

KİRİŞSİZ VE KİRİŞLİ DÖŞEMELİ BETONARME BİNALARIN YAPISAL PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Sibel SAĞLIYAN¹

ÖZET

Bu çalışmada kirişsiz, tablalı kirişsiz, sürekli tablalı kirişsiz ve kirişli döşemeli yapı sistemlerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla araştırmada 1.derece deprem bölgesinde 4, 7 ve 10 katlı düzenli betonarme yapılar tasarlanmıştır. Tasarlanan yapıların analizleri deprem yönetmeliğimizdeki tepki spektrumu yöntemiyle Z1 ve Z3 zemin sınıflarına göre yapılmıştır. Analizler sonucunda, periyot, yatay yerdeğiştirme, görelî ötelenme oranları ve taban kesme kuvvetleri değerleri belirlenmiş ve birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Ayrıca model yapılardan elde edilen görelî kat ötelenme değerleri deprem yönetmeliğindeki sınır değerler ile karşılaştırılmıştır. Çözümlerde SAP2000 yapı analiz programı kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Zemin sınıfı, Görelî kat ötelenme oranı, Tepki spektrumu, Kirişli ve kirişsiz döşeme sistemleri.

COMPARISON OF STRUCTURAL PERFORMANCE OF REINFORCED CONCRETE FLAT SLAB AND BEAM SLAB BUILDINGS

ABSTRACT

In this study, it is aimed to compare the structural systems flat slab, flat slab structures with drop panel, flat-slab structures with continuous drop panel and beam slab. For this purpose, 4, 7 and 10 storey regular reinforced concrete structures have been designed in the 1st degree earthquake zone. The analysis of designed buildings was made with the response spectrum method in our earthquake regulations according to Z1 and Z3 ground classifications. As a result of the analysis, the values of period, horizontal displacement, interstorey drift rate and base shear forces were determined and compared with each other. In addition, the interstorey drift values obtained from the model structures are compared with the limit values in the earthquake regulations. SAP2000 structural analysis program was used.

Keywords: Local site class, Interstorey drift rate, Response spectrum, Beam slab and flat slab systems.

1. GİRİŞ

Betonarme binalar tasarlanıp projelendirilirken yapının kullanım amacı, ekonomik ve estetik düşünceler, deprem bölgesi ve zemin cinsi gibi faktörler nedeniyle farklı döşeme sistemleriyle alternatif çözümler oluşturulabilmektedir. Döşeme türlerinin değişmesi, taşıyıcı

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Fırat Üniversitesi Teknik Bilimler MYO, Tel: 0 536 8768604, ssagliyan@firat.edu.tr, 23119, Elazığ, Türkiye

sistemde hem düşey yüklerin hem de yatay yüklerin taşınması açısından farklılıklar oluşturabilir. Bu nedenle döşeme türlerinin ve çalışma prensiplerinin iyi bilinmesinin gerekliliği açıktır. Özellikle ülkemiz gibi birinci derece deprem kuşağı üzerinde bulunan yerlerde yapı sistemleri tasarlanırken deprem davranışlarının çok iyi araştırılıp kavrandıktan sonra projelendirilmesi ve projenin doğru şekilde uygulanması son derece büyük önem taşır. Depreme dayanıklı yapı tasarımında elastik sınırlar ötesinde şekil değiştirme olacağı öngörüldüğünden, şiddetli depremlerde büyük yer değiştirmelerin oluşması kaçınılmaz olacaktır. Yatay rijitliği küçük olan bir yapıda deprem etkisi altında büyük ötelenmeler oluşmakta ve ikinci mertbe momentleri meydana gelmektedir (Paulay and Priestley, 1992). Kolon uçlarındaki momentler, ikinci mertbe momentlerinin oluşması ile daha da büyür. Bunun sonucunda bina yüksekliği boyunca yatay yer değiştirmelerin yüksek mertebelere ulaşması, yapısal ve yapısal olmayan elemanlardaki hasarı artırmaktadır. Bazı durumlarda taşıyıcı olmayan elemanlarda meydana gelen hasarın onarım maliyeti, taşıyıcı elemanlardan daha da büyük olabilir. Ötelenme değerlerini sınırlandırmakla hasarın seviyesi ve maliyeti azaltılmış olur (Zou and Chan, 2005). Yapıdaki değişik döşeme sistemleri taşıyıcı sistemin değişik deprem karakteristikleri göstermesine neden olabilmektedir. Döşeme sistemlerinin seçimi, yapının maliyetini önemli ölçüde değiştirebilmektedir (Yaşoğlu, 2015). Önemli olan, hangi zemin cinsinde, deprem bölgesinde kaç katlı yapıya hangi döşeme sistemini uygulamanın, herhangi bir depremde izin verilen hasar sınırları içerisinde kalabileceği ve yapı izin verilen hasar sınırları içerisinde kalırken ne kadar ekonomik olabileceğinin gerçekçi bir şekilde araştırılmasıdır (Akgün, 2007). Deprem etkisi altındaki çok katlı binalarda yapının analiz sonuçlarını etkileyen iki önemli parametre vardır. Bunlardan birincisi bina toplam ağırlığı ikincisi ise bina rijitliğidir. Farklı döşeme türlerinin seçilmesi neticesinde bina ağırlığı ve rijitliğinde farklılıklar meydana gelmektedir. Dolayısıyla aynı mimariye sahip olsa bile, davranış açısından çok farklı yapılar oluşabilmektedir. Yapı tasarımı yapılırken bu iki parametrenin binaya getirdiği olumlu ve olumsuz etkiler göz önünde bulundurulmalıdır. Bu sayede yapının davranışı da kontrol altına alınmış olacaktır (Demirkok, 2009).

