

Deprem Etkisindeki Betonarme Binalarda Yumuşak Kat Düzensizliğine Perde Duvar Etkisi

*¹Zehra Şule Garip, ¹Erhan Eren, ¹Furkan Erdem and ¹Mehmet Niyazi Bozdoğan
^{*1} Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering Karabuk University, Turkey

Özet :

Bu çalışmada, Z4 zemin sınıfında inşaa edilen deprem etkisindeki betonarme binalarda kat sayıları ve zemin kat yükseklikleri değiştirilerek yumuşak kat düzensizliğine perde duvar etkisi incelenmiştir. Bu amaçla, sonlu elemanlar prensibine dayalı olarak çalışan SAP2000 programında zaman tanım alanında dinamik analizler gerçekleştirilmiştir. Dinamik analizlerden elde edilen sonuçlara göre perde duvarsız ve perde duvarlı binaların görelî kat ötelemeleri ve tepe noktaları yer değiştirmeleri grafikler halinde sunulularak değerlendirilmiş ve perde duvar katkısı incelenmiştir. Zemin kat yüksekliğinin artması görelî kat ötelemeleri arttırırken, kat sayısının da görelî kat ötelemelerinde etkili olduğu görülmüştür. Yapılar perde duvarlı modellendiğinde görelî kat ötelemelerin ve tepe noktası yer değiştirmelerin önemli oranda azaldığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yumuşak kat, perde duvar, zaman tanım alanı

Abstract

In this study, the effect of shear wall on soft storey irregularity was investigated by changing the number of floors and ground floor heights in reinforced concrete buildings affected by earthquakes constructed in Z4 soil type. For this purpose, time history dynamic analysis were carried out by Sap2000 package program which is based on the principle of finite elements. According to the results obtained from the dynamic analyzes, the relative floor displacements of the building with shear walled and without shear walled, the top point displacements were presented by graphs and the shear wall contribution was investigated. The increase of the ground storey height increased the relative storey displacements, the number of storey was found to be effective in the relative storey displacement. It has been determined that relative storey displacements and top-point displacements are significantly reduced when the buildings are modeled with shear walls.

Key words: Soft floor, shear wall, time history

1. Giriş

Günümüzde yapılar tasarlanırken ticarî kaygılar gözetilerek zemin kat yüksekliği diğer katlara göre daha fazla yapılmaktadır. Tüm katlarda taşıyıcı sistem özellikleri sabit tutularak zemin kat yüksekliğinin arttırılması, katlar arası rijitlik farkına yol açarak DBYBHY2007’de belirtilen yumuşak kat düzensizliğinin oluşmasına neden olmaktadır. Depremlerde hasar alan binalar incelendiğinde yumuşak kat düzensizliği olan binaların çökme ya da ağır hasar alma oranlarının düzenli yapılara göre daha büyük olduğu görülmektedir.

*Corresponding author: Address: Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering Karabuk University, 78050, Karabuk TURKEY. E-mail address: zsulegarip@karabuk.edu.tr, Phone: +903704332021

Deprem yer hareketi tersinir bir etki olduğu için yapıda oluşacak olan rölatif yer değiştirmelerini karşılayabilecek dayanımda tasarlanması gerekmektedir. Yumuşak kat düzensizliği bulunan yapılarda görelî kat ötelemelerinin azaltılması ve deprem etkisini karşılaması için yapılarda tasarlanacak perde duvarlar dayanımı arttırmaktadır.

Literatürde, bugüne kadar yapılan çalışmalarda zemin özellikleri, perde duvar etkileri ve yumuşak kat düzensizliği çeşitli analiz yöntemleri ile incelenmiştir. Zemin rijitliğinin azalması durumunda yapıda deprem etkilerinin arttığı, zaman tanım alanında yapılan analizlerde elde edilen deprem kuvvetlerinin diğer analizlere oranla daha yüksek belirlendiği, perde duvarların bina performansını arttırdığı, yumuşak kat düzensizliğinde dolgu duvarların etkili olduğu sonuçlarına varılmıştır. Ayrıca doğrusal olmayan zaman tanım alanında birçok çalışma gerçekleştirilmiştir. [1-7]

2. Zaman Tanım Alanında Doğrusal Elastik Hesap

DBYBHY2007'de, bina ve bina türü tapıların zaman tanım alanında doğrusal elastik ya da doğrusal elastik olmayan deprem hesabı için, yapay yollarla üretilen, daha önce kaydedilmiş veya benzeştirilmiş deprem yer hareket hareketlerinin kullanılması belirtilmektedir. Kaydedilmiş deprem hareketlerinin kullanılabilmesi için aşağıdaki şartları taşıması gerekmektedir.

