T.C.
BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

TÜRKİYE BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİ (TBDY)'NE GÖRE DOLGU DUVARLARIN SÖNÜME ETKİSİNİN ANALİTİK OLARAK İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Muhammed AKGÜL

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

İnşaat Mühendisliği Yüksek Lisans Programı

EKİM 2023

T.C.
BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

TÜRKİYE BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİ (TBDY)'NE GÖRE DOLGU DUVARLARIN SÖNÜME ETKİSİNİN ANALİTİK OLARAK İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Muhammed AKGÜL
(19262821029)

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

İnşaat Mühendisliği Yüksek Lisans Programı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Hacer BİLİR ÖZHAN

EKİM 2023

BTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 19262821029 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Muhammed AKGÜL, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "TÜRKİYE BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİ (TBDY-2018)'NE GÖRE DOLGU DUVARLARIN SÖNÜME ETKİSİNİN ANALİTİK OLARAK İNCELENMESİ" başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Dr. Öğr. Üyesi Hacer BİLİR ÖZHAN** .....
Bursa Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Dr. Öğr. Üyesi Eray YILDIRIM** .....
Bursa Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Aylin ÖZODABAŞ .....
Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi

Teslim Tarihi :
Savunma Tarihi : 26 Ekim 2023

20.04.2016 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, Bursa Teknik Üniversitesi'nin abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

İNTİHAL BEYANI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belgelediğimi, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı: Muhammed AKGÜL

İmzası:

ÖNSÖZ

Tez çalışma süresince desteğini ve ilgisini esirgemeyen çok değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Hacer BİLİR ÖZHAN hocama teşekkür ederim.

Hayatım boyunca her zaman yanımda olan maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen canım annem Öznur AKGÜL ve babam Prof. Dr. Yakup AKGÜL'e bana inandıkları için teşekkür ederim. Abim Ömer AKGÜL, ablalarım Zuhal AKGÜL ve Hilal AKGÜL'e destekleri için teşekkür ederim. Tez çalışmasında yardımcı olan desteklerini esirgemeyen arkadaşlarım Gülnur SONA, Mert TİLEKLİOĞLU ve Muhammed DEMİRBAĞ'a teşekkür ederim.

Ekim 2023

Muhammed AKGÜL
(İnşaat Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ... **vi**
İÇİNDEKİLER ... **vii**
KISALTMALAR ... **ix**
SEMBOLLER ... **x**
ÇİZELGE LİSTESİ ... **xii**
ŞEKİL LİSTESİ ... **xiii**
ÖZET ... **xv**
SUMMARY ... **xvi**
1. GİRİŞ ... **1**
1.1 Dolgu Duvarların Betonarme Yapı Davranışına Olumlu Etkileri ... 3
1.2 Dolgu Duvarları Betonarme Bina Davranışına Olumsuz Etkileri ... 5
1.3 Dolgu Duvarların Analitik Modellenmesine İlişkin Esaslar ... 5
1.3.1 Eşdeğer basınç çubuğu yöntemi ... 6
1.3.2 Bölüntüleme yüzey modeli ... 8
2. SÖNÜMEYİCİ SİSTEMLER ... **9**
2.1 Titreşim Enerjisinin Sönümü ... 9
2.1.1 Serbest titreşim ... 10
2.1.2 Zorlanmış titreşim hareketi ... 11
2.2 Enerji Sönümü ... 11
2.2.1 Viskoz sönüm ... 12
2.2.2 Coulumb cisim sönümü ... 12
2.2.3 Çevrimsel (hysteresis) sönüm ... 13
2.2.4 Sönüm oranlarının belirlenmesi ... 14
2.3 Literatür Araştırması ... 15
3. MATERYAL METOD ... **20**
3.1 Bina Genel Bilgileri ... 20
3.1.1 Kat Bilgileri ... 20
3.1.2 Bina Analitik Modeli ... 21
3.1.3 Dolgu Duvar Modelleri ... 26
3.2 Dolgu Duvarların Betonarme Binaların Davranışına Türk Deprem Yönetmeliği 2018 Kriterlerine Göre Etkisi ... 29
3.2.1 Deprem hareket düzeyi ... 29
3.2.1.1 Deprem yer hareketi düzeyi- 1 (DD-1) ... 29
3.2.1.2 Deprem yer hareketi düzeyi- 2 (DD-2) ... 29
3.2.1.3 Deprem yer hareketi düzeyi- 3 (DD-3) ... 30
3.2.1.4 Deprem yer hareketi düzeyi- 4 (DD-4) ... 30
3.2.2 Yatay elastik tasarım spektrumu ... 30
3.2.3 Zaman tanım alanında hesap ... 33
3.2.3.1 Deprem kayıtlarının seçimi ... 33

3.2.3.2 Depreme kayıtlarının basit ölçeklendirme yöntemiyle ölçeklendirilmesi 33
3.2.3.3 Deprem kayıtlarının spektral uyuşum sağlanacak şekilde dönüştürülmesi 33
4. BULGULAR VE SONUÇLAR 39
4.1 Bulgular 39
4.1.1 Yapı (1) 39
4.1.2 Yapı (2) 47
4.1.3 Yapı (3) 53
4.2 Sonuçlar 61
KAYNAKLAR 64
ÖZGEÇMİŞ 68

KISALTMALAR

FEMA **:** Federal Acil Yönetim Ajansı (Federal Emergency Management Agency)

SAP **:** Yapı Analizi Programı (Structural Analysis Program)

TDBY **:** Türk Bina Deprem Yönetmeliği

TEDBÇM **:** Tek Eşdeğer Basınç Çubuğu Modeli

TS : Türk Standartları

SEMBOLLER

$u_i^{(x)}$	:	Deprem Yönetmeliği 2018'de tanımlanan X deprem doğrultusu için binanın i'inci katında herhangi birkolonun ve perdenin uçlarında azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanan yatay yer değiştirme
$u_{i-1}^{(x)}$	:	Türk Deprem Yönetmeliği 2018'de tanımlanan X deprem doğrultusu için binanın i-1'inci katında herhangi bir kolonun ve perdenin uçlarında azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanan yatay yer değiştirme
E_C	:	Betonarme binada kullanılan betonun elastisite modülü
E_m	:	Dolgu duvarın elastisite modülü
d_m	:	Eşdeğer basınç çubuğunun uzunlu
R	:	Türk Deprem Yönetmeliği 2018'de tanımlanan taşıyıcı sistem davranış katsayısı
T_A	:	Türk Deprem Yönetmeliği 2018'de göze alınan yönde tanımlanan yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu
T_B	:	Türk Deprem Yönetmeliği 2018'de göze alınan yönde tanımlanan yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu
T_L	:	Türk Deprem Yönetmeliği 2018'de göze alınan yönde tanımlanan yatay elastik tasarım ivme spektrumunda geçiş periyodu
w	:	Açısal hız
I	:	Türk Deprem Yönetmeliği 2018'de tanımlanan bina önem katsayısı
K	:	Tanımlanan harcın genişliği ile duvarın kalınlığı arasındaki oranı gösteren katsayı
SaR(Tp (X))	:	Türk Deprem Yönetmeliği 2018'de tanımlanan göz önüne alınan (X) deprem doğrultusunda azaltılmış tasarım spektral ivmesi (g)
SD1	:	Türk Deprem Yönetmeliği 2018'de göze alınan yönde tanımlanan 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı
t	:	Dolgu duvarın kalınlığı

T_A	:	Türk Deprem Yönetmeliği 2018'de göze alınan yönde tanımlanan yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu
T_B	:	Türk Deprem Yönetmeliği 2018'de göze alınan yönde tanımlanan yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu
T_L	:	Türk Deprem Yönetmeliği 2018'de göze alınan yönde tanımlanan yatay elastik tasarım ivme spektrumunda geçiş periyodu
w	:	Eşdeğer basınç çubuğunun efektif genişliği
βte (X)	:	Türk Deprem Yönetmeliği 2018'de tanımlanan verilen X deprem doğrultusunda eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısı
Γn (X)	:	Türk Deprem Yönetmeliği 2018'de tanımlanan Xdeprem doğrultusu için n'inci titreşim moduna ait modal katkı çarpanı
R	:	Türk Deprem Yönetmeliği 2018'de tanımlanan taşıyıcı sistem davranış katsayısı
Ra(T)	:	Türk Deprem Yönetmeliği 2018'de tanımlanan deprem yükü azaltma katsayısı
Sae(T)	:	Türk Deprem Yönetmeliği 2018'de göze alınan yönde tanımlanan yatay elastik tasarım ivmesi

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : Hareketli yük kütle katılım katsayısı..... **22**
Çizelge 4.1 : Duvar modellerinin 0,05 sönüm oranındaki x yönündeki en büyük tepe deplasman değerleri. **41**
Çizelge 4.2 : Duvar modellerinin 0,05 sönüm oranındaki y doğrultusundaki en büyük tepe deplasman değerleri. **43**
Çizelge 4.3 : Duvar modellerinin 0,05 sönüm oranındaki x yönündeki en büyük taban kesme kuvveti değerleri. **45**
Çizelge 4.4 : Duvar modellerinin 0,05 sönüm oranındaki y yönündeki en büyük taban kesme kuvveti değerleri. **46**
Çizelge 4.5 : Duvar modellerinin 0,05 sönüm oranındaki x yönündeki en büyük tepe deplasman değerleri. **48**
Çizelge 4.6 : Duvar modellerinin 0,05 sönüm oranındaki y doğrultusundaki en büyük tepe deplasman değerleri. **50**
Çizelge 4.7 : Duvar modellerinin farklı sönüm oranlarında tepe deplasmanlarındaki en büyük azalma **50**
Çizelge 4.8 : Duvar modellerinin 0,05 sönüm oranındaki x yönündeki en büyük taban kesme kuvveti değerleri. **51**
Çizelge 4.9 : Duvar modellerinin 0,05 sönüm oranındaki y yönündeki en büyük taban kesme kuvveti değerleri. **53**
Çizelge 4.10 : Duvar modellerinin 0,05 sönüm oranındaki x yönündeki en büyük tepe deplasman değerleri. **55**
Çizelge 4.11 : Duvar modellerinin 0,05 sönüm oranındaki y doğrultusundaki en büyük tepe deplasman değerleri. **56**
Çizelge 4.12 : Duvar modellerinin 0,05 sönüm oranındaki x yönündeki en büyük taban kesme kuvveti değerleri. **58**
Çizelge 4.13 : Duvar modellerinin 0,05 sönüm oranındaki y yönündeki en büyük taban kesme kuvveti değerleri. **60**

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Eşdeğer basınç çubuğu modeli **7**
Şekil 2.1 : Coulomb cisim sönümü **13**
Şekil 3.1 : Bina analitik modeli **22**
Şekil 3.2 : Mimarı plan **22**
Şekil 3.3 : Kolon aplikasyon planı **23**
Şekil 3.4 : Kiriş detayı **23**
Şekil 3.5 : Kolon detayı **24**
Şekil 3.6 : Perde duvar detayı **24**
Şekil 3.7 : Bina analitik modeli **25**
Şekil 3.8 : Kolon aplikasyon planı **25**
Şekil 3.9 : Bina analitik modeli **26**
Şekil 3.10 : Mimari plan **26**
Şekil 3.11 : Dolgu duvarlı model **27**
Şekil 3.12 : Dolgu duvarsız model **27**
Şekil 3.13 : Dolgu duvarlı model **28**
Şekil 3.14 : Dolgu duvarsız model **28**
Şekil 3.15 : Dolgu duvarlı model **28**
Şekil 3.16 : Dolgu duvarsız model **29**
Şekil 3.17 : Yatay elastik tasarım spektrumu **31**
Şekil 3.18 : Yatay tasarım spektrumu **32**
Şekil 3.19 : Yatay tasarım spektrumu **32**
Şekil 3.20 : Van'da bulunan deprem kayıt istasyonları **34**
Şekil 3.21 : Ölçeklendirilmiş deprem genliklerinin yatay elastik tasarım spektrumu ile karşılaştırılması **35**
Şekil 3.22 : Ölçeklendirilmiş deprem genliklerinin ortalama spektrumunun yatay elastik tasarım spektrumu ile karşılaştırılması **35**
Şekil 3.23 : Ölçeklendirilmiş deprem genliklerinin yatay elastik tasarım spektrumu ile karşılaştırılması **36**
Şekil 3.24 : Ölçeklendirilmiş deprem genliklerinin yatay elastik tasarım spektrumu ile karşılaştırılması **36**
Şekil 3.25 : Ölçeklendirilmiş deprem genliklerinin yatay elastik tasarım spektrumu ile karşılaştırılması **37**
Şekil 3.26 : Ölçeklendirilmiş deprem genliklerinin yatay elastik tasarım spektrumu ile karşılaştırılması **37**
Şekil 3.27 : Deprem verilerinin yapıya girdi olarak verilmesi **38**
Şekil 3.28 : Depremin yük olarak tanıtılması **38**
Şekil 4.1 : Farklı sönüm oranlarıyla x doğrultusundaki tepe deplasman değerlerinin duvarlı ve duvarsız bina için karşılaştırılması **41**
Şekil 4.2 : Farklı sönüm oranlarıyla y doğrultusundaki tepe deplasman değerlerinin duvarlı ve duvarsız bina için karşılaştırılması **43**

Şekil 4.3 : Farklı sönüm oranlarıyla x doğrultusundaki taban kesme kuvveti değerlerinin duvarlı ve duvarsız bina için karşılaştırılması..... **44**
Şekil 4.4 : Farklı sönüm oranlarıyla y doğrultusundaki taban kesme kuvveti değerlerinin duvarlı ve duvarsız bina için karşılaştırılması..... **46**
Şekil 4.5 : Farklı sönüm oranlarıyla x doğrultusundaki tepe deplasman değerlerinin duvarlı ve duvarsız bina için karşılaştırılması..... **48**
Şekil 4.6 : Farklı sönüm oranlarıyla y doğrultusundaki tepe deplasman değerlerinin duvarlı ve duvarsız bina için karşılaştırılması..... **49**
Şekil 4.7 : Farklı sönüm oranlarıyla x doğrultusundaki taban kesme kuvveti değerlerinin duvarlı ve duvarsız bina için karşılaştırılması..... **51**
Şekil 4.8 : Farklı sönüm oranlarıyla y doğrultusundaki taban kesme kuvveti değerlerinin duvarlı ve duvarsız bina için karşılaştırılması..... **53**
Şekil 4.9 : Farklı sönüm oranlarıyla x doğrultusundaki tepe deplasman değerlerinin duvarlı ve duvarsız bina için karşılaştırılması..... **54**
Şekil 4.10 : Farklı sönüm oranlarıyla y doğrultusundaki tepe deplasman değerlerinin duvarlı ve duvarsız bina için karşılaştırılması..... **56**
Şekil 4.11 : Farklı sönüm oranlarıyla x doğrultusundaki taban kesme kuvveti değerlerinin duvarlı ve duvarsız bina için karşılaştırılması..... **58**
Şekil 4.12 : Farklı sönüm oranlarıyla y doğrultusundaki taban kesme kuvveti değerlerinin duvarlı ve duvarsız bina için karşılaştırılması..... **59**

TÜRKİYE BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİ (TBDY)'NE GÖRE DOLGU DUVARLARIN SÖNÜME ETKİSİNİN ANALİTİK OLARAK İNCELENMESİ

ÖZET

Dolgu duvarlar, mimari işlevleri yerine getirmek için taşıyıcı sistemin içine yerleştirilen bölme veya kaplama amaçlı kullanılan inşaat elemanlarıdır. Genellikle çimento, tuğla, gazbeton blok, briket, hafif beton veya diğer malzemelerden yapılır. Dolgu duvarlar, genellikle yapısal olmayan unsurlar olarak değerlendirilmelerine rağmen, yapı davranışı üzerinde önemli etkilere sahip oldukları bilinmektedir Özellikle son yıllarda yapılan analitik ve deneysel çalışmalar, dolgu duvarların yapıda sadece bölme elemanı olarak katkı vermediğini aynı zamanda yapının ağırlığını ve rijitliğine arttırarak yapının dinamik davranışını etkilediğini göstermiştir. Dolgu duvarların depreme dayanıklılığı, yapıları tasarlarken ve inşa ederken dikkate alınması gereken önemli bir faktördür. Depreme dayanıklı dolgu duvarların tasarımı, malzeme seçimi, inşa tekniği ve yerleşim yeri gibi faktörler, yapıların deprem hasarından korunmasına yardımcı olabilir. Bu çalışmada Van ili Tuşba ilçesine bağlı olan bodrum kat, zemin kat ve 5 normal kattan oluşan 7 katlı yapı, Van ili İpekyolu ilçesine bağlı zemin kat ve 6 normal kattan oluşan 7 katlı yapı ve Bingöl ilinde zemin kat ve 3 normal kattan oluşan 4 katlı yapının deprem davranışı incelenmiştir. SAP2000 programıyla yapıların dolgu duvarlı ve duvarsız olmak üzere iki farklı modeli oluşturulmuştur. Dolgu duvarlı modellemede duvar malzemesi olarak tuğla kullanılmıştır. Farklı analitik modellerle kurulan duvarlı ve duvarsız binanın tepe deplasmanlarını, depremin binada oluşturduğu taban kesme kuvvetlerini ve sönüm karakteristiklerini açıklayabilmek için, yönetmeliğin tanımlamış olduğu zaman tanım alanında lineer hesap yöntemi kullanılmıştır. Modellere 11 farklı deprem kaydı etki ettirilmiştir. Deprem yükü altında çaprazeşdeğer basınç çubuğu modeli kullanılarak sonuçlar elde edilmiştir. Dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız çerçevelerin sonuçları kıyaslanmıştır. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 kriterleri dikkate alınarak tartışılmıştır. Yapılan analizler sonucunda, dolgu duvarın betonarme binalarda bölme eleman olarak kullanılması dolgu duvarların binanın yanal rijitliğini artırdığını ve bundan dolayı binanın doğal titreşim periyodunu azalttığı, binanın tepe deplasman değerini azalttığı ve depremin binada oluşturduğu taban kesme kuvveti değerini artırdığı gözlemlenmiştir. Yapılan karşılaştırmalar sonucunda dolgu duvarın yapılarda taşıyıcı eleman olarak kabul edilip yönetmelikte bu yönde ele alınmasının elzem olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Dolgu Duvar, SAP2000, Betonarme Yapılar.

ANALYTICAL INVESTIGATION OF THE DAMPING EFFECT OF INFILL WALLS ACCORDING TO TURKEY BUILDING EARTHQUAKE CODE (TBDY)

SUMMARY

Infill walls are construction elements used for partitioning or covering purposes placed for storage to fulfill architectural harmony. It is combined with reinforced concrete, brick, aerated concrete block, briquette, lightweight concrete or otherwise. Although infill walls are generally considered inflexible elements, it is documented that they are significantly protected at the exit of the building, especially in recent years, analytical courtesy and infill walls not only contribute to the structure as partitioning processes, but also increase its durability and rigidity by increasing its protection. Earthquake vulnerability of infill walls is an important factor that must betaken into account when designing and constructing buildings. Features such as the design of durable infill walls, material selection, construction technique and location can help protect structures from earthquake rupture. This is a 7-storey building consisting of a basement, ground floor and 5 normal floors in Tuşba district of Van province, a 7-storey building consisting of a ground floor and 6 normal floors in İpekyolu district of Van province, and a 4-year earthquake building consisting of ground floor and 3 normal floors in Bingöl province. distribution. Housing thebuildings in two different models, with and without infill walls, with the SAP2000 program. It is made of infilled wall material as a wall material. In order to explain thetop displacements of the walled and wallless building built with different analytical models, the base shear forces created during the earthquake and the damping properties, the linear calculation method was used in the time definition area defined by the regulation. 11 different earthquake records were factored into the models. Results were obtained using the cross equivalent pressure bar model under earthquake load. The results of frames with and without infill walls were compared.It was discussed taking into account the Turkish Earthquake Regulation 2018 criteria. As a result of the analysis, it has been seen that the use of infill walls as partition elements in reinforced concrete buildings increases the lateral rigidity of thebuilding and therefore reduces the natural vibration period of the building, reducesthe peak displacement value of the building and increases the base shear force value created by the earthquake in the building. As a result of the comparisons, it was concluded that the infill wall is considered as a load-bearing element in buildings andthat it is essential to address it in this direction in the regulation.

Keywords: Infill Wall, SAP2000, Reinforced Concrete Structure.

1. GİRİŞ

Dolgu duvarlar, bir yapıda taşıyıcı sistemin dışındaki duvarlardır ve genellikle çimento, tuğla, blok, hafif beton veya diğer malzemelerden yapılır. Dolgu duvarlar, yapıya dayanıklılık ve rijitlik sağlar. Ayrıca, ses ve ısı yalıtımı gibi diğer fonksiyonları da yerine getirirler. Dolgu duvarlar, yapıya ek dayanıklılık sağlayarak deprem ve diğer doğal afetlere karşı daha dirençli hale getirir. Bu nedenle, dolgu duvarların deprem karşısındaki önemi yapısal mühendislikte sık sıkvurgulanmaktadır. Dolgu duvarlar, taşıyıcı sistem üzerindeki yükü azaltarak ve yapıya homojen bir direnç sağlayarak deprem kuvvetlerini azaltır ve yapıyı stabilize eder (FEMA, 2010).

Deprem, yeryüzünde meydana gelen doğal afetler arasında en önemlilerinden biridir ve insan hayatı üzerinde büyük etkilere sahiptir. Depremin etkileri arasında can kayıpları, yıkılan yapılar, ekonomik kayıplar, sosyal ve psikolojik etkiler sayılabilir. Depremlerin olumsuz etkileri, yapıların tasarım özelliklerine, yerleşim yerlerine ve çevresel faktörlere bağlı olarak değişebilir. Depremler, özellikle yoğun nüfuslu yerleşim alanlarında ciddi can kayıplarına neden olabilir. Depremde yıkılan yapılar, insanların hayatını riske atarak büyük bir tehlike oluşturabilir (Özdoğan, 1993).

Depremler ayrıca ekonomik kayıplara da neden olabilir. Yıkılan veya hasar gören yapılar, mal ve hizmet üretiminde aksamalara yol açabilir ve bölgenin ekonomik yapısını olumsuz etkileyebilir. Ayrıca, depremin neden olduğu hasarların onarımı ve yeniden inşası da büyük maliyetler gerektirir. Sosyal ve psikolojik yöndendepremler, insanlar üzerinde büyük etkilere sahiptir. Depremin neden olduğu korku ve stres, insanların günlük hayatını etkileyebilir ve psikolojik travmalara neden olabilir. Ayrıca, depremin etkilediği insanlar, geçici barınma ihtiyacı gibi acil ihtiyaçlarla karşı karşıya kalabilirler ve bu da sosyal sorunlara yol açabilir. Bunedenlerle, deprem riski taşıyan bölgelerde, yapıların depreme dayanıklı olması ve insanların depreme hazırlıklı olması önemlidir. Deprem önleme ve müdahale stratejileri, can kayıplarını azaltmak, yapıların hasarını minimize etmek ve ekonomikkayıpları en aza indirmek için hayati önem taşır (Korkmaz, 2006).

Dünya genelinde her yıl binlerce deprem meydana gelmektedir. Bu depremlerin birçoğu insanların hissetmediği veya hafif sarsıntılar şeklinde gerçekleşirken, bazıları ise çok büyük hasarlara ve can kayıplarına neden olabilmektedir. Son yıllarda, dünya genelinde birçok büyük deprem meydana gelmiştir. 2010 yılında Haiti'deki 7.0 büyüklüğündeki deprem, yaklaşık 230.000 kişinin hayatını yitirmesine ve 1,5 milyon kişinin evsiz kalmasına neden olmuştur. 2011 yılında Japonya'da meydana gelen 9.0 büyüklüğündeki depremden sonra meydana gelen tsunami, 20.000'den fazla kişinin hayatını kaybetmesine ve ülkenin nükleer santrallerinde ciddi hasarlara yol açmıştır (Akpolat, 2021).

2015 yılında Nepal'de meydana gelen 7.8 büyüklüğündeki deprem, yaklaşık 9.000 kişinin hayatını kaybetmesine ve 22.000'den fazla kişinin yaralanmasına neden olmuştur. 2017 yılında Meksika'da 7.1 büyüklüğünde bir deprem meydana gelmiş, yaklaşık 370 kişi hayatını kaybetmiştir. 2018 yılında Endonezya'da meydana gelen 7.5 büyüklüğündeki deprem yaklaşık 4.340 kişinin hayatını kaybetmesine ve 170.000 kişinin evsiz kalmasına neden olmuştur (Yolcu, 2020).

Son olarak, 2021 yılında, Haiti'de meydana gelen 7.2 büyüklüğündeki deprem, en az 2.200 kişinin hayatını kaybetmesine ve binlerce kişinin yaralanmasına neden olmuştur. Bu örnekler, depremlerin insan hayatı üzerindeki ciddi etkilerini göstermektedir. Bu nedenle, deprem riski taşıyan bölgelerde, depreme dayanıklıyapıların inşa edilmesi ve insanların depreme hazırlıklı olmaları önemlidir (Turhan, 2022).

Türkiye, deprem riski yüksek bir ülkedir ve yüzyıllar boyunca birçok büyük deprem yaşamıştır. Türkiye'deki depremlerin en önemli nedenleri, ülkenin aktif fay hatları üzerinde bulunması ve jeolojik yapısıdır. Türkiye'de son yıllarda meydana gelen büyük depremler arasında 1999 yılındaki Marmara depremi en dikkat çekicisidir. 17 Ağustos 1999 tarihinde gerçekleşen deprem, 7.4 büyüklüğünde ve yaklaşık 45 saniye sürmüştür. Depremin neden olduğu can kaybı 17.000 civarında olmuştur ve bir milyondan fazla insan evsiz kalmıştır. Depremin etkisi İstanbul, Kocaeli ve Sakarya gibi büyük şehirlerde de hissedilmiştir (Fatma, 2008).

2011 yılında Van'da meydana gelen 7.2 büyüklüğündeki deprem de büyük yıkıma neden olmuştur. Depremde 600'den fazla kişi hayatını kaybetmiş ve binlerce kişi

yaralanmıştır. Ayrıca, deprem sonrasında binlerce kişi evsiz kalmıştır (Alaeddinoğlu, 2016).

2019 yılında Elazığ'da meydana gelen 6.8 büyüklüğündeki deprem de büyük hasara ve can kaybına neden olmuştur. Depremde 41 kişi hayatını kaybetmiş ve binlerce kişi yaralanmıştır. Ayrıca, depremin neden olduğu hasar nedeniyle binlerce kişi evsiz kalmıştır (Şıkoğlu, 2020).

Son olarak, 2020 yılında İzmir'de meydana gelen 6.6 büyüklüğündeki deprem büyük yıkıma neden olmuştur. Depremde 116 kişi hayatını kaybetmiş ve binlerce kişi yaralanmıştır. Deprem sonrasında birçok bina yıkılmış veya hasar görmüştür (Çalışkan, 2021).

Bir depremin ekonomik kayıpları, depremin büyüklüğüne, hasar gören yapıların sayısına ve özelliklerine, depremin meydana geldiği bölgenin ekonomik yapısına ve diğer faktörlere bağlı olarak değişebilir. Bu nedenle, depremin ekonomik sayısal verileri tam olarak tahmin edilemez. Ancak, bazı örneklerle depremin ekonomik boyutu hakkında fikir sahibi olabiliriz (Fatma, 2008).

Örneğin, 1999 Marmara Depremi'nin ekonomik kaybı, 10-15 milyar dolar arasında tahmin edilmektedir. 2011 Van Depremi'nin ekonomik etkisi de önemliydi ve yaklaşık 4 milyar dolarlık hasar ve kayıp meydana gelmiştir. 2018'deki İzmir depreminin ekonomik kaybı ise yaklaşık 1 milyar dolar olarak tahmin edilmiştir (Alaeddinoğlu, 2016).

Depremlerin ekonomik kayıpları, can kayıpları ve yıkımın yanı sıra, yeniden yapılanma ve tamir masraflarını da içerir. Ayrıca, depremler, tarım arazileri, işletmeler ve endüstriler de dahil olmak üzere birçok sektörde üretimi durdurabilir. Deprem yönetimi politikaları ve depreme dayanıklı yapılar, ekonomik kayıpları minimize etmek için önemlidir. Deprem riski taşıyan bölgelerde, binaların depreme dayanıklı şekilde inşa edilmesi ve acil durum planlarının hazırlanması, ekonomik kayıpları azaltmak için hayati önem taşır (Turhan, 2022).

1.1 Dolgu Duvarların Betonarme Yapı Davranışına Olumlu Etkileri

Dolgu duvarlar, betonarme binaların dayanıklılığı, sağlamlığı ve deprem dayanımı açısından önemli bir rol oynar. Betonarme binalar, betonarme perde duvarlar ve betonarme çerçeveler gibi iki temel elemana sahiptir. Dolgu duvarlar, bu elemanların

arasını doldurarak, yapısal bütünlüğün korunmasına yardımcı olurlar (Korkmaz, 2006).

Dolgu duvarların betonarme binaya olumlu etkileri:

Dayanıklılığı artırır: Dolgu duvarlar, betonarme binanın dayanıklılığına katkıda bulunur. Daha fazla dolgu duvar, daha fazla dayanıklılık anlamına gelir. Dolgu duvarlar, binanın yatay hareketlerini sınırlar ve binanın depreme karşı daha dayanıklı olmasını sağlar (Çelebi, 2018).

Depreme dayanıklılığı artırır: Dolgu duvarlar, betonarme binanın depreme karşı dayanıklılığını artırır. Betonarme binalar, deprem sırasında yatay hareketler yaşayabilir. Dolgu duvarlar, bu hareketleri sınırlayarak binanın depreme karşı daha dayanıklı olmasını sağlar. Dolgu duvarlar, betonarme perde duvarlarla birlikte çalışarak, yapısal bütünlüğü korur ve hasarın yayılmasını önler Ayrıca, dolgu duvarlar, binanın ağırlığını artırarak, depreme karşı daha dirençli hale getirir (Murty, 2000).

Çatlakları Sönümleme: Dolgu duvarlar deprem sırasında meydana gelen çatlakları sönümleyebilir. Deprem sırasında, yapıya etki eden yatay kuvvetler nedeniyle çatlaklar oluşabilir. Bu çatlaklar, betonarme perde duvarlarda ve diğer yapısal elemanlarda meydana gelebilir. Dolgu duvarlar, bu çatlakların ilerlemesini sınırlayarak, yapıya ekstra dayanıklılık sağlarlar (Çelebi, 2018).

