

## **YUMUŞAK KAT DÜZENSİZLİĞİ BULUNAN BETONARME BİR BİNANIN PERFORMANSININ İNCELENMESİ**

**T. Osman KARASU<sup>1</sup>, R. Tuğrul ERDEM<sup>1\*</sup>, Ali DEMİR<sup>1</sup>, Muhiddin BAĞCI<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 45140 Manisa, TÜRKİYE

**Özet** Bu çalışmada, yumuşak kat düzensizliği doğrultusunda, ilk katı yükseltilmiş betonarme bir bina ele alınarak, dolgu duvarların yapıların performansına olan etkisi incelenmiştir. Bu amaçla binalar, dolgu duvarsız, iki ve üçüncü katları dolgu duvarlı ve tüm katları dolgu duvarlı olarak tasarlanmıştır. Dolgu duvarlar, eşdeğer diyagonal basınç çubuğu olarak modellenmiştir. Dolgu duvar özellikleri, yapımında kullanılan malzemelerin mekanik ve geometrik özelliklerine bağlı olarak belirlenmiştir. Yapıların, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY-2007)'de yer alan eşdeğer deprem yükü yöntemi ve artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılarak performans analizleri yapılmış ve elde edilen performans sonuçları karşılaştırılmıştır. Analizlerde SAP2000 programından yararlanılmıştır. Yapılan karşılaştırmalar sonucu, dolgu duvarların bina performansını önemli ölçüde arttırdığını ortaya koymuştur.

**Anahtar sözcükler:** *Yumuşak kat düzensizliği, dolgu duvar, performans analizi.*

## **PERFORMANCE EVALUATION OF A REINFORCED CONCRETE BUILDING INCLUDING SOFT STORY IRREGULARITY**

**Abstract:** In this study, effect of the infilled walls in a building in which first floor raised on the structures performance due to soft story irregularity has been taken into consideration. For this purpose, buildings have been designed as non-infilled walled, second and third floors infilled walled and all floors infilled walled. The infilled walls have been modeled as equivalent diagonal compression bars. The properties of infilled walls have been determined according to geometric and mechanical properties of the materials. Performance evaluations of the structures have been performed by using Equivalent Seismic Load Method and Incremental Equivalent Seismic Load Method which take part in Turkish Earthquake Code-2007 and the results have been compared. SAP2000 program has been used in analyses. After comparisons, it is established that the infilled walls placed in buildings significantly increase the buildings performance significantly.

**Keywords:** *Soft story irregularities, infilled wall, performance analysis.*

## 1. GİRİŞ

Son yıllarda yapılan deneysel ve kuramsal çalışmalar sonucunda dolgu duvarların taşıyıcı sistem davranışına rijitlik, yük taşıma kapasitesi, süneklik, enerji yutma kapasitesini değiştirerek etkide bulunmaktadır. Bununla birlikte dolgu duvarlar yapının serbest titreşim özelliklerini de değiştirmektedir. Dolgu duvarlar bir yandan yapı kütlelerinin artmasını sağlarken, diğer yandan doğal titreşim periyotlarının küçülmesini sağlamaktadır. Taşıyıcı sistemin ve duvarların oluşturdukları yatay rijitlikler esas olmak üzere dağılan yatay yükler süneklikleri farklı olan, fakat başlangıçta beraber çalışan betonarme çerçeve ile dolgu duvarları tarafından birlikte karşılanır. Ancak depremin başlangıcından bir süre sonra gevrek olan dolgu duvarlarının çatlayarak devreden çıkması olasılığı yüksektir. Bu aşamadan sonra çıplak çerçeve depreme karşı koyacak, dolgu duvarlarının etkisi ise sadece kütle yönünden sürecektir. Bu çalışmada yumuşak kat düzensizliği bulunan binalarda, dolgu duvar yerleşiminin deprem etkisi altında taşıyıcı sistem davranışını ne derecede etkilediğini ortaya koymak amaçlanmıştır. Ele alınan konuların ışığında ilk katı yükseltilmiş 3 katlı betonarme bir bina tasarlanmıştır. Dolgu duvarın kiriş ve kolon elemanlarını etkilemediği ve etkilediği durumlar için bina performansları DBYBHY-2007’de [1] yer alan doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri kullanılarak hesaplanmıştır. Eleman boyutlandırılmalarında, TS500 ve TS498’den yararlanılmıştır. [2,3] Yapının tasarımı, dolgu duvarın modellenmesi ve kesit tesirlerinin hesabı SAP2000 [4] programı ile yapılmıştır. Hesaplamalar sonucunda bina performansları arasındaki farklar karşılaştırılmıştır.

