

Yumuşak Kat Düzensizliği Olan Betonarme Binaların Doğrusal Olmayan Davranışlarının İncelenmesi

¹Sema KURU, ^{*2}Naci ÇAĞLAR

¹Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, Türkiye

^{*2}Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, Türkiye

Özet

Geçmişten bugüne yaşanan depremlerde verdiğimiz kayıplar deprem gerçeğini gözler önüne sermiştir. Özellikle 1999 Marmara depremi sonrasında mevcut yapıların güvenilirliği ciddi şekilde sorgulanmaya başlanmıştır. Yapıların genellikle zemin kat yükseklikleri ticari bir takım amaçlardan dolayı diğer katlara göre daha yüksek inşa edilmektedir. Bu da binada yumuşak kat oluşumuna sebebiyet vermektedir. Bu çalışmada zemin kat yüksekliğinin yapının deprem performansına etkileri incelenmiştir. Bu amaçla 1998 yılı öncesi inşa edilmiş ve halen mevcut durumda bulunan yapıları temsil etmek üzere zemin kat yüksekliği 2.8m, 3.5m ve 4.5m olan 3 yapı modeli oluşturulmuştur. 2019 TBDY kapsamında, yumuşak kat düzensizliği dikkate alınarak SAP2000 sonlu elemanlar programı yardımıyla oluşturulan modellerin zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analizleri yapılarak, her model için analiz sonucunda taşıyıcı elemanların hasar durumları ayrı ayrı değerlendirilmiş, deprem performansı belirlenmeye çalışılmıştır.

Anahtar kelimeler: Betonarme mevcut bina, yumuşak kat düzensizliği, zaman tanım alanında hesap, doğrusal olmayan analiz, deprem performansı

INVESTIGATION OF NONLINEAR BEHAVIOR OF REINFORCED CONCRETE BUILDINGS WITH SOFT FLOOR DISORDERS

Abstract

The losses we have caused in earthquakes from the past to the present reveal the earthquake reality. Especially after the 1999 Marmara earthquake, the reliability of the existing structures has been seriously questioned. Generally, ground floor heights of buildings are built higher than other floors due to a number of commercial purposes. This causes the formation of soft story in the building. In this study, the effects of ground floor height on the earthquake performance of the building were investigated. For this purpose, 3 building models with a ground floor height of 2.8m, 3.5m and 4.5m have been created to represent the existing structures that were built before 1998. Within the scope of TBDY 2019, models created with the help of the SAP2000 finite element program, taking into account the soft story irregularity, are tested by nonlinear dynamic analysis with time history method, and the damage conditions of the carrier elements were evaluated separately for each model, and the earthquake performance is tried to be determined.

Keywords: Reinforced concrete existing building, time history analysis method, nonlinear analysis,

* Corresponding author: Address: Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering Sakarya University, 54187, Sakarya TURKEY. E-mail address: caglar@sakarya.edu.tr, Phone: +902642955752

1. Giriş

Ülkemizin %92 sinin deprem bölgesi olması sebebiyle yapı tasarımı ve inşası deprem açısından son derece önem arz etmektedir. Özellikle 1999 Marmara Depreminde verilen kayıplarından sonra mevcut yapıların güvenilirliği sorgulanmış ve yönetmeliklerde değişikliğe gidilmiştir. Son olarak 1 Ocak 2019 tarihinde yürürlüğe giren deprem yönetmeliği mevcut ve yeni yapılacak binalar hakkında uyulması gereken şartları açıkça ifade etmektedir.

Günümüzde birçok yazılım sayesinde yapıların deprem performansı belirlenebilmektedir. Bu çalışmada modellemesi yapılan mevcut binaların SAP2000 sonlu elemanlar programı yardımıyla ve 2019 TBDY ışığında deprem performansı belirlenmeye çalışılmıştır.

Deprem performansının belirlenmesinde kullanılan en gerçekçi yöntem zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemidir. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap, deprem yer hareketinin etkisi altında taşıyıcı sistemin hareket denklemlerini ifade eden differansiyel denklem takımının zaman artımları ile adım adım doğrudan integrasyonu'na karşı gelir. Bu işlem sırasında, doğrusal olmayan davranış nedeni ile sistem rijitlik matrisinin zamanla değişimi göz önüne alınır. Zaman tanım alanında yapılacak doğrusal olmayan hesaplarda en az on bir deprem yer hareketi takımı kullanılmalıdır. Birbirine dik yatay iki doğrultudaki ivme kayıtları taşıyıcı sistemin (X) ve (Y) asal eksenleri doğrultusunda aynı anda birlikte etki ettirilmelidir. Daha sonra ivme kayıtlarının eksenleri 90° döndürülerek hesap tekrarlanmalıdır. Bina taşıyıcı sistemlerinin zaman tanım alanında deprem hesabında kullanılacak deprem kayıtlarının seçimi, tasarıma esas deprem yer hareketi düzeyi ile uyumlu deprem büyüklükleri, fay uzaklıkları, kaynak mekanizmaları ve yerel zemin koşulları dikkate alınarak yapılmalıdır. [1].

Bu çalışmada 5 adet gerçek deprem kaydı kullanılmıştır. Depremlerin her iki doğrultusu eş zamanlı olarak yapı modeline etki ettirilmiş, daha sonra aynı deprem ivmeleri 90° derece döndürülerek yapıya tekrar etki ettirilmiştir. Bu şekilde her yapı modeli için 10 adet zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yapılmış olup analizler sonucunda plastik mafsallardaki dönme taleplerinin mutlakça en büyüklerinin ortalaması deprem performansı belirlenirken göz önüne alınmıştır. Analizlerde gerçek deprem kayıtları Pasific Eartquake Research Center (PEER) sitesinden alınarak SeismoMatch 2018 programında ölçeklendirilmiştir [3]. Ölçeklendirilmiş ivme kayıtları SAP2000 sonlu elemanlar programına [10] tanımlanmıştır.

