

**T.C.  
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
YAPI BİLİM DALI**

**BETONARME YAPILARIN DEPREM PERFORMANSLARINA  
TUĞLA DOLGU DUVARLARIN ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

**Mehmet Mete CENGİZ**

**Danışman  
Doç. Dr. Ali DEMİR**



**MANİSA-2018**

**T.C.  
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
YAPI BİLİM DALI**

**BETONARME YAPILARIN DEPREM PERFORMANSLARINA  
TUĞLA DOLGU DUVARLARIN ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

**Mehmet Mete CENGİZ**

**Danışman  
Doç. Dr. Ali DEMİR**



**MANİSA-2018**

## TEZ ONAYI

Mehmet Mete CENGİZ tarafından hazırlanan "Betonarme Yapıların Deprem Performanslarına Tuğla Dolgu Duvarların Etkisinin İncelenmesi" adlı tez çalışması 08/10/2018 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri önünde Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman

Doç. Dr. Ali DEMİR  
Manisa Celal Bayar Üniversitesi

Jüri Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi Abdulkerim ERGÜT  
Manisa Celal Bayar Üniversitesi

Jüri Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi Soner ŞEKER  
Uşak Üniversitesi

## **TAAHHÜTNAME**

Bu tezin Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda, akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

**Mehmet Mete CENGİZ**



## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER .....	I
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	III
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	V
TABLolar DİZİNİ .....	VI
TEŞEKKÜR.....	VIII
ÖZET.....	IX
ABSTRACT.....	XI
1. GİRİŞ .....	1
1.1. Genel Bilgi .....	1
1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı .....	2
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	3
3. MATERYAL VE YÖNTEMLER.....	7
3.1. Yöntemler.....	7
3.1.1. Yapıların Performans Analizine İlişkin Hususlar.....	7
3.1.2. Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemiyle İtme Analizi.....	8
3.1.3. Plastik Mafsalların Tanımlanması .....	9
3.1.4. Yapıların Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri.....	9
3.1.4.1. Kesit Hasar Sınırları .....	9
3.1.4.2. Kesit Hasar Bölgeleri.....	10
3.1.4.3. Kesit ve Eleman Hasarlarının Belirlenmesi.....	10
3.1.5. Yapıların Performans Seviyesinin Belirlenmesi .....	10
3.1.5.1. Hemen Kullanım Performans Seviyesi.....	11
3.1.5.2. Can Güvenliği Performans Seviyesi.....	11
3.1.5.3. Göçme Öncesi Performans Seviyesi.....	11
3.1.5.4. Göçme Durumu .....	12
3.1.6. Dolgu Duvarların Modellenmesi .....	13
3.1.6.1. Eşdeğer Diyagonal Basınç Çubuğı Modeli.....	13
3.2. Materyal.....	18
3.2.1. Yapı Modelleri .....	18
3.2.2. Yapı Düzensizliklerinin Kontrolü .....	29
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA .....	33
4.1. Yapıların Kapasite Eğrilerinin Kıyaslanması.....	33

4.2. Yapıların Performans Seviyelerinin Belirlenmesi.....	38
4.3. Yapıların Birinci Doğal Titreşim Periyotları.....	47
4.4. Yapıların Rijitlik Katsayıları .....	48
4.5. Yapıların Süneklik Katsayıları .....	49
4.6. Yapıların Enerji Tüketme Kapasiteleri.....	50
5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....	51
KAYNAKLAR .....	54
ÖZGEÇMİŞ .....	58



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

- A<sub>c</sub>** : Kolon veya Perdenin Brüt Kesit Alanı
- BH** : Belirgin Hasar Bölgesi
- d** : Dolgu Duvarın Diyagonal Uzunluğu
- d<sub>i ort</sub>** : Yapının i'ninci Katında Deprem Doğrultusundaki Ortalama Deplasman
- E** : Enerji Tüketme Kapasitesi
- E<sub>m</sub>** : Elastisite Modülü (Dolgu Duvar)
- E<sub>s</sub>** : Elastisite Modülü (Çerçeve)
- (E<sub>D</sub>)<sub>e</sub>** : Çatlamış Kesite ait Etkin Eğilme Rijitliği
- (E<sub>D</sub>)<sub>o</sub>** : Çatlamamış Kesite ait Eğilme Rijitliği
- f<sub>cm</sub>** : Betonun Karakteristik Basınç Dayanımı
- f<sub>m</sub>** : Dolgu Duvarın Basınç Dayanımı
- GB** : Göçme Bölgesi
- GÇ** : Göçme Sınırı
- GV** : Güvenlik Sınırı
- H** : Kirişlerin Orta Eksenleri Arasında Kalan Kolon Yüksekliği
- H'** : Duvar Yüksekliği
- h<sub>i</sub>** : Yapının i'ninci Katının Yüksekliği
- I** : Bina Önem Katsayısı
- I<sub>c</sub>** : Kolonların Atalet Momenti
- İH** : İleri Hasar Bölgesi
- k** : Rijitlik Katsayısı
- kJ** : Kilojoule
- L'** : Net Açıklık Mesafesi
- LNTS** : Polipropilen Lif Katkılı Sıva ile Sıvanmış Tuğla Dolgu Duvar Örneği
- MH** : Minimum Hasar Bölgesi
- MN** : Minimum Hasar Sınırı
- Na** : Deprem Hesabında Esas Alınan Toplam Kütlelerle Uyumlu Düşey Yükler  
Altında Kolon veya Perdede Oluşan Eksenel Kuvvet
- NTS** : Geleneksel Sıva ile Sıvanmış Tuğla Dolgu Duvar Örneği
- R** : Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
- R'** : Dolgu Duvar Yük Taşıma Kapasitesi

- S<sub>a</sub>** : Spektral İvme
- S<sub>d</sub>** : Spektral Deplasman
- t** : Dolgu Duvar Kalınlığı
- w** : Eşdeğer Basınç Çubuğunun Genişliği
- μ** : Süneklik Katsayısı
- η<sub>bi</sub>** : Burulma Düzensizliği Katsayısı
- η<sub>ci</sub>** : Dayanım Düzensizliği Katsayısı
- η<sub>ki</sub>** : Rijitlik Düzensizliği Katsayısı
- θ** : Eşdeğer Basınç Çubuğunun Yatayla Yaptığı Açı
- Δ<sub>i ort</sub>** : Yapının i'ninci Katındaki Ortalama Görelİ Kat Ötelemesi
- ΣA<sub>w</sub>** : Yapının Herhangi Bir Katındaki Kolonların Enkesit Alanları Toplamı
- ΣA<sub>g</sub>** : Yapının Herhangi Bir Katında Deprem Doğrultusuna Paralel Doğrultudaki Perdelerin Enkesit Alanları Toplamı
- ΣA<sub>k</sub>** : Yapının Herhangi Bir Katında Deprem Doğrultusuna Paralel Doğrultudaki Dolgu Duvarların Enkesit Alanları Toplamı
- ΣA<sub>e</sub>** : Yapının Herhangi Bir Katındaki Etkili Kesme Alanı



## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 3.1. Yapı Elemanlarında Hasar Bölgeleri .....	10
Şekil 3.2. Dolgu Duvarı Temsil Eden Eşdeğer Diyagonal Basınç Çubuğu .....	13
Şekil 3.3. Eşdeğer Diyagonal Basınç Çubuğu Kuvvet-Şekil Değiştirme İlişkisi .....	17
Şekil 3.4. Kolonların Kesiti ve Donatı Yerleşimi .....	18
Şekil 3.5. Yapı Modellerine Ait Kalıp Planı .....	19
Şekil 3.6. Model A-3 Yapı Sisteminin Perspektifi.....	21
Şekil 3.7. Model B-3 Yapı Sisteminin Perspektifi.....	21
Şekil 3.8. Model C-3 Yapı Sisteminin Perspektifi.....	22
Şekil 3.9. Model D-3 Yapı Sisteminin Perspektifi.....	22
Şekil 3.10. Model E-3 Yapı Sisteminin Perspektifi .....	23
Şekil 3.11. Model A-5 Yapı Sisteminin Perspektifi.....	23
Şekil 3.12. Model B-5 Yapı Sisteminin Perspektifi.....	24
Şekil 3.13. Model C-5 Yapı Sisteminin Perspektifi.....	24
Şekil 3.14. Model D-5 Yapı Sisteminin Perspektifi.....	25
Şekil 3.15. Model E-5 Yapı Sisteminin Perspektifi .....	25
Şekil 3.16. Model A-7 Yapı Sisteminin Perspektifi.....	26
Şekil 3.17. Model B-7 Yapı Sisteminin Perspektifi.....	26
Şekil 3.18. Model C-7 Yapı Sisteminin Perspektifi.....	27
Şekil 3.19. Model D-7 Yapı Sisteminin Perspektifi.....	27
Şekil 3.20. Model E-7 Yapı Sisteminin Perspektifi .....	28
Şekil 4.1. 3 Katlı Yapı Modellerinin Kapasite Eğrilerinin Karşılaştırılması .....	34
Şekil 4.2. 5 Katlı Yapı Modellerinin Kapasite Eğrilerinin Karşılaştırılması .....	35
Şekil 4.3. 7 Katlı Yapı Modellerinin Kapasite Eğrilerinin Karşılaştırılması .....	36

## TABLolar DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Tablo 3.1. Dolgu Duvarların Elastisite Modülü ve Basınç Dayanımı .....	15
Tablo 3.2. Eşdeğer Diyagonal Basınç Çubuklarının Boyutları.....	16
Tablo 3.3. Deneylerden Elde Edilen $R'$ , $\Delta_y$ ve $\Delta_u$ Değerleri.....	17
Tablo 3.4. Model D ve Model E Tipi Yapıların Zayıf Kat Düzensizliği Kontrolü .....	29
Tablo 3.5. Model D-3'ün Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü.....	30
Tablo 3.6. Model E-3'ün Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü .....	30
Tablo 3.7. Model D-5'in Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü.....	31
Tablo 3.8. Model E-5'in Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü .....	31
Tablo 3.9. Model D-7'nin Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü.....	32
Tablo 3.10. Model E-7'nin Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü .....	32
Tablo 4.1. 3 Katlı Yapıların Performans Noktalarının Spektral İvme ve Deplasman Değerleri.....	37
Tablo 4.2. 5 Katlı Yapıların Performans Noktalarının Spektral İvme ve Deplasman Değerleri.....	37
Tablo 4.3. 7 Katlı Yapıların Performans Noktalarının Spektral İvme ve Deplasman Değerleri.....	38
Tablo 4.4. 3 Katlı Yapıların Zemin Katındaki Elemanların Buldukları Hasar Bölgeleri.....	39
Tablo 4.5. 5 Katlı Yapıların Zemin Katındaki Elemanların Buldukları Hasar Bölgeleri.....	40
Tablo 4.6. 7 Katlı Yapıların Zemin Katındaki Elemanların Buldukları Hasar Bölgeleri.....	41
Tablo 4.7. 3 Katlı Yapıların Tüm Katlarındaki Elemanların Buldukları Hasar Bölgeleri.....	42
Tablo 4.8. 5 Katlı Yapıların Tüm Katlarındaki Elemanların Buldukları Hasar Bölgeleri.....	43
Tablo 4.9. 7 Katlı Yapıların Tüm Katlarındaki Elemanların Buldukları Hasar Bölgeleri.....	44
Tablo 4.10. 3 Katlı Yapıların Performans Seviyeleri.....	45

Tablo 4.11. 5 Katlı Yapıların Performans Seviyeleri.....	45
Tablo 4.12. 7 Katlı Yapıların Performans Seviyeleri.....	46
Tablo 4.13. Yapıların Birinci Doğal Titreşim Periyotları .....	47
Tablo 4.14. Yapıların Rijitlik Katsayıları .....	48
Tablo 4.15. Yapıların Süneklik Katsayıları .....	49
Tablo 4.16. Yapıların Enerji Tüketme Kapasiteleri .....	50



## TEŞEKKÜR

Çalıőmamın her aőamasında bana destek olan, bilgi ve deneyimleri ile yol gösteren danışman hocam Sayın Doç. Dr. Ali DEMİR'e, öğrenim hayatım boyunca beni her zaman destekleyen ve hep yanımda olan aileme yürekten teşekkür ederim.

Mehmet Mete CENGİZ  
Manisa, 2018



## ÖZET

### Yüksek Lisans Tezi

### Betonarme Yapıların Deprem Performanslarına Tuğla Dolgu Duvarların Etkisinin İncelenmesi

Mehmet Mete CENGİZ

Manisa Celal Bayar Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Ali DEMİR

Betonarme yapılarda dolgu duvarların, yapının deprem performansı, periyodu, rijitliği, sünekliği, enerji tüketme kapasitesi üzerinde önemli etkileri olduğu yapılan bilimsel çalışmalar sonucunda kanıtlanmıştır. Fakat proje mühendisleri, bilgisayar programlarıyla yaptıkları bina tasarımlarında, dolgu duvar etkisini sadece yapı ağırlığına ek olarak göz önüne alabilmektedir. Yapıların performans analizinde daha doğru sonuçlar elde edebilmek için dolgu duvarların analiz modeline eklenmesi gerekmektedir. Bu amaçla yapılan çalışmada 3, 5 ve 7 katlı betonarme yapı örnekleri kullanılmıştır. Yapılar tuğla dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız olarak analiz edilmiştir. Ayrıca tuğla dolgu duvarların sıvalarına polipropilen lif katkısı yapılmasının yapıya olan etkisi incelenmiştir. Bunun yanında yumuşak kat düzensizliğine sahip olan yapılarda dolgu duvarların yapının davranışını nasıl değiştireceği araştırılmıştır. Çalışmada dolgu duvarlar eşdeğer basınç çubuklarına dönüştürülerek analiz modeline dâhil edilmiş ve böylece yapı davranışının daha doğru bir şekilde ifade edilmesi sağlanmıştır.

Yüksek lisans tezi olarak hazırlanan bu çalışmanın birinci bölümü giriş bölümü olup, bu bölümde dolgu duvarların yapıya olan etkisi, davranışı, nasıl modellenebileceği hakkında genel bilgi verilmiş ve kullanılan yapı modelleri genel olarak tanıtılmıştır. İkinci bölümde konuyla ilgili literatürde bulunan bazı çalışmalara değinilmiştir. Üçüncü bölümde yapıların performans analizi için kullanılan artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi, yapı elemanlarının doğrusal olmayan davranışının idealleştirilmesi, elemanların buldukları hasar bölgelerinin tespiti ve buna göre yapının performans seviyesinin belirlenmesi anlatılmıştır. Dolgu duvarların modellenmesinde kullanılan eşdeğer basınç çubuğu yöntemine değinilmiş, dolgu duvarların özelliklerinden bahsedilmiştir. Çalışmada kullanılan yapı modelleri ayrıntılı olarak anlatılmış, yapıların düzensizlik kontrolleri yapılmıştır. Dördüncü bölümde yapıların performans analizi sonuçları karşılaştırılmış ve performans seviyeleri belirlenmiştir. Beşinci bölüm olan sonuç ve öneriler kısmında ise dolgu duvarların çeşitli yapı parametrelerine ve yapı performansına etkisine yönelik bazı çıkarımlarda bulunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** *Tuğla dolgu duvar, Liğli sıva, Eğdeğer basınç çubuğu, Performans analizi, Yumuşak kat düzensizliği, Betonarme yapı*

**2018, 73 sayfa**



## **ABSTRACT**

**M.Sc. Thesis**

### **Effect of Brick Infill Walls on Seismic Performance of Reinforced Concrete Structures**

**Mehmet Mete CENGİZ**

**Manisa Celal Bayar University  
Graduate School of Applied and Natural Sciences  
Department of Civil Engineering**

**Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ali DEMİR**

Brick infill walls have important effects on seismic performance, period, rigidity, ductility, energy dissipation capacity of the reinforced concrete structures. But, wall loads are considered as only dead loads by project engineers in our country. In order to obtain more accurate results about structural behavior, infill walls should be added to the analysis model in the performance analysis of structures. For this purpose, reinforced concrete structures having 3, 5 and 7 stories are investigated in the study. The structures are modeled and analyzed with brick infill walls and without brick infill walls. Besides, effects on seismic behaviors of brick infill walls having polypropylene fibrous stucco are investigated. In addition, seismic behaviors of structures having soft storey irregularity are researched. In the study, the infill walls are converted into equivalent diagonal strut and considered in the analysis model and so seismic behaviors of the structures are obtained more accurately.

The first part of the study is the introduction section, in this section, general information about modeling, behavior and the effect of the infill walls on the structure are given and the structural models used are introduced. In the second part, some studies in the literature are presented. In the third chapter, the incremental equivalent seismic load method used for performance analysis of structures, idealization of nonlinear behavior of structural elements and damage assessment are presented and performance levels of the structures are determined. The equivalent diagonal strut method used for modeling of infill walls is mentioned and properties of infill walls are introduced. The structural models used in the study are explained in detail and structural irregularities are checked. In the fourth section, the performance analysis results of the structures are compared and performance levels are determined. In the fifth chapter, which is the section on conclusions and suggestions, some inferences are made about the effect of the infill walls on the various structure parameters and structure performances.

