

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

¹Eyüp ŞENTÜRK ^{*2}Necati MERT ^{*3}Hüseyin KASAP

¹SAÜ: Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, TURKEY

^{*2,3}SAÜ Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sakarya, Turkey

Özet

Çeşitli mimari ve yapısal gereksinimler sebebi ile yapılarda düzensizliklerin ortaya çıkması kaçınılmazdır. Yapının deprem etkisi altındaki davranışının belirlenmesinde ve ilgili kesit etkilerinin bulunmasında yapının taşıyıcı sisteminin düzenli veya düzensiz olması önemli ölçüde etkilidir. Tasarımında mevcut olan düzensizlikler taşıyıcı elemanların daha fazla zorlanmasına sebep olur. Deprem riskli bölgelerde kat sayısı artışı ile birlikte çerçeve sistemlerde yeterli rijit ve dayanımının sağlanması, kat ötelemelerinin sınırlandırılması amacıyla perdeler ihtiyacı duyulmaktadır. Perdeler bir taşıyıcı sistemde çerçeve sistemi ile birlikte kullanıldığında, rijitlikleri kolonlara göre daha büyük olduğu için deprem ve rüzgar gibi yatay yüklerinin önemli bir kısmını karşılarlar.

Bu çalışmada, H tipi plan düzensizliği bulunan betonarme binalarda perde yerleşiminin yapısal davranışa etkisi incelenmiştir. Bu amaçla her biri 4,8,12 katlı olmak üzere bir tanesi referans model olmak üzere 7 model oluşturulmuş ve farklı perde yerleşimlerinde yapının düzensizlik ve davranışları üzerine incelemeler yapılmıştır. İdecad V7 paket programı ile DBYBHY-2007'ye esasları kullanılarak elde edilen sonuçlar, SAP2000 programı kullanılarak bulunan sonuçlardan 4 katlı modeller için 2018 TBDY kullanılarak analizleri yapılmış ve sonuçları karşılaştırılmıştır. Binalar plan düzensizliği bulunmayan referans modele göre kendi aralarında değerlendirilmiştir

Abstract

Due to various architectural and structural requirements, irregularities in the structures are inevitable. 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 H-type irregularity was investigated. For this purpose, 7 models, each of which are 4,8,12 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 İDECAD V7 program and DBYBHY-2007 principles were analyzed by using 2018 TBDY for 4 storey models from the results found using Sap2000 program and the results were compared. The buildings were evaluated among themselves according to the reference model without plan disorder.

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

1. Giriş

Türkiye, dünyanın aktif deprem faylarından biri olan KAFZ(Kuzey Anadolu Fay Zonu) üzerinde olup deprem riski oluşturabilecek yüzlerce aktif fay hattı üzerinde bulunmaktadır. Sismik etkiler açısından bu kadar tehlikeli bir coğrafyada yer almak, çok sık periyotta şiddetli depremlere maruz

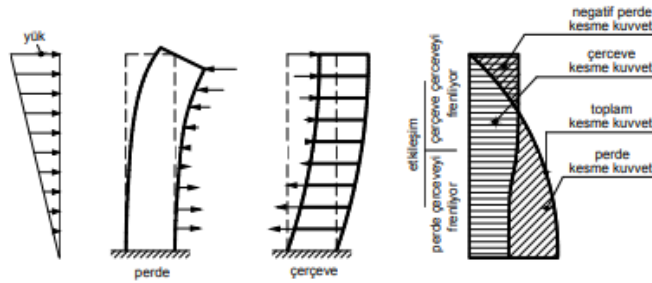
* Corresponding author: Address: Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering Sakarya University, 54187, Sakarya TURKEY. E-mail address: mert@sakarya.edu.tr, Phone: +902642955743

