

Betonarme Yapılarda Kiriş Süreksizliğinin Yapısal Performansa Etkisi

*¹Necati Mert , ¹Hüseyin Kasap, ¹Muhammed Zeki ÖZYURT, ²Mohammad Kabir Khurram

*¹Yrd.Doç.Dr, Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühensiliği Bölümü, Sakarya
²İnşaat Mühendisi, SAU Fen Bilimler Enstitüsü, Sakarya

Abstract

Horizontal irregularities occur due to beam discontinuity in reinforced concrete structures and can cause significant damage or collapse after an earthquake. In this study, the effect of beam discontinuity on the structural performance of reinforced concrete structures was investigated. For this reason, a total of five reinforced concrete structure models, a reference model without beam discontinuity, and 4 models with different beam discontinuity were considered and analysed. As a result of the performance analysis of 5 floors buildings, period, base shear force, story drift, floor displacements and A1 torsional irregularities were investigated.

All the models are 5 storied reinforced concrete building frames with 4 meters on the ground floor and 3 meters on the other normal floors. Models have a 1st degree earthquake zone and Z4 ground class. IdeaCAD Static 8 is used for analysis. In general, dynamic and performance analysis was performed in computer software to affect the performance of the beam discontinuity in the structure, and because of the results obtained from the numerical analysis, the structural members reached the goal of life safety in case of damage.

Key words: Horizontal irregularity, torsional irregularity, story drift, floor displacement, shear force, structure performance behavior.

Özet

Betonarme yapılarda kiriş süreksizliği nedeniyle yatay düzensizlikler ortaya çıkar ve bir deprem sonrasında önemli hasar veya çökmelere neden olabilir. Bu çalışmada, betonarme yapılarda kiriş süreksizliğinin yapısal performansa etkisi araştırılmıştır. Bu sebeple toplam beş adet betonarme yapı modeli, kiriş süreksizliği olmayan bir referans model ve farklı kiriş süreksizliği olan 4 model incelenmiş ve analiz edilmiştir. 5 katlı olarak tasarlanan binaların yapılan performans analizi sonucunda, periyot, taban kesme kuvveti, görelî kat öteleme, kat yer değiştirmeleri ve A1 burulma düzensizlikleri araştırılmıştır.

Bütün modeller zemin katta 4 metre ve diğer normal katlarda 3 metre olan 5 katlı betonarme yapı çerçevesidir. Modellerde, 1. derece deprem bölgesi ve Z4 zemin sınıfı bulunur. Analiz için İdeCAD Statik 8 kullanılmıştır. Genel olarak yapılarda kiriş süreksizliğinin performansa etkisi için bilgisayar yazılımında dinamik ve performans analizi yapılmış ve sayısal analizden elde edilen sonuçlar neticesinde yapı elemanları hasar durumlarında can güvenliği hedefine ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yatay düzensizlik, burulma düzensizlik, kat öteleme, kat yer değiştirme, kesme kuvvet, yapı performans davranışı.

1. Giriş

Binanın mimari gereksinimi nedeniyle binada düzensizliklerin ortaya çıkması kaçınılmazdır. Düzensiz binalar ise planda düzensizlik ve düşey doğrultuda düzensizlik durumları olmak üzere iki kısımda incelenir [1]. Düzensiz geometriye sahip binalar sismik harekete karşı farklı tepki davranışlar veriyor [2]. Deprem sırasında binanın davranışı şekline, boyutuna ve geometrisine bağlıdır. Planda basit geometriye sahip yapılar, geçmişteki güçlü depremlerde iyi performans göstermiş ancak planda düzensizlik olan yapıda önemli hasar oluşmuştur [3]. Bir deprem sırasında bir binanın davranışı, sağlamlık, yeterli yanal mukavemet, süneklik, basit ve düzenli konfigürasyonlara bağlıdır. Düzensiz geometriye sahip ve düzensiz dağılmış kütle ve rijitliği, yüksekliği ve düzlemi olan yapılar, düzensiz konfigürasyonlara kıyasla çok daha az zarar görür [4 5].

Bir deprem sırasında yapısal başarısızlık zayıf noktalarla başlar. Bu zayıflık, kütlelerin süreksizliği, sağlamlık ve yapının geometrisinden kaynaklanmaktadır. Bu süreksizliğe sahip yapılar düzensiz yapılar olarak adlandırılır. Düzensiz yapılar kent altyapısının büyük bir bölümüne katkıda bulunur. [6 7]. Yapısal düzensizlikler, yapıların sismik performansını düşüren önemli faktörlerdir. Yapısal düzensizlikleri olan binalar, düzensizlik türüne göre bitişik öykülerde aşırı sapmalara, aşırı torsiyonlara vb. maruz kalabilir ve deprem sırasında başarısız olabilir [8].