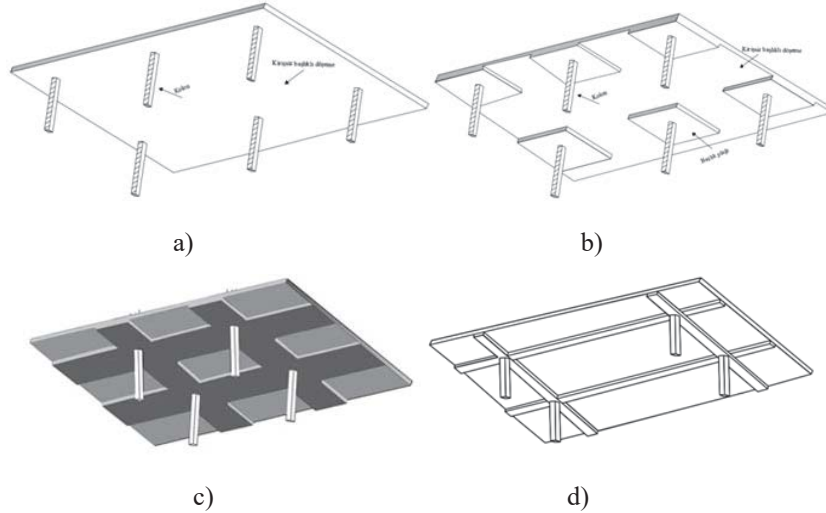
Döşemeler iki boyutlu taşıyıcı elemanlardır. Taşıdıkları hareketli ve sabit yükleri çevre duvarlarına veya kirişlere iletirler. Doğrudan kolonlara mesnetli döşemelerde yükler döşemeden kolonlara geçer. Dikdörtgen elemanlardan meydana gelen bölümlerden oluştuğu gibi, daire gibi değişik geometriye de sahip olabilirler. Çevresinin tümünde giriş veya taşıyıcı duvar bulunabileceği gibi sadece bir bölümü bu elemanlara mesnetli de olabilir. Kalınlıkları açıklığa ve yüke bağlı olarak belirlenir. Mesnet ve kenar açıklık durumuna göre bazen tek doğrultuda bazen de çift doğrultuda çalışmaktadırlar.

Döşeme tipi seçiminde etkili olan parametreler şunlardır;

1. Bölgenin deprenselliği,
2. Döşemenin maliyeti,
3. Geçilecek açıklık miktarları,
4. Etkileyecek yükün miktarı ve çeşidi,
5. Yapının kullanım amacı,
6. Kullanım değişikliklerine uyumu,
7. Yapının plan geometrisi,
8. Taşıyacağı eşya ve cihazların hassasiyeti,
9. Teknik personelin bilgi ve becerisi,
10. Konsol döşemenin varlığı

Döşemeler, kirişli döşeme, kirişsiz döşeme ve dişli döşeme olarak sınıflandırılabilir. Kirişli döşemeler 9 m açıklığa kadar ekonomiktir, depreme karşı dayanıklılık açısından ise en dayanıklı döşeme sistemidir. Bunun sebebi ise döşemenin sürekli ve hafif olmasından kaynaklanmaktadır (ACI 318-05, 2005, s.219-233). Fakat kirişli döşemeli betonarme yapılarda kiriş nedeniyle kat yüksekliği önemli derecede azalır. Kullanılacak mekânda havalandırma ya da klima kanallarının bulunması halinde bu kat yüksekliği daha da azalmaktadır. Bu durum büro ve işyeri gibi mekânların etkin kullanımını engellemektedir. Mekânları rahat ve etkin kullanma isteği, döşeme sistemini kirişsiz olarak seçmede etkili olan parametrelerin başında gelmektedir. Ayrıca ısı ve ses yalıtımları daha iyi olan bu döşeme sistemlerinde kalıp imalatı az, kalıp, döşeme ve beton işçiliği daha basittir. Kirişsiz döşemelerin zayıf tarafları ise deprem performanslarının kötü olması, zımbalama olasılığının yüksek olması ve daha fazla donatı ve beton alanı gereksinimidir. Kirişsiz döşemeli yapılarda büyük açıklıkların, yapı ağırlığını artırmadan, geçilebilmesi için yeni sistemler geliştirilmiştir. Geleneksel döşeme sistemlerine alternatif olarak plastik boşluklu kirişsiz döşeme sistemleri uygulanmaya başlanmıştır. Geliştirilen yeni nesil döşeme sisteminde 18-45cm çapında içi boş küresel plastikler döşemenin üst ve alt donatısının arasına yerleştirilmektedir. Geçilecek açıklığın ve döşemenin kalınlığının durumuna göre plastik boşluğun çapı da değişmektedir. Günümüzde yaygın olarak kullanılan bu tip döşeme sistemi ABD, Almanya, Avusturya, Hollanda, İsviçre, İran, Lüksemburg, Malezya, Polonya, Singapur, Türkiye ve birçok ülkede çeşitli projelerde uygulanmaktadır (Nasery ve Husem, 2015, s.145).

Kirişsiz döşemelerde döşeme doğrudan doğruya kolona oturduğu için zımbalama olayı önem kazanmaktadır. Çünkü zımbalama göçmesi çok gevrek bir göçmedir ve deprem davranışı açısından önemli bir risk olarak değerlendirilmektedir. İngiltere'deki Pipers Row çok katlı Otopark ve Güney Kore'nin Seul kentindeki Sampoong Mağazası'nda meydana gelen zımbalama göçmeleri örnek olarak gösterilebilir (Russell, 2015, s.10). Bu döşeme sistemlerinde kolon başlarına başlık ve/veya tabla yapılarak zımbalama sorunu giderilmeye çalışılır. Yapılan başlık ve/veya tablalar ile; başlıklı, tablalı, başlıklı-tablalı kirişsiz döşeme sistemleri elde edilir (Doğangün, 2008,s.267).



Şekil 1. Kirişsiz (a), Tablalı Kirişsiz (b), Sürekli Tablalı Kirişsiz (c) ve Kirişli Döşeme (d) sistemleri

TS500 (2000)'de kolon başlarına yapılacak tablaların kalınlığı, döşeme kalınlığının yarısı veya daha fazla, genişlikleri için ise o doğrultudaki hesap açıklığının %40'ı veya daha az olması önerilmektedir.

Paultre ve Moisan, (1992), kirişsiz döşemeli bir yapı planında, döşemelerin uzun doğrultularına paralel kolon başlarına yapılan tablaları sürekli hale getirerek bu döşemelerdeki moment dağıtım faktörünü hesaplamışlardır. Sürekli hale getirilen tablalar, döşeme bandı veya bant kiriş olarak isimlendirilmiştir. Bu yöntem ile kalıp alımının daha kolay olacağı, apartman ve ofis binalarının yanı sıra çok katlı otopark ve alışveriş merkezlerinde uzun açıklıkların yapımının mümkün olabileceği ifade edilmiştir. Yine aynı çalışmada bant kiriş olarak isimlendirilen sürekli tablaların yüksekliği, döşeme kalınlığının iki katı veya daha az, genişliğinin ise döşeme kalınlığının üç katı veya daha fazla olması gerektiği vurgulanmıştır.