## 2. TEORİK ESASLAR

DBYBHY-2007’ye göre, binaların deprem performanslarını belirlemek amacıyla kullanılan hesap yöntemleri, doğrusal elastik

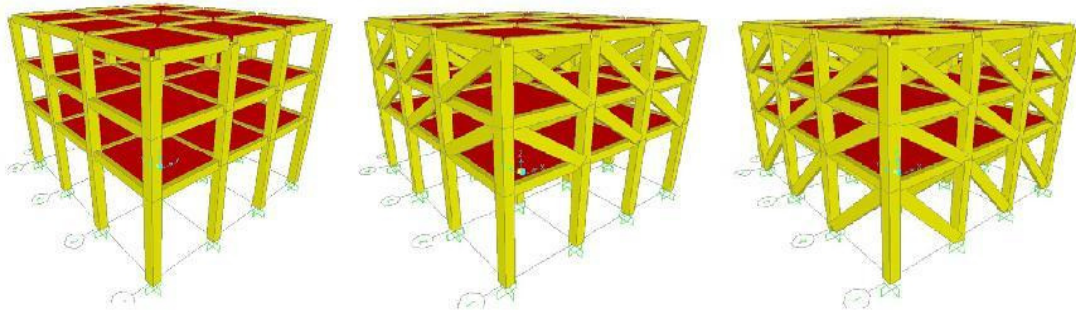
ve doğrusal elastik olmayan yöntemler olarak iki ana gruba ayrılmıştır. Kuvvet esaslı tasarım olarak da bilinen doğrusal elastik yöntemlerde, taşıyıcı sistem elemanlarında oluşacak iç kuvvetlerin, eleman kapasitesi ile ilişkilendirilerek eleman hasar durumu belirlenir. Binadaki tüm kolon ve kirişler için yapılan hasar tespitinden sonra, binanın deprem performansı belirlenir. Şekil değiştirme veya deformasyon esaslı olan doğrusal elastik olmayan yöntemlerde ise, artımsal itme analizi sonucu elemanlarda meydana gelen şekil değiştirmeler ile eleman hasar durumu belirlenir. Aynı şekilde eleman hasarlarının tespit edilmesinden sonra, binanın performans düzeyi belirlenir. Bu çalışmada, ele alınan binaların deprem performanslarının belirlenmesinde, doğrusal elastik yöntemlerden “Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi” ve doğrusal elastik olmayan yöntemlerden “Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi” kullanılmıştır.

## 3. ELE ALINAN YAPILARIN ÖZELLİKLERİ

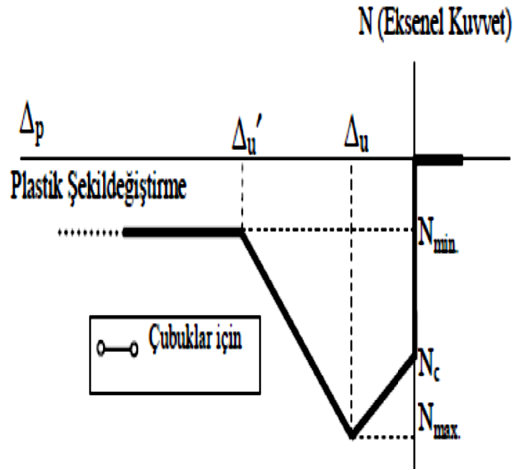
Performans değerlendirmelerini yapmak üzere, yumuşak kat düzensizliği için ilk katı yükseltilmiş üç katlı betonarme bina incelenmiştir. Bina her iki doğrultuda simetriktir. Binanın ilk katı 5 metre, iki ve üçüncü katları 3 metre yüksekliktedir. X doğrultusunda açıklık uzunluğu 4 metre, y doğrultusunda açıklık uzunluğu 4.50 metredir. Kolon boyutları 0.5x0.5 m. boyuna donatılar 8ø16, kiriş boyutları 0.25x0.5 m. boyuna donatılar 5ø14 (üst) 3ø14 (alt) olarak belirlenmiştir. Döşeme kalınlığı 0.15 m.’dir. Beton sınıfı C20, donatı sınıfı S420’dir. Yapının bulunduğu deprem bölgesi 1 ( $A_0 = 0.40$ ), bina önem katsayısı  $I = 1$ , deprem yükü azaltma katsayısı  $R_a = 1$ , eşdeğer deprem yükü azaltma katsayısı  $\lambda = 0.85$ , yerel zemin sınıfı Z3 ( $T_A = 0.15$  sn,  $T_B = 0.60$  sn), hareketli yük katılım katsayısı  $n = 0.3$ , döşeme ölü yükü  $G = 4.5$  kN/m<sup>2</sup>, döşeme hareketli yükü birinci ve