**Keywords:** *Brick infill wall, Fibrous stucco, Equivalent diagonal strut, Performance analysis, Soft storey irregularity, Reinforced concrete structure*

**2018, 73 pages**

# 1. GİRİŞ

## 1.1. Genel Bilgi

Halihazırda yürürlükte olan DBYBHY2007 (Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik), yapısal analizlerde dolgu duvar etkisini sadece ağırlık olarak dikkate almaktadır. Oysaki yapılan bilimsel çalışmalar neticesinde dolgu duvarların yapıların deprem performansına, periyoduna, rijitliğine, sünekliğine, enerji tüketme kapasitesine çok önemli etkileri olduğu bilinmektedir. Dolayısıyla yeni ve mevcut betonarme yapıların analiz sonuçları tam olarak gerçeği yansıtmamaktadır.

Dolgu duvarlar genel olarak kiriş, kolon, perde gibi betonarme yapı elemanlarının sahip olduğu sünekliğe sahip olmayan, gevrek elemanlardır. Bu yüzden dolgu duvarların hasar görme ve göçme davranışı, betonarme yapı elemanlarının gösterdiği davranışlardan çok farklı şekilde gerçekleşmektedir. Dolgu duvarların hesaba katıldığı analizlerde bu davranış şeklini doğru bir şekilde modellemek önemlidir. Bunun için dolgu duvarlarla ilgili yapılmış deneysel çalışmalardan elde edilen verilerden yararlanılabilir.

Dolgu duvarlar betonarme çerçevenin yaptığı işin bir kısmını üstlenerek çerçevenin yükünü hafifletirken, bir yandan da deprem sırasında kolon uçlarına ciddi oranda kesme kuvveti uygulayarak çerçeve hasarına sebep olmaktadır. Ayrıca dolgu duvarlar gevrek elemanlar olup, deprem esnasında bir noktaya kadar yük taşıyıp bir noktadan sonra bir anda göçtüğü için, taşıdığı yükün ani şekilde betonarme çerçeveye aktarılmasına neden olmaktadır. Bu durumda da betonarme çerçeve üzerinde problemler meydana gelmektedir.

Yapısal taşıyıcı sistem içerisinde dolgu duvarlar modellenirken Mainstone (1974) [1] çalışmasında yer alan yöntemden faydalanılabilir. Buna göre deprem esnasında kata gelen yatay yük, dolgu duvarlı çerçeve üzerinde çapraz bir basınç kuşağı oluşturmaktadır. Deprem kuvvetinin yönüne göre oluşacak olan bu basınç kuşağı eşdeğer diyagonal basınç çubuğu şeklinde modellenebilir. Yine Mainstone (1974) [1] çalışmasında önerilen denklemler kullanılarak basınç çubuğunun genişliği hesaplanabilir.



## 1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmada tuğla dolgu duvarların betonarme yapıların deprem performansına etkisi araştırılmıştır. Dolgu duvarlar eşdeğer diyagonal basınç çubuğu yöntemiyle modellenmiş ve bu sayede dolgu duvarların yapı performansına etkisi gerçekçi bir biçimde belirlenerek, yapı davranışının daha doğru bir şekilde elde edilmesi sağlanmıştır. Ayrıca dolgu duvar sıvalarına yapılan polipropilen lif katkısıyla dolgu duvar davranışının ve dolayısıyla betonarme yapıların davranışının iyileştirilmesi amaçlanmıştır.

Çalışma içerisinde aynı kat planlarına ve kat yüksekliklerine sahip 3, 5 ve 7 katlı olarak tasarlanmış tuğla dolgu duvarlı betonarme bina tipi yapılar kullanılmıştır. Öncelikle birinci yapı modeli olarak, dolgu duvarların taşıyıcı sisteme dahil edilmediği, sadece ağırlıklarının hesaba katıldığı bir model oluşturulmuştur. Ardından sıvalı tuğla dolgu duvarların eşdeğer diyagonal basınç çubuğu şeklinde yapısal sisteme dahil edildiği ikinci bir model tesis edilmiştir. Sonrasında tuğla dolgu duvarların polipropilen lif katkılı sıva ile sıvanmış şekilde dizayn edildiği ve eşdeğer diyagonal basınç çubuğu formunda yapısal sisteme dahil edildiği üçüncü bir model belirlenmiştir. Bunların dışında ikinci ve üçüncü modelin, zemin katta dolgu duvar olmadan ve zemin kat yüksekliği diğer katlara nazaran daha fazla olmak suretiyle (yumuşak kat düzensizliği oluşturacak şekilde) yeniden dizayn edilmesi sonucunda iki model daha oluşturulmuştur. Elde edilen yapılar 3, 5 ve 7 katlı olacak şekilde düzenlenerek toplam 15 farklı model türetilmiştir. Oluşturulan yapı modellerinin doğrusal olmayan artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle performans analizleri yapılmıştır. Yapılan analizler için SAP2000 sonlu eleman programı kullanılmıştır.

Analiz sonucunda yapı modellerinin yük-deplasman (kapasite) eğrileri, performans noktaları, performans düzeyleri, periyotları, rijitlik katsayıları, süneklik katsayıları ve enerji tüketme kapasiteleri birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Sonuçlara dayalı olarak tuğla dolgu duvarların betonarme yapıların deprem performansına etkisine dair bazı çıkarımlarda bulunulmuştur.

## 2. LİTERATÜR ÖZETİ

Literatürde dolgu duvarların betonarme yapılara olan etkisinin incelendiği çeşitli çalışmalar bulunmaktadır.

Karşlıoğlu (2005), mevcut çok katlı bir betonarme yapıyı dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız olarak ele almış ve dolgu duvarları eşdeğer basınç çubuğu şeklinde modelleyip, yapı analizi için zaman tanım alanında hesap yöntemini kullanarak tuğla dolgu duvarların yapı davranışına etkisini incelemiştir.

İrtem ve ark. (2005), tasarladıkları betonarme çerçeve bir yapıyı dolgu duvarsız ve iki farklı dolgu duvar yerleşimiyle birlikte ele alarak, iki ucu mafsallı çubuk elemanlarla temsil ettikleri dolgu duvarların betonarme bina davranışına etkisini incelemiştir.

Tekin ve ark. (2005), bir betonarme çerçeve örneğini dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız olarak ele almış ve dolgu duvarları eşdeğer basınç diyagonalleri ile modelleyip, çerçeveyi doğrusal olmayan şekilde analiz ederek, dolgu duvarların çerçevenin dayanımını önemli ölçüde arttırdığını tespit etmişlerdir.

Kaltakçı ve ark. (2005), betonarme çerçeve bir sistemi dolgu duvarsız ve beş farklı dolgu duvar yerleşimiyle birlikte ele alarak, eşdeğer sanal çapraz çubuklarla temsil ettikleri dolgu duvarların yapı davranış katsayısına etkisini incelemiştir.

Korkmaz ve ark. (2006), betonarme çerçeve bir yapıyı dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız olarak ele alıp elastik ötesi şekilde analiz ederek, iki ucu mafsallı fiktif çubuklarla temsil ettikleri dolgu duvarların betonarme çerçevenin deprem davranışına etkisini incelemiştir.

Çağlayan (2006), farklı kat sayılarına sahip betonarme yapıları dolgu duvarsız ve boşluklu dolgu duvarlı şekilde analiz etmiş, sonuçları karşılaştırmıştır.

Dünder (2006), dolgu duvar modellemesinde sonlu eleman modeli ile çoklu payanda modelini karşılaştırmış ve bölme duvarların yapıların deprem davranışına etkisini incelemiştir.

Kızıloğlu (2006), ele aldığı yapıları dolgu duvarsız, sıvasız dolgu duvarlı ve sıvalı dolgu duvarlı şekilde modellemiş, dolgu duvarları iki ucu mafsallı çubuklarla tanımlayarak çerçeveleri analiz etmiştir.

Özdoğu (2006), farklı zemin kat yüksekliklerine sahip yapıları dolgu duvarsız, boşluksuz dolgu duvarlı ve boşluklu dolgu duvarlı şekillerde incelemiş, analizlerde zaman tanım alanında hesap yöntemini kullanmıştır.

Tarakcı (2006), ele aldığı bir mevcut yapıyı sade çerçeve, duvarlı çerçeve, güçlendirilmiş duvarlı çerçeve, ilave betonarme perdeli çerçeve ve güçlendirilmiş duvarlarla birlikte ilave betonarme perdeli çerçeve şeklinde beş farklı şekilde elastik ötesi olarak analiz etmiştir.

Karahan (2008), eşdeğer basınç çubukları şeklinde modellediği dolgu duvarların prefabrike betonarme sanayi yapılarının performansına etkisini incelemiştir.

Gürpınar (2011), mevcut bir yapının dolgu duvarlarının taşıyıcı sisteme etkisini incelemiş ve artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile performans değerlendirmesini yapmıştır.

Demir ve ark. (2011), dolgu duvar sıvalarının yapıların deprem davranışına etkisini incelemişlerdir. Geleneksel sıva ve polipropilen lif katkılı sıva ile sıvanmış tuğla dolgu duvar örneklerini kullanmışlardır. Örnekler üzerinde diyagonal çekme ve basınç deneylerini uygulamışlardır. Eşdeğer basınç çubuğu modelini ve deney sonuçlarını kullanarak, dolgu duvarların çerçeve yapıların deprem performansına etkisini analitik olarak incelemişlerdir.

Güder (2012), dolgu duvarların yapı rijitliğine etkisinin hesaplamalara dahil edilmesiyle yapıların yumuşak kat düzensizliği katsayısının ve deprem performansının nasıl değiştiğini incelemiştir.

Durmazgezer (2013), dolgu duvar modellemesinde sonlu eleman ağ modeli ile eşdeğer diyagonal basınç çubuğu modelini karşılaştırmış, eşdeğer diyagonal basınç çubuğu yönteminin tek çubuklu, üç çubuklu ve beş çubuklu gibi farklı versiyonlarını kullanmıştır.

Uysal (2013), ele aldığı yapıları dolgu duvarsız, tuğla dolgu duvarlı ve gazbeton dolgu duvarlı olarak modellemiş, her modeli analiz edip sonuçlarını karşılaştırarak yorumlamıştır.

Akyürek (2014), farklı kat ve açıklık sayısına sahip yapıları ele almış, bu yapılara eşdeğer basınç çubuğu şeklinde modellediği dolgu duvarları farklı şekillerde yerleştirerek, yapıları artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile analiz etmiş ve sonuçları incelemiştir.

Boztaş (2015), Burulma düzensizliğine sahip betonarme çerçeveli sistemleri dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız olarak modellemiş, eşdeğer deprem yükü ve artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemlerini kullanarak modellerin analizini yapmıştır. Dolgu duvarların yapının performans seviyesini iyileştirdiğini gözlemlemiştir.

Timurağaoğlu (2015), çalışmasında dolgu duvarsız, tuğla dolgu duvarlı ve gazbeton dolgu duvarlı betonarme çerçeveleri kullanmıştır. Dolgu duvarları sonlu elemanlar metodu ve eşdeğer basınç çubuğu yöntemiyle modellemiş, eşdeğer basınç çubuğu yönteminin farklı yaklaşımlarından tek çubuklu, iki çubuklu ve üç çubuklu versiyonlarını kullanmıştır. Oluşturduğu modelleri analiz ederek sonuçları karşılaştırmıştır.

Mert (2015), çalışmasında dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız olmak üzere farklı kat adetlerine ve burulma katsayılarına sahip çerçeve sistem modellerini artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle analiz etmiş ve sonuçları karşılaştırmıştır.

Öztürkoğlu (2016), farklı kat ve açıklık sayısına sahip düzlem çerçeveleri dolgu duvarsız, kısmi boşluklu dolgu duvarlı ve tam dolgulu olarak modellemiş, dolgu duvarlar üzerinde bulunan farklı konum ve boyutlardaki kısmi boşlukların ele aldığı betonarme çerçevelerin deprem davranışına olan etkisini araştırmıştır.



### 3. MATERYAL VE YÖNTEMLER

#### 3.1. Yöntemler

##### 3.1.1. Yapıların Performans Analizine İlişkin Hususlar

Mevcut yapıların performans analizi için DBYBHY2007'nin önerdiği doğrusal elastik veya doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri bulunmaktadır. Doğrusal elastik hesap yöntemleri, eşdeğer deprem yükü yöntemi ve mod birleştirme yöntemidir. Doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri ise artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi, artımsal mod birleştirme yöntemi ve zaman tanım alanında hesap yöntemidir.

Performans belirlemede kullanılan yöntemler teorik olarak farklı temellere dayanmaktadır. Bu yüzden farklı yöntemler kullanılarak yapılan performans değerlendirmeleri birebir aynı sonucu vermez. Ancak DBYBHY2007'de belirtildiği üzere bazı genel kurallar tüm yöntemler için geçerlidir:

Deprem etkisinin tanımında, elastik (azaltılmamış) ivme spektrumu kullanılır ve farklı deprem aşılma olasılıkları için bu spektrum üzerinde yapılan değişiklikler de dikkate alınır. Deprem hesabında bina önem katsayısı uygulanmaz. ( $I = 1$  alınır.)

Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her katta iki yatay yer değiştirme ile düşey eksen etrafında dönme serbestlik dereceleri göz önüne alınır. Kat serbestlik dereceleri her katın kütle merkezinde tanımlanır, ayrıca ek dış merkezlik uygulanmaz.

Betonarme kesitlerin malzeme dayanımları, ilgili tasarım yönetmeliklerinde verilen malzeme katsayıları ile bölünmez. Eleman kapasitelerinin hesabında mevcut malzeme dayanımları kullanılır.

Yapılardaki kolonların ve kirişlerin eğilme rijitliklerinde azaltma yapılarak çatlama kesit etkin eğilme rijitlikleri  $(EI)_e$  kullanılır. Performans analizi yapılırken kullanılacak olan çatlama kesit etkin eğilme rijitlikleri;

(a) Kirişlerde:  $(EI)_e = 0,40 (EI)_o$

(b) Kolon ve perdelerde,

$N_d / (A_c \cdot f_{cm}) \leq 0,10$  olması durumunda:  $(EI)_e = 0,40 (EI)_o$

$N_d / (A_c \cdot f_{cm}) \geq 0,40$  olması durumunda:  $(EI)_e = 0,80 (EI)_o$

şeklindedir. Eksenel basınç kuvveti  $N_d$ 'nin ara değerleri için doğrusal enterpolasyon yapılır.  $N_d$ , deprem hesabında esas alınan toplam kütlelerle uyumlu yüklerin göz önüne alındığı ve çatlama kesitlere ait  $(EI)_o$  eğilme rijitliklerinin kullanıldığı bir ön düşey yük hesabıyla belirlenir. Deprem hesabı için başlangıç durumunu oluşturan düşey yük hesabı ise, yukarıda belirtildiği şekilde elde edilen etkin eğilme rijitliği  $(EI)_e$  kullanılarak, deprem hesabında esas alınan kütlelerle uyumlu yüklere göre yeniden yapılır. Deprem hesabında da aynı rijitlikler kullanılır [3].

### 3.1.2. Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemiyle İtme Analizi

Bu tez çalışmasında incelenen betonarme yapıların performansının belirlenmesi için artımsal eşdeğer deprem yüğü yöntemi ile itme analizi yapılmıştır.

Artımsal eşdeğer deprem yüğü yönteminin amacı, birinci (deprem doğrultusunda hakim) titreşim mod şekli ile orantılı olacak şekilde, deprem istem sınırına kadar monotonik olarak adım adım arttırılan eşdeğer deprem yüklerinin etkisi altında doğrusal olmayan itme analizinin yapılmasıdır. Düşey yük analizini izleyen itme analizinin her bir adımında taşıyıcı sistemde meydana gelen yer değiştirme, plastik şekil değiştirme ve iç kuvvet artımları ile bunlara ait birikimli (kümülatif) değerler ve son adımda deprem istemine karşılık gelen maksimum değerler hesaplanır [3].

Artımsal eşdeğer deprem yüğü yönteminin kullanılabilmesi için, binanın kat sayısının bodrum hariç 8'den fazla olmaması ve herhangi bir katta ek dış merkezlik göz önüne alınmaksızın doğrusal elastik davranışa göre hesaplanan burulma düzensizliği katsayısının  $\eta_{bi} < 1,4$  koşulunu sağlaması gereklidir. Ayrıca göz önüne alınan deprem doğrultusunda, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hakim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine (rijit perdelerle çevrelenen bodrum katlarının kütleleri hariç) oranının en az 0,70 olması zorunludur [3].

Bu yöntem kullanılarak yapılan doğrusal elastik olmayan performans analizi için, taşıyıcı sistem elemanlarındaki elastik ötesi davranış DBYBHY2007'ye uygun olarak idealleştirilmiştir. Artımsal itme analizinden önce, kütlelerle uyumlu düşey yüklerin göz önüne alındığı bir doğrusal olmayan statik analiz yapılmıştır. Bu analizin sonuçları, artımsal itme analizinin başlangıç koşulları olarak dikkate alınmıştır.