Yatay düzensizliklerden birisi kiriş süreksizliğidir. Kiriş süreksizliği ise yapının yeterli rijitlik, kararlılık ve dayanım faktörlerini olumsuz yönde etkiler, çünkü yapı uygun geometri durumunu muhafaza edemeyip simetrikten asimetriğe geçer. Yatay asimetrik binaların asimetrisi binadaki torsiyon varlığı ile ölçülür. Asimetrik yatay binalar, ayrı kütle merkezi ve katın sertlik merkezine sahiptir. İki merkez arasındaki dışmerkezlik, binada torsiyona neden olur ve bu da birbirini izleyen hasarlara neden olur. Bina iki eksene göre simetrik ise, rijitlik merkezi ve kütle merkezi birbiri üzerine çakışır [9 10].

Kiriş süreksizlikleri çerçeve süreksizliğinin en klasik ve yaygın örneklerindedir. Çerçeve süreksizliğini sağlayan kiriş kaldırılmadan sadece kapalı çıkma nedeniyle bina performansı üzerinde kısıtlı bir etki gözlenirken, kiriş kaldırılması durumunda özellikle bina dayanımında ciddi düşüşler gözlenmiştir [11].

Bu çalışmanın amacı betonarme çerçeveli binalarda kiriş süreksizliğinin yapısal performansa etkisinin irdelenmesidir. Bu amaçla bir kıyaslama çalışması ele alınmıştır. Bu nedenle bir tane 5 katlı basit ve düzenli bina referans olarak oluşturulmuş ve ondan belirli akslardan kirişler ve diğer taşıyıcı elemanlar kaldırılarak 4 adet farklı düzensiz binalar meydana gelmiştir. Binalar düzenli modele referans ve esas alınarak kendi aralarında değerlendirilmiştir.

2. Problem Tanıtımı ve Analizi

Betonarme yapılarda kiriş süreksizliğinin yapısal performansa etkisini irdelenebilmek için bir