ikinci katta  $Q = 2.5 \text{ kN/m}^2$  çatı katında  $Q = 2 \text{ kN/m}^2$ , duvar yükü birinci katta  $1350 \text{ kg/m}$  iki ve üçüncü katta  $750 \text{ kg/m}$  olarak alınmıştır. İncelenen binalar, dolgu duvarsız, iki ve üçüncü katları dolgu duvarlı ve tüm yapı dolgu duvarlı olmak üzere üç çeşittir (Şekil 1). Bu yapılar ayrı ayrı olarak, öncelikle doğrusal elastik yöntemlerden eşdeğer deprem yükü yöntemi ile analizi yapılarak performans değerleri bulunmuş, daha sonra doğrusal elastik olmayan yöntemlerden artımsal eşdeğer deprem yükü ile itme analizi sonucunda performans değerlerine ulaşılmıştır. Ardından bulunan performans değerleri karşılaştırılarak yorumlanmıştır. Hesaplarda plastik şekil değiştirmelerin plastik kesit adı verilen belirli bölgelerde toplandığı bunun dışındaki bölgelerde malzeme davranışının lineer-elastik olduğu kabul edilmiştir. Plastikleşmenin kirişlerde basit eğilme ile kolonlarda ise iki eksenli eğilme momenti ve normal kuvvetin etkileşimi ile meydana geldiği kabul edilmiştir. Kolon ve kirişlerin çatlamış kesit rijitlikleri için DBYBHY-2007’de önerilen değerler kullanılmıştır. Dolgu duvarlar, eşdeğer diyagonal basınç çubuğu olarak modellenmiştir. Dolgu duvar özellikleri, yapımında kullanılan malzemelerin mekanik ve geometrik özelliklerine bağlı olarak

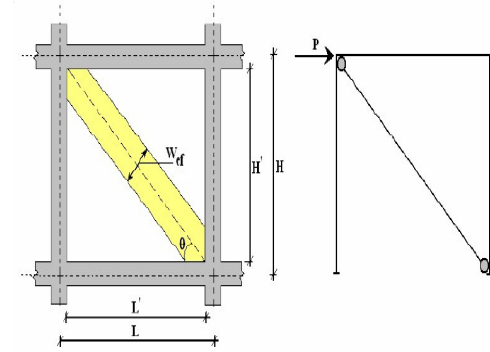
belirlenmiştir. Dolgu duvar “Mainstone Modeli 1971” deki formüllere göre modellenmiştir. Betonarme olmayan tuğla duvarın çatlama öncesi, düzlemindeki elastik rijitliği, eşdeğer sanal çapraz çubuğunun genişliği, FEMA 306’da önerilen ve Mainstone (1971) ile Mainstone ve Weeks (1970)’in çalışmalarından elde edilen Şekil 2’ de gösterildiği gibi “w” ile tanımlanmıştır [5,6]. Bu elemanların aksel kuvvet-plastik kısılma ( $N-\Delta_p$ ) bağıntısı için (Hanoğlu, 2002)’deki yaklaşımdan yararlanılmıştır (Şekil 3) [7]. Dolgu duvarların çekme dayanımı ve çerçeve elemanları ile olan temas yüzeylerindeki sürtünme etkisi ihmal edilmiştir. Bu çalışmada binalardaki dolgu duvarlarına ait malzeme özelliklerinin (basınç dayanımları, elastisite modülleri v.b) belirlenmesinde (Ersin, 1997)’deki deneysel verilerden yararlanılmıştır [8]. İki ucu mafsallı çubuklarla idealleştirilen dolgu duvarlarına ait karakteristik değerler Tablo 1’de verilmiştir. Plastik şekil değiştirmenin başladığı basınç çatlama dayanımı  $N_c$  ile, maksimum basınç dayanımı  $N_{maks}$  ve buna karşı gelen plastik kısılma değeri  $\Delta_u$  ile, minimum basınç dayanımı  $N_{min}$  ve buna karşı gelen plastik kısılma değeri  $\Delta_u'$  ile tanımlanmıştır.