Sağlayan ve Yön (2014) sürekli tablalı kirişsiz döşemeli ve kirişli döşemeli yapı modelleri üzerinde artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile sürekli tabla genişliğinin hasara ve yapısal performansa etkisini incelemişlerdir. Çalışmada tabla genişliğinin yatay yük taşıma kapasitelerini arttırdığını bununla birlikte hasar dağılımında belirgin bir değişikliğe neden olmadığı belirlenmiştir.

Döşeme türlerinin taşıyıcı sistem davranışına etkisinin araştırıldığı bu çalışmada, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY) (2007)' de belirtilen Z1 ve Z3 zemin sınıflarına göre kirişli, kirişsiz ve tablalı kirişsiz döşemeli ve sürekli tablalı kirişsiz döşemeli betonarme binaların karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla tasarlanan model yapıların analizleri yapılmış ve analiz sonucunda model yapıların birinci doğal periyotları, taban kesme kuvvetleri ve kat yer değiştirmelerinden faydalanılarak yapıların görelî kat ötelenme oranları elde edilmiş, deprem yönetmeliğindeki sınır değer ile ve birbiri ile karşılaştırılmıştır.

1.1. Zemin Tepki Spektrumunun Elde Edilmesi

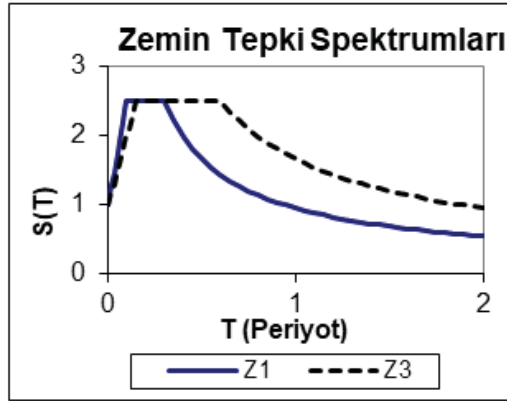
Yapıların analizlerinde kullanılacak olan Spektrum Katsayısı $S(T)$, yerel zemin koşullarına ve bina doğal periyodu T 'ye bağlı olarak Denklem (1) ve Tablo 1' den elde edilmiştir.

$$\begin{aligned} S(T) &= 1 + 1.5T / T_A & (0 \leq T \leq T_A) \\ S(T) &= 2.5 & (T_A < T \leq T_B) \\ S(T) &= 2.5(T_B / T)^{0.8} & (T > T_B) \end{aligned} \quad (1)$$

Tablo 1. Spektrum karakteristik periyotları

Zemin Sınıfları	T_A (s)	T_B (s)
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

Yapıların zemin sınıflarına göre analizleri yapılırken tasarım tepki spektrumlarından faydalanılmaktadır. Zemin spektrumlarının analizlerde kullanılması için basitleştirilmesi ve spektrum eğrilerinin normalize edilmesi gerekir. Şekil 2’de normalize edilmiş Z1 ve Z3 yerel zemin durumunun spektrum eğrileri verilmektedir.



Şekil 2. Zemin tepki spektrumları

1.2. Göreli Kat Ötelemeleri

DBYBHY (2007)'de herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yer değiştirme farkını ifade eden azaltılmış göreli kat ötelemesi, Δ_i , Denklem (2)'deki gibi ifade edilmektedir.

$$\Delta_i = d_i - d_{i-1} \quad (2)$$

Burada d_i ve d_{i-1} , her bir deprem doğrultusu için binanın i ' inci ve $(i-1)$ 'inci katlarında herhangi bir kolon veya perdenin uçlarında azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanan yatay yer değiştirmeleri göstermektedir. Ayrıca her bir deprem doğrultusu için, binanın i 'inci katındaki kolon veya perdeler için etkin göreli kat ötelemesi, Denklem (3)'de verilen δ_i ile ifade edilmektedir.

$$\delta_i = R.\Delta_i \quad (3)$$

Burada R elastik deprem yükü azaltma katsayısıdır. Deprem yönetmeliğinde her bir deprem doğrultusu için maksimum göreli kat ötelemesi sınırı herhangi bir kattaki kolon ve perde için Denklem (4)'de verilmiştir.

$$\frac{(\delta_i)_{maks.}}{h_i} \leq 0.02 \quad (4)$$

Burada $(\delta_i)_{maks.}$, etkin göreli kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri, h_i ise ilgili elemanın yüksekliğini göstermektedir (DBYBHY, 2007).

2. SAYISAL UYGULAMALAR

Döşeme türlerinin taşıyıcı sistem davranışına etkisinin araştırıldığı mevcut çalışmada, kirişli, kirişsiz, tablalı kirişsiz ve sürekli tablalı kirişsiz döşemeli betonarme binalar ele alınmıştır. Bu amaçla 1.derece deprem bölgesinde 4, 7 ve 10 katlı, 3 m kat yüksekliğine, I=1 bina önem katsayısına sahip düzenli betonarme model yapılar tasarlanmıştır. Tasarlanan yapıların analizleri deprem yönetmeliğimizdeki tepki spektrumu yöntemiyle Z1 ve Z3 zemin sınıflarına göre yapılmıştır.

Şekil 3 ve Şekil 4 'de verilen model yapıların döşeme kalınlığı TS 500 (2000)'de verilen bağıntılar kullanılarak, kirişsiz döşemeli yapıda (KRSZ) 25 cm, tablalı kirişsiz döşemeli yapıda (KRSZT) 22 cm, kirişli (KR) döşemeli yapılarda 17 cm olarak alınmıştır. Sürekli tablalı kirişsiz döşemeli yapılarda (ST) ise kirişli döşeme kalınlığı ile aynı 17 cm olarak alınmıştır. Tüm model yapıların çevre kirişleri 30x80 cm, kirişli döşemeli yapılarda iç kirişler 25x60 cm, sürekli tablalı yapılarda sürekli tablaların boyutları TS 500(2000)'de belirtilen hususlar dikkate alınmıştır. Sürekli tablanın genişliği o doğrultudaki hesap açıklığının %40'ından az, kalınlık ise döşeme kalınlığının yarısından fazla olacak şekilde belirlenmiştir. Ayrıca bu değerler Paultre ve Moisan, (1992) çalışmalarında önerilen kriterlere de uygun olduğu görülmüştür. Çalışmada kullanılan sürekli tablalar 120x35 cm, tablalı kirişsiz döşemeli yapıda tabla kalınlığı ise 13 cm kabul edilmiştir. Kolon boyutları da aksel normal kuvvetler elde edilerek, 4 katlı model yapılarda 40x40, 7 katlılarda 50x50, 10 katlı yapılarda ise 60x60 cm olarak ele alınmıştır. Model yapılarda C25 betonu ve S420 yapı çeliği kullanıldığı varsayılmıştır. Binalarda hareketli yük 5 kN/m² olarak seçilmiştir.