kalmamızdan dolayı üzerine inşa edilecek yapılarda hata oranını teknik açıdan en aza indirgememiz ve iyi analizler yapmamız gerektiğini göstermektedir. Son yıllarda büyük şehirlere yaşanan önemli göçler sonucunda nüfusun kontrolsüz artması alt ve üst yapıların önemini arttırmıştır. Nüfustaki bu artış, istihdam, barınma ve iş sahası açısından yüksek katlı yapı yapma ihtiyacını doğurmuştur. Yapılan her yüksek katlı yapı, estetik ve ekonomik açıdan beklentileri aynı anda karşılamak durumundadır. Fakat tasarımda göz önüne alınan bu iki faktörden daha önemli olan özelliği ise yüksek katlı yapıların güvenliğidir. Çeşitli büyüklük ve farklılıktaki birçok dış etkiye dayanabilme özelliği yapıya kazandırılmalıdır. Bunun için doğru malzeme ve taşıyıcı sistem seçimi oldukça önemlidir.

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

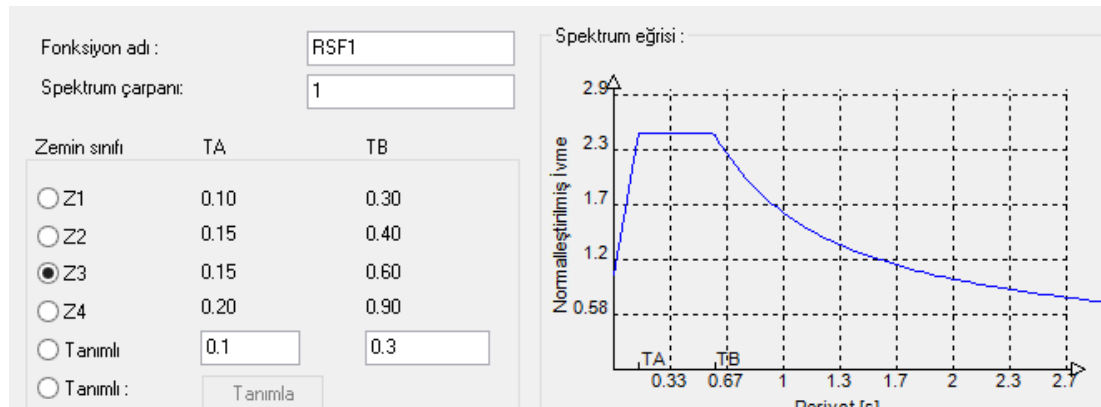
2. Problem Tanıtımı ve Analizi

Bu çalışmada, kullanım amacı konut olarak seçilen 4,8 ve 12 katlı olan , kat planında H 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 4,8 ve 12 katlı yapıda, çerçevesel 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.2007 deprem yönetmeliği ile

elde edilen değerlerde 4 katlı modeller için 2018 TBDY ile çözümleri yapılarak karşılaştırılmıştır.

Sistemler, DBYBHY-2007' ye göre analiz edilirken Yapı 3. 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.



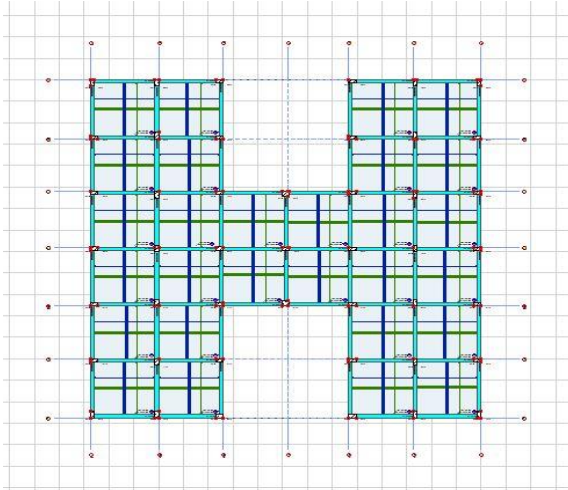
Şekil 2. Davranış spektrum fonksiyonu

Modal çözümleri 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.