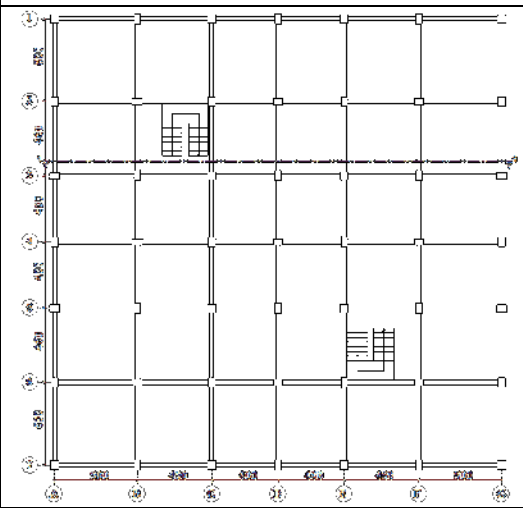
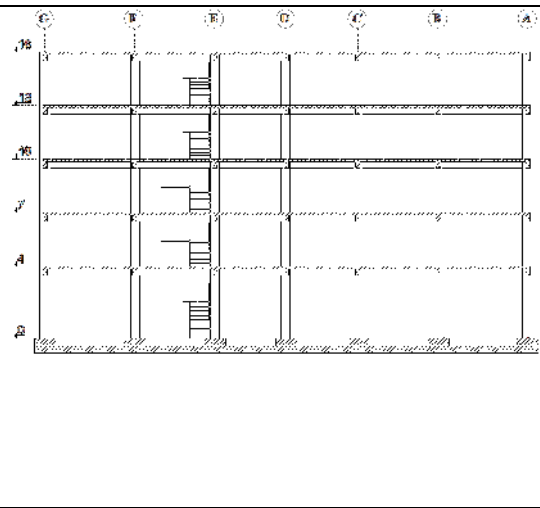
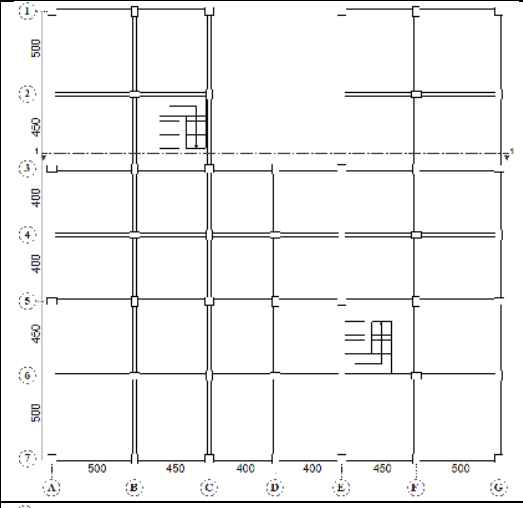
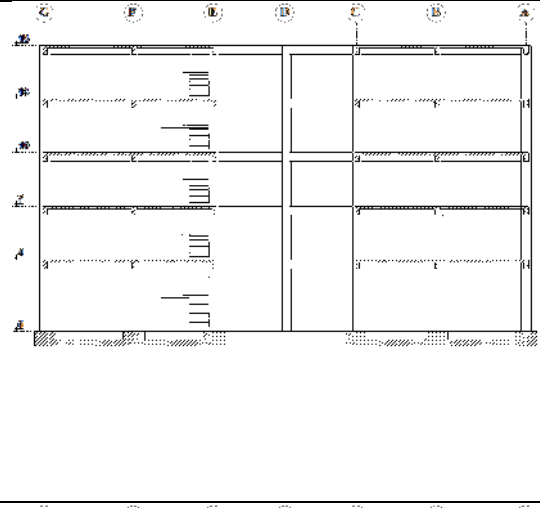
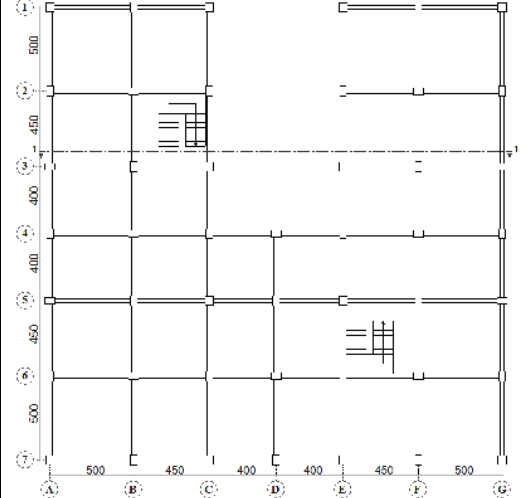
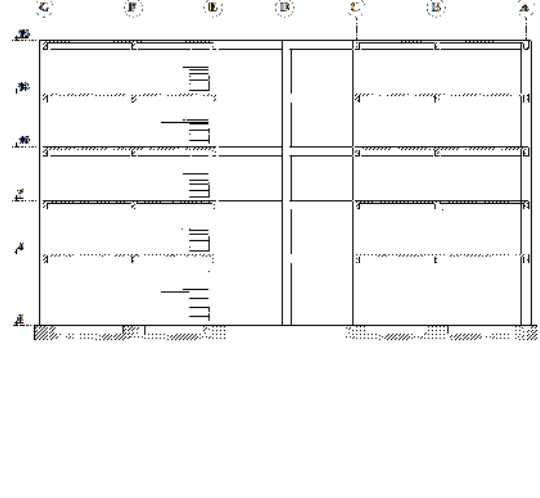
*Corresponding author: Address: Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering Sakarya University, 54187, Sakarya TURKEY. E-mail address: mert@sakarya.edu.tr, Phone: +902642955743 Fax: +902642955601