Çalışmada kullanılan betonarme yapıların analizi Sap2000 yapı analiz programında yapılmıştır. Ele alınan model yapılarda kolon ve kirişler çubuk eleman olarak modellenmiş ve düğüm noktalarında birleşimleri sağlanmıştır. Kirişsiz ve tablalı kirişsiz döşemelerde ise kolon en kesit alanı ile döşemelerin kolonla temas eden bölgeleri aynı boyutlu sonlu elemanlara bölünerek birleşimleri sağlanmıştır. Analizler sonucunda, model yapıların birinci mod periyotları, kat yatay yerdeğiştirme, görelî kat ötelemeleri ve taban kesme kuvvetleri elde edilmeye çalışılmıştır. Analizler sonucunda yapıların kısa yönü daha zayıf olduğu için x yönünde elde edilen yatay yer değiştirme değerleri değerlendirilmeye alınmıştır.

3. ANALİZ SONUÇLARI

Analizler sonucunda, her iki zemin sınıfında model yapıların kat yatay yerdeğiştirme değerleri ve görel kat ötelenme değerleri Tablo 2-5’de ve Şekil 5-10’da verilmiştir. Z1 zemin sınıfında tüm yapı modellerinden elde edilen görel kat ötelenmeleri Türk Deprem Yönetmeliğin (DBYBHY)’de verilen sınır değerden küçük olduğu, Z3 zemin sınıfında ise kirişsiz ve tablalı kirişsiz döşemeli yapılarda elde edilen değerler sınır değerden büyük diğer iki yapı modelinde ise küçük olduğu görülmüştür.

Tablo 2. KR binasının x yönünde yatay yer değiştirme ve görel kat ötelemeleri

Kat Sayısı	Z1			Z3			
	Yer değiştirme (mm)	Görel Kat Öte.	Görel Kat Öte. Sınırı	Yer değiştirme (mm)	Görel Kat Öte.	Görel Kat Öte. Sınırı	
4 Katlı	4	9,33	0,0032	<0.02	16,23	0,0055	<0.02
	3	8,13	0,0057	<0.02	14,15	0,0099	<0.02
	2	6,01	0,0076	<0.02	10,44	0,0133	<0.02
	1	3,16	0,0084	<0.02	5,46	0,0146	<0.02
7 Katlı	7	14,87	0,0023	<0.02	25,84	0,0040	<0.02
	6	13,99	0,0039	<0.02	24,33	0,0067	<0.02
	5	12,54	0,0052	<0.02	21,83	0,0092	<0.02
	4	10,59	0,0064	<0.02	18,39	0,0113	<0.02
	3	8,20	0,0073	<0.02	14,16	0,0129	<0.02
	2	5,45	0,0079	<0.02	9,34	0,0137	<0.02
	1	2,48	0,0066	<0.02	4,22	0,0113	<0.02
10 Katlı	10	21,19	0,0022	<0.02	36,82	0,0037	<0.02
	9	20,37	0,0033	<0.02	35,43	0,0056	<0.02
	8	19,15	0,0043	<0.02	33,33	0,0075	<0.02
	7	17,53	0,0053	<0.02	30,52	0,0092	<0.02
	6	15,56	0,0061	<0.02	27,06	0,0107	<0.02
	5	13,28	0,0068	<0.02	23,04	0,0120	<0.02
	4	10,73	0,0074	<0.02	18,53	0,0131	<0.02
	3	7,94	0,0079	<0.02	13,63	0,0137	<0.02
	2	4,99	0,0078	<0.02	8,51	0,0134	<0.02
	1	2,06	0,0055	<0.02	3,50	0,0093	<0.02

Tablo 3. KRSZ binasının x yönünde yatay yer değiştirme ve görel kat ötelemeleri

Kat Sayısı	Z1			Z3			
	Yer değiştirme (mm)	Görel Kat Öte.	Görel Kat Öte. Sınırı	Yer değiştirme (mm)	Görel Kat Öte.	Görel Kat Öte. Sınırı	
4 Katlı	4	15,86	0,0051	<0.02	27,58	0,0088	<0.02
	3	13,94	0,0092	<0.02	24,27	0,0162	<0.02
	2	10,49	0,0126	<0.02	18,2	0,0221	>0.02
	1	5,76	0,0154	<0.02	9,9	0,0264	>0.02
7 Katlı	7	23,36	0,0031	<0.02	40,62	0,0054	<0.02
	6	22,18	0,0056	<0.02	38,59	0,0097	<0.02
	5	20,08	0,0078	<0.02	34,96	0,0137	<0.02
	4	17,16	0,0097	<0.02	29,84	0,0170	<0.02
	3	13,54	0,0114	<0.02	23,46	0,0200	≤0.02
	2	9,26	0,0128	<0.02	15,96	0,0222	>0.02
	1	4,45	0,0119	<0.02	7,63	0,0203	>0.02
10 Katlı	10	31,88	0,0026	<0.02	55,46	0,0045	<0.02
	9	30,90	0,0043	<0.02	53,78	0,0075	<0.02
	8	29,27	0,0060	<0.02	50,96	0,0104	<0.02
	7	27,03	0,0074	<0.02	47,06	0,0129	<0.02
	6	24,25	0,0087	<0.02	42,21	0,0152	<0.02
	5	20,99	0,0098	<0.02	36,51	0,0172	<0.02
	4	17,30	0,0109	<0.02	30,05	0,0190	<0.02
	3	13,22	0,0119	<0.02	22,92	0,0207	>0.02
	2	8,77	0,0127	<0.02	15,14	0,0219	>0.02
	1	4,02	0,0107	<0.02	6,92	0,0185	<0.02