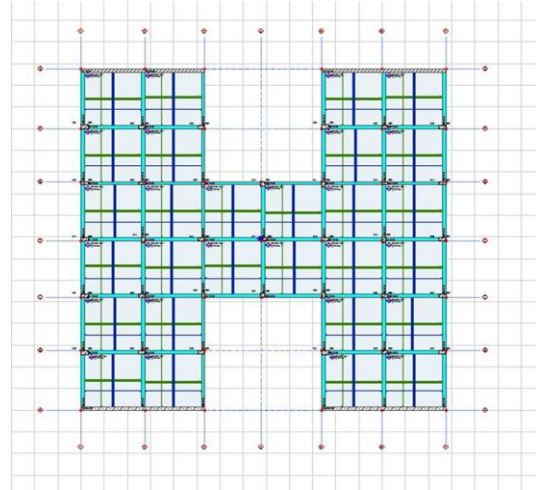
Modal çözümleri sırasında, X ve Y deprem doğrultularından her bir mod için hesaplanan taban kesme kuvveti modal etkin kütlelerinin toplamının, hiçbir zaman bina toplam kütlelerinin %95' inden daha az olmaması kuralına göre mod birleştirme hesabında dikkate alınmıştır.

Yapılan tasarımlarda kat yükseklikleri zemin kat ve normal katlar için 2,8 m, aks açıklıkları 5 ve 5,5 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.

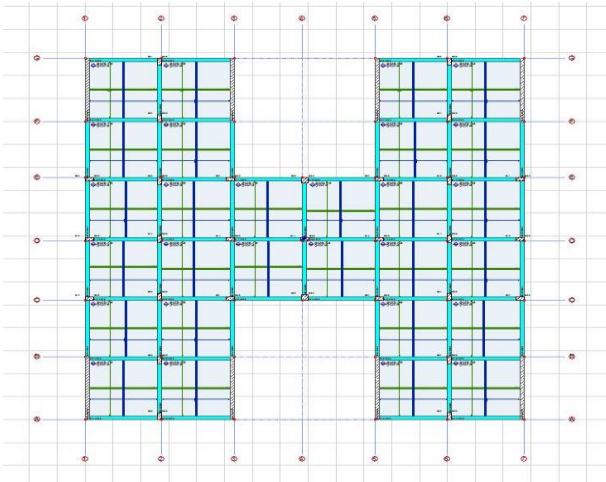
Hazırlanan yapı modelleri aşağıdaki gibidir.