Stabiliteyi artırır: Dolgu duvarlar, betonarme binanın stabilitesini artırır. Dolgu duvarlar, binanın yatay hareketlerini sınırlar ve binanın daha stabil olmasını sağlar (Bayülke, 2003).

Akustik ve termal yalıtım sağlar: Dolgu duvarlar, betonarme binanın akustik vetermal yalıtımını sağlar. Bu sayede, binanın içindeki sıcaklık ve ses düzeyi kontrol edilebilir ve konforlu bir yaşam alanı oluşturulabilir (Marinković, 2019).

Yangın dayanımını artırır: Dolgu duvarlar, betonarme binanın yangın dayanımını artırır ve yangının diğer alanlara yayılmadan kontrol altına alınmasına yardımcı olur (Tang, 2019).

Sonuç olarak, dolgu duvarlar, betonarme binaların dayanıklılığı, deprem dayanımı, stabilitesi, akustik ve termal yalıtımı, yangın dayanımı açısından önemli bir rol

oynar. Bu nedenle, dolgu duvarların betonarme binaların inşası sırasında göz önünde bulundurulması gereken bir faktördür.

1.2 Dolgu Duvarları Betonarme Bina Davranışına Olumsuz Etkileri

Dolgu duvarların betonarme yapılara olumsuz etkileri, dolgu duvarların yanlış yerleştirilmesi veya yetersiz miktarda donatı kullanılması gibi hatalar nedeniyle ortaya çıkabilir. Bu hataların sonuçları, dolgu duvarların yapıya ekstra yük bindirebilmesi veya yapısal bütünlüğü korumak yerine, hasarın daha hızlı yayılmasına neden olmasıdır (Tarakçı, 2006).

Dolgu duvarların yanlış yerleştirilmesi, yapıya ekstra yük bindirerek, yapısal bütünlüğü tehdit edebilir. Bu nedenle, dolgu duvarlar, yapısal bütünlüğü korumak için doğru yerleştirilmelidir. Ayrıca, dolgu duvarlarda yetersiz miktarda donatı kullanılması, dolgu duvarların dayanıklılığını azaltarak yapıya zarar verebilir. Ayrıca, dolgu duvarların yetersiz şekilde doldurulması, yangın gibi acil durumlarda da kontrol altına alınmayı zorlaştırabilir (Akkuzu, 2007).

Sonuç olarak, dolgu duvarların binanın yapısına olumsuz etkileri, yanlış yerleştirilmesi veya yetersiz miktarda donatı kullanılması gibi hatalar nedeniyle ortaya çıkabilir. Dolgu duvarların doğru şekilde tasarlanması ve uygulanması, yapıyaekstra dayanıklılık ve koruma sağlayabilir. Bu nedenle, dolgu duvarların tasarımı ve uygulanması, deneyimli bir mühendis ve inşaat ekibi tarafından yapılmalıdır.

1.3 Dolgu Duvarların Analitik Modellenmesine İlişkin Esaslar

Dolgu duvarların modellenmesi, betonarme yapıların tasarımı ve analizi için önemli bir konudur. Dolgu duvarların modellenmesi, bir yapının analiz modelinde dolgu duvarların doğru şekilde yer almasını sağlar. Dolgu duvarların modellenmesi, yapının taşıyıcı sistemini oluşturan elemanların doğru şekilde belirlenmesi ve analiz edilmesi için önemlidir. Dolgu duvarların modellenmesi, birkaç farklı yöntemle gerçekleştirilebilir. Bu yöntemlerin bazıları şunlardır:

1. Doğrusal elastik modeller: Doğrusal elastik modelleme, dolgu duvarların analizinde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemde, dolgu duvarlar doğrusal elastik elemanlar olarak modellenir ayrıca modelleme yapılırken

malzeme özellikleri, geometrisi, donatı ve bağlantıları gibi faktörlerde dikkate alınır (Öktem, 2003).

2. Doğrusal olmayan modeller: Doğrusal olmayan modeller, dolgu duvarların gerçek davranışını daha doğru bir şekilde modeller. Bu yöntemde, dolgu duvarlardoğrusal olmayan elemanlar olarak modellenir ayrıca modelleme yapılırken malzeme özellikleri, geometrisi, donatı ve bağlantıları gibi faktörlerde dikkate alınır (Çelebi, 2018).
3. Sonlu eleman yöntemi: Sonlu eleman yöntemi, dolgu duvarların analizinde de kullanılabilir. Bu yöntemde, dolgu duvarlar sonlu elemanlar olarak modellenir ayrıca modelleme yapılırken malzeme özellikleri, geometrisi, donatı ve bağlantıları gibi faktörlerde dikkate alınır (Aksoy, 2015).
4. Sonlu fark yöntemi: Sonlu fark yöntemi, dolgu duvarların analizinde de kullanılabilir. Bu yöntemde, dolgu duvarlar sonlu fark elemanları olarak modellenir ayrıca modelleme yapılırken malzeme özellikleri, geometrisi, donatı ve bağlantıları gibi faktörlerde dikkate alınır (Akkuzu, 2007).
5. Dolgu duvarların modellenmesi, doğru malzeme özellikleri, geometri, donatı, bağlantılar ve analiz modelindeki konum gibi faktörlere dikkat edilerek yapılmalıdır. Bu faktörlere dikkat edilmediğinde, yapısal analizlerde yanlış sonuçlar elde edilebilir ve bu da yapısal güvenliği tehlikeye atabilir (Çelebi, 2018).

1.3.1 Eşdeğer basınç çubuğu yöntemi

Bu yöntem, dolgu duvarların taşıyıcı davranışını analiz etmek için kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemde, dolgu duvarlar basınç çubuklarına eşdeğer olarakmodellenir ve dolayısıyla dolgu duvarların katkısını dikkate alarak yapısal analizler gerçekleştirilir. Eşdeğer basınç çubuğu yöntemi, dolgu duvarların taşıyıcı davranışını sadeleştirerek analiz etmeyi amaçlar. Bu yöntemde, dolgu duvarların taşıyıcı davranışı, basınç çubuklarına benzer bir şekilde modellenir. Dolgu duvarın taşıyıcı davranışı, dolgu duvarın genişliği, yüksekliği, kalınlığı, beton kalitesi ve donatı özellikleri gibi faktörlere bağlıdır.

Eşdeğer basınç çubuğu yöntemi, dolgu duvarların taşıyıcı davranışını basit ve doğru bir şekilde analiz etmek için kullanılır. Bu yöntem, dolgu duvarların katkısının doğru

bir şekilde hesaplanmasına olanak tanır ve yapısal analizlerde daha doğru sonuçlar elde edilmesini sağlar.

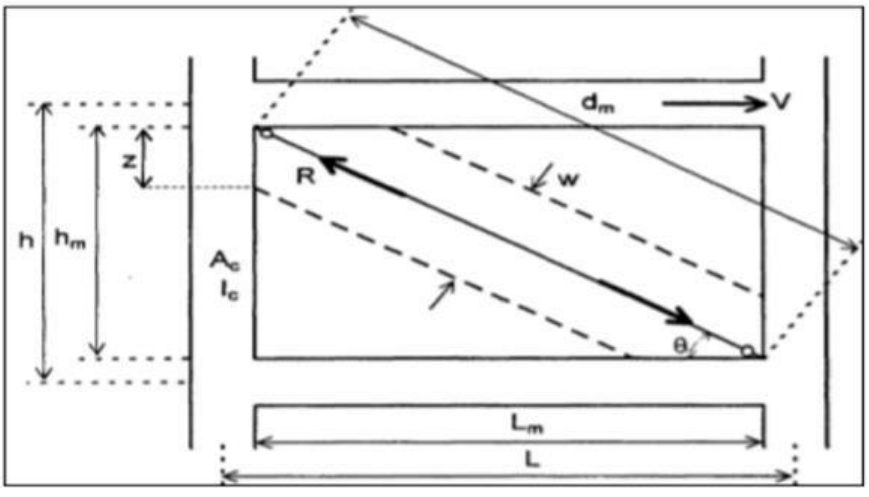
Eşdeğer basınç çubuğunun genişliğinin hesaplanması için iki yaklaşım önerilmiştir. İlk yaklaşım, dolgu duvarlı yapıların test ölçümlerine dayalıdır. Bu yöntemde, dolgu duvarlı çerçeve yapıların gerçek ölçümleri ve deney sonuçları kullanılarak eşdeğer basınç çubuğunun genişliği hesaplanır.

İkinci yaklaşım ise sonlu elemanlar tabanlı analitik sonuçlar kullanılarak yapılmıştır. Bu yöntemde, yapısal analizler için sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak yapısal davranış modellenir. Bu sayede, yapısal davranışın analitik olarak hesaplanması ve eşdeğer basınç çubuğunun genişliğinin hesaplanması mümkün olur.

Her iki yaklaşım da, eşdeğer basınç çubuğunun genişliğinin hesaplanması için farklı yöntemler kullanmaktadır. İlk yaklaşım, gerçek ölçümler ve deney sonuçlarına dayalıdır ve dolgu duvarlı çerçeve yapıların özelliklerini dikkate alır. İkinci yaklaşım ise sonlu elemanlar yöntemini kullanır ve yapısal analizler için matematiksel modelleme yapar.

Paulay tarafından önerilen $w = 0{,}25d_m$ eşitliği, kapasitenin %50 seviyesindeki yatay kuvvet için yorumlanmıştır. Bu eşitliğin kullanımı, dolgu duvarlı çerçeve yapıların taşıma kapasitesinin belirlenmesinde önemlidir ve yapısal analizlerde kullanılan bir yöntemdir (Paulay, 1992) Çubuğun kalınlığını hesaplamak için birinci yaklaşım, çubuğun kalınlığının köşegen basınç çubuğunun uzunluğunun üçte biri olarak alınması gerektiğini şart koşan Holmes tarafından önerilmiştir (Holmes, 1961).

Şekil 1.1'de eş değer basınç çubuğu modeli gösterilmiştir.



Şekil 1.1 : Eşdeğer basınç çubuğu modeli.

Eşdeğer basınç çubuğunun kesit parametreleri aşağıdaki formüllerle hesaplanmıştır: E_m, duvarın elastisite modülünü; t, duvarın kalınlığını; θ, çapraz diyagonal basınç çubuğunun tanjant değerini; E_c, çerçeve betonun elastisite modülünü; I_k, kolonun atalet momentini; h_c, kolonun kirişe bağlı olan yerinin diğer alttaki kirişe bağlı olan yeri arasındaki yüksekliğini; λ_h, dolgu duvarı ile betonarme çerçeve arasındaki rijitlik oranına bağlı olan bir parametreyi; h_m, dolgu duvar yüksekliğini; d_m, çapraz basınç çubuğunun uzunluğunu ve w ise eşdeğer basınç çubuğunun efektif genişliğini ifade eder.

$$\lambda_h = \sqrt[4]{\frac{E_m t \sin 2\theta}{4 E_C I_K h_c}} \tag{1.1}$$

$$w = 0{,}175 (\lambda h_m)^{-0.4} d_m \tag{1.2}$$

1.3.2 Bölüntüleme yüzey modeli

Bölüntüleme yüzey modeli, sonlu elemanlar metodu kullanılarak oluşturulur. Dolgu duvarının düzlemsel deformasyon durumunda modellemesi için membran elemanlar veya kabuk elemanlar kullanılır. Dolgu duvarın bölüntüleme elemanlarıyla modellenmesinde gerçekçi sonuçlar elde edebilmek için, modelin oluşturulması sırasında doğrusal olmayan malzeme davranışı ve harç birleşimi etkisi de dikkate alınmalıdır. Fakat harç birleşimi, kırılgan bir yapıya sahip olduğundan dolgu duvarın davranışı oldukça karmaşıktır. Bu nedenle, oluşturulan modelin, harç birleşimini de göz önünde bulundurarak detaylı bir şekilde gruplandırılması gerekmektedir. Bu yaklaşımlar, dolgu duvarın karmaşık davranışını modellerken kullanılan yöntemlere göre gruplandırılabilir. Örneğin, kabuk elemanları kullanarak dolgu duvarın davranışını modellemek, daha ayrıntılı sonuçlar elde etmek için daha uygun olabilir. Ancak, harç birleşimi gibi faktörlerin etkisinin dikkate alınması gerektiğinde, daha karmaşık bir modelleme yaklaşımı gerekebilir (Page, 1992).

Bu yöntem rijitlik özelliklerinin daha kolay tanımlanmasını sağlar. Düzenli bir bölüntüleme yapmak, modellenen yapı elemanlarının daha homojen ve düzenli bir şekilde oluşmasını sağlar.

2. SÖNÜMEYİCİ SİSTEMLER

Sönümlenmiş sistem, bir yapıya etki eden titreşimleri azaltmak veya kontrol altına almak için tasarlanmış bir sistemdir. Bu sistemler, yapısal titreşimleri azaltmak için tasarlanmıştır ve yapıya etki eden dışsal titreşimlerin etkisini azaltarak yapısal hasarı önlemeye yardımcı olur. Sönümlenmiş sistemler, yapının doğal titreşim frekansını değiştirerek veya titreşim enerjisini emerek çalışır. Bu sistemler, titreşim enerjisinin bir kısmını absorbe ederek titreşimleri azaltır veya kontrol altında tutar. Sönümlenmiş sistemlerin temel amacı, yapısal titreşimleri azaltmak ve yapısal hasar riskini azaltmaktır. Sönümlenmiş sistemler, yapısal mühendislikte ve diğer endüstrilerde yaygın olarak kullanılır. Örneğin, binalarda, köprülerde, endüstriyel tesislerde ve diğer yapısal uygulamalarda kullanılır. Bu sistemler, yapısal hasar riskini azaltarak, yapıların ömrünü uzatabilir ve insanların güvenliğini sağlayabilir (Şahin, 1999).

2.1 Titreşim Enerjisinin Sönümü

Titreşim enerjisi sönümü, bir yapıdaki titreşim enerjisinin zamanla kaybedilmesini ifade eder. Yapısal titreşimler, yapıya etki eden dışsal kuvvetler veya içsel dinamik yükler nedeniyle oluşur. Bu titreşimler, yapının doğal frekansında titreşimlerin artması ve hasara yol açması riskini artırır. Bu nedenle, titreşim enerjisi sönümü, yapısal titreşimleri azaltmak veya kontrol altına almak için kullanılır. Titreşim enerjisi sönümü, çeşitli yöntemlerle sağlanabilir. Bu yöntemler arasında, yapıya eklenen sönümleyici elemanlar veya sistemler, elastik olmayan malzemelerin kullanımı, yapısal geometri ve şekil değişiklikleri, titreşim emici malzemelerin kullanımı ve diğer yöntemler yer alır. Sönümleyici elemanlar veya sistemler, yapıya eklenerek titreşim enerjisinin kaybedilmesi sağlanır. Bu elemanlar veya sistemler, yapının doğal frekansını değiştirerek veya titreşim enerjisini emerek çalışır. Örneğin, sönümleyici kirişler, sönümleyici amortisörler veya sönümleyici kitleler gibi elemanlar yapıya eklenerek titreşim enerjisi sönümü sağlanabilir (Özpalanlar, 2004).

Elastik olmayan malzemelerin kullanımı, yapısal titreşimlerin sönümüne yardımcı olabilir. Örneğin, elastik olmayan bir malzeme olarak bilinen viskoziteye sahip malzemeler, titreşim enerjisini emerek sönümleme sağlayabilir. Bu tür malzemeler, yapıya entegre edilerek titreşim enerjisi sönümü sağlanabilir. Yapısal geometri ve şekil değişiklikleri, titreşim enerjisi sönümüne katkıda bulunabilir. Örneğin, yapısal elemanların boyutları, yüksekliği veya kalınlığı gibi geometrik özelliklerin değiştirilmesi, titreşim enerjisi sönümünü artırabilir. Ayrıca, yapının şekli ve tasarımı da titreşim enerjisinin sönümüne katkıda bulunabilir. Titreşim yutucu malzemeler, titreşim enerjisi sönümü sağlamak için kullanılır. Bu malzemeler, yapıya eklenerek veya yapısal elemanların içine yerleştirilerek titreşim enerjisi emilir. Bu malzemeler arasında, kauçuk, polimerler, köpükler ve diğer malzemeler yer alır (Mürüvvet, 2020).

Sonuç olarak, titreşim enerjisi sönümü, yapısal titreşimleri azaltmak ve yapısal hasar riskini azaltmak için önemlidir. Farklı yöntemler kullanarak titreşim enerjisi sönümü sağlanabilir ve yapının tasarımında bu faktör göz önünde bulundurulmalıdır.

2.1.1 Serbest titreşim

Serbest titreşim, bir sistemin, herhangi bir dış kuvvet olmadan kendi başına titreşim yapmasıdır. Bu titreşimler, sistemin doğal frekansı ve doğal modlarına bağlı olarak gerçekleşir. Bir sistemin serbest titreşime girebilmesi için, o sistemin bir denge konumundan başka bir konuma hareket etmesi gerekmektedir. Bu hareket sistemin potansiyel enerjisini kinetik enerjiye dönüştürür ve böylece sistemin hareketi devam eder. Ancak, sistemin hareketi zamanla sürtünme, malzeme yorgunluğu veya diğer kayıplar nedeniyle azalır ve sonunda durur. Örneğin, bir salıncak serbest olarak titreşebilir. Salıncak, denge konumuna yerleştirildiğinde potansiyel enerjisi en yüksek seviyededir. Salıncak, itildiğinde veya hareket ettirildiğinde, potansiyel enerjisi kinetik enerjiye dönüşür ve salıncak hareket eder. Ancak, sürtünme kuvvetleri nedeniyle salıncak hareketi zamanla azalır ve sonunda durur (Turan, 2018).

Sönümlü serbest titreşim, bir sistemdeki serbest titreşimlerin zamanla azalarak sönmesidir. Bu titreşimler, sistemdeki sürtünme veya diğer kayıplar nedeniyle azalır. Sönümlü serbest titreşimler, gerçek dünya sistemlerinde yaygın olarak görülür ve yapısal titreşimlerin analizi ve tasarımında önemlidir. Sönümlü serbest titreşim,

pratikte birçok alanda kullanılır. Örneğin, yapısal mühendislikte, binaların ve köprülerin doğal frekanslarının ve titreşimlerinin analizi ve tasarımı, sönümlü serbest titreşimlerin matematiksel modellemesini gerektirir (Aslan, 2019).

2.1.2 Zorlanmış titreşim hareketi

Zorlanmış titreşim hareketi, bir sisteme harici bir kuvvetin etki etmesi sonucu oluşan titreşim hareketidir. Bu harici kuvvet, sistemin doğal titreşim frekansından farklı bir frekansa sahip olabilir ve sistemi zorlar. Zorlanmış titreşim hareketi, sistemin doğal titreşim hareketinin üzerine eklenir ve sistemin hareketini değiştirir veya bozar. Zorlanmış titreşim hareketi, birçok farklı alanda gözlemlenebilir. Örneğin, bir köprüdeki rüzgâr veya trafik yükleri, köprünün zorlanmış titreşim hareketine sahip olmasına neden olabilir. Ayrıca, bir müzik aletindeki tellere uygulanan kuvvetler de zorlanmış titreşim hareketine neden olabilir. Zorlanmış titreşim hareketi, matematiksel olarak bir diferansiyel denklemle ifade edilebilir ve genellikle bir harmonik salıncak olarak modellenir. Bu model, sistemin doğal frekansı ve zorlayıcı kuvvet frekansı arasındaki farkı dikkate alarak, sistemin hareketini tanımlar (Hızal, 2012).

Zorlanmış titreşim hareketi, pratikte birçok alanda kullanılır. Örneğin, mühendislikte, bir sistemin zorlanmış titreşim hareketinin analizi, yapısal titreşimlerin kontrolü ve tasarımı için önemlidir. Ayrıca, elektrik mühendisliğinde, elektrik devrelerindeki zorlanmış titreşim hareketi, sinyal işleme ve iletimi için önemlidir. Sonuç olarak, zorlanmış titreşim hareketi, bir sisteme uygulanan harici bir kuvvetin etkisiyle oluşan titreşim hareketidir. Bu hareket, birçok alanda kullanılır ve matematiksel olarak modellenebilir (Kuran, 2020).

2.2 Enerji Sönümü

Yapılar ve zeminler, deprem hareketine maruz kaldıklarında farklı türlerde sönümlemelerin ortaya çıkmasına neden olur. Bu sönümlemeler ve ilgili parametreler, malzeme türüne ve depremin büyüklüğüne bağlıdır. Buna bağlı olarak ortaya çıkan sönüm türleri alt başlıklar halinde açıklanmıştır.

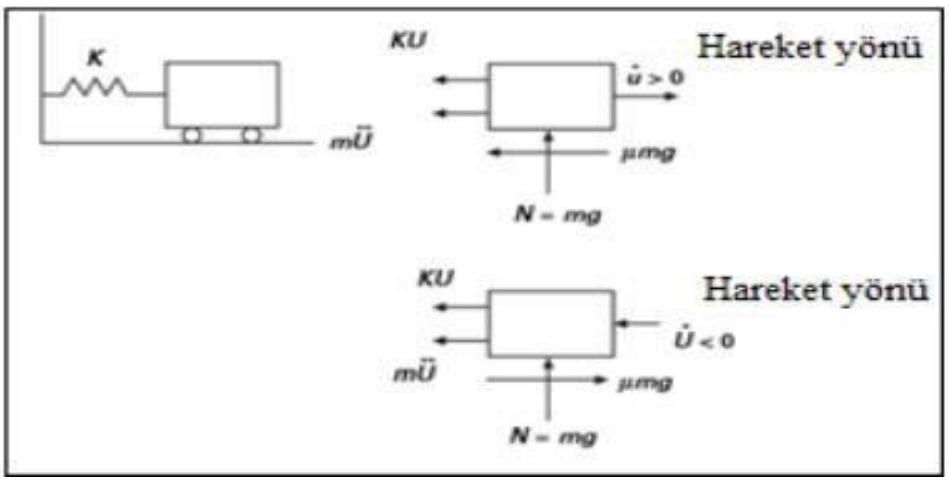
2.2.1 Viskoz sönüm

Viskoz sönüm, yapısal titreşimlerin zamanla azalmasına neden olan sürtünme kuvvetlerinin bir bileşenidir. Viskoz sönüm, yapı malzemeleri arasındaki sürtünme kuvvetlerinden kaynaklanır ve doğal frekanslı yapısal titreşimlerin zamanla azalmasına neden olur. Özellikle yüksek yapılar ve köprüler gibi büyük yapıların tasarımında, viskoz sönüm hesaba katılması gereken önemli bir faktördür. Çünkü bu yapılar, rüzgâr veya deprem gibi dış etkilere maruz kalırlar ve bu etkilerin neden olduğu titreşimler, yapının sönümlenmemiş doğal titreşimleri ile birleşerek hasara veya çöküşe neden olabilir (Karaahmetli, 2017).

Viskoz sönüm, yapının malzeme özellikleri, geometrisi ve çevresel koşullar gibi faktörlere bağlıdır. Yapı malzemeleri arasındaki sürtünme kuvvetleri, malzemenin viskozitesine ve malzemenin geometrisine bağlıdır. Ayrıca, yapısal titreşimleri etkileyen diğer faktörler arasında yapısal sönümleme elemanları ve yapısal bağlantılar da yer alır. Viskoz sönüm, yapısal titreşimlerin zamanla azalmasına neden olur ve yapısal hasarın önlenmesi için önemlidir. Bu nedenle, yapısal mühendisler, viskoz sönümün hesaplanması ve sönümleme elemanlarının uygun bir şekilde seçilmesi gibi faktörleri dikkate alarak, yapıların tasarımını ve analizini yaparlar (Işık, 2006).

2.2.2 Coulumb cisim sönümü

Coulomb sönümü, bir yapının titreşimlerinin zamanla azalmasına neden olan sürtünme kuvvetlerinden biridir. Bu sönüm türü, Şekil 2.1'de gösterildiği gibi, yapının hareketli kısımları arasındaki sürtünme kuvvetlerinden kaynaklanır. Coulomb cisim sönümü, yapısal titreşimlerin zamanla azalmasına neden olduğu için, yapısal mühendislikte önemli bir faktördür. Yüksek hızlarda sürtünme kuvvetleriartar ve Coulomb sönümü de artar. Coulomb sönümü, birçok farklı alanda gözlemlenebilir. Örneğin, bir köprüdeki hareketli eklemler arasındaki sürtünme kuvvetleri, Coulomb sönümüne neden olabilir. Ayrıca, bir makinedeki hareketli elemanlar arasındaki sürtünme kuvvetleri de Coulomb sönümüne neden olabilir (Çelebi, 2018).



Şekil 2.1 : Coulomb cisim sönümü.

Coulomb sönümü, yapısal titreşimleri etkileyen birçok faktöre bağlıdır. Örneğin, sürtünme katsayısı, hareketli elemanların malzeme özellikleri, geometri ve çevresel koşullar gibi faktörler Coulomb cisim sönümünü etkiler. Coulomb cisim sönümü, yapının titreşimlerinin zamanla azalmasına neden olur ve yapının hasarınınönlenmesi için önemlidir. Bu nedenle, yapısal mühendisler, Coulomb sönümünün hesaplanması ve sönümleme elemanları gibi faktörleri dikkate alarak, yapıların tasarımını ve analizini yaparlar (Esen, 1995).

2.2.3 Çevrimsel (hysteresis) sönüm

Çevrimsel sönüm veya histeresis sönümü, bir sistemin titreşimlerinin zamanla azalmasına neden olan bir sönüm türüdür. Bu sönüm türü, malzemelerin tekrarlanan yüklenme ve boşaltma döngüleri sırasında enerjinin kaybından kaynaklanır. Çevrimsel sönüm, birçok farklı malzeme ve sistemde gözlemlenebilir. Örneğin, bir metal yayın titreşimi sırasında, yayın içindeki moleküler sürtünme kuvvetleri nedeniyle çevrimsel sönüm meydana gelir. Ayrıca, bir bina veya köprüdeki yapısal elemanların yüklenme ve boşaltma döngüleri sırasında, malzeme içindeki sürtünme kuvvetleri nedeniyle çevrimsel sönüm meydana gelir (Celep, 2007).

Çevrimsel sönüm, bir malzemenin çevresel koşullarına, malzeme özelliklerine ve yüklenme oranına bağlı olarak değişir. Yüklenme oranı arttıkça, çevrimsel sönüm de artar. Ayrıca, malzemenin elastik özellikleri, sıcaklık, nem ve diğer faktörler de çevrimsel sönümü etkileyebilir. Çevrimsel sönüm, bir sistemin titreşimlerinin zamanla azalmasına neden olur ve sistemin hareketinin kontrolü ve tasarımı için önemlidir. Çevrimsel sönümün hesaplanması, bir sistemin titreşim davranışının

doğru bir şekilde modellenmesine ve yapının yorulma ömrü gibi faktörlerin tahmin edilmesine yardımcı olur (Karaahmetli, 2017).

2.2.4 Sönüm oranlarının belirlenmesi

Sönüm oranları, bir sistemin titreşim davranışının analiz edilmesi sırasında belirlenir. Sönüm oranları, sistemin hareketinin zamanla nasıl azaldığını ve titreşimlerin ne kadar süreceğini belirleyen bir faktördür. Sönüm oranları, genellikle bir sistemdeki sönüm kuvvetlerinin kuvvet frekans özelliği ile belirlenir. Bu özellik, sistemdeki sönüm kuvvetlerinin frekansa bağlı olarak nasıl değiştiğini gösterir. Sönüm oranları, bir sistemin hareketinin kontrol edilmesi ve tasarlanması için önemlidir. Yüksek sönüm oranları, bir sistemin titreşimlerinin daha hızlı bir şekilde azalmasına neden olurken, düşük sönüm oranları daha uzun süre titreşime neden olabilir. Bu nedenle, sönüm oranları, bir sistemin titreşim davranışının analiz edilmesi sırasında belirlenir ve sistemin tasarımına göre uygun bir şekilde ayarlanır (Karaahmetli, 2017).

Sönüm oranları, bir sistemin malzeme özellikleri, geometrisi, çevresel koşulları ve sönümleme elemanları gibi faktörlere bağlı olarak değişebilir. Sönüm oranlarının belirlenmesi sırasında, bu faktörlerin dikkate alınması gerekir. Sönüm oranları, yapının titreşim davranışının analiz edilmesi sırasında hesaplanır ve yapının tasarımı sırasında sönümleme elemanları gibi faktörlerin uygun bir şekilde seçilmesine yardımcı olur (Karaahmetli, 2017).

Yapının, depremden gelen enerjiye karşı göçmeden plastik deformasyon yapabilmesi için, iyi bir sönüm özelliği göstermesi gerekmektedir. Bu sönüm özelliği, yapının titreşimlerinin zamanla azalmasına ve enerjinin emilmesine yardımcı olur. Sönüm oranı, bir yapının titreşim davranışını karakterize eden bir parametredir. Düşük genlikli titreşimlerde, sönüm oranı genellikle %0,01-0,02 arasında değişir. Ancak deprem gibi şiddetli kuvvetlerden gelen etkinin, sönüm oranı %0,05-0,1 arasında artabilir. Bu, deprem gibi yüksek modlu titreşimlerde yapının salınımının artabileceğinden, daha yüksek bir sönüm oranının gerektiği anlamına gelir (Özdemir, 2015).

Yapısal mühendislikte, sönüm oranı, yapının titreşim davranışının analiz edilmesi sırasında hesaplanır ve tasarım sırasında dikkate alınır. Yüksek bir sönüm oranı, yapının deprem gibi yüksek şiddetli hareketlerde daha fazla enerji absorbe etmesine

ve daha az hasar görmesine yardımcı olabilir. Sönüm oranı, birimlerden arındırılmış bir sayısal değerdir ve genellikle ρ sembolü ile gösterilir.

Sönüm oranı, ρ>1 ise kritik üstü sönüm olarak adlandırılır. Bu durumda, yapısal sistemin titreşim davranışı istenmeyen bir şekilde etkilenir ve hesaplamalar daha karmaşık hale gelir. Bu nedenle, kritik üstü sönüm durumu yapısal tasarım sırasında genellikle önlenmeye çalışılır.

Sönüm oranı, ρ=1 ise kritik sönüm olarak adlandırılır. Bu durumda, yapısal sistem en iyi titreşim emilimi sağlar. Kritik sönüm durumu, yapısal tasarımların istenen bir özelliğidir.