Çalışma kapsamında, yumuşak kat düzensizliği dikkate alınarak 1998 yılı öncesinde inşa edilmiş ve halen mevcut durumda olan yapıları temsil etmek üzere zemin kat yükseklikleri 2.8m, 3.5m ve 4m olan 3 farklı yapı modeli oluşturulmuştur. Ölçeklendirilen deprem kayıtları yapıya eş zamanlı olarak etki ettirilerek zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri yapılmıştır. Analizler sonucunda plastik mafsallarda oluşan dönme talepleri ve taşıyıcı elemanlardaki hasar durumları irdelenerek yapıların deprem performansı belirlenmiştir.

2. Yapıların Deprem Performansı

Gelecekte meydana gelecek ve insan hayatını etkileyecek depremlerde oluşabilecek zararların önlenmesi ve azaltılması için mevcut yapıların deprem performansının bilinmesi büyük önem arz etmektedir. Deprem performansı, “belirli bir deprem etkisi altında bir binada oluşabilecek hasarların düzeyi ve dağılımına bağlı olarak belirlenen yapı güvenliği durumu” olarak tanımlanabilir [9].

Deprem etkisi altında mevcut binaların yapısal performanslarının belirlenmesi ve güçlendirme analizleri için kullanılacak doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinin amacı, verilen bir deprem için sünek davranışa ilişkin plastik şekil değiştirme istemleri ile gevrek davranışa ilişkin iç kuvvet istemlerinin hesaplanmasıdır. Daha sonra bu istem büyüklükleri, şekil değiştirme ve iç kuvvet kapasiteleri ile karşılaştırılarak, kesit ve bina düzeyinde yapısal performans değerlendirmesi yapılmaktadır [2].

3. Yapıların Modellenmesi

1998 yılı öncesinde inşa edilmiş ve halen mevcut durumda olan yapıları temsilen oluşturulan zemin kat yükseklikleri farklı 3 yapı modelinin doğrusal olmayan analizleri SAP2000 V21.10 analiz programı ile gerçekleştirilmiştir.

Yapıların modellenmesinde bazı idealleştirilmeler yapılmıştır. Döşemeler, serbestlik derecesini arttırdığından dolayı modellenmemiştir. Bunun yerini döşeme yükleri yayılı yüklere dönüştürülerek kirişlere tanımlanmıştır. Ayrıca her katın kendi içerisinde rijit diyafram davranışı göstermesi için rijit diyafram ataması yapılmıştır. Yapılarda temel modellenmesi yapılmamış olup, perde ve kolon alt uçlarına ankastre mesnet ataması yapılmıştır [6].

Çalışmada tüm yapı elemanları çubuk eleman olarak modellenmiş olup Yığılı Plastik Davranış Modeli kullanılmıştır. Yığılı Plastik Davranış Modeli’nde iç kuvvetlerin plastik kapasitelerine eriştiği sonlu uzunluktaki bölgeler boyunca, plastik şekil değiştirmelerin düzgün yayılı biçimde olduğu varsayılmaktadır. Plastik mafsal boyu olarak adlandırılan plastik şekil değiştirme bölgesinin uzunluğu (L_p), çalışan doğrultudaki kesit boyutu (h)’nin yarısına eşit alınacaktır ($L_p = 0.5$) [1].

Elemanlara ait doğrusal ötesi davranış parametreleri, bu davranışın eleman uçlarında yoğunlaşacağı varsayımına dayanan “yığılı plastik davranış hipotezi” kullanılarak hesaplanmıştır. Bu hipotez uyarınca kiriş, kolon türü taşıyıcı sistem elemanlarındaki plastik şekil değiştirmelerin, iç kuvvetlerin kapasitelerine eriştiği sonlu uzunluktaki bölgeler boyunca düzgün yayılı biçimde meydana geleceği varsayılır. Eğilme davranışının hakim olduğu bu bölge plastik mafsal boyu (L_p) olarak adlandırılır. Yığılı plastik davranışı karakterize eden plastik mafsal, bu bölgenin tam

ortasında noktasal bir eleman olarak idealleştirilebilir [5].

Modellenen yapı elemanlarına etkin kesit rijitlikleri tanımlanmıştır. Yapı elemanları rijitlikleri orantısında yük almaktadır. Ancak deprem etkisi altında yapı elemanlarının rijitlik değerlerini, tasarım aşamasında öngörülen gibi olmadığı belirlenmiştir. Bu yüzden betonarme yapıların deprem performansı araştırılırken çatlama kesite ait rijitlikler dikkate alınmalıdır [8]. 2019 TBDY'ye göre mevcut binaların deprem hesabına ilişkin ilke ve kurallarında doğrusal ve doğrusal olmayan hesap yöntemlerinde ortak olarak, çatlama kesite ait etkin kesit rijitlik değerlerinin aşağıdaki şekilde kullanılabileceği belirtilmiştir [1].

Tablo 1. Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Etkin Kesit Rijitliği Çarpanları

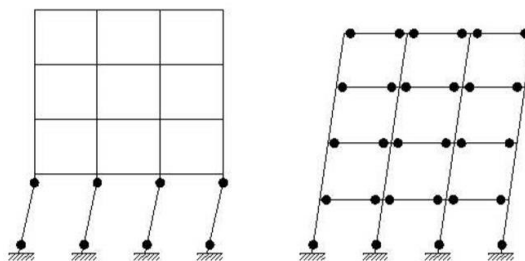
Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanı	Etkin Kesit Rijitliği Çarpanı	
	Eğilme	Kesme
Çubuk Elaman		
Çerçeve kirişi	0.35	1.00
Çerçeve kolonu	0.70	1.00
Perde (eşdeğer çubuk)	0.50	0.50

4. Yumuşak Kat Düzensizliği

Betonarme olarak inşa edilen birçok konut ve işyeri binasının özellikle giriş katlarında yumuşak kat oluşumuna rastlanmaktadır. Katlar arası dayanım farklılığı olarak düşünülebilecek yumuşak kat geçmiş depremlerde büyük ölçüde yıkımlara neden olmuştur. Yapının toptan göçmesine veya ağır hasar almasına neden olabilecek önemli faktörlerden biridir [7].

