

MEVCUT BETONARME BİNALARDA ZEMİN-YAPİ ETKİLEMLERİNİN SİSMİK DAVRANI ÜZERİNDEKİ ETKİLER

Bayram Tanık ÇAYCI¹ ve Mehmet NEL²

¹Doktora Öğrencisi, İnşaat Müh. Bölümü, Pamukkale Üniversitesi, Denizli

²Profesör, İnşaat Müh. Bölümü, Pamukkale Üniversitesi, Denizli

Email: tanikcayci@hotmail.com

ÖZET:

Yapılar sismik etkiler altında zemin davranışından doğrudan etkilenmektedir. Zemin-Yapı etkileşimi olarak da adlandırılan bu olgu düğük rijitliğe sahip zeminler üzerine inşa edilen yapıların davranışlarının doğru anlaşılabilmesi için büyük önem arz etmektedir. Ankastre mesnet kabulünde ise zemin yer deşirmesi, temel dönmeleri ve kinematik etkileşim ihmal edilerek yapı alt ucunun sonsuz rijit bir ortama bağlı olduğu varsayılmaktadır. Gerçekleştirilen çalımanın amacı, zemin yapı etkileşiminin yapıların sismik talepleri üzerindeki etkilerinin zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemleri kullanılarak araştırılmasıdır. Çalıma kapsamında, ülkemizde mevcut betonarme binaların karakteristik özelliklerini yansıtan ABYBHY-1998 ve 1975 artlarına göre tasarımılandırılmış üç boyutlu 7 katlı iki farklı betonarme binanın sismik davranışları ankastre mesnet kabulü ve zemin yapı ortak modeli kullanılarak karşılaştırılmıştır. Betonarme binaların doğrusal olmayan davranışları kolon ve kiriş uçlarına atanan plastik mafsallar ile modellenmiştir. Analizlerde farklı zemin rijitliklerinin yansıtıldığı 2 farklı zemin tipi göz önünde bulundurulmuştur. Zemin-yapı ortak sistemi analizleri, zemin ve binanın birlikte dikkate alındığı doğrudan yöntem kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde zemin yapı etkileşimi probleminin genelleme yapmaya elvermeyecek ölçüde karmaşık bir olgu olduğu ortaya çıkmaktadır. Problemin karmaşık doğrusal olmayan zemin davranışı ile birlikte daha da artmaktadır. Bu nedenle elastik yapı kabulü ile gerçekleştirilen çalımalardan elde edilen sonuçlar ZYE problemini sınırlı bir ölçüde yansıtmaktadır. Doğrusal olmayan üç boyutlu modellerin plastik ekleşim deşirmelere bağlı olarak dayanım ve rijitlik kapasiteleri zamana bağlı olarak değişmekte buna bağlı olarak dinamik tepkileri de farklılık göstermektedir. Zemin ve yapı arasında gözlenen davranış farklılıkları nedeniyle temel dönmeleri ve zemin deformasyonlarının her durumda talepler üzerinde azaltıcı bir etkisinin olduğu söylenebilir.

ANAHTAR KELİMELER: Zemin-Yapı Etkileşimi, Ankastre Mesnet, ZTA analiz, doğrusal olmayan davranış

1. GİRİŞ

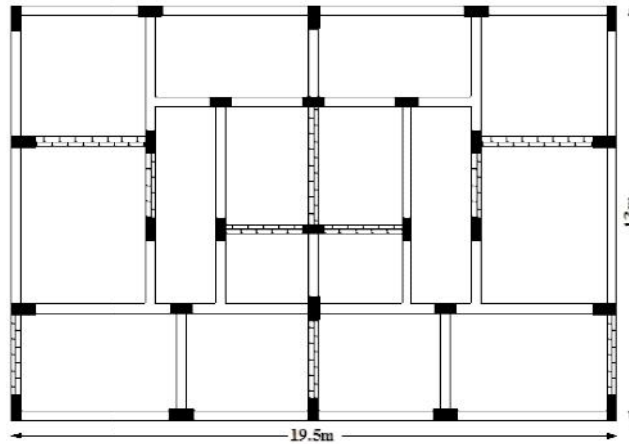
Yapıların zemin etkileri göz önünde bulundurularak gerçek davranışının yansıtılması karmaşık bir problemdir. (Wolf, 1985; Kutanis, 2001, Saez, 2013). Yapılan kabuller ve ihmal edilen parametreler bu etkileşimin doğru değerlendirilmesini zorlaştırmaktadır (Saez vd., 2008). Matematik modelin karmaşıklığı nedeniyle zemin-yapı etkileşimi problemlerinde yapı elastik ve tek serbestlik dereceli olarak idealleştirilmekte ve analizler bu kabule göre gerçekleştirilmektedir. Ancak özellikle dinamik yükleme altında elastik yapı kabulü zemin-yapı etkileşimi probleminin doğru değerlendirilmesini zorlaştırmaktadır (Nel vd., 2015). Doğrusal davranış kabulüne göre modellenen üst yapıda dinamik büyütme etkilerine bağlı olarak büyük yer deşirme talepleri ve rezonans etkileri gözlenebilmektedir. Ayrıca plastik ekleşim deşirmelere bağlı olarak zemin ve yapı dinamik tepkileri zamana göre değişmekte ve oluşturan faz farkına bağlı olarak temel seviyesinde oluşan dönme ve yer deşirmeleri

yapı taleplerini arttırabilmektedir. Doğrusal elastik analizlerde bu tip davranış özelliklerinin gözlenmesi mümkün olmamaktadır.