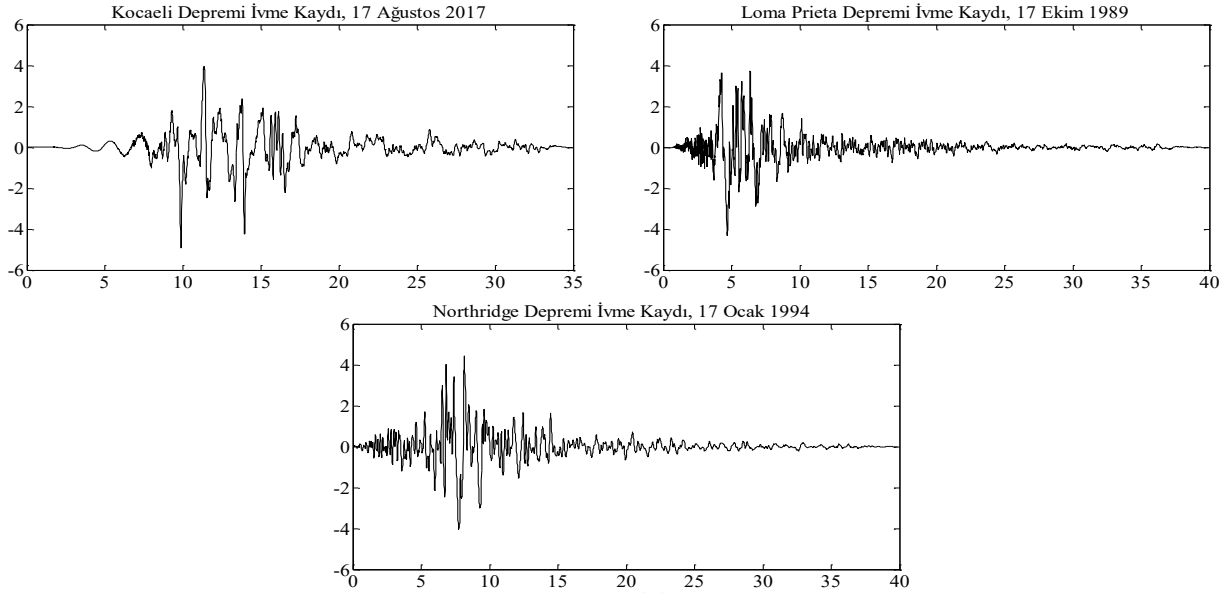
- Kuvvetli yer hareketi kısmının süresi, binanın birinci doğal titreşim periyodunun 5 katından ve 15 saniyeden daha kısa olmayacaktır.
- Üretilen deprem yer hareketinin sıfır periyoda karşı gelen spektral ivme değerlerinin ortalaması $A_g g$ 'den daha küçük olmayacaktır.
- Yapay olarak üretilen her bir ivme kaydına göre %5 sönüm oranı için yeniden bulunacak spektral ivme değerlerinin ortalaması, göz önüne alınan deprem doğrultusundaki birinci (hakim) periyod T_1 'e göre $0.2T_1$ ile $2T_1$ arasındaki periyodlar için, yönetmelikte tanımlanan elastik spektral ivme değerlerinin %90'ından daha az olmayacaktır.
- Kaydedilmiş veya benzeştirilmiş yer hareketlerinin kullanılması durumunda en az üç deprem yer hareketi üretilecektir.
- Zaman tanım alanında doğrusal veya doğrusal elastik olmayan hesapta, üç yer hareketi kullanılması durumunda sonuçların maksimumu, en az yedi yer hareketi kullanılması durumunda ise sonuçların ortalaması tasarım için esas alınacaktır [8]

3. Sayısal Çalışma

Bu çalışmada, deprem etkisindeki betonarme binalarda yumuşak kat düzensizliği bulunması durumunda perde duvarların ve kat sayısının yapı davranışına etkisi incelenmiştir. Bu amaçla, yapı-temel-zemin modeli kurularak sonlu elemanlar metodunu kullanan SAP2000 analiz programı ile dinamik analiz gerçekleştirilmiştir [9]. Analiz modelinde zemin yapı etkileşimi için

