

## U Tipi Plan Düzensizliği olan Betonarme Yapılarda Perde Yeri Seçiminin Yapısal Davranışa Etkisinin İrdelenmesi

\*<sup>1</sup>Mehmet HOCAOĞLU    \*<sup>2</sup>Necati MERT    \*<sup>3</sup>Hüseyin KASAP

\*<sup>1</sup>SAÜ: Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, TURKEY

\*<sup>2,3</sup>SAÜ Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü ,Sakarya, Turkey

### Özet

Betonarme yapılarda düzensizlikler ve diğer etkiler sebebiyle yapılarda hasarlar meydana gelebilir. Bulunduğu deprem kuşağından dolayı ülkemizde tasarlanacak binaların deprem yüklerine göre tasarlanması gerekmektedir. Bu çalışmada, betonarme binalarda süreksizlik halinde perdelerin yerinin ve yönlerinin deprem yükleri karşısındaki davranışı irdelenmiştir.

Bu tez çalışmasında toplamda on sekiz adet perdeli sistem ve üç adet perdesiz sistemin deprem yükleri altında yapısal davranışları belirlenmiş ve perdelerin konumlandırılması ve yön tayininin önemi irdelenmiştir.

Bu çalışmada, U tipi plan düzensizliği bulunan betonarme binalarda perde yerleşiminin yapısal davranışa etkisi incelenmiştir. Betonarme yapılarda perde alanları sabit tutularak, perde boyutlarının ve konumlarının yapısal davranışa etkisini incelemek amacıyla bir referans model ile 5,10,15 katlı olmak üzere toplamda 6 adet farklı perde yerleşimine sahip olan modeller tasarlanmıştır. Referans model, simetrik bir plan konfigürasyonuna sahip düzenli bir yapıdır. Toplam 6 modelde de kat yüksekliği zemin katta ve normal katlarda 2,8'er metre seçilmiştir. 6 modelde de planlar x ve y yönünde toplam uzunluğu 30,40'ar metredir. İdecad V7 paket programı ile DBYBHY-2007'ye esasları kullanılarak elde edilen sonuçlar, grafik ve tablo halinde sunulmuştur ve 2018 TBDY esasları kullanılarak analizleri yapılmış ve sonuçlara ulaşılmıştır.

### Abstract

Damage to structures may occur due to irregularities and other effects on reinforced concrete structures. Due to the earthquake zone, the buildings to be designed in our country should be designed according to the earthquake loads. In this study, the effects of the location and directions of the shear walls on the earthquake loads in the case of discontinuity in reinforced concrete buildings were examined.

In this study, the effect of curtain placement on structural behavior in reinforced concrete buildings with U type plan irregularity was investigated.

In order to determine the behavior of the structure under the effect of the earthquake and to find the relevant cross-sectional effects, the regular or irregularity of the structure of the structure is significantly effective. Irregularities present in the design cause further strain of the carrier elements. With the increase in the number of floors in earthquake risk regions, curtains are needed in order to ensure sufficient rigidity and strength in the frame systems and to limit the floor displacements. When the shear walls are used together with the frame system in a conveyor system, their stiffness is larger than the columns and they meet a significant part of their horizontal loads such as earthquake and wind.

In this study, the effect of shear walls placement on structural behavior in reinforced concrete buildings with U-type irregularity was investigated. For this purpose, 7 models, each of which are 5,10,15 stories and one of which are reference models, have been examined on the irregularity and behavior of the structure in different shear walls settlements. The results obtained by using the IDECAD V7 program were compared with the results analyzes were made using the principles of TBDY 2018 and the results were reached.

**Key words:** Shear walls, structural system, displacements, irregularity, shear force

---

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

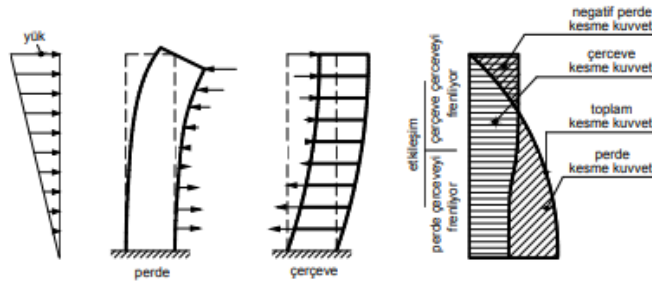
## 1. Giriş

Levha hareketleri nedeniyle birikmiş enerjinin aniden boşalmasıyla oluşan depremler, dünyada ve ülkemizde yarattığı etki bakımından doğal afetlerin başında gelmektedir. Ülkemiz jeopolitik konumu itibari ile Arabistan yarımadası ile Avrupa kıtası arasında kalmaktadır. Bu konum itibari ile her yıl Arabistan yarımadası ülkemizi Avrupa kıtasına doğru itmektir. Bu yer hareketinden dolayı ülkemizin kuzeyde Kuzey Anadolu fay hattı güneyde de Doğu Anadolu fay hattının sürekli aktif halde olmasına neden olmaktadır. Coğrafi olarak dünyadaki en etkin deprem kuşaklarından biri üzerinde yer alan ülkemiz, deprem riskinin fazla olduğu ülkeler arasındadır.

