



T.C.

İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ
ENSTİTÜSÜ

YIĞMA TİPİ YAPILARIN DEPREM ETKİSİ ALTINDA
ALETSEL VERİ ve HESAPLAMALARA GÖRE
DEĞERLENDİRİLMESİ

Sakine Sinem YÜCEL (AYKUT)

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

İSKENDERUN/HATAY
TEMMUZ-2016

T.C.

ISKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ
ENSTİTÜSÜ

YIĞMA TİPİ YAPILARIN DEPREM ETKİSİ ALTINDA
ALETSEL VERİ ve HESAPLAMALARA GÖRE
DEĞERLENDİRİLMESİ

Sakine Sinem YÜCEL (AYKUT)

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

İSKENDERUN/HATAY

TEMMUZ-2016

T.C.
İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ
ENSTİTÜSÜ

**YIĞMA TİPİ YAPILARIN DEPREM ETKİSİ ALTINDA
ALETSEL VERİ ve HESAPLAMALARA GÖRE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Sakine Sinem YÜCEL (AYKUT)
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Doç. Dr. Murat BİKÇE danışmanlığında hazırlanan bu tez ./../2016 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından **OYBİRLİĞİ** ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Murat BİKÇE
Başkan (1.Danışman)

Doç. Dr. Mehmet Cemal GENEŞ
Üye (2.Danışman)

Yrd. Doç. Saddam M.AHMED
Üye (Kurum Dışı)

Yrd. Doç. Dr. Selçuk KAÇIN
Üye (Kurum İçi)

Doç. Dr. Murat ÖRNEK
Üye (Kurum İçi)

Kod No:

Doç. Dr. Mustafa DEMİRCİ

Enstitü Müdürü

Bu çalışma MKÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından desteklenmiştir. Proje No: 9840

Bu çalışma, 110M748 nolu Tübitak projesi kapsamındaki çalışmaların bir kısmı olarak gerçekleştirilmiştir ve arazi çalışmaları proje bütçesinden karşılanmıştır.

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

21/07/2016

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını ve tez üzerinde Yüksek Öğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülediğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu beyan ederim.

İmza

Sakine Sinem YÜCEL (AYKUT)

ÖZET

YIĞMA TİPİ YAPILARIN DEPREM ETKİSİ ALTINDA ALETSEL VERİ ve HESAPLAMALARA GÖRE DEĞERLENDİRİLMESİ

Türkiye’de yapıların çoğunluğunu yığma yapılar oluşturmaktadır. Yığma yapılar ağır olmaları, deprem gibi dinamik ve yatay yüklere dayanımlarının az olması nedeniyle, genellikle depreme dayanıklı yapılar olarak tanımlanmamaktadır. Ekonomik koşullardan dolayı, Türkiye’de yığma yapı inşaatı devam edeceğinden, bu yapıların elden geldiğince depreme dayanıklı inşa edilmesi, depreme karşı performanslarının bilinmesi ve deprem dayanımlarının artırılması gerekmektedir. Yığma yapılarda çoğunlukla tüm duvarlar taşıyıcı olduğu için duvarlardaki her türlü hasar doğrudan taşıyıcı sistemi etkilemektedir. Betonarme yapılardaki gibi taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan bölüm hasar ayrımı yapılamamaktadır.

Bu tez çalışmasının amacı, Antakya’daki yığma yapı stoğunun sınıflarından biri olan Kesme Taş ve Harman Tuğlası yığma tipi binaların hasar potansiyelinin belirlenmesi çalışmalarının, daha önce oluşturulmuş olan veri tabanları ile karşılaştırmalı bir şekilde ve aletsel verilere dayalı doğrusal olmayan analizlere bağlı olarak gerçekleştirilmesidir. Doğrusal olmayan analiz çalışmalarında gerçekçi malzeme özellikleri belirlenmesi için önce malzemeler üzerinde deneysel çalışmalar yapılmıştır.

Bu çalışmada İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümünde deneysel metotlarla elde edilen bina dinamik titreşim parametreleri ile nümerik modellemelerin kalibrasyonu yapılmış ve daha sonra binaların performans seviyesi ve hasar görebilirliği belirlenmiştir.

2016, 85 sayfa

Anahtar Kelimeler: Yığma yapı, deprem davranışı, hasar görebilirlik, performans analizi.

ABSTRACT

EVALUATION BASED ON CALCULATION AND DEVICE DATA UNDER THE EARTHQUAKE IMPACT OF MASONRY TYPE BUILDINGS

A large rate of structures in Turkey, are built as masonry. Although masonry structures are superior in some respects, due to very heavy and less resistance to earthquakes and horizontal loads, they are generally not considered earthquake-resistant structures. However, due to economic conditions, the construction of masonry structures will continue, for instance, these structures have to be constructed as earthquake-resistant, the knowledge about their behaviors under seismic loads has to be improved and also they have to be improved to be earthquake-resistant. As a consequence of walls of masonry buildings are load-bearing, any damage to the walls directly affects structural system. Therefore, A distinction can't be made between load-bearing and non-load-bearing structural parts damage such as reinforced concrete structures.

The aim of this thesis is, determination of potential damages of the building classes of masonry structure stock of Antakya, such as Massive