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i'inci kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan rijitlik düzensizliği katsayısı η ki "nin 2.0" den fazla olması durumu yumuşak kat diye adlandırılır [1].

Yapıların zemin katlarının ticari amaçlar sebebiyle diğer katlardan daha yüksek inşa edilmesi yapıda ani rijitlik değişimine sebep olur. Oluşan bu rijitlik düzensizliği özellikle perdesiz yapılarda deprem güvenliği açısından oldukça ciddi sorunlara neden olabilmektedir. Deprem yüklemesi altında bu düzensizlik nedeniyle zemin katta oldukça büyük deformasyon talepleri oluşmakta ve deprem enerjisi tek bir katta yoğunlaşmaktadır [4].



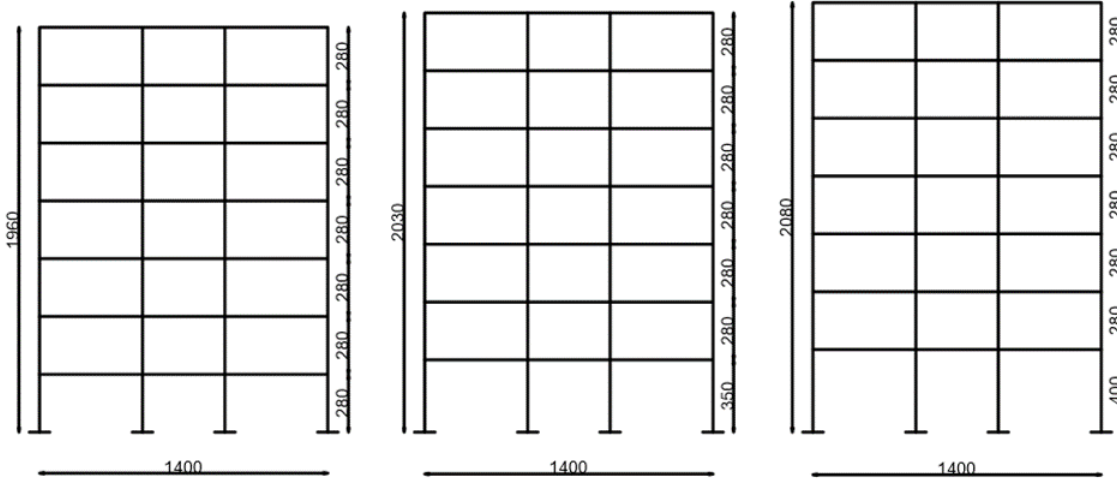
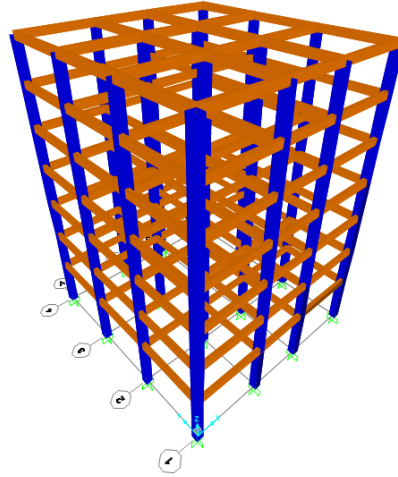
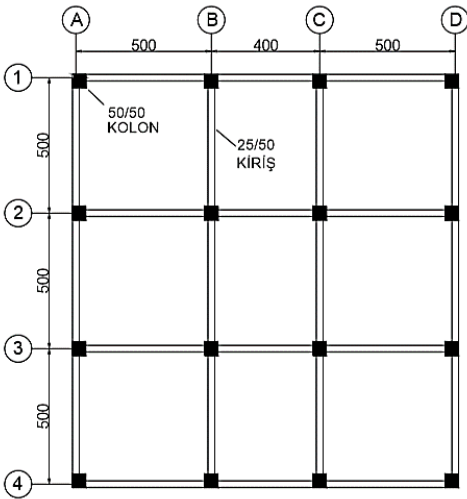
Şekil 1. Yumuşak kat ve ideal göçme mekanizması

Bu durumda binanın üst katları genellikle zemin kattaki yumuşak kat üzerine çökmesiyle sonuçlanmaktadır. Bu da binanın toplam toptan göçme ile sonuçlanması anlamına gelir [7].

5. Sayısal Çalışma

Çalışma kapsamında, 1998 yılı ve öncesinde inşa edilmiş halen mevcut durumda olan binaları temsil etmek üzere oluşturulan yapı modellerinin deprem etkisi altında deprem performansı araştırılmıştır. Binalarda zemin kat yüksekliğinin farklı olmasından dolayı oluşabilecek yumuşak kat düzensizliğinin etkileri gözlemlenmiştir.

Bu amaçla kalıp planları aynı, zemin kat yükseklikleri 2.8m , 3.5m ve 4m olan 7 katlı çerçevesi 3 farklı yapı modeli oluşturulmuştur. SAP2000 programında doğrusal olmayan analizleri yapılmıştır.



- Kalıp planları aynı, zemin kat yükseklikleri farklı olan bina modellerinin 2 boyutlu görünüşleri x-z yönü

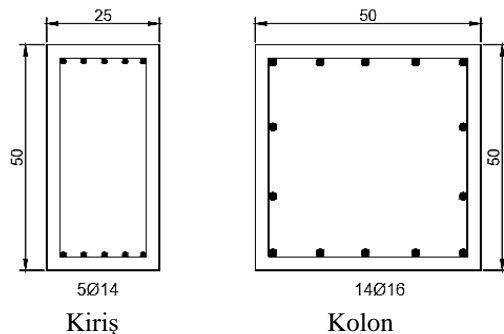
Şekil 2. Yapıların kalıp planı, 2 boyutlu ve 3 boyutlu görünüşleri

Yapı modellerinde zemin kat yükseklikleri dışında tüm özellikler sabit tutulmuştur. Yapı modellerinin tamamında diğer kat yükseklikleri 280 cm dir. Beton basınç dayanımı 18 MPa, donatı akma dayanımı 220 MPa'dır. Malzeme özellikleri belirlenirken 1998 yılı öncesinde inşa edilmiş yapıların malzeme özellikleri dikkate alınmıştır.