Tablo 4. KRSZT binasının x yönünde yatay yer değiştirme ve görel kat ötelemeleri

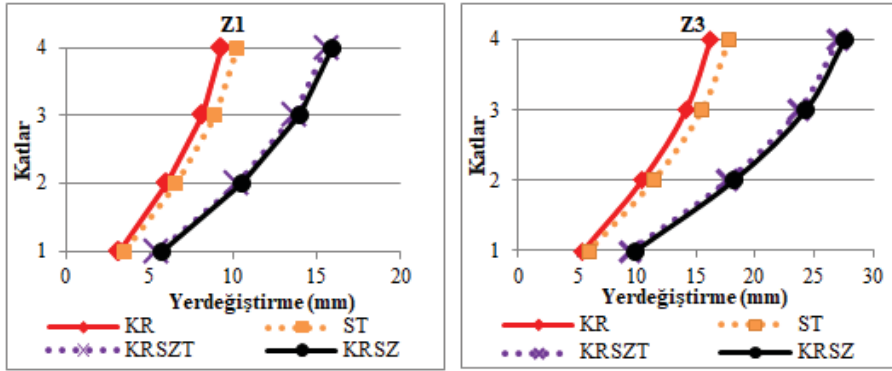
Kat Sayısı	Z1			Z3			
	Yer değiştirme (mm)	Görel Kat Öte.	Görel Kat Öte. Sınırı	Yer değiştirme (mm)	Görel Kat Öte.	Görel Kat Öte. Sınırı	
4 Katlı	4	15,54	0,0051	<0.02	27,02	0,0088	<0.02
	3	13,62	0,0091	<0.02	23,71	0,0161	<0.02
	2	10,20	0,0126	<0.02	17,68	0,0221	>0.02

	1	5,47	0,0146	<0.02	9,4	0,0251	>0.02
7 Katlı	7	21,67	0,0030	<0.02	37,67	0,0051	<0.02
	6	20,56	0,0053	<0.02	35,77	0,0091	<0.02
	5	18,59	0,0073	<0.02	32,37	0,0128	<0.02
	4	15,86	0,0090	<0.02	27,57	0,0159	<0.02
	3	12,47	0,0105	<0.02	21,59	0,0185	<0.02
	2	8,52	0,0119	<0.02	14,65	0,0206	>0.02
	1	4,06	0,0108	<0.02	6,94	0,0185	<0.02
10 Katlı	10	26,71	0,0023	<0.02	46,44	0,0040	<0.02
	9	25,84	0,0038	<0.02	44,95	0,0065	<0.02
	8	24,42	0,0051	<0.02	42,50	0,0090	<0.02
	7	22,49	0,0064	<0.02	39,14	0,0111	<0.02
	6	20,10	0,0074	<0.02	34,97	0,0130	<0.02
	5	17,32	0,0083	<0.02	30,09	0,0147	<0.02
	4	14,19	0,0092	<0.02	24,58	0,0161	<0.02
	3	10,75	0,0099	<0.02	18,54	0,0172	<0.02
	2	7,04	0,0104	<0.02	12,08	0,0180	<0.02
	1	3,13	0,0083	<0.02	5,34	0,0142	<0.02

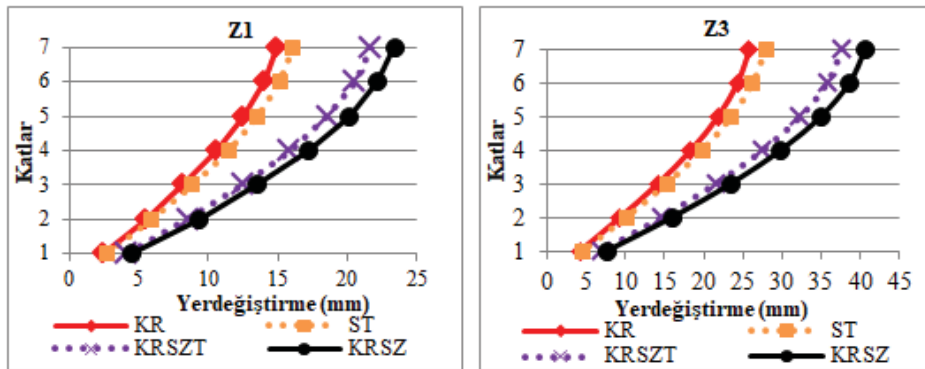
Tablo 5. ST binasının x yönünde yatay yer değiştirme ve görel kat ötelemeleri

Kat Sayısı	Z1			Z3			
	Yer değiştirme (mm)	Görel Kat Öte.	Görel Kat Öte. Sınırı	Yer değiştirme (mm)	Görel Kat Öte.	Görel Kat Öte. Sınırı	
4 Katlı	4	10,23	0,0035	<0.02	17,80	0,0062	<0.02
	3	8,90	0,0062	<0.02	15,49	0,0109	<0.02
	2	6,57	0,0083	<0.02	11,41	0,0146	<0.02
	1	3,44	0,0092	<0.02	5,94	0,0158	<0.02
7 Katlı	7	16,06	0,0026	<0.02	27,89	0,0043	<0.02
	6	15,1	0,0042	<0.02	26,26	0,0072	<0.02
	5	13,53	0,0056	<0.02	23,56	0,0099	<0.02
	4	11,42	0,0069	<0.02	19,84	0,0122	<0.02
	3	8,85	0,0079	<0.02	15,28	0,0139	<0.02
	2	5,89	0,0086	<0.02	10,08	0,0147	<0.02
	1	2,68	0,0071	<0.02	4,55	0,0121	<0.02

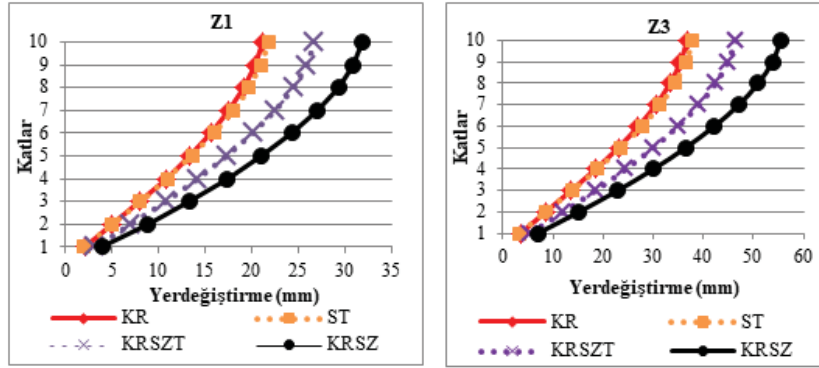
10 katlı	10	21,83	0,0023	<0.02	37,93	0,0039	<0.02
	9	20,97	0,0034	<0.02	36,47	0,0058	<0.02
	8	19,7	0,0045	<0.02	34,29	0,0078	<0.02
	7	18,02	0,0055	<0.02	31,37	0,0096	<0.02
	6	15,97	0,0063	<0.02	27,77	0,0112	<0.02
	5	13,59	0,0071	<0.02	23,57	0,0126	<0.02
	4	10,93	0,0078	<0.02	18,86	0,0136	<0.02
	3	8,02	0,0082	<0.02	13,77	0,0142	<0.02
	2	4,96	0,0079	<0.02	8,45	0,0136	<0.02
	1	1,98	0,0053	<0.02	3,36	0,0090	<0.02