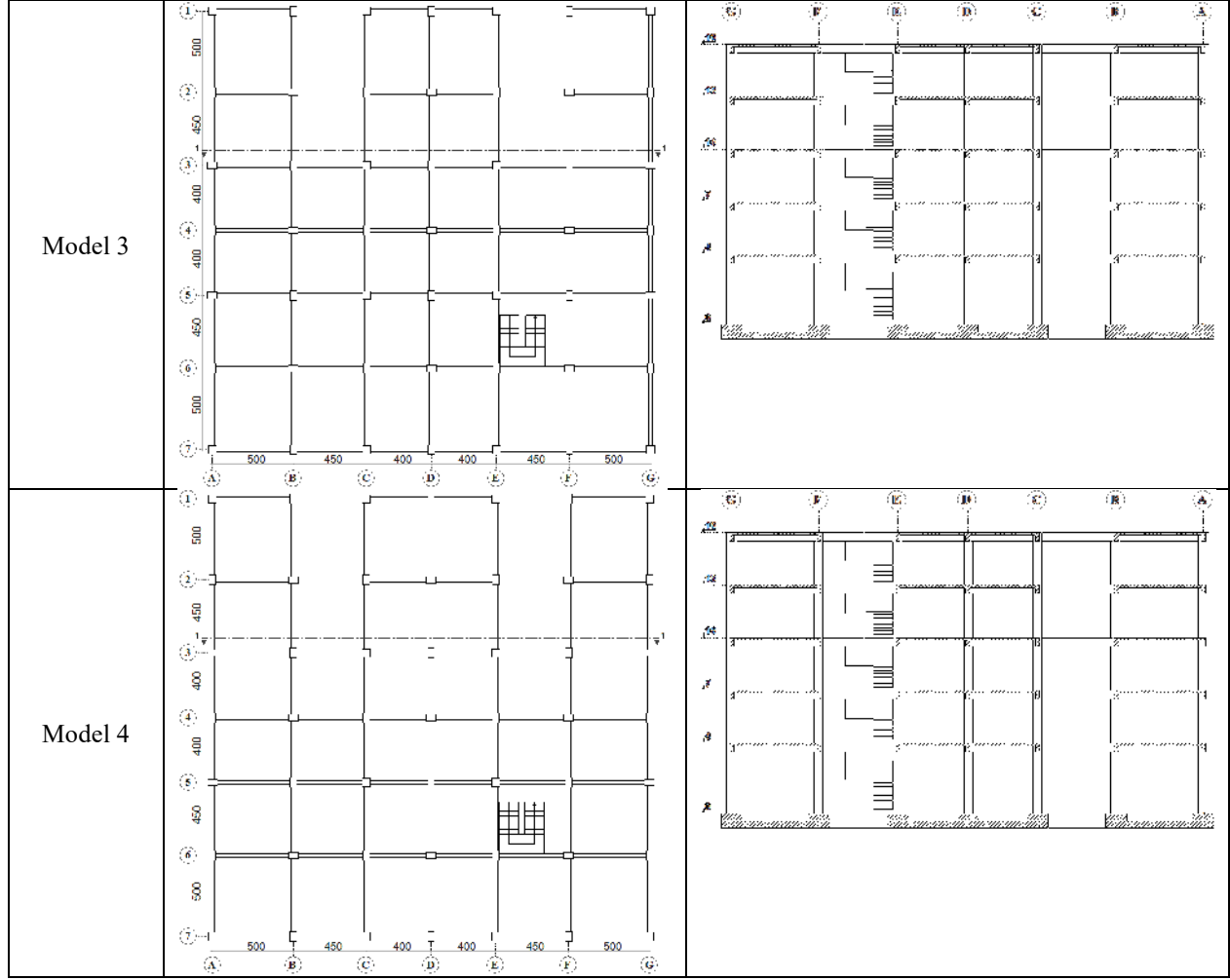
referans model ile 4 adet farklı kiriş süreksizliği olan modeller hazırlanmıştır. Referans model, simetrik bir plan konfigürasyonuna sahip düzenli bir yapıdır. Diğer 4 model ise referans modelden belirli akslardan seçilen kirişlerin kaldırılmasıyla ortaya çıkan düzensiz binalardır. Modellerde kat yüksekliği zemin katta 4 metre normal katlarda ise 3'er metre seçilmiştir. Planda her iki yönde toplam uzunluğu 27'şer metre olan binanın aks aralıkları sırasıyla 5, 4,5, 4, 4, 4,5 ve 5 metre olarak belirlenmiştir. Betonarme modelde kesitler kirişler için 25/50 cm ve kolonlar için planın köşelerde 50/50 cm ve diğerleri 40/60 cm olarak belirlenmiştir. Kesitler her katta sabit aynı seçilmiştir. Modellerde, 1. derece deprem bölgesi ve Z4 zemin sınıfı bulunur. Yapısal analiz yazılımı IdeCAD Statik 8 kullanılarak, TDY- 2007 şartlarına göre gerçekleştirilmiştir. Modellerin genel bilgileri ve görünüşü tablo 1 ve tablo 2'de sırasıyla verilmiştir.