Modellemede kirişler 25x50 cm, kolonlar 50x50 cm olarak boyutlandırılmıştır. Modellerde kullanılan kolon ve kiriş eleman boyutları ve minimum donatı oranlarına karşılık seçilen donatılar Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Çerçevesiz Taşıyıcı Sistemlerde Kesit Boyutları, Donatı Oranı ve Seçilen Donatılar

	Kesit (cm)	Minimum donatı oranı	Seçilen donatı
Kolon	50x50	0.01	14 ϕ 16
Kiriş	25x50	0.00419	10 ϕ 14

**Şekil 3.** Kolon, kiriş ve perde elemanlarının kesitleri ve donatıları

Bu çalışmada 5 gerçek deprem kaydı kullanılmıştır. Deprem kaydı olarak Kocaeli, İmperial Valley, Northridge, Düzce ve Parkfield deprem kayıtları TBDY 2019'da verilen şartlara uyum sağlayacak şekilde seçilerek SEİSMOMATCH 2018 programı [11] ile ölçeklendirmesi yapılmıştır. Depremlerin her iki yatay bileşeni eş zamanlı olarak yapılara etki ettirilmiş olup taşıyıcı elemanlarda hasar seviyeleri gözlemlenmiştir.

Tablo 3. Kullanılan Deprem Kayıtları

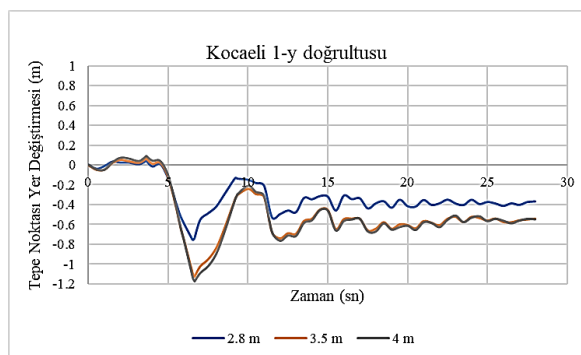
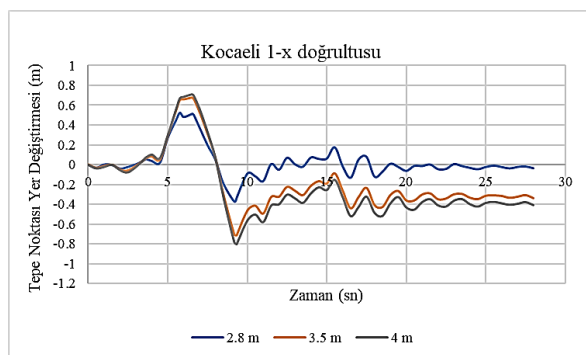
Deprem	Yıl	İstasyon	Büyükölç	Vs30	Süre(s)	Adım aralığı	Kayıt açısı	
							H1	H2
Northridge-01	1994	Anacapa Island	6.69	501.75	39.96	0.02	0°	270°
Kocaeli, Turkey	1999	Gebze	7.51	792	27.99	0.005	0°	270°
İmperial valley-06	1979	Superstition Mtn Camera	6.53	362.38	28.31	0.005	45°	135°
Duzce, Turkey	1999	Sakarya	7.14	411.91	59.98	0.01	90°	180°
Parkfield	1966	San Luis Obispo	6.19	493.5	29.9	0.01	234°	324°

SAP2000 sonlu elemanlar programında betonarme kolonlar için P-M2-M3 mafsalı, kirişler için ise M3 mafsalı tanımlanmıştır. Bu işlem yapılırken önceden tanımlanmış olan kolon, kiriş ve betonarme perdeler için idealize edilmiş plastikleşme momenti (M_p) değerleri uygulanarak mafsallar oluşturulmuştur. TBDY 2019’da tanımlanan değerler dikkate alınarak deprem etkisi altında çatlamış kesitlerde oluşan eğilme rijitlik azalmaları betonarme kolon ve kirişlere her katta ayrı ayrı olacak şekilde tanımlanmıştır.

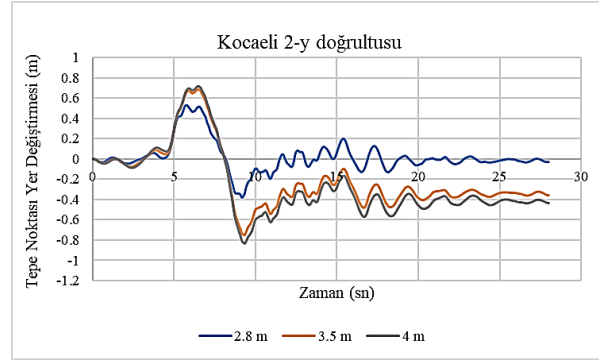
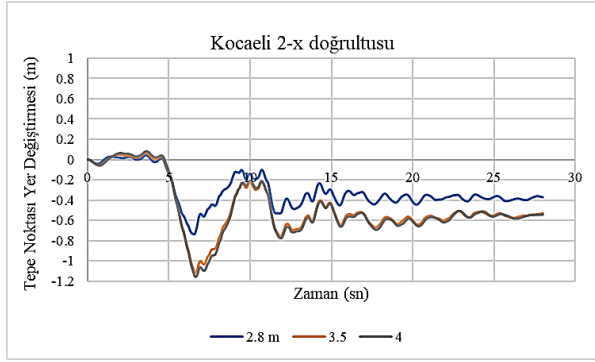
6. Sonuçlar

1998 yılı öncesinde inşa edilip mevcut durumda olan yapıları temsilen farklı zemin kat yüksekliklerine sahip 3 bina modelinin zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri SAP2000 programında yapılmıştır. Deprem bileşenleri eş zamanlı olarak etki ettirilmiş ve depremin aynı bileşenleri 90 derece döndürülerek yapılara tekrar etki ettirilerek analiz yapılmıştır. Bu şekilde yapılan yüklemeler doğrultusunda analizlere 1 ve 2 numaralar verilmiştir. 1 numaralı analizde tanımlanan eş zamanlı deprem ivmeleri 2 numaralı analizde 90 derece döndürülerek tekrar yapıya etki ettirilmiştir. 5 adet deprem kaydı kullanılarak her model için toplamda 10 analiz yapılmıştır. Analizler sonucunda zemin kat yükseklikleri farklı, kalıp planları aynı olan modellerin tepe noktası yer değiştirmeleri izlenmiştir.