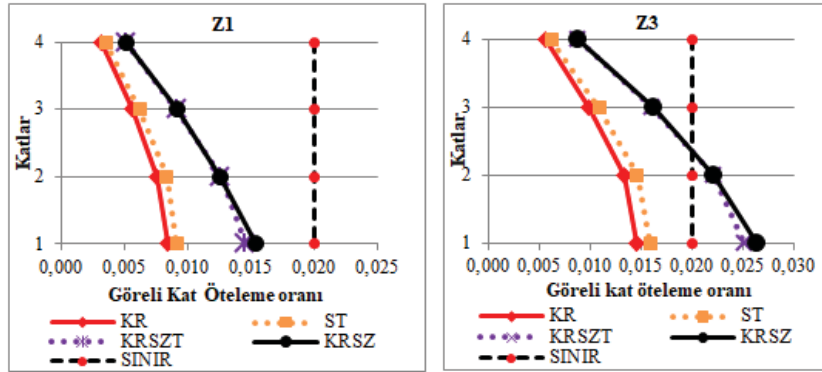
Şekil 5. Z1 ve Z3 zemin sınıflarında 4 katlı model yapıların yatay yerdeğiştirme değişimleri



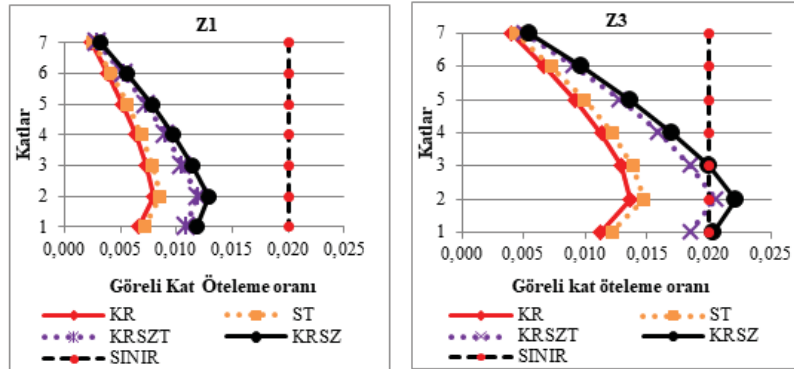
Şekil 6. Z1 ve Z3 zemin sınıflarında 7 katlı model yapıların yatay yerdeğiştirme değişimleri



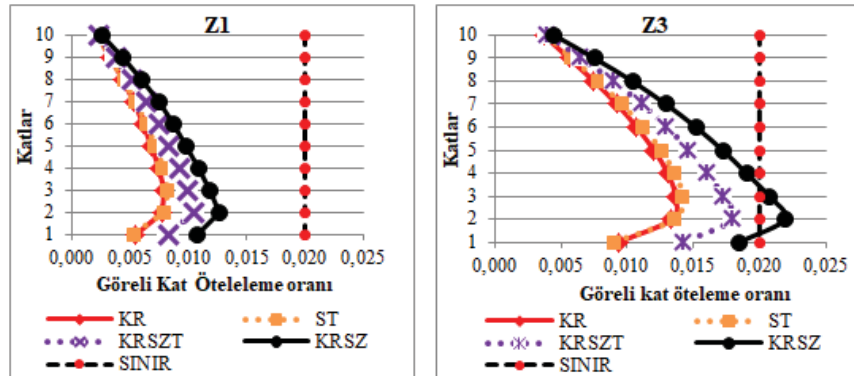
Şekil 7. Z1 ve Z3 zemin sınıflarında 10 katlı model yapıların yatay yerdeğiştirme değişimleri



Şekil 8. Z1 ve Z3 zemin sınıflarında 4 katlı model yapıların kat görece ötelenme oranları



Şekil 9. Z1 ve Z3 zemin sınıflarında 7 katlı model yapıların kat görece ötelenme oranları



Şekil 10. Z1 ve Z3 zemin sınıflarında 10 katlı model yapıların kat görelî ötelenme oranları

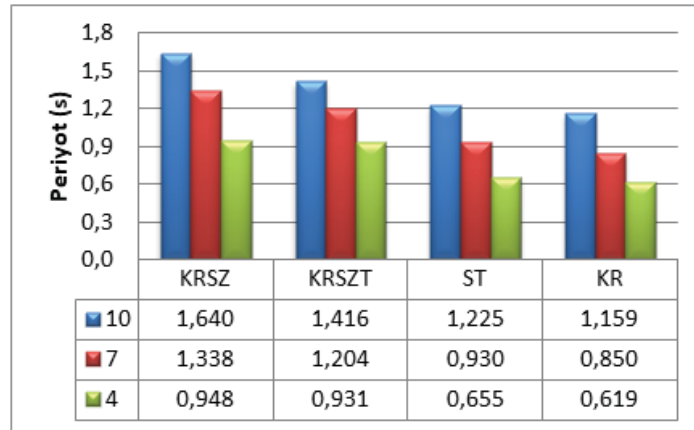
KR, KRSZ, KRSZT ve ST yapı modellerinde, her iki zemin sınıfında elde edilen maksimum yatay yer değıştirme, maksimum yatay yerdeğıştirme değışim yüzdesi ve en büyük görelî kat ötelenme oranları Tablo 6'da verilmiştir. Tüm bina modellerinde Z3 zemin sınıfında, Z1 zemin sınıfına göre daha fazla yatay yerdeğıştirme değeri elde edilmiştir. Her iki zemin sınıfında tüm bina modellerinde en fazla yatay yerdeğıştirme kirişsiz döşemeli yapılarda en az ise kirişli döşemeli yapılarda meydana geldiğî görülmüştür. Kirişsiz, tablalı kirişsiz ve sürekli tablalı kirişsiz döşemelerde elde edilen en büyük kat yatay yerdeğıştirme değeri, kirişli döşemeli binalardan elde edilen yatay yerdeğıştirme değeri oranlanarak en büyük yatay yerdeğıştirme değışim yüzdesi elde edilmiştir. En büyük yatay yerdeğıştirme değışim yüzdesi incelendiğinde en fazla %70 olarak 4 katlı KRSZ, en az ise %3 olarak 10 katlı ST yapı modelinde elde edilmiştir. Değışim yüzdelерinin her iki zemin sınıfında da hemen hemen aynı olduğu ve kat sayısı artışı ile bu yüzde değeri azaldığı görülmüştür. Ayrıca Tablo 6'da verilen en büyük kat yatay yerdeğıştirme değeri zemin sınıflarına göre değışim yüzdesi verilmiştir. Tüm model yapılarda Z3 zemin sınıfında elde edilen en büyük yatay yerdeğıştirme değeri Z1 zemin sınıfına göre %74 daha fazla olduğu görülmektedir.