### **3.1.3. Plastik Mafsalların Tanımlanması**

Malzeme bakımından doğrusal elastik olmayan davranışın idealleştirilmesi için DBYBHY2007'de yığılı plastik davranış modeli esas alınmıştır. Basit eğilme durumunda plastik mafsallara karşılık gelen bu modelde, çubuk eleman olarak idealleştirilen kiriş ve kolon gibi taşıyıcı sistem elemanlarındaki iç kuvvetlerin plastik kapasitelerine eriştiği sonlu uzunluktaki bölgeler boyunca, plastik şekil değiştirmelerin düzgün yayılı biçimde olduğu varsayılmaktadır. Plastik mafsalları boyu olarak adlandırılan plastik şekil değiştirme bölgesinin uzunluğu, çalışan doğrultudaki kesit boyutunun yarısına eşit alınır. Sadece aksel kuvvet altında plastik şekil değiştirme yapan elemanlarda ise, plastik şekil değiştirme bölgelerinin uzunluğu, elemanın serbest boyuna eşit alınır [3].

Plastik mafsalları teorik olarak plastik şekil değiştirme bölgesinin tam ortasına yerleştirilmesi gerekir. Ancak bu çalışmada plastik mafsallar, DBYBHY2007'ye uygun olarak kolonların ve kirişlerin net açıklıklarının uçlarına konulmuştur. Dolgu duvarları temsil eden eşdeğer basınç çubukları ise yalnız aksel basınç yüküne maruz kaldığı için, bu çubukların plastik şekil değiştirme bölgelerinin uzunluğu, çubukların serbest boylarına eşit alınmış ve orta noktalarına plastik mafsalları tanımlaması yapılmıştır.

### **3.1.4. Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri**

#### **3.1.4.1. Kesit Hasar Sınırları**

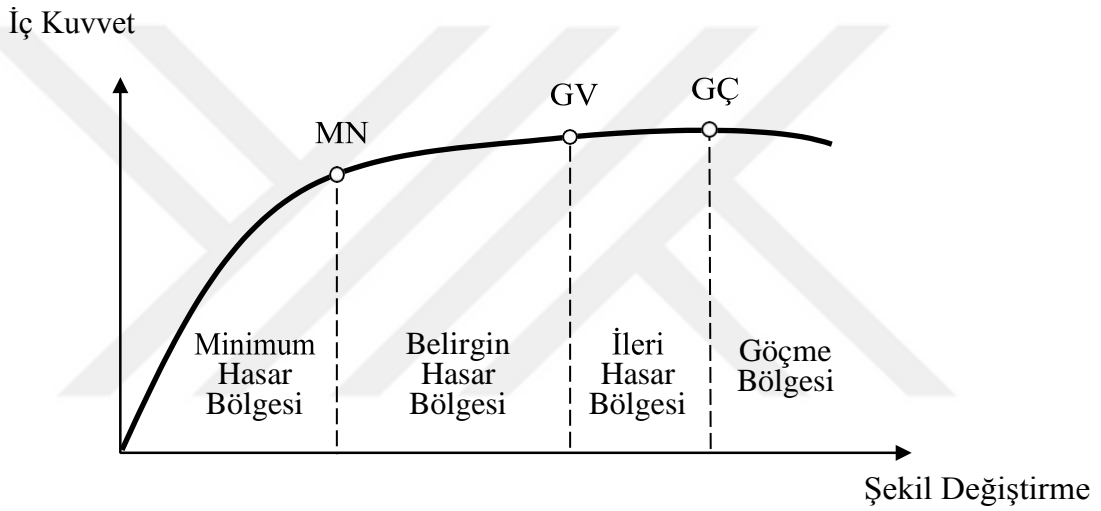
Sünek elemanlar için kesit düzeyinde DBYBHY2007'de minimum hasar sınırı (MN), güvenlik sınırı (GV) ve göçme sınırı (GÇ) olmak üzere üç sınır durumu tanımlanmıştır. Minimum hasar sınırı ilgili kesitte elastik ötesi davranışın başlangıcını, güvenlik sınırı kesitin dayanımını güvenli olarak sağlayabileceği elastik



ötesi davranışın sınırını, göçme sınırı ise kesitin göçme öncesi davranışının sınırını tanımlamaktadır. Gevrek olarak hasar gören elemanlarda bu sınıflandırma geçerli değildir [3].

#### 3.1.4.2. Kesit Hasar Bölgeleri

Kritik kesitlerinin hasarı MN'ye ulaşmayan elemanlar minimum hasar bölgesinde, MN ile GV arasında kalan elemanlar belirgin hasar bölgesinde, GV ve GÇ arasında kalan elemanlar ileri hasar bölgesinde, GÇ'yi aşan elemanlar ise göçme bölgesinde yer alırlar (Şekil 3.1. ).



Şekil 3.1. Yapı Elemanlarında Hasar Bölgeleri [3]

#### 3.1.4.3. Kesit ve Eleman Hasarlarının Belirlenmesi

Doğrusal elastik veya doğrusal elastik olmayan yöntemlerle hesaplanan iç kuvvetlerin ve şekil değiştirmelerin, kesit hasar sınırlarına karşılık gelen değerler ile karşılaştırılması sonucunda, kesitlerin hangi hasar bölgelerinde olduğuna karar verilir. Eleman hasarı ise elemanın en fazla hasar gören kesitine göre belirlenir [3].

#### 3.1.5. Yapıların Performans Seviyesinin Belirlenmesi

Binaların deprem performansı, deprem etkisi altında binada oluşması beklenen hasarların durumu ile ilgilidir ve DBYBHY2007'de dört farklı hasar durumu esas alınarak tanımlanmıştır. Seçilen hesap yönteminin uygulanması ve

elemanların hangi hasar bölgesinde olduğuna karar verilmesi sonucunda binanın deprem performans seviyesi belirlenir. DBYBHY2007'ye göre yapıların hangi performans seviyesini sağladığının belirlenmesi için uygulanacak kurallar aşağıda açıklanmıştır.

#### **3.1.5.1. Hemen Kullanım Performans Seviyesi**

Bu seviyenin sağlanabilmesi için, herhangi bir katta uygulanan her bir deprem doğrultusunda yapılan hesap sonucunda, kirişlerin en fazla % 10'u belirgin hasar bölgesinde, diğer taşıyıcı elemanlarının tümü minimum hasar bölgesinde olmalıdır. Ayrıca yapıda gevrek olarak hasar gören elemanlar varsa, bu elemanların güçlendirilmesi gerekir.

#### **3.1.5.2. Can Güvenliği Performans Seviyesi**

Bu seviyenin sağlanabilmesi için, herhangi bir katta uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere kirişlerin en fazla % 30'u ileri hasar bölgesinde olmalıdır. İleri hasar bölgesindeki kolonların, her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı % 20'nin altında olmalıdır. En üst katta ise ileri hasar bölgesindeki kolonların kesme kuvvetleri toplamının, o kattaki tüm kolonların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla % 40 olabilir. Diğer taşıyıcı elemanların tümü minimum hasar bölgesi veya belirgin hasar bölgesinde olmalıdır. Ancak herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden minimum hasar sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının % 30'u aşmaması gerekir. Ayrıca yapıda gevrek olarak hasar gören elemanlar varsa, bu elemanların güçlendirilmesi gerekir.

#### **3.1.5.3. Göçme Öncesi Performans Seviyesi**

Bu seviyenin sağlanabilmesi için, herhangi bir katta uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere kirişlerin en fazla % 20'si göçme bölgesinde değildir. Diğer taşıyıcı elemanların tümü minimum hasar bölgesi, belirgin hasar bölgesi veya ileri hasar bölgesinde olmalıdır. Ancak herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden minimum hasar sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından

taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının % 30'u aşmaması gerekir. Göçme ncesi performans seviyesinde bulunan yapıların mevcut durumunda kullanılması can güvenliği açısından sakıncalıdır.

#### **3.1.5.4. Göçme Durumu**

Eğer yapı göçme öncesi performans seviyesini sağlayamıyorsa göçme durumundadır. Bu durumda bulunan yapıların kullanımı can güvenliği açısından sakıncalıdır.

Yığma yapılarda ise her iki doğrultudaki tüm duvarların kesme dayanımı, deprem etkisi altında oluşan kesme kuvvetlerini karşılamaya yeterli ise yapının hemen kullanım performans seviyesini sağladığı sonucuna varılır. Herhangi bir katta deprem doğrultusunda bu koşulu sağlamayan duvarların kat kesme kuvvetine katkısı % 20'nin altında ise yapının can güvenliği performans seviyesini sağladığı kabul edilir. Bu durumda yetersiz olan duvarların güçlendirilmesi gerekir. Diğer durumlarda yapının göçme durumunda olduğu kabul edilir [3].

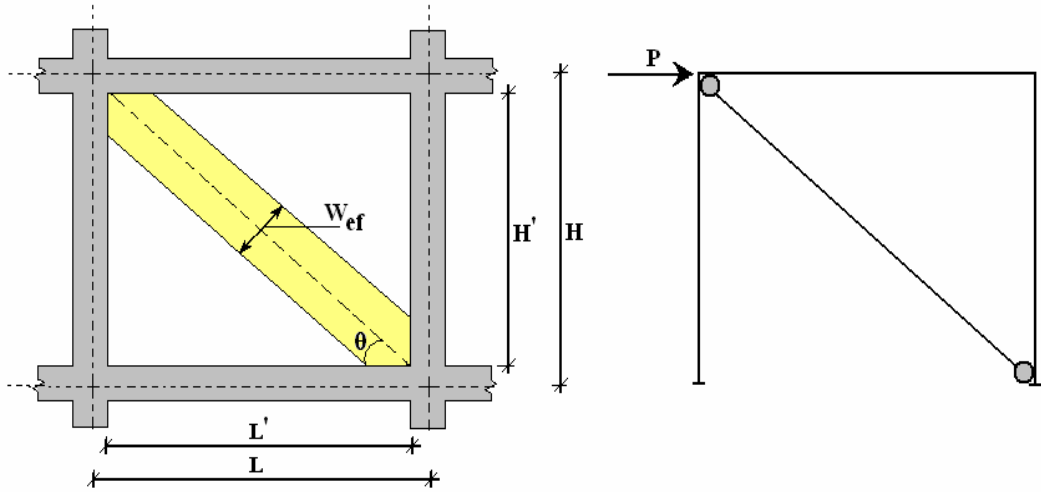
### 3.1.6. Dolgu Duvarların Modellenmesi

Literatürde dolgu duvarlar, mikro ve makro modelleme olmak üzere iki farklı şekilde modellenmiştir. Mikro modellemede sonlu elemanlar metodu, makro modellemede ise eşdeğer diyagonal basınç çubuğu yöntemi kullanılır.

#### 3.1.6.1. Eşdeğer Diyagonal Basınç Çubuğu Modeli

Bu çalışmada kullanılan betonarme yapı örneklerinde bulunan tuğla dolgu duvarlar, eşdeğer diyagonal basınç çubuğu formunda modellenerek yapısal taşıyıcı sisteme dahil edilmiştir.

Eşdeğer diyagonal basınç çubuğu modelinde dolgu duvar, içerisinde bulunduğu betonarme çerçeveye etki eden deprem kuvvetinin yönüne göre oluşan ve yalnızca aksel basınç yüküne maruz kalan çapraz bir basınç çubuğu şeklinde davranmaktadır. Şekil 3.2.'de yatay yük etkisi altındaki çerçevede dolgu duvarı ifade eden basınç çubuğu gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Dolgu Duvarı Temsil Eden Eşdeğer Diyagonal Basınç Çubuğu [4]

Dolgu duvarları temsil eden eşdeğer diyagonal basınç çubuklarının yapısal sisteme aktarılabilmesi için boyutlarının ve mekanik özelliklerinin bilinmesi gerekir.

Bu çalışmada prizmatik olarak kurgulanan eşdeğer basınç çubuklarının kalınlığı, temsil ettikleri tuğla dolgu duvarların kalınlığına eşit olarak alınmıştır. Eşdeğer basınç çubuklarının genişliği ise FEMA [6] ve Mainstone (1974) [1] tarafından önerilen aşağıdaki bağıntılar kullanılarak hesaplanmıştır.

- d : Dolgu Duvarın Diyagonal Uzunluğu  
 $E_m$  : Elastisite Modülü ( Dolgu Duvar İçin)  
 $E_s$  : Elastisite Modülü (Çerçeve)  
 $f_m$  : Dolgu Duvarın Basınç Dayanımı  
H : Kirişlerin Orta Eksenleri Arasında Kalan Kolon Yüksekliği  
 $H'$  : Duvar Yüksekliği  
 $I_c$  : Kolonların Atalet Momenti  
 $L'$  : Net Açıklık Mesafesi  
 $R'$  : Dolgu Duvar Yük Taşıma Kapasitesi  
t : Dolgu Duvar Kalınlığı  
w : Eşdeğer Basınç Çubuğunun Genişliği  
 $\theta$  : Eşdeğer Basınç Çubuğunun Yatayla Yaptığı Aç

$$d = \sqrt{H'^2 + L'^2} \quad (\text{Denk. 3.1.})$$

$$\lambda = \left[ \frac{E_m \times t \times \sin 2\theta}{4 \times E_s \times I_c \times H'} \right]^{\frac{1}{4}} \quad (\text{Denk. 3.2.})$$

$$w = 0,175 \times (\lambda \times H)^{-0,4} \times d \quad (\text{Denk. 3.3.})$$

Bu çalışmada kullanılan yapı örneklerinin tüm açıklıklarında tuğla dolgu duvar olduğu düşünülmüş ve dolgu duvarlar boşluksuz olarak dikkate alınmıştır. Dolgu duvarların birim hacim ağırlık, elastisite modülü, basınç dayanımı ve yük taşıma kapasitesi değerleri için (Demir ve ark., 2011) [2] çalışması baz alınmıştır.

(Demir ve ark., 2011) [2] çalışmasındaki deneylerde kullanılan dolgu duvar örnekleriyle uyumlu olması açısından, bu çalışmadaki tüm dolgu duvarların kalınlığı sıva dahil 14 cm ve dolgu duvarların birim hacim ağırlığı  $1,4 \text{ t/m}^3$  olarak belirlenmiştir. Tuğla dolgu duvarların poisson oranı ise [17, 20, 25] çalışmalarında olduğu gibi 0,2 olarak alınmıştır.

(Demir ve ark., 2011) [2] çalışmasında geleneksel sıvayla sıvanmış tuğla dolgu duvarlar (NTS) ve polipropilen lif katkılı sıvayla sıvanmış tuğla dolgu duvarlar (LNTS) üzerinde basınç deneyleri ve diyagonal çekme deneyleri yapılmıştır. Bu çalışmada kullanılmak üzere deney sonuçlarından elde edilen elastisite modülü ve basınç dayanımları Tablo 3.1.'de özetlenmiştir.

**Tablo 3.1.** Dolgu Duvarların Elastisite Modülü ve Basınç Dayanımı [2]

<b>Kod</b>	<b><math>E_m</math> (MPa)</b>	<b><math>f_m</math> (MPa)</b>
<b>NTS</b>	5050	3
<b>LNTS</b>	8930	4,80

Bu çalışmada kullanılan yapı modelleri için oluşturulan dört farklı eşdeğer basınç çubuğu için genişlik hesabı yapılmıştır.

$M_1$ ; 3 metrelik açıklıklarda bulunan, geleneksel sıvayla sıvanmış tuğla dolgu duvarları temsil eden eşdeğer basınç çubuklarını,

$M_2$ ; 4 metrelik açıklıklarda bulunan, geleneksel sıvayla sıvanmış tuğla dolgu duvarları temsil eden eşdeğer basınç çubuklarını,

$M_3$ ; 3 metrelik açıklıklarda bulunan, polipropilen lif katkılı sıvayla sıvanmış tuğla dolgu duvarları temsil eden eşdeğer basınç çubuklarını,

$M_4$ ; 4 metrelik açıklıklarda bulunan, polipropilen lif katkılı sıvayla sıvanmış tuğla dolgu duvarları temsil eden eşdeğer basınç çubuklarını ifade etmektedir.

**Tablo 3.2.** Eşdeğer Diyagonal Basınç Çubuklarının Boyutları

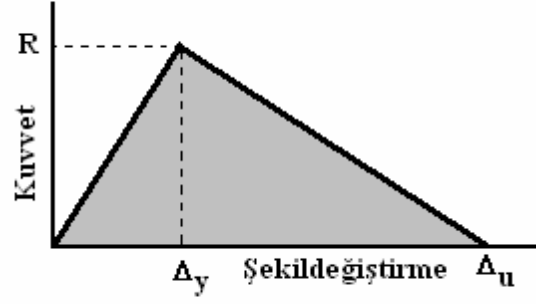
<b>Kod</b>	<b>t (m)</b>	<b>w (m)</b>
<b>M<sub>1</sub></b>	0,140	0,400
<b>M<sub>2</sub></b>	0,140	0,489
<b>M<sub>3</sub></b>	0,140	0,378
<b>M<sub>4</sub></b>	0,140	0,462

Dolgu duvarların yük taşıma kapasitelerinin belirlenmesi için yine FEMA [6] ve Mainstone (1974) [1] tarafından önerilen aşağıdaki bağıntılar mevcuttur.

$$R' = \frac{2}{3} \times z \times t \times f_m \times \sec \theta \quad (\text{Denk. 3.4.})$$

$$z = \frac{\pi}{2} \sqrt[4]{\frac{4 \times E_s \times I_c \times H'}{E_m \times t \times \sin 2\theta}} \quad (\text{Denk. 3.5.})$$

Bu çalışmada dolgu duvarların kırılma ve göçme davranışını daha gerçekçi bir şekilde modelleyebilmek ve kuvvet-şekil değişirme ilişkisini daha doğru bir şekilde ifade edebilmek için, Denk. 3.4. ve Denk. 3.5. kapsamında önerilen bağıntıların yerine (Demir ve ark., 2011) [2] çalışmasında yer alan tuğla dolgu duvarların diyagonal çekme deneylerinin sonuçlarından yararlanılmıştır.