Gerçekleştirilen çalışmanın amacı, zemin-yapı etkileşiminin yapı talepleri üzerindeki etkilerinin doğrusal olmayan üç boyutlu yapı modelleri kullanılarak araştırılmasıdır. Bu amaç kapsamında mevcut betonarme binaların karakteristik özelliklerini yansıtan 7 katlı iki model 1975 ve 1998 yönetmeliklerine göre (ABYYHY-1998, ABYYHY-1975) ankastre mesnetli ve zemin-yapı etkileşimli olarak modellenmiştir. Analizler 4 farklı ivme kaydı ve iki farklı zemin tipi kullanılarak Zaman Tanım Alanında (ZTA) analiz yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Doğrusal elastik olmayan yapı davranışını kiriş ve kolon uçlarına tanımlanan plastik mafsalları elemanlar yardımıyla modele yansıtılmıştır. Gevrek davranış özelliklerinin göz önünde bulundurulabilmesi için kesme ve eksenel yük mafsalları kullanılmıştır. Analiz sonuçlarından elde edilen çatı katı deplasman talepleri ve görece kat ötelenmesi değerleri karşılaştırılarak ZYE'nin yapı davranışını üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

2. MODEL ÖZELLİKLERİ VE ANALİZ YÖNTEMİ

Çalışma kapsamında 1998 ve 1975 Afet Yönetmelikleri (ABYYHY-1998, ABYYHY-1975) artlarına göre modellenmiş 7 katlı iki farklı üç boyutlu yapı modeli kullanılmıştır. Kullanılan modellerin hazırlanmasında mevcut binalarla ilgili envanter çalışması (nel vd., 2009) verileri kullanılmıştır. Modellere ait kalıp planı görüntüleri ekil 1'de verilmiştir.



ekil 1. Çalışma için kullanılan 7 katlı bina modeli kalıp planı

Analiz modelleri çok amaçlı yapısal analiz programı SAP2000 (Sap2000, CSI) kullanılarak hazırlanmıştır. Sismik davranış ve performans belirlenmesi amacıyla doğrusal olmayan modeller eleman uçlarına yerleştirilen plastik mafsallar yoluyla oluşturulmuştur. Plastik mafsalları özellikleri 2007 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY-2007) göz önüne alınarak elemanın kritik kesitlerinin moment eksenel yük ilişkileri Sargı Etkisi Modelleme Analiz Programı (SEMAP, 2008) kullanılarak hesaplanmıştır. Gevrek davranış özelliklerinin göz önünde bulundurulabilmesi için kesme ve eksenel yük mafsalları kullanılmıştır.

Zemin profili katı (solid) ortamda elastik olarak modellenmiştir. X doğrultusunda 80 metre, Y doğrultusunda 70 metre ve 20 metre derinliğe sahip zemin yapısı tabanının sonsuz rijit olduğu kabul edilmiştir. Solid eleman boyutları bina yakınında 0.5 metre, uzak bölgede ise 2 metre olarak belirlenmiştir. Dalgaların sonlu eleman sınırlarından modele yansımalarının önüne geçilebilmesi için viskoz sınır elemanlar kullanılmıştır (Lysmer ve Kuhlemeyer, 1969). Zemin-yapı ortak sistemi analizleri yapı ve zeminin tek bir sistem olarak dikkate alınması ve dinamik denge denkleminin birlikte çözüldüğü doğrudan yöntem (Direct Method) kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Kramer, 1996). Zemin Yapı Etkileşimi (ZYE) dâhil edilen modellerde tepe noktası deplasman talepleri hesaplanırken, temel yüzeyinde oluşan dönmeler ve zemin deformasyonları deplasman isteminden çıkarılmıştır. Ankastre model analizlerinde ZYE modeli yapı tabanından alınan yüzey kayıtları kullanılmıştır. SAP2000 programı katı ortamda modellenen üç boyutlu elastik zemin profilleri için yüzey

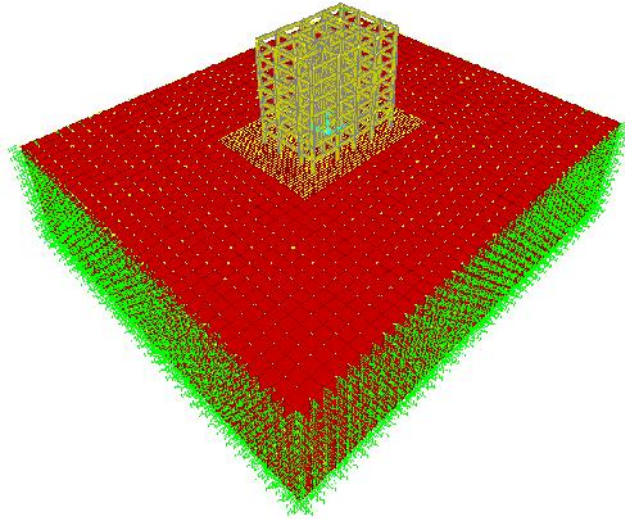
dalgalarını hesaplayabilmektedir (Wilson, 2002). Zemin-yapı ortak sistemi model görüntüsü ekil 2’de gösterilmektedir.

Farklı zemin özelliklerinin sismik davranışa olan etkilerinin yansıtılabilmesi için analizlerde iki farklı zemin tipi göz önünde bulundurulmuştur. Kullanılan zemin tipleri hakkında detaylı bilgi Tablo 1’de verilmektedir. Çalımanın birincil amacı, yapı davranışının zemin modelinin dikkate alındığı ve alınmadığı durumlarda yansıtılabilmesidir. Zemin karakteristik profilinin etkilerinin araştırılması çalımanın kapsamı dışındadır. Bu nedenle zemin özelliklerinin derinlik boyunca değişimi kabulü yapılmıştır. Gerçek zemin davranışının son derece karmaşık olduğu unutulmamalıdır.

Çalıma kapsamında kullanılan ivme kayıtları Tablo 2’de verilmektedir. Kullanılan ivme kayıtlarının zemin etkilerinden mümkün olduğunca az etkilenmesi için kaya yüzeyden alınmasına dikkat edilmiştir. ivme kayıtlarının alındığı istasyon zemin kayma dalgası hızı (V_s) 750 m/s’nin üzerindedir (Tablo 2).