Sönüm oranı, ρ<1 ise kritik altı sönüm olarak adlandırılır. İstenen durum budur, çünkü yapısal sistemin titreşim davranışının doğru bir şekilde analiz edilebilmesi içingerekli olan doğru sönüm özellikleri sağlanmış olur.

Sönüm oranı arttıkça yapısal sistemler yatay kuvvetlerde enerjiyi daha fazla emebilir ve sönümleme özellikleri artar. Bu durumda, yapısal sistem göçmeden plastik deformasyon yapabilir. Kritik altı sönüm durumu, yapısal tasarımda kolayca model kurulabilen bir durumdur. Bu nedenle, yapısal sistemlerin titreşim davranışının analizinde sıklıkla kullanılmaktadır. Sönüm oranları kritik altı sönüm seviyesinde olduğunda, doğru sonuçlar elde etmek için gerekli olan şartlar sağlanmış olur. Bu çalışmada, kritik altı sönüm durumu kullanılmıştır çünkü bu durum kolayca model kurulabilen bir durumdur. Ayrıca, yapısal sistemlerin doğru bir şekilde analiz edilebilmesi ve deprem gibi doğal afetlere karşı dayanıklı hale getirilebilmesi için sönüm oranlarının doğru bir şekilde belirlenmesi önemlidir (Koçer, 2018).

2.3 Literatür Araştırması

Zhou ve diğ. (2023) bu çalışmada, çift katmanlı kalınlığa sahip dört DLJ malzemesinin histeretik-kesme davranışını araştırmıştır. Klasik duvar dolgusu yapılarının yatay olarak bölünmesi ve sönümleme tabakası eklemeleri (DLJ) ile yeni bir dolgu duvar türü olan Sönümlü Duvar Dolgusu Yapısı (DMIW) oluşturulmuştur. Bu yapılandırmanın amacı, MIW'nin deprem performansını artırmaktır. İlk olarak, DMIW'nin geçerliliği ve deprem performansını doğrulamak için, DLJ olarak kullanılabilecek dört farklı malzemeden en uygun malzeme, kayma-histeretik testi kullanılarak seçilmiştir. DMIW ve tipik MIW ile 1:2 ölçekli RC çerçeve

numunelerinin deprem performansı, hasar modeli, deprem parametreleri ve DLJ malzemesi kayma deformasyon özellikleri açısından incelenmiştir. Bulgular, bu çalışmada No.1 MAW olarak da bilinen modifiye edilmiş asfalt su yalıtımı (MAW) ürünü olan APF-500'ün en uygun madde olduğunu göstermiştir.

Zovkic ve diğ. (2013) yanal yükler altında donatılı beton çerçevelerin davranışına çeşitli tiplerde tuğla dolgu malzemesinin katkısını inceleyen bir çalışmayı sunmuştur. Çalışma, çerçeveli duvarların bileşik davranışını araştırmayı ve bunların sertliği, sönümleme ve başlangıç dayanıklılığı hakkında bilgi sağlamayı amaçlamıştır. Çalışmada deneysel test yöntemi kullanılmıştır. Yazarlar, yatay yükler altında davranışlarını değerlendirmek için farklı türde harç dolgulu donatılı beton çerçeveler üzerinde testler yapmışlardır. Testler, dolgu malzemesinin dolgulu çerçevelerin yatay yük taşıma kapasitesine katkısını belirlemek, her bir elemanın ve sistemin davranışını değerlendirmek ve sonunda EN 1998-1 ve 1998-3'ün 'dolgu hükümlerini geliştirmek için tasarlanmıştır. Bu makalenin tartışma ve sonucu, farklı türde harç dolgulu donatılı beton çerçeveler üzerinde yapılan testlerden elde edilen deneysel sonuçlara dayanmaktadır. Yazarlar, çerçeveli duvarların kompozit davranışının daha yüksek sertlik, sönüm ve başlangıç dayanımına sahip olduğunu gözlemlemişlerdir. Ayrıca, dolgulu çerçevelerin enerji emilim kapasitesinin, çıplak çerçeveye göre çok daha yüksek olduğunu gözlemlemişlerdir.

Xie ve diğ. (2020), Çin geleneksel ahşap yapılarının deprem performansı üzerinde ahşap dolgu duvarların etkisini sarsıntı masası testleri yoluyla araştırmıştır. Çalışma, ahşap dolgu duvarların dinamik özellikleri, dinamik tepkileri ve enerji emme kapasiteleri açısından katkılarını nicellendirmeyi amaçlamıştır. Testler, ahşap dolgu duvarların bulunduğu bir yönde ve olmadığı bir yönde, 1:6 ölçekli geleneksel ahşap yapı üzerinde yapılmıştır. Karşılaştırmalı analizlerle, ahşap dolgu duvarların dinamik özellikleri, dinamik tepkileri ve enerji emme kapasiteleri açısından katkıları nicelleştirilmiştir. Ayrıca, yapıdaki viskoz sönümü temsil etmek için geleneksel Rayleigh sönüm matrisi kullanılmıştır. Yapılan bu testlerin sonucunda, deprem yer hareketi 0.6 g'a ulaştığında X yönünde önemli hasarın oluştuğu tespit edilmiş ve sönüm oranının genel gelişim trendi göz önüne alındığında, 0.93 g gibi daha büyük depremlerde X yönündeki sönüm oranının Y yönündekinden önemli oranda daha büyük olacağı öngörülmüştür. Bu nedenle, bu çalışma, özellikle daha büyük zemin yer ivme değerlerine (PGA) sahip depremler için, ahşap dolgu duvarlarla donatılmış

Çin geleneksel ahşap yapılarının deprem tasarımı ve güçlendirilmesinde sönümün dikkate alınması gereken önemli bir faktör olduğunu göstermiştir.

Ozkaynak ve diğ. (2019) betonarme yapıların yapısal sönüm kaynağı olarak tuğla dolgu duvarların rolünü araştırmışlardır. Çalışma, örneklerin sönüm özelliklerini nicelleştirmek için enerji dengesine dayalı yeni bir kavram önermiştir. Çalışma, 1/3 ölçekli tek katlı betonarme çerçevelerin on altı örneği üzerinde uygulanmış ve QS ve PsD testlerine tabi tutulmuştur. Test sonuçları, çıplak, tuğla dolgulu ve CFRP ile güçlendirilmiş tuğla dolgulu betonarme çerçeveler için eşdeğer sönüm oranlarının nicelleştirilmesinde kullanılmıştır.

Akyürek ve diğ. (2019) bir dolgu duvarı, aktif ve pasif ayarlı kütle sönümleyici ile güçlendirilmiş bir betonarme binanın deprem yükü altındaki performansını değerlendirmiştir. Bu çalışma, bu yöntemlerin betonarme binaların deprem direncini arttırmadaki etkinliğini araştırmayı amaçlamıştır. Çalışmanın 1. aşamasında dolgu duvarlı ve duvarsız betonarme model binaların sismik performansları, yapısal analiz programının itme doğrusal olmayan statik analizi kullanılarak belirlenmiştir Çalışmanın 2. aşamasında dolgu duvarın rijitlik katkısı, eşdeğer sıkıştırma payandası olarak modellenerek ele alınmıştır. Sadece plan doğrultusunda sıkıştırma altında çalıştığı ve gerilim altındaki herhangi bir yükü kaldıramayacağı varsayılmıştır. Tüm analizler elastik aralıkta yapılmıştır. Çalışma, ayarlanmış kütle sönümleyicilerin (TMD) optimum ve optimumun altında tasarımını ve bunların bina sisteminin sönüm oranı üzerindeki etkisini tartışmaktadır. Optimum TMD bina sistemi, daha yüksek sönümleme oranlarına sahip olması nedeniyle daha iyi ivme azaltmaları sağlarken, optimumun altındaki TMD sistemi, yer değiştirme açısından karşılık gelen optimum TMD sisteminden daha iyi deplasman azaltma performansı göstermiştir. Sonuç, hem optimum hem de optimum altı tasarımların avantaj ve dezavantajları olduğu ve aralarındaki seçimin yapı sisteminin özel gereksinimlerine bağlı olduğu belirlenmiştir.

Sinha ve diğ. (2006), çeşitli sönümleme mekanizmalarının ve bunların yapısal tepki kontrol yöntemlerindeki uygulamalarının kapsamlı bir tartışmasını sunmuştur. Rüzgâr ve deprem kaynaklı titreşim altındaki yapıların dinamik tepkisini azaltmada sönümlemenin önemi vurgulanmıştır. Makale ayrıca, ayarlanabilir kütleli titreşim sönümleyicilerinin (AKTSD) yapısal tepkiyi azaltmadaki etkinliğini tartışırken, AKTSD'lerin deprem yüklemesi altında etkili olmayabileceğini belirtilmiştir. Sonuç

olarak, makale, sönümlemenin yapısal tepki kontrol yöntemlerinin önemli bir bileşeni olduğunu vurgulayarak, dinamik yük altındaki yapıların performansını önemli ölçüde artırabileceğini belirtilmiştir. Ancak, bazı sönümleme sistemlerinin sınırlamaları bulunduğunu ve etkinliklerinin yük tipi ve yapısal özellikler gibi çeşitli faktörlere bağlı olabileceği de belirtilmiştir. Genel olarak, makale, yapısal mühendislikte sönümlemenin rolüne ilişkin önemli bilgiler sağlamakta ve daha fazla araştırmanın yapılması önerisinde bulunmaktadır.

Mansourikia, (2015) gelişmekte olan ülkelerde kullanımı daha etkin ve ekonomik olan güçlendirilmiş panellerin davranışının daha iyi anlaşılmasını amaçlamaktadır. Ek olarak bu çalışma, rijitliği artırmak, alternatif yük yolları sağlamak veya çatlakları kapalı tutmak gibi takviyenin mukavemete ve sönümlemeye nasıl yardımcı olduğunu belirlemek için çalışmalar yapılması gerektiğini önermiştir. Düzlem içi yükleme testleri kullanılarak, CFRP ile güçlendirilmiş donatısız tuğla duvarların sönümleme özellikleri incelenmiştir. Toplam yedi tane tuğla panel test edilmiş olup, bunların üç tanesi donatısızdır. Çalışmanın sonucunda, çapraz laminant şeritlerin eşdeğer kesme dayanımını artırmada bir miktar daha etkili olduğu, yatay kumaş levhaların ise sönümlemeyi artırmada daha iyi olduğu belirtilmiştir.

Goodno, (1996) çalışmasında, özel enerji dağıtıcı bağlantılara sahip mimari kaplama panellerinin, sismik bölgelerdeki binalar için etkili bir pasif kontrol sistemi olabileceğini tartışmıştır. Gelişmiş kaplama bağlantıları; paneller ve bina yapısı arasındaki etkileşimi kullanarak enerjiyi dağıtmakta ve aynı zamanda yapıya ekyanal rijitlik sağlamaktadır. Çalışmada, gelişmiş bağlantıların doğrusal olmayan modelleri ile yapılan analizler sonucunda, önerilen kritere göre tasarlandığında, enerji tüketen kaplama bağlantılarının yapısal sistem için gerekli olan toplam histeretik enerjiyi sağlayabildiği görülmüştür. Bunun yanı sıra, yapısal sistemin değiştirilmiş temel frekansı ile yer hareketinin kritik frekansı arasındaki ilişkiye bağlıolarak, kat ve katlar arası yer değiştirmelerdeki azalma gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar,özel enerji dağıtıcı bağlantılara sahip mimari kaplama panellerinin, binaların sismik performansını geliştirmek için etkili bir pasif kontrol sistemi olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

Kahrizi ve TahamouliRoudsari (2021) çalışmalarında, ADAS akma sönümleyici ile ankraja edilmiş dolgu duvarlı çelik çerçevelerin davranışını etkileyen parametreleri gözlemlemiştir. Bu çalışmada, gerilme dağılımı, duvarın göçme modları, rijitlik,

mukavemet, süneklik ve enerji dağılımı gibi farklı parametrelerin çerçevelerin çeşitli yönleri üzerindeki etkilerini araştıran deneysel ve sayısal bir araştırmanın sonuçları sunulmuştur. Dolgu duvarın çerçevenin sismik davranışı üzerindeki etkisini değerlendirmek için üç farklı örnek (dolgu duvarsız çerçeve, çerçeve ile dolgu duvar arasında bağlantısı olmayan dolgu çerçeve ve yığma dolgu duvarlı çerçeve) ADAS akma sönümleyici içeren) test edilmiştir. Bu çalışmada, üç adet tek katlı, tek açıklıklı çelik çerçevelerin test edildiği deneysel bir çalışmanın sonuçları sunulmuştur (bir dolgu duvarı olmayan bir çerçeve, bir tuğla dolgulu çelik çerçeve ve yan bağlantısı olmayan bir çelik çerçeve ile bir tuğla dolgulu çelik çerçeve ve ADAS esnek damper). Sonuçlar, ADAS sönümleme plakası kullanılarak yığma dolgu duvarın ankrajlanmasının, ankrajlanmamış dolgu duvara göre çerçevenin efektif rijitliğini %35,8 azalttığını ve çerçevenin sünekliğini %36,4 oranında artırdığını göstermiştir. Sistem, son sürüklenmelerde bile duvarın çökmesini engellemiştir. Çalışma, ADAS akma sönümleyicilerinin kullanılmasının, yığma dolgu duvarlı çelik çerçevelerin sismik performansını iyileştirmek için etkili bir yöntem olduğu sonucuna varmıştır.

3. MATERYAL METOD

3.1 Bina Genel Bilgileri

Bu bölümde, üç. farklı betonarme binanın malzeme bilgileri sunulmuştur. Binaların analitik modeli, dolgu duvarları için kullanılan eşdeğer basınç çubuğu modelini içermektedir. Sanal modeller, var olan yapıların hizmet verdiği yapıların özelliklerine dayandırılarak oluşturulmuştur. Bu bağlamda, kullanılan taşıyıcı elemanların mevcut malzeme dayanımları temel alınmıştır. Binanın mimari planı, statik projesi, kalıp planları, kolon aplikasyon planı ve kiriş detayları sunulmuştur. Binaların performans değerlendirmesi için SAP2000 programı kullanılmıştır (SAP 2000, 2005).

3.1.1 Kat Bilgileri

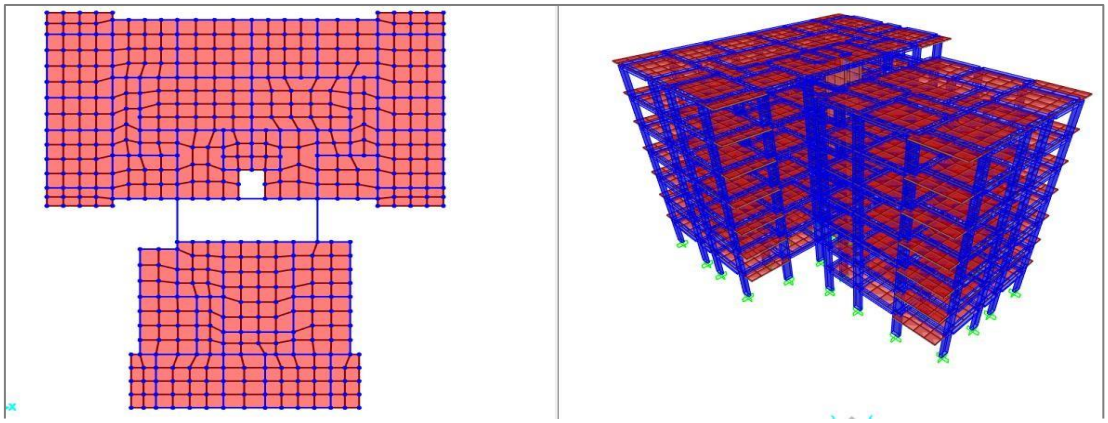
Çalışmamızda kullandığımız yapılardan birincisi, bodrum kat, zemin kat ve 5 normal kat olmak üzere toplam 7 kattan oluşan Dolunay apartmanıdır. 7 katlı betonarme binanın, dış duvar kalınlığı 25 cm iç duvar kalınlığı ise 15 cm'dir. Betonarme binanın merkezinde bulunan perde duvarlar, 20x185 cm ölçülerinde iken kolonlar 25x70 cm ölçülerindedir. Kirişler ise yapının dış kısımlarında 25x50 cm ölçülerinde tasarlanmıştır. Binanın döşeme kalınlığı 12 cm'dir. Kat yüksekliğimiz 3 metre olmak üzere her katımız 628 m²'dir. Döşemelerin üzerindeki hareketli yük (Q) 2kN/m^2 ve sabit yük (G) 3 kN/m^2'dir. Kirişlere, duvarların sabit yükleri aktarılmıştır. Betonarme binanın, dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız olmak üzere iki farklı analitik modeli, mimari planı, bina taşıyıcı kiriş detayları ve kolon aplikasyon planları şekillerle gösterilmiştir.

Çalışmamızda kullandığımız yapılardan ikincisi, zemin kat ve 3 normal kat olmak üzere toplam 4 kattan oluşan BNG apartmanıdır. 4 katlı betonarme binanın, iç ve dış duvar kalınlığı 20 cm'dir. Kolonlar 30x60 cm ölçülerindedir. Kirişler 25x50 cm ölçülerinde tasarlanmıştır. Binanın döşeme kalınlığı 15 cm'dir. Zemin kat yüksekliği 3,5 m ve normal kat yüksekliğimiz 2,80 metre olmak üzere her katımız 652,660 m²'dir. Döşemelerin üzerindeki hareketli yük (Q) 2 kN/m^2 ve sabit yük (G) 3 KN/m^2'dir. Kirişlere, duvarların sabit yükleri aktarılmıştır. Betonarme binanın, dolgu

duvarlı ve dolgu duvarsız olmak üzere iki farklı analitik modeli, kolon aplikasyon planları şekillerle gösterilmiştir. Çalışmamızda kullandığımız yapılardan üçüncüsü, zemin kat ve 6 normal kat olmak üzere toplam 7 kattan oluşan Demet apartmanıdır. 7 katlı betonarme binanın, iç duvar kalınlığı 25 cm ve dış duvar kalınlığı 20 cm'dir. Kolonlar iç kısımlarda 100x25 geri kalan bölgelerde 25x60 cm ölçülerindedir. Kirişler 30x60 cm ölçülerinde tasarlanmıştır. Binanın döşeme kalınlığı 15 cm'dir. Zemin kat yüksekliği 3,5 m ve normal kat yüksekliğimiz 3,0 metre olmak üzere her katımız 272,550 m²'dir. Döşemelerin üzerindeki hareketli yük (Q) 2 kN/m^2 ve sabit yük (G) 3 KN/m^2'dir. Kirişlere, duvarların sabit yükleri aktarılmıştır. Betonarme binanın, dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız olmak üzere iki farklı analitik modeli, mimari planları şekillerle gösterilmiştir.

3.1.2 Bina Analitik Modeli

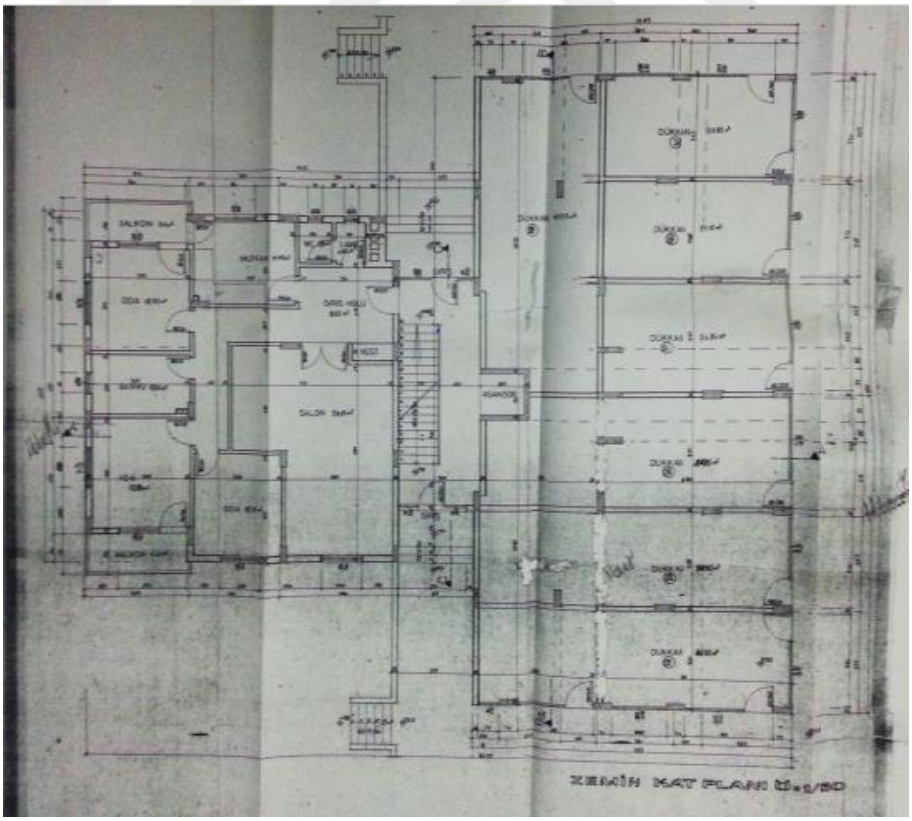
Üç modelde, kiriş ve kolon taşıyıcı sistemleri, iki düğüm noktalı çubuk elemanlar kullanılarak matematiksel olarak temsil edilmiştir. Döşeme ve perde elemanlar ise dört düğüm noktalı kabuk elemanlar yardımıyla modellenmiştir. Tüm binaların modellemesinde, gerçek projenin orijinaline uygun bir şekilde döşeme kalınlıkları tanımlanmış ve döşemenin gerçek davranışını yansıtabilmesi için her iki doğrultuda da 1 metrelik sonlu elemanlara bölünmüştür. Benzer şekilde, perde duvar elemanları kabuk eleman olarak modellenmiş ve 1 metrelik sonlu elemanlara bölünmüştür.Düşey taşıyıcı sistemleri oluşturan perde ve kolon elemanların zemin ile temasta bulunan alt uçlarına ankastre mesnetler atanmıştır. Bu mesnetler sayesinde, yapının yatay ötelenmelere ve dönmelere karşı tutulması sağlanmıştır. Modelimizdeki düğüm elemanları ise 6 serbestlik derecesine sahiptir. Binanın hizmet ömrü boyunca rastlayabileceği düşey yüklerin belirlenebilmesi için, "TS498 Yapı Elemanların Boyutlandırılmasında Alınacak Yükler" standardı temel alınmıştır. Bu standart, yapı elemanlarına etki edebilecek zati (sabit) ve hareketli yükleri belirlemek için kullanılmaktadır. Üst yapılarda kullanılan hareketli yük katılım katsayısı(n) konutlar için 0.3 alınmıştır (Çizelge 3.1). Bu çalışmada kullanılan 7 katlı Dolunayapartmanının analitik modeli Şekil 3.1'de gösterilmiştir. Binanın mimari planı Şekil 3.2'de sunulmuş, bina taşıyıcı kolonlarının aplikasyon planı Şekil 3.3'te verilmiştir. Kiriş detayları Şekil 3.4'te gösterilmiş, kolon ve perde detayları ise Şekil 3.5 ve Şekil3.6'da yer almaktadır.



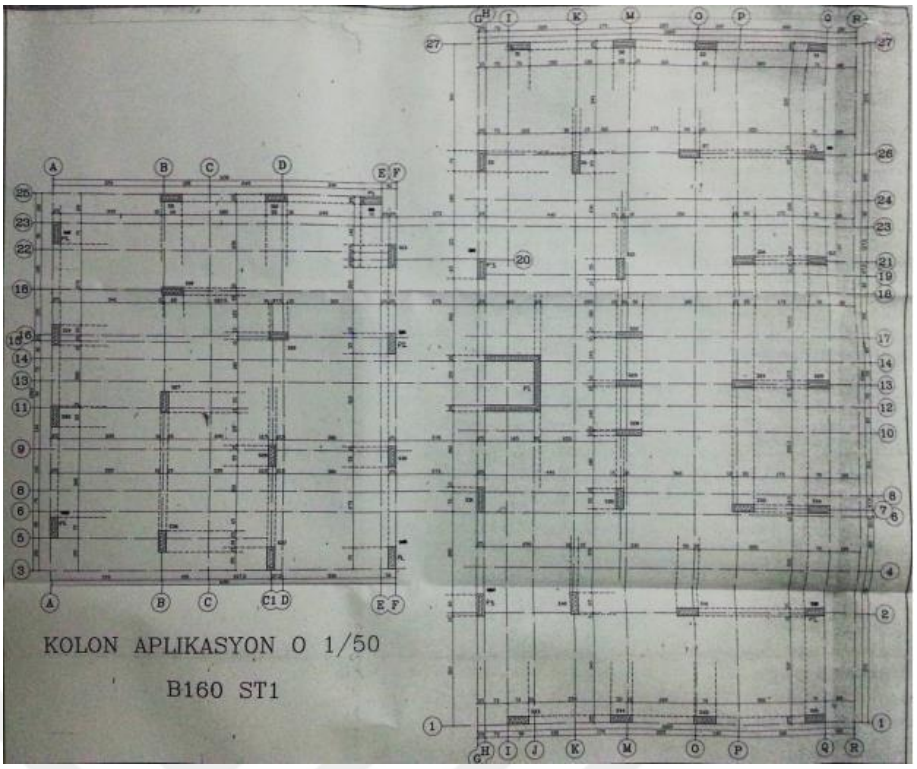
Şekil 3.1 : Bina analitik modeli.

Çizelge 3.1 : Hareketli yük kütle katılım katsayısı (TBDY, 2018)

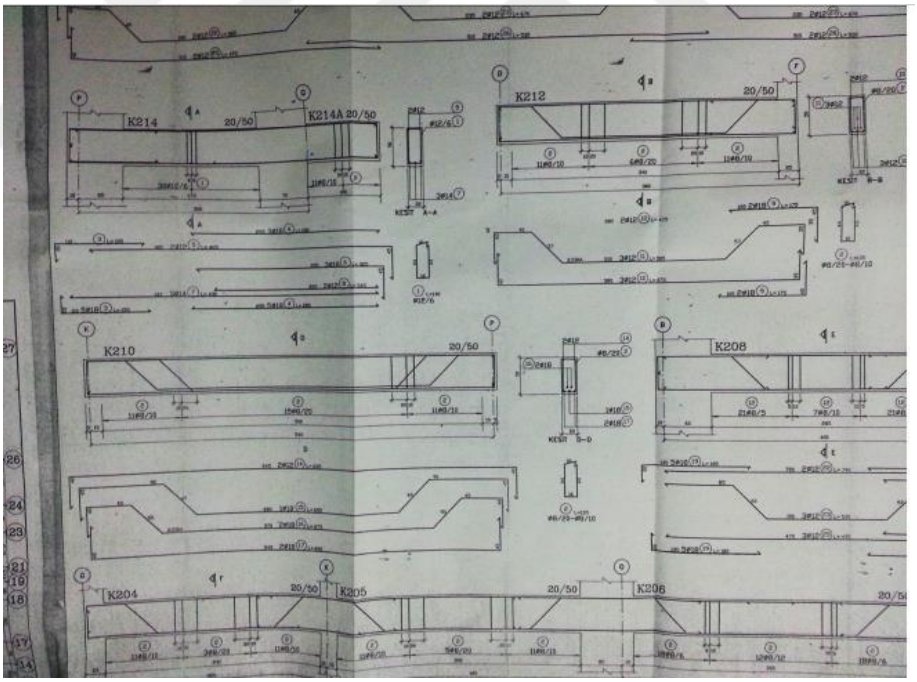
Binanın kullanım amacı	n
Depo antrepo vb.	0.8
Okul, öğrenci yurdu, spor tesisi, sinema, tiyatro, lokanta, mağaza vb.	0.6
Konut, işyeri, otel, hastane, otopark vb.	0.3



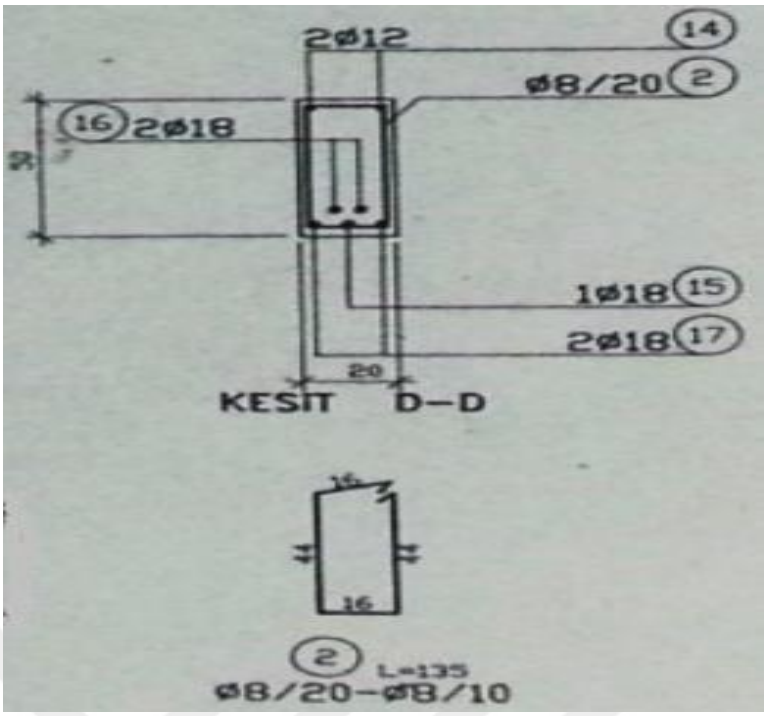
Şekil 3.2 : Mimarı plan.