Betonarme perdeler büyük eğilme rijitlikleri ve kesme alanları nedenleriyle yapıya etkileyen yatay yükün bir bölümünü karşılarlar. Ayrıca yatay yükler altında kat yer değiştirmelerinin ve ikinci mertebe momentlerin sınırlandırılması bakımından bazı durumlarda perdelerin kullanılması zorunlu olur.

Perdelerin plandaki yerleri ve geometrileri genellikle mimari fonksiyonların bir sonucu olarak ortaya çıkar. Perde alanı, perdenin biçimi ve plandaki yerleşimi, perdelerin deprem etkisindeki davranışında çok önemli bir etkidir.

Perdeler çerçevelerle birlikte kullanıldığında daha sünek bir sistem elde edilir. Şekil 1'de görüldüğü gibi perdenin şekil değiştirmesinde eğilme momenti etkili olur ve katlar arası en büyük yerdeğiştirme üst katlarda meydana gelirken, çerçevede ise yatay ötelemeler kat rijitliğine bağlı olarak kesme kuvvetinin en büyük olduğu alt katlarda meydana gelmekte ve üst katlara doğru azalmaktadır[1]



Şekil 1. Yatay yük altında çerçeve-perde etkileşimi

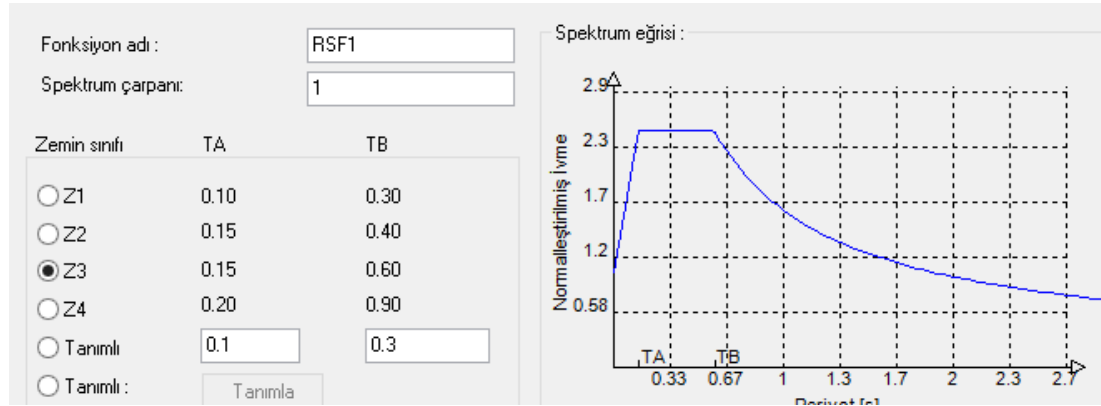
## 2. Problem Tanıtımı ve Analizi

Bu çalışmada, kullanım amacı konut olarak seçilen 5,10 ve 15 katlı olan , kat planında U tipi plan düzensizliği olan kat planı için perde yerleşim düzenleri değiştirilerek hazırlanan modellerde meydana gelecek yapısal davranışlar incelenmiştir. Beton kalitesi, kat alanı ve zemin sınıfı sabit tutulan 5, 10 ve15 katlı yapıda, çerçeveli sistem, referans sistem olarak kabul edilmiştir. Referans plan üzerine, farklı akslara perdeler eklenmiştir. Perde en kesit alanı sabit tutulup, referans plan üzerinde perde yerleşim düzenleri değiştirilerek 7 farklı sistem türü oluşturulmuştur. Toplamda oluşan 8 sistem DBHBHY 2007 göre ideCAD Statik IDS v7 bilgisayar programında çözülmüştür. Bu çözümleme sonucunda sistemlerin görelî kat ötelemeleri, kat deplasmanları, yapı periyotları, tabanda meydana gelen kesme kuvveti, perde kesme kuvvetinin toplam taban kesme kuvvetine oranı, A1 burulma düzensizliği, B1 zayıf kat düzensizliği ve B2 yumuşak kat düzensizliği sonuçları incelenmiştir. Sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılarak taşıyıcı sistemlerin farklılıklarının yapı davranışını ne oranda etkilediği araştırılmıştır.2018 TBDY kullanılarak 5

katlı modeller için analizler yapılmış ve 2007 deprem yönetmeliğindeki değerler ile karşılaştırmalar yapılmıştır.