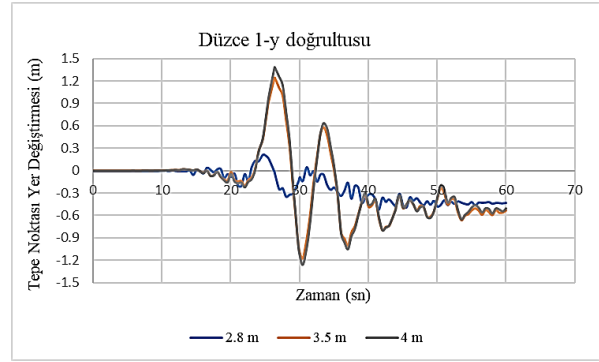
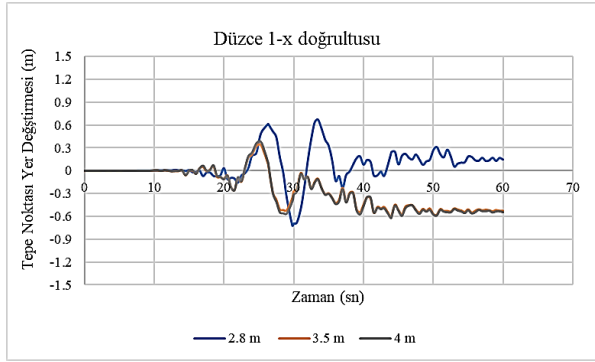
Zemin kat yüksekliği 3.5 m ve 4 m olan yapılarda, zemin kat yüksekliği 2.8 m olan referans yapıya göre daha fazla yer değiştirme olmuştur. Zemin kat yüksekliği arttıkça tepe noktası yer değiştirmeleri de artmış olup, en fazla yer değiştirme zemin kat yüksekliği 4 m olan düzensiz yapıda olmuştur. Her model için en fazla tepe noktası yer değiştirmesi ise Düzce depreminde gözlemlenmiştir. Her model için kalıcı şekil değiştirmelerin ve plastik mafsallaşmaların olduğu saniyeler gözlemlendiğinde, zemin kat yüksekliği 4 m olan düzensiz yapıda plastik mafsallaşmaların daha erken, referans bina da ise en geç olduğu Şekil 4’te sunulmuştur.



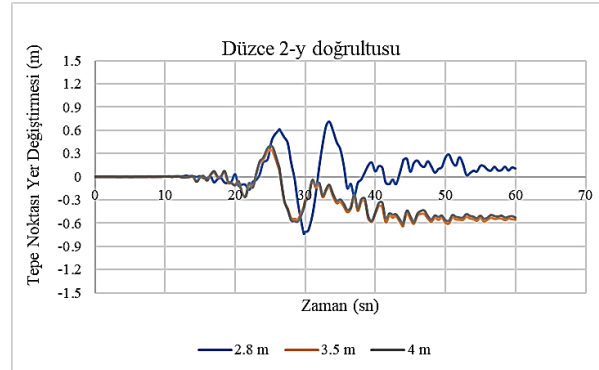
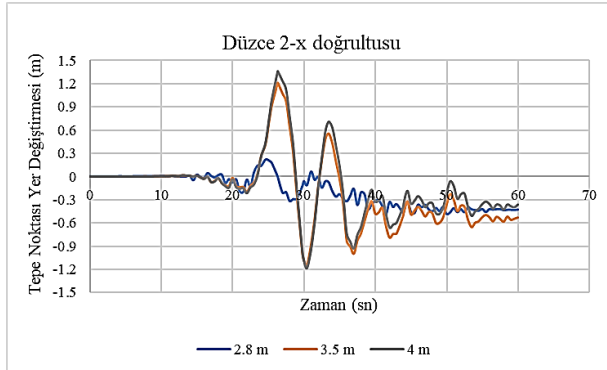
- Kocaeli Depremi, 1 No'lu eş zamanlı yüklemeye etkisi altında yer değiştirme-zaman grafiği



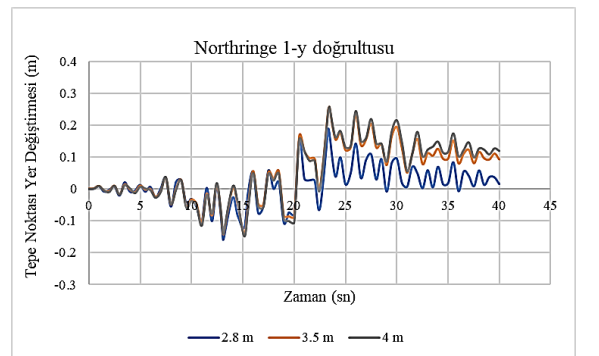
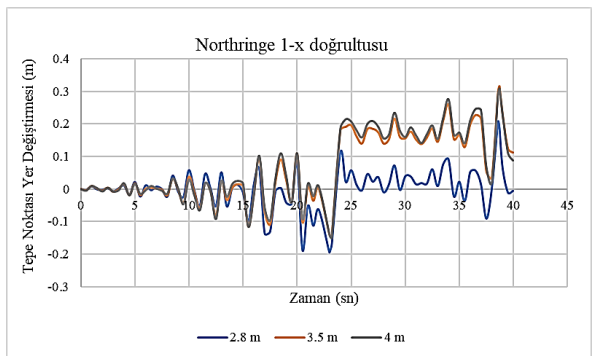
- Kocaeli Depremi, 2 No'lu eş zamanlı yükleme etkisi altında yer değiştirme-zaman grafiği