Tablo 1. Model bilgileri

Geometrik ve malzeme verileri	
Kullanım amacı	Konut
Kat adeti	5
Zemin kat yüksekliği	4 m
Normal kat yüksekliği	3 m
Toplam bina yüksekliği	16 m
Toplam bina uzunluğu	27
Döşeme kalınlığı	15 cm
Kirişlerin kesitleri	(25/50)cm
Kolonların kesitleri	(50/50)cm ve (40/60)cm
Sürekli temel kesitleri	(120/85)cm
Radye temel kalınlığı	40 cm
Beton sınıfı	C25
Donatı sınıfı	S420
Beton elastisite modülü	30250 Mpa
Donatı elastisite modülü	200000 Mpa
Poisson oranı	0,2
Deprem parametreleri	
Deprem bölgesi	1.derece deprem bölgesi
Zemin Sınıfı	Z4
Etkin Yer İvmesi Katsayısı	0,4
Bina Önem Katsayısı	1
Süneklik düzeyi	Yüksek
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı	8
Zemin emniyet gerilmesi	10 tf/m ²

Tablo 2. Model planları ve isimleri

Model	Kat kalıp planı	Düsey kesit
Referans Model		
Model 1		
Model 2		

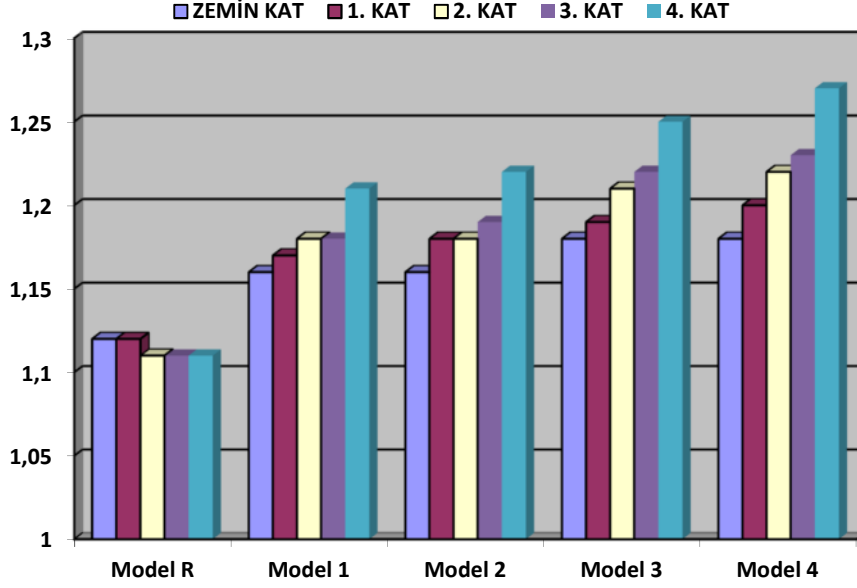


3. Problem Analizin Sonuçları

Bu çalışmada yapı modellerinin A1 türü (burulma) düzensizliği olduğu için, yalnız bu tür düzensizlik irdelenmiştir. TDY-2007’de burulma düzensizliğin oluşumu için tablo 3’te gösterilmiş olan denkleme göre burulma düzensizliği (η_{bi}), binanın i’inci katındaki maksimum görel kat ötelemesi $\Delta i(\max)$ ve binanın i’inci katındaki ortalama azaltılmış görel kat ötelemesi $\Delta i(\text{ort})$ olarak ifade edilmektedir. Burulma düzensizliği durumu (η_{bi}) 1,2’den büyük çıkması gerekmektedir.

Tablo 3. A1 burulma düzensizliği

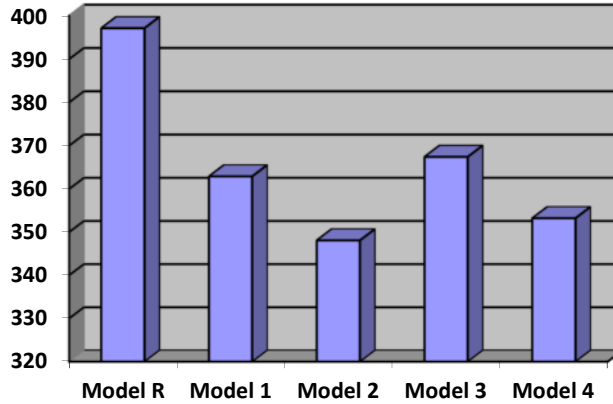
A1 burulma düzensizliği	Model R	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
$\eta_{bi} = (\Delta i)_{\max} / (\Delta i)_{\text{ort}} > 1,2$	1,11	1,21	1,22	1,25	1,27



Şekil 1. 5 katlı modellerin A1 burulma düzensizliği katsayısı

Şekil 1’de görüldüğü üzere model 1, 2, 3 ve 4’ün katlarında burulma düzensizliği katsayısı sırasıyla artış göstermektedir. Referans model x ve y doğrultusunda simetrik bir yapıya sahip olduğu için katlarında burulma düzensizliği katsayısı yoktur. Ama diğer 4 modelde giriş süreksizliğinden dolayı burulma düzensizliği durumu TDY “Türk Deprem yönetmeliğe” göre 1,2’den büyük çıkması gerekirken bu durum gözlemlenmiştir. Model 4 son katında en fazla burulma düzensizliği katsayılarına sahiptir.