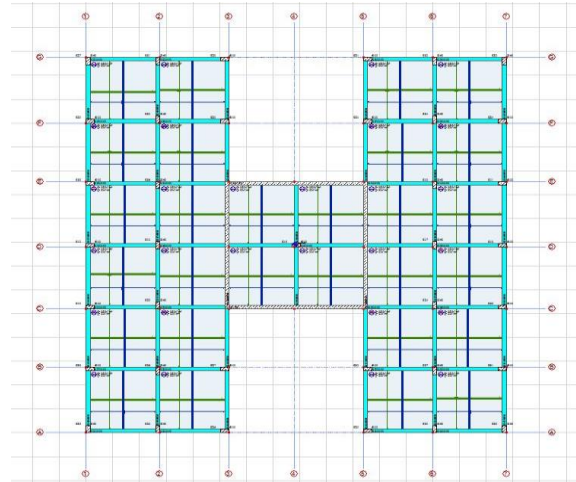
Sistem 1. Referans Model



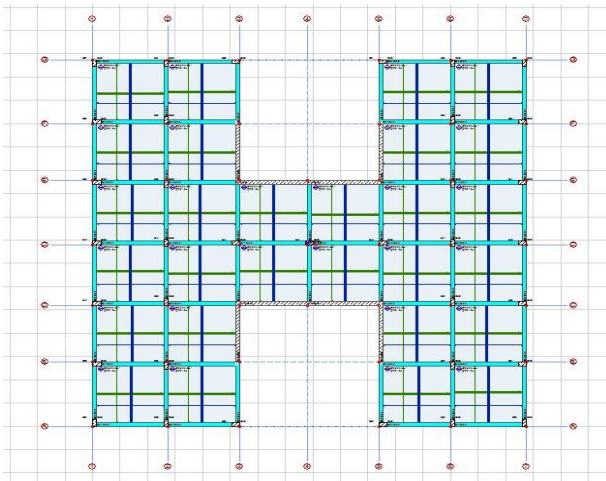
Model 1



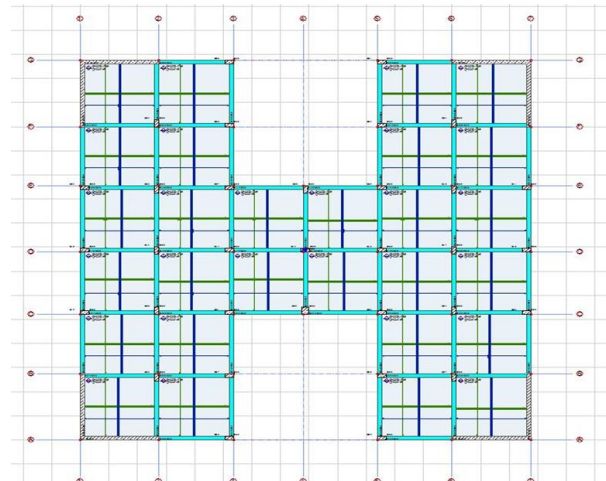
Model 2



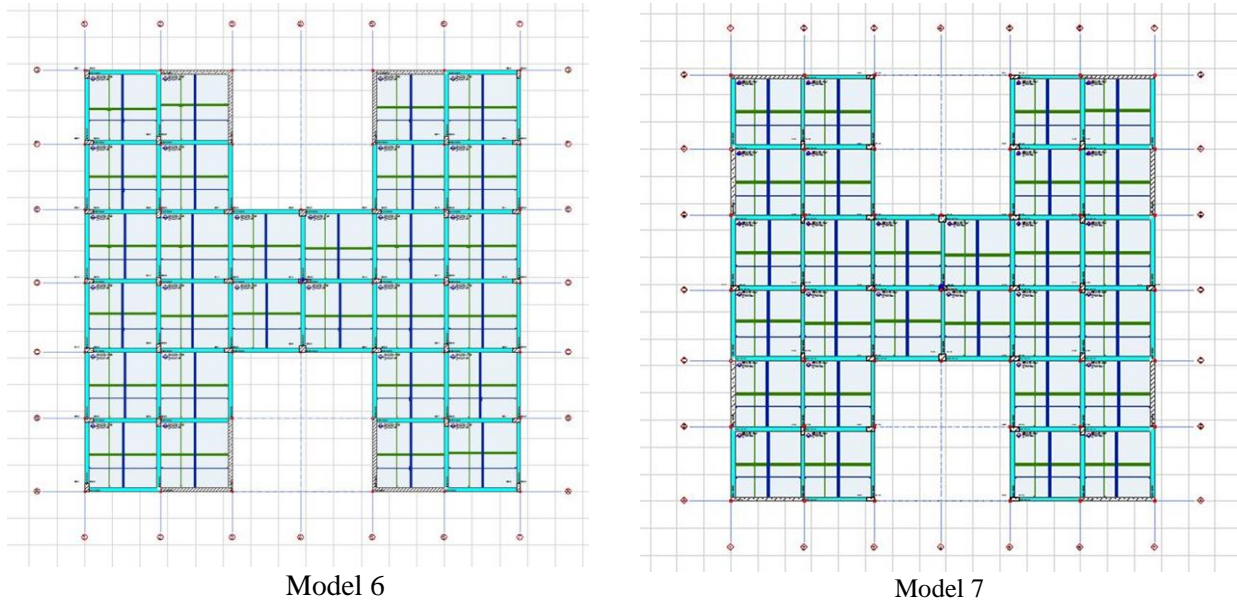
Model 3



Model 4

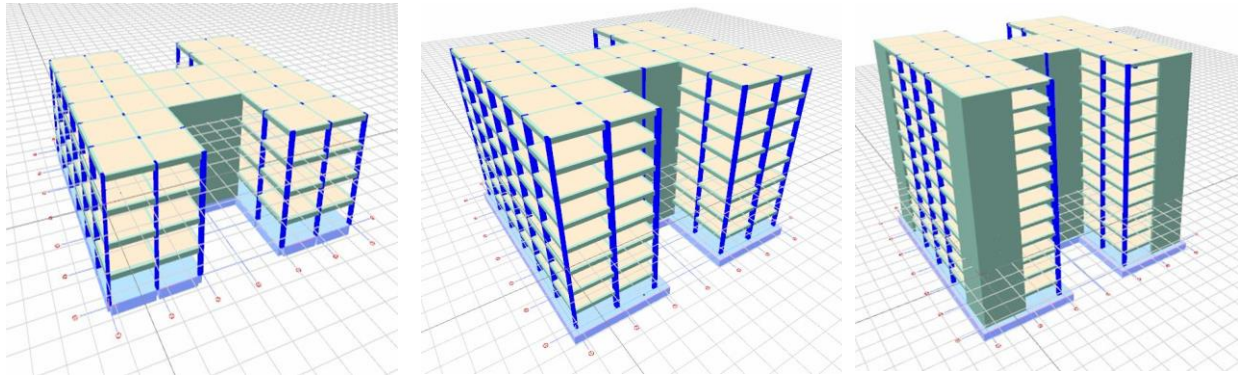


Model 5



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

Tüm modellerde C30 beton sınıfı ve S 420 donatı çeliği kullanılmıştır. Planlanan yapı 4,8 ve 12 katlıdır(Şekil 5)



Şekil 5. Model 3'ün 4,8 ve 12 Katlı perspektif görüntüleri

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 X doğrultusuna* 8 adet dış akslara simetrik olarak perdeler eklenmiştir.

Model 2 için düşey taşıyıcı olan kolonlara ek olarak, *sadece Y doğrultusuna* 8 adet simetrik perdeler yerleştirilmiştir.

Model 3 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 4 için düşey taşıyıcı olan kolonlara ek olarak özellikle yapının burulmasını sınırlandırmak amacıyla orta bölgede dış akslara simetrik olarak toplam 8 adet aks uzunluğunda perdeler teşkil

edilmiştir.