Sistemler, DBYBHY-2007' ye göre analiz edilirken Yapı I. Derece deprem bölgesinde olup Etkin Yer İvmesi Katsayısı  $A_0=0.40$  alınmıştır. Bina önem katsayısı  $I=1.0$  alınmıştır.

Yerel zemin sınıfı Z3 kabul edildiği için spektrum karakteristik periyotlar DBYBHY 2007 Tablo 2.4'den  $T_A=0.15$  ve  $T_B=0.60$  alınmıştır. Spektrum katsayısı,  $T_A$ ,  $T_B$  ve bina doğal periyodu  $T$ 'ye bağlı olarak, DBYBHY 2007'de Denklem 2.2' ye göre hesaplanacaktır.



Şekil 2. Davranış spektrum fonksiyonu

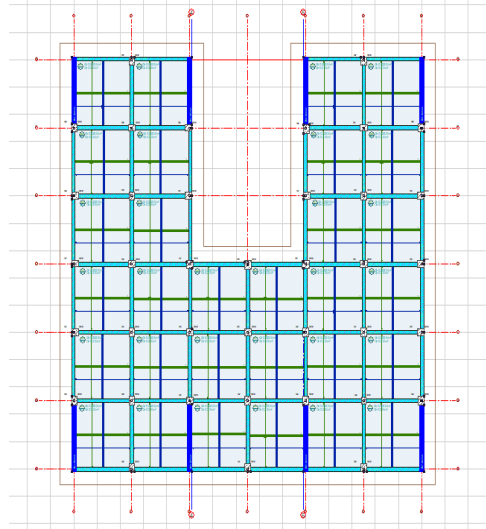
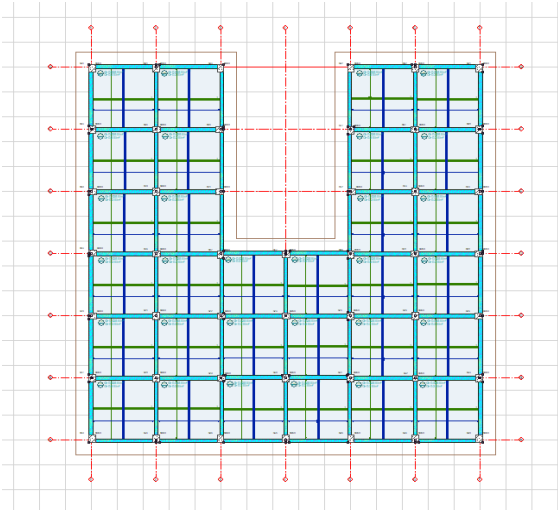
Modal çözümleme sırasında, her bir mod için hesaplanan etkin kütlelerin toplamının, hiçbir zaman bina toplam kütlelerinin %90' ından daha az olmaması şartı mod birleştirme hesabında dikkate alınmıştır.

Modal çözümleme sırasında, X ve Y deprem doğrultularından her bir mod için hesaplanan taban kesme kuvveti modal etkin kütlelerinin toplamının, hiçbir zaman bina toplam kütlelerinin %95' inden daha az olmaması kuralına göre mod birleştirme hesabında dikkate alınmıştır.

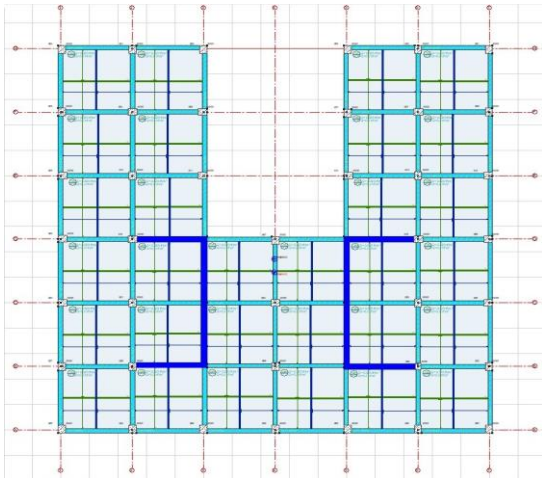
Yapılan tasarımlarda kat yükseklikleri zemin kat 4 m, diğer katlar 3 m, aks açıklıkları 5 metredir. Kolonlar dikdörtgen kesit olup 40x60 cm, kirişler 30x50 cm, döşeme kalınlığı 15 cm, perdeler 30 cm ve aks uzunluğu boyunca tasarlanmıştır. Yapılan bütün planlarda aks sayısı, aks açıklıkları ve planlardaki toplam perde alanı sabittir. Planda perde yerleri değiştirilerek oluşan 7 farklı yapı incelenmiştir.