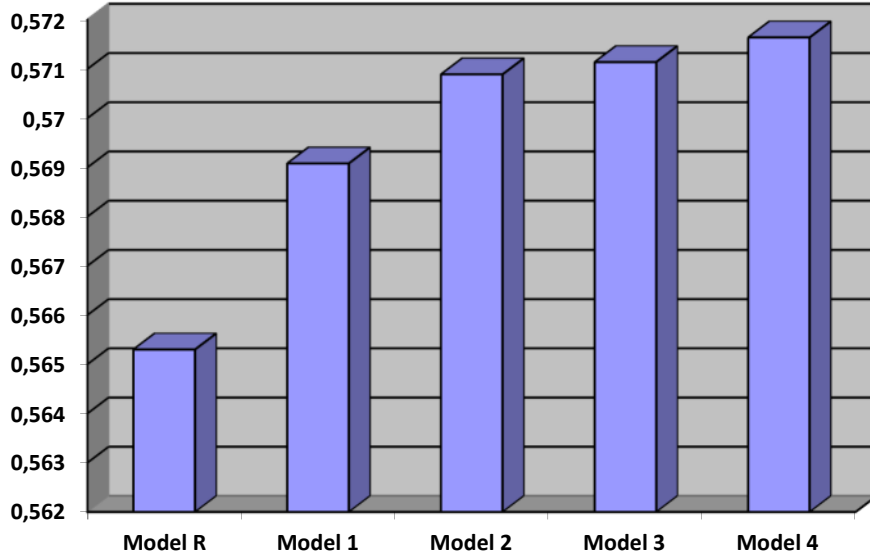
Yapı ağırlığı taban kesme kuvvetinde önemli bir etkidir. Bu etken taban kesme kuvveti ile doğru orantılıdır. O halde ağırlığı fazla olan modele daha büyük deprem kuvvetlerinin etkiyeceğini söyleyebiliriz.



Şekil 2. 5 katlı modellerin eşdeğer deprem yükü taban kesme kuvveti

Şekil 2’de görüldüğü üzere modeller arasında en fazla ağırlığa sahip referans model olduğu için en çok taban kesme kuvveti bu modele etki etmektedir. Model 3 referans modele göre %8,08 farkla, en hafif olduğu için en düşük eşdeğer taban kesme kuvvetine sahip olmaktadır.

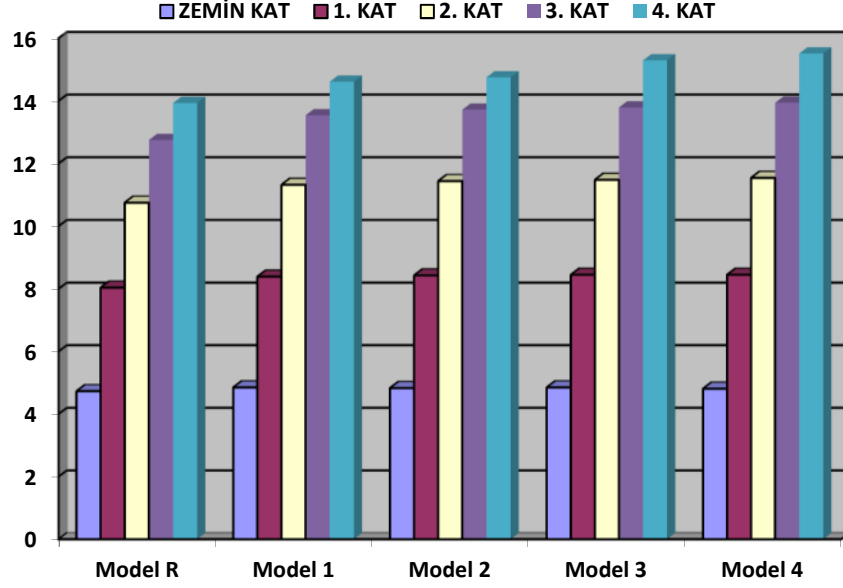
Taşıyıcı elemanların kaldırılmasıyla modellerin ağırlıkları ve rijitliklerinin azalacağı görülmüştür. Bu azalacağı ise modellerdeki birinci periyodunun artmasına neden olmuştur.