Model 5 için düşey taşıyıcı olan kolonlara ek olarak planın köşelerine L şeklinde olmak üzere *simetrik* olarak toplamda 8 adet aks uzunluğunda perde eklenmiştir.

Model 6 için düşey taşıyıcı olan kolonlara ek olarak planın *diğer* köşelerine L şeklinde olmak üzere *simetrik* olarak toplamda 8 adet aks uzunluğunda perde eklenmiştir.

Model 7 için düşey taşıyıcı olan kolonlara ek olarak planın sadece *dış akslarına 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

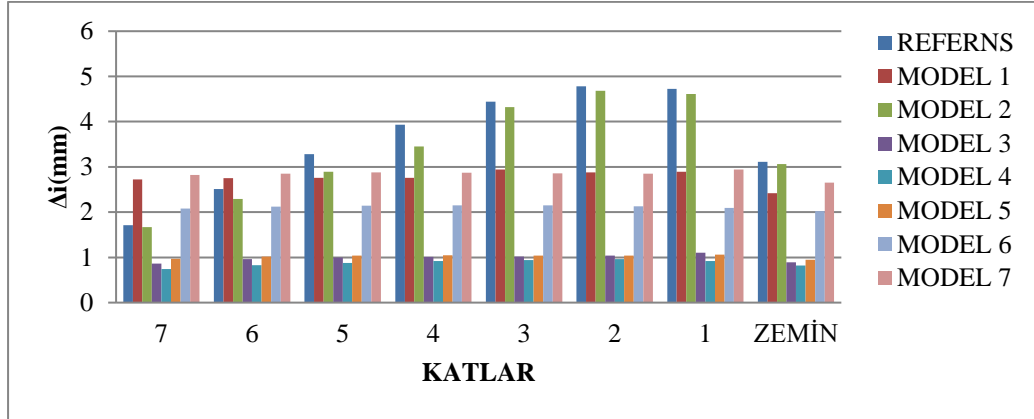
Geometrik ve malzeme verileri	
Kullanım amacı	Konut
Kat adeti	4,8,12
Zemin kat yüksekliği	2,8 m
Normal kat yüksekliği	2,8 m
Toplam bina uzunluğu	32,5 m
Döşeme kalınlığı	15 cm
Kirişlerin kesitleri	30/50 cm
Kolonların kesitleri	30/60 cm
Radye temel kalınlığı	120 cm
Beton sınıfı	C30
Donatı sınıfı	S420
Poison oranı	0,2
Deprem parametreleri	
Deprem bölgesi	3. derece
Zemin sınıfı	Z3
Etkin yer ivmesi katsayısı	0,4
Bina önem katsayısı	1
Süneklik düzeyi	Yüksek
Taşıyıcı sistem davranış katsayısı	7,8 (Modele göre değişken)
Zemin emniyet gerilmesi	20 tf/m 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