**Şekil 3.3.** Eşdeğer Diyagonal Basınç Çubuğu Kuvvet-Şekil Değişirme İlişkisi [4]

Yapılan deneysel çalışmalar dolgu duvarların kayma gerilmesi sonucunda oluşan kesme çatlakları ile taşıma kapasitelerine ulaştıklarını ve kayma dayanımlarının basınç dayanımlarına oranla daha küçük olduğunu göstermiştir [2]. Bu nedenle dolgu duvarların yük taşıma kapasitesi için, (Demir ve ark., 2011) [2] çalışmasında yer alan dolgu duvar basınç dayanımlarının yerine yine aynı çalışmada yer alan dolgu duvar diyagonal çekme deneylerinden elde edilen sonuçlar kullanılmıştır. Bu deneylerin sonuçları Tablo 3.3.'te gösterilmiştir.

**Tablo 3.3.** Deneylerden Elde Edilen R',  $\Delta_y$  ve  $\Delta_u$  Değerleri [2]

Kod	R' (N)	$\Delta_y$ (mm)	$\Delta_u$ (mm)
NTS	36095	3,838	5,087
LNTS	119669	19,484	34,367

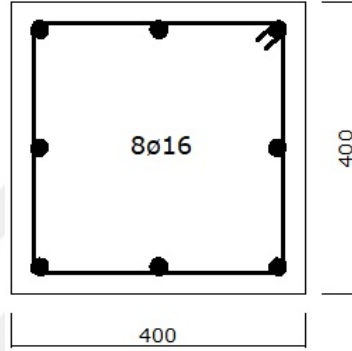
Bu çalışmada dolgu duvarlar için Şekil 3.3. ve Tablo 3.3.'te belirtilenden daha gevrek bir davranış öngörülmüş ve dolgu duvarların yük taşıma kapasitesine ulaştığı anda göçtüğü varsayılmıştır.



## 3.2. Materyal

### 3.2.1. Yapı Modelleri

Yapılan bu çalışma içerisinde toplamda 15 farklı model kullanılmıştır. Modeller 3, 5 ve 7 katlı olup hepsi aynı kat planına sahiptir. Tüm kolonlar 40x40 cm kesitindedir. Kolon boyuna donatısı 8ø16, sargı donatısı ise ø8/15 cm'dir. Kolon uçlarında etriye sıklaştırması yapılmamıştır. Kirişler 25x50 cm ebatlarındadır. Kiriş donatıları minimum donatı oranı koşulu sağlanacak şekilde tanımlanmıştır.



Şekil 3.4. Kolonların Kesiti ve Donatı Yerleşimi (mm)

Yapı modelleri 1.derece deprem bölgesinde olup, bulunduğu zemin sınıfı Z3 tür. Yapıda kullanılan beton sınıfı C20, donatı sınıfı S420'dir. Performans analizinde, Bölüm 3.1.1.'de belirtildiği gibi beton ve donatı için malzeme katsayıları, taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R) ve bina önem katsayısı (I) 1 olarak alınmıştır. Yapıda ek dış merkezlik uygulanmamıştır. Poisson oranı beton için 0.2, donatı için 0.3 olarak alınmıştır.

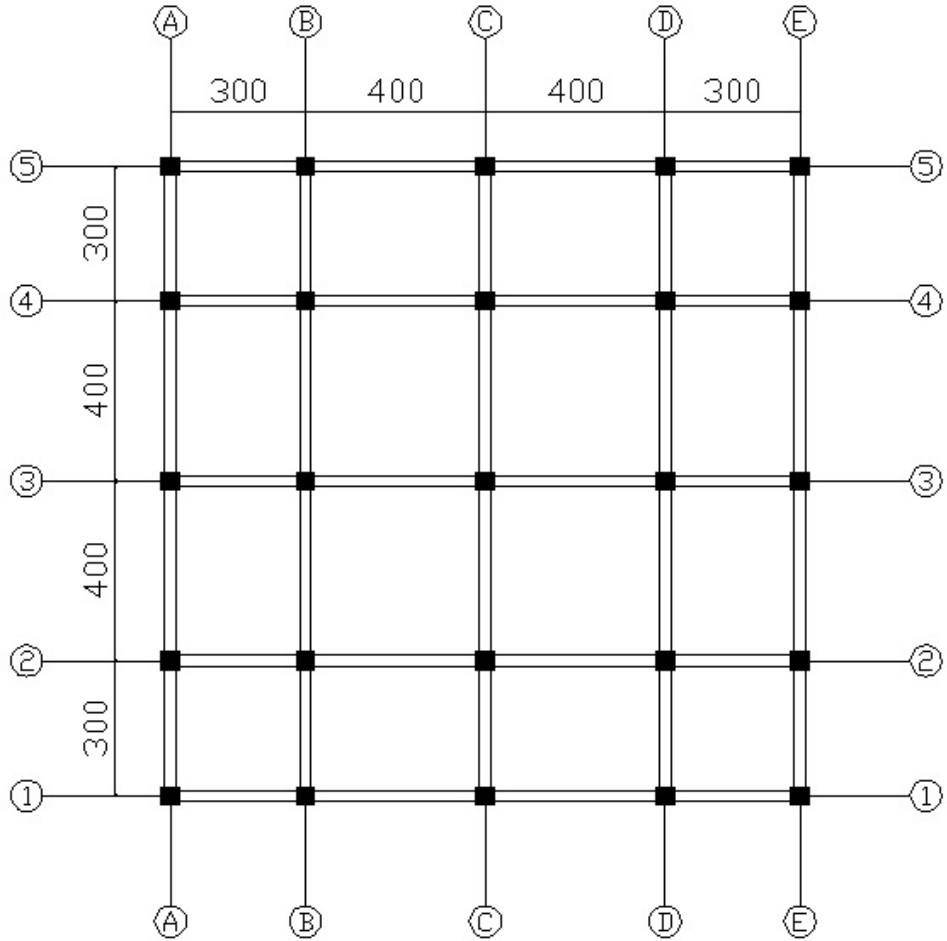
Yapılardaki kolonlar ve kirişler için Bölüm 3.1.1.'de belirtildiği gibi rijitlik azaltması yapılarak çatlama kesit etkin eğilme rijitlikleri  $(EI)_e$  kullanılmıştır. Ön düşey yük hesabının yapılmasının ardından kolonlar için hesaplanan aksenal basınç kuvvetleri için doğrusal enterpolasyon yapılmıştır. Kirişler için ise çatlama kesit etkin eğilme rijitliği  $(EI)_e = 0,40 (EI)_o$  olarak alınmıştır.

Döşemeler 10 cm kalınlığında olacak şekilde hesaplara dahil edilmiştir. Döşemelerde boşluk bulunmamaktadır. Kendi ağırlığı hariç, döşeme üzerindeki ölü

yük  $1,5 \text{ KN/m}^2$ , hareketli yük ise  $2 \text{ KN/m}^2$  olarak alınmıştır. Yapı modellerinde tüm katlar için rijit diyafram kabulü yapılmış ve modellemeye yansıtılmıştır.

Yapı elemanlarındaki doğrusal elastik olmayan davranışın idealleştirilmesi amacıyla Bölüm 3.1.3.'te belirtildiği gibi kolonların ve kirişlerin net açıklıklarının her iki ucuna birer plastik mafsallık yerleştirilmiştir. Kolonlar için P-M2-M3 mafsallık, kirişler için ise M3 mafsallık tanımlanmıştır. Dolgu duvarların modellenmesinde kullanılan eşdeğer basınç çubuklarının ortasına da birer aksel P yükü mafsallık yerleştirilmiştir.

Yapı modellerine ait kat kalıp planı Şekil 3.5.'te verilmiştir.



Şekil 3.5. Yapı Modellerine Ait Kalıp Planı (cm)

Bu çalışmada kullanılan ve giriş bölümünde anlatılan yapılar özel olarak isimlendirilmiştir.

Model A tipi yapılar, tuğla dolgu duvarların taşıyıcı sisteme dahil edilmeden sadece yüklerinin hesaba katıldığı;

Model B tipi yapılar, tuğla dolgu duvarların geleneksel sıvayla sıvanmış olduğu;

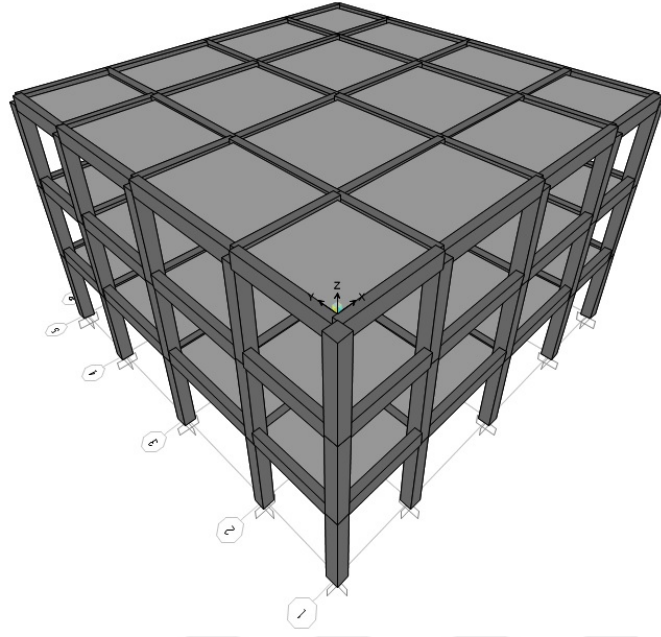
Model C tipi yapılar, tuğla dolgu duvarların polipropilen lif katkılı sıvayla sıvanmış olduğu;

Model D tipi yapılar, tuğla dolgu duvarların geleneksel sıvayla sıvanmasının yanında yumuşak kat düzensizliğine sahip olan yapıları;

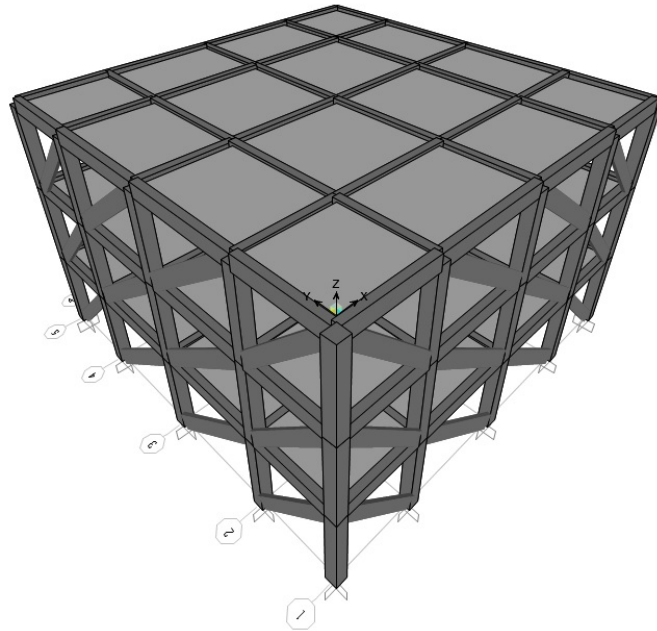
Model E tipi yapılar, tuğla dolgu duvarların polipropilen lif katkılı sıvayla sıvanmasının yanında yumuşak kat düzensizliğine sahip olan yapıları ifade etmektedir.

Model A, Model B, Model C tipi yapılarda tüm kat yükseklikleri 3 metredir. Yumuşak kat düzensizliğine sahip olan Model D ve Model E tipi yapılarda ise zemin kat yüksekliği 4 metre, diğer kat yükseklikleri 3 metredir. Yumuşak kat düzensizliği olan bu yapılarda zemin katta dolgu duvar bulunmamaktadır.

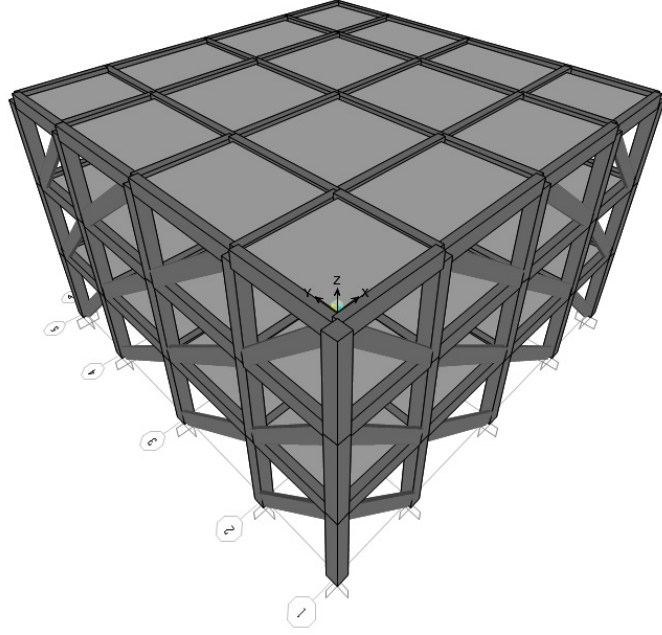
Yukarıda açıklaması yapılan yapı modelleri, çalışma içerisinde kat sayılarına göre numaralandırılarak adlandırılmıştır. (Model A-3, Model C-5, Model E-7...)



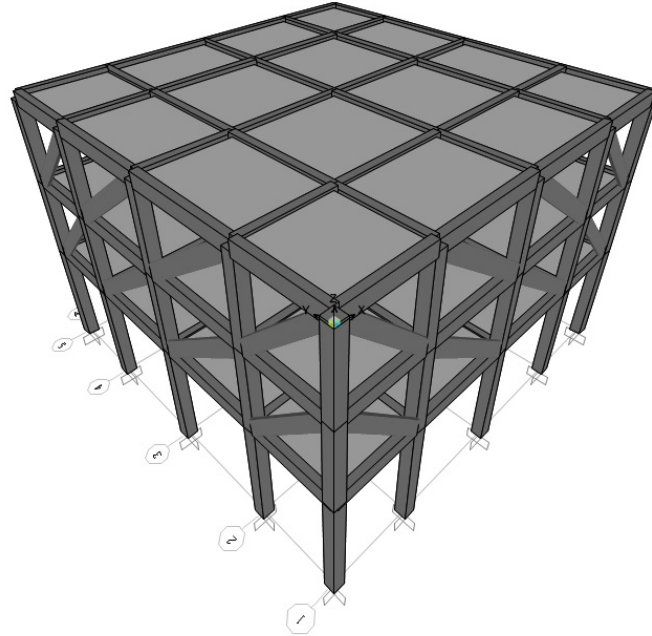
**Şekil 3.6.** Model A-3 Yapı Sisteminin Perspektifi



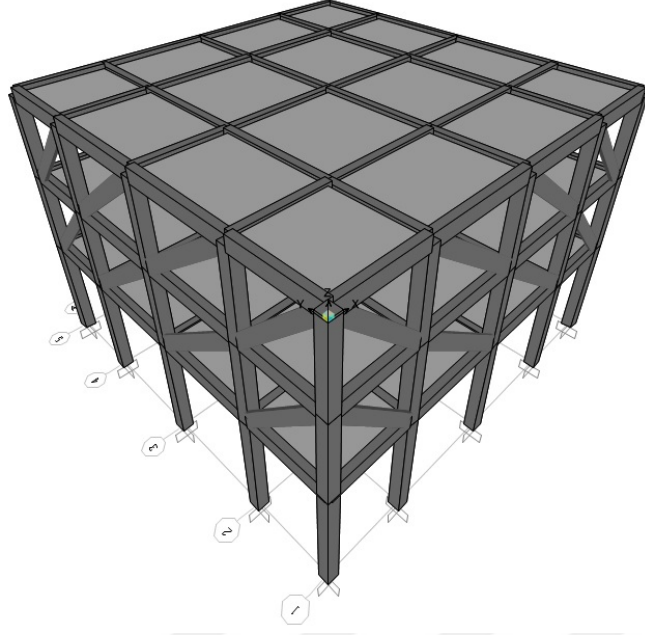
**Şekil 3.7.** Model B-3 Yapı Sisteminin Perspektifi



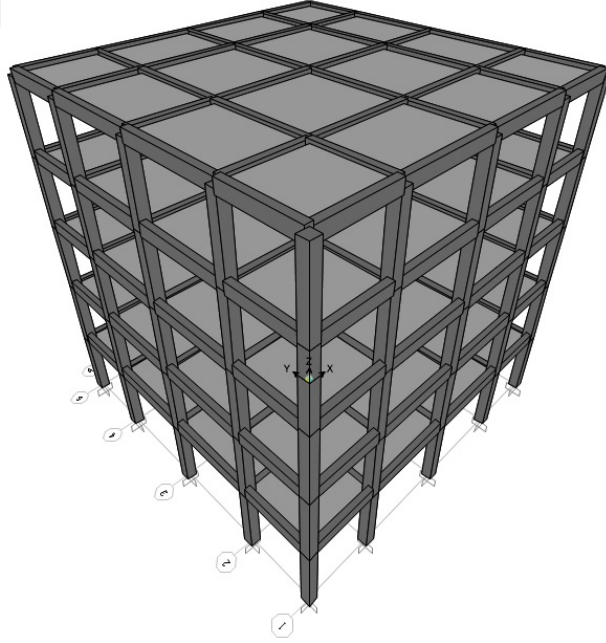
**Şekil 3.8.** Model C-3 Yapı Sisteminin Perspektifi