Tablo 1. Analizlerde kullanılan zemin tipleri

Zemin:	V_s (m/s)	Zemin Sınıfı (FEMA)	Yoğunluk (kN/m^3)	Poisson Oranı	Sönüm Oranı (%)
S1	400	C	2.15	0.30	%5
S2	100	D	1.60	0.40	%5



ekil 2. Zemin-Yapı ortak sistemi üç boyutlu görüntüsü

Tablo 2. Analizlerde kullanılan ivme kayıtları

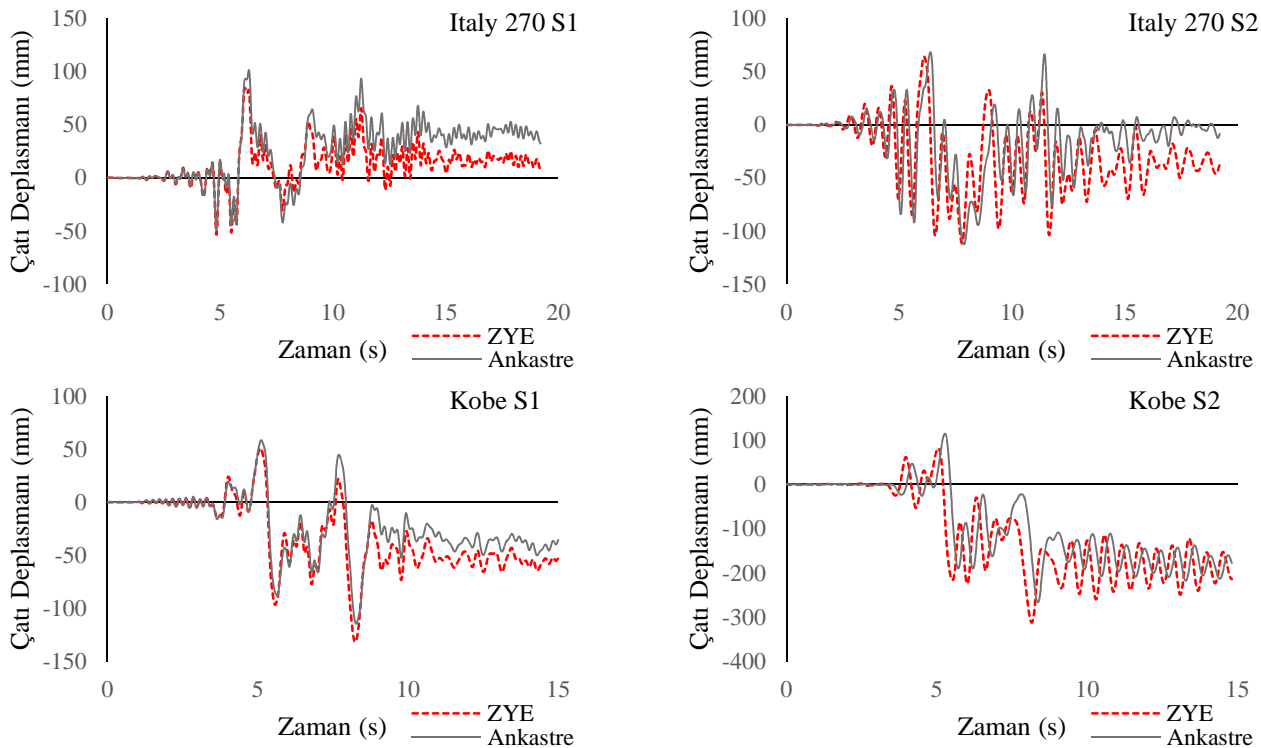
Kayıt No:	Deprem	Tarih	Büyüklik	stasyon	Bileşen	PGA	Uzkl.
					(θ)	(g)	(km)
IR80STUR.270	Irpinia Italy	23.11.1980	MW= 6.5	Sturmo	270°	0.358	32.00
KB95KBU.360	Kobe	16.01.1995	MW= 6.9	Kobe University	360°	0.290	0.90
LP89G01.90	Loma Prieta	18.10.1989	MW = 6.9	Gilroy Array 1	90°	0.473	11.20
LP89G01.360	Loma Prieta	18.10.1989	MW = 6.9	Gilroy Array 1	360°	0.411	11.20

3. DEPLASMAN TALEPLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

ZYE ve ankastre modeller için doğrusal elastik olmayan dinamik analiz yöntemi ile hesaplanan çatı katı deplasman talepleri Ekinil 3 ve 4’te verilmiştir. Aynı modellere ait maksimum çatı deplasmanının hesaplandığı ana ait göreceli kat ötelenmeleri de Ekinil 5 ve 6’da yer almaktadır. Elde edilen en büyük deplasmanların karşılaştırılması ise Tablo 3 ve 4’te yapılmıştır. ZYE model için talepler hesaplanırken, temel yüzeyinde oluşan dönmeler ve zemin deformasyonları toplam yer deplasmanından çıkarılarak yapı üzerindeki talepler dikkate alınmıştır. Ankastre model analizlerinde ise ZYE modeli bina tabanından alınan ivme deplasmaları kullanılmıştır. Böylece zemin büyütmesi ve kinematik etkilerin etkileri dikkate alınmıştır.