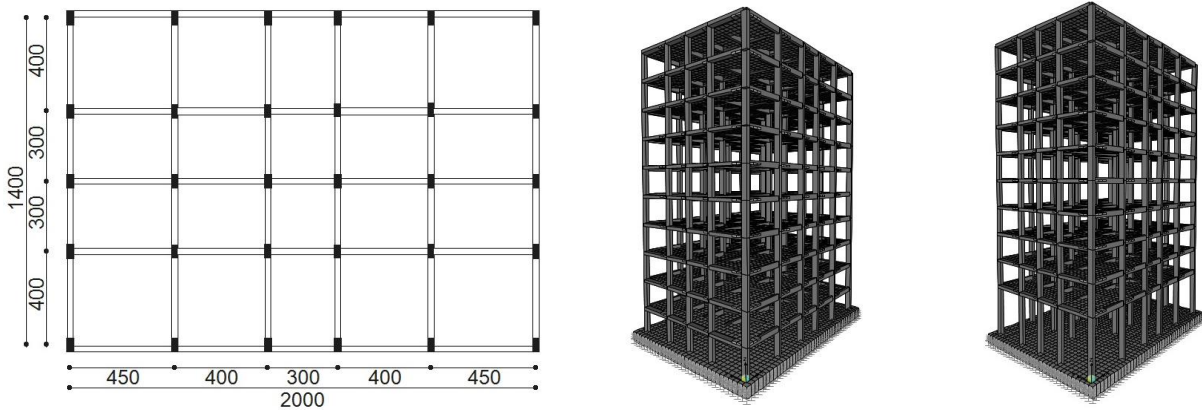
Winkler yay kullanılmıştır.

Zemin kat yüksekliği değiştirilen ($h_z=3\text{m}$, $h_z=6\text{m}$) 4-6-8-10 katlı betonarme bina modellerinin, DBYBHY2007’de belirtilen Z4 zemin sınıfı için ölçeklendirilmiş 3 farklı deprem ivme kaydı kullanılarak zaman tanım alanında doğrusal elastik hesap ile dinamik analizleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 1) [10-11]. Bina modellerine yataya doğrultuda deprem ivmeleri etki ettirilmiştir.

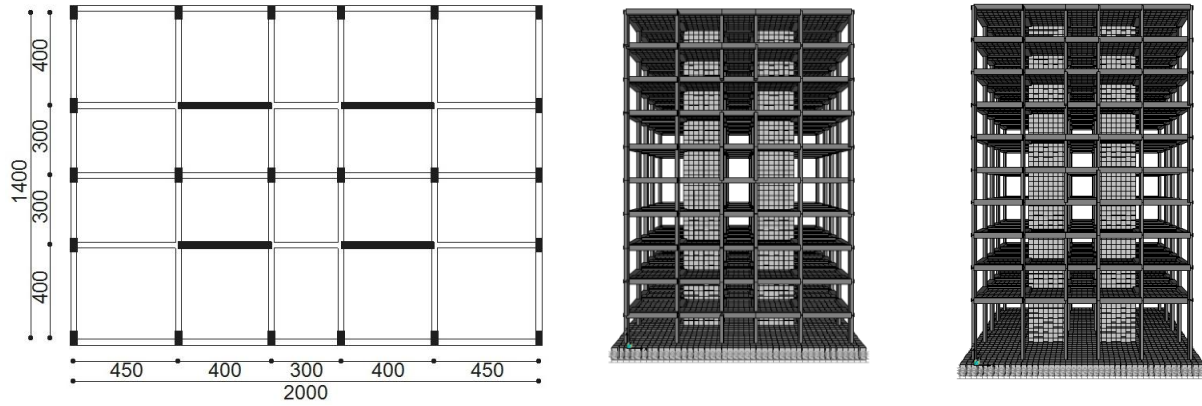


Şekil 1. Dinamik analizlerde kullanılan deprem ivme (m/s^2) - zaman (sn) kayıtları

Düzenli bina olarak modellenen zemin kat yüksekliği 3 m olan referans bina modeli ile zemin kat yüksekliği 6 m olan bina modelinin yumuşak kat oluşması durumunda göreceli kat ötelemeleri ve tepe noktası yer değiştirmeleri belirlenmiştir (Şekil 2). Yumuşak kat düzensizliğinin olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak için yapı modelinde deprem etki doğrultusunda perde duvarlar tasarlanmıştır (Şekil 3).