Şekil 1. Sırasıyla dolgu duvarsız, iki ve üçüncü katları dolgu duvarlı ve tüm katları dolgu duvarlı yapı



Şekil 2. Dolgu duvarını temsil eden çubuk elemanların  $(N - \Delta_p)$  bağıntısı



Şekil 3. Deprem yönüne göre dolgu duvarların idealleştirilmesi ve iki ucu mafsallı çubukların modellenmesi

Tablo 1. Dolgu duvarını modellemede kullanılan parametreler

Modelleme Parametreleri	Sembol	Birim	Değerler	
Dolgu Duvar Malzeme Cinsi			Boşluklu Tuğla	
Dolgu Duvar Kalınlığı	$t_{inf}$	cm	20	
Dolgu Duvarın Elastisite Modülü	$E_{inf}$	$kg/cm^2$	60000	
İki Ucu Mafsallı Fiktif Çubuğun	Uzama Rijitliği	$E_{feq}$	t	186480
	Basınç Çatlama Dayanımı	$N_c$	t	37.296
	Max. Basınç Dayanımı	$N_{maks}$	t	48.485
	Min. Basınç Dayanımı	$N_{min}$	t	7.459
	$N_{maks}$ İçin Plastik Kısılma Değeri	$\Delta_u$	cm	0.336
	$N_{min}$ İçin Plastik Kısılma Değeri	$\Delta_u'$	cm	1.296

#### 4. ANALİZ SONUÇLARI

Literatürde performans analizi ile ilgili çeşitli çalışmalar mevcuttur[9-15]. Ele alınan yapılar, doğrusal ve doğrusal olmayan analiz yöntemlerine göre analiz edilmiş ve sonuçlar aşağıdaki tablo ve grafikte verilmiştir.

#### 4.1. Doğrusal Değerlendirme Yöntemlerinin Sonuçları

Doğrusal değerlendirme yöntemleri ile elde edilen performans düzeyleri tablolarda verilmiştir.

**Tablo 2.** Eşdeğer deprem yükü analizi ile performans düzeylerinin yapı türüne, katlara ve yapı elemanlarına göre % dağılımı

Katlar	Yapı Türü	Performans Düzeyi							
		MN		GV		GÇ		GÇ*	
		Kiriş	Kolon	Kiriş	Kolon	Kiriş	Kolon	Kiriş	Kolon
1	Dolgu Duvarsız Yapı	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00
	Tüm Katları Dolgu Duvarlı Yapı	100.00	0.00	0.00	25.00	0.00	37.50	0.00	37.50
	İki ve Üçüncü Katları Dolgu Duvarlı Yapı	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2	Dolgu Duvarsız Yapı	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	12.50	0.00	87.50
	Tüm Katları Dolgu Duvarlı Yapı	100.00	6.25	0.00	62.50	0.00	12.50	0.00	18.75
	İki ve Üçüncü Katları Dolgu Duvarlı Yapı	100.00	0.00	0.00	31.25	0.00	18.75	0.00	50.00
3	Dolgu Duvarsız Yapı	100.00	0.00	0.00	75.00	0.00	0.00	0.00	25.00
	Tüm Katları Dolgu Duvarlı Yapı	100.00	81.25	0.00	6.25	0.00	6.25	0.00	6.25
	İki ve Üçüncü Katları Dolgu Duvarlı Yapı	100.00	62.50	0.00	25.00	0.00	6.25	0.00	6.25
TOPLAM	Dolgu Duvarsız Yapı	33.33	0.00	33.33	25.00	33.33	4.17	0.00	70.83
	Tüm Katları Dolgu Duvarlı Yapı	100.00	29.17	0.00	31.25	0.00	18.75	0.00	20.83
	İki ve Üçüncü Katları Dolgu Duvarlı Yapı	66.67	20.83	33.33	18.75	0.00	8.33	0.00	52.08