Rijit blok üst yapı ya da TSD doğrusal elastik davranış kabulünün aksine, ÇSD doğrusal olmayan yapı modeli kullanılması durumunda zemin-yapı etkileşimi problemi oldukça karmaşık bir hal almaktadır. Yapıda akma kapasitesine ulaşan elemanların sayısı ve yapı boyunca dağılımı zamana bağlı olarak değişmekte, zemin ve üst yapı dinamik tepkileri farklılık göstermektedir. Zemin-yapı etkileşimi probleminin gerçekçi bir şekilde anlaşılabilmesi bu nedenle doğrusal elastik olmayan üst yapı modeli kullanılarak mümkün olmaktadır (Zaicenco ve Alkaz, 2007). Oluşan bu farklılık nedeniyle, ZYE yapı üzerindeki yer deplasman taleplerini beklenenin aksine arttırabilmektedir (Saez vd., 2008). Düşük rijitliğe sahip zemin üzerine oturan yapının toplam ötelenme rijitliği ankastre modele göre azalmaktadır. Düşük rijitlik nedeniyle yapıda oluşan yer deplasman talepleri üzerinde artış olacaktır da unutulmamalıdır.

Yapı modelinin doğrusal elastik kabul edilmesi durumunda ise zemin-yapı arasındaki faz farkı, kayma dalgası hızı farkı kadar hesaplanmakta ve deplasman memektedir. Ekinil 7’de Kobe ivme kaydı ve S2 zemin tipi için toplam, yapı ve zemin deplasmanları doğrusal ve doğrusal elastik olmayan yapı modelleri için karşılaştırılarak verilmiştir. Temel dönmeleri ve zemin deformasyonlarının elastik modelde yapı taleplerini azaltıcı bir etkisi görülürken, doğrusal elastik olmayan modelde zemin-yapı davranış farklılığı nedeniyle böyle bir etki gözlemlenmemektedir. Doğrusal elastik olmayan yapı modeli kullanılması durumunda yapı ve zemin tepkileri arasındaki farklılaşma ve faz farkı dikkat çekicidir.



Ekinil 3. 7-98 Modeli için çatı katı deplasman taleplerinin karşılaştırılması

Ankastre model ve ZYE çatı deplasman talepleri karşılaştırıldığında, 7-98 modeli için en büyük fark S1 zemin tipi için Italy 270 ivme kaydı altında %19.82 olarak hesaplanmıştır. 7-75 modeli içinse aynı zemin tipi için hesaplanan en büyük fark Italy-270 ivme kaydı altında %45.30'dur. Yüksek rijitliğe sahip S1 zemin tipi için temel dönmeleri ve zemin deformasyonları sınırlı düzeydedir. Yüksek frekans içeriğine sahip Italy-270 ivme kaydının ankastre modelde ZYE modele göre talepler üzerinde artırıcı bir etkisinin olması sonsuz rijit mesnet kabulüne bağlı olarak dinamik büyütme ve yüksek mod etkilerinin bir sonucu olarak değerlendirilmektedir.

Düşük rijitliğe sahip S2 zemin tipine ait sonuçlar değerlendirildiğinde artan zemin deformasyonları ve büyütme etkisi nedeniyle daha karmaşık bir dağılım gösterdiği söylenebilir. Maksimum çatı deplasmanı 7-98 binası için Kobe ivme kaydı altında ZYE modelde 312 mm, ankastre modelde ise 266 mm olarak hesaplanmıştır. Aynı ivme kaydı altında 7-75 binası için talepler ZYE ve ankastre model için sırasıyla 377 ve 391 mm olarak bulunmuştur.

Temel dönmeleri ve zemin zemin deformasyonlarındaki artış ivme kaydı ve yapı özelliklerine bağlı olarak artırıcı ya da azaltıcı bir etkide bulunmaktadır. Problemin karmaşık ve doğrusal olmayan yapı davranışı sonuçları hakkında genel çıkarımlar yapmayı zorlaştırmaktadır.

Görelî kat ötelenmesi oranları karşılaştırıldığında beklendiği gibi katlar arası deplasman farkları ZYE ve ankastre modelde büyük farklılıklar içermektedir. ZYE modelde taban deformasyonları ve temel dönmeleri taleplerin katlara dağılımını etkilemektedir. Ankastre modelde ise sonsuz rijit mesnet kabulüne bağlı olarak dinamik büyütme ve yüksek mod etkileri talepler üzerinde etkilidir. Maksimum katlar arası görelî ötelenme oranı 7-98 modelinde S2 zemin tipi ve Kobe ivme kaydı altında ZYE model için %2.82, ankastre model için %2.09 olarak hesaplanmıştır. 7-75 modeli için aynı zemin tipi ve ivme kaydı altında bu değerler ZYE ve ankastre model için sırasıyla %2.68 ve %2.83 olarak hesaplanmıştır. Daha yüksek dayanım ve rijitliğe sahip 1998 binasında yüksek genlikler içeren Kobe ivme kaydı altında Ankastre modele göre sonuçların daha yüksek bulunması dikkat çekicidir. Aynı ivme kaydı için 1975 binasında ankastre mesnetli modelde talepler daha yüksek hesaplanmıştır. Bu durum zemin deformasyonları ve temel dönmelerinin talepler üzerindeki artırıcı ve azaltıcı etkisine bir örnek olarak gösterilebilir.