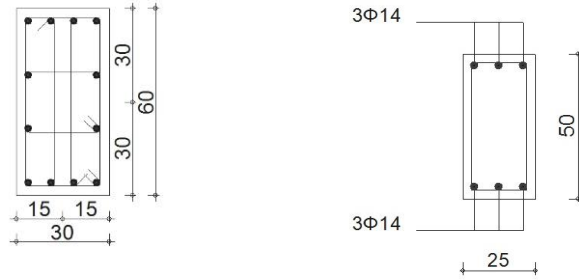


Şekil 2. Perde Duvarsız Analiz Modeli Kat Planı, $h_z=3\text{m}$ ve $h_z=6\text{m}$ için 3B Görünüşleri



Şekil 3. Perde Duvarlı Analiz Modeli Kat Planı, hz=3m ve hz=6m için 3B Görünüşleri

Zemin kat hariç tüm katlarda kat yükseklikleri aynı ve 3m olarak alınmıştır. Yapı modelinde kolon ve kiriş kesitleri dikdörtgen ve kat yüksekliği boyunca sabit olup kolonlar 30×60, kirişler 25×50, perde duvar kesiti 30×400 cm, döşeme kalınlıkları 15 cm ve radye temel kalınlığı 1 m olarak seçilmiştir (Şekil 4). Tüm yapıda C25, S420 kullanılmıştır. Yapıdaki hareketli yük 2 kN/m^2 sabit yük 5.87 kN/m^2 ve duvar yükü 6 kN/m , Z4 zemin sınıfı için yatak katsayısı 1000 t/m^3 olarak alınmıştır.