#### 4.2 Doğrusal Olmayan Değerlendirme Yöntemlerinin Sonuçları

**Tablo 3.** İtme analizinde X yönünde performans düzeylerinin yapı türüne, katlara ve yapı elemanlarına göre % dağılımı

Katlar	Yapı Türü	Performans Düzeyi							
		MN		GV		GÇ		GÇ*	
		Kiriş	Kolon	Kiriş	Kolon	Kiriş	Kolon	Kiriş	Kolon
1	Dolgu Duvarsız Yapı	50.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Tüm Katları Dolgu Duvarlı Yapı	50.00	75.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	İki ve Üçüncü Katları Dolgu Duvarlı Yapı	50.00	62.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	Dolgu Duvarsız Yapı	50.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Tüm Katları Dolgu Duvarlı Yapı	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	İki ve Üçüncü Katları Dolgu Duvarlı Yapı	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	Dolgu Duvarsız Yapı	16.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Tüm Katları Dolgu Duvarlı Yapı	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	İki ve Üçüncü Katları Dolgu Duvarlı Yapı	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOPLAM	Dolgu Duvarsız Yapı	38.89	16.67	0.00	33.33	0.00	0.00	0.00	0.00
	Tüm Katları Dolgu Duvarlı Yapı	16.67	25.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	İki ve Üçüncü Katları Dolgu Duvarlı Yapı	16.67	20.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

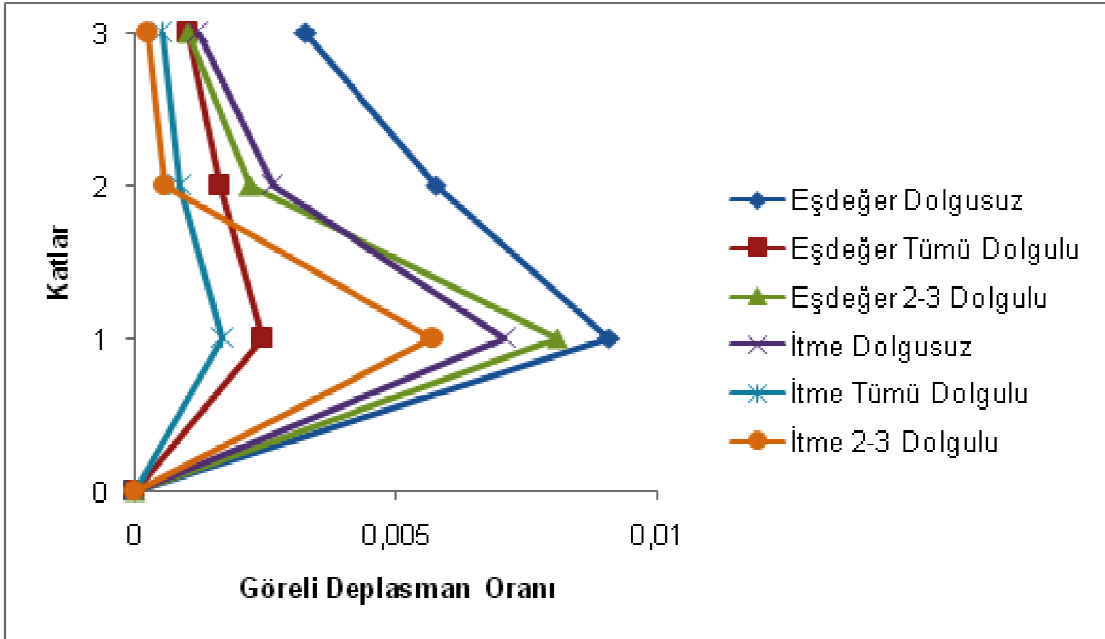
**Tablo 4.** İtme analizinde Y yönünde performans düzeylerinin yapı türüne, katlara ve yapı elemanlarına göre % dağılımı

Katlar	Yapı Türü	Performans Düzeyi							
		MN		GV		GÇ		GÇ*	
		Kiriş	Kolon	Kiriş	Kolon	Kiriş	Kolon	Kiriş	Kolon
1	Dolgu Duvarsız Yapı	50.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Tüm Katları Dolgu Duvarlı Yapı	50.00	62.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	İki ve Üçüncü Katları Dolgu Duvarlı Yapı	50.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	Dolgu Duvarsız Yapı	50.00	75.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Tüm Katları Dolgu Duvarlı Yapı	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	İki ve Üçüncü Katları Dolgu Duvarlı Yapı	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	Dolgu Duvarsız Yapı	33.33	12.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Tüm Katları Dolgu Duvarlı Yapı	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	İki ve Üçüncü Katları Dolgu Duvarlı Yapı	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOPLAM	Dolgu Duvarsız Yapı	44.44	29.17	0.00	33.33	0.00	0.00	0.00	0.00
	Tüm Katları Dolgu Duvarlı Yapı	16.67	20.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	İki ve Üçüncü Katları Dolgu Duvarlı Yapı	16.67	33.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