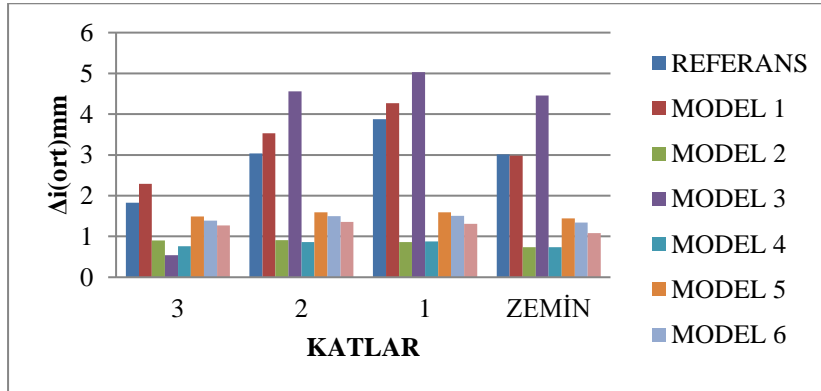
8 Katlı yapı modellerinde Tüm sistemlerde göreli kat ötelemeleri tüm katlar için ayrı ayrı incelenmiş olup, her sistemde oluşan maksimum göreli kat ötelemeleri aşağıdaki Şekil 6.’ da gösterilmiştir.



Şekil 6. 8 katlı yapı sistemlerinde X doğrultusunda görel kat ötelemesi karşılaştırması

Çözümleme sonucu veriler incelediğinde Şekil 6.' da görüldüğü gibi Model 4, 5 ve 6' da, her iki yönde de görel kat ötelemesi sınırı aşılmamıştır. Diğer sistemlerde görel kat ötelemesi sorunu vardır. Yönetmelikteki sınır değeri, yürürlükten kalkan yönetmelikteki sınır değerinin 0.4 katıdır. Değerin bu kadar küçülmesi sistemin daha rijit olması gerektiğini göstermektedir. Sadece çerçevesi sistemlerle oluşan sistemlerde bu rijitliği sağlamak çok zordur. Grafiklerde de görüldüğü gibi sistemlere eşit miktarda perde eklemek sistemin rijitliğini etkilememektedir. Görel kat öteleme sınırını aşmamak için perdeler sistemlere her iki yönde ve düzenli bir şekilde yerleştirilmelidir.

4 katlı yapı sistemleri için, tüm sistemlerde görel kat ötelemeleri tüm katlar için ayrı ayrı incelenmiş olup, her sistemde oluşan maksimum görel kat ötelemeleri aşağıdaki Şekil 7.' de gösterilmiştir.