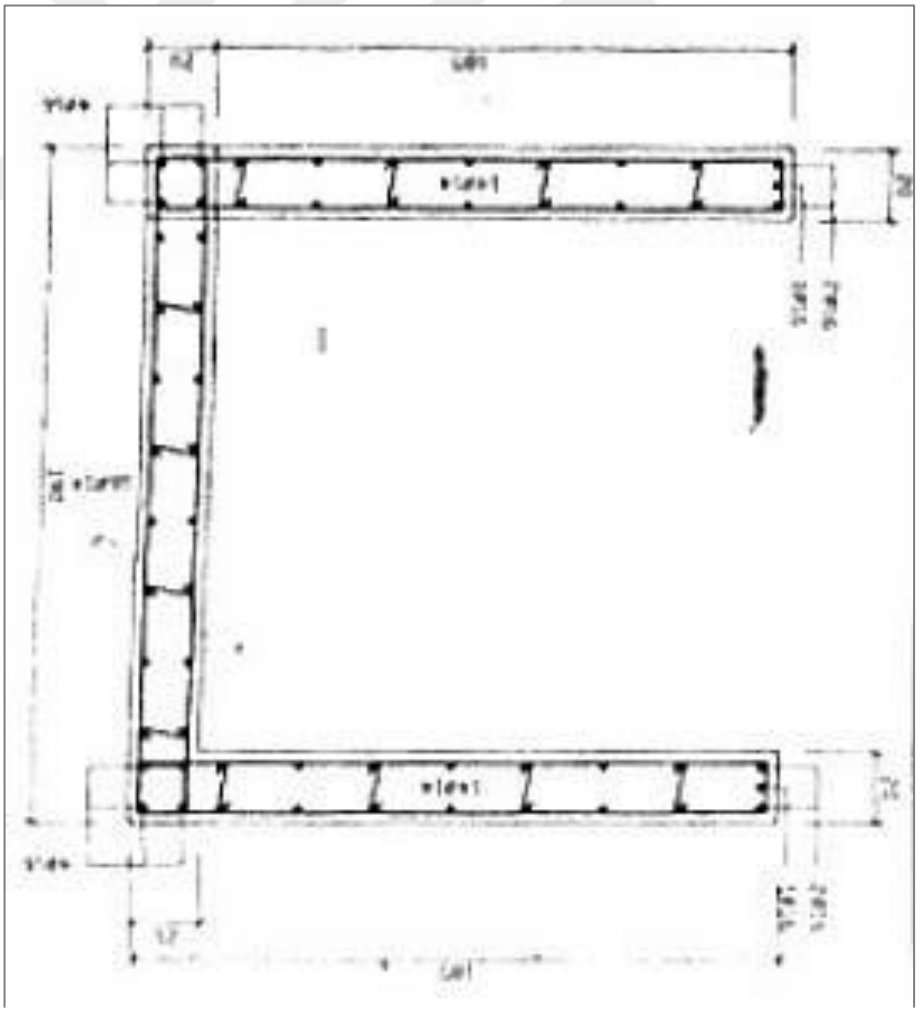
Şekil 3.3 : Kolon aplikasyon planı.



Şekil 3.4 : Kiriş detayı.

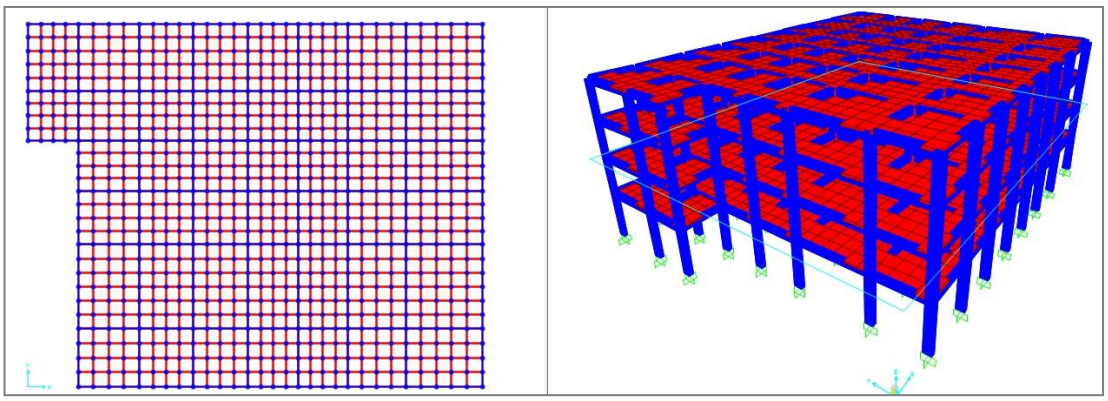


Şekil 3.5 : Kolon detayı.

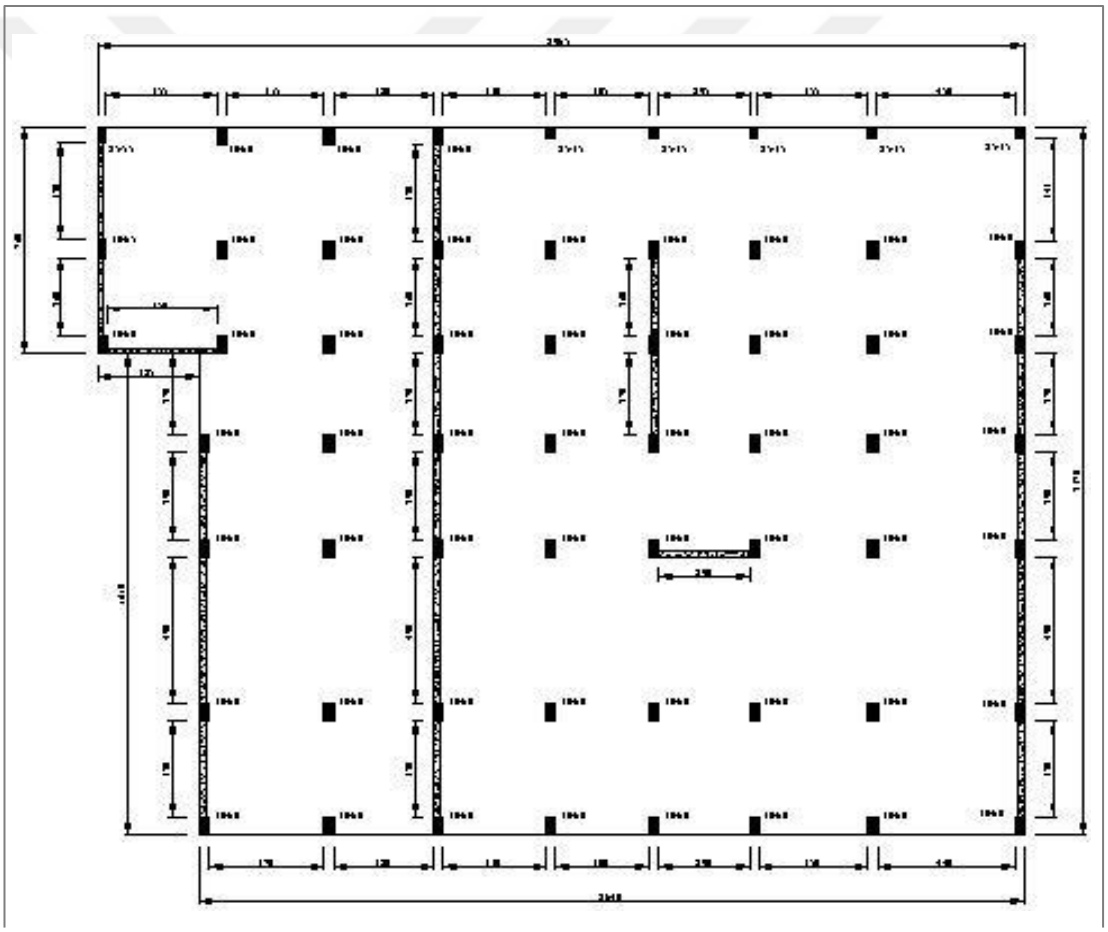


Şekil 3.6 : Perde duvar detayı.

Bu çalışmada kullanılan 4 katlı BNG apartmanının analitik modeli Şekil 3.7'de gösterilmiştir. Binanın taşıyıcı kolonlarının aplikasyon planı Şekil 3.8'de verilmiştir.

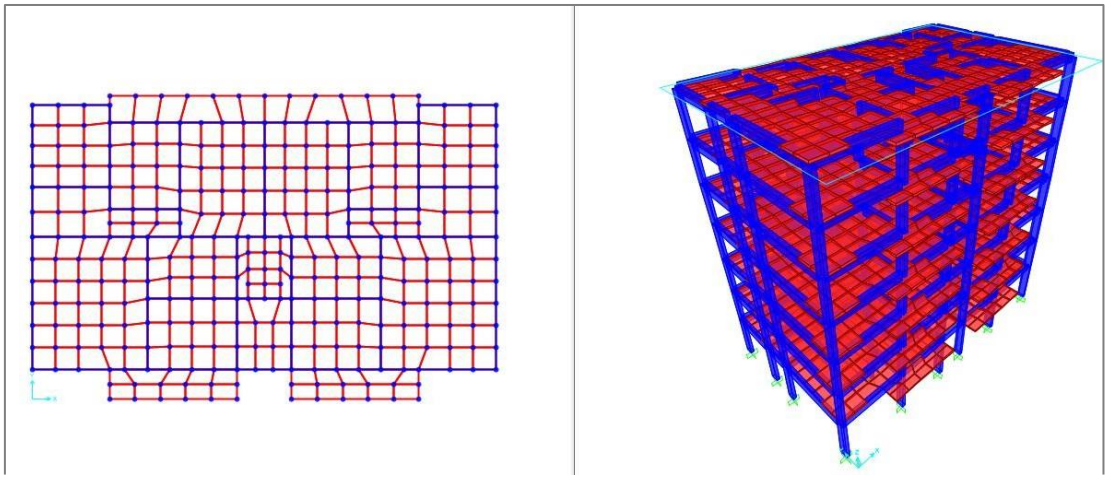


Şekil 3.7 : Bina analitik modeli.

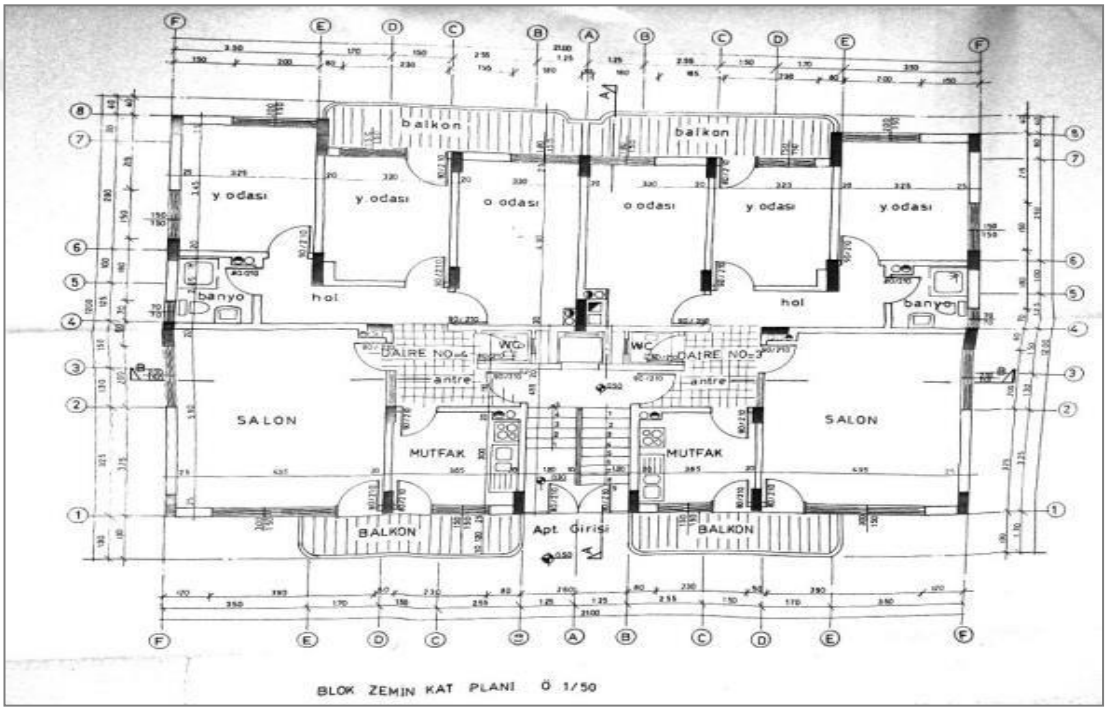


Şekil 3.8 : Kolon aplikasyon planı.

Bu çalışmada kullanılan 7 katlı Demet apartmanın analitik modeli Şekil 3.9'da gösterilmiştir. Binanın mimari planı Şekil 3.10'da verilmiştir.



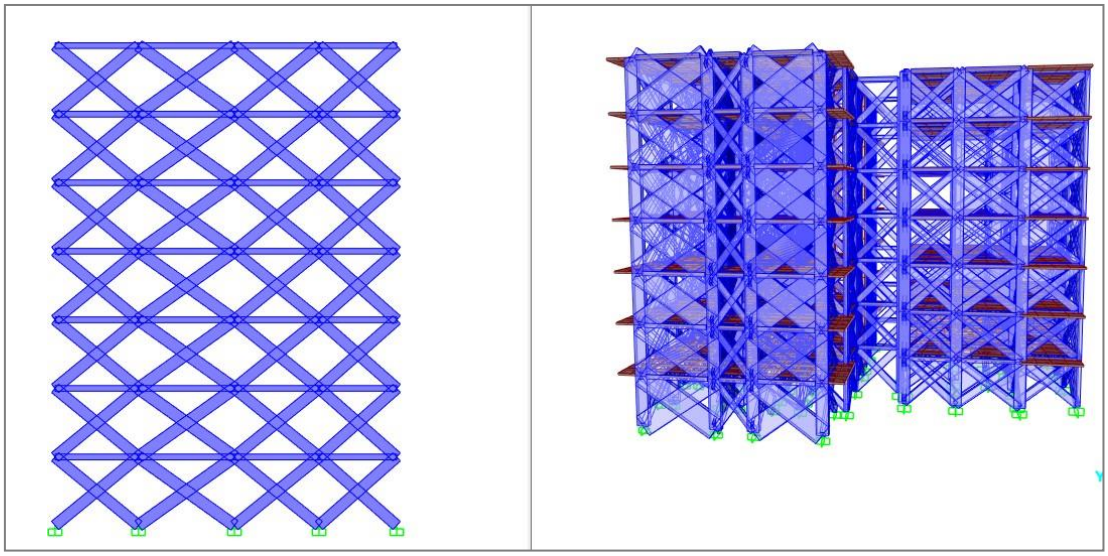
Şekil 3.9 : Bina analitik modeli.



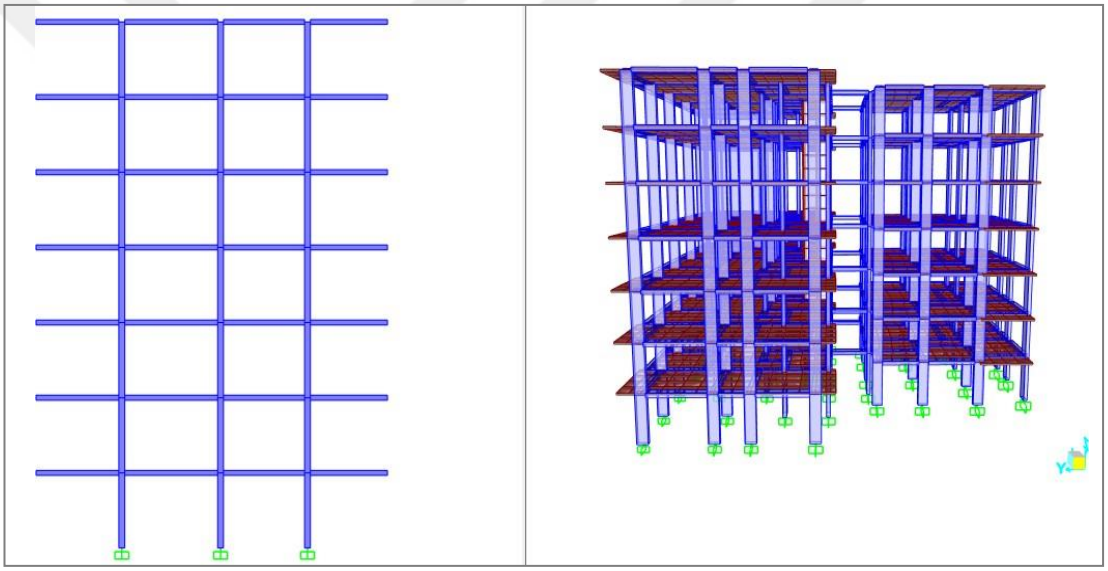
Şekil 3.10 : Mimari plan.

3.1.3 Dolgu Duvar Modelleri

Bu çalışmada, Şekil 3.11'de gösterilen 7 katlı betonarme binanın dolgu duvarlarını temsil etmek için aynı özelliklere sahip iki eşdeğer basınç çubuğu modeli kullanılmıştır. Bu yöntem, dolgu duvarların gerçek davranışını taklit etmek için kullanılan bir yaklaşımdır ve dolgu duvarlarının betonarme yapının taşıyıcı sistemine olan etkisini hesaplamak için kullanılmaktadır. Şekil 3.12'de duvarsız model gösterilmiştir.

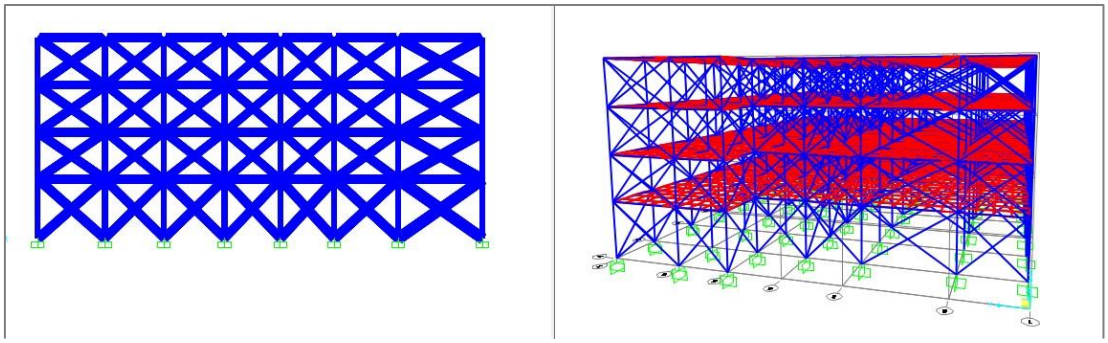


Şekil 3.11 : Dolgu duvarlı model.

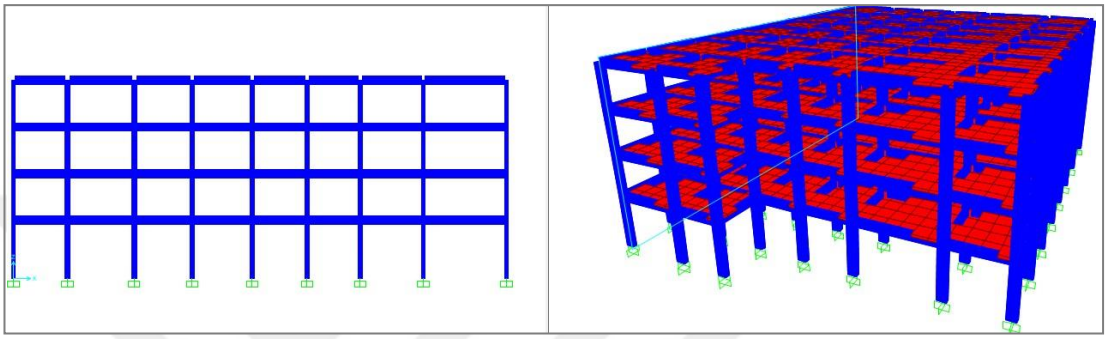


Şekil 3.12 : Dolgu duvarsız model.

Şekil 3.13'te gösterilen 4 katlı betonarme binanın dolgu duvarlarını temsil etmek için aynı özelliklere sahip iki eşdeğer basınç çubuğu modeli kullanılmıştır. Bu yöntem, dolgu duvarların gerçek davranışını taklit etmek için kullanılan bir yaklaşımdır ve dolgu duvarlarının betonarme yapının taşıyıcı sistemine olan etkisini hesaplamak için kullanılmaktadır. Şekil 3.14'te duvarsız model gösterilmiştir.

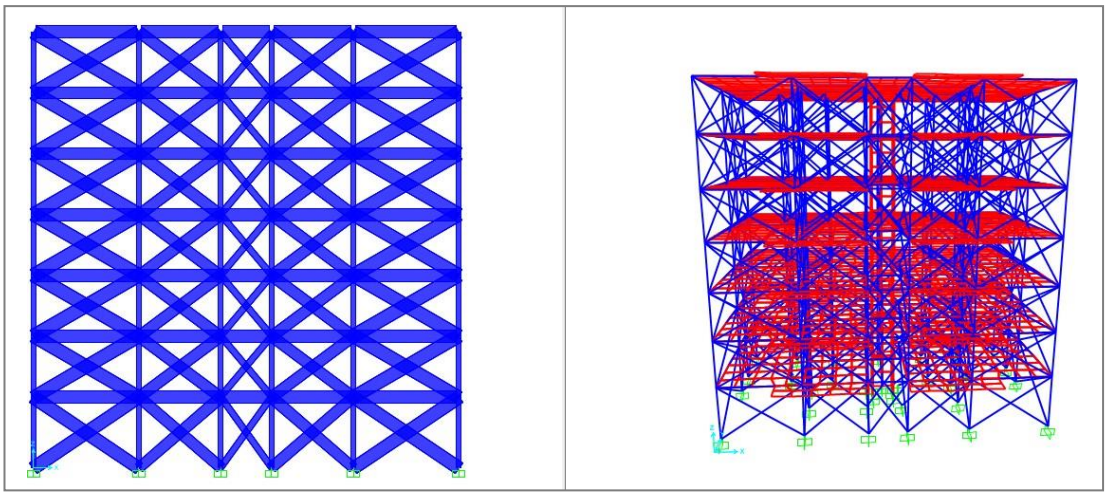


Şekil 3.13 : Dolgu duvarlı model.

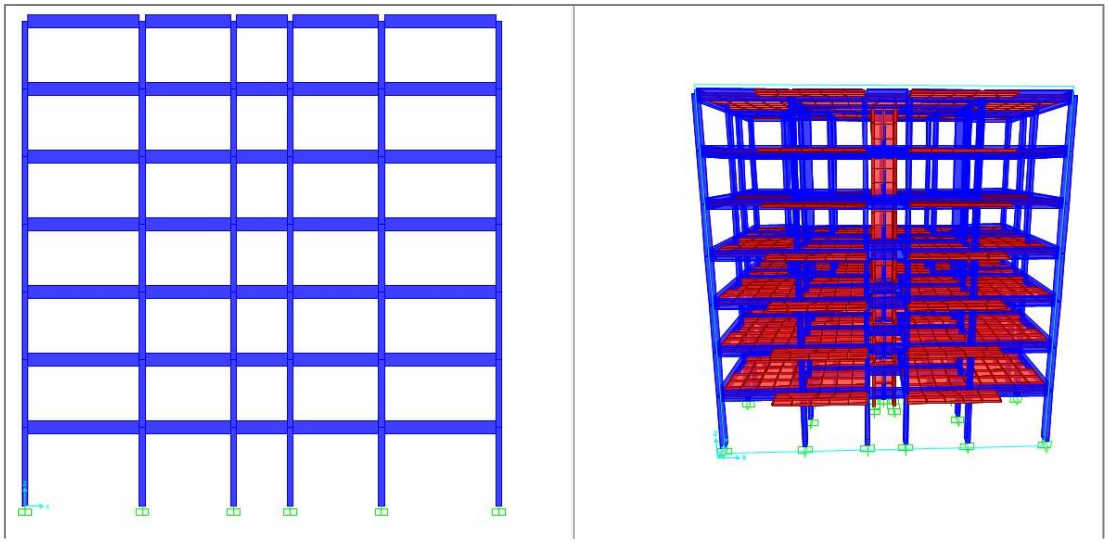


Şekil 3.14 : Dolgu duvarsız model.

Şekil 3.15'te gösterilen 7 katlı betonarme binanın dolgu duvarlarını temsil etmek için aynı özelliklere sahip iki eşdeğer basınç çubuğu modeli kullanılmıştır. Bu yöntem, dolgu duvarların gerçek davranışını taklit etmek için kullanılan bir yaklaşımdır ve dolgu duvarlarının betonarme yapının taşıyıcı sistemine olan etkisini hesaplamak için kullanılmaktadır. Şekil 3.16'da duvarsız model gösterilmiştir.



Şekil 3.15 : Dolgu duvarlı model.



Şekil 3.16 : Dolgu duvarsız model.

3.2 Dolgu Duvarların Betonarme Binaların Davranışına Türk Deprem Yönetmeliği 2018 Kriterlerine Göre Etkisi

3.2.1 Deprem hareket düzeyi

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 kapsamında 4 farklı yer hareketi mevcuttur (TBDY, 2018).

3.2.1.1 Deprem yer hareketi düzeyi- 1 (DD-1)

DD-1 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %2 ve buna karşılık gelen tekrarlanma periyodunun 2475 yıl olduğu çok seyrek bir deprem yer hareketidir. Bu deprem yer hareketi, göz önünde bulundurulan en büyük deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır.

3.2.1.2 Deprem yer hareketi düzeyi- 2 (DD-2)

DD-2 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %10 ve buna karşılık gelen tekrarlanma periyodunun 475 yıl olduğu seyrek bir deprem yer hareketidir. Bu deprem yer hareketi, yapıların tasarımı için standart olarak kabul edilen bir deprem yer hareketidir ve standart tasarım deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır.

3.2.1.3 Deprem yer hareketi düzeyi- 3 (DD-3)

DD-3 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %50 ve buna karşılık gelen tekrarlanma periyodunun 72 yıl olduğu sık bir deprem yer hareketidir.

3.2.1.4 Deprem yer hareketi düzeyi- 4 (DD-4)

DD-4 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %68 (30 yılda aşılma olasılığı %50) ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 43 yıl olduğu çok sık deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, servis deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır.

3.2.2 Yatay elastik tasarım spektrumu

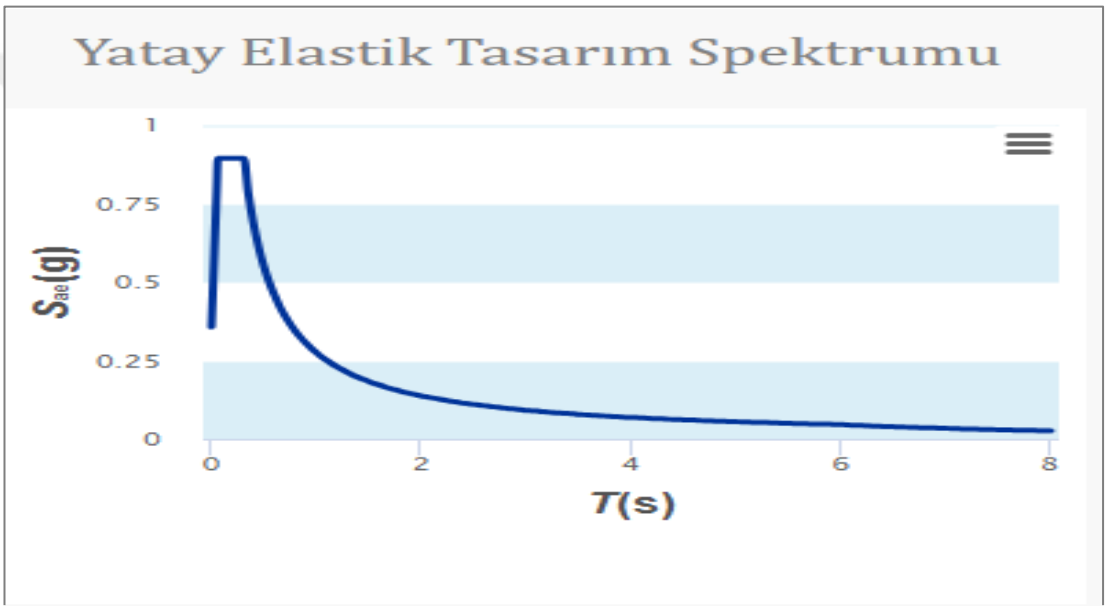
Yatay elastik tasarım spektral ivmeleri, belirli bir deprem yer hareketi düzeyi için hesaplanan yatay elastik tasarım ivme spektrumunun ordinatlarını ifade eder. Bu spektral ivmeler, doğal titreşim periyoduna bağlı olarak yerçekimi ivmesi (g) biriminde ifade edilir. Bu hesaplama Denklem (4.1)'de ifade edilmiştir (TBDY 2018).

$$
\begin{aligned}
S_{ae}(T) &= (0{,}4+0{,}6\,\frac{T}{T_A})\,S_{DS} && (0 \le T \le T_A)\\
S_{ae(T)} &= S_{DS} && (T_A \le T \le T_B)\\
S_{ae}(T) &= \frac{S_{DI}}{T} && (T_B \le T \le T_L)\\
S_{ae\infty}(T) &= \frac{S_{DI}T_L}{T^2} && (T_L \le T)
\end{aligned}
\qquad (4.1)
$$

Denklemlerde kullanılan SDS kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı ile SD1 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı, boyutsuz değerlerdir. T, doğal titreşim periyodu, T_A ve T_B ise yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyotlarını ifade eder. Bu köşe periyotları Denklem 4.2'ye göre hesaplanır (TBDY, 2018).

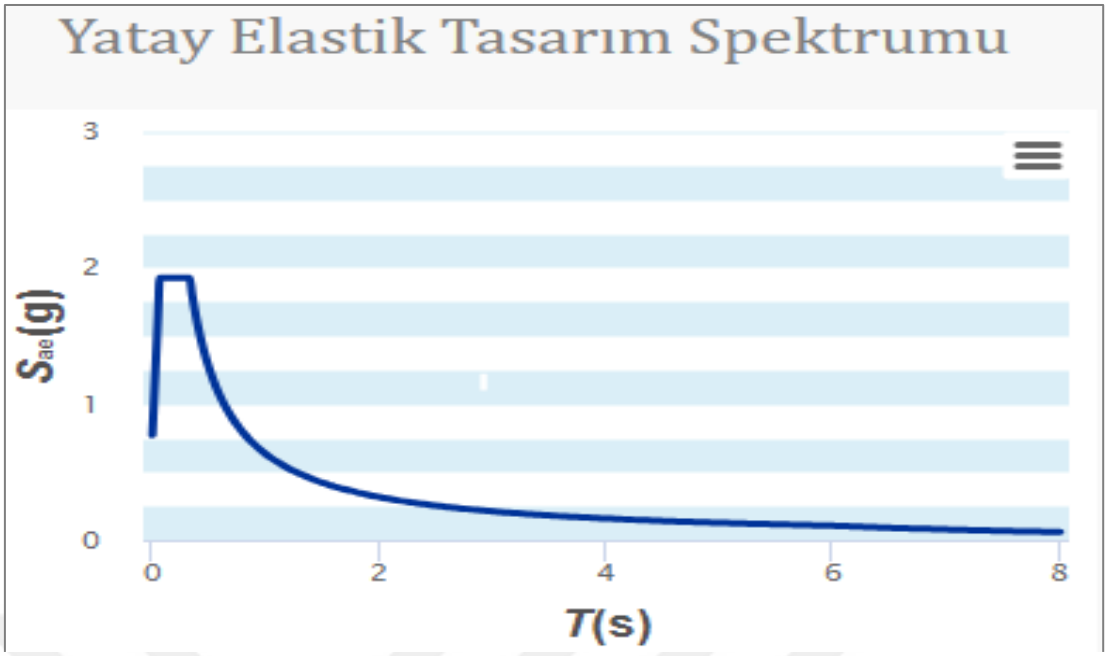
$$T_A = 0{,}2 \frac{SDI}{S_{DS}} \qquad T_B = \frac{S_{DI}}{S_{DS}} \qquad (4.2)$$

Bu çalışmada, Türkiye'nin Van ilinin Tuşba ilçesinde, 38.5641694 enlem ve 43.2757954 boylam koordinatlarına sahip 7 katlı betonarme bir yapı olan Dolunay apartmanı incelenmiştir. SDS spektral ivme katsayısı 0.894 ve SD1 değeri 0.275 olarak belirlenmiştir. Bu değerler kullanılarak Denklem 4.2'de yerine konulmuş ve köşe periyotları TA ve TB değerleri sırasıyla 0.061s ve 0.307 s olarak hesaplanmıştır.Elde edilen köşe periyodu ile binanın yatay elastik tasarım spektrumu Şekil 3.17'de sunulmuştur.