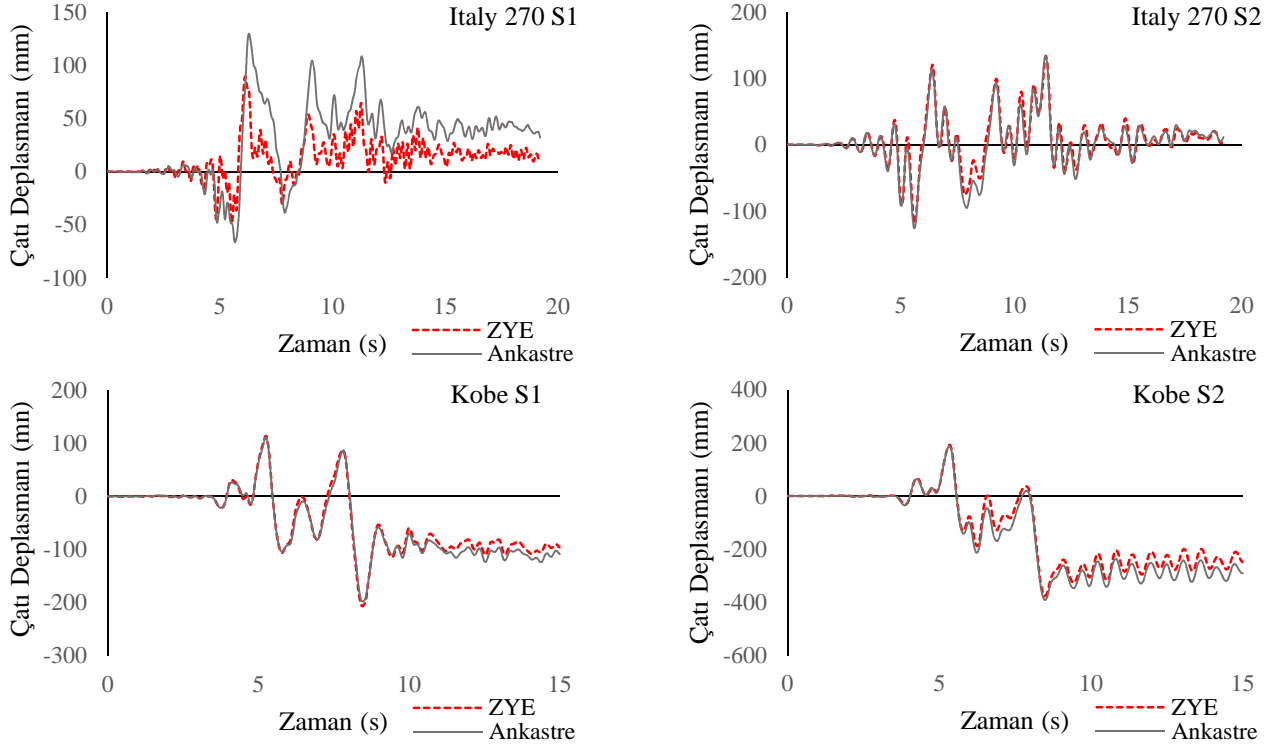
Tablo 3. 7-98 modeli analiz sonuçları

Deprem:	S1				S2			
	ZYE		Ankastre		ZYE		Ankastre	
	Mak. Dep. (mm)	Mak. IDR (%)	Mak. Dep. (mm)	Mak. IDR (%)	Mak. Dep. (mm)	Mak. IDR (%)	Mak. Dep. (mm)	Mak. IDR (%)
Italy 270	84.67	0.53	101.45	0.65	111.60	0.71	111.25	0.78
Kobe	131.58	1.07	114.75	0.41	312.23	2.82	266.88	2.09
Lommap 1000	49.43	0.41	54.61	0.43	75.70	0.63	61.63	0.39
Lommap 1090	72.72	0.68	87.52	0.5	101.88	0.87	126.03	0.89

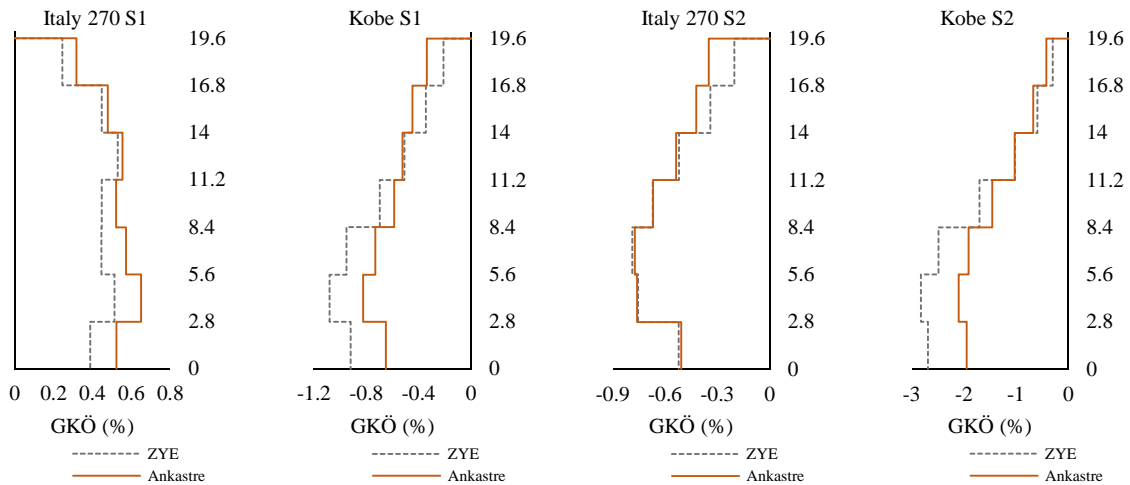
Tablo 4. 7-75 modeli analiz sonuçları

Deprem:	S1				S2			
	ZYE		Ankastre		ZYE		Ankastre	
	Mak. Dep. (mm)	Mak. IDR (%)	Mak. Dep. (mm)	Mak. IDR (%)	Mak. Dep. (mm)	Mak. IDR (%)	Mak. Dep. (mm)	Mak. IDR (%)
Italy 270	89.22	0.53	129.64	0.82	133.16	0.89	132.87	0.94
Kobe	206.55	1.52	197.88	1.4	377.01	2.68	391.51	2.83
Lommap 1000	52.97	0.548	62.77	0.42	85.16	0.69	72.13	0.53
Lommap 1090	117.14	0.68	125.35	1.01	164.58	1.12	178.33	1.22