Şekil 3. 5 katlı modellerin birinci mod periyotlarının değerleri

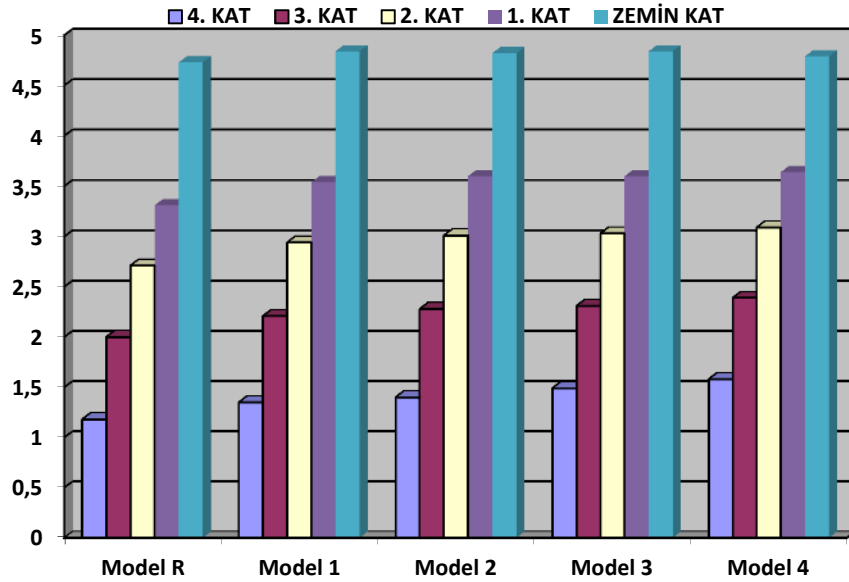
Şekil 3’te görüldüğü üzere diğer modellerin periyotları referans modelin periyoduna göre fazla bulunmuştur. Modellerin arasında, referans modele göre model 4 %1,1215 değişim ile birinci mod periyodunda artış göstermektedir.

Periyodu fazla olan modelin daha fazla kat yer değiştirmesi ve periyodu düşük olan modellerin daha az kat yer değiştirmesi beklenmektedir. Katlarda maksimum yer değiştirme son katta görülürken minimum deplasman zemin kattadır. Çünkü kat yüksekliğinin artması rijitliğin azalmasına neden olur bu da x ve y doğrultularındaki kat yer değiştirmelerindeki artışı etkiler. Her bir kata karşılık gelen kat yer değiştirme değerleri şekil 4.’te gösterilmiştir.



Şekil 4. 5 katlı modellerin kat yer değiştirmeleri

Şekil 4'te görüldüğü üzere model 1, 2, 3 ve 4 kat yer değiştirme değerlerinde referans modele göre %4,88- %11,34 artışlara neden olmuştur. Diğer modellerden daha fazla yer değiştirmeyi yapan model 4'tür. Model 4'ün maksimum yer değiştirmesi 15,51 mm ile son katındadır.



Şekil 5. 5 katlı modellerin görece kat ötelemeleri

Modellerin arasında en fazla kat yer değiştirmeyi yapan model en fazla görelî kat ötelemeyi de yapmaktadır. Bu sebeple şekil 5'te görüldüğü gibi x doğrultusunda en fazla model 4, en az ise referans model görelî kat ötelemelerine sahiptir.

4. Değerlendirme

Yapı modellerin üzerindeki etkiler, performans analizinin önceki bölümlerinde, burulma düzensizlikleri, kat yer değiştirmeleri ve periyot gibi parametreleri karşılaştırarak grafikler halinde gösterilmiştir. Yapılan analizin neticesinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

Binanın titreşim periyodunun, yapı modellerin kiriş süreksizliğinin yapısal performansa etkisi göz önüne alındığında, kiriş süreksizliği olan modellerin periyotları referans modelin periyoduna göre fazla bulunmuştur. Kiriş süreksizliği olan modellerin referans modele göre yapı ağırlıkları ve rijitlikleri az bulunduğu için birinci mod periyodunun artması gözlemlenmiştir. Modellerin arasında, referans modele göre model 4 %1,1215 değişim ile birinci mod periyodunda artış göstermektedir.