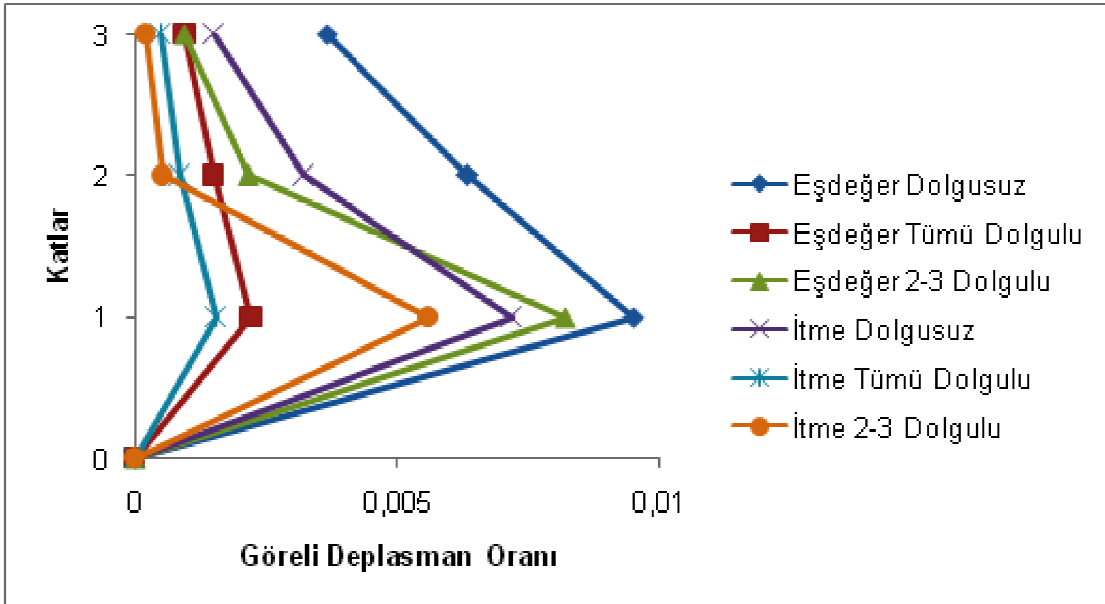
### 4.3 Karşılaştırılan Yöntemlerin Değerlendirilmesi ve Elde Edilen Bulgular

Eşdeğer deprem yükü analizi sonucunda elde edilen performans sonuçları ile artımsal

eşdeğer deprem yükü ile itme analizi sonucunda elde edilen performans sonuçlarına göre aşağıdaki grafiklerde bu iki yöntem sonucunda her üç yapı için de elde edilen görelî deplasmanlar karşılaştırılmıştır.



Şekil 4. X yönünde görelî deplasman grafiği



Şekil 5. Y yönünde görelî deplasman grafiği

Dolgu duvarlı yapının dolgu duvarsız yapıya göre deplasmanlarında azalma olduğu görülmektedir. Yöntemlerin kendi içlerindeki karşılaştırmalardan da görüleceği üzere, en büyük deplasman eşdeğer deprem yükü analizi ile dolgu duvarsız yapıda oluşurken, en düşük deplasman itme analizi ile tümü dolgu duvarlı yapıda oluşmaktadır.