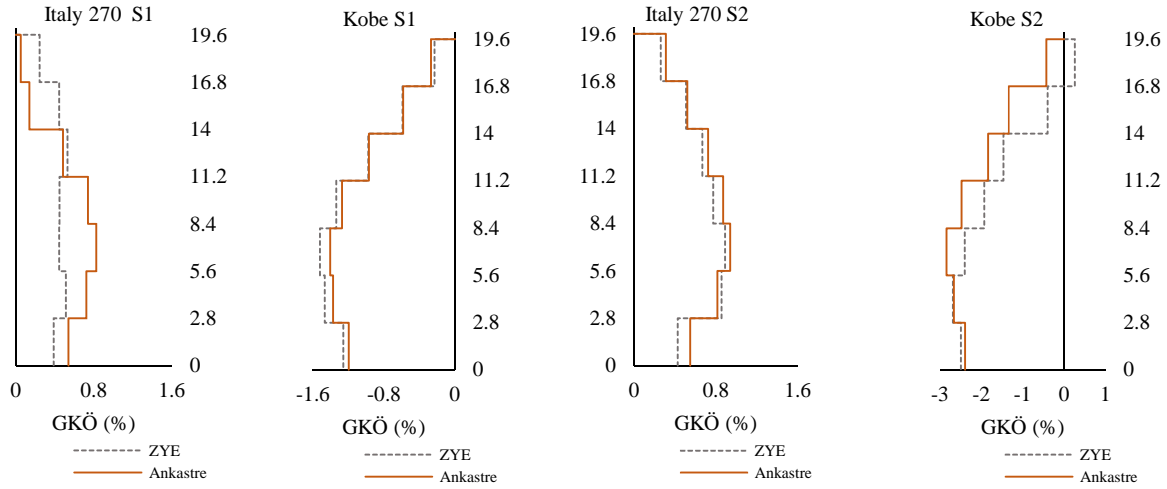
Tablo 5 ve 6'da S2 zemin tipi ve Kobe ivme kaydı altında kolon ve kiriş elemanlarına ait plastik mafsallarda hasar dağınıkları karşılaştırılarak verilmiştir. 7-98 binasında özellikle kiriş elemanlarda zemin kat plastik mafsallarda hasar seviyesinde ZYE modelde Ankastre modele göre artış gözlenmektedir. 7-75 binasında ise Ankastre model plastik mafsallarda hasar seviyesi ZYE modelde göre daha yüksektir. Her iki model içinde ZYE ve ankastre model arasında plastik mafsallarda hasar dağınıkları ve seviyesi katlara bağlı olarak farklılık gözlenmektedir. Bu durum ZYE ve ankastre model dinamik davranışının farklı olduğunu göstermektedir.



ekil 4. 7-75 Modeli için çatı katı deplasman taleplerinin karşılaştırılması



ekil 5. 7-98 modeli için görece kat ötelenme değerlerinin karşılaştırılması



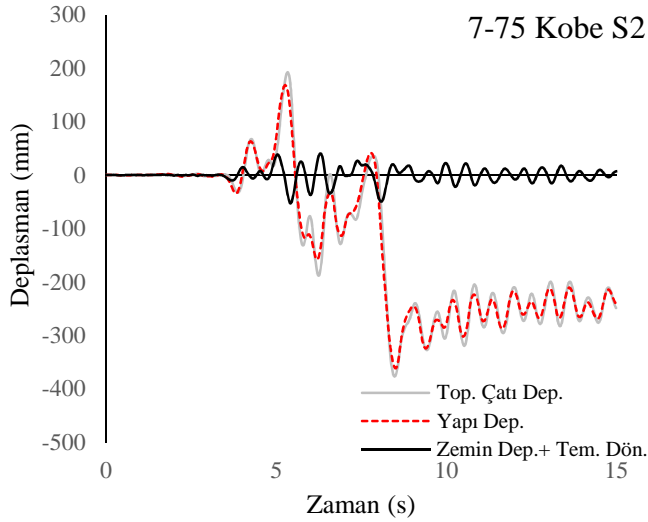
ekil 6. 7-75 modeli için görel kat ötelenme değerlerinin karşılaştırılması

Tablo 5. 7-98 modeli S2 zemin tipi ve Kobe ivme kaydı altında plastik mafsallarda hasar durumu

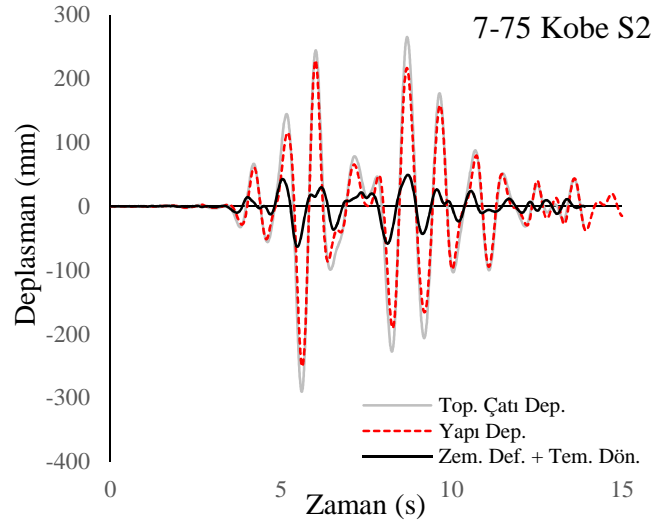
Kat	ZYE										Ankastré									
	Kiri					Kolon					Kiri					Kolon				
	B	IO	LS	CP	C	B	IO	LS	CP	C	B	IO	LS	CP	C	B	IO	LS	CP	C
1	2	4	17	1	0	0	27	0	0	0	3	10	11	0	0	0	27	0	0	0
2	2	4	17	1	0	7	6	0	0	0	3	13	8	0	0	7	3	0	0	0
3	2	13	9	0	0	8	7	0	0	0	2	20	0	0	0	18	4	0	0	0
4	3	20	0	0	0	11	16	0	0	0	2	20	0	0	0	15	5	0	0	0
5	2	20	0	0	0	17	2	0	0	0	1	19	0	0	0	5	1	0	0	0
6	14	3	0	0	0	16	0	0	0	0	11	5	0	0	0	10	0	0	0	0
7	4	0	0	0	0	2	0	0	0	0	7	2	0	0	0	2	0	0	0	0