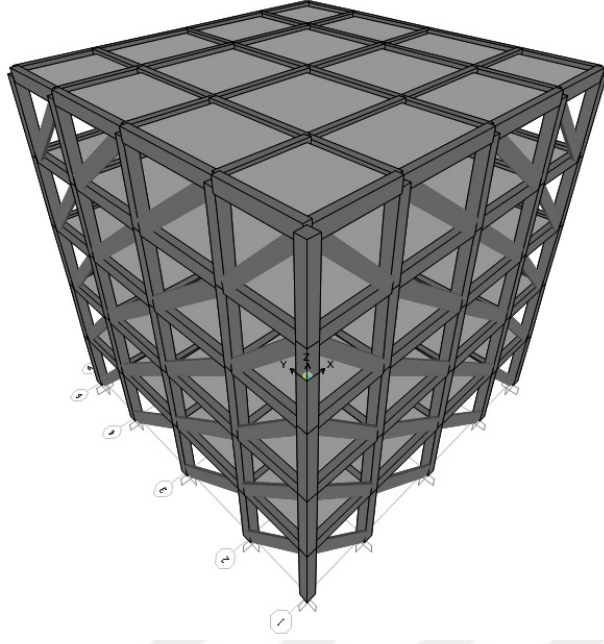
**Şekil 3.9.** Model D-3 Yapı Sisteminin Perspektifi



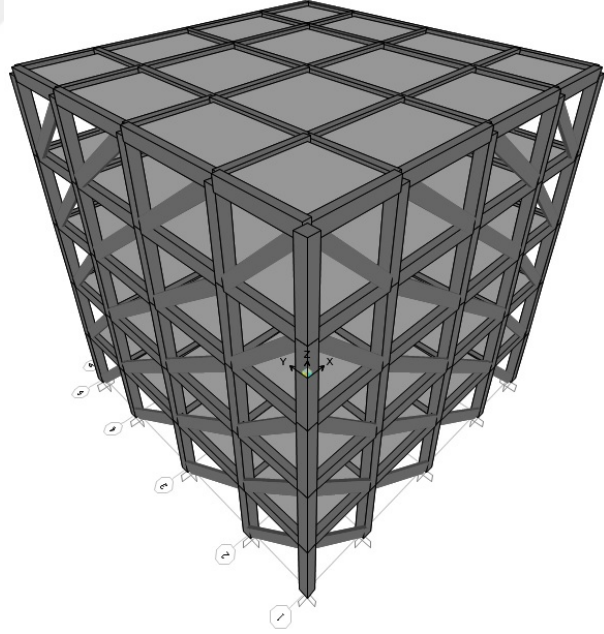
**Şekil 3.10.** Model E-3 Yapı Sisteminin Perspektifi



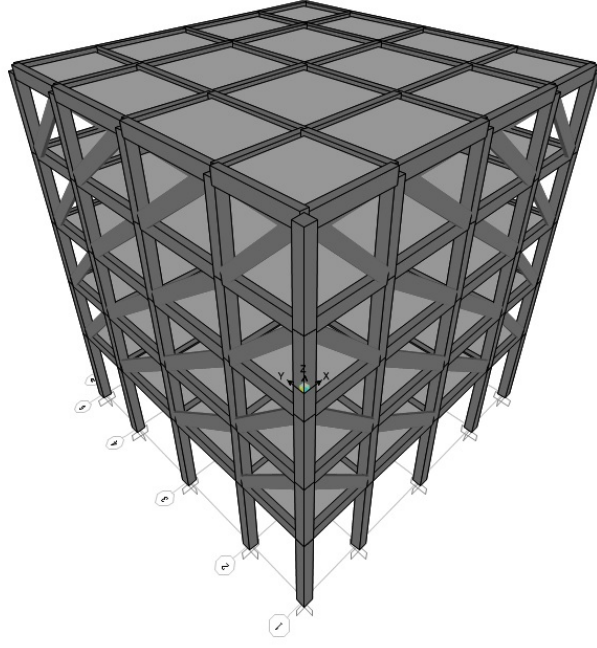
**Şekil 3.11.** Model A-5 Yapı Sisteminin Perspektifi



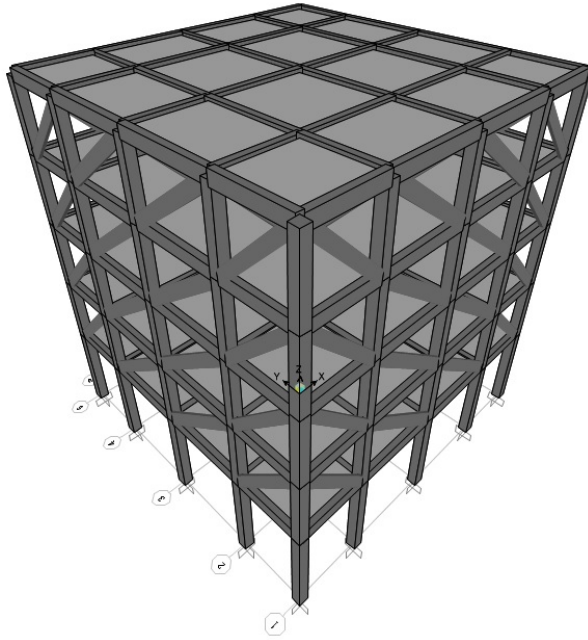
**Şekil 3.12.** Model B-5 Yapı Sisteminin Perspektifi



**Şekil 3.13.** Model C-5 Yapı Sisteminin Perspektifi

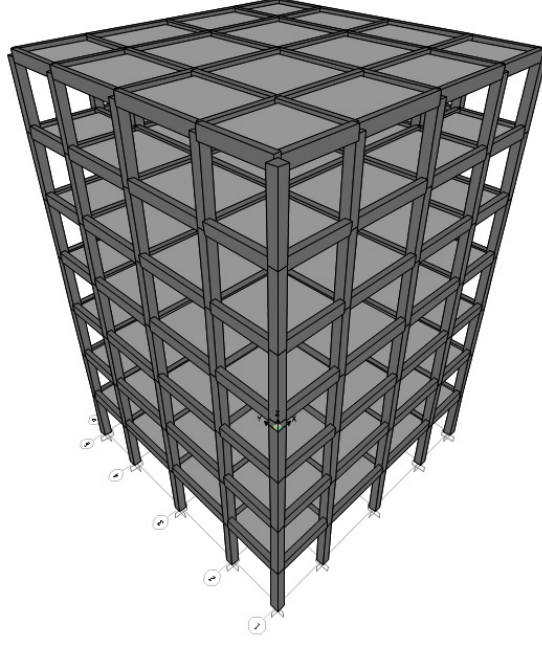


**Şekil 3.14.** Model D-5 Yapı Sisteminin Perspektifi

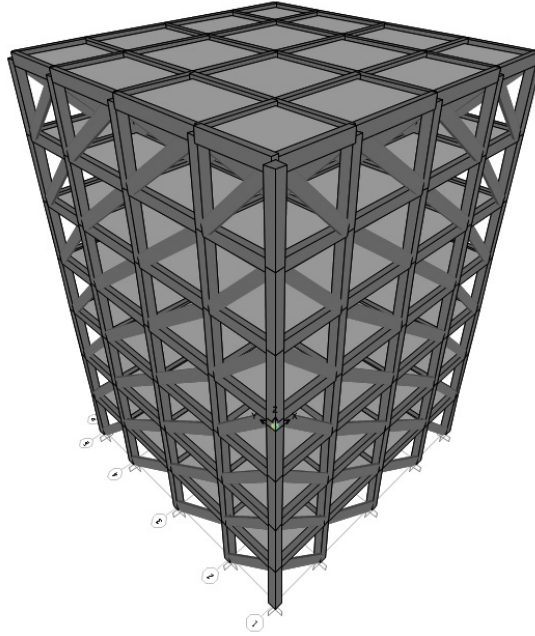


**Şekil 3.15.** Model E-5 Yapı Sisteminin Perspektifi

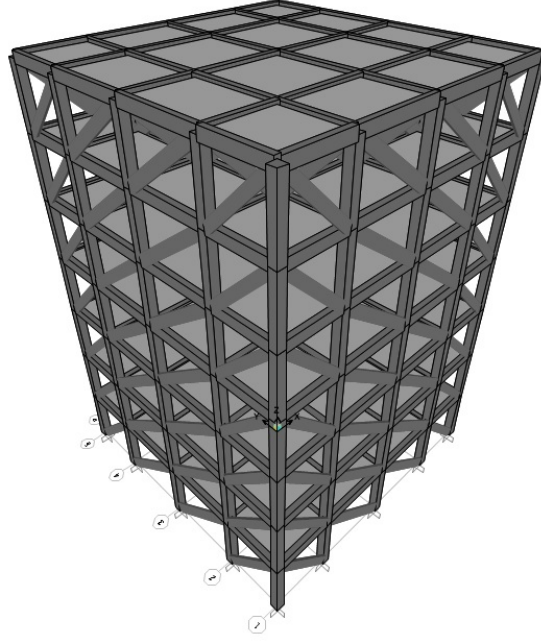




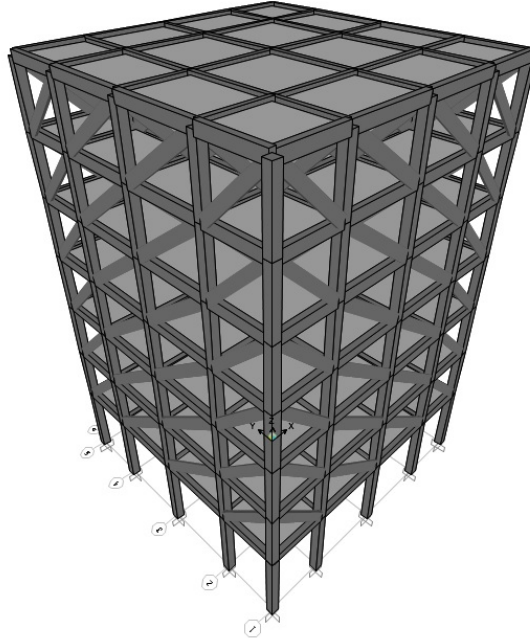
**Şekil 3.16.** Model A-7 Yapı Sisteminin Perspektifi



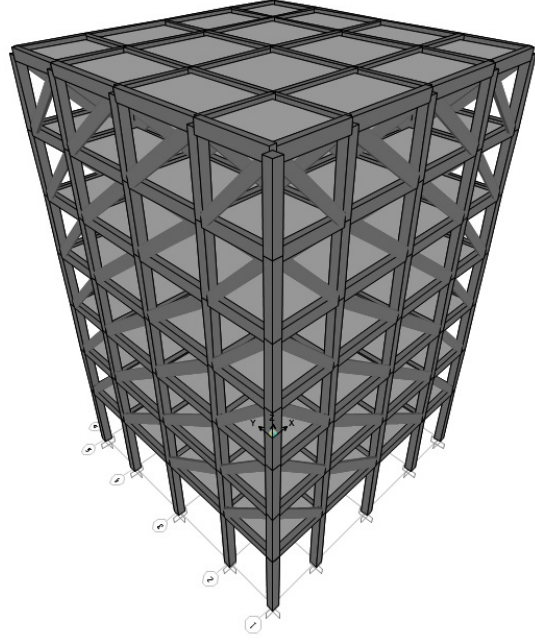
**Şekil 3.17.** Model B-7 Yapı Sisteminin Perspektifi



**Şekil 3.18.** Model C-7 Yapı Sisteminin Perspektifi



**Şekil 3.19.** Model D-7 Yapı Sisteminin Perspektifi



**Şekil 3.20.** Model E-7 Yapı Sisteminin Perspektifi

### 3.2.2. Yapı Düzensizliklerinin Kontrolü

Model D ve Model E tipi yapılar için DBYBHY2007'ye uygun olarak zayıf kat düzensizliği ve yumuşak kat düzensizliği kontrolü yapılmıştır.

Yapılarda komşu katlar arası dayanım düzensizliği olarak ifade edilen zayıf katın oluşması için, her bir deprem doğrultusunda herhangi bir kattaki etkili kesme alanının bir üst kattaki etkili kesme alanına oranı olarak tanımlanan dayanım düzensizliği katsayısı  $\eta_{ci}$ 'nin 0,80 değerinden küçük olması gerekir.

$$\eta_{ci} = (\Sigma A_e)_i / (\Sigma A_e)_{i+1} < 0,80$$

Herhangi bir katta etkili kesme alanı  $\Sigma A_e$ ;

$$\Sigma A_e = \Sigma A_w + \Sigma A_g + 0,15 \Sigma A_k$$

şeklinde tanımlanır [3].

**Tablo 3.4.** Model D ve Model E Tipi Yapıların Zayıf Kat Düzensizliği Kontrolü

Kat No	$\Sigma A_w$ (m <sup>2</sup> )	$\Sigma A_g$ (m <sup>2</sup> )	$\Sigma A_k$ (m <sup>2</sup> )	$\Sigma A_e$ (m <sup>2</sup> )	$\eta_{ci}$
1	4	0	8,68	5,302	-
Zemin	4	0	0	4	0,75

Model D ve Model E tipi yapılarda zemin katta dolgu duvar bulunmadığı için  $\eta_{ci} = 0,75 < 0,80$  şeklinde çıkmaktadır. Dolayısıyla bu yapılarda zayıf kat düzensizliği bulunmaktadır.

Yapılarda komşu katlar arası rijitlik düzensizliği olarak ifade edilen yumuşak katın oluşması için, her bir deprem doğrultusunda herhangi bir kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranına bölünmesi olarak tanımlanan rijitlik düzensizliği katsayısı  $\eta_{ki}$ 'nin 2,0 değerinden büyük olması gerekir.

$$\eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1} / h_{i+1})_{ort} > 2,0 \text{ veya}$$

$$\eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1} / h_{i-1})_{ort} > 2,0 \text{ şeklindedir [3].}$$

**Tablo 3.5.** Model D-3'ün Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü

<b>Kat No</b>	<b>d<sub>i ort</sub> (mm)</b>	<b>Δ<sub>i ort</sub> = d<sub>i ort</sub> - d<sub>i-1 ort</sub></b>	<b>h<sub>i</sub> (m)</b>	<b>η<sub>ki</sub></b>
<b>2</b>	52,335	2,293	3	-
<b>1</b>	50,042	5,844	3	2,549
<b>Zemin</b>	44,198	44,198	4	5,672

**Tablo 3.6.** Model E-3'ün Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü

<b>Kat No</b>	<b>d<sub>i ort</sub> (mm)</b>	<b>Δ<sub>i ort</sub> = d<sub>i ort</sub> - d<sub>i-1 ort</sub></b>	<b>h<sub>i</sub> (m)</b>	<b>η<sub>ki</sub></b>
<b>2</b>	49,125	1,528	3	-
<b>1</b>	47,597	3,913	3	2,561
<b>Zemin</b>	43,684	43,684	4	8,373

**Tablo 3.7.** Model D-5'in Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü

<b>Kat No</b>	<b><math>d_{i \text{ ort}}</math> (mm)</b>	<b><math>\Delta d_{i \text{ ort}} = d_{i \text{ ort}} - d_{i-1 \text{ ort}}</math></b>	<b><math>h_i</math> (m)</b>	<b><math>\eta_{ki}</math></b>
<b>4</b>	106,531	3,299	3	-
<b>3</b>	103,232	6,130	3	1,858
<b>2</b>	97,102	8,112	3	1,323
<b>1</b>	88,990	11,870	3	1,463
<b>Zemin</b>	77,120	77,120	4	4,873

**Tablo 3.8.** Model E-5'in Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü

<b>Kat No</b>	<b><math>d_{i \text{ ort}}</math> (mm)</b>	<b><math>\Delta d_{i \text{ ort}} = d_{i \text{ ort}} - d_{i-1 \text{ ort}}</math></b>	<b><math>h_i</math> (m)</b>	<b><math>\eta_{ki}</math></b>
<b>4</b>	97,092	2,410	3	-
<b>3</b>	94,682	4,267	3	1,771
<b>2</b>	90,415	5,493	3	1,287
<b>1</b>	84,922	8,049	3	1,465
<b>Zemin</b>	76,873	76,873	4	7,163

**Tablo 3.9.** Model D-7'nin Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü

<b>Kat No</b>	<b>d<sub>i ort</sub> (mm)</b>	<b><math>\Delta d_{i ort} = d_{i ort} - d_{i-1 ort}</math></b>	<b>h<sub>i</sub> (m)</b>	<b><math>\eta_{ki}</math></b>
<b>6</b>	148,681	3,980	3	-
<b>5</b>	144,701	6,599	3	1,658
<b>4</b>	138,102	8,826	3	1,337
<b>3</b>	129,276	10,567	3	1,197
<b>2</b>	118,709	11,529	3	1,091
<b>1</b>	107,180	14,982	3	1,300
<b>Zemin</b>	92,198	92,198	4	4,615

**Tablo 3.10.** Model E-7'nin Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü

<b>Kat No</b>	<b>d<sub>i ort</sub> (mm)</b>	<b><math>\Delta d_{i ort} = d_{i ort} - d_{i-1 ort}</math></b>	<b>h<sub>i</sub> (m)</b>	<b><math>\eta_{ki}</math></b>
<b>6</b>	134,708	3,220	3	-
<b>5</b>	131,488	4,972	3	1,544
<b>4</b>	126,516	6,435	3	1,294
<b>3</b>	120,081	7,558	3	1,175
<b>2</b>	112,523	8,080	3	1,069
<b>1</b>	104,443	10,464	3	1,295
<b>Zemin</b>	93,979	93,979	4	6,736

Model D ve Model E tipi yapılarda zemin katın yüksekliği diğer katlara nazaran daha yüksek olduğu ve zemin katta dolgu duvar bulunmadığı için  $\eta_{ki}$  değeri 2,0 sınır değerinden daha büyük çıkmaktadır. Dolayısıyla bu yapılarda yumuşak kat düzensizliği bulunmaktadır.