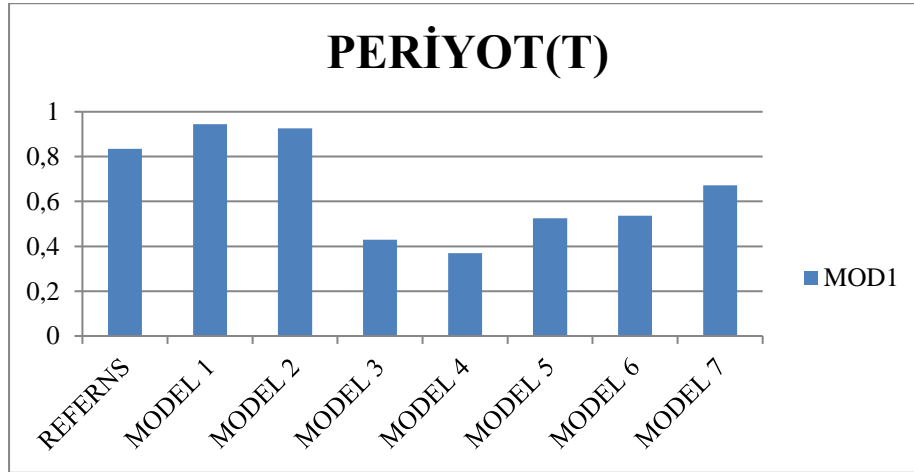
Şekil 7. 4 Katlı modellerin Y doğrultusunda görel kat ötelemelerinin karşılaştırılması

Çözümleme sonucu veriler incelediğinde Şekil 7.' de görüldüğü gibi sistemlerde görel kat ötelemesi sınırı aşılmamıştır. Yapısal çözümleme aşamasında kabul edilen, dolgu duvarlar ile taşıyıcı elemanların arasına esnek derzler yapılması çok önemlidir. Görel kat ötelemesinin en düşük olduğu sistem 7'dir. Perde alanlarının aynı olmasına rağmen sistemlerin birbirinden farklı kat ötelemesi yaptığı görülmektedir. Düşey taşıyıcı alanları neredeyse aynı olan sistemlerin, ağırlıklarının da birbirine yakın olduğu düşünülürse perdenin sisteme yerleşim düzeninin yarattığı

farklılığı çok açık görülebilir.

3.2. Periyotların Karşılaştırılması

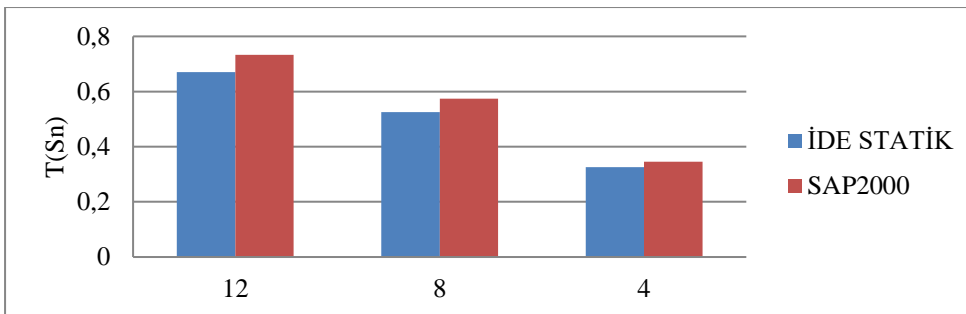
8 katlı modellerin periyotları en düşük olan modeller model 4 ve model 3 olduğu görülmektedir. Periyotlarının düşük olması belirli yükler altında yapının salınım sürelerini göstermektedir. Model 3 ve model 4 'de yapının çekirdek bölgesinde perdeler ile çevrili olduğundan dolayı salınımları sınırlı olmaktadır sonucuna varılmaktadır. Şekil 8.'de gösterimi verilmiştir.



Şekil 8. 8 Katlı modellerin periyotlarının karşılaştırılması

Burada görüldüğü üzere yapıdaki perde sayısının aynı olmasına rağmen, sistem periyotları birbirlerinden farklıdır. Düşey taşıyıcı alanı artıca 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.