Tablo 6. 7-75 modeli S2 zemin tipi ve Kobe ivme kaydı altında plastik mafsallarda hasar durumu

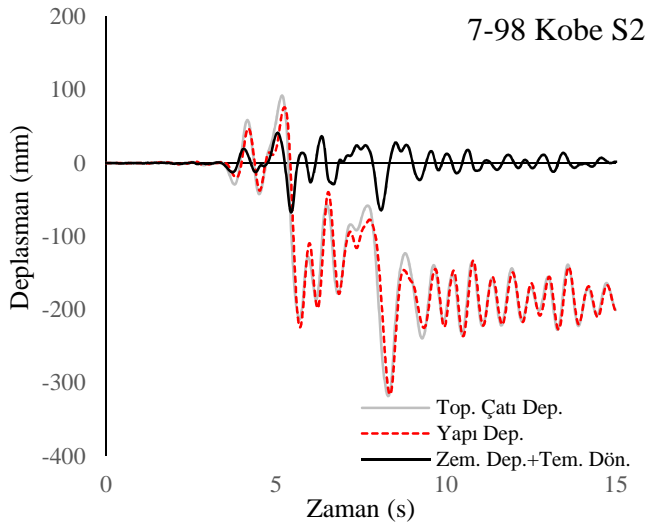
Kat	ZYE										Ankastré									
	Kiri					Kolon					Kiri					Kolon				
	B	IO	LS	CP	C	B	IO	LS	CP	C	B	IO	LS	CP	C	B	IO	LS	CP	C
1	4	1	20	0	0	0	7	20	0	0	5	1	16	4	0	0	4	17	6	0
2	2	2	17	3	0	17	3	0	0	0	4	2	13	8	0	11	2	0	0	0
3	2	2	20	0	0	14	13	0	0	0	2	2	10	1	0	16	10	0	0	0
4	4	11	10	0	0	11	16	0	0	0	3	16	7	0	0	4	23	0	0	0
5	3	20	1	0	0	21	3	0	0	0	3	21	0	0	0	21	1	0	0	0
6	3	19	0	0	0	2	25	0	0	0	3	20	0	0	0	4	23	0	0	0
7	21	1	0	0	0	18	0	0	0	0	22	1	0	0	0	19	4	0	0	0



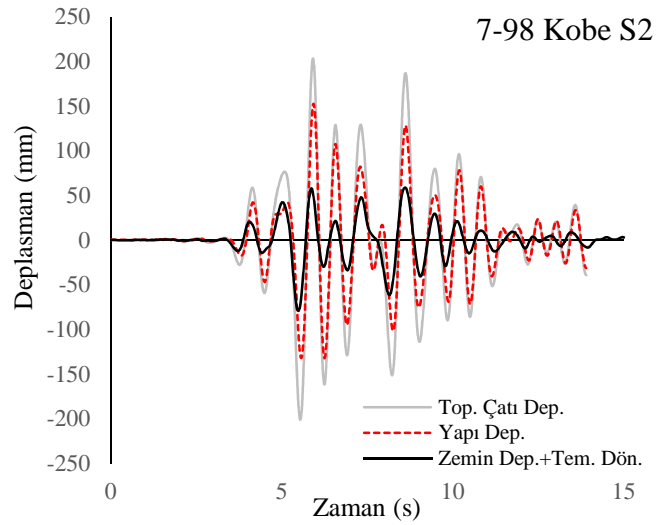
a) Do rusal Olmayan



a) Do rusal



a) Do rusal Olmayan



a) Do rusal

ekil 7. S2 zemin tipi ve Kobe ivme kaydı altında ZYE modeli zemin ve yapı deplasman talepleri karşılaştırılması

4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER

Gerçekleştirilen çalışmada, ZYE etkileşiminin sismik talepler üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Do rusal elastik olmayan üç boyutlu yapı modelleri kullanılarak gerçekleştirilen zaman tanım alanında dinamik analizlerden elde edilen deplasman talepleri, göreceli kat ötelenme oranları, temel dönmeleri ve zemin deformasyonları hesaplanarak sonuçlar ankastre modellerle karşılaştırılmıştır. 4 farklı ivme kaydı ve iki farklı zemin tipinin kullanıldığı çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde verilmektedir:

- Do rusal elastik olmayan üç boyutlu modellerin plastik çekilme davranışlarına bağılı olarak dayanım ve rijitlik kapasiteleri zamana bağılı olarak değişmekte buna bağılı olarak dinamik tepkileri de farklılık göstermektedir. Zemin ve yapı arasında gözlenen davranış farklılıkları nedeniyle temel dönmeleri ve zemin deformasyonlarının her durumda talepler üzerinde azaltıcı bir etkisinin olduğunu söylemek mümkün değildir.