Hazırlanan yapı modelleri aşağıdaki gibidir.

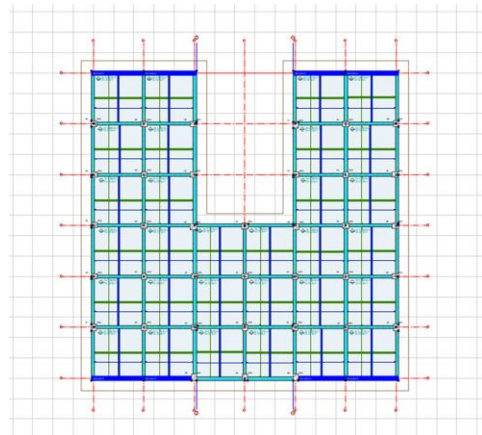
Sistem 1. Referans Model



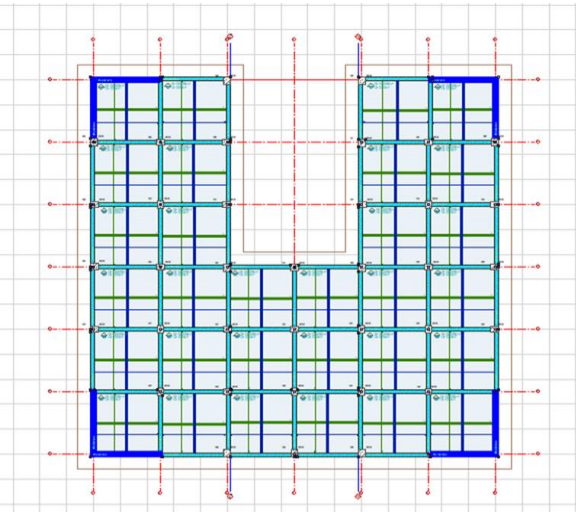
Model 1



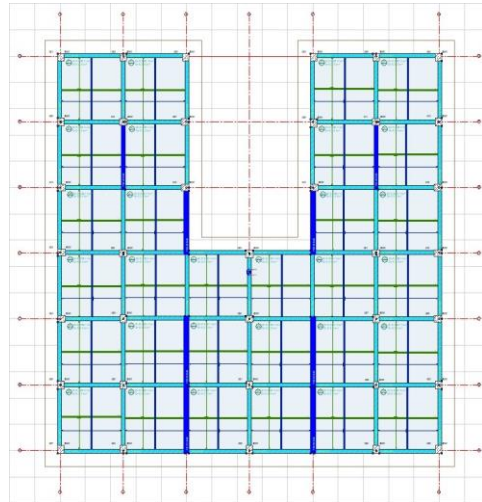
Model 2



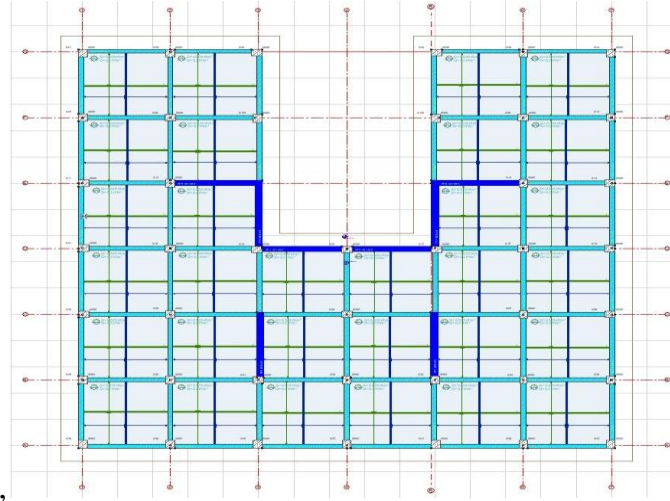
Model 3



Model 4



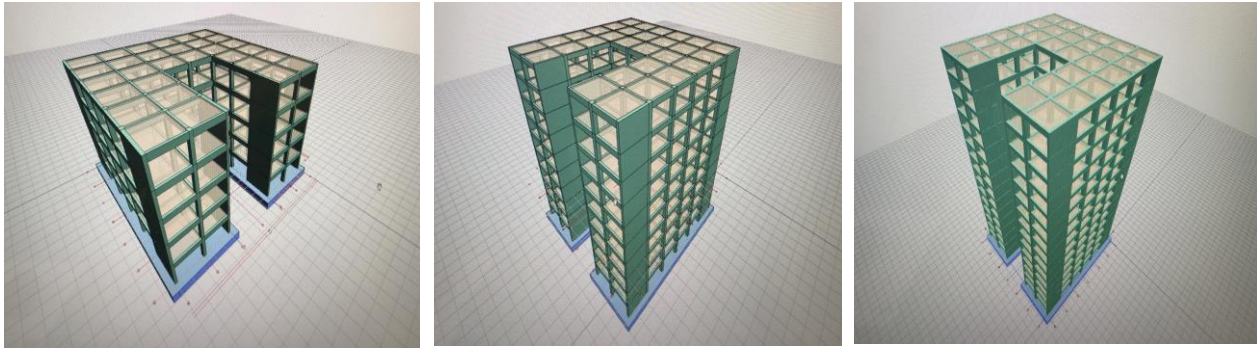
Model 5



Model 6

Şekil 4. Analiz için hazırlanan perdeli-çerçeve taşıyıcı sistem modelleri

Tüm modellerde C25 beton sınıfı ve S 420 donatı çeliği kullanılmıştır. Planlanan yapı 5,10 ve 15 katlıdır(Şekil 5)



Şekil 5. Model 1'in 5,10 ve 15 Katlı perspektif görüşleri

Tüm sistemlerde döşeme süreksizliği ve planda herhangi bir çıkıntı olduğu için A2, A3 ve B3 düzensizlikleri incelenmiştir.

Sistem 1, referans plan olarak belirlenen ve taşıyıcı sistemi çerçeve olan sistemdir. Perde elemanı içermemektedir.

Model 1 için düşey taşıyıcı olan kolonlara ek olarak, **sadece Y doğrultusuna** 8 adet dış akslara simetrik olarak perdeler eklenmiştir.