Tablo 6. En büyük Yerdeğıştirme, En büyük Görelî Ötelenme Oranı ve En büyük Yerdeğıştirme Değışim Yüzdesi

	Z1								
	En büyük yatay yerdeğıştirme (mm)			En büyük görelî ötelenme oranı			En büyük yatay yerdeğıştirme değışim (%)		
	4 kat	7 kat	10 kat	4 kat	7 kat	10 kat	4 kat	7 kat	10 kat
KR	9,33	14,87	21,19	0,008 4	0,007 9	0,007 9	0	0	0
KRSZ	15,86	23,36	31,88	0,015 4	0,012 8	0,012 7	70	57	50
KRSZT	15,54	21,67	26,71	0,014 6	0,011 9	0,010 4	67	46	26
ST	10,23	16,06	21,83	0,009 2	0,008 6	0,008 2	10	8	3

	Z3								
	En büyük yatay yerdeğiştirme (mm)			En büyük görelİ ötelenme oranı			En büyük yatay yerdeğiştirme değişim (%)		
	4 kat	7 kat	10 kat	4 kat	7 kat	10 kat	4 kat	7 kat	10 kat
KR	16,23	25,84	36,82	0,0146	0,0137	0,0137	0	0	0
KRSZ	27,58	40,62	55,46	0,0264	0,0208	0,0219	70	57	51
KRSZT	27,02	37,67	46,44	0,0251	0,0206	0,0180	66	46	26
ST	17,80	27,89	37,93	0,0158	0,0148	0,0142	10	8	3
	Z1/Z3								
	En büyük yatay yerdeğiştirme %								
	4 kat			7 kat			10 kat		
	KR	74			74			74	
KRSZ	74			74			74		
KRSZT	74			74			74		
ST	74			74			74		

Çalışmada ele alınan yapı modellerine ait 1. mod periyot değerlerinin kat ayısına göre değişim grafiği Şekil 11'de verilmiştir. En uzun periyot değeri kirişsiz döşemeli model yapıda en kısa periyot değeri ise sürekli tablalı kirişsiz döşemeli yapı modelinde elde edilmiştir. Model yapılar da kat sayısının artışı periyot değerini artırdığı belirlenmiştir.



Şekil 11. Model binaların 1. mod periyot değerleri

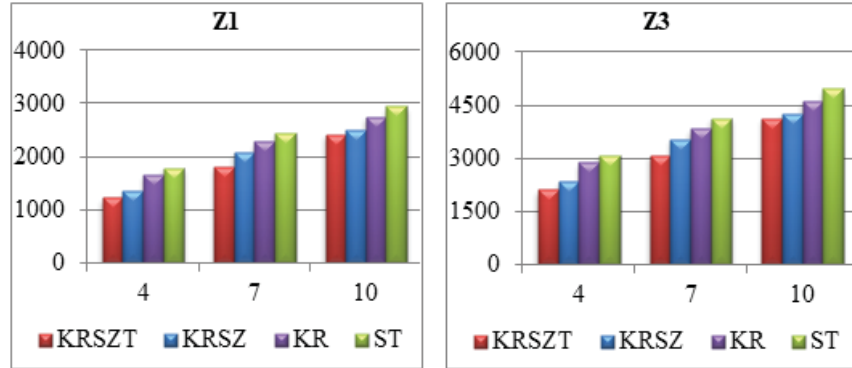
Model yapılar da elde edilen taban kesme kuvvetleri ve kirişli döşemeli model yapıya göre değişim yüzdeleri Tablo 7'de verilmiştir. Z1 zemin sınıfında 4 katlı KRSZ, KRSZT model yapıların KR model yapıya göre taban kesme kuvveti sırasıyla % 18,2, 26,2 daha az ST model

yapıda ise %7 daha fazla meydana geldiği görülmüştür. Z3 zemin sınıfında bu değişim yüzdelerinin yaklaşık aynı olduğu görülmektedir. Katsayısının değişiminde kirişli döşemeye göre diğer modellerine etkisi incelendiğinde ise az katlı KRSZ ve KRSZT model yapılarda daha fazla, çok katlılarda ise daha az değişim yüzdesi hesaplanmıştır. ST model yapısında meydana gelen taban kesme kuvvetinin KR model yapısında meydana gelen taban kesme kuvvetine göre değişim yüzdesinin üç farklı kat sayısında da yaklaşık aynı olduğu görülmüştür. Ayrıca zemin sınıflarındaki değişim yüzdeleri. Tablo 7’de incelendiğinde tüm model yapılarda Z3 zemin sınıfının Z1 zemin sınıfına göre yaklaşık aynı %70 daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Tablo 7. Taban Kesme Kuvvetleri ve KR Modellere Göre ve Zemin Sınıflarına Göre Değişim Yüzdeleri

			Z1		Z3		Z1/Z3
Model Yapılar	KR	4	1673	0	2882	0	72
		7	2277	0	3848	0	69
		10	2754	0	4642	0	69
	KRSZ	4	1368	-18,2	2342	-18,7	71
		7	2081	-9	3552	-7,7	71
		10	2492	-9,5	4277	-7,9	71
	KRSZT	4	1235	-26,2	2110	-26,8	71
		7	1820	-20	3096	-19,5	70
		10	2424	-11,9	4126	-11,1	70
	ST	4	1791	7	3082	6,9	72
		7	2450	7,6	4129	7,3	69
		10	2949	7,1	4981	7,3	69

Şekil 12’de dört farklı yapı modelinde Z1 ve Z3 zemin sınıflarında elde edilen taban kesme kuvvetlerinin değişimi verilmiştir. Her iki zemin sınıfında da en az taban kesme kuvvetleri KRSZ model yapılarda, en fazla ise ST model yapılarda elde edilmiştir.