Şekil 3.17 : Yatay elastik tasarım spektrumu.

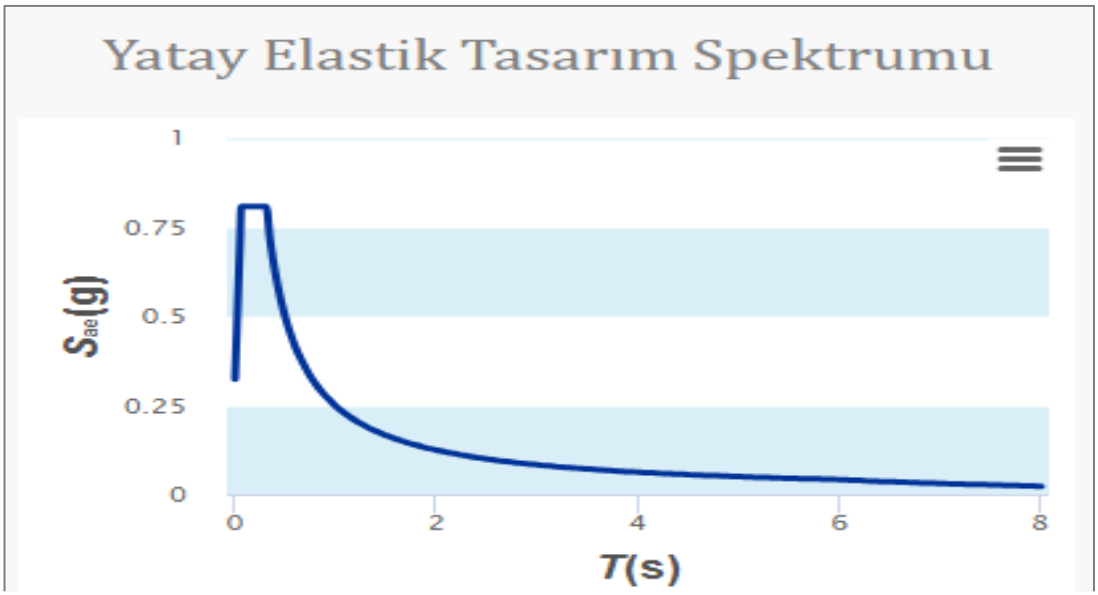
Bu çalışmada, Türkiye'nin Bingöl il merkezinde, 38.886586 enlem ve 40.496519 boylam koordinatlarına sahip 4 katlı betonarme bir yapı olan BNG apartmanı incelenmiştir. SDS spektral ivme katsayısı 1.924 ve SD1 değeri 0.630 olarak belirlenmiştir. Bu değerler kullanılarak Denklem (4.2) kullanılmış ve köşe periyotları TA ve TB değerleri sırasıyla 0.066s ve 0.328 s olarak hesaplanmıştır. Elde edilen köşe periyodu ile binanın yatay elastik tasarım spektrumu Şekil 3.18'de sunulmuştur.



Şekil 3.18 : Yatay elastik tasarım spektrumu.

Bu çalışmada, Türkiye'nin Van ili İpekyolu ilçesinde, 38.508548 enlem ve43.382834 boylam koordinatlarına sahip 7 katlı betonarme bir yapı olan Demet apartmanı incelenmiştir. SDS spektral ivme katsayısı 0,807 ve SD1 değeri 0.248 olarak belirlenmiştir. Bu değerler kullanılarak Denklem (4.2) kullanılmış ve köşe periyotları TA ve TB değerleri sırasıyla 0.066s ve 0.328 s olarak hesaplanmıştır. Eldeedilen köşe periyodu ile binanın yatay elastik tasarım spektrumu Şekil 3.19'da sunulmuştur.

Şekil 3.19 : Yatay elastik tasarım spektrumu.



3.2.3 Zaman tanım alanında hesap

3.2.3.1 Deprem kayıtlarının seçimi

Bina taşıyıcı sistemlerinin zaman tanım alanında deprem hesaplamalarında kullanılacak deprem kayıtlarının seçiminde tasarım, fay mesafeleri, kaynak mekanizmaları ve yerel zemin koşulları dikkate alınarak deprem yer hareketi seviyesine uygun deprem büyüklükleri dikkate alınacaktır. Yapı, bulunduğu bölgede tasarıma esas deprem yer hareketi düzeyi ile uyumlu geçmiş deprem kayıtlarına sahipse, öncelikli olarak bu kayıtlar kullanılacaktır (TBDY, 2018).

Bir, iki ve üç boyutlu hesaplar için belirlenecek depreme kayıtlarının sayısı en az on bir olmalıdır. Aynı deprem takımında alınabilecek depreme takımı sayısı üçü geçmemelidir (TBDY, 2018).

3.2.3.2 Depreme kayıtlarının basit ölçeklendirme yöntemiyle ölçeklendirilmesi

Depremlerin basit ölçeklendirme yöntemiyle seçimi iki şekilde yapılmaktadır.

1-) Bir veya iki boyutlu hesap için öngörülen tüm kayıtlara ait spektrumların ortalamalarının değerlendirilmesi, buna bağlı deprem kayıtlarının 0.2Tp ve 1.5Tp periyotları arasındaki genliklerinin hesaplanması, denklem 4.1 ve 4.2'ye göre tanımlanan tasarım spektrumunun aynı periyot aralığındaki genliklerinden daha küçük olmaması esasına göre, deprem yer hareketlerinin genlikleri ölçeklendirilir (TBDY, 2018).

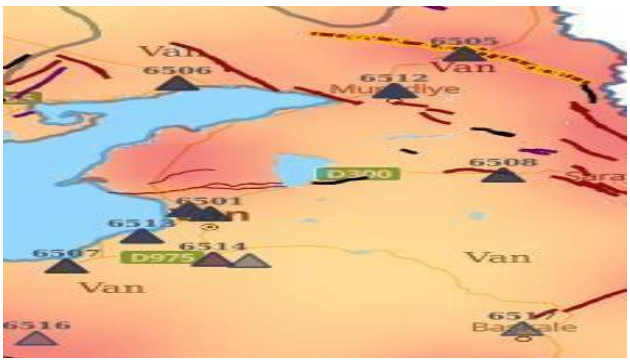
2-) Üç boyutlu hesap için seçilen her bir deprem kaydı takımının iki yatay bileşenine ait spektrumların kareleri toplamının karekökü alınmak suretiyle bileşke yatay spektrum oluşturulurken, bu veriler ışığında oluşturulan bileşke spektrumun ortalaması 0.2Tp ve 1.5Tp periyotları düzeyindeki genliklerinin, denklem 4.1 ve 4.2'ye göre tanımlanan tasarım spektrumunun benzer periyot aralığındaki genliklerine oranının 1.3'ten daha küçük olmaması esasına göre deprem yer hareketi bileşenlerinin genlikleri ölçeklendirme yapılır (TBDY, 2018).

3.2.3.3 Deprem kayıtlarının spektral uyuşum sağlanacak şekilde dönüştürülmesi

Zaman tanım alanında yapılacak hesaplarda kullanılacak depreme kayıtlarının şekil 3.17, şekil 3.18 ve şekil 3.19'da gösterilmiş olan yatay elastik ivme tasarım

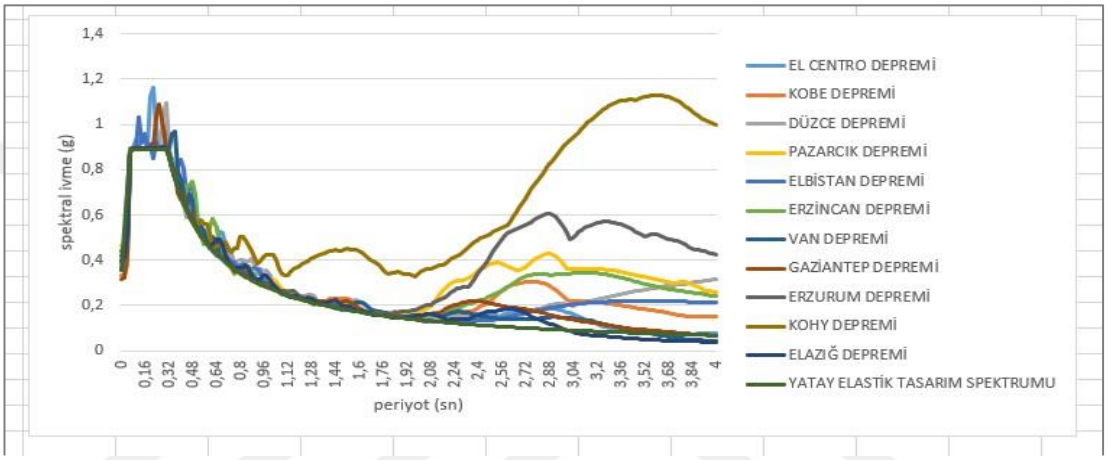
spektrumlarına uyum sağlayacak şekilde dönüştürülmelidir. Bu şekilde elde edilmiş deprem spektrumlarının ortalaması, herhangi bir periyot değeri için tasarım ivme spektrumunun ordinatlarından daha küçük olmayacaktır (TBDY, 2018).

Seçtiğimiz 11 farklı deprem kaydı, zaman tanım alanında bir veya iki boyutlu hesaplamalar için belirtilen kriterleri karşılamaktadır. 7 katlı Dolunay apartmanının bina hakim titreşim periyodu 1,91 sn olmasından kaynaklı 0,38 sn ile 2,87 sn aralarındaki genliklerin, aynı aralıktaki tasarım spektrumu eğrilerinden daha küçük olduğu gözlemlenmiştir. 4 katlı BNG apartmanının bina hakim titreşim periyodu 0,989 s olmasından kaynaklı 0,20 sn ile 1,48 sn aralarındaki genliklerin, aynı aralıktaki tasarım spektrumu eğrilerinden daha küçük olduğu gözlemlenmiştir. 7 katlı Demet apartmanının bina hakim titreşim periyodu 1,214 sn olmasından kaynaklı 0,24sn ile 1,82 sn aralarındaki genliklerin, aynı aralıktaki tasarım spektrumu eğrilerinden daha küçük olduğu gözlemlenmiştir. Bu bölümde iki boyutlu hesap yapılmıştır. Bu çalışmada, 13 Mart 1992 Erzincan depremi Erzincan Merkez Meteoroloji Müdürlüğü 2402 no'lu istasyon kaydı, 6 Şubat 2023 Gaziantep Nurdağı 4616 no'lu istasyon kaydı, 30 ekim 1983 Erzurum depremi Erzurum Horasan Meteoroloji Müdürlüğü 2503 no'lu istasyon kaydı, 16 ocak 1995 Kobe depreme, 19 Mayıs 1940 El Centro depreme, 23 Şubat 2020 İran Kohy depremi 6508 no'lu istasyon kaydı, 12 Kasım 1999 Düzce depremi Düzce Merkez Meteoroloji İstasyon Müdürlüğü 8101 no'lu istasyon kaydı, 24 Ocak 2020 Elazığ Sivrice depremi 2308 no'lu istasyon kaydı, 23 Ekim 2011 Van depremi Van Muradiye Meteoroloji Müdürlüğü 6503 no'lu istasyon kaydı, 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Pazarcık depremi 4615 no'lu istasyon kaydı, 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Elbistan 4631 no'lu istasyon kaydı kullanılmıştır. Bu kayıtlar AFAD ve Peer Ground Motion veri tabanından alınmıştır. Örnek olarak, çalışmada kullanılan Van ve çevresindeki istasyonlar gösterilmiştir (Şekil 3.20).

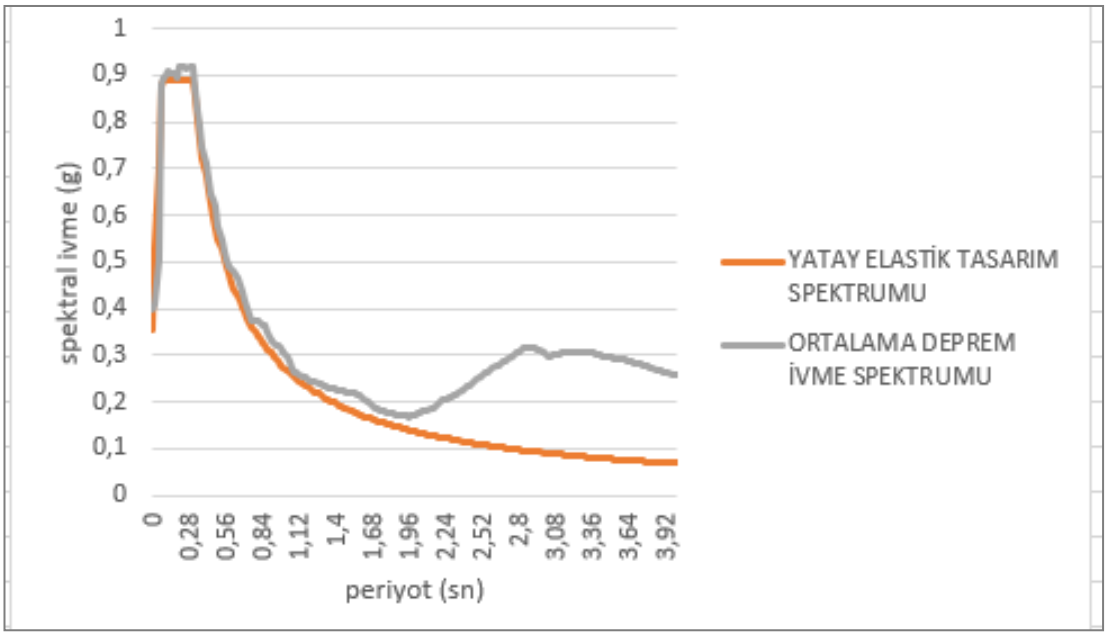


Şekil 3.20 : Van'da bulunan deprem kayıt istasyonları.

7 katlı betonarme Dolunay apartmanının, zaman tanım alanında yapılan hesaplamaları için kullanılan deprem kayıtlarının spektrumları, binanın yatay elastik tasarım spektrumu ile aynı grafik üzerinde çizdirilmiştir (Şekil 3.21). Şekilde 3.21'de görüldüğü üzere ölçeklendirilmiş deprem genliklerinin hiçbiri yatay elastik tasarım spektrumunun genliklerinden daha aşağıda kalmamıştır. Ayrıca seçilen depremlerin ölçeklendirilmiş spektral ivme kayıtlarının ortalaması alınarak yatay elastik tasarım spektrumuyla karşılaştırılmıştır ve herhangi bir periyot değeri için tasarım ivme spektrumunun ordinatlarından daha küçük bir değer bulunmamıştır (Şekil 3.22).

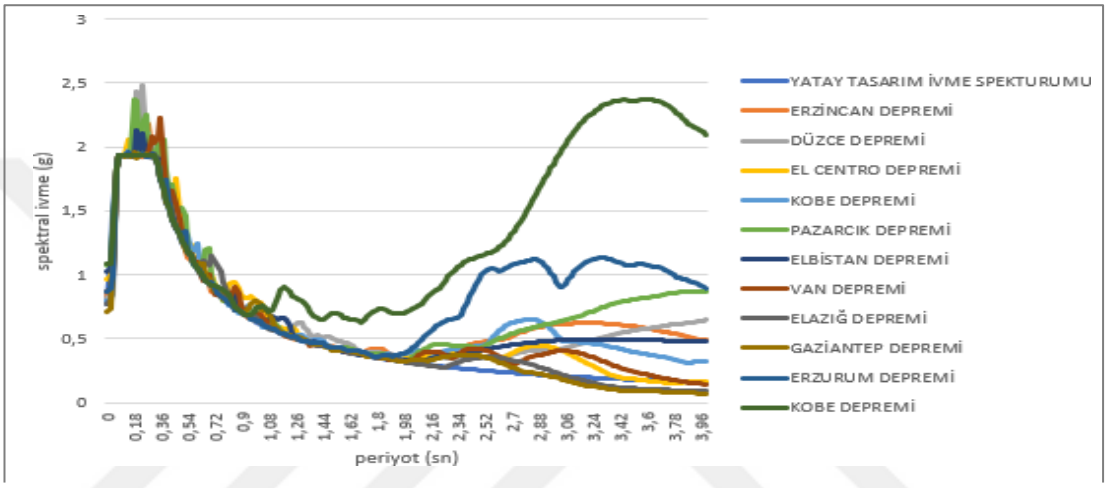


Şekil 3.21 : Ölçeklendirilmiş deprem genliklerinin yatay elastik tasarım spektrumu ile karşılaştırılması.

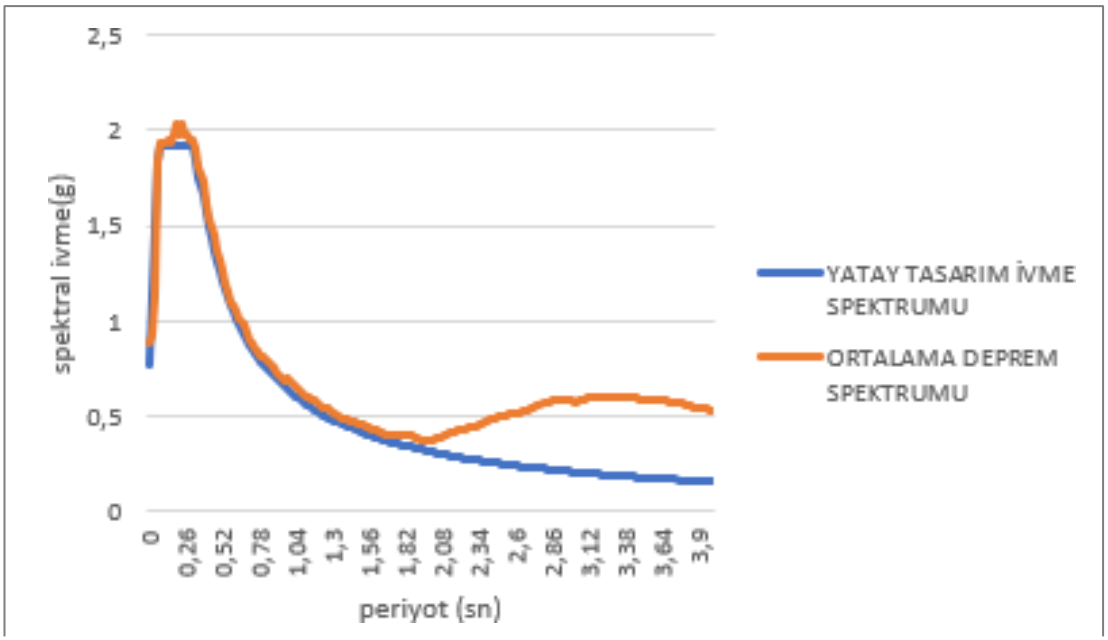


Şekil 3.22 : Ölçeklendirilmiş deprem genliklerinin ortalama spektrumunun yatay elastik tasarım spektrumu ile karşılaştırılması.

4 katlı betonarme BNG apartmanının, zaman tanım alanında yapılan hesaplamaları için kullanılan deprem kayıtlarının spektrumları, binanın yatay elastik tasarım spektrumu ile aynı grafik üzerinde çizdirilmiştir (Şekil 3.23). Şekilde 3.23'te görüldüğü üzere ölçeklendirilmiş deprem genliklerinin hiçbiri yatay elastik tasarım spektrumunun genliklerinden daha aşağıda kalmamıştır. Ayrıca seçilen depremlerin ölçeklendirilmiş spektral ivme kayıtlarının ortalaması alınarak yatay elastik tasarım spektrumuyla karşılaştırılmıştır ve herhangi bir periyot değeri için tasarım ivme spektrumunun ordinatlarından daha küçük bir değer bulunmamıştır (Şekil 3.24).

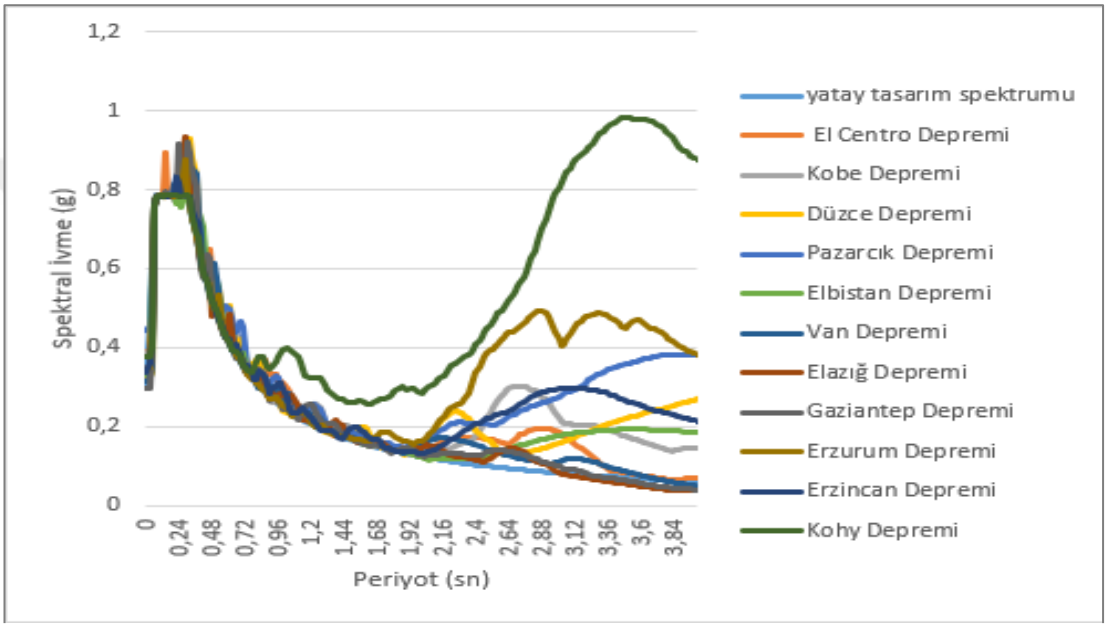


Şekil 3.23 : Ölçeklendirilmiş deprem genliklerinin yatay elastik tasarım spektrumu ile karşılaştırılması.

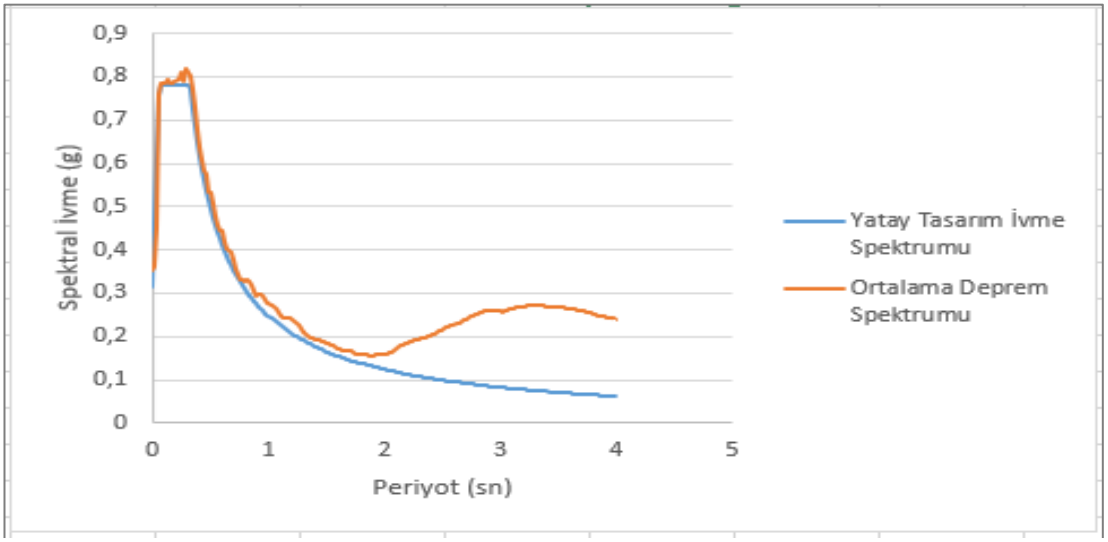


Şekil 3.24 : Ölçeklendirilmiş deprem genliklerinin yatay elastik tasarım spektrumu ile karşılaştırılması.

7 katlı betonarme Demet apartmanının, zaman tanım alanında yapılan hesaplamaları için kullanılan deprem kayıtlarının spektrumları, binanın yatay elastik tasarım spektrumu ile aynı grafik üzerinde çizdirilmiştir (Şekil 3.25). Şekilde 3.25'te görüldüğü üzere ölçeklendirilmiş deprem genliklerinin hiçbiri yatay elastik tasarım spektrumunun genliklerinden daha aşağıda kalmamıştır. Ayrıca seçilen depremlerin ölçeklendirilmiş spektral ivme kayıtlarının ortalaması alınarak yatay elastik tasarım spektrumuyla karşılaştırılmıştır ve herhangi bir periyot değeri için tasarım ivme spektrumunun ordinatlarından daha küçük bir değer bulunmamıştır (Şekil 3.26).

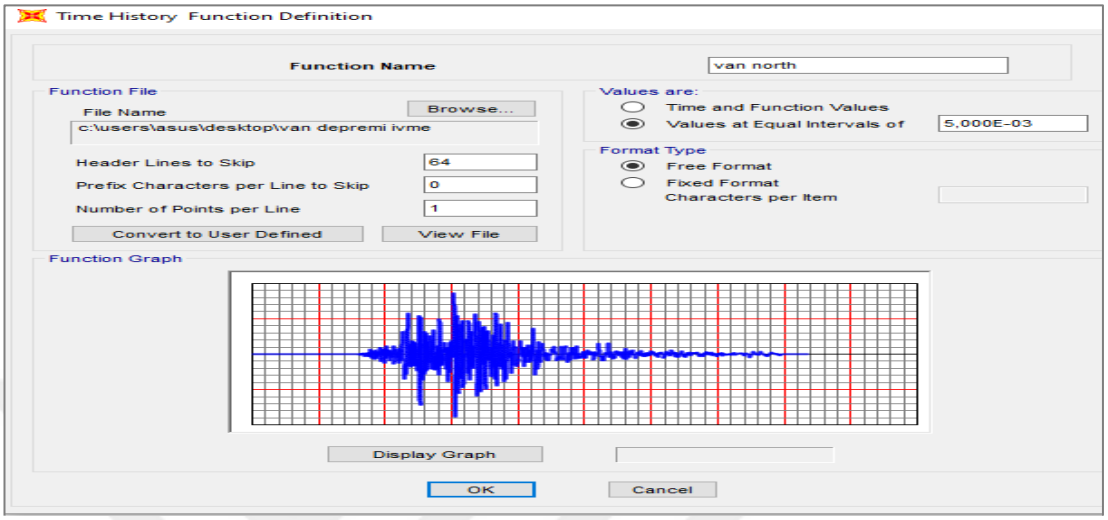


Şekil 3.25 : Ölçeklendirilmiş deprem genliklerinin yatay elastik tasarım spektrumu ile karşılaştırılması.

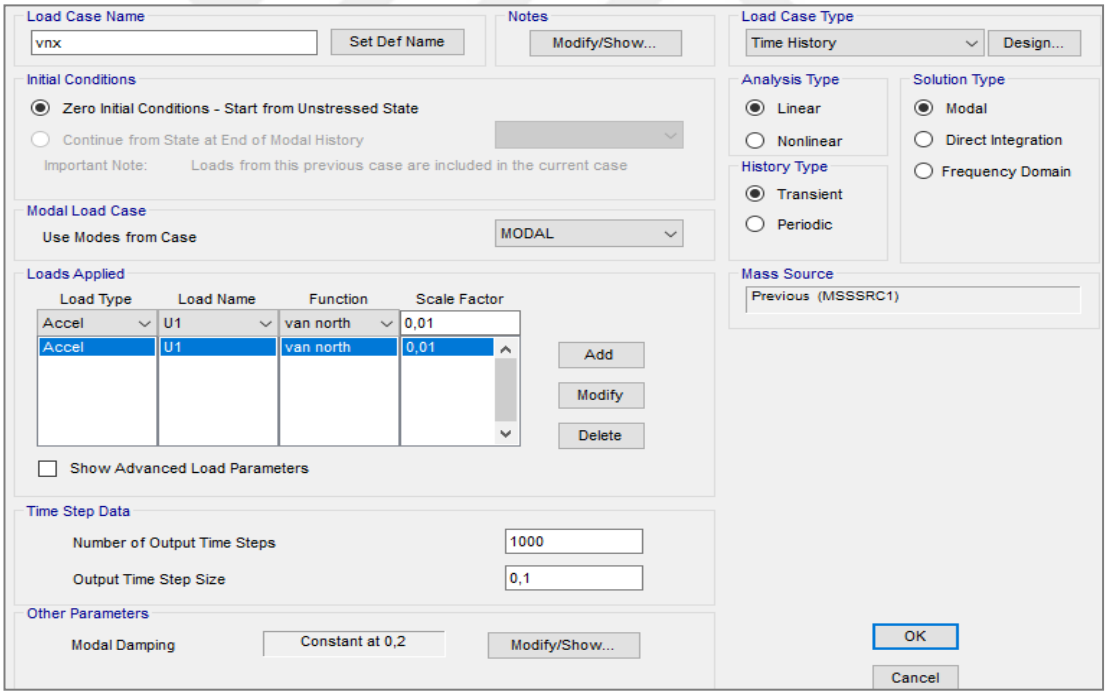


Şekil 3.26 : Ölçeklendirilmiş deprem genliklerinin yatay elastik tasarım spektrumu ile karşılaştırılması.