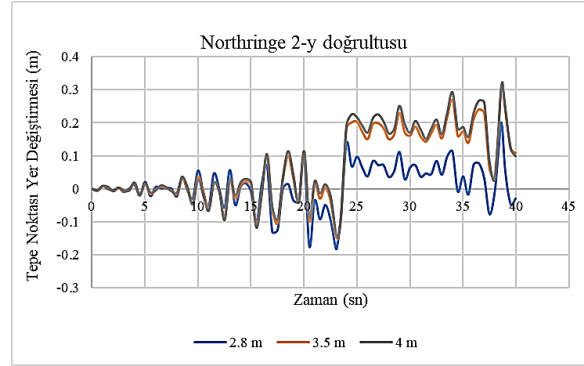
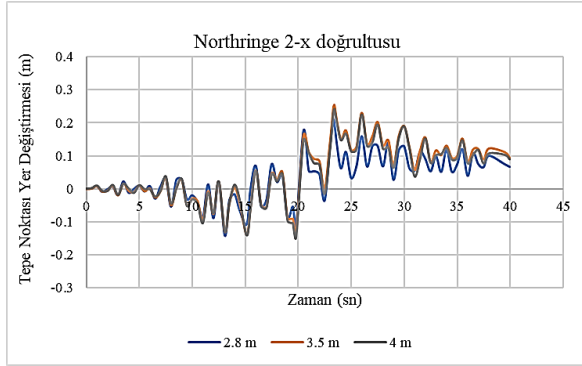
- Düzce Depremi, 1 No'lu eş zamanlı yükleme etkisi altında yer değiştirme-zaman grafiği



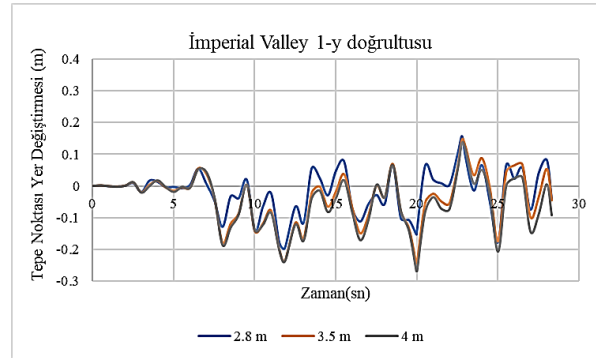
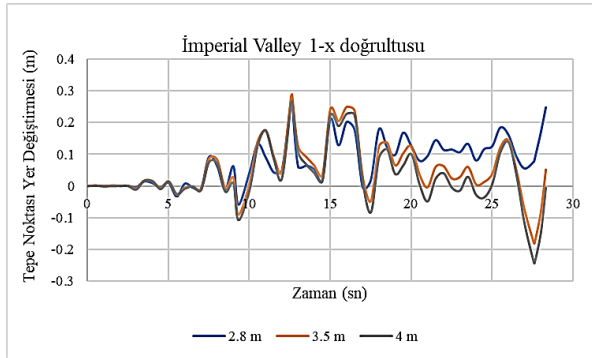
- Düzce Depremi, 2 No'lu eş zamanlı yükleme etkisi altında yer değiştirme-zaman grafiği



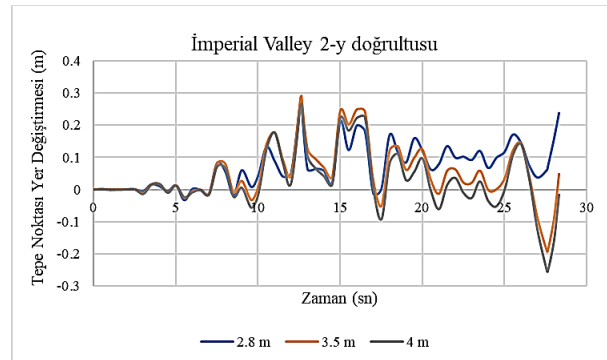
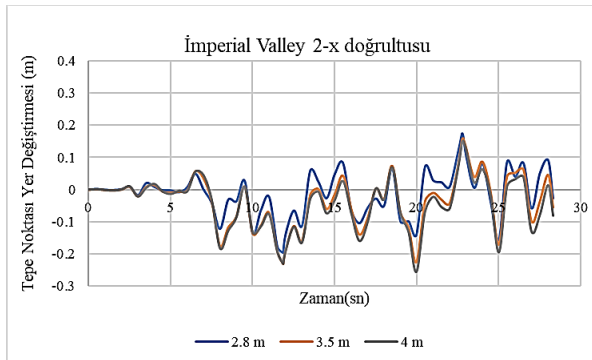
- Northridge Depremi, 1 No'lu eş zamanlı yükleme etkisi altında yer değiştirme-zaman grafiği



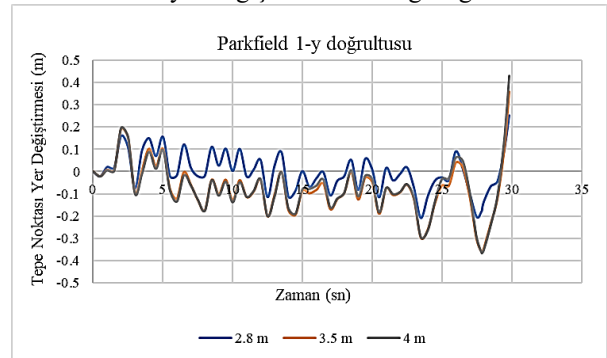
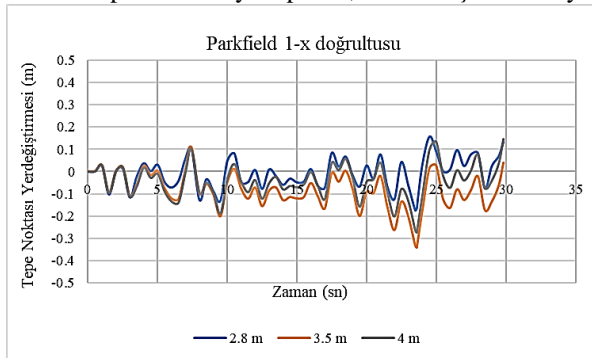
- Northridge Depremi, 2 No'lu eş zamanlı yükleme etkisi altında yer değiştirme-zaman grafiği