Model 2 için düşey taşıyıcı olan kolonlara ek olarak, taşıyıcı sistemin ortasında bir çekirdek perde bölgesi oluşturmak üzere toplamda 8 adet aks uzunluğu boyunca perde eklenmiştir.

Model 3 için düşey taşıyıcı olan kolonlara ek olarak, **sadece X doğrultusuna** 8 adet simetrik sadece dış akslara perdeler yerleştirilmiştir.

Model 4 için düşey taşıyıcı olan kolonlara ek olarak planın köşelerine L şeklinde olmak üzere **simetrik** olarak toplamda 8 adet aks uzunluğunda perde eklenmiştir.

Model 5 için düşey taşıyıcı olan kolonlara ek olarak planın **döşeme süreksizliğinin olduğu**

*bölgenin uzantısı olan akslara y doğrultusunda simetrik* olarak toplamda 8 adet aks uzunluğunda perde eklenmiştir.

Model 6 için düşey taşıyıcı olan kolonlara ek olarak planın *döşeme süreksizliğinin olduğu bölgeye* U şeklinde olmak üzere *simetrik* olarak toplamda 8 adet aks uzunluğunda perde eklenmiştir.

Tüm modellerde kullanılan malzeme özellikleri Tablo 1’de verildiği gibidir.