Zaman tanım alanında analiz için sap2000'de 6 farklı analitik modele, veri tabanlarından almış olduğumuz 11 farklı deprem kaydını hem x hem de y doğrultusunda etkittik (Şekil 3.27). Ayrıca 11 farklı deprem kaydı modellere yük olarak da etkitilmiştir (Şekil 3.28).



Şekil 3.27 : Deprem verilerinin yapıya girdi olarak verilmesi.



Şekil 3.28 : Depremin yük olarak tanıtılması.

4. BULGULAR VE SONUÇLAR

4.1 Bulgular

Tez çalışması kapsamında, 2 adet 7 katlı ve 1 adet 4 katlı tuğla dolgu duvarlıbetonarme yapılar tasarlanarak zaman tanım alanında analize tabi tutulmuştur. Ayrıca, tuğla dolgu duvar elemanlarını bina modeline entegre etmek için, duvarlar çapraz iki ucu mafsallı eşdeğer diyagonal basınç çubuğu şeklinde yapıya modellenmiştir. SAP2000 programı kullanılarak modellenen yapılar için zaman tanım alanında modal analiz yapıldıktan sonra binaların hakim doğal titreşim periyot değerleri belirlenmiştir. Zaman tanım alanına yapılan analizler sonucunda modellere etki ettirilen depremlerin, farklı sönüm oranlarında yapıdaki tepe deplasman ve tabankesme kuvveti değerini nasıl etkilediği detaylı bir şekilde incelenmiştir.

Analitik modellerimize etki ettirilen 11 farklı deprem girdisi sonucunda 7 katlı betonarme, dolgu duvarlı Dolunay apartmanının 1. modda bina hakim titreşim periyodu 0,556 sn, duvarsız binanın ise bina hakim titreşim periyodunun 1,908 sn olduğu gözlemlenmiştir. 4 katlı betonarme, dolgu duvarlı BNG apartmanının 1. modda bina hakim titreşim periyodu 0,42 sn' iken, duvarsız binanın ise bina hakim titreşim periyodunun 0,989 sn olduğu gözlemlenmiştir. 7 katlı betonarme, dolguduvarlı Demet apartmanın 1. modda hakim titreşim periyodu 0,657 sn' iken, duvarsızbinanın hakim titreşim periyodunun 1.214 sn olduğu gözlemlenmiştir. Buradan üç yapımızda da dolgu duvarlı yapının bina hakim titreşim periyodunun daha düşük çıktığı gözlemlenmiştir.

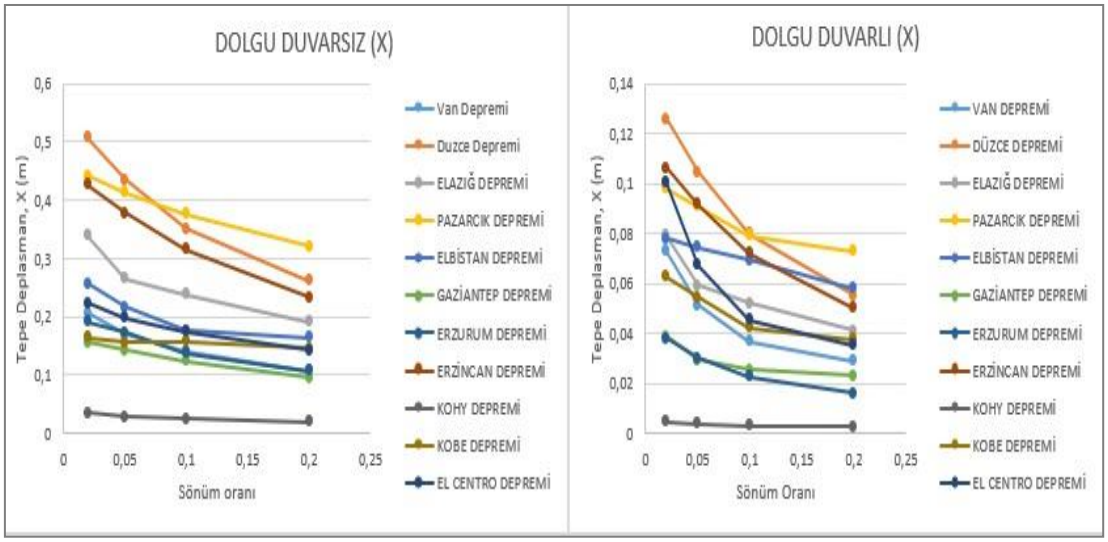
4.1.1 Yapı (1)

İlk olarak 7 katlı betonarme Dolunay apartmanının x ve y doğrultusunda ayrı ayrı tepe deplasman değerleri ve taban kesme kuvvetleri farklı sönüm oranları için bulunmuştur.

Analiz aşamasında tabandan girdi olarak verilen bu 11 farklı deprem takımının, 0,02, 0,05, 0,1 ve 0,2 sönüm oranlarında x doğrultusunda etki ettirilmiş depremlerin tepe deplasman değerleri üzerindeki etkisi hem dolgu duvarlı hem de dolgu duvarsız yapı

için ayrı ayrı incelenmiştir. Analiz sonucunda elde edilen grafik Şekil 4.1'de verilmiştir.

Verilen grafiğin incelenmesi durumunda sönüm oranın artmasıyla yapıya etki ettirilmiş bütün depremlerde hem dolgu duvarlı hem de duvarsız yapıda tepe deplasman değerlerinde azalma olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca dolgu duvarlı yapı ile dolgu duvarsız yapı karşılaştırmasında da sönüm oranı arttıkça duvarlı yapının daha küçük deplasmanlar oluşturduğu gözlemlenmiştir. Sönüm oranı arttıkça dolgu duvarlı yapıda özellikle El Centro depreminde tepe deplasman değerlerinin 0,02sönüm oranında 0,10 m'den başlayıp, 0,2 sönüm oranında 0,03 m'ye kadar düştüğü gözlemlenmiştir. Bu da %70'lik bir deplasman kaybına neden olmuştur. Erzurum depreminde ise 0,2'lik sönüm oranında tepe deplasman değeri dolgu duvarsız yapıda 0,19 m iken dolgu duvarlı yapıda 0,04 m'ye düşmüştür. Bu da dolgu duvarın %79'luk bir deplasman azalmasına sebebiyet verdiğini göstermiştir. Büyüklüğü daha küçük olan Kohy depreminde duvarlı ve duvarsız modellerin tepe deplasman değerlerinde sönüm oranı arttıkça düşük oranda azalmalar gözlemlenmiştir. Dolgu duvarsız yapıda Elbistan depreminin tepe deplasman değerleri tüm sönüm oranlarında, Elazığ depreminin tepe deplasman değerinden daha düşük iken, dolgu duvarlı yapıda bu durum farklılık göstererek 0,02 sönüm oranı dışında diğer tüm sönüm oranlarında Elbistan depreminin daha büyük tepe deplasman değerleri oluşturduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.1). Çizelge 4.1'de 0.05 sönüm oranında analitik modellerimizin yaptığı tepe deplasman değerleri gösterilmiştir. Örneğin maksimum tepe deplasman değerini oluşturan Düzce depreminde 0.05'lik sönüm oranında dolgu duvarsız yapıda tepe deplasman değeri 0,4353 metreyken, dolgu duvarlı yapıda aynı sönüm oranında bu değer 0,1046 metre olarak hesaplanmıştır. Bu da dolgu duvarın %76'lık bir deplasman azalmasına neden olduğunu göstermiştir.



Şekil 4.1 : Farklı sönüm oranlarıyla x doğrultusundaki tepe deplasman değerlerinin duvarlı ve duvarsız bina için karşılaştırılması.

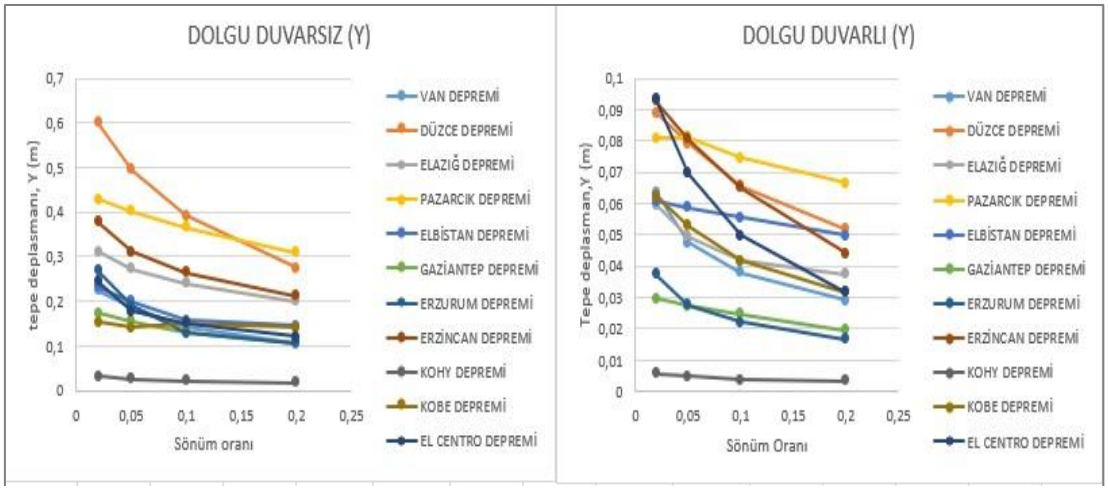
Çizelge 4.1 : Duvar modellerinin 0,05 sönüm oranındaki x yönündeki en büyük tepe deplasman değerleri.

Depremler	Sönüm oranı	Dolgu Duvarsız(ux) metre	Dolgu Duvarlı (ux) metre
Van Depremi	0,05	0.1688	0.0511
Düzce Depremi	0.05	0.4353	0.1046
Elazığ Depremi	0,05	0.2656	0.0591
Pazarcık Depremi	0,05	0.4134	0.091
Elbistan Depremi	0.05	0.2166	0.0744
Antep Depremi	0.05	0.1429	0.0294
Erzurum Depremi	0.05	0.1726	0.0302
Erzincan Depremi	0.05	0.3774	0.0915
Kohy Depremi	0.05	0.0284	0.0037
Kobe Depremi	0.05	0.1553	0.0546
Elcentro Depremi	0.05	0.1973	0.0697

Analiz aşamasında 0,02, 0,05, 0,1 ve 0,2 sönüm oranlarında y doğrultusunda etki ettirilmiş depremlerin tepe deplasman değerleri üzerindeki etkisi hem dolgu duvarlı hem de dolgu duvarsız yapı için incelenmiştir. Analiz sonucunda elde edilen grafik şekil 4.2'de verilmiştir.

Verilen grafiğin incelenmesi durumunda sönüm oranın artmasıyla yapıya etki ettirilmiş bütün depremlerde hem dolgu duvarlı hem de duvarsız yapıda tepe deplasman değerlerinde azalma olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca dolgu duvarlı yapı ile dolgu duvarsız yapı karşılaştırmasında sönüm oranı arttıkça duvarlı yapının daha küçük deplasmanlar oluşturduğu gözlemlenmiştir. Sönüm oranı arttıkça dolgu duvarlı yapıda özellikle El Centro depreminde tepe deplasman değerlerinin %67'lik

bir azalma ile 0,02 sönüm oranında 0,09 m'den başlayıp 0,2 sönüm oranında 0,03 m'ye kadar düştüğü gözlemlenmiştir. Dolgu duvarsız yapıda en büyük tepe deplasman değeri Düzce depreminde 0,02 sönüm oranında 0,599 m ile gözlemlenmiştir. Sönüm oranı arttıkça yapıda meydana gelen tepe yer değiştirmelerindeki azalma %54'lik bir azalma ile Düzce depreminde 0,02 sönüm oranında 0,599 metreden, 0,2 sönüm oranında 0,274 metreye düştüğü gözlemlenmiştir. Dolgu duvarsız yapıda sönüm oranı arttıkça tepe deplasman değerindeki azalma en düşük %8 ile Kobe depreminde gözlemlenmiştir. Buradasönüm oranı 0,02 iken deplasman değeri 0,153 metreyken, 0,2'lik sönüm oranında budeğer 0,14'e düştüğü gözlemlenmiştir. Dolgu duvarlı yapıda ise Kobe depreminde sönüm oranı arttıkça deplasman değerlerindeki azalma belirgin olarak gözlemlenmiştir. Dolgu duvarlı yapıda tepe deplasman değerindeki en büyük düşüş, EL Centro depreminde %67 ile 0,02 sönüm oranında tepe deplasman değeri 0,09 m iken 0,2 sönüm oranında tepe deplasman değeri 0,03 m'ye düştüğü an gözlemlenmiştir. Dolgu duvarlı yapıda sönüm oranı arttıkça tepe deplasman değerindeki azalma en düşük Kohy depreminde gözlemlenmiştir. Burada sönümoranı 0,02 iken deplasman değeri 0,006 metreyken, 0,2'lik sönüm oranında bu değer 0,003'e düştüğü gözlemlenmiştir. Bu da dolgu duvarın %50'lik bir deplasman azalmasına sebebiyet verdiğini göstermiştir Dolgu duvarlı yapıda Erzincan depreminde ise 0,2'lik sönüm oranında tepe deplasman değeri dolgu duvarsız yapıda 0,234 m iken dolgu duvarlı yapıda aynı sönüm oranında 0,04 m'ye düşmüştür. Bu da dolgu duvarın %83'lük bir deplasman azalmasına sebebiyet verdiğini göstermiştir. Şekil 4.2'de görüldüğü gibi El Centro depremi sonucunda oluşan tepe deplasman eğrisinin eğimi, dolgu duvarsız yapıda sönüm oranı arttıkça daha yavaş azalırken, dolgu duvarlı yapıda sönüm oranı arttıkça eğrinin eğiminde ciddi bir azalma olduğu gözlemlenmiştir. Kobe depreminde ve Gaziantep depreminde dolgu duvarsız yapıda tüm sönüm oranlarında birbirine yakın deplasman değerleri gözlemlenirken, dolgu duvarlı yapıda bu ilişki farklılaşarak, Kobe depreminde daha büyük deplasman değerleri gözlemlenirken, Gaziantep depreminde daha küçük deplasman değerleri gözlemlenmiştir. Örneğin 0,02 sönüm oranında duvarlı yapıda Kobe depremi 0,06 metreyken, Gaziantep depreminde tepe deplasman değeri 0,03 metre olarak elde edilmiştir (Şekil 4.2). Çizelge 4.1'de 0.05 sönüm oranında analitik modellerimizin yaptığı tepe deplasman değerleri gösterilmiştir.



Şekil 4.2 : Farklı sönüm oranlarıyla y doğrultusundaki tepe deplasman değerlerinin duvarlı ve duvarsız bina için karşılaştırılması.

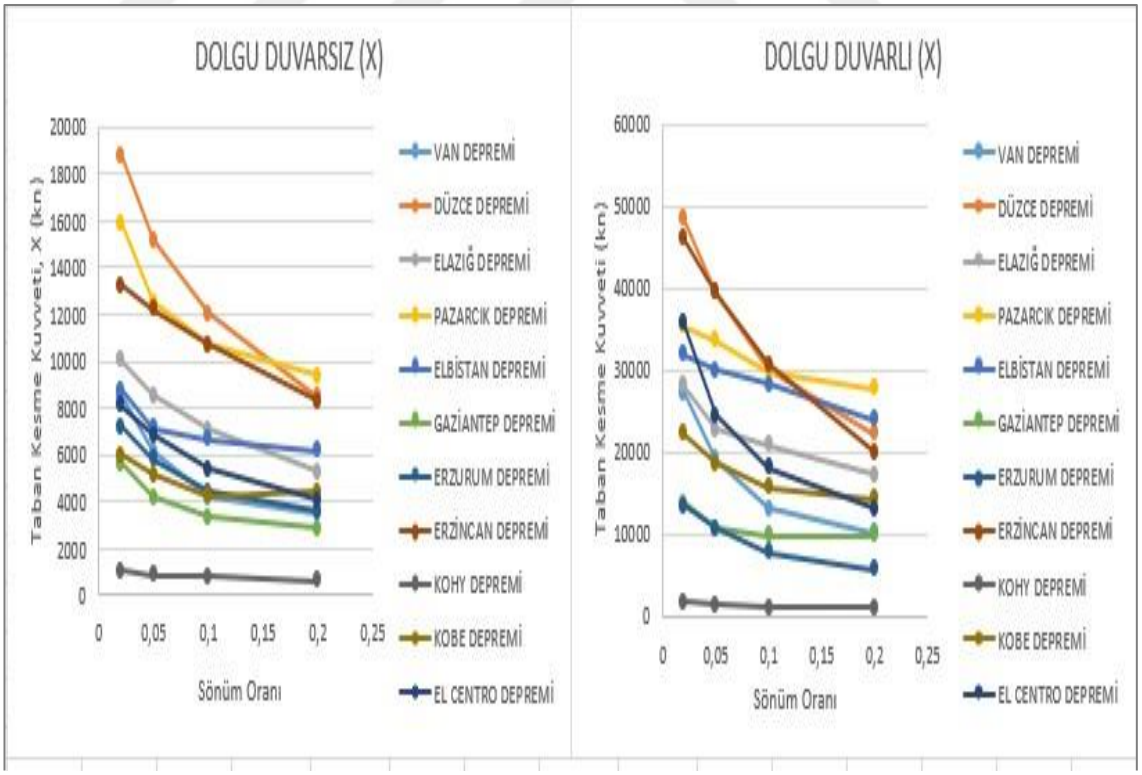
Çizelge 4.2 : Duvar modellerinin 0,05 sönüm oranındaki y doğrultusundaki en büyük tepe deplasman değerleri.

Depremler	Sönüm oranı	Dolgu Duvarsız (uy) metre	Dolgu Duvarlı (uy) metre
Van Depremi	0,05	0.187	0.0475
Düzce Depremi	0.05	0.4947	0.0792
Elazığ Depremi	0,05	0.2733	0.0495
Pazarcık Depremi	0,05	0.4021	0.0811
Elbistan Depremi	0.05	0.1996	0.0588
Antep Depremi	0.05	0.155	0.0272
Erzurum Depremi	0.05	0.1901	0.0272
Erzincan Depremi	0.05	0.31	0.0807
Kohy Depremi	0.05	0.0262	0.0048
Kobe Depremi	0.05	0.14	0.0528
Elcentro Depremi	0.05	0.1777	0.0697

Analiz aşamasında 0,02, 0,05, 0,1 ve 0,2 sönüm oranlarında, x doğrultusunda etki ettirilmiş depremlerin taban kesme kuvveti üzerindeki etkisi hem dolgu duvarlı hem de dolgu duvarsız yapı için incelenmiştir. Analiz sonucunda elde edilen grafik şekil 4.3'te verilmiştir.

Grafiği incelediğimizde dolgu duvarlı yapılarda daha büyük taban kesme kuvvetlerinin oluştuğu gözlemlenmiştir. Ayrıca sönüm oranı arttıkça her iki analitik modelde de taban kesme kuvvetlerinin azaldığı gözlemlenmiştir. Hem dolgu duvarlı hem de dolgu duvarsız yapıda en büyük taban kesme kuvveti 0,02 sönüm oranında Düzce depreminde meydana geldiği gözlemlenmiştir. Dolgu duvarsız yapıda sönüm oranı 0,02, 0,05 ve 0,1 değerlerindeyken Düzce depreminde en büyük taban kesme kuvvetleri oluşurken, 0,2 sönüm oranında Pazarcık depreminin taban kesme

kuvvetinin daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. 0,2 sönüm oranında Düzce depreminin taban kesme kuvveti 8494,651 kN iken Pazarcık depreminde bu değer 9358,663 kN 'dur. Elbistan depremi, dolgu duvarsız yapıda 0,02, 0,05 ve 0,1'lik sönüm oranlarında Elazığ depremine göre daha küçük taban kesme kuvveti oluştururken, 0,2'lik sönüm oranında Elazığ depreminden daha büyük taban kesme kuvveti oluşturmuştur. Dolgu duvarlı yapıda ise bütün sönüm oranlarında Elbistan depremi, Elazığ depreminden daha büyük taban kesme kuvvetleri oluşturduğu gözlemlenmiştir. El Centro depreminde, dolgu duvarlı yapının taban kesme kuvveti eğrisinin eğiminin, dolgu duvarsız yapıya göre arttığı gözlemlenmiştir. Elbistan depremini diğer depremlerle karşılaştırdığımızda, 0,1 sönüm oranında dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız yapıda taban kesme kuvvetindeki en büyük artış gözlemlenmiştir. Burada dolgu duvarsız yapıda taban kesme kuvveti 6670,78 kN iken dolgu duvar yapıda taban kesme kuvveti 28129,9 kN olarak elde edilmiştir. Buradan %76'lık bir artış olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.3). Çizelge 4.3'te 0,05 sönüm oranında 11 farklı deprem kaydının x yönünde etki ettirilmesiyle dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız modelin taban kesme kuvveti değerleri gösterilmiştir.



Şekil 4.3 : Farklı sönüm oranlarıyla x doğrultusundaki taban kesme kuvveti değerlerinin duvarlı ve duvarsız bina için karşılaştırılması.

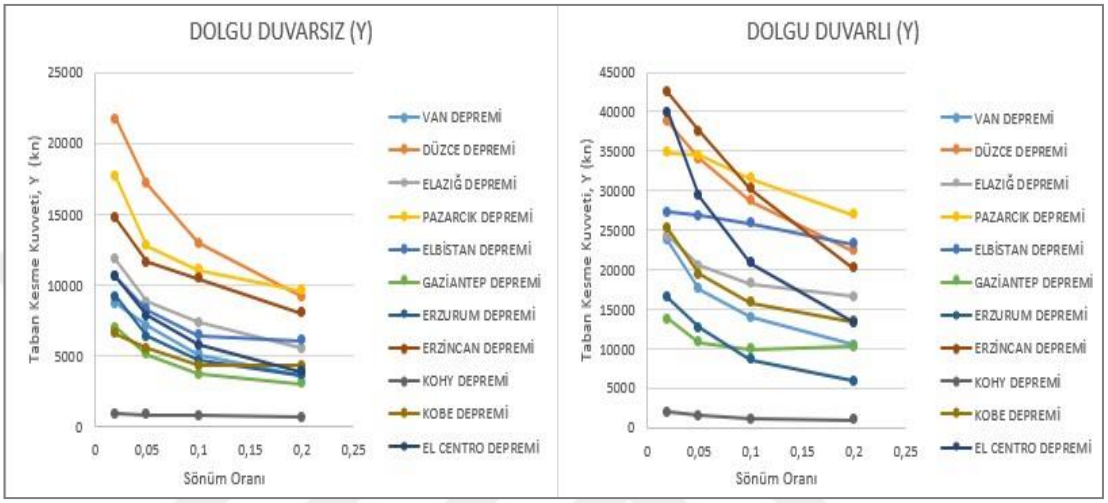
Çizelge 4.3 : Duvar modellerinin 0,05 sönüm oranındaki x yönündeki en büyük taban kesme kuvveti değerleri.

Depremler	Sönüm oranı	Dolgu Duvarsız(Vx) kN	Dolgu Duvarlı (Vx) kN
Van Depremi	0,05	6083.659	19003.8
Düzce Depremi	0.05	10564.05	39394.06
Elazığ Depremi	0,05	8519.941	22601.06
Pazarcık Depremi	0,05	12506.32	33492.54
Elbistan Depremi	0.05	7152.915	29984.94
Antep Depremi	0.05	4156.78	10679.65
Erzurum Depremi	0.05	5786.553	10563.95
Erzincan Depremi	0.05	12209.28	39376.59
Kohy Depremi	0.05	874.866	1320.71
Kobe Depremi	0.05	5118.034	18565.9
Elcentro Depremi	0.05	6830.604	24413.71

Analiz aşamasında 0,02, 0,05, 0,1 ve 0,2 sönüm oranlarında, y doğrultusunda etki ettirilmiş depremlerin taban kesme kuvveti üzerindeki etkisi hem dolgu duvarlı hem de dolgu duvarsız yapı için incelenmiştir. Analiz sonucunda elde edilen grafik şekil 4.4'te verilmiştir.

Grafiği incelediğimizde dolgu duvarlı yapılarda daha büyük taban kesme kuvvetlerinin oluştuğu gözlemlenmiştir. Sönüm oranı arttıkça her iki analitik modelde de taban kesme kuvvetlerinin azaldığı gözlemlenmiştir. Dolgu duvarsızyapıda en büyük taban kesme kuvveti 0,02 sönüm oranında Düzce depremi iken dolgu duvarlı yapıda en büyük taban kesme kuvveti 0.02 sönüm oranında Erzincan depremi olduğu gözlemlenmiştir. Dolgu duvarlı yapıda sönüm oranı 0,02, 0,05 ve 0,1değerlerindeyken Erzincan depreminde en büyük taban kesme kuvvetleri oluşurken, 0,2 sönüm oranında Pazarcık depreminin taban kesme kuvvetinin daha büyük olduğugözlemlenmiştir. 0,2 sönüm oranında Erzincan depreminin taban kesme kuvveti 20201,101 kN iken Pazarcık depreminde bu değer 26901.676 kN'dur. Pazarcık depreminde dolgu duvarsız yapıda 0,02, 0,05 ve 0,1'lik sönüm oranlarında Düzce depremine göre daha küçük taban kesme kuvveti oluşurken; 0,2'lik sönüm oranında Pazarcık depreminde, Düzce depremine göre daha büyük taban kesme kuvveti oluştuğu gözlemlenmiştir. Dolgu duvarsız yapılar için tüm sönüm oranlarında, Elazığdepreminde, El Centro depremine göre daha büyük taban kesme kuvvetleri gözlemlenmişken, dolgu duvarlı yapılar için, Elazığ depreminde 0,2 sönüm oranı dışında, El Centro depreminden daha küçük taban kesme kuvvetlerinin oluştuğu gözlemlenmiştir. Pazarcık depremini diğer depremlerle karşılaştırdığımızda, 0,2

sönüm oranında dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız yapıda taban kesme kuvvetindeki en büyük artış gözlemlenmiştir. Burada dolgu duvarsız yapıda taban kesme kuvveti 9615,399 kN iken dolgu duvarlı yapıda taban kesme kuvveti 26901,676 kN olarak elde edilmiştir. Buradan %64'lük bir artış olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.4). Çizelge 4.4'te 0,05 sönüm oranında 11 farklı deprem kaydının y yönünde etki ettirilmesiyle dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız modelin taban kesme kuvveti değerlerigösterilmiştir.



Şekil 4.4 : Farklı sönüm oranlarıyla y doğrultusundaki taban kesme kuvveti değerlerinin duvarlı ve duvarsız bina için karşılaştırılması.

Çizelge 4.4 : Duvar modellerinin 0,05 sönüm oranındaki y yönündeki en büyük taban kesme kuvveti değerleri.

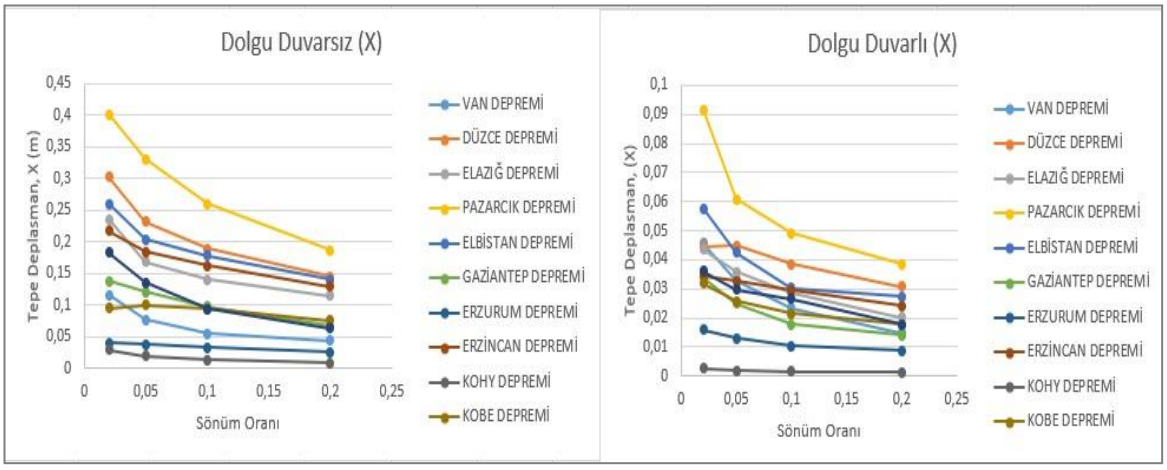
Depremler	Sönüm oranı (boyutsuz)	Dolgu Duvarsız (Vy) kN	Dolgu Duvarlı (Vy) kN
Van Depremi	0,05	7081.784	17518.57
Düzce Depremi	0.05	17132.4	33988.81
Elazığ Depremi	0,05	8803.873	20460.86
Pazarcık Depremi	0,05	12736.84	34427.12
Elbistan Depremi	0.05	8269.757	26772.91
Antep Depremi	0.05	5113.356	10764.15
Erzurum Depremi	0.05	6379.218	12575.83
Erzincan Depremi	0.05	11631.06	37483.13
Kohy Depremi	0.05	814.471	1498.495
Kobe Depremi	0.05	5514.268	19345.29
Elcentro Depremi	0.05	7833.719	29295.71

4.1.2 Yapı (2)

4 katlı betonarme BNG apartmanının x ve y doğrultusunda ayrı ayrı tepe deplasman değerleri ve taban kesme kuvvetleri farklı sönüm oranları için bulunmuştur.

Analiz aşamasında tabandan girdi olarak verilen bu 11 farklı deprem takımının, 0,02, 0,05, 0,1 ve 0,2 sönüm oranlarında x doğrultusunda etki ettirilmiş depremlerin tepe deplasman değerleri üzerindeki etkisi hem dolgu duvarlı hem de dolgu duvarsız yapı için ayrı ayrı incelenmiştir. Analiz sonucunda elde edilen grafik Şekil 4.5'te verilmiştir.