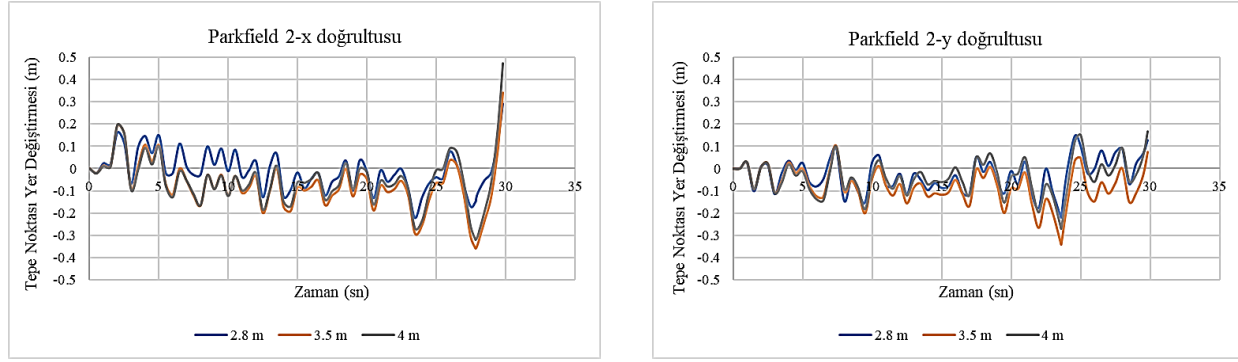
- İmperial Valley Depremi, 1 No'lu eş zamanlı yükleme etkisi altında yer değiştirme-zaman grafiği



- İmperial Valley Depremi, 2 No'lu eş zamanlı yükleme etkisi altında yer değiştirme-zaman grafiği



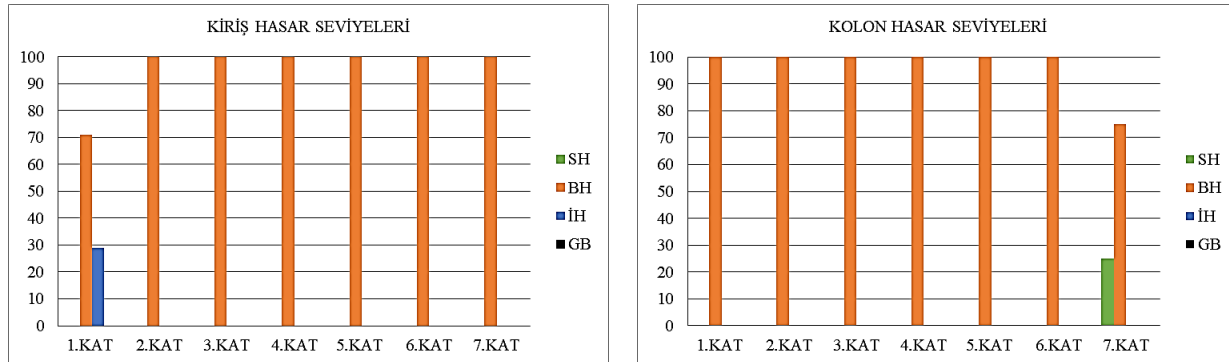
- Parkfield Depremi, 1 No'lu eş zamanlı yükleme etkisi altında yer değiştirme-zaman grafiği



- Parkfield Depremi, 2 No'lu eş zamanlı yükleme etkisi altında yer değiştirme-zaman grafiği

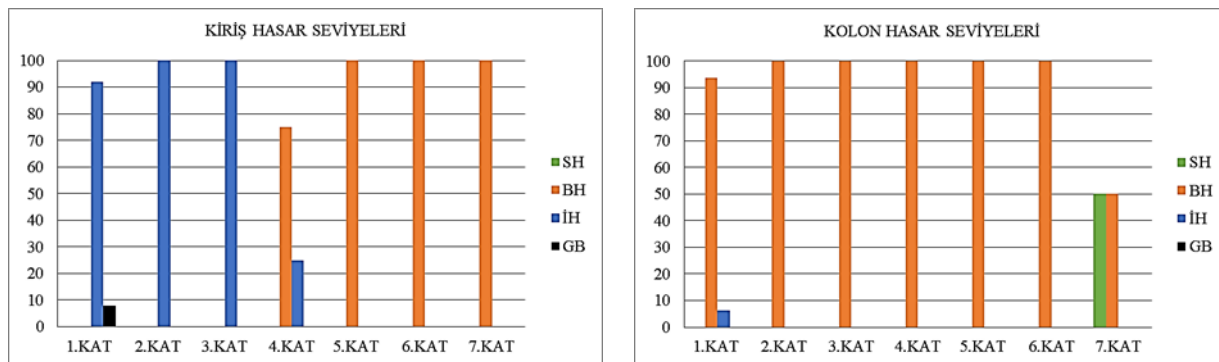
Şekil 4. Deprem etkisi altında yer değiştirme-zaman grafikleri

Kalıp planları aynı, zemin kat yükseklikleri farklı olarak oluşturulan yapı modellerine uygulanan eş zamanlı deprem ivmeleri sonucunda yapılan zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analizleri sonucunda taşıyıcı elemanlara atanmış olan plastik mafsallardaki dönme talepleri değerlendirilmiştir. Değerlendirme yapılırken 2019 TBDY de belirtildiği üzere yapılan analizlerin her birinden elde edilen sonuçların en büyük mutlak değerlerinin ortalaması dikkate alınmıştır [1]. Değerlendirmeye esas plastik dönme talepleri yönetmelikte her bir deprem performansı seviyesi için tanımlanan sınır değerleriyle karşılaştırılarak taşıyıcı elemanlardaki hasar seviyeleri belirlenmiştir (Şekil 5-7) [1].