Tablo 1.1 Tüm modellerde kullanılan genel parametreler

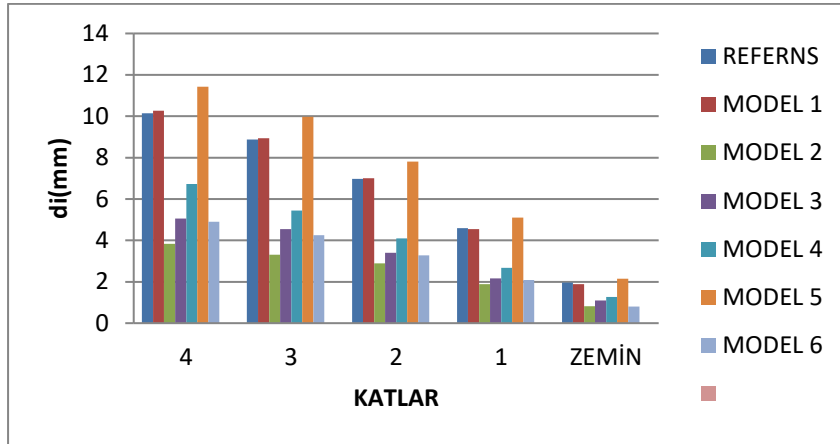
Geometrik ve malzeme verileri	
Kullanım amacı	Konut
Kat adeti	5,10,15
Zemin kat yüksekliği	2,8 m
Normal kat yüksekliği	2,8 m
Toplam bina uzunluğu	30,40 m
Döşeme kalınlığı	15 cm
Kirişlerin kesitleri	30/50,30/60,35/70 cm
Kolonların kesitleri	50/60,60/60,80/80 cm
Radye temel kalınlığı	100,100,150cm
Beton sınıfı	C25
Donatı sınıfı	S420
Poison oranı	0,2

### **3. Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi ve Karşılaştırılması**

Tüm sistemlerden elde edilen değerlerin birbirleriyle karşılaştırılması ile perde yeri değişiminin, taşıyıcı sistemin yapısal performansını nasıl etkilediği araştırılmıştır.

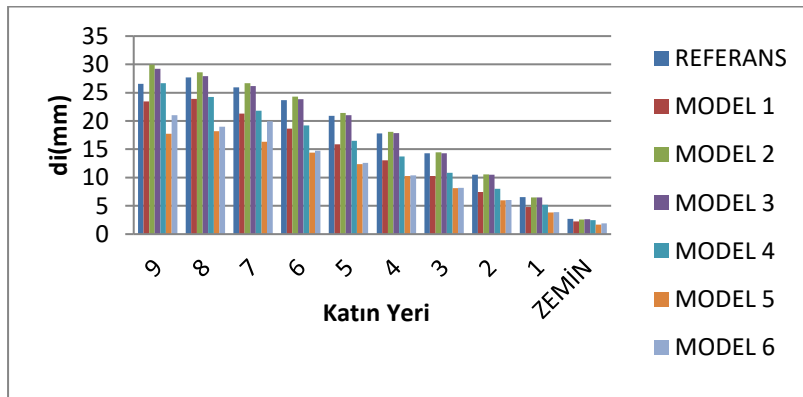
#### **3.1. Göreli Kat Ötelemesi**

5 Katlı yapı modellerinde Tüm sistemlerde göreli kat ötelemeleri tüm katlar için ayrı ayrı incelenmiş olup, her sistemde oluşan maksimum göreli kat ötelemeleri aşağıdaki Şekil 6.’ da gösterilmiştir.



Şekil 6. 5 katlı yapı sistemlerinde X doğrultusunda görel kat ötelemesi karşılaştırması

5 katlı modeller içerisinde x doğrultusunda diğer modellerden daha fazla yer değiştirmeyi yapan model 5 olduğu görülmektedir. Model 5'in maksimum yer değiştirmesi 11,43 mm ile dördüncü katındadır. Model 6' de ise diğer modellere göre en az yer değiştirmeye sahip olup son katındaki maksimum yer değiştirmesi 4,90 mm'dir. Tabloda belirtildiği üzere en fazla yer değiştirmeye sahip model olan 5. modelde diğer modellere göre yer değiştirmenin yüksek olmasının sebebi yapının x yönünde yeteri kadar perde alanına sahip olmamasıdır. Yer değiştirmenin en az olduğu 6. Modelde ise döşeme düzensizliğinin olduğu alanda ve çekirdeğe yakın konumda perdelerin x ve y yönünde dizayn edilmesidir.

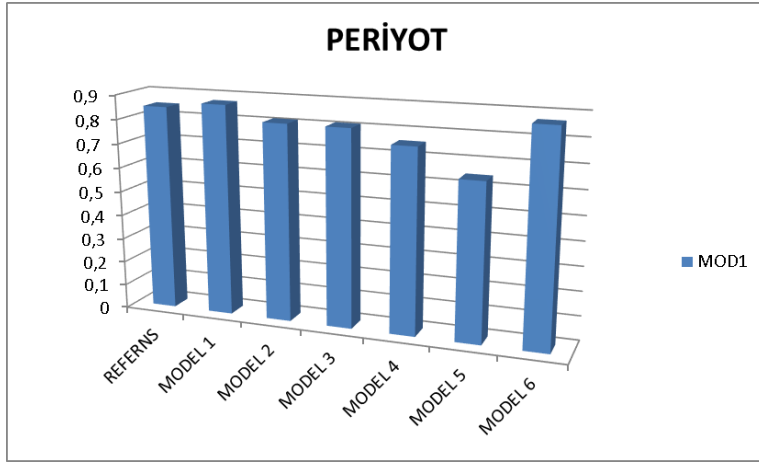


Şekil 7. 10 Katlı modellerin Y doğrultusunda görel kat ötelemelerinin karşılaştırılması