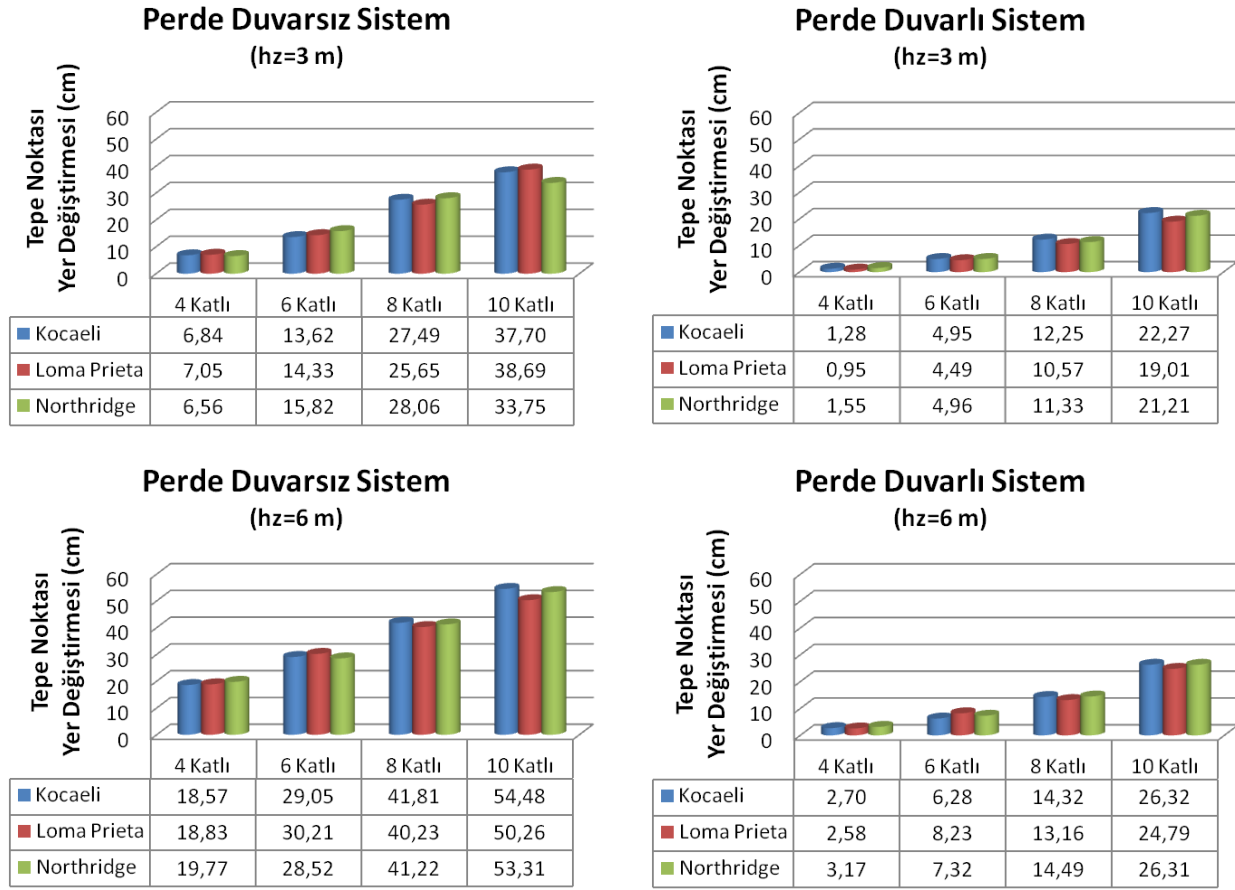


a) Kolon Kesiti b) Kiriş Kesiti
Şekil 4. Taşıyıcı Eleman Kesitleri ve Donatı Özellikleri

4. Sonuçlar

Deprem etkisindeki yapı davranışının belirlenebilmesi amacıyla, betonarme yapıların tepe noktası yer değiştirmeleri 3 farklı deprem ivme kaydı kullanılarak, perde duvarlı ve perde duvarsız yapı modelinin farklı katsayıları için belirlenmiş ve maksimum değerler ile elde edilen grafikler sunulmuştur (Şekil 5).

Zaman tanım alanında gerçekleştirilen dinamik analizler sonucunda elde edilen değerler incelendiğinde düzenli bina ile yumuşak kat düzensizliği bulunan binaların, zemin kat yüksekliğinin artışı yapının tepe noktası yer değiştirmesini %29 oranında arttırdığı belirlenmiştir.