Kat yer değiştirmenin, yapı modellerin kiriş süreksizliğinin yapısal performansa etkisi göz önüne alındığında, kiriş süreksizliği olan modellerin referans modele göre son katlarında fazla yer değiştirdiği gözlemlenmiştir. Kiriş süreksizliği olan modellerin maksimum yer değiştirme değerlerinde referans modele göre %4,88- %11,34 arasında artışlara neden olmuştur. Model 4'ün maksimum yer değiştirmesi 15,51 mm ve referans modelin ise 13,93 mm'dir yani model 4 kat yer değiştirme değerinde referans modelden 1,58 mm büyük ve %11,34'ten fazla bulunmuştur. Dolayısıyla kiriş süreksizliği olan modeller deprem sırasında daha fazla hasar görecektir ve performansları tatmin edici değildir.

A1 burulma düzensizliğinin, yapı modellerin kiriş süreksizliğinin yapısal performansa etkisi göz önüne alındığında, kiriş süreksizliği olan modellerde A1 burulma düzensizliği TDY "Türk Deprem Yönetmeliğine" göre 1,2'den büyük çıkması gerekirken bu durum son katlarında gözlemlenmiştir. Kiriş süreksizliği olan modellerde katlarında A1 burulma düzensizliği katsayısına ulaşmıştır. Model 4 ise son katınada 1,27 burulma düzensizliğine sahip olup, referans modele göre %14,41 artış ile fazla çıkmıştır. Dolayısıyla kiriş süreksizliği olan yapı modeller, burulma etkisinde kalır.

Yapı modellerin arasında en fazla periyoda sahip olan model en fazla kat yer değiştirmeye ve burulma düzensizliğine de sahip olduğu gözlenmektedir. Bu nedenle Yapı modellerinin kiriş süreksizliği bölgesi yumuşak davranır.

Kiriş süreksizliğinin civarındaki kolonlar yani kiriş bağlantısı olmayan kolonların yatay rijitlikleri çok düşük olduğu için yatay kuvvetlerin kolondan kolona aktarımı zorlaşır ve aşırı yatay yer değiştirmeler yaparlar.

Yapılan bu çalışmasının değerlendirilmesi sonucunda kiriş süreksizliği olan düzensiz binalar rijitlik ve kitlelerinde azalış ve düzensiz dağılımlara, büyük deplasmanlara, sistemin taşıyıcı elemanlarının iç kuvvetlerinde değişim ve dağılımlara, burulma düzensizliklere, yumuşak ve zayıf

davranışlara ve depreme karşı düzenli binalara kıyasla düşük performans etkilerine neden olduğundan, depremler sırasında hasar görme eğilimi gösterirler.

Kaynaklar

- [1] Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007, Baydırılık ve İskan Bakanlığı, İzmir, Nisan 2009.
- [2] Mohod MV. Effect of Shape and plan Configuration on Seismic Response of structure. İJSTR 2015; 4:84–88.
- [3] Salunkhe AU, Kadam SB, Tande SN. Behavior of RCC in-filled buildings with different configurations of plan under seismic force. İJİET 2015; 5:78–81.
- [4] Monish S, Karuna S. A study on seismic performance of high rise Irregular RC framed buildings. İJRET 2015; 4:340–346.
- [5] Ravikumar CM, Babu Narayan KS, Sujith BV, Venkat Reddy D. Effect of Irregular Configuration on Seismic Vulnerability of RC Buildigns. Architecture Research 2012; 2:20–26.
- [6] Tripathi H, Pamecha L. Seismic behavior of multy storey buildings having horizontal irregularities. İJESİRD 2017; 3:389–393.
- [7] Sakale R, Arora RK, Chouhan J. Seismic behavior of buildings having horizontal irregularities. İJSCER 2014; 3:77–84.
- [8] Gokdemir H, Ozbasaran H, Dogan M, Unluoglu E, Albayrak U. Effect of torsional irregularity to structures during earthquakes. Engineering Failer Analysis 2013; 35:713–717.
- [9] Ghos S, Khandker R, Rokonuzzaman M. Effect of horrizontal irregularity on the behavior of multy storey RC buildings due to Horizontal loads (BNBC/2006). İCCESD 2016; 910–915.
- [10] Gaur H, Goliya RK, Murari K, Mullick AK. A parametric study of multy-storey R/C buildings with horizontal irregularity. İJRET 2014; 3:360–364.
- [11] İnel, M., Bucaklı, M., Özmen, H.B., Betonarme binalarda çerçeve süreksizliğinin yapı performansı üzerindeki etkileri. Uluslararası Sakarya Deprem Sempozyumu., Sakarya, 2009.