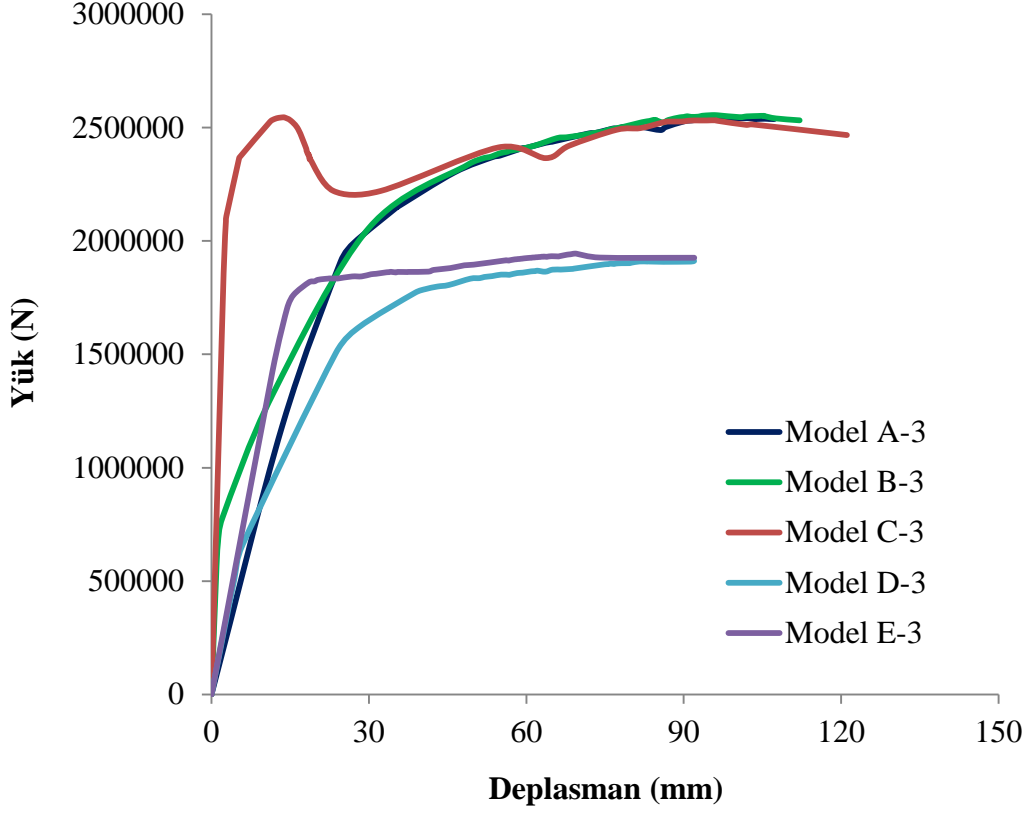
#### **4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA**

Çalışma içerisinde seçilen tüm yapılar özelliklerine uygun Şekilde modellenmiş ve DBYBHY2007’de yer alan doğrusal elastik olmayan yöntemlerden artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle tüm yapıların itme analizleri yapılmıştır. Analizlerde SAP2000 sonlu eleman programı kullanılmıştır. Yapıların x deprem doğrultusundaki analiz ıktıları incelenmiştir. Analiz sonuçları değerlendirilirken, deprem esnasında dolgu duvarlar gtğnde yapının gmediği kabul edilmiştir.

##### **4.1. Yapıların Kapasite Eğrilerinin Kıyaslanması**

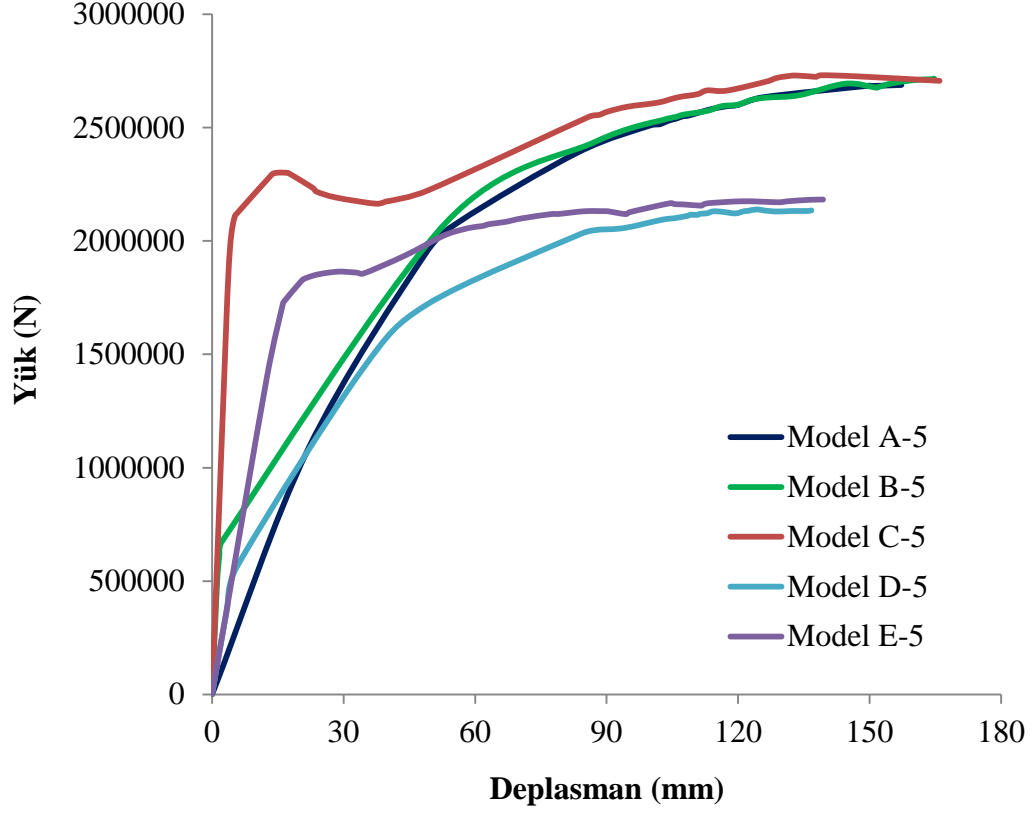
Performans analizi yapılan yapı modellerinin kapasite eğrileri oluŐturulmuŐ ve bu eğriler birbirleriyle kıyaslama yapılabilecek Şekilde, kat sayılarına göre eŐleŐtirilerek çizilmiŐtir.





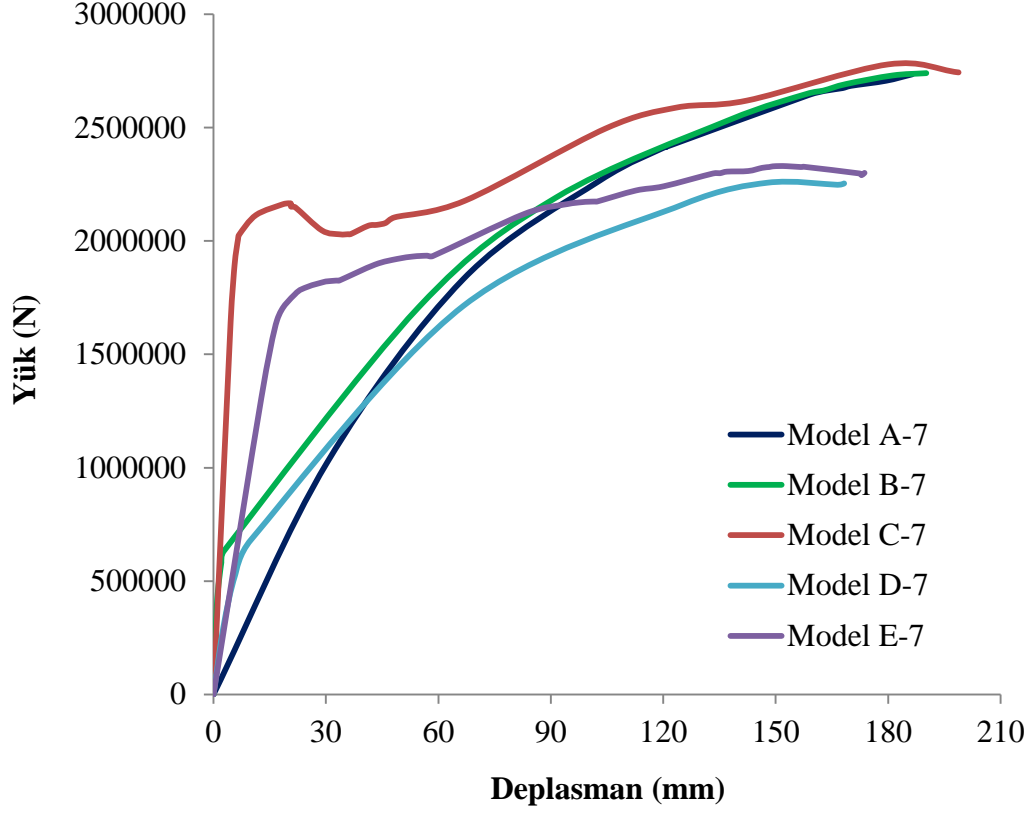
**Şekil 4.1.** 3 Katlı Yapı Modellerinin Kapasite Eğrilerinin Karşılaştırılması

Dolgu duvarların etkisiyle Model B-3'ün performansında Model A-3'e göre iyileşme gözlenmiştir. Model C-3'te ise dolgu duvarların sıvasına yapılan polipropilen lif katkısının etkisi bariz bir şekilde görülmektedir. Lif etkisi yapının başlangıç rijitliğini yüksek oranda artırmaktadır. Bunun yanında Model D-3 ve Model E-3'te olduğu gibi, yumuşak kat düzensizliği yapıların performansını olumsuz etkilemektedir. Model E-3, lif etkisiyle Model D-3'e göre daha iyi performans göstermiştir.



**Şekil 4.2.** 5 Katlı Yapı Modellerinin Kapasite Eğrilerinin Karşılaştırılması

Model C-5'te görüldüğü gibi, 5 katlı yapı modellerinde 3 katlı yapı modellerine kıyasla lif katkısının olumlu etkisi azalmıştır. Bu yapılarda yumuşak kat düzensizliğinin olumsuz etkisinde de azalma olmuştur. Yumuşak katı olan yapıların performansı, 3 katlı yapılardaki duruma göre iyileşmiştir.



**Şekil 4.3.** 7 Katlı Yapı Modellerinin Kapasite Eğrilerinin Karşılaştırılması

Kapasite eğrileri incelendiğinde, Model C-7’de fark edildiği gibi, kat sayısı arttıkça lif katkısının olumlu etkisi azalmıştır. Bunun yanında kat sayısı arttıkça yumuşak kat düzensizliğinin de olumsuz etkisi azalmıştır. Bu düzensizliğe sahip yapıların performansı iyileşmiş, düzensizliği bulunmayan yapıların performansına yaklaşmıştır.

Analiz sonucunda tüm yapıların DBYBHY2007'ye göre performans noktaları belirlenmiştir. Yapı modellerinin performans noktalarına karşılık gelen spektral ivme ( $S_a$ ) ve spektral deplasman ( $S_d$ ) değerleri Tablo 4.1., Tablo 4.2., ve Tablo 4.3.'te sunulmuştur.

**Tablo 4.1.** 3 Katlı Yapıların Performans Noktalarına Ait Spektral İvme ve Deplasman Değerleri

<b>MODEL</b>	<b><math>S_a</math> (x g)</b>	<b><math>S_d</math> (mm)</b>
<b>Model A-3</b>	0,428	37,297
<b>Model B-3</b>	0,424	35,660
<b>Model C-3</b>	0,456	9,624
<b>Model D-3</b>	0,317	45,832
<b>Model E-3</b>	0,315	41,911

**Tablo 4.2.** 5 Katlı Yapıların Performans Noktalarına Ait Spektral İvme ve Deplasman Değerleri

<b>MODEL</b>	<b><math>S_a</math> (x g)</b>	<b><math>S_d</math> (mm)</b>
<b>Model A-5</b>	0,262	66,449
<b>Model B-5</b>	0,257	63,884
<b>Model C-5</b>	0,244	50,183
<b>Model D-5</b>	0,208	74,317
<b>Model E-5</b>	0,206	64,478

**Tablo 4.3.** 7 Katlı Yapıların Performans Noktalarına Ait Spektral İvme ve Deplasman Değerleri

<b>MODEL</b>	<b>S<sub>a</sub> (x g)</b>	<b>S<sub>d</sub> (mm)</b>
<b>Model A-7</b>	0,190	97,421
<b>Model B-7</b>	0,184	91,021
<b>Model C-7</b>	0,174	71,058
<b>Model D-7</b>	0,157	104,443
<b>Model E-7</b>	0,154	87,781

#### **4.2. Yapıların Performans Seviyelerinin Belirlenmesi**

Yapılar performans noktalarına eriştiklerinde, yapı elemanlarında meydana gelen hasar durumları incelenmiştir. Bölüm 3.1.5.'te verilen kıstaslara uygun olarak elemanların buldukları hasar bölgelerine göre tüm yapıların performans seviyeleri belirlenmiştir.

Yapı modellerinde en fazla hasarın gerçekleştiği zemin katlarda, hangi eleman türünün ne kadarının hangi hasar bölgesinde olduğu Tablo 4.4., Tablo 4.5. ve Tablo 4.6.'da verilmiştir. Yapıların tüm katlarında, hangi eleman türünün ne kadarının hangi hasar bölgesinde olduğu ise Tablo 4.7., Tablo 4.8. ve Tablo 4.9.'da belirtilmiştir. Tablolarda minimum hasar bölgesi MH, belirgin hasar bölgesi BH, ileri hasar bölgesi İH ve göçme bölgesi GB ile gösterilmiştir.

Dolgu duvarlar gevrek davranış gösterdiği için Bölüm 3.1.4.1'de belirtilen hasar sınırları dolgu duvarlar için geçerli değildir. Tablolarda sadece duvarların göçüp göçmediği belirtilmiştir. Başka bir ifadeyle yük taşıma kapasitesine erişmeyen duvarlar minimum hasar bölgesinde, yük taşıma kapasitesini aşan duvarlar ise göçme bölgesinde gösterilmiştir.