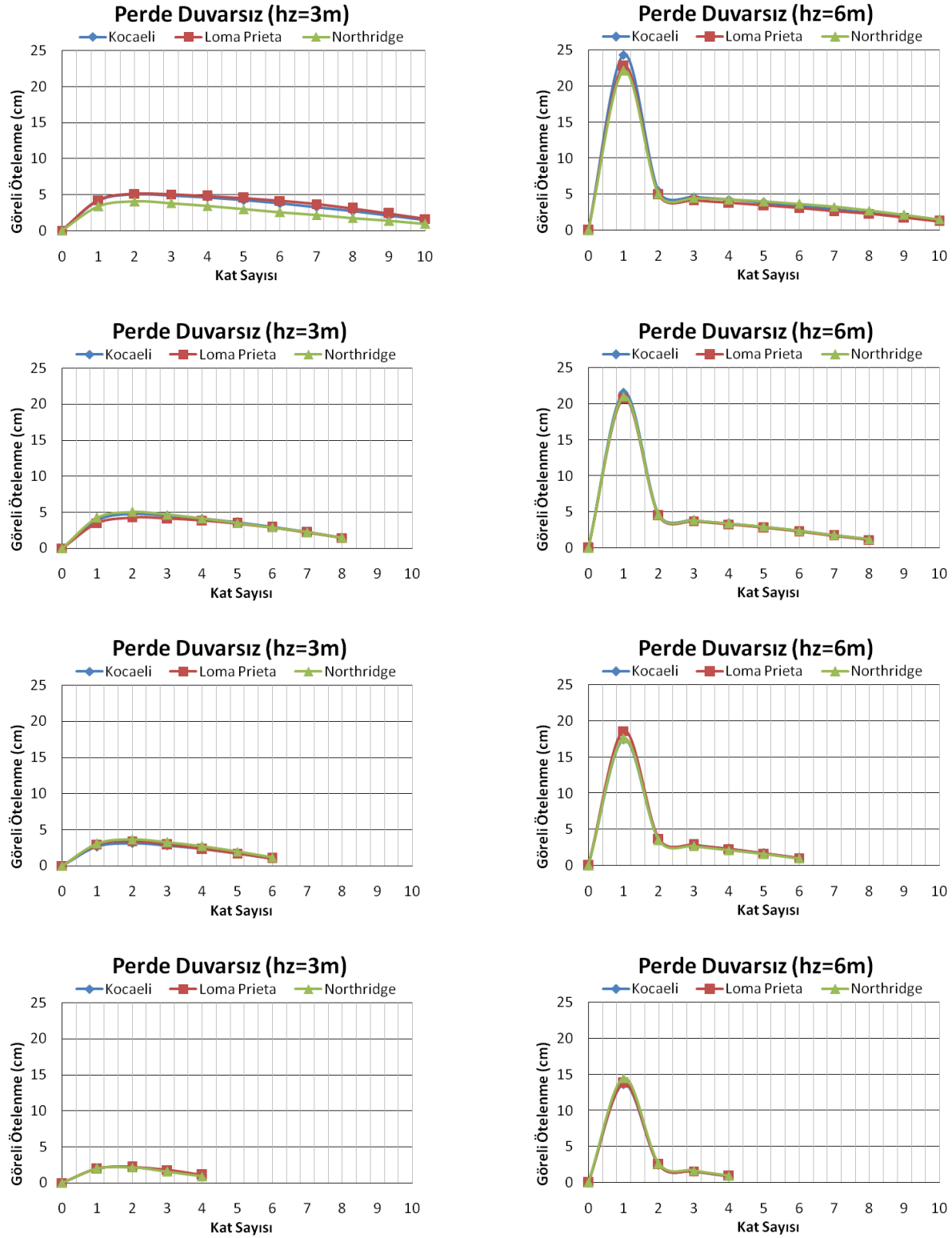


Şekil 5 Perde Duvarlı ve Perde Duvarsız Yapıların Tepe Noktası Yerdeğiştirmelerinin Karşılaştırılması

En büyük tepe noktası yer değiştirmesinin zemin kat yüksekliği 6 m olan 10 katlı perde duvarlı ve perde duvarsız binalarda Kocaeli deprem ivme kaydı ile oluştuğu görülmektedir. Yapılarda tepe noktası yer değiştirmesinin perde duvarsız modellere oranla perde duvarlı modellerde %50 oranında azaldığı belirlenmiştir.

Zemin kat yüksekliği 3 m olan 10 katlı perde duvarsız binalarda en büyük tepe noktası yer değiştirmesi Loma Prieta deprem ivme kaydı ile, perde duvarlı binalarda ise Kocaeli deprem ivme kaydı ile oluşmaktadır. Perde duvarların yapının tepe noktası yer değiştirmesini %42 oranında azalttığı belirlenmiştir.

Farklı zemin kat yüksekliğine sahip yapı modellerinin deprem etkisindeki dinamik analizlerinden elde edilen göreceli kat ötelemeleri grafikler ve tablolar halinde sunulmuştur (Şekil 6, Tablo 1).



Şekil 6 Görelî Kat Ötelemelerinin Karşılaştırılması

Görelî kat ötelemesi grafiklerinden görüldüğü gibi düzenli binada görelî kat ötelemeleri kat sayısı artarken önemli bir artış göstermemiştir. 10 katlı binada en yüksek görelî kat ötelemesi Loma Prieta deprem ivme kaydı ile zemin katta 4,21cm ve 1. katta 5,13cm olarak meydana gelmektedir. Zemin kat yüksekliği 6m olan binaların davranışı incelendiğinde kat sayısının artışı ile beraber görelî kat ötelemelerin de artışı görülmektedir. En yüksek görelî kat ötelemesi Kocaeli deprem ivme kaydı ile 10 katlı binanın zemin katında 24,35 cm ve 1. katında 5,39 cm dir.

Tablo 1. Zemin Kat ve 1. Kat Görelî Ötelemelerine Perde Duvar Etki Oranları

Kat Sayısı	Kat No	Perde Duvarsız (hz=3m) (cm)	Perde Duvarlı (hz=3m) (cm)	Perde Duvarsız (hz=6m) (cm)	Perde Duvarlı (hz=6m) (cm)	Perde Duvarın Olumlu Etki Oranı (hz=3m) (%)	Perde Duvarın Olumlu Etki Oranı (hz=6m) (%)
4	Z	1,94	0,31	14,50	1,08	0,84	0,93
	1	2,20	0,39	2,63	0,69	0,82	0,74
6	Z	3,06	0,57	18,62	1,87	0,81	0,90
	1	3,63	0,78	3,73	1,24	0,79	0,67
8	Z	4,22	0,98	21,54	2,47	0,77	0,89
	1	5,03	1,36	4,63	1,66	0,73	0,64
10	Z	4,21	1,37	24,35	3,55	0,67	0,85
	1	5,13	1,87	5,39	2,39	0,64	0,56

Tablo 1 de görüldüğü üzere düzensiz 10 katlı bir binanın görelî kat ötelemeleri %85 oranında azalmaktadır. Zemin kat ve 1. kat rijitlik farkının perde duvar eklenerek azaldığı ve deprem etkisine karşı bina dayanımının arttığı belirlenmiştir. Ayrıca düzensiz perdesiz binalarda kat sayısının artması ile tepe noktası yer değiştirmesi ve görelî kat ötelemelerinin artmasına rağmen, kat sayısının az olduğu binalarda DBYBHY2007’de belirtilen rijitlik düzensizliği katsayısı n_{ki} değeri artmaktadır.