Şekil 12. Z1 ve Z3 Zemin Sınıflarında Taban Kesme Kuvvetlerinin Değişimi

4. SONUÇLAR

Döşeme türlerinin taşıyıcı sistem davranışına etkisinin araştırıldığı mevcut çalışmada, DBYBHY (2007)' de belirtilen Z1 ve Z3 zemin sınıflarında kirişli, kirişsiz, tablalı kirişsiz ve sürekli tablalı kirişsiz döşemeli düzenli 4, 7 ve 10 katlı model yapılar tasarlanmıştır. Bu yapı sistemlerinin x yönünde doğrusal analizleri yapılarak görece kat ötelemeleri, 1. doğal periyotları, kat yatay yerdeğiştirme, görece kat ötelenme oranları ve taban kesme kuvvetleri elde edilmiştir. Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

✓ İncelenen model yapılarda en fazla yatay yer değiştirme değerleri kirişsiz döşemeli model yapılarda, en az yerdeğiştirme değerleri ise kirişli döşemeli model yapılarda elde edilmiştir. Tablalı kirişsiz döşemeli model yapılarda elde edilen değerlerin kirişsiz döşemeli yapılardan elde edilen değerlere, sürekli tablalı kirişsiz döşemeli yapılarda elde edilen değerlerin ise kirişli döşemeli yapılardan elde edilen değerlere yakın olduğu görülmüştür.

✓ Z1 zemin sınıfında tüm yapı modellerinden elde edilen görece kat ötelenmeleri Türk Deprem Yönetmeliğinin (DBYBHY)'de verilen sınır değerden küçük olduğu, Z3 zemin sınıfında ise kirişsiz ve tablalı kirişsiz döşemeli yapılarda elde edilen değerler sınır değerden büyük kirişli ve sürekli tablalı kirişsiz döşemeli yapı modellerinde ise küçük olduğu görülmüştür.

✓ Yapı sistemlerinin döşeme sistemlerini değiştirdiğimizde rijitliği en az olan yapı sistemi kirişsiz döşeme sistemine sahip olduğundan dolayı, en fazla yapı periyotları kirişsiz döşemeli model yapılarda meydana gelmektedir. Sürekli tablalı kirişsiz döşemeli (ST) yapılardan elde edilen periyot değerleri, kirişli döşemeli (KR) yapılardan elde edilen periyot değerlerine çok yakın olduğu görülmektedir. Bant kiriş olarak da isimlendirilen sürekli tablalılar, kirişli döşemelerdeki kirişler gibi düşey taşıyıcıları bağladığı için KRSZ ve KRSZT yapılarından daha rijit bir davranış ortaya koyduğu düşünülmektedir.

✓ Üç farklı kat sayılı tüm model yapılarda en az taban kesme kuvveti KRSZ yapılarda, en fazla ise ST yapılarda meydana geldiği belirlenmiştir. 10 katlı KRSZ ve KRSZT model yapılarda elde edilen taban kesme kuvvetinin KR model yapılarda elde edilen taban kesme kuvvetine oranının daha az, 4 katlı yapılarda ise bu oranın daha fazla olduğu görülmüştür. ST model yapılarda elde edilen taban kesme kuvvetlerinin KR model yapılarda elde edilen taban

kesme kuvvetlere göre değişim yüzdelerinin ise 4, 7 ve 10 katlı modellerde aynı olduğu görülmüştür.

Sonuç olarak, Z1 ve Z3 zemin sınıflarında ele alınan model yapılardan, sürekli tablalı kirişsiz döşemeli yapılarının davranışlarının kirişli döşemeli yapılara oldukça yakın olduğu görülmüştür. Kirişsiz döşemeli yapılar, sürekli tablalı olarak düzenlenirse üstünlüklerini kaybetmeden ve kirişli döşemelerdeki kat yüksekliğinin azalması gibi dezavantajlar oluşmadan daha rijit davranış sergileyen yapılar elde edilebilir.

5. KAYNAKLAR

- [1] ACI 318-05 (2005) Building Code Requirements for Structural Concrete Reinforced Concrete, American Concrete Institute, Farmington Hills,
- [2] Akgün, H. (2007). Farklı Döşeme Sistemlerine sahip çok katlı Betonarme Binaların Dinamik Davranışının İncelenmesi Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [3] Demirkok, A. (2009). Perdeli Çerçeve Taşıyıcı Sistemine Sahip Bir Betonarme Yapıda Farklı Döşeme Türlerinin Davranışa Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [4] Doğançın, A. (2008). Betonarme Yapıların Hesap Tasarımı, Birsan Yayınevi, İstanbul.
- [5] Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY) (2007). T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara-Türkiye.
- [6] Nasery, M. M. ve Husem, M. (2015) Plastik Boşluklu Kirişsiz Döşeme Sistemleri ile İlgili Bir Sentez Çalışması, Mühendislikte Yeni Teknolojiler Sempozyumu, Bayburt.
- [7] Paulay, T., Priestley, M.J.N. (1992). Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings, John Wiley & Sons, inc., New York.
- [8] Paultre, P. ve Moisan, C. (2002). Distribution of Moments in Reinforced Concrete Slabs with Continuous Drop Panels, Canadian Journal Civil Engineer, 29: 119-124.
- [9] Russell, J. (2015) Progressive collapse of reinforced concrete flat slab structures. (PhD thesis), University of Nottingham.U.K.-China-Malaysia.
- [10] Sağlıyan, S.,Yön, B. (2014). Sürekli Tablalı Kirişsiz Döşemeli Betonarme Binaların Performans Analizi, Fırat Üni.Mühendislik Bilimleri Dergisi, 26(1), 69-77
- [11] TS 500 (2000). Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Madde 11- Betonarme Döşeme Sistemleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [12] Yaşoğlu, F.G., (2015) Taşıyıcı Sistemleri Farklı Olan Betonarme Yapılarda Döşeme Türlerinin Davranışa Etkisi Yüksek Lisans, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [13] Zou, X.K., Chan, C.M. (2005). An optimal resizing technique for seismic drift design of concrete buildings subjected to response spectrum and time history loading, Computers and Structures, 83: 1689-1704.