**Tablo 4.4.** 3 Katlı Yapıların Zemin Katındaki Elemanların Buldukları Hasar Bölgeleri

<b>Model A-3</b>	<b>ELEMAN</b>	<b>MH</b>	<b>BH</b>	<b>İH</b>	<b>GB</b>	<b>TOPLAM</b>
	<b>Kolon</b>	25	-	-	-	25
	<b>Kiriş</b>	15	5	-	-	20
	<b>Duvar</b>	-	-	-	-	-
<b>Model B-3</b>	<b>ELEMAN</b>	<b>MH</b>	<b>BH</b>	<b>İH</b>	<b>GB</b>	<b>TOPLAM</b>
	<b>Kolon</b>	25	-	-	-	25
	<b>Kiriş</b>	18	2	-	-	20
	<b>Duvar</b>	-	-	-	20	20
<b>Model C-3</b>	<b>ELEMAN</b>	<b>MH</b>	<b>BH</b>	<b>İH</b>	<b>GB</b>	<b>TOPLAM</b>
	<b>Kolon</b>	25	-	-	-	25
	<b>Kiriş</b>	20	-	-	-	20
	<b>Duvar</b>	-	-	-	20	20
<b>Model D-3</b>	<b>ELEMAN</b>	<b>MH</b>	<b>BH</b>	<b>İH</b>	<b>GB</b>	<b>TOPLAM</b>
	<b>Kolon</b>	-	25	-	-	25
	<b>Kiriş</b>	15	5	-	-	20
	<b>Duvar</b>	-	-	-	-	-
<b>Model E-3</b>	<b>ELEMAN</b>	<b>MH</b>	<b>BH</b>	<b>İH</b>	<b>GB</b>	<b>TOPLAM</b>
	<b>Kolon</b>	-	25	-	-	25
	<b>Kiriş</b>	20	-	-	-	20
	<b>Duvar</b>	-	-	-	-	-

**Tablo 4.5.** 5 Katlı Yapıların Zemin Katındaki Elemanların Buldukları Hasar Bölgeleri

<b>Model A-5</b>	<b>ELEMAN</b>	<b>MH</b>	<b>BH</b>	<b>İH</b>	<b>GB</b>	<b>TOPLAM</b>
	<b>Kolon</b>	25	-	-	-	25
	<b>Kiriş</b>	11	9	-	-	20
	<b>Duvar</b>	-	-	-	-	-
<b>Model B-5</b>	<b>ELEMAN</b>	<b>MH</b>	<b>BH</b>	<b>İH</b>	<b>GB</b>	<b>TOPLAM</b>
	<b>Kolon</b>	25	-	-	-	25
	<b>Kiriş</b>	13	7	-	-	20
	<b>Duvar</b>	-	-	-	20	20
<b>Model C-5</b>	<b>ELEMAN</b>	<b>MH</b>	<b>BH</b>	<b>İH</b>	<b>GB</b>	<b>TOPLAM</b>
	<b>Kolon</b>	25	-	-	-	25
	<b>Kiriş</b>	15	5	-	-	20
	<b>Duvar</b>	-	-	-	20	20
<b>Model D-5</b>	<b>ELEMAN</b>	<b>MH</b>	<b>BH</b>	<b>İH</b>	<b>GB</b>	<b>TOPLAM</b>
	<b>Kolon</b>	-	25	-	-	25
	<b>Kiriş</b>	-	20	-	-	20
	<b>Duvar</b>	-	-	-	-	-
<b>Model E-5</b>	<b>ELEMAN</b>	<b>MH</b>	<b>BH</b>	<b>İH</b>	<b>GB</b>	<b>TOPLAM</b>
	<b>Kolon</b>	-	25	-	-	25
	<b>Kiriş</b>	-	20	-	-	20
	<b>Duvar</b>	-	-	-	-	-

**Tablo 4.6.** 7 Katlı Yapıların Zemin Katındaki Elemanların Buldukları Hasar Bölgeleri

<b>Model A-7</b>	<b>ELEMAN</b>	<b>MH</b>	<b>BH</b>	<b>İH</b>	<b>GB</b>	<b>TOPLAM</b>
	<b>Kolon</b>	20	5	-	-	25
	<b>Kiriş</b>	-	20	-	-	20
	<b>Duvar</b>	-	-	-	-	-
<b>Model B-7</b>	<b>ELEMAN</b>	<b>MH</b>	<b>BH</b>	<b>İH</b>	<b>GB</b>	<b>TOPLAM</b>
	<b>Kolon</b>	25	-	-	-	25
	<b>Kiriş</b>	-	20	-	-	20
	<b>Duvar</b>	-	-	-	20	20
<b>Model C-7</b>	<b>ELEMAN</b>	<b>MH</b>	<b>BH</b>	<b>İH</b>	<b>GB</b>	<b>TOPLAM</b>
	<b>Kolon</b>	25	-	-	-	25
	<b>Kiriş</b>	-	20	-	-	20
	<b>Duvar</b>	-	-	-	20	20
<b>Model D-7</b>	<b>ELEMAN</b>	<b>MH</b>	<b>BH</b>	<b>İH</b>	<b>GB</b>	<b>TOPLAM</b>
	<b>Kolon</b>	-	25	-	-	25
	<b>Kiriş</b>	-	20	-	-	20
	<b>Duvar</b>	-	-	-	-	-
<b>Model E-7</b>	<b>ELEMAN</b>	<b>MH</b>	<b>BH</b>	<b>İH</b>	<b>GB</b>	<b>TOPLAM</b>
	<b>Kolon</b>	-	25	-	-	25
	<b>Kiriş</b>	-	20	-	-	20
	<b>Duvar</b>	-	-	-	-	-



**Tablo 4.7.** 3 Katlı Yapıların Tüm Katlarındaki Elemanların Buldukları Hasar Bölgeleri

<b>Model A-3</b>	<b>ELEMAN</b>	<b>MH</b>	<b>BH</b>	<b>İH</b>	<b>GB</b>	<b>TOPLAM</b>
	<b>Kolon</b>	75	-	-	-	75
	<b>Kiriş</b>	55	5	-	-	60
	<b>Duvar</b>	-	-	-	-	-
<b>Model B-3</b>	<b>ELEMAN</b>	<b>MH</b>	<b>BH</b>	<b>İH</b>	<b>GB</b>	<b>TOPLAM</b>
	<b>Kolon</b>	75	-	-	-	75
	<b>Kiriş</b>	58	2	-	-	60
	<b>Duvar</b>	-	-	-	60	60
<b>Model C-3</b>	<b>ELEMAN</b>	<b>MH</b>	<b>BH</b>	<b>İH</b>	<b>GB</b>	<b>TOPLAM</b>
	<b>Kolon</b>	75	-	-	-	75
	<b>Kiriş</b>	60	-	-	-	60
	<b>Duvar</b>	20	-	-	40	60
<b>Model D-3</b>	<b>ELEMAN</b>	<b>MH</b>	<b>BH</b>	<b>İH</b>	<b>GB</b>	<b>TOPLAM</b>
	<b>Kolon</b>	50	25	-	-	75
	<b>Kiriş</b>	55	5	-	-	60
	<b>Duvar</b>	-	-	-	40	40
<b>Model E-3</b>	<b>ELEMAN</b>	<b>MH</b>	<b>BH</b>	<b>İH</b>	<b>GB</b>	<b>TOPLAM</b>
	<b>Kolon</b>	50	25	-	-	75
	<b>Kiriş</b>	40	20	-	-	60
	<b>Duvar</b>	25	-	-	15	40

**Tablo 4.8.** 5 Katlı Yapıların Tüm Katlarındaki Elemanların Buldukları Hasar Bölgeleri

<b>Model A-5</b>	<b>ELEMAN</b>	<b>MH</b>	<b>BH</b>	<b>İH</b>	<b>GB</b>	<b>TOPLAM</b>
	<b>Kolon</b>	125	-	-	-	125
	<b>Kiriş</b>	82	18	-	-	100
	<b>Duvar</b>	-	-	-	-	-
<b>Model B-5</b>	<b>ELEMAN</b>	<b>MH</b>	<b>BH</b>	<b>İH</b>	<b>GB</b>	<b>TOPLAM</b>
	<b>Kolon</b>	125	-	-	-	125
	<b>Kiriş</b>	88	12	-	-	100
	<b>Duvar</b>	-	-	-	100	100
<b>Model C-5</b>	<b>ELEMAN</b>	<b>MH</b>	<b>BH</b>	<b>İH</b>	<b>GB</b>	<b>TOPLAM</b>
	<b>Kolon</b>	125	-	-	-	125
	<b>Kiriş</b>	95	5	-	-	100
	<b>Duvar</b>	40	-	-	60	100
<b>Model D-5</b>	<b>ELEMAN</b>	<b>MH</b>	<b>BH</b>	<b>İH</b>	<b>GB</b>	<b>TOPLAM</b>
	<b>Kolon</b>	100	25	-	-	125
	<b>Kiriş</b>	67	33	-	-	100
	<b>Duvar</b>	3	-	-	77	80
<b>Model E-5</b>	<b>ELEMAN</b>	<b>MH</b>	<b>BH</b>	<b>İH</b>	<b>GB</b>	<b>TOPLAM</b>
	<b>Kolon</b>	100	25	-	-	125
	<b>Kiriş</b>	80	20	-	-	100
	<b>Duvar</b>	40	-	-	40	80

**Tablo 4.9.** 7 Katlı Yapıların Tüm Katlarındaki Elemanların Buldukları Hasar Bölgeleri

<b>Model A-7</b>	<b>ELEMAN</b>	<b>MH</b>	<b>BH</b>	<b>İH</b>	<b>GB</b>	<b>TOPLAM</b>
	<b>Kolon</b>	170	5	-	-	175
	<b>Kiriş</b>	80	60	-	-	140
	<b>Duvar</b>	-	-	-	-	-
<b>Model B-7</b>	<b>ELEMAN</b>	<b>MH</b>	<b>BH</b>	<b>İH</b>	<b>GB</b>	<b>TOPLAM</b>
	<b>Kolon</b>	175	-	-	-	175
	<b>Kiriş</b>	83	57	-	-	140
	<b>Duvar</b>	5	-	-	135	140
<b>Model C-7</b>	<b>ELEMAN</b>	<b>MH</b>	<b>BH</b>	<b>İH</b>	<b>GB</b>	<b>TOPLAM</b>
	<b>Kolon</b>	175	-	-	-	175
	<b>Kiriş</b>	95	45	-	-	140
	<b>Duvar</b>	49	-	-	91	140
<b>Model D-7</b>	<b>ELEMAN</b>	<b>MH</b>	<b>BH</b>	<b>İH</b>	<b>GB</b>	<b>TOPLAM</b>
	<b>Kolon</b>	150	25	-	-	175
	<b>Kiriş</b>	83	57	-	-	140
	<b>Duvar</b>	5	-	-	115	120
<b>Model E-7</b>	<b>ELEMAN</b>	<b>MH</b>	<b>BH</b>	<b>İH</b>	<b>GB</b>	<b>TOPLAM</b>
	<b>Kolon</b>	150	25	-	-	175
	<b>Kiriş</b>	100	40	-	-	140
	<b>Duvar</b>	55	-	-	65	120

Tablolar incelendiğinde, dolgu duvarsız yapılara duvarların eklenmesinin belirgin hasar bölgesinde bulunan kirişlerin ve kolonların sayısını azalttığı görülmüştür. Yapıda lif katkılı sıvalı duvarların kullanılması hasarlı eleman sayısını daha da aza indirmiştir. Yumuşak kat düzensizliğine sahip olan yapılarda, düzensizlik bulunmayan yapılara göre eleman hasarları fazla olmuştur. Yapıların kat sayısının artması, yumuşak kat düzensizliğinin bu olumsuz etkisini azaltmıştır.

Yapı elemanlarının buldukları hasar bölgeleri ve Bölüm 3.1.5.'te her performans düzeyi için belirtilen koşullar dikkate alınarak tüm yapıların performans seviyeleri belirlenmiştir.

**Tablo 4.10.** 3 Katlı Yapıların Performans Seviyeleri

<b>Model</b>	<b>Performans Seviyesi</b>
<b>Model A-3</b>	Can Güvenliği
<b>Model B-3</b>	Hemen Kullanım
<b>Model C-3</b>	Hemen Kullanım
<b>Model D-3</b>	Can Güvenliği
<b>Model E-3</b>	Göçme Durumu

**Tablo 4.11.** 5 Katlı Yapıların Performans Seviyeleri

<b>Model</b>	<b>Performans Seviyesi</b>
<b>Model A-5</b>	Can Güvenliği
<b>Model B-5</b>	Can Güvenliği
<b>Model C-5</b>	Can Güvenliği
<b>Model D-5</b>	Can Güvenliği
<b>Model E-5</b>	Can Güvenliği

**Tablo 4.12.** 7 Katlı Yapıların Performans Seviyeleri

<b>Model</b>	<b>Performans Seviyesi</b>
<b>Model A-7</b>	Can Güvenliği
<b>Model B-7</b>	Can Güvenliği
<b>Model C-7</b>	Can Güvenliği
<b>Model D-7</b>	Can Güvenliği
<b>Model E-7</b>	Can Güvenliği

Model E-3 performans noktasına ulaştığında, yapının kolonlarının ve kirişlerinin hiğbiri ileri hasar bōlgesinde veya gōçme bōlgesinde değildir. Ancak zemin katta bulunan kolonların tōmünün hem alt ve hem de ũst kesitlerinde minimum hasar sınırı aşılmıştır. Dolayısıyla Bōlüm 3.1.5.2. ve Bōlüm 3.1.5.3.'te belirtilen şartlar sağlanamamış ve yapı gōçme durumuna geçmiştir. Dolayısıyla yumuşak kata sahip yapılarda rijit dolgu duvarların kullanılması yapı açısından önemli sorunlar ortaya çıkarabilir.

### 4.3. Yapıların Birinci Doğal Titreşim Periyotları

Modal analiz sonucunda yapı modellerinin birinci doğal titreşim periyotları belirlenmiş ve Tablo 4.13.'te verilmiştir.

**Tablo 4.13.** Yapıların Birinci Doğal Titreşim Periyotları

<b>Model</b>	<b>Periyot (s)</b>	<b>Model</b>	<b>Periyot (s)</b>	<b>Model</b>	<b>Periyot (s)</b>
<b>Model A-3</b>	0,42395	<b>Model A-5</b>	0,73420	<b>Model A-7</b>	1,05188
<b>Model B-3</b>	0,18690	<b>Model B-5</b>	0,31286	<b>Model B-7</b>	0,44606
<b>Model C-3</b>	0,15318	<b>Model C-5</b>	0,25716	<b>Model C-7</b>	0,36936
<b>Model D-3</b>	0,43794	<b>Model D-5</b>	0,60904	<b>Model D-7</b>	0,76479
<b>Model E-3</b>	0,43026	<b>Model E-5</b>	0,58984	<b>Model E-7</b>	0,73166

Geleneksel sıvayla sıvanan dolgu duvarlara sahip olan B tipi yapıların birinci doğal titreşim periyodu, dolgu duvarsız A tipi yapıların periyoduna göre yaklaşık olarak 3 katlı modellerde % 56, 5 katlı modellerde % 57, 7 katlı modellerde % 58 oranında azalmıştır. Polipropilen lif katkılı sıvayla sıvanan duvarlara sahip C tipi yapıların periyodu ise B tipi yapıların periyoduna göre yaklaşık olarak 3 ve 5 katlı modellerde % 18, 7 katlı modellerde % 17 oranında azalmıştır.

Yumuşak kat düzensizliği yapının periyodunu önemli ölçüde artırmaktadır. Bu düzensizliğin bulunduğu ve geleneksel sıvayla sıvanan duvarlara sahip olan D tipi yapıların periyodu, B tipi yapıların periyoduna göre yaklaşık olarak 3 katlı modellerde % 134, 5 katlı modellerde % 95, 7 katlı modellerde % 71 oranında artmıştır. Yumuşak kat düzensizliği bulunan ve polipropilen lif katkılı sıvayla sıvanan duvarlara sahip olan E tipi yapıların periyodunun ise C tipi yapıların periyoduna göre yaklaşık olarak 3 katlı modellerde % 181, 5 katlı modellerde yaklaşık % 129, 7 katlı modellerde yaklaşık % 98 oranında arttığı tespit edilmiştir.

#### 4.4. Yapıların Rijitlik Katsayıları

Performans analizi sonucunda çizilen yapı kapasite eğrilerinin, elastik bölgeden çıkıp elastik ötesine geçtiği noktalar belirlenmiştir. Bu noktalara karşılık gelen kuvvet değerinin deplasman değerine oranı, ilgili yapının rijitlik katsayısını (k) ifade etmektedir. Tüm yapılar için rijitlik katsayıları hesaplanmış ve Tablo 4.14.'te verilmiştir.

**Tablo 4.14.** Yapıların Rijitlik Katsayıları

Model	k (KN/mm)	Model	k (KN/mm)	Model	k (KN/mm)
Model A-3	77,637	Model A-5	39,912	Model A-7	27,480
Model B-3	372,441	Model B-5	300,882	Model B-7	227,695
Model C-3	746,421	Model C-5	397,529	Model C-7	294,119
Model D-3	111,513	Model D-5	99,431	Model D-7	68,138
Model E-3	112,819	Model E-5	106,201	Model E-7	97,384

Geleneksel sıvayla sıvanan dolgu duvarlara sahip olan B tipi yapıların rijitlik katsayısı, dolgu duvarsız A tipi yapıların rijitlik katsayısına göre 3 katlı modellerde 3.8, 5 katlı modellerde 6.54, 7 katlı modellerde 7.29 kat artmıştır. Polipropilen lif katkılı sıvayla sıvanan duvarlara sahip C tipi yapıların rijitlik katsayısı ise B tipi yapıların rijitlik katsayısına göre yaklaşık olarak 3 katlı modellerde % 100, 5 katlı modellerde % 32, 7 katlı modellerde % 29 oranında artmıştır.

Yumuşak kat düzensizliği yapının rijitlik katsayısını önemli ölçüde düşürmektedir. Bu düzensizliğin bulunduğu ve geleneksel sıvayla sıvanan duvarlara sahip olan D tipi yapıların rijitlik katsayısı, B tipi yapıların rijitlik katsayısına göre yaklaşık olarak 3 katlı modellerde % 70, 5 katlı modellerde % 67, 7 katlı modellerde % 70 oranında azalmıştır. Yumuşak kat düzensizliği bulunan ve polipropilen lif katkılı sıvayla sıvanan duvarlara sahip olan E tipi yapıların rijitlik katsayısının ise C tipi yapıların rijitlik katsayısına göre yaklaşık olarak 3 katlı modellerde % 85, 5 katlı modellerde % 73, 7 katlı modellerde % 67 oranında azaldığı tespit edilmiştir.

#### 4.5. Yapıların Süneklik Katsayıları

Yapıların kapasite eğrilerinin ulaştığı maksimum deplasman değerinin, akma anındaki deplasman değerine oranı süneklik katsayısını verir. Tüm yapılar için süneklik katsayıları hesaplanmış ve Tablo 4.15.'te verilmiştir.