5. Değerlendirme

Zaman tanım alanında gerçekleştirilen doğrusal elastik analiz sonuçları karşılaştırıldığında ve değerlendirildiğinde;

- Analizlerde kullanılan deprem ivme kayıtlarından düzenli perdesiz 10 katlı binada Loma Prieta deprem ivme kaydının, düzensiz perdesiz 10 katlı binada Kocaeli deprem ivme kaydının tepe noktası yer değiştirmesi ve görelî kat ötelemelerinde en büyük değeri verdiği belirlenmiştir.
- Yapı sisteminde katsayısının ve zemin kat yüksekliğinin artmasının yapının davranışında olumsuz etkiler meydana getirdiği ortaya çıkmıştır. Kat sayısı arttıkça yapının tepe noktası yer değiştirmesinde önemli artışlar gözlemlenmiştir.
- Yumuşak kat düzensizliğinin yapının görelî kat ötelemelerinde önemli bir artış meydana getirdiği görülmektedir.

- d. Perde duvarların binaların rijitliğini arttırdığı ve tepe noktası yer değiştirmelerin önemli derecede azalttığı sonucuna varılmıştır.
- e. Depreme dayanıklı yapı modellenirken düzenli bina tasarlamasının önemi açıkça ortaya konulmuştur.

Teşekkür

Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Araştırma Görevlisi Gökhan Dok'a ölçeklendirilmiş ivme kayıtlarının temininde yardımcı olduğu için teşekkürlerimizi sunarız.

Bu proje Karabük Üniversitesi Bilimsel Araştırma Komisyon Başkanlığı tarafından Yurtdışı Bilimsel Etkinliklere Destek Projesi olarak desteklenmiştir.

Kaynaklar

- [1] H. Öztürk, G. Dok, A. Demir, "Farklı Zemin Koşullarındaki Betonarme Yapıların Davranışının Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi" ISITES 2015, Valencia-Spain
- [2] T. Seçme, "Zaman Tanım alanında Davranış Spektrumunun İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Eylül 2009
- [3] G. B. Sakcalı, H. Tekeli, F. Demir, "Betonarme Binalardaki Perde Duvar Miktarının Bina Performansına Etkisi" Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2016
- [4] S.Aktan, N. Kırac, "Betonarme Binalarda Perdelerin Davranışa Etkileri", Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi Cilt: XXIII, Sayı:1, 2010
- [5] M.E. Öncü, B. Yön, Z.Ç. Ulucan, "Zaman Tanım Alanında Analiz Yöntemi Kullanılarak Binalardaki A3 Düzensizliğinin İncelenmesi", Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi, 13-2, 2009
- [6] D. Başlı, "2007 Deprem Yönetmeliği'ne göre Yapı Düzensizliğinin Betonarme Binaların Deprem Davranışlarına Olan Etkilerinin İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana, 2011
- [7] T.O. Karasu, "Yumuşak Kat Düzensizliği Bulunan Betonarme Bir Yapının TDY 2007'ye Göre Performans Analizi", Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Manisa, 2011
- [8] DBYBHY, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Resmi Gazete No:26454,Yayın Tarihi: 06.03.2007
- [9] SAP2000, *Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures Basic Analysis Reference Manual*, Computers and Structures, Inc., California, 2012.
- [10] PEER, «PEER Strong Ground Motion Database,» Pasific Earthquake Research Center , 2006. [Çevrimiçi]. Available: <http://peer.berkeley.edu/smcat/>.
- [11] Y. Fahjan, «Türkiye Deprem Yönetmeliği Tasarım İvme Spektrumuna Uygun Gerçek Deprem Kayıtlarının Seçilmesi ve Ölçeklenmesi,» *İMO Teknik Dergi*, pp. 4423-4444, 2008.