Verilen grafiğin incelenmesi durumunda sönüm oranın artmasıyla yapıya etki ettirilmiş bütün depremlerde hem dolgu duvarlı hem de duvarsız yapıda tepe deplasman değerlerinde azalma olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca dolgu duvarlı yapı ile dolgu duvarsız yapı karşılaştırmasında sönüm oranı arttıkça duvarlı yapının daha küçük deplasmanlar oluşturduğu gözlemlenmiştir. Pazarcık depremi hem dolgu duvarlı hem de dolgu duvarsız yapıda x yönünde en büyük tepe deplasman değerlerini oluşturduğu gözlemlenmiştir. En küçük tepe deplasman değerlerini ise hem dolgu duvarlı hem de duvarsız yapıda x yönü için Kohy depreminde gözlemlenmiştir. Dolgu duvarsız yapıda 0,02'lik sönüm oranında Elbistan depremi 0,26 m'lik tepe deplasmanı yaparken, Düzce depremi 0,30 m'lik tepe deplasmanı ile daha büyük tepe deplasmanı yaptığı gözlemlenmiştir ancak bu durumun dolgu duvarlı yapıda değiştiği gözlemlenmiştir. Burada 0,02 sönüm oranında Elbistan depremi 0,06 m tepe deplasmanı yaparken, Düzce depreminde 0,02'lik sönüm oranında 0,05 m tepe deplasmanı yaptığı gözlemlenmiştir. Bütün sönüm oranlarında dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız yapıların tepe deplasman değerlerini karşılaştırdığımızda tepe deplasmanlarındaki en büyük değişim Düzce ve Erzincan depremlerinde gözlemlenmiştir. Düzce depreminde 0,02 sönüm oranında tepe deplasman değeri 0,30 m'den 0,05 m'ye düşerken, Erzincan depreminde tepe deplasman değeri 0,05 sönüm oranında 0,185 m'den, 0,033 m'ye düştüğü gözlemlenmiştir. Her iki deprem içinde tepe deplasman değerindeki azalma %82 oranında olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.5). Çizelge 4.5'te 0,05'lik sönüm oranında 11 farklı deprem kaydının x yönünde etki ettirilmesiyle dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız modelin tepe deplasman değerleri gösterilmiştir.



Şekil 4.5 : Farklı sönüm oranlarıyla x doğrultusundaki tepe deplasman değerlerinin duvarlı ve duvarsız bina için karşılaştırılması.

Çizelge 4.5 : Duvar modellerinin 0,05 sönüm oranındaki x yönündeki en büyük tepe deplasman değerleri.

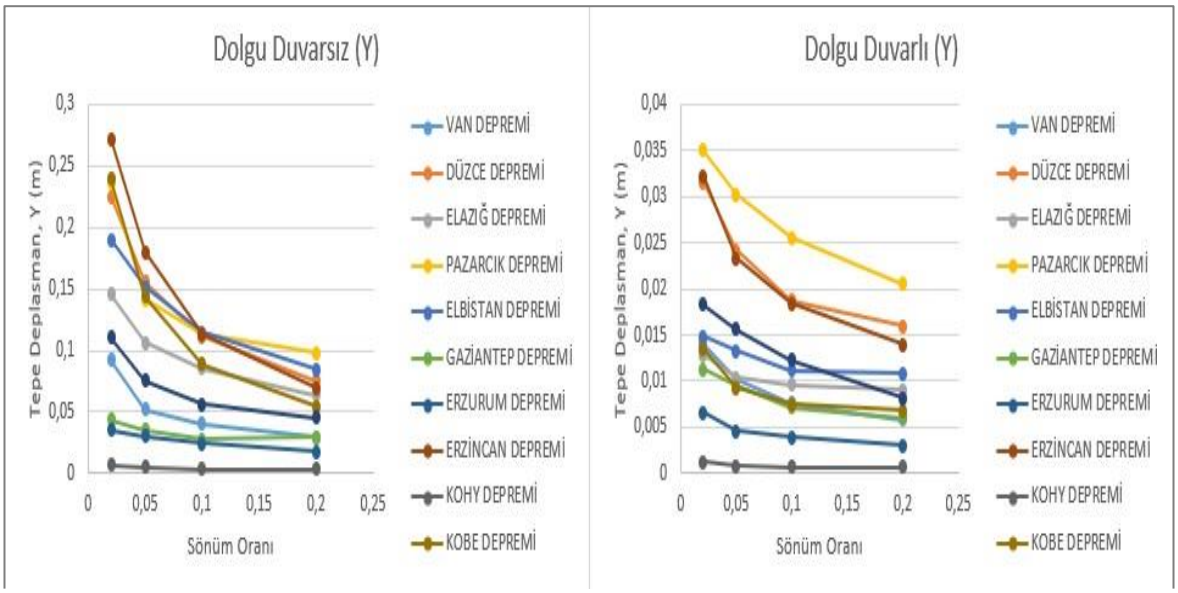
Depremler	Sönüm oranı	Dolgu Duvarsız(ux) metre	Dolgu Duvarlı (ux) metre
Van Depremi	0,05	0.0774	0.0329
Düzce Depremi	0.05	0.2316	0.0448
Elazığ Depremi	0,05	0.1689	0.0359
Pazarcık Depremi	0,05	0.3303	0.0608
Elbistan Depremi	0.05	0.2045	0.0425
Antep Depremi	0.05	0.1207	0.025
Erzurum Depremi	0.05	0.0375	0.0129
Erzincan Depremi	0.05	0.1849	0.0326
Kohy Depremi	0.05	0.0201	0.0019
Kobe Depremi	0.05	0.0998	0.0258
Elcentro Depremi	0.05	0.136	0.0297

Analiz aşamasında tabandan girdi olarak verilen bu 11 farklı deprem takımının, 0,02, 0,05, 0,1 ve 0,2 sönüm oranlarında y doğrultusunda etki ettirilmiş depremlerin tepe deplasman değerleri üzerindeki etkisi hem dolgu duvarlı hem de dolgu duvarsız yapı için ayrı ayrı incelenmiştir. Analiz sonucunda elde edilen grafik şekil 4.6'da verilmiştir.

Verilen grafiğin incelenmesi durumunda sönüm oranın artmasıyla yapıya etki ettirilmiş bütün depremlerde hem dolgu duvarlı hem de duvarsız yapıda tepe deplasman değerlerinde azalma olduğu gözlemlenmiştir. Dolgu duvarsız yapıda Erzincan depremi 0,02 ve 0,05 sönüm oranında en büyük tepe deplasman değerini sırasıyla 0,027 ve 0,18 m ile yaparken, 0,1 sönüm oranında Elbistan depremi 0,12 m ve 0,2 sönüm oranında Pazarcık depremi 0,098 m ile en büyük tepe deplasman

değerini yaptığı gözlemlenmiştir. Dolgu duvarlı yapıda ise en büyük tepe deplasman değerlerini tüm sönüm oranları için Pazarcık depreminin yaptığı gözlemlenmiştir. En küçük tepe deplasman değerleri ise hem dolgu duvarlı hem de dolgu duvarsız yapıda Kohy depreminde gözlemlenmiştir. Şekil 4.6'da görüldüğü üzere Kobe depreminde, dolgu duvarsız yapının tepe deplasman eğrisinin eğiminin, dolgu duvarlı yapıya göre arttığı gözlemlenmiştir. Dolgu duvarsız yapıda Kobe depreminin oluşturduğu eğri, 0,02 sönüm oranında Erzincan depreminden sonra 0,24 m ile en büyük tepe deplasmanı değerini oluştururken, sönüm oranın artmasıyla birlikte 0,2 sönüm oranında 0,05 m ile altıncı en büyük tepe deplasman değerini oluşturduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca dolgu duvarlı yapıda Kobe depremindeki tepe deplasman değerlerindeki azalma eğilimi devam ederek 0,05 sönüm oranında 0,0095 m'lik tepe deplasmanı ile sekizinci en büyük tepe deplasman değerini oluşturduğu gözlemlenmiştir. Erzincan depreminde, dolgu duvarsız yapının tepe deplasman eğrisinin eğiminin, dolgu duvarlı yapıya göre arttığı gözlemlenmiştir (Şekil 4.6).

Çizelge 4.6' da 0,05 sönüm oranında 11 farklı deprem kaydının y yönünde etki ettirilmesiyle dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız modelin tepe deplasman değerleri gösterilmiştir. Çizelge 4.7'de görüldüğü gibi, tepe deplasman değerlerindeki en büyük azalma; 0,02 sönüm oranında Kobe depreminde %94, 0,05 sönüm oranında Elbistan depreminde % 91, 0,1 sönüm oranında Elbistan depreminde %90 ve 0,2 sönüm oranında Elbistan depreminde %87 olarak gözlemlenmiştir.



Şekil 4.6 : Farklı sönüm oranlarıyla y doğrultusundaki tepe deplasman değerlerinin duvarlı ve duvarsız bina için karşılaştırılması.

Çizelge 4.6 : Duvar modellerinin 0,05 sönüm oranındaki y doğrultusundaki en büyük tepe deplasman değerleri.

Depremler	Sönüm oranı	Dolgu Duvarsız(uy) metre	Dolgu Duvarlı (uy) metre
Van Depremi	0,05	0.0522	0.0102
Düzce Depremi	0.05	0.156	0.0242
Elazığ Depremi	0,05	0.1059	0.0104
Pazarcık Depremi	0,05	0.1412	0.0302
Elbistan Depremi	0.05	0.1516	0.0133
Antep Depremi	0.05	0.0351	0.0095
Erzurum Depremi	0.05	0.0304	0.0046
Erzincan Depremi	0.05	0.1802	0.0233
Kohy Depremi	0.05	0.0047	0.0008
Kobe Depremi	0.05	0.1442	0.0093
Elcentro Depremi	0.05	0.0755	0.0156

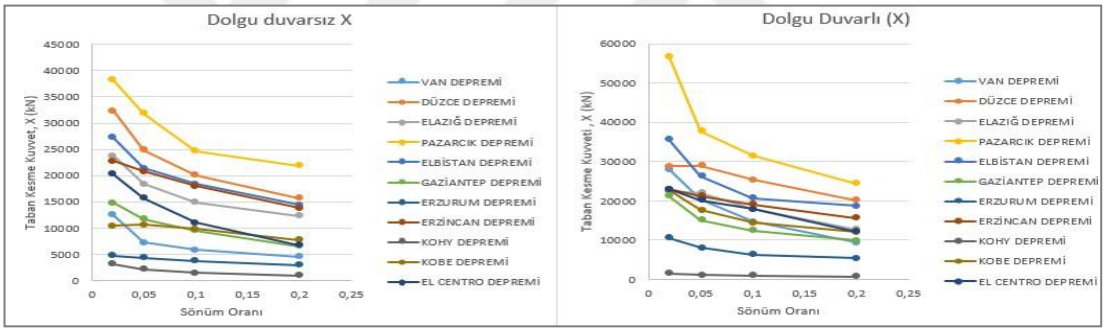
Çizelge 4.7 : Duvar modellerinin farklı sönüm oranlarında tepe deplasmanlarındaki en büyük azalma.

Depremler	Sönüm oranı	Dolgu Duvarsız	Dolgu Duvarlı
Kobe Depremi	0,02	0,2396	0,0135
Elbistan Depremi	0,05	0,1516	0,0133
Elbistan Depremi	0,1	0,1145	0,0112
Elbistan Depremi	0,2	0,0844	0,0108

Analiz aşamasında 0,02, 0,05, 0,1 ve 0,2 sönüm oranlarında, x doğrultusunda etki ettirilmiş depremlerin taban kesme kuvveti üzerindeki etkisi hem dolgu duvarlı hem de dolgu duvarsız yapı için incelenmiştir. Analiz sonucunda elde edilen grafik şekil 4.7'de verilmiştir.

Grafiği incelediğimizde dolgu duvarlı yapıda daha büyük taban kesme kuvvetlerinin oluştuğu gözlemlenmiştir. Ayrıca sönüm oranı arttıkça her iki analitik modelde de taban kesme kuvvetlerinin azaldığı gözlemlenmiştir. Modelimizde en büyük taban kesme kuvveti bütün sönüm oranları için Pazarcık depreminde gözlemlenmiştir. En küçük taban kesme kuvveti değerleri ise hem dolgu duvarlı hem de dolgu duvarsız yapıda bütün sönüm oranları için Kohy depreminde gözlemlenmiştir. Dolgu duvarsız yapıda sönüm oranı arttıkça taban kesme kuvvetindeki azalma en çok Düzce depreminde gözlemlenmiştir. Burada sönüm oranı 0,02 iken taban kesme kuvveti 32320,93 kN iken, 0,2 sönüm oranında bu değer 15728,24 kN olarak hesaplanmıştır. Buradaki azalma % 51 olarak gözlemlenmiştir. Dolgu duvarlı yapıda sönüm oranı arttıkça taban kesme kuvvetindeki azalma en çok Pazarcık depreminde

gözlemlenmiştir. Pazarcık depreminde, sönüm oranı 0,02 iken taban kesme kuvveti 56688,2 kN iken, 0,2 sönüm oranında bu değer 24368,6 kN olarak hesaplanmıştır. Bu verilere göre, sönüm oranının artmasıyla birlikte taban kesme kuvvetinde %51'likbir azalma gözlemlenmiştir. Dolgu duvarsız yapıda Van ve Kobe depremlerininfarklı sönüm oranları için taban kesme kuvvetleri karşılaştırıldığında, 0,02 sönüm oranında Van depreminin oluşturduğu taban kesme kuvveti daha büyük iken; 0,05, 0,1 ve 0,2 sönüm oranlarında Kobe depreminin taban kesme kuvvetinin daha büyük olduğu gözlemlenmiştir. Şekil 4.7'de, dolgu duvarlı yapıda Elbistan ve Düzce depremlerinin farklı sönüm oranları için taban kesme kuvvetleri karşılaştırıldığında, 0,02 sönüm oranında Elbistan depremimin oluşturduğu taban kesme kuvveti daha büyük iken; 0,05, 0,1 ve 0,2 sönüm oranlarında Düzce depreminin taban kesme kuvvetinin daha büyük olduğu gözlemlenmiştir. Çizelge 4.8'de 0,05 sönüm oranında 11 farklı deprem kaydının x yönünde etki ettirilmesiyle dolgu duvarlı ve dolguduvarsız modelin taban kesme kuvveti değerleri gösterilmiştir.



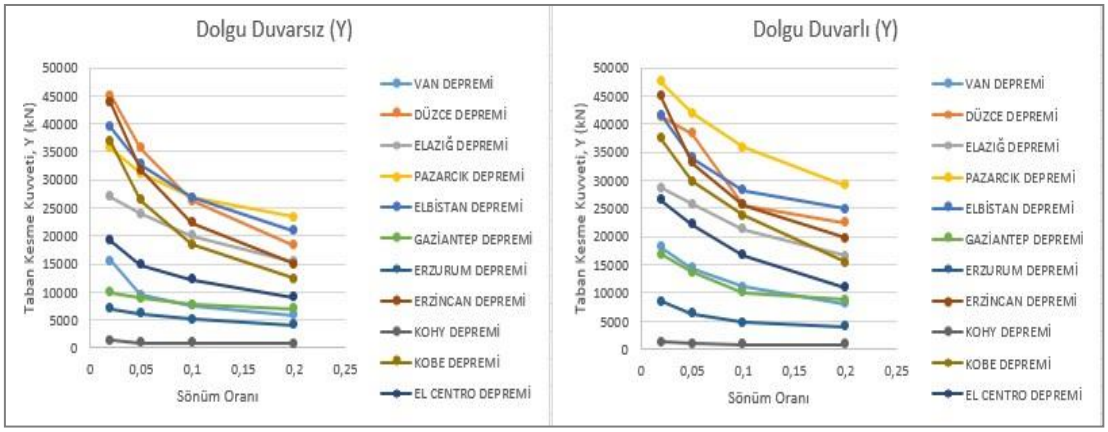
Şekil 4.7 : Farklı sönüm oranlarıyla x doğrultusundaki taban kesme kuvveti değerlerinin duvarlı ve duvarsız bina için karşılaştırılması.

Çizelge 4.8 : Duvar modellerinin 0,05 sönüm oranındaki x yönündeki en büyük taban kesme kuvveti değerleri.

Depremler	Sönüm oranı	Dolgu Duvarsız(Vx) kN	Dolgu Duvarlı (Vx) kN
Van Depremi	0,05	7230.008	20481.77
Düzce Depremi	0.05	24854.018	28992.61
Elazığ Depremi	0,05	1873.056	22034.9
Pazarcık Depremi	0,05	31835.364	37679.67
Elbistan Depremi	0.05	21362.484	26304.28
Antep Depremi	0.05	11737.284	15174.52
Erzurum Depremi	0.05	4326.154	8103.071
Erzincan Depremi	0.05	20771.559	21286.38
Kohy Depremi	0.05	2132.243	1086.879
Kobe Depremi	0.05	10645.86	17639.58
Elcentro Depremi	0.05	15730.087	20112.78

Analiz aşamasında 0,02, 0,05, 0,1 ve 0,2 sönüm oranlarında, y doğrultusunda etki ettirilmiş depremlerin taban kesme kuvveti üzerindeki etkisi hem dolgu duvarlı hem de dolgu duvarsız yapı için incelenmiştir. Analiz sonucunda elde edilen grafik şekil 4.8'de verilmiştir.

Grafiği incelediğimizde dolgu duvarlı yapıda daha büyük taban kesme kuvvetlerinin oluştuğu gözlemlenmiştir. Ayrıca sönüm oranı arttıkça her iki analitik modelde de taban kesme kuvvetlerinin azaldığı gözlemlenmiştir. Modelimizde en büyük taban kesme kuvveti bütün sönüm oranları için dolgu duvarlı yapıda Pazarcık depreminde gözlemlenmiştir. Dolgu duvarsız yapıda ise en büyük taban kesme 0,02 ve 0,05 sönüm oranında Düzce depremiyken, 0,1 ve 0,2 sönüm oranlarında Pazarcık depreminde gözlemlenmiştir. En küçük taban kesme kuvveti değerleri ise hem dolgu duvarlı hem de dolgu duvarsız yapıda bütün sönüm oranları için Kohy depreminde gözlemlenmiştir. Dolgu duvarsız yapıda sönüm oranı arttıkça taban kesme kuvvetindeki azalma en çok Erzincan depreminde gözlemlenmiştir. Erzincan depreminde, sönüm oranı 0,02 iken taban kesme kuvveti 43748,741 kN iken, 0,2 sönüm oranında bu değer 14915,612 kN olarak hesaplanmıştır. Bu verilere göre, sönüm oranının artmasıyla birlikte taban kesme kuvvetinde %66'lık bir azalma gözlemlenmiştir. Şekil 4.8'de dolgu duvarsız yapıda, Kobe ve Pazarcık depremlerinin farklı sönüm oranları için taban kesme kuvvetleri karşılaştırıldığında, 0,02 sönüm oranında Kobe depremimin oluşturduğu taban kesme kuvveti daha büyük iken; 0,05, 0,1 ve 0,2 sönüm oranlarında Pazarcık depreminin taban kesme kuvvetinin daha büyük olduğu gözlemlenmiştir. Çizelge 4.9'da 0,05 sönüm oranında 11 farklı deprem kaydının y yönünde etki ettirilmesiyle dolgu duvarlı ve dolguduvarsız modelin taban kesme kuvveti değerleri gösterilmiştir.



Şekil 4.8 : Farklı sönüm oranlarıyla y doğrultusundaki taban kesme kuvveti değerlerinin duvarlı ve duvarsız bina için karşılaştırılması.

Çizelge 4.9 : Duvar modellerinin 0,05 sönüm oranındaki y yönündeki en büyük taban kesme kuvveti değerleri.

Depremler	Sönüm oranı (boyutsuz)	Dolgu Duvarsız(Vy) kN	Dolgu Duvarlı (Vy) kN
Van Depremi	0.05	9392.321	14409.52
Düzce Depremi	0.05	35651.872	38274.01
Elazığ Depremi	0.05	23923.765	25808.52
Pazarcık Depremi	0.05	31150.196	41822.04
Elbistan Depremi	0.05	32750.117	34008.94
Antep Depremi	0.05	8852.42	13627.84
Erzurum Depremi	0.05	6056.892	6367.524
Erzincan Depremi	0.05	31723.298	33062.19
Kohy Depremi	0.05	966.716	1045.769
Kobe Depremi	0.05	26420.833	29833.75
Elcentro Depremi	0.05	14727.106	22088.37

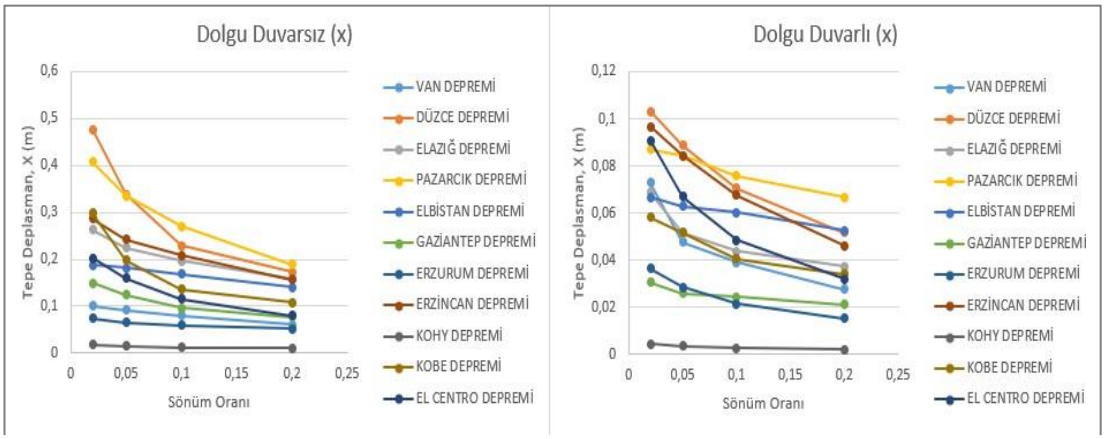
4.1.3 Yapı (3)

7 katlı betonarme Demet apartmanının x ve y doğrultusunda ayrı ayrı tepe deplasman değerleri ve taban kesme kuvvetleri farklı sönüm oranları için bulunmuştur.

Analiz aşamasında tabandan girdi olarak verilen bu 11 farklı deprem takımının, 0,02, 0,05, 0,1 ve 0,2 sönüm oranlarında x doğrultusunda etki ettirilmiş depremlerin tepe deplasman değerleri üzerindeki etkisi hem dolgu duvarlı hem de dolgu duvarsız yapı için ayrı ayrı incelenmiştir. Analiz sonucunda elde edilen grafik şekil 4.9'da verilmiştir.

Verilen grafiğin incelenmesi durumunda sönüm oranın artmasıyla yapıya etki ettirilmiş bütün depremlerde hem dolgu duvarlı hem de duvarsız yapıda tepe deplasman değerlerinde azalma olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca dolgu duvarlı yapı

ile dolgu duvarsız yapı karşılaştırmasında sönüm oranı arttıkça duvarlı yapının daha küçük deplasmanlar oluşturduğu gözlemlenmiştir. Dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız yapıda; 0,02 ve 0,05 sönüm oranlarında x yönünde en büyük tepe deplasmanları değerlerini Düzce depremi oluştururken, 0,1 ve 0,2 sönüm oranlarında x yönündeki en büyük tepe deplasman değerlerini Pazarcık depreminin oluşturduğu gözlemlenmiştir. En küçük tepe deplasman değerlerini ise hem dolgu duvarlı hem de duvarsız yapıda x yönü için Kohy depremi oluşturmuştur. El Centro depreminde, dolgu duvarlı yapının tepe deplasman eğrisinin eğiminin, dolgu duvarsız yapıya göre arttığı gözlemlenmiştir. Düzce depreminde, dolgu duvarsız yapının tepe deplasman eğrisinin eğiminin, dolgu duvarlı yapıya göre arttığı gözlemlenmiştir. Kobe depremi, 0,02 sönüm oranında dolgu duvarsız yapıda 0,2982 m deplasman yaparken, dolgu duvarlı yapıda 0,0583 m tepe deplasmanı yaptığı gözlemlenmiştir. Burada dolgu duvarlı yapıdaki deplasman azalmasının %80 olduğu gözlemlenmiştir. Dolgu duvarsız yapıda, 0,02 ve 0,2 sönüm aralığında en büyük tepe deplasman azalması Düzce depreminde 0,4768 m'den 0,1732 m'ye düşerek gözlemlenmiştir. Buradaki azalma %58 olarak gözlemlenmiştir. Dolgu duvarlı yapıda, 0,02 ve 0,2 sönüm aralığında en büyük tepe deplasman azalması El Centro depreminde 0,0907 m'den 0,0321 m'ye düşerek gözlemlenmiştir. Buradaki azalma %65 olarak gözlemlenmiştir.El Centro depremi dolgu duvarsız yapıda 0,02'lik sönüm oranında 0,2019 m'lik tepe deplasman değeriyle 6. en büyük tepe deplasman değerini yaparken, dolgu duvarlı yapıda 0,02 sönüm oranında 0,0907 m'lik tepe deplasman değeriyle 3. en büyük tepe deplasman değerini yaptığı gözlemlenmiştir (Şekil 4.9). Çizelge 4.10' da 0,05'lik sönüm oranında 11 farklı deprem kaydının x yönünde etki ettirilmesiyle dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız modelin tepe deplasman değerleri gösterilmiştir.



Şekil 4.9 : Farklı sönüm oranlarıyla x doğrultusundaki tepe deplasman değerlerinin duvarlı ve duvarsız bina için karşılaştırılması.

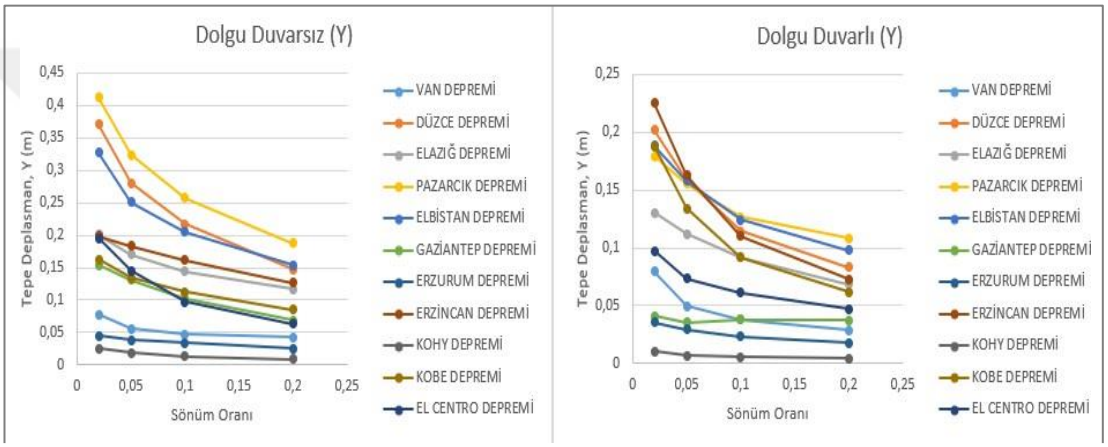
Çizelge 4.10 : Duvar modellerinin 0,05 sönüm oranındaki x yönündeki en büyük tepe deplasman değerleri.

Depremler	Sönüm oranı	Dolgu Duvarsız(ux) metre	Dolgu Duvarlı (ux) metre
Van Depremi	0,05	0.0913	0.0476
Düzce Depremi	0.05	0.3385	0.0886
Elazığ Depremi	0,05	0.2246	0.0514
Pazarcık Depremi	0,05	0.3349	0.0842
Elbistan Depremi	0.05	0.181	0.0629
Antep Depremi	0.05	0.1236	0.0258
Erzurum Depremi	0.05	0.0644	0.0286
Erzincan Depremi	0.05	0.2421	0.0842
Kohy Depremi	0.05	0.0145	0.0035
Kobe Depremi	0.05	0.198	0.0517
Elcentro Depremi	0.05	0.1592	0.0669

Analiz aşamasında tabandan girdi olarak verilen bu 11 farklı deprem takımının, 0,02, 0,05, 0,1 ve 0,2 sönüm oranlarında y doğrultusunda etki ettirilmiş depremlerin tepe deplasman değerleri üzerindeki etkisi hem dolgu duvarlı hem de dolgu duvarsız yapı için ayrı ayrı incelenmiştir. Analiz sonucunda elde edilen grafik şekil 4.10'da verilmiştir.

Verilen grafiğin incelenmesi durumunda sönüm oranın artmasıyla yapıya etki ettirilmiş bütün depremlerde hem dolgu duvarlı hem de duvarsız yapıda tepe deplasman değerlerinde azalma olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca dolgu duvarlı yapı ile dolgu duvarsız yapı karşılaştırmasında sönüm oranı arttıkça duvarlı yapının daha küçük deplasmanlar oluşturduğu gözlemlenmiştir. Dolgu duvarsız yapıda en büyük tepe deplasman değerleri tüm sönüm oranları için Pazarcık depreminde gözlemlenmiştir. Dolgu duvarlı yapıda ise 0,02 ve 0,05 sönüm oranlarında Erzincan depreminin en büyük tepe deplasman değerlerini oluşturduğu gözlemlenirken, 0,1 ve 0,2 sönüm oranında Pazarcık depreminin en büyük tepe deplasman değerlerini oluşturduğu gözlemlenmiştir. En küçük tepe deplasman değerlerini ise hem dolgu duvarlı hem de duvarsız yapıda y yönü için Kohy depremi oluşturmuştur. Erzincan ve Kobe depreminde, dolgu duvarlı yapının tepe deplasman eğrisinin eğiminin, dolgu duvarsız yapıya göre arttığı gözlemlenmiştir. Gaziantep depreminde, 0,02 sönüm oranında dolgu duvarsız yapı 0,1538 m tepe deplasmanı yaparken, dolgu duvarlı yapıda 0,0412 m tepe deplasmanı yaptığı gözlemlenmiştir. Burada dolgu duvarlı yapıdaki deplasman azalmasının %74 olduğu gözlemlenmiştir. Dolgu duvarlı yapıda, 0,02 ve 0,2 sönüm aralığında en büyük tepe deplasman azalması Erzincan

depreminde 0,2249 m'den 0,0726 m'ye düşerek gözlemlenmiştir. Buradaki azalma %68 olarak gözlemlenmiştir. Dolgu duvarsız yapıda, 0,02 ve 0,2 sönüm aralığında en büyük tepe deplasman azalması Düzce depreminde 0,3709 m'den 0,1474 m'ye düşerek gözlemlenmiştir. Buradaki azalma %60 olarak gözlemlenmiştir. Kobe depremi dolgu duvarsız yapıda 0,02'lik sönüm oranında 0,2982 m'lik tepedeplasman değeriyle 3. en büyük tepe deplasman değerini yaparken, dolgu duvarlı yapıda 0,02 sönüm oranında 0,0583 m'lik tepe deplasman değeriyle 8. en büyük tepe deplasman değerini yaptığı gözlemlenmiştir (Şekil 4.10). Çizelge 4.11' de 0,05'lik sönüm oranında 11 farklı deprem kaydının y yönünde etki ettirilmesiyle dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız modelin tepe deplasman değerleri gösterilmiştir.