10 katlı modeller arasında y yönünde diğer 6 modelden daha çok yer değiştirmeyi yapan model 2 'dir. Model 2'nin maksimum yer değiştirmesi 29,94 mm ile dokuzuncu kattadır. Model 5' de ise diğer modellere göre en az yer değiştirmeye sahip olup sekizinci katındaki maksimum yer değiştirmesi 18,20 mm'dir. Analiz sonuçlarından elde edilen veriler neticesinde en fazla yer değiştirmeye sahip olan model 2'nin maksimum yer değiştirmeye sahip olmasının nedeni bina kesitinde perdelerin x yönünde olması ve y yönünde kuvvetleri karşılayabilecek tasarım alanına sahip olmaması ve çekirdek kısmının etrafında olmaması olarak düşünülebilir. Bunun yanı sıra minimum kat ötelemesine sahip olan ve dolayısıyla maksimum kat ötelemesi sınırlandırılması sağlayan model 5'tir

### 3.2. Periyotların Karşılaştırılması

10 katlı modellerin periyotları en düşük olan modeller model 4 ve model 5 olduğu görülmektedir. Periyot belirli yükler altında yapının salınım sürelerini göstermektedir. Model 4'te perde yerleşimleri salınımı engelleyecek şekilde her iki yönde yeterli perde alanı sağlayacak şekilde dizayn edildiğinden periyot değerleri düşüktür. Model 5 ise çekirdek bölgesi etrafında dizayn edilmiş her iki yönde yeteri kadar perde alanına sahip perde dizayndan dolayı salınımı düşüktür.



Şekil 8. 10 Katlı modellerin periyotlarının karşılaştırılması

Burada görüldüğü üzere yapıdaki perde sayısının aynı olmasına rağmen, sistem periyotları birbirlerinden farklıdır. Düşey taşıyıcı alanı arttıkça ötelenme rijitliği artacağı için sistemlerin periyotları düşecektir. Her iki yönde aynı miktarda yerleştirilen perdeli sistemlerdeki periyotlar birbirine yakın değerdedir. Tek bir yönde perde yerleştirilen sistemler çerçevesi sistemlere göre periyotları oldukça yüksektir. Periyotların bu şekilde ortaya çıkması, bu taşıyıcı sistem grupları için perde alanının sistemlerin periyotların da etkin olduğu fakat aynı perde alanına sahip olursa bile perde yerinin sistem periyodunu etkilediği kanısına varılabilir.

### 3.3. Kat Kuvvetleri

Model 5 statik paket programı ile yapılan analizde yapı birinci derece deprem bölgesinde bulunarak çerçevesi bir betonarme sistem olduğundan dolayı süneklik düzeyi yüksek sistem olarak seçilmiştir. Yapının yapı davranış kat sayısı (R) x doğrultusunda 6,90, y doğrultusunda 6,90 kabul edilmiştir. Katlara etkiyen maksimum yükler eşdeğer yükler, yapı ağırlığı tespit edilmiştir. 15 katlı Model 5 için kat kuvvet parametreleri Tablo 3 te verilmiştir.



Tablo 3. Model 5 kat kuvvet parametreleri

Kat	Wi [t]	X Yönü	Y Yönü
		Eşdeğer [tf]	Dinamik [tf]
14 Kat	929,61	134,19	192,43
13. Kat	929,61	117,24	174,85
12. Kat	929,61	101,69	156,79
11. Kat	929,61	89,59	139,37
10. Kat	929,61	78,61	123,35
9. Kat	929,61	69,45	109,24
8. Kat	929,61	61,79	97,19
7. Kat	929,61	55,61	86,92
6. Kat	929,61	51,21	77,75
5. Kat	929,61	47,09	68,81
4. Kat	929,61	42,87	59,29
3. Kat	929,61	37,56	48,64
2. Kat	929,61	30,25	36,77
1. Kat	929,61	21,62	24,05
Z. Kat	929,61	9,97	11,15

#### 4. Sonuçlar ve Değerlendirmeler

Bu çalışmada U tipi düzensiz yapıya sahip betonarme çerçeve sistemlerin deprem yükleri altında göstermiş olduğu yapısal davranışların araştırılması ve çözüm önerilerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Yapılan tasarımlarda 2,8 metre kat yüksekliğinde C25 sınıfı beton, S420 sınıfı çelik ve 3. derece deprem bölgesinde Z3 sınıfı zemin değerleri kullanılarak tasarımı yapılan sistem 5, 10, 15 katlı olmak üzere 7 er adet farklı betonarme yapı modellerinin “İDESTATİK” paket program yardımı ile yapılan analizler neticesinde boyutlandırılarak yapısal davranışları incelenmiştir.