## 5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, ülkemizde de oldukça sık karşılaşılan, zemin katları mağaza, restoran, galeri, banka vb. gibi alanlardan oluşan, yumuşak kat düzensizliği bulunan binaların deprem etkisindeki gerçek davranışında dolgu duvar etkisinin önemli olduğu belirlenmiştir. Dolgu duvarlar yapı rijitliğini arttırdığı için yapı periyodu ve yanıl yer değiştirmeler de rijitliğe bağlı olarak azalmaktadır. Yapı rijitliğindeki bu artış sebebiyle, yapının taşıma kapasitesi de büyük ölçüde artmaktadır. Dolgu duvarların da deprem kuvveti taşımasından dolayı kolon ve kirişlerin kesit tesirleri de oldukça azalmaktadır. Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre bina performansında, dolgu duvarsız yapıda kolonların büyük bölümü göçme sınırını aşarken, kirişler göçme sınırında kalmıştır. Aynı yapı, tüm katları dolgu duvarlı olarak ele alındığında, kolonların çoğu göçme sınırında kalırken, kirişlerin hepsi minimum hasar sınırındadır. İki ve üçüncü katları dolgu duvarlı yapıda, kolonların çoğu göçme sınırını aşarken, kirişler güvenlik sınırının içerisinde kalmıştır. Artımsal eşdeğer deprem yükü ile itme yöntemine göre, dolgu duvarsız yapıda, kolonlar güvenlik sınırının içindeyken, kirişler minimum hasar sınırındadır. Tüm katları dolgu duvarlı yapıda, kolon ve kirişler minimum hasar sınırındadır. Aynı yapı, iki ve üçüncü katları dolgu duvarlı olarak ele alındığında ise yine kolon ve kirişler minimum hasar sınırında kalmıştır. Ayrıca yine bu çalışma kapsamında artımsal eşdeğer deprem yükü ile itme analizi sonuçları ile eşdeğer deprem yükü analizi sonuçları

arasındaki ciddi farklar olması, itme analizi sonuçlarının daha tutucu kaldığını göstermiştir. Bu çalışma, simetrik olmayan az, orta ve çok katlı yapılarda uygulanarak aradaki ilişki değerlendirilebilir.

## Kaynaklar

- [1] Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik”, (2007).
- [2] TS500, “Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları”, Türk standartları enstitüsü Ankara, (2000).
- [3] TS498, “Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri”, Türk standartları enstitüsü Ankara, (2000).
- [4] SAP2000. Integrated finite element analysis and design of structures basic analysis reference manual, Computers and Structures Inc. Berkeley (CA, USA).
- [5] Deprem Sempozyumu, “Mainstone Dolgu Duvar Modeli”, Kocaeli, (2005).
- [6] FEMA 306, Evaluation of Earthquake Damaged Concrete And Masonry Wall Buildings., Federal Emergency Management Agency (FEMA). Washington, D.C., (1998).
- [7] Hanoğlu, K. B., “Fiber Reinforced Plastic Overlay Retrofit of Hollow Clay Tile Masonry Infilled Reinforced Concrete Frames”, Ph.D. Thesis, Boğaziçi University, İstanbul, (2002).
- [8] Ersin, U.D., “Küçük Titreşim Ölçümleri ve Dolgu Duvarlarının Mekanik Modele Yansıtılması”, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, (1997).
- [9] Celep Z., “Betonarme Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve Çözümleme”, (2008).
- [10] İnel M., Özmen H. B. ve Hıra M. A., “Yumuşak Kat Düzensizliğinin Betonarme Yapıların Sismik Davranışına Etkilerinin Değerlendirilmesi”, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi 7. Ulusal Deprem Mühendisliği, İstanbul, (2011).
- [11] Saylan Ş. ve Sucar İ., “Betonarme Yapılarda, Yatay Yükler Etkisi Altında Dolgu Duvarların Taşıyıcı Sistem Davranışına Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, (2008).



[12] Sezer, F., Gençođlu, M. and Celep Z., “A Comparative Study of Seismic Safety Evaluation of Concrete Buildings According to Turkish Seismic Code (2007)”, Sixth National Conference on Earthquake Engineering, 16-20 October, (2007).

[13] Uygun, G. and Celep, Z., “A Comparative Study of Seismic Safety Evaluation of a Concrete Building According to The Linear and The Non-linear Methods of Turkish Seismic Code”, Sixth National Conference on Earthquake Engineering, 16-20 October, (2007).

[14] İrtem, E., Türker, K., Hasgöl, U., “Türk Deprem Yönetmeliđine Göre Tasarlanmış Betonarme Binaların Performansının Değerlendirilmesi”, Altıncı Uluslararası İnsaat Mühendisliğinde Gelişmeler Kongresi, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul, (6-8 Ekim 2004).

[15] Inel, M. and Ozmen, H.B, “Effect of plastic hinge properties in non-linear analysis of reinforced concrete buildings”, Engineering Structures, 28(11): 1494–502, (2006).

**Geliş Tarihi: 17/06/2011**

**Kabul Tarihi:18/01/2012**