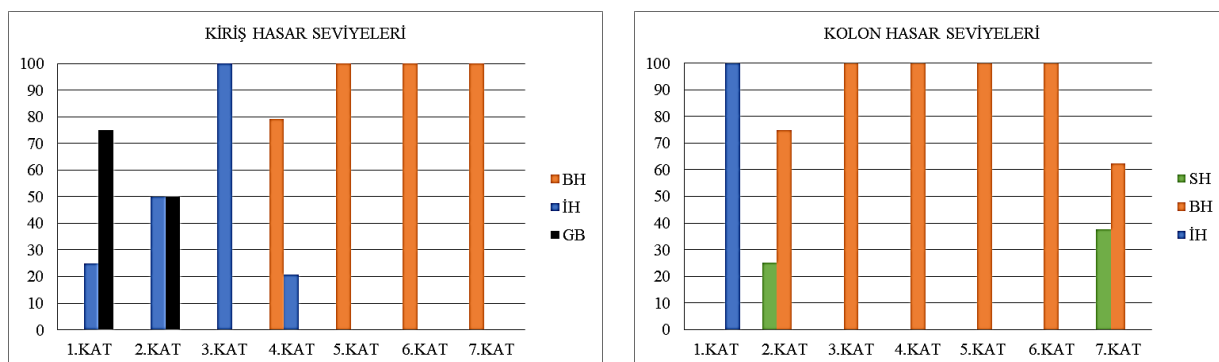
Şekil 5. Zemin kat yüksekliği 2.8m olan referans binada kolon ve kiriş hasar seviyeleri

Zemin kat yüksekliği 2.8m olan referans binada hasar dağılımı katlara düzenli bir şekilde dağılmış olup yapının deprem performansı 5 depremlilik dinamik analiz sonucunda kontrollü hasar olarak belirlenmiştir.



Şekil 6. Zemin kat yüksekliği 3.5m olan binada kolon ve kiriş hasar seviyeleri

Zemin kat yüksekliği 3.5m olan binada hasar seviyeleri artarak devam etmiş ve zemin katta kirişlerin bir kısmı göçme bölgesine, kolonların ise %15'i ileri hasar bölgesine geçmiştir. Bu durumda yapının deprem performansı göçme öncesi olarak belirlenmiştir.



Şekil 7. Zemin kat yüksekliği 4m olan binada kolon ve kiriş hasar seviyeleri

Zemin kat yüksekliği 4m olan binada ise zemin kattaki kirişlerin %75'i göçme bölgesine, kolonların ise tamamı ileri hasar bölgesine geçtiği için binanın göçme durumunda olduğu kabul edilmiştir.

Çalışma kapsamında yapıların zemin kat yüksekliklerinin deprem davranışları üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bu doğrultuda yapılan zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analizler sonucunda taşıyıcı elemanlara atanan plastik mafsallarda meydana gelen dönme talepleri ve binalardaki tepe noktası yer değiştirmeleri incelendiğinde; yapılarda zemin kat yüksekliği arttıkça hem tepe noktası yer değiştirmeleri hem de plastik mafsallarda oluşan dönme taleplerinde artış gözlenmiştir. Analizler sonucunda zemin kat yüksekliği 2.8m olan referans binanın deprem performansı kontrollü hasar, zemin kat yüksekliği 3.5m olan yapının deprem performansı göçme öncesi olarak belirlenmiştir. Zemin kat yüksekliği 4m olan düzensiz binanın ise göçtüğü sonucuna varılmıştır.

Yapılarda diğer katlara göre zemin kat yüksekliğinin artırılması yumuşak kat düzensizliği oluşturarak deplasmanları arttırmakta ve yapıların deprem performansını azaltmaktadır.

Kaynaklar

- [1] Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, 2019. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, İçişleri Bakanlığı, Ankara.
- [2] TDY (2007) Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara.
- [3] PEER, 2010. Pacific Earthquake Engineering Research Center (PEER), Peer Ground Motion, Peer NGA-West2 Database, <https://ngawest2.berkeley.edu/>.
- [4] Özmen, H. B., İnel, M., Bilgin, H. 2007. Yumuşak Kat Davranışlarının Duvar Etkisi Dikkate Alınarak İncelenmesi, Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul.
- [5] Özmen, H. B., İnel, M., Bilgin, H. 2007. Türkiye’de Yaşanan Deprem Hasarları ve Yapı Stoğunun Değerlendirilmesi, Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul.
- [6] Öztürk, A. 2017. Zaman Tanım Alanı Hesap Yöntemi İle 30 Katlı Betonarme Bir Yapının Deprem Performansının Belirlenmesi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- [7] Işık, E., Özdemir, M., Kutanis, M. 2016. Farklı Zemin Kat Yüksekliklerinin Yapı Performansın Etkisi, Dicle Üniversitesi Mühendislik Dergisi, Cilt 7, Sayı 3.
- [8] Kaya, Y. 2018. Etkin Kesit Rijitliği Nedir, Hangi Durumlarda Kullanacağız, insaport.com.
- [9] Sucuoğlu, H. 2007. Deprem Yönetmeliği Performans Esaslı Hesap Yöntemlerinin Karşılıklı Değerlendirmesi. Türkiye Mühendislik Haberleri, 445, 24-36.
- [10] SAP2000 v21.1.0, 2012, Integrated Software for Structural Analysis and Design Program, Computers and Structures, California, USA.
- [11] SEISMOMATCH v2018. 2010, Seismosoft, Earthquake Engineering Software Solutions, Messina, Italy.
- [12] AUTOCAD v2019, 1982. Computer Aided Design, AutoDesk, California, USA.