Çalışmalar gösteriyor ki perdelerin yerleşiminin x ve y yönünde alanları birbirine yakın şekilde dizayn etmek; o sistemin daha kararlı hale gelmesini kat ötelemelerinin sınırlandırılmasının sağlanmasını, perdelerin karşılayacağı yüklerin artmasını sağlamaktadır.

Hem x hem de y yönünde yapılan tasarımlar görece kat ötelemelerinin sınırlandırılmasında avantaj sağlamıştır. Yine bu iki yönde kurulan perde sistemleri her iki yönde de burulma düzensizliğini azaltmış, eğilme momentleri daha az olmasını sağlamış binanın rijitliğinin artmasını sağlamıştır.

Perde tasarımlarında bina iç çekirdeğine x ve y yönünde simetrik olarak dizayn edilen perde sistemleri diğer sistemlere oranla kat ötelemelerinin sınırlandırılmasında, A1 tipi burulma

düzensizliğinin azaltılmasında, yumuşak kat düzensizliğinin azaltılmasında,  $\alpha S$  değerinin artmasında, kolon burkulma miktarının azaltılmasında, fayda sağladığı anlaşılmıştır.

Bu çalışmanın sonucunda; çok katlı binalarda perde kullanımının tüm modeller için düzensizlikleri azaltmadığı ancak olumlu sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Ancak perde yerleşiminin x ve y doğrultusunda orantılı olarak dağıtılmış ve yapının çekirdeğine, kütle merkezine yakın akslarda konuşlandırılmış simetrik perdeler ile tasarımı yapılan yapıların düzensizliklerinin minimum olduğu görülmekte olup bu şekilde tasarımı yapılan U tipi çerçeve düzensizliği olan yapılar düzensizliklere karşı daha kararlı olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmanın neticesi olarak çok katlı bina tasarlarken perdeli sistemleri tercih etmeliyiz. 2018 TB DY ile yapılan analizlerde elde edilen değerlerde ise DBHBHY 2007 deprem yönetmeliğine göre analizleri yapılan modellerin yaklaşık olarak %25 oranında ötelemelerinin az olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanında kullanacağımız perdeli sistemin x ve y yönünde perde alanlarına sahip ve bu perde alanları her iki yönde de birbirine akın alanlar olmasına özen göstermeliyiz.

## Kaynaklar

- [1] Celep, Z., 2015, Deprem mühendisliğine giriş. İstanbul, Beta Dağıtım.
- [2]. Celep, Z., 2015, Yapı dinamiği. İstanbul, Beta Dağıtım.
- [3] 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Ankara, Ocak, 2019
- [4] TS498 "Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri" Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1997
- [5] Özdemir M.Y., 2005, Yapıların deprem hesabında A2 düzensizlik durumunun incelenmesi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- [6] Ayrancı, M.M., 2004, Döşeme süreksizliği olan betonarme yapı sistemlerinin farklı bilgisayar modelleri ile analizi ve karşılaştırması. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- [7] Şahbaz M.U., 2005, Planda çıkıntı düzensizliğine sahip betonarme yapıların deprem yükü etkisi altında karşılaştırmalı analizi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- [8] Bahçecioğlu M.A.Ş., 2005, Planda düzensiz yapıların deprem etkileri altındaki davranışı. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- [9] Arslan S., 2007, Betonarme binalarda döşeme boşluklarının taşıyıcı sistem davranışına etkileri. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- [10] Yedikardeş U., 2010, Deprem yönetmeliğine göre yapılardaki A2 düzensizlik durumunun incelenmesi ve perde yerleşiminin düzensizliğe etkisi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- [11] Arsalan, G., Borekci, M., Sahin, B., Denizler, M.İ., Duman, K.S., Performance evaluation of in-plan Irregular RC frame buildings based on Turkish Seismic Code. Int J Civ Eng., DOI 10.1007/s40999-016-0131-1, 2016.

[12] Kabakuşak S., Çok katlı betonarme binaların sismik performanslarının değerlendirilmesi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, 2017.