**Tablo 4.15.** Yapıların Süneklik Katsayıları

Model	$\mu$	Model	$\mu$	Model	$\mu$
Model A-3	4,3661	Model A-5	3,2247	Model A-7	2,7955
Model B-3	3,1432	Model B-5	2,5784	Model B-7	2,0894
Model C-3	42,8441	Model C-5	31,2099	Model C-7	28,8147
Model D-3	2,0068	Model D-5	1,8397	Model D-7	1,6111
Model E-3	5,8917	Model E-5	8,5547	Model E-7	10,2449

Geleneksel sıvayla sıvanan dolgu duvarlara sahip olan B tipi yapıların süneklik katsayısı, dolgu duvarsız A tipi yapıların süneklik katsayısına göre yaklaşık olarak 3 katlı modellerde % 28, 5 katlı modellerde % 20, 7 katlı modellerde % 25 oranında azalmıştır. Polipropilen lif katkılı sıvayla sıvanan duvarlara sahip C tipi yapıların süneklik katsayısı ise B tipi yapıların süneklik katsayısına göre 3 katlı modellerde 12.63, 5 katlı modellerde 11.1, 7 katlı modellerde 12.79 kat artmıştır.

Yumuşak kat düzensizliğinin bulunduğu ve geleneksel sıvayla sıvanan duvarlara sahip olan D tipi yapıların süneklik katsayısı, B tipi yapıların süneklik katsayısına göre yaklaşık olarak 3 katlı modellerde % 36, 5 katlı modellerde % 29, 7 katlı modellerde % 23 oranında azalmıştır. Yumuşak kat düzensizliği bulunan ve polipropilen lif katkılı sıvayla sıvanan duvarlara sahip olan E tipi yapıların süneklik katsayısının ise C tipi yapıların süneklik katsayısına göre yaklaşık olarak 3 katlı modellerde % 86, 5 katlı modellerde % 73, 7 katlı modellerde % 64 oranında azaldığı tespit edilmiştir.



#### 4.6. Yapıların Enerji Tüketme Kapasiteleri

Yapı modellerine ait kapasite eğrilerinin x eksenine birlikte sınırladığı alan, ilgili yapının enerji tüketme kapasitesidir. Enerji tüketme kapasitesi yapının yaptığı deplasmanlar ve uğradığı deformasyonlarla, ne kadarlık bir deprem enerjisini tüketebildiğini ifade eder. Tanıma uygun olarak tüm yapı modelleri için enerji tüketme kapasiteleri (E) hesaplanmış ve Tablo 4.16.'da verilmiştir.

**Tablo 4.16.** Yapıların Enerji Tüketme Kapasiteleri

Model	E (kJ)	Model	E (kJ)	Model	E (kJ)
Model A-3	221,9562	Model A-5	319,2029	Model A-7	353,8930
Model B-3	240,9520	Model B-5	350,0941	Model B-7	382,4982
Model C-3	288,7593	Model C-5	405,4576	Model C-7	473,0690
Model D-3	145,5343	Model D-5	229,8934	Model D-7	281,5391
Model E-3	159,2913	Model E-5	268,2387	Model E-7	345,4943

Geleneksel sıvayla sıvanan dolgu duvarlara sahip olan B tipi yapıların enerji tüketme kapasitesi, dolgu duvarsız A tipi yapıların enerji tüketme kapasitesine göre yaklaşık olarak 3 katlı modellerde % 9, 5 katlı modellerde % 10, 7 katlı modellerde % 8 oranında artmıştır. Polipropilen lif katkılı sıvayla sıvanan duvarlara sahip C tipi yapıların enerji tüketme kapasitesi ise B tipi yapıların enerji tüketme kapasitesine göre yaklaşık olarak 3 katlı modellerde % 20, 5 katlı modellerde % 16, 7 katlı modellerde % 24 oranında artmıştır.

Yumuşak kat düzensizliğinin bulunduğu ve geleneksel sıvayla sıvanan duvarlara sahip olan D tipi yapıların enerji tüketme kapasitesi, B tipi yapıların enerji tüketme kapasitesine göre yaklaşık olarak 3 katlı modellerde % 40, 5 katlı modellerde % 34, 7 katlı modellerde % 26 oranında azalmıştır. Yumuşak kat düzensizliği bulunan ve polipropilen lif katkılı sıvayla sıvanan duvarlara sahip olan E tipi yapıların enerji tüketme kapasitesi ise C tipi yapıların enerji tüketme kapasitesine göre yaklaşık olarak 3 katlı modellerde % 45, 5 katlı modellerde % 34, 7 katlı modellerde % 27 oranında azaldığı tespit edilmiştir.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, seçilen betonarme yapı örnekleri üzerinde tuğla dolgu duvarların etkisi incelemiştir. Dolgu duvarların etkisini net bir şekilde görebilmek için, öncelikle dolgu duvarları taşıyıcı sisteme dahil etmeden çözüm yapılmıştır. Tuğla dolgu duvarların hesaba katıldığı çözümlerde eşdeğer diyagonal basınç çubuğu yöntemi kullanılmıştır. Dolgu duvar sıvalarının dolgu duvar dayanımına ve yapı performansına etkisi incelenmiş, bu kapsamda bazı yapılarda sıva içerisine polipropilen lif katkısı yapılmıştır. Planda aynı olan fakat farklı kat sayılarına sahip yapılar ele alınmış, dolgu duvar etkisinin kat sayısına göre nasıl değişim gösterdiği analiz edilmiştir. Bunun yanında yumuşak kat düzensizliğine sahip yapılar üzerinde dolgu duvarların nasıl bir etki gösterdiği irdelenmiştir.

Dolgu duvarlar sistem içerisine eklenerek yapılan analizlerde, deprem esnasında yapının başlangıç rijitliğinin arttığı tespit edilmiştir. Polipropilen lif katkılı sıvayla sıvanan dolgu duvarların ise deprem sırasında yapının başlangıç rijitliğini çok yüksek oranda artırdığı belirlenmiştir.

Yapıda kat sayısı arttıkça, dolgu duvar sıvalarına eklenen polipropilen lif katkısının yapının başlangıç rijitliği üzerindeki etkisinin biraz azaldığı gözlenmiştir.

Yumuşak katın olumsuz etkisine rağmen, dolgu duvar ve lif etkisinin yumuşak kat düzensizliği olan yapılarda da başlangıç rijitliğini artırdığı tespit edilmiştir. Bu yapıların kat sayısı arttıkça performansının yumuşak kat düzensizliği olmayan yapıların performansına yaklaştığı görülmüştür.

Dolgu duvarlı yapılarda her ne kadar deprem esnasında başlangıçtaki yapı rijitliği artsa da, dolgu duvarlar yük taşıma kapasitesine ulaştıktan sonra göçmekte ve yapı performansı dolgu duvarsız yapıyla hemen hemen aynı seviyeye gelmektedir.

Yapı örneklerinde dolgu duvarların taşıyıcı sisteme dahil edilmesinin yapı periyodunu % 56-58 arasında azalttığı tespit edilmiştir. Dolgu duvarları polipropilen lif katkılı sıvayla sıvanan yapıların periyodunun ise % 17-18 kadar daha azaldığı

gözlenmiştir. Yumuşak kat etkisinin ise periyodu % 71 ile % 181 arasında değişen oranlarda artırdığı belirlenmiştir.

Dolgu duvarların yapının rijitlik katsayısını 4 ile 7 kat arasında artırdığı tespit edilmiştir. Dolgu duvar sıvalarına yapılan polipropilen lif katkısının yapının rijitlik katsayısını üç katlı yapıda iki katına çıkardığı, ancak kat sayısı arttıkça bu etkinin % 29 artışa kadar azaldığı görülmüştür. Yumuşak kat düzensizliğinin ise rijitlik katsayısını % 67-85 arasında azalttığı tespit edilmiştir.

Dolgu duvarların yapının süneklik katsayısını % 20-28 arasında azalttığı belirlenmiştir. Ancak dolgu duvar sıvalarına yapılan polipropilen lif katkısıyla yapının süneklik katsayısının 11 ile 13 kat arasında arttığı tespit edilmiştir. Yumuşak kat düzensizliğinin ise süneklik katsayısını % 23 ile % 86 arasında değişen oranlarda azalttığı görülmüştür.

Yapıların enerji tüketme kapasitesinin dolgu duvarların taşıyıcı sisteme dahil edilmesiyle % 8-10 arasında arttığı gözlenmiştir. Dolgu duvar sıvalarına polipropilen lif katkısı yapılmasıyla yapının enerji tüketme kapasitesinin % 16-24 arasında değişen oranlarda daha da arttığı tespit edilmiştir. Yumuşak kat etkisinin ise enerji tüketme kapasitesini % 26-45 arasında azalttığı belirlenmiştir.

Dolgu duvarların taşıyıcı sisteme dahil edilmediği yapıların can güvenliği performans seviyesinde olduğu tespit edilmiştir. 3 katlı yapı modelinin taşıyıcı sistemine dolgu duvarlar eklendiğinde yapı hemen kullanım performans seviyesine dönmüş, dolgu duvar sıvalarına yapılan polipropilen lif katkısıyla yapıdaki eleman hasarlarının daha da azaldığı gözlenmiştir. Yumuşak kat düzensizliği olan yapının ise dolgu duvar etkisine rağmen can güvenliği performans seviyesinde olduğu görülmüş, polipropilen lif katkısının yapıldığı modelde ise zemin kattaki tüm kolonlarda iki uçta da minimum hasar sınırı aşıldığı için yapı göçme durumuna geçmiştir.

5 ve 7 katlı yapı modellerinde dolgu duvar ve lif etkisi eleman hasarlarını azaltmış, ancak yapıların performans seviyesini değiştirmemiştir. Bu yapıların tümü can güvenliği performans seviyesindedir.

Sonuç olarak, yapılan çalışmada dolgu duvarların mevcut betonarme yapıların deprem performansları üzerinde önemli etkilere sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu yüzden mevcut yapıların performans analizinin daha gerçekçi sonuçlar vermesi için analizde dolgu duvarların göz önüne alınması önerilmektedir.



## KAYNAKLAR

- [1] Mainstone, R.J., (1974) ‘Supplementary Note on the Stiffness and Strengths of Infilled Frames’ Current Paper 13/74, Building Research Station, UK, Feb.
- [2] Demir, A., Ercan, E., Arısoy, B., Nuhoglu, A., Kozanoğlu, C., Dolgu Duvar Sıvalarının Yapıların Deprem Davranışına Etkisi, Yedinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 30 Mayıs-3 Haziran 2011, İstanbul.
- [3] Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY), 2007. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- [4] Kaltakçı, M.Y., Arslan, M.H., Taşıyıcı Olmayan Tuğla Dolgu Duvarların Yapı Davranış Katsayısına Olan Etkisinin İncelenmesi, Deprem Sempozyumu, 23-25 Mart 2005, Kocaeli. (598-605)
- [5] SAP2000, Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures Basic Analysis Reference Manual, Computers and Structures Inc. Berkeley (CA, USA).
- [6] FEMA-356, 2005. Prestandard and Commentary for Seismic Rehabilitation of Buildings, Federal Emergency Management Agency, Washington.
- [7] ATC-40, 1996. “Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings” Vol.1,2 Applied Technology Council, California.,1996.
- [8] Karşlıoğlu, Ö., Çok Katlı Binalarda Bulunan Tuğla Dolgu Duvarların Yapı Davranışına Etkileri, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Kahramanmaraş, 2005, 79s. (Yüksek Lisans Tezi)
- [9] İrtem E., Türker K., Hasgül U., Dolgu Duvarlarının Betonarme Bina Davranışına Etkisi, İstanbul Teknik Üniversitesi Mühendislik Dergisi, 2005, 4(4), 3-13.

- [10] Tekin, M., Erçetin, İ., Dolgulu Betonarme Çerçevesinin Doğrusal Olmayan Analizi, Deprem Sempozyumu, 23-25 Mart 2005, Kocaeli. (936-941)
- [11] Korkmaz, A., Uçar, T., Betonarme Binaların Deprem Davranışında Dolgu Duvar Etkisinin İncelenmesi, DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 2006, 8(1), 101-108.
- [12] Çağlayan, E., Betonarme Çerçevesinin Yatay Yüklere Göre Analizinde Dolgu Duvar Etkisinin İncelenmesi, Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Manisa, 2006, 47s. (Yüksek Lisans Tezi)
- [13] Dündar, E., Çok Katlı Betonarme Yapılarda Bölme Duvarlarının Deprem Davranışına Etkisi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana, 2006, 169s. (Yüksek Lisans Tezi)
- [14] Kızıloğlu, M.Y., Deprem Etkisi Altında Dolgu Duvarların Betonarme Çerçeve Yapılar Üzerindeki Etkisi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 2006, 94s. (Yüksek Lisans Tezi)
- [15] Özdoğu, O.Z., Deprem Etkisi Altındaki Binaların Davranışına Dolgu Duvarların Etkisi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Sakarya, 2006, 85s. (Yüksek Lisans Tezi)
- [16] Tarakcı, U., Mevcut Yapıların İncelenmesi ve Dolgu Duvar Takviyesi İle Güçlendirilmesi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli, 2006, 87s. (Yüksek Lisans Tezi)
- [17] Ural, A., Doğangün, A., Mikro Modelleme Tekniği Kullanılarak Yığma Yapıların Deprem Performanslarının İncelenmesi, Uluslararası Deprem Sempozyumu, 22-26 Ekim 2007, Kocaeli. (323-331)

[18] Karahan, A.E., Türkiye'deki Prefabrikte Betonarme Sanayi Yapılarının Performans Değerlendirmesinde Dolgu Duvar Etkisinin incelenmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta, 2008, 88s. (Yüksek Lisans Tezi)

[19] Gürpınar, Z., Rijit Ötelenme Hareketine Maruz Mevcut Dolgu Duvarlı Bir Yapının Deprem Performansının Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi İle Belirlenmesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 2011, 166s. (Yüksek Lisans Tezi)

[20] Aldemir, A., Erberik, M.A., Sucuoğlu H. Tuğla Yığma Duvarlar İçin Performansa Dayalı Bir Değerlendirme Yöntemi, 1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 124-133, 11-14 Ekim 2011, Ankara. (1-8)

[21] Güder, S.O., Dolgu Duvarların Yapısal Analizlerde Göz Önüne Alınmasının Düşey Düzensizlik Ve Deprem Performansına Etkileri, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 2012, 97s. (Yüksek Lisans Tezi)

[22] Durmazgezer, E., Dolgu Duvarlı Betonarme Çerçevelerin Deprem Etkileri Altındaki Davranışının İncelenmesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir, 2013, 125s. (Yüksek Lisans Tezi)

[23] Uysal, K.E., Betonarme Binalarda Dolgu Duvarların Deprem Etkisi Altındaki Davranışının İncelenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 2013, 207s. (Yüksek Lisans Tezi)

[24] Akyürek, O., Betonarme Bina Performansına Dolgu Duvarların Etkisi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta, 2014, 86s. (Yüksek Lisans Tezi)

[25] Korkmaz, K.A., Çarhoğlu, A.I., Orhon, A.V., Nuhoglu, A., Farklı Yapısal Malzeme Özelliklerinin Yığma Yapı Davranışına Etkisi, Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi, 2014, 3(1), 69-78

[26] Boztaş, Ö., Burulma Düzensizliğine Sahip Betonarme Çerçevesel Taşıyıcı Sistemlerin Performansına Dolgu duvarların Etkisinin Belirlenmesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 2015, 185s. (Yüksek Lisans Tezi)

[27] Timurağaoğlu, M.Ö., Dolgu Duvarlı Çerçevelerin Davranışının Analitik ve Sayısal Yöntemlerle İncelenmesi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa, 2015, 125s. (Yüksek Lisans Tezi)

[28] Öztürkoğlu, O., Uçar, T., Yeşilce, Y., Kısmi Boşluklu Dolgu Duvarların Betonarme Binaların Deprem Davranışına Etkisinin İncelenmesi, Uluslararası Burdur Deprem ve Çevre Sempozyumu, 7-9 Mayıs 2015, Burdur. (124-133)

[29] Mert, S., Dolgu Duvarların Betonarme Taşıyıcı Sistem Performansına Etkisinin Belirlenmesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 2015, 125s. (Yüksek Lisans Tezi)

[30] Öztürkoğlu, O., Kısmi Boşluklu Dolgu Duvarlı Betonarme Çerçevelerin Doğrusal Olmayan Davranışının İncelenmesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir, 2016, 202s. (Yüksek Lisans Tezi)



## **ÖZGEÇMİŞ**

Adı Soyadı : Mehmet Mete CENGİZ  
Doğum Yeri : İzmir  
Doğum Yılı : 1988  
Yabancı Dili : İngilizce  
E-posta : metecengiz@hotmail.com

### **Eğitim Durumu**

Lise : Efeler Anadolu Lisesi, 2006  
Lisans : Anadolu Üniversitesi, İşletme Bölümü, 2010  
Lisans : MCBÜ, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 2013  
Yüksek Lisans : MCBÜ, İnşaat Mühendisliği ABD, 2018

### **Çalıştığı Kurum**

Karayolları 2. Bölge Müdürlüğü, İzmir (2018 – Halen)