5. modelin SAP2000 ve İDESTATİK periyot verilerinin karşılaştırılmasında SAP2000 programı ile yapılan analiz sonuçlarında periyot değerlerinin daha fazla çıktığı gözlenmektedir. Düşük katlarda iki program tarafında yapılan analizler sonucunda elde edilen değerler düşük katlarda az olduğu, kat adeti fazla olan modellerde ise aralarında farkın daha fazla olduğu görülmektedir(Şekil9).



Şekil 9. Model 5'in Periyotlarının farklı program sonuçları ile karşılaştırılması

Burada görüldüğü üzere yapıdaki perde sayısının aynı olmasına rağmen, sistem periyotları birbirlerinden farklıdır. Düşey taşıyıcı alanı artıca 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 4 statik paket programı ile yapılan analizde yapı üçüncü derece deprem bölgesinde bulunarak çerçevesi bir betonarme sistem olduğundan dolayı süneklik düzeyi yüksek sistem olarak seçilmiştir. Yapının yapı davranış kat sayısı (R) x doğrultusunda 6,78, y doğrultusunda 6,98 kabul edilmiştir. Katlara etkiyen maksimum yükler eşdeğer yükler, yapı ağırlığı tespit edilmiştir. Model 4 için kat kuvvet parametreleri Tablo 3. te verilmiştir.

Tablo 3. Model 4 kat kuvvet parametreleri

Kat	Wi [t]	X Yönü	Y Yönü
		Eşdeğer [tf]	Dinamik [tf]
7. Kat	809,60	186,01	184,46
6. Kat	809,60	146,22	144,36
5. Kat	809,60	119,45	114,65
4. Kat	809,60	98,33	93,08
3. Kat	809,60	79,62	76,58
2. Kat	809,60	61,65	62,39
1. Kat	809,60	43,12	46,69
Z. Kat	809,60	23,16	27,21

4. Sonuçlar ve Değerlendirmeler

Bu çalışmada H 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 C30 sınıfı beton, S420 sınıfı çelik ve 3. derece deprem bölgesinde Z3 sınıfı zemin değerleri kullanılarak tasarımı yapılan sistem 4, 8, 12 katlı olmak üzere 8 er adet farklı betonarme yapı modellerinin “İDESTATİK” paket programı yardımı ile yapılan analizler neticesinde boyutlandırılarak yapısal davranışları incelenmiştir.

Kat yer değiştirmenin, yapı modellerin ve yapı yüksekliklerine göre değişkenlik gösterdiği eldeki veriler doğrultusunda görülmektedir. Yüksek katlı modellerde örneğin 12 katlı referans modelde x doğrultusunda kat ötelemesi 44,39 mm olurken 8 katlı modelde 28,44 mm , 4 katlı modelde ise 11,61 mm olduğu görülmüştür. Kat ötelemelerinin yüksek katlarda düşük katlı modellere göre çok daha fazla olduğu görülmektedir. Özellikle 8 katlı ve 12 katlı modellerde kat ötelemelerin mevcut olduğu yönde en fazla ötelemelere sahip modellerde ötelemeler düşük katlardan yüksek katlara doğru çıkarken en fazla ötelemenin olduğu modellerin değiştiği görülmektedir.

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 h tipi çerçeve düzensizliği olan yapılar düzensizliklere karşı daha kararlı olduğu tespit edilmiştir. 2018 deprem yönetmeliği ile elde edilen değerler 2007 deprem yönetmeliği ile elde edilen değerlerden yaklaşık olarak %25 daha fazla çıktığı tespit edilmemiştir. Değerlerin fazla çıkmasının başlıca sebebi yeni deprem yönetmeliğinde kullanılan hesap yöntemlerinin daha gerçekçi ve zemin etkilerinin yapıya doğrudan etkimesinin etkisinin olduğu görülmüştür.

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., Denizer, 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] Sakale, R., Arora, R.K., Chouhan, J., Seismic behavior of buildings having horizontal irregularities. İJSCER., 3(4):77-84, 2014.
- [13] Haque, M., Ray, S., Chakraborty, A., Elias, M., Alam, I., Seismic performance analysis of RCC multy-storied buildings with plan irregularity. Science PG., 4(3):68-73, 2016.