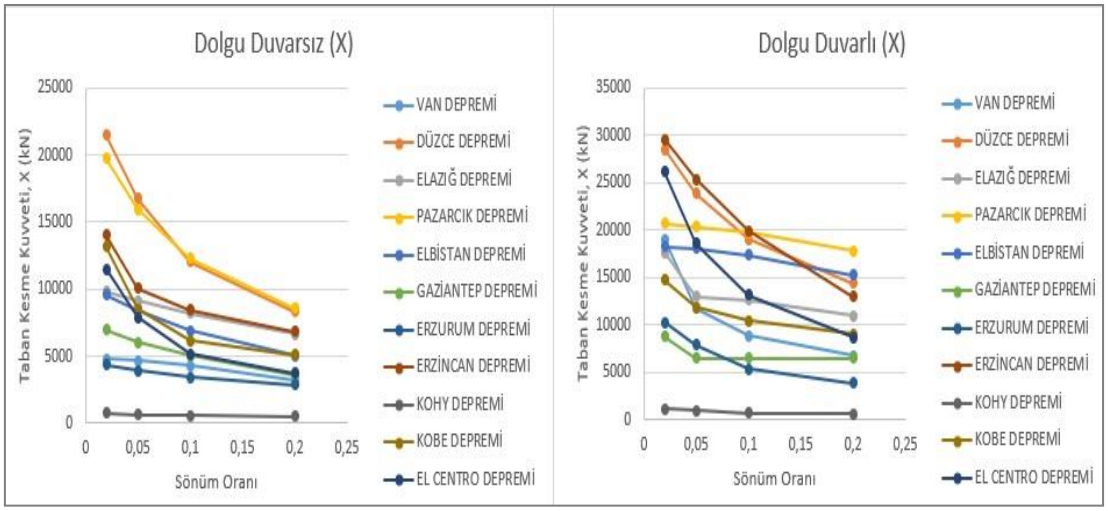
Şekil 4.10 : Farklı sönüm oranlarıyla y doğrultusundaki tepe deplasman değerlerinin duvarlı ve duvarsız bina için karşılaştırılması.

Çizelge 4.11 : Duvar modellerinin 0,05 sönüm oranındaki y doğrultusundaki en büyük tepe deplasman değerleri.

Depremler	Sönüm oranı	Dolgu Duvarsız(uy) metre	Dolgu Duvarlı (uy) metre
Van Depremi	0,05	0.0559	0.0498
Düzce Depremi	0.05	0.28	0.159
Elazığ Depremi	0,05	0.1705	0.1118
Pazarcık Depremi	0,05	0.3235	0.1554
Elbistan Depremi	0.05	0.2511	0.1578
Antep Depremi	0.05	0.1307	0.0357
Erzurum Depremi	0.05	0.0382	0.0293
Erzincan Depremi	0.05	0.1833	0.1629
Kohy Depremi	0.05	0.0187	0.007
Kobe Depremi	0.05	0.1339	0.1142
Elcentro Depremi	0.05	0.1446	0.0736

Analiz aşamasında 0,02, 0,05, 0,1 ve 0,2 sönüm oranlarında, x doğrultusunda etki ettirilmiş depremlerin taban kesme kuvveti üzerindeki etkisi hem dolgu duvarlı hem de dolgu duvarsız yapı için incelenmiştir. Analiz sonucunda elde edilen grafik şekil 4.11'de verilmiştir.

Grafiği incelediğimizde dolgu duvarlı yapıda daha büyük taban kesme kuvvetlerinin oluştuğu gözlemlenmiştir. Ayrıca sönüm oranı arttıkça her iki analitik modelde de taban kesme kuvvetlerinin azaldığı gözlemlenmiştir. Modelimizde en büyük taban kesme kuvveti 0,02, 0,05 ve 0,1 sönüm oranları için dolgu duvarlı yapıda Erzincan depreminde gözlemlenmişken, 0,2 sönüm oranında Pazarcık depreminde gözlemlenmiştir. Dolgu duvarsız yapıda ise en büyük taban kesme 0,02 ve 0,05 sönüm oranında Düzce depreminde gözlemlenmişken, 0,1 ve 0,2 sönüm oranlarında Pazarcık depreminde gözlemlenmiştir. En küçük taban kesme kuvveti değerleri ise hem dolgu duvarlı hem de dolgu duvarsız yapıda bütün sönüm oranları için Kohy depreminde gözlemlenmiştir. Dolgu duvarsız yapıda sönüm oranı arttıkça taban kesme kuvvetindeki azalma en çok Düzce depreminde gözlemlenmiştir. Düzce depreminde, 0,02 sönüm oranında 0,02 taban kesme kuvveti 21508,49 kN iken, 0,2 sönüm oranında bu değer 8355,614 kN olarak hesaplanmıştır. Bu verilere göre, sönüm oranının artmasıyla birlikte taban kesme kuvvetinde %61'lik bir azalma gözlemlenmiştir. Dolgu duvarlı yapıda sönüm oranı arttıkça taban kesme kuvvetindeki azalma en çok El Centro depreminde gözlemlenmiştir. El Centro depreminde, sönüm oranı 0,02 iken taban kesme kuvveti 26187,85 kN iken, 0,2 sönüm oranında bu değer 8692,432 kN olarak hesaplanmıştır. Bu verilere göre, sönüm oranının artmasıyla birlikte taban kesme kuvvetinde %67'lik bir azalma gözlemlenmiştir. El Centro depreminde, dolgu duvarlı yapının taban kesme kuvveti eğrisinin eğiminin, dolgu duvarsız yapıya göre arttığı gözlemlenmiştir. Pazarcık depreminde, dolgu duvarsız yapının taban kesme kuvveti eğrisinin eğiminin, dolgu duvarlı yapıya göre arttığı gözlemlenmiştir. Kobe depremi dolgu duvarsız yapıda 0,02'lik sönüm oranında 13173,848 kN'luk taban kesme kuvveti değeriyle 4. en büyük taban kesme kuvvetini oluşturduğu gözlemlenirken, dolgu duvarlı yapıda 0,02 sönüm oranında 14769,8 kN'luk taban kesme kuvveti değeriyle 8. en büyük taban kesme kuvveti değerini oluşturduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.11). Çizelge 4.12'de 0,05 sönüm oranında 11 farklı deprem kaydının x yönünde etki ettirilmesiyle dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız modelin taban kesme kuvveti değerleri gösterilmiştir.



Şekil 4.11 : Farklı sönüm oranlarıyla x doğrultusundaki taban kesme kuvveti değerlerinin duvarlı ve duvarsız bina için karşılaştırılması.

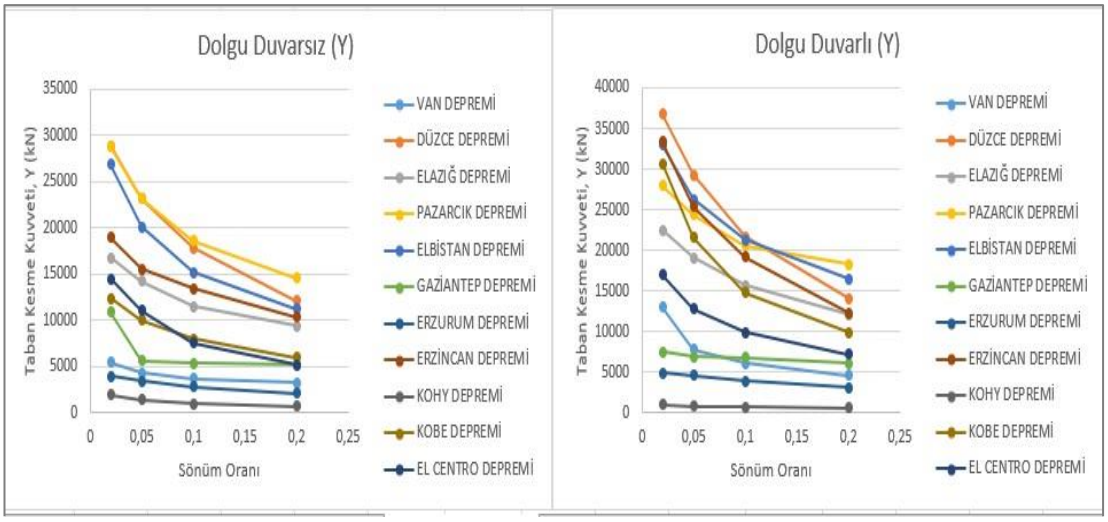
Çizelge 4.12 : Duvar modellerinin 0,05 sönüm oranındaki x yönündeki en büyük taban kesme kuvveti değerleri.

Depremler	Sönüm oranı	Dolgu Duvarsız(Vx) kN	Dolgu Duvarlı (Vx) kN
Van Depremi	0,05	4641.967	11772.62
Düzce Depremi	0.05	16765.65	23919.87
Elazığ Depremi	0,05	9113.598	13029.68
Pazarcık Depremi	0,05	15949.47	20373.28
Elbistan Depremi	0.05	8446.21	18081.88
Antep Depremi	0.05	6052.01	6495.346
Erzurum Depremi	0.05	3895.825	7904.116
Erzincan Depremi	0.05	10075,68	25400.63
Kohy Depremi	0.05	635.686	943.333
Kobe Depremi	0.05	8539.676	11848.75
Elcentro Depremi	0.05	7879.014	18598.6

Analiz aşamasında 0,02, 0,05, 0,1 ve 0,2 sönüm oranlarında, y doğrultusunda etki ettirilmiş depremlerin taban kesme kuvveti üzerindeki etkisi hem dolgu duvarlı hem de dolgu duvarsız yapı için incelenmiştir. Analiz sonucunda elde edilen grafik şekil 4.12'de verilmiştir.

Grafiği incelediğimizde dolgu duvarlı yapıda daha büyük taban kesme kuvvetlerinin oluştuğu gözlemlenmiştir. Ayrıca sönüm oranı arttıkça her iki analitik modelde de taban kesme kuvvetlerinin azaldığı gözlemlenmiştir. Yapımızda en büyük taban kesme kuvveti 0,02 ve 0,05 sönüm oranları için dolgu duvarsız yapıda Düzce depreminde gözlemlenmişken, 0,1 ve 0,2 sönüm oranında Pazarcık depreminde gözlemlenmiştir. Dolgu duvarlı yapıda ise en büyük taban kesme 0,02, 0,05 ve 0,1

sönüm oranlarında Düzce depreminde gözlemlenmişken, 0,2 sönüm oranında Pazarcık depreminde gözlemlenmiştir. Ayrıca dolgu duvarsız yapıda 0,02 sönüm oranında Pazarcık depreminin taban kesme kuvveti değeri 28816,67 kN ile en büyük 2. taban kesme kuvveti değeri iken, dolgu duvarsız yapıda aynı sönüm oranında taban kesme kuvveti değeri 27972 kN ile en büyük 5. taban kesme kuvveti değerini oluşturduğu gözlemlenmiştir. En küçük taban kesme kuvveti değerleri ise hem dolgu duvarlı hem de dolgu duvarsız yapıda bütün sönüm oranları için Kohy depreminde gözlemlenmiştir. Dolgu duvarsız yapıda sönüm oranı arttıkça taban kesme kuvvetindeki azalma en çok Düzce depreminde gözlemlenmiştir. Düzce depreminde, sönüm oranı 0,02 iken taban kesme kuvveti 28924,11 kN iken, 0,2 sönüm oranında bu değer 12111,99 kN olarak hesaplanmıştır. Bu verilere göre, sönüm oranının artmasıyla birlikte taban kesme kuvvetinde %58'lik bir azalma olduğu gözlemlenmiştir. Dolgu duvarlı yapıda sönüm oranı arttıkça taban kesme kuvvetindeki azalma en çok Kobe depreminde gözlemlenmiştir. Kobe depreminde, 0,02 sönüm oranında taban kesme kuvveti 30657,353 kN iken, 0,2 sönüm oranında bu değer 9864,045kN olarak hesaplanmıştır. Bu verilere göre, sönüm oranının artmasıyla birlikte taban kesme kuvvetinde %68'lik bir azalma gözlemlenmiştir. Kobe depreminde, dolgu duvarlı yapının taban kesme kuvveti eğrisinin eğiminin, dolgu duvarsız yapıya göre arttığı gözlemlenmiştir (Şekil 4.12). Çizelge 4.13'te 0,05 sönüm oranında 11 farklı deprem kaydının y yönünde etki ettirilmesiyle dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız modelin taban kesme kuvveti değerleri gösterilmiştir.



Şekil 4.12 : Farklı sönüm oranlarıyla y doğrultusundaki taban kesme kuvveti değerlerinin duvarlı ve duvarsız bina için karşılaştırılması.

Çizelge 4.13 : Duvar modellerinin 0,05 sönüm oranındaki y yönündeki en büyük taban kesme kuvveti değerleri.

Depremler	Sönüm oranı (boyutsuz)	Dolgu Duvarsız(Vy) kN	Dolgu Duvarlı (Vy) kN
Van Depremi	0.05	4323.533	7754.688
Düzce Depremi	0.05	23202.13	29270.7
Elazığ Depremi	0.05	14186.84	19044.96
Pazarcık Depremi	0.05	23152.99	24363.46
Elbistan Depremi	0.05	20147.6	26223.11
Antep Depremi	0.05	5659.162	6909.955
Erzurum Depremi	0.05	3438.909	4602.75
Erzincan Depremi	0.05	15523.84	25366.72
Kohy Depremi	0.05	1423.149	1461.264
Kobe Depremi	0.05	9977.601	21611.67
Elcentro Depremi	0.05	11069.2	12800.52

4 ve 7 kattan oluşan yapılarımız için dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız 6 analitik model oluşturulmuştur. Bu analitik modellerde oluşan en büyük tepe deplasman ve taban kesme kuvveti değerleri gözlemlenmiştir.

Dolgu duvarsız modellemelerde 7 katlı Dolunay apartmanın analitik modeli için x yönündeki en büyük tepe deplasman değeri 0,05 sönüm oranında Düzce depreminde 0,41 m iken, 4 katlı BNG apartmanının analitik modeli için bu değer 0.05 sönüm oranında Pazarcık depreminde 0.33 m ve 7 katlı Demet apartmanın analitik modeli için x yönündeki en büyük tepe deplasman değeri 0,05 sönüm oranında Düzcedepreminde 0,34 m olarak gözlemlenmiştir. Dolgu duvarlı modellemelerde x yönünde oluşan en büyük tepe deplasman değerleri 0,05 sönüm oranında, 7 katlı Dolunay apartmanının analitik modelinde Düzce depreminde 0,11 m iken, 4 katlı BNG apartmanının analitik modelinde Pazarcık depreminde 0,04 m ve 7 katlı Demet apartmanının analitik modelinde Düzce depreminde 0,09 m olarak gözlemlenmiştir. Dolgu duvarsız modellemelerde 7 katlı Dolunay apartmanının analitik modeli için y yönündeki en büyük tepe deplasman değeri 0,05 sönüm oranında Düzce depreminde 0,50 m iken, 4 katlı BNG apartmanının analitik modeli için bu değer 0.05 sönüm oranında Erzincan depreminde 0.18 m ve 7 katlı Demet apartmanının analitik modeli için y yönündeki en büyük tepe deplasman değeri 0,05 sönüm oranında Pazarcık depreminde 0,33 m olarak gözlemlenmiştir. Dolgu duvarlı modellemelerde y yönünde oluşan en büyük tepe deplasman değerleri, 7 katlı Dolunay apartmanının analitik modelinde 0,05 sönüm oranında Erzincan depreminde 0,08 m iken, 4 katlı

BNG apartmanının analitik modelinde 0,05 sönüm oranında Pazarcık depreminde 0,03 m ve 7 katlı Demet apartmanının analitik modelinde 0,05 sönüm oranında Erzincan depreminde 0,16 m olarak gözlemlenmiştir. Dolgu duvarsız modellemelerde 7 katlı Dolunay apartmanının analitik modeli için x yönündeki en büyük taban kesme kuvveti 0,05 sönüm oranında Düzce depreminde 15164,05 kN iken, 4 katlı BNG apartmanının analitik modeli için bu değer 0.05 sönüm oranında Pazarcık depreminde 31835,364 kN ve 7 katlı Demet apartmanının analitik modeli için x yönündeki en büyük taban kesme kuvveti 0,05 sönüm oranında Düzce depreminde 16765,151 kN olarak gözlemlenmiştir. Dolgu duvarlı modellemelerde x yönünde oluşan en büyük taban kesme kuvveti, 7 katlı Dolunay apartmanının analitikmodeli için 0,05 sönüm oranında Düzce depreminde 39394,06 kN iken, 4 katlı BNG apartmanının analitik modeli için 0,05 sönüm oranında Pazarcık depreminde 37679,671 kN ve 7 katlı Demet apartmanının analitik modeli için 0,05 sönüm oranında Erzincan depreminde 25400,629 kN olarak gözlemlenmiştir. Dolgu duvarsız modellemelerde 7 katlı Dolunay apartmanının analitik modeli için y yönündeki en büyük taban kesme kuvveti 0,05 sönüm oranında Düzce depreminde 17132,403 kN iken, 4 katlı BNG apartmanının analitik modeli için bu değer 0.05 sönüm oranında Düzce depreminde 35651,872 kN ve 7 katlı Demet apartmanının analitik modeli için y yönündeki en büyük taban kesme kuvveti 0,05 sönüm oranındaDüzce depreminde 23202,13 kN olarak gözlemlenmiştir. Dolgu duvarlı modellemelerde y yönünde oluşan en büyük taban kesme kuvveti, 7 katlı Dolunay apartmanının analitik modeli için 0,05 sönüm oranında Erzincan depreminde 37483,129 kN iken, 4 katlı BNG apartmanının analitik modeli için 0,05 sönüm oranında Pazarcık depreminde 41822,038 kN ve 7 katlı Demet apartmanının analitik modeli için 0,05 sönüm oranında Düzce depreminde 29270,699 kN olarakgözlemlenmiştir.

4.2 Sonuçlar

Bu çalışmada, 4 ve 7 kattan oluşan 3 farklı betonarme binanın her biri için dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız olmak üzere iki farklı analitik model oluşturulmuştur. Toplamda oluşturulan altı farklı analitik model kullanılarak, dolgu duvarların betonarme binanın davranışı üzerindeki etkileri TBDY 2018 yönetmeliğindebelirtilen kriterlere göre incelenmiştir. Dolgu duvarlar, betonarme binaların analitik

modellerinde çapraz iki eşdeğer basınç çubuğu şeklinde modellenmiştir. Farklı analitik modellerle kurulan duvarlı ve duvarsız binanın tepe deplasmanlarını, depremin binada oluşturduğu taban kesme kuvvetlerini ve sönüm karakteristiklerini açıklayabilmek için, yönetmeliğin tanımlamış olduğu zaman tanım alanında lineer hesap yöntemi kullanılmıştır. TBDY 2018 deprem yönetmeliği, zaman tanım alanında analiz ve daha önceden yapılmış olan çalışmalarla dolgu duvarların betonarme bina davranışına etkileri aşağıda açıklanmıştır.

Yaptığımız analizler ışığında x ve y doğrultusunda etki ettirilen tüm depremlerde sönüm oranı arttıkça tepe deplasman değeri azalmıştır. Ayrıca aynı sönüm oranına sahip dolgu duvarlı ve duvarsız yapıların karşılaştırmasında da dolgu duvarlı yapının tepe deplasman değerleri daha düşük hesaplanmıştır. 4 katlı betonarme yapının bütün sönüm oranları için x yönündeki tepe deplasman değerleri y yönünde oluşan tepe deplasman değerlerinden daha büyük çıkmıştır. Bu da yapının y yönünde daha rijit davrandığının göstergesidir.

Taban kesme kuvvetleri x ve y doğrultusunda etki ettirildiğinde tüm depremler için sönüm oranı arttıkça taban kesme kuvveti değeri azalmaktadır. Ayrıca tüm yapılar için dolgu duvarlı modellemelerde taban kesme kuvveti değerleri hem x hem de y yönü için, dolgu duvarsız modellere göre daha büyük değerlere ulaştığı gözlemlenmiştir.

Sönüm oranındaki değişikliğin yapı üzerinde önemli etkiye sahip olduğunu hem taban kesme kuvveti karşılaştırmalarında hem de tepe deplasman değerleri karşılaştırmalarında gözlemlenmiştir.

Seçtiğimiz 11 farklı deprem kaydı arasında 7 katlı betonarme Dolunay apartmanında, Düzce depreminin y ekseni doğrultusunda etki ettirilmesi sonucunda tepe deplasman değerinde dolgu duvarlı yapı ile duvarsız yapı arasında %86 oranında bir azalma meydana gelmiştir. Bu da dolgu duvarın depreme karşı sönüm anlamında önemli katkı verdiğini göstermiştir.

Yapılan analizlere göre, dolgu duvarın betonarme binalarda bölme eleman olarak kullanılması dolgu duvarların binanın yanal rijitliğini artırdığını ve bundan dolayı binanın doğal titreşim periyodunu azalttığı, binanın tepe deplasman değerini azalttığı ve depremin binada oluşturduğu taban kesme kuvveti değerini artırdığı görülmüştür. Yapılan karşılaştırmalar sonucunda dolgu duvarın yapılarda taşıyıcı eleman olarak

kabul edilip yönetmelikte bu yönde ele alınmasının elzem olduğu sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

Akkuzu, A. V. (2007). *Betonarme çerçeveli dolgu duvarların deprem etkisi altındaki dinamik davranışının incelenmesi.* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Akpolat, Y., Gazanfer, K., Çalışkan, A., & Karaağaç, Ş. (2021). İzmir deprem afetinden etkilenenler üzerine sosyolojik bir araştırma: depremle ilgili toplumsal bilinci etkileyen faktörlerin analizi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 23* (2), 723-753.

Aksoy, H. B., & Avşar, Ö. (2015). Dolgu duvarların betonarme çerçeve davranışına etkisinin basitleştirilmiş bir yöntemle dikkate alınması. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences, 21* (3), 115-122.

Akyürek, O., Suksawang, N., Go, T. H., & Tekeli, H. (2019). Performance evaluation of a reinforced concrete building strengthened respectively by the infill wall, active and passive tuned mass damper under seismic load. *Computers & Structures,2* (4), 106-120.

Alaeddinoğlu, F., Sargın, S., & Okudum, R. (2016). 2011 Van depremi ve kentsel nüfusta mekânsal farklılaşmalar. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi, 39*, 133-149.

Aslan, T. A., Noorı, A. R., & Temel, B. (2019). Çift yönlü fonksiyonel derecelenmiş malzemeli tımoshenko kirişlerinin serbest titreşim analizi. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 8* (3), 30-36.

Bayülke, N. (2003). Betonarme yapının dolgu duvarı. *Türkiye MühendislikHaberleri. 426*, 85-98.

Celep, Z., 2007. Mevcut betonarme binaların deprem güvenliğinin değerlendirilmesi, İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, Meslekiçi Eğitim Kursu.

Çalışkan, A., & Kaya, G. (2021). Deprem sonrasındaki toplumsal dayanışma pratiklerinin sosyolojik görünümü: İzmir depremi örneği. *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi, 12* (32), 1052-1077.

Çelebi, O., & Beyen, K. (2018). Betonarme binaların depreme karşı davranışında dolgu duvarların ve sönümleyici sistemlerin etkisi. *Afet ve Risk Dergisi, 1* (1), 9-25.

Esen, H. M. (1995). *Oransal sönümlü perdelenmiş Kuvantum Coulomb Sistemlerinin Kritik değer hesaplamaları.* (Doktora Tezi). Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

FEMA, P. (2010). Building seismic safety council for the federal emergency management agency of the department of homeland security. *National Institute of Building Sciences,1* (2), 12-23.

Genç, F. (2008). Kriz iletişimi: Marmara depremi örneği. *Selçuk İletişim, 5* (3), 161-175.

Goodno, B. Pinelli, J. Craig, J. (1996). An optimal design approach for passive damping of building structures using architectural cladding. *World Conference on Earthquake Engineering - 11WCEE,* Acapulco, Mexico: November 7-9.

Hızal, Ç. (2012). *Elastik zemin üzerine oturan kirişlerin zorlanmış titreşimi.* (Yüksek Lisans Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Holmes, M. (1961). Steel frames with brickwork and concrete infilling. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers,19* (4), 473-478.

Işık, T. (2006). *Yapılarda sürtünmeli elemanlar ile viskoz sönümleyicilerin birlikte uygulanması.* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Kahrizi, M., & Tahamouliroudsari, M. (2021). Experimental and numerical investigation of the parameters affecting the behavior of steel frames with masonry infill walls anchored with the ADAS yielding damper. *European Journal of Environmental and Civil Engineering,25* (5),773-794.

Karaahmetli, S., & Dündar, C. (2017). Yapı sönüm oranının belirlenmesinde kullanılan yöntemlerin sayısal ve deneysel olarak incelenmesi. *4. Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı,* Eskişehir, Türkiye: Ekim 11-13.

Karaahmetli, S., & Dündar, C. (2017). Yapıların dinamik analizinde kullanılan sönüm modellerinin incelenmesi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 2,* 23-36.

Koçer, M., Nakipoğlu, A., Öztürk, B., Al-hagri, M. G., & Arslan, M. H. (2018). Deprem kuvvetine esas spektral ivme değerlerinin TBDY 2018 ve TDY 2007'ye göre karşılaştırılması. *Selçuk-Teknik Dergisi, 17* (2), 43-58.

Korkmaz, A., & Taner, U. (2006). Betonarme binaların deprem davranışında dolgu duvar etkisinin incelenmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 8* (1), 101-108.

Kuran, M. (2020). *Titreşim izolatörü tasarımı ve sonlu elemanlar ile analizi.* (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Mansourikia, M. T., & Hoback, A. (2015). Damping of unreinforced masonry walls retrofitted with CFRP. *Electronic Journal of Structural Engineering, 15,* 35-45.

Marinković, M., & Butenweg, C. (2019). Innovative decoupling system for the seismic protection of masonry infill walls in reinforced concrete frames. *Engineering Structures, 197,* 109435.

Murty, C. V. R., & Jain, S. K. (2000). Beneficial influence of masonry infill walls on seismic performance of RC frame buildings. *In 12th World*

Conference On Earthquake Engineering, Auckland, New Zealand: February 4-6.

Mürüvvet, B. A. T. I., & Beyen, K. (2018). 8 Katlı yapının dinamik yükler altında titreşim kontrolü. *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 3* (1), 65-76.

Ozkaynak, H., Yuksel, E., Yalcin, C., Dindar, A. A., & Buyukozturk, O. (2014). Masonry infill walls in reinforced concrete frames as a source of structural damping. *Earthquake Engineering & StructuralDynamics,43* (7), 949-968.

Öktem, O. (2003). *Betonarme çerçeve sistemlerin lineer olmayan hesabı ve dolgu duvarların modellenmesi.* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Özdemir, G., & Bayhan, B. (2015). Yüksek sönüm oranları için önerilen sönüm azaltma katsayılarının deprem etkime açısına bağlı değişimi. *3. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı,* İzmir, Türkiye: Ekim 14-16.

Özdoğan, S. (1993). Türkiye'nin deprem bölgeleri. *Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi, 2,* 53-68.

Özpalanlar, C. G. (2004). *Depreme dayanıklı yapı tasarımında sismik izolasyon ve enerji sönümleyici sistemler.* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Page, A. W. (1992). Modelling the in-plane behaviour of solid masonry under static loading. *The International Workshop,2* (3), 23-35.

Paulay, T., & Priestley, M. N. (1992). Seismic design reinforced concrete and masonry buildings. *Research in Engineering,1* (3), 12-35.

SAP2000 (Version 19.0.0) [Computer software]. Integrated Structural Analysis and Design Software, Computer and Structures Inc., Berkeley, California.

Sinha, A. K., & Singh, S. (2017). A state-of-art review of structural response control methods. *International Journal of Innovative and Emerging Research in Engineering,4* (2), 118-131.

Şahin, M. (1999). Depreme dayanıklı yapı tasarımında pasif ve aktif kontrol sistemleri. *Tasarım ve Kuram Dergisi, 1* (1), 60-65.

Şıkoğlu, E., & Güney, Y. (2020). 24 Ocak 2020 Sivrice (Elazığ) Depremi'nin kent merkezindeki yansıması üzerine coğrafi bir değerlendirme. *Resilience,4* (2), 275-292.

Tang, B., Chen, S., Li, X., Xiong, L., Chen, H. P., & Feng, Q. (2019). Seismic performance of RC frames with EPSC latticed concrete infill walls. *Engineering Structures, 197,* 109-121.

Tarakçı, U. (2006). *Mevcut yapıların incelenmesi ve dolgu duvar takviyesi ile güçlendirilmesi.* (Yüksek Lisans Tezi). Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.

Turan, M., & Kahya, V. (2018). Fonksiyonel derecelendirilmiş kirişlerin serbest titreşim analizi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi, 8* (2), 119-130.

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY). (2018). T.C. Resmi Gazete, 30364,12 Mart 2018.

Xie, Q., Wang, L., Li, S., Zhang, L., & Hu, W. (2020). Influence of wood infill walls on the seismic performance of Chinese traditional timber structure by shaking table tests. *Bulletin of Earthquake Engineering, 18,* 5009-5029.

Yolcu, M., & Bekler, T. (2020). Deprem kültürü ve farkındalık çalışmaları: Şili ve Elazığ depremlerinin karşılaştırılması. *Lapseki Meslek Yüksekokulu Uygulamalı Araştırmalar Dergisi, 1* (2), 71-82.

Zhou, Y., Chen, Z., & Zhong, G. (2023). Investigation on the seismic performance of the masonry infill wall with damping layer joint. *Engineering Structures,2* (5), 115-179.

Zovkic, J., Sigmund, V., & Guljas, I. (2013). Cyclic testing of a single bay reinforced concrete frames with various types of masonry infill. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics,42* (8), 1131-1149.

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad **:**

Doğum Tarihi ve Yeri **:**

E-posta **:**

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** **:** 2017, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü