model.1	Model.2	Model.3	Model.4
X	2.538	2.008	2.042	1.834	2.173
Y	2.732	2.209	2.163	1.991	2.409

Tablo 1'de belirtilen 10 katlı modellerin periyotları en düşük olan modeller model 2 ve model 3 olduğu görülmektedir. Periyot belirli yükler altında yapının salınım sürelerini göstermektedir. Model 4 ve referans modelde periyotların yüksek olma sebebi binanın ağırlığından ve bina hacminin yüksekliğinden kaynaklanmaktadır. Model 2 ve 3'te ise periyodun düşük olma sebebi katların hacminin azaltılması ve kat kütlelerinin azalmasından kaynaklanıyor. Şekil 3.1 ve 3.2 de X ve Y yönün periyotları açıklamaktadır.



Şekil 3.1. 10 Katlı modellerin periyotları karşılaştırılması

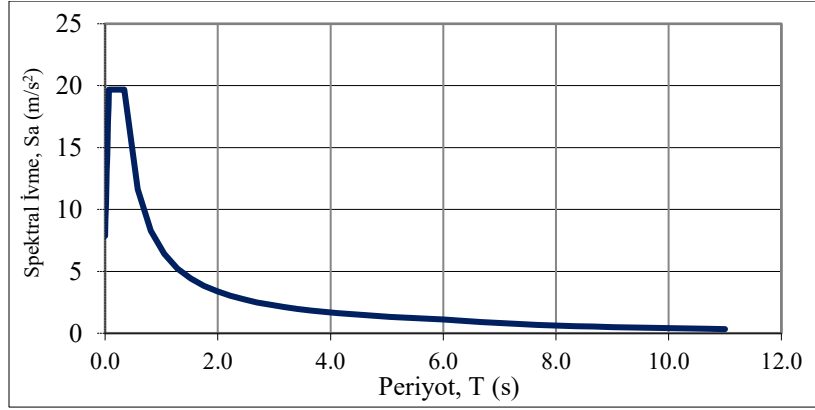


Şekil 3.2. 10 Katlı modellerin periyotları karşılaştırılması

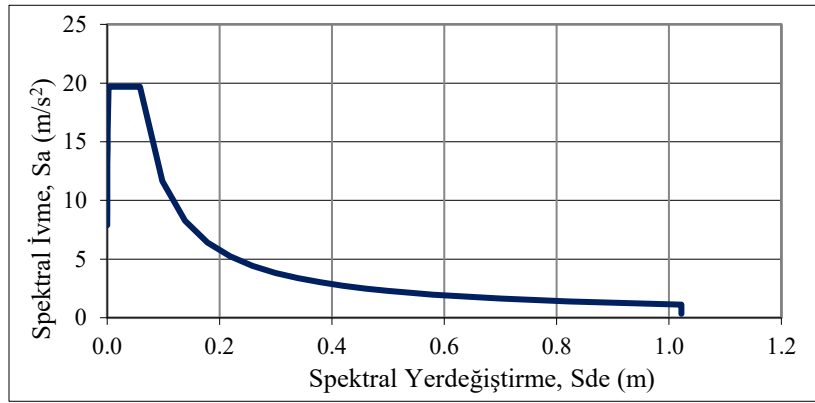
3.1. Performans Noktalarının Tespiti

Deprem tasarımı DD-2 için elastik tepki spektrumları, ZC zemin tipi için zemin özellikleri göz önüne alındığında, denklem 1 kullanılarak Şekil 3.3'te gösterilmiştir, bu diyagram daha sonra spektral ivme grafiğine sahip olan sismik talep eğrisine dönüştürülür. Şekil 3.4'te gösterilen spektral yer değiştirme grafiği.

$$S_{ae}(T) = \left[0.4 + 0.6 \frac{T}{T_A} \right] S_{DS} \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (1)$$



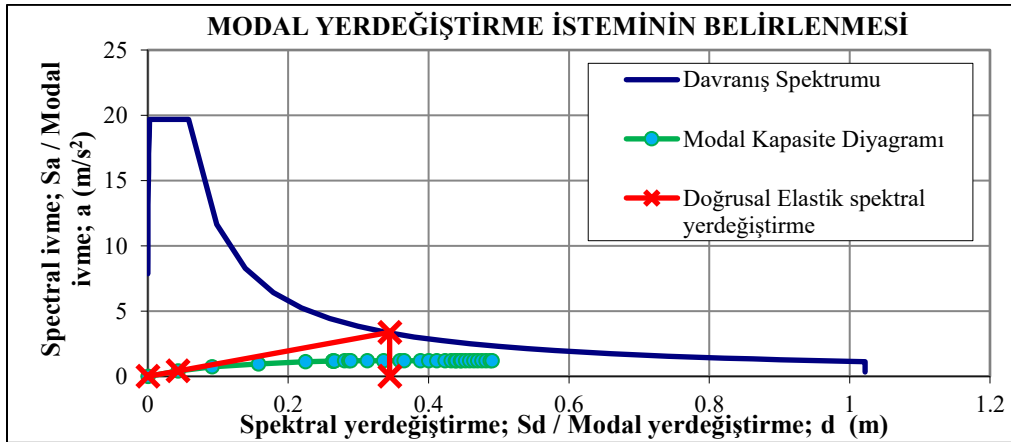
Şekil 3.3 Yatay elastik tasarım spektrumu



Şekil 3.4 Yatay elastik spektral yerdeğİştİrmeler

Son olarak hem kapasite hem de talep eğrisini geliştirdikten sonra, aynı koordinatlarda çizilirler ve sismik yer değİştirme talebi, analitik prosedüre dayanarak model yer değİştirme (yani elastik olmayan spektral yer değİştirme) açısından belirlenir. 10 katlı model için sismik yer değİştirme talebinin tahmini grafiksel olarak Şekil 3.5'te sunulmaktadır.

Şekil 3.5. Model. 1'in yer değİştirme belirlenmesi



Tablo 2. Model. 1'in kapasite diyagramı ve depremin binadan talep ettiği yer değiştirme

Modal Kapasite Diyagramı				Üçüncü modal Eğri		
#	Dd (m)	a (m/s ²)	Alan	d (m)	a (m/s ²)	Alan
0	0	0	0	0	0	0
1	0.04292	0.41985	0.00901	0.0884	0.8649	0.03824
2	0.09141	0.71769	0.02758	0.3445	1.1941	0.26364
3	0.15762	0.94722	0.05511	Toplam = 0.30188		
4	0.22435	1.11824	0.06892			
5	0.26333	1.17359	0.04466			
6	0.26333	1.17359	0.00000			
7	0.26489	1.17504	0.00183			
8	0.26562	1.17709	0.00086			
9	0.28021	1.18753	0.01725			
10	0.28605	1.18993	0.00694			
11	0.28897	1.19070	0.00347			
12	0.31232	1.19269	0.02783			
13	0.33567	1.19342	0.02786			
14	0.34451	1.19406	0.01055			
15	0.00000	0.00000	0.00000			
16	0.00000	0.00000	0.00000			
17	0.00000	0.00000	0.00000			
18	0.00000	0.00000	0.00000			
19	0.00000	0.00000	0.00000			
20	0.00000	0.00000	0.00000			
Toplam =			0.30188			

Deprem Talebi	
ω^2	9.78
T (sn)	2.009
a_{vt}	0.865
S_{act}	3.37
R_{vt}	3.90
C_{R1}	1.00
S_{det}	0.3445
S_{dit}	0.3445
u (m)	0.5230

u =Target displacement

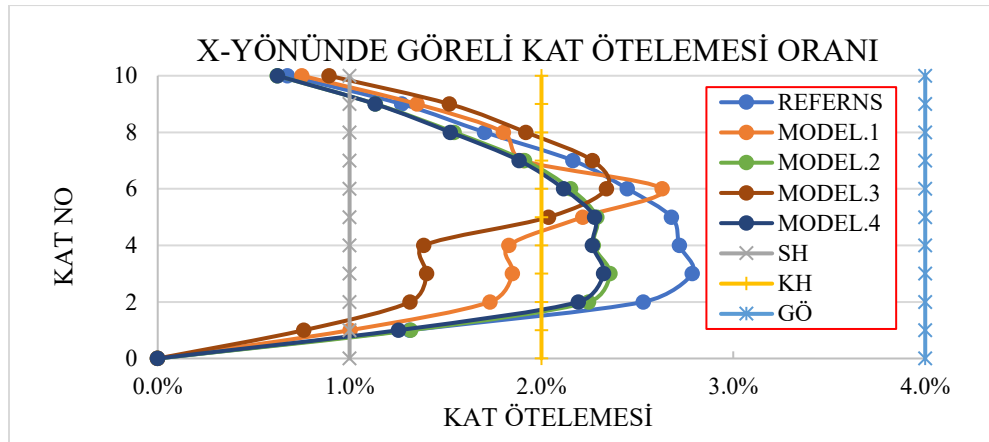
3.2. Görelî Kat Ötelemelerinin Karşılaştırılması

Görelî kat ötelemelerinin yer değiştirmesi ardı ardına gelen iki katın arasındaki yer değişimini belirtir. On katlı model için yapılan analizler sonucunda elde edilen sonuçlar X yönünde Tablo 3'te ve Y yönünde Tablo 4'te gösterilmiştir.

Tablo 3. Modellerin (X) yönünde görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılması Δ_i (mm)

KAT	REFERNS	MODEL.1	MODEL.2	MODEL.3	MODEL.4
1	13.1	10.0	13.2	7.6	12.5
2	25.3	17.3	22.5	13.2	21.9
3	27.9	18.5	23.6	14.0	23.2
4	27.2	18.3	22.7	13.9	22.7
5	26.8	22.2	22.9	20.4	22.8
6	24.5	26.3	21.5	23.4	21.2
7	21.6	19.1	19.1	22.7	18.8
8	17.0	18.0	15.5	19.2	15.3
9	12.7	13.5	11.4	15.2	11.3
10	6.8	7.5	6.2	8.9	6.2

Tablo 4'te belirtildiği gibi 10 katlı modeller arasında X doğrultusunda diğer modellere kıyasla daha çok yer değiştirmeyi yapan model referans modeldir. Referans modelin maksimum yer değiştirmesi 27.9mm ile üçüncü katındadır. Model 3 de ise diğer modellere göre en az yer değiştirmeyi sahip olup beşinci katındaki maksimum yer değiştirmesi 20.4 mm'dir.



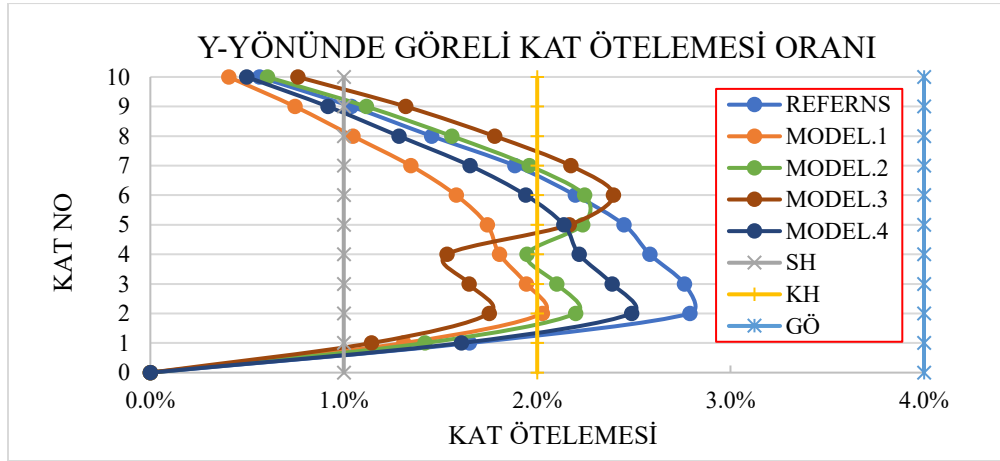
Şekil 3.6. 10 Katlı modellerin X doğrultusunda görelî kat ötelemelerinin karşılaştırılması

Referans model diğer modellere göre yüklerle karşı yetersizdir. Referans modelin 1, 7, 8, 9, 10 katları minimum hasar bölgeler arasında yer alır (SH) SH hasar sınırına kadar olan bölge minimum hasar bölgesidir. ve 2, 3, 4, 5, 6 katları ileri hasar bölgede yani (KH) ile (GÖ) bölgeler arasındadır. Birinci modelin 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10 katları (SH) minimum hasar bölge ile (KH) belirgin hasar bölgeler arasında bulunmaktadır. Ve 5, 6 katları ileri hasar bölgede yani (KH) ile (GÖ) bölgeler arasındadır. İkinci modelin 1, 7, 8, 9, 10 katları belirgin hasar bölgede yani (SH) ile (KH) arasında ve kalan 2, 3, 4, 5, 6 katları ileri hasar bölgede (KH) ile (GÖ) arasında yer almaktadır. Üçüncü modelin 1, 2, 3, 4, 8, 9, 10 katları belirgin hasar bölgede (SH) ile (KH) arasında kalan 5, 6, 7 katları ileri hasar bölgede (KH) ile (GÖ) arasında yer alır. Dördüncü modelin 1, 7, 8, 9, 10 katları belirgin hasar bölgede (SH) ile (KH) arasında ve 2, 3, 4, 5, 6 katları ileri hasar bölgesinde (KH) ile (GÖ) arasında yer alır. İlk modeldeki bu güvenlik açığının yüzdesi diğer modellere göre daha düşüktür. X yönündeki düzensiz deformasyona rağmen, en kararlı model ilk modeldir.

Tablo 4. Modellerin (Y) yönüne görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılması Δ_i (mm)

KAT	REFERANS	MODEL 1	MODEL 2	MODEL 3	MODEL 4
1	16.5	13.1	14.2	11.4	16.1
2	27.9	20.3	22.0	17.5	24.9
3	27.6	19.4	21.0	16.5	23.9
4	25.8	18.1	19.5	15.3	22.2
5	24.5	17.4	22.3	21.6	21.4
6	22.0	15.8	22.5	23.9	19.4
7	18.8	13.5	19.6	21.7	16.5
8	14.5	10.5	15.6	17.8	12.9
9	10.4	7.5	11.2	13.2	9.2
10	5.6	4.1	6.0	7.6	5.0

Tablo 5'te verilen değerlere göre 10 katlı modeller içerisinde y yönünde diğer 4 modelden daha çok yer değiştirme yapan bir referans modeli olduğu anlaşılmakta olup maksimum yer değiştirmesi 27.9 mm olarak yapının ikinci katında yer almaktadır.



Şekil 4.11. 10 Katlı modellerin Y doğrultusunda görelî kat ötelemelerinin karşılaştırılması

Y yönünde de en yetersiz model referans modeldir. Referans modelin 1, 7, 8, 9, 10 katları belirgin hasar seviyeler (SH) ile (KH) arasındadır ve 2, 3, 4, 5, 6 katları ileri hasar seviyede yani (KH) ile (GÖ) arasında yer alır. Birinci modelin tüm katları belirgin hasar seviyede (SH) ile (KH) arasında yer almaktadır. İkinci modelin 1, 4, 7, 8, 9, 10 katları belirgin hasar seviyeler (SH) ile (KH) arasında ve kalan 2, 3, 5, 6 katları ileri hasar seviyeler (KH) ile (GÖ) arasında bulunmaktadır. Üçüncü modelin 1, 2, 3, 4, 8, 9, 10 katları belirgin hasar seviyeler (SH) ile (KH) arasında ve kalan 5, 6, 7 katları ileri hasar seviyeler (KH) ile (GÖ) arasında yer alır. Dördüncü modelin 1, 6, 7, 8, 9, 10 katları belirgin hasar seviyelerde (SH) ile (KH) ve 2, 3, 4, 5 katları ileri hasar seviyeler (KH) ile (GÖ) arasında yer almaktadır. Y yönündeki en kararlı model birinci modeldir. Tüm modellerin hem X hem de Y yönündeki performansları incelendikten sonra güç ve yeterli için kesin seçimin ilk modelden olduğu söylenebilir.

4. Sonuç:

Bu çalışmada, betonarme yapılarda düzenli bir referans yapı modelinden farklı 4 model oluşturularak elde edilen düşey düzensizlik durumunun yapısal davranışı incelenmiştir, yapı modellerin üzerindeki etkiler ve diğer çalışmalardan ayıran farkı, yapılarda düşey elemanların süreksizliğinden dolayı oluşan düzensizlikler özellikle depremler olmak üzere dış etkenlere karşı binaların yeterliliği ve dayanımı, periyot değişimi, görelî kat ötelemeleri, kat yer değiştirmeleri, ile performans durumu gibi parametreleri karşılaştırılmalı olarak grafikler ve tablo halinde gösterilmiştir. nedeniyle depremden dolayı ciddi hasar veya çökmeler oluşmaktadır, Bu çalışma kapsamında toplam beş adet 10 katlı betonarme yapı modeli, ayrı ayrı tasarlanmış ve analiz edilmiştir. Referans modeli, 30x30m toplam 900m² taban alanına sahip, x ve y akslarında 6 açıklıklı, simetrik olmayan düzenli bir yapı sistemine sahiptir. Referans modelden oluşturulan 4 modelin kat alanları farklı şekillerde azaltılmıştır ve her modelin kendine özgü farklı düzensizlikleri bulunmaktadır. Tüm modeller, zemin katta 3,2 metre, normal katlara 3 metre kat yüksekliğine sahip olmak üzere 10 katlı betonarme çerçeve sistemlerdir. Modellerde C25 sınıfı beton, S420 sınıfı çelik kullanılmıştır, Tüm modellerin analizinde SAP2000 sonlu elemanlar analiz

programı kullanılmıştır. Gerçekleştirilen analizlerde düşey süreksizliğe sahip betonarme yapı modellerinde konut ve işyeri binaları için hedeflenen Kontrollü Hasar(Can Güvenliği) hedefine ne ölçüde ulaşıldığı araştırılmıştır.

Binanın periyot değişimi, yapı modellerin yapısal davranışa etkisi göz önüne alındığında, modeller arasında X ve Y olmak üzere her iki yönde de en yüksek periyodu referans model sahiptir bu periyodun miktarı X yönünde 2.538 ve Y yönünde 2.732 dir, model 3 en düşük periyoda sahiptir ve miktarı X yönünde 1.834 Y yönünde 1.991 dir, Bu farklılıkların nedeni referans model katlarının ağırlığı ve hacminin yüksekliği ayrıca model 3 ve diğer modellerin kat hacimlerinin ve kat kütlelerinin azalmasından kaynaklanıyor.

Görelî kat ötelemelerinin, yapı modellerin yapısal davranışa etkisi göz önüne alındığında, 10 katlı modeller arasında X doğrultusunda diğer modellere göre daha çok kat ötelemeleri gözlemlenen model referans model dir. Referans modelin X yönde maksimum yer değiştirmesi 27.9mm ile üçüncü katındadır ve Y yönde de maksimum yer değiştirmesi 27.9 mm olarak yapının ikinci katında yer almaktadır. Model 3 de ise diğer modellere göre en az yer değiştirmeyi sahip olup beşinci katındaki maksimum yer değiştirmesi 20.4 mm'dir.

Güvenlik açığı açısından- en yetersiz model- referans modeldir katlarının çoğu ileri hasar bölgede yani (KH) ve (GÖ) bölgeler arasında yer almaktadır. Ve en sağlam model 3'tür Güvenlik açığı açısından minimum hasar bölge (SH) ve belirgin hasar bölge (SH) ile (KH) bölgelerin arasındadır.

KAYNAKLAR

- [1] Ergin, C., Düşeyde düzensiz yapıların dinamik davranışına deprem bölgelerinin ve zemin sınıflarının etkisinin incelenmesi, Bozok Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü. p133, 2016.
- [2] İrtem, E., Deprem etkisindeki betonarme binaların taşıyıcı sistem maliyatına yapısal düzensizliklerin etkisi. Balıkesir Üniversitesi / MMF, inşaat Müh. Bl.,10145 , 9-(1), 2007.
- [3] J. et . al., Farklı sismik tasarım kodlarına göre tasarlanmış betonarme düzensiz binaların karşılaştırmalı analizi. Açık inşaat ve yapı teknolojisi Dergisi, 7, 221-229.,p.93, 2013.
- [4] Oğuz kağan, c., ensar , a. & Yusuf, e., Mevcut konut türü betonarme bir yapının deprem performansının TBDY-2018'DE verilen sabit tek modul itme yöntemi ile belirlenmesi. Sakarya üniversitesi mühendislik fakültesi, sayı 2020, p.71, 2020.
- [5] Çelik, H., Mevcut bir yapının statik itme analizi (pushover) yöntemi ile güçlendirme performansının değerlendirilmesi. Sakarya üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / inşaat mühendisliği anabilim dalı / yapı bilim dalı, p. 117, 2009.
- [6] Ark., K., Düşeyde düzensiz yapıların dinamik davranışına deprem bölgelerinin ve zemin sınıflarının etkisinin incelenmesi, Bozok Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / inşaat mühendisliği anabilim dalı, 2005.
- [7] De. Stefano . & mariani., Düzensiz bina yapılarının planlanması için itme analizi / Springer Uluslararası Dergisi, 429-448., p. 448, 2014.
- [8] İNAN, Tuğba ; KORKMAZ, Koray., Düşey doğrultudaki yapı düzensizliklerinin incelenmesi / Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 28(3):240-248, 2012.