- Doğrusal elastik yapı kabulü ile gerçekleştirilen analizlerde böyle bir farklılık gözlenmemektedir. Dayanım ve rijitlik kapasitesi de i medii için zemin ve yapı tepkileri arasındaki faz farkı kayma dalgası hızı ile sınırlı olmakta ve ZYE bina üzerindeki talepleri azaltmaktadır.
- Ankastre model ve ZYE çatı deplasman talepleri karşılaştırmada, 7-98 modeli için en büyük fark S1 zemin tipi için Italy 270 ivme kaydı altında %19.82 olarak hesaplanmıştır. 7-75 modeli ve aynı zemin tipi için hesaplanan en büyük fark Italy-270 ivme kaydı altında %45.30'dur.
- Yüksek rijitliğe sahip S1 zemin tipi için temel dönmeleri ve zemin deformasyonları sınırlı düzeydedir. Yüksek frekans içeriğine sahip Italy-270 ivme kaydının ankastre modelde ZYE modele göre talepler üzerinde artırıcı bir etkisinin olması sonsuz rijit mesnet kabulüne bağlı olarak dinamik büyütme ve yüksek mod etkilerinin bir sonucu olarak değerlendirilmektedir.
- Temel dönmeleri ve zemin yüzeyinde oluşan deformasyonlar deplasman taleplerinin yapı yüksekliği boyunca da ılımını etkilemektedir. Ankastre modelde ise sonsuz rijit mesnet kabulüne bağlı olarak yüksek mod etkileri daha belirgin bir biçimde gözlenmektedir.
- Maksimum katlar arası göreceli ötelenme oranı 7-98 modelinde S2 zemin tipi ve Kobe ivme kaydı altında ZYE model için %2.82, ankastre model için %2.09 olarak hesaplanmıştır. 7-75 modeli için aynı zemin tipi ve ivme kaydı altında bu değerler ZYE ve ankastre model için sırasıyla %2.68 ve %2.83 olarak hesaplanmıştır.
- 1998 ve 1975 yönetmeliklerine göre tasarımılandırılan modeller açısından da ZYE etkilemi etkileri farklılık göstermektedir. S2 zemin tipi ve Kobe ivme kaydı altında 7-98 modeli çatı deplasman talepleri ankastre modele göre ZYE modelinde daha yüksek hesaplanırken, 7-75 modeli sonuçlarında ankastre model çatı deplasman talepleri daha yüksektir.
- S2 zemin tipi ve Kobe ivme kaydı altında ait plastik mafsallarda hasar da ılımı ve seviyesi karşılaştırmalıdır. Beklendiği üzere kolon ve kiriş elemanlarında plastik mafsallarda hasar da ılımı ve seviyesi ivme kaydı ve yapı özelliklerine bağlı olarak farklılık göstermektedir. 7-98 modelinde zemin kat kiriş elemanlarında ankastre modele göre daha yüksek hasar da ılımı gözlenirken, 7-75 modelinde ankastre model kolon elemanları ZYE modele göre daha büyük ekleme taleplerine maruz kalmıştır.
- Gerçekleştirilen çalıma elastik zemin modeli kullanıldı ı unutulmamalıdır. Zemin yüzeyinde oluşabilecek muhtemel plastik deformasyonlar zemin yapı etkilemi problemini daha karmaşık bir hale getirmektedir.

Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde zemin yapı etkilemi probleminin genelleme yapmaya elvermeyecek ölçüde karmaşık bir olgu olduğu ortaya çıkmaktadır. Problemin karmaşık doğrusal elastik olmayan zemin davranışı ile birlikte daha da artmaktadır. Bu nedenle elastik yapı kabulü ile gerçekleştirilen çalımalardan elde edilen sonuçlar ZYE problemini sınırlı bir ölçüde yansıtmaktadır. Benzer biçimde yalnızca çatı deplasman taleplerinden yola çıkarak davranış üzerindeki etkilerini açıklamak mümkün değildir. Deplasman taleplerinin katlar ve kat içi da ılımının ortaya konması gerekmektedir. Bununla birlikte zemin-yapı ortak davranışının anlaşılabilmesi için daha fazla zemin tipi, ivme kaydı ve bina modelinin kullanıldı ı çalımalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Teşekkür

Bu çalıma 2015FBE011 numaralı Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- AY-1975 (1975). Afet Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara
- AY-1998 (1998). Afet Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara
- Bayülke N. (2012). Zemin Ve Betonarme Yapı Davranışı, Evrim Yayınevi, İstanbul
- DBYBHY (2007) Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara
- EduSHAKE, One Dimensional Equivalent Linear Ground Response Analysis Program, EduPro Civil Engineering Systems Inc., Sammamish, USA
- Inel M., Çeliker M., Özmen H. B. ve Kayhan A. H. (2009). Mevcut Betonarme Binaların Yapısal Özelliklerinin Belirlenmesi, *Uluslararası Sakarya Sempozyumu*, Sakarya, Türkiye, 1-2 Ekim 2009
- Inel M., Çaycı B.T., Özer E. (2015). Mevcut Betonarme Yapılarda Dinamik Büyütmenin Sismik Davranış Üzerindeki Etkileri, 8. *Ulusal Deprem Mühendisliği Kongresi*, İstanbul, 11-14 Mayıs 2015
- Kramer S.L. (1996). Earthquake Geotechnical Engineering, 1st Ed., Prentice-Hall, New Jersey
- Kutunis M. (2001). Yapı Zemin Dinamik Etkileşimi. Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya
- Lysmer J., Kuhlemeyer R. L. (1969). Finite dynamic model for infinite media. *Journal of Engineering Mechanics Division*, ASCE 1969, **95:4**:759–877
- NIST GCR 12-917-21 (2012). Soil Structure Interaction for Building Structures, *NEHRP Consultants Joint Venture*
- Saez E, Caballero F L, Razavi A M F (2013). Inelastic dynamic soil-structure interaction effects on moment-resisting frame buildings. *Engineering Structures* **51:2013**, 166-177
- Saez E., Caballero F. L., Razavi A. M. F. (2008). Effects of non-linear soil behavior on the seismic performance evaluation of structures. *Rivista Italiana Di Geotecnica*, Bucharest, **2:2008**, 63-76
- Sap2000, CSI., Integrated Software for Structural Analysis and Design, Computers and Structures Inc., Berkeley, USA
- SEMAP (2008). Sargılı etkisi beton modelleme analiz programı, Pamukkale Üniversitesi, Tubitak proje no: 105M024
- Wilson E L, (2002). Three Dimensional Static and Dynamic Analysis of Structures, 3th Ed., Computers and Structures. Inc., Berkeley
- Wolf J. P. (1985). Dynamic Soil-Structure Interaction, 1st Ed., Prentice-Hall, New Jersey
- Zaicenco A., Alkaz V. (2007). Soil-structure interaction effects on an instrumented building. *Bull Earthquake Eng*, **5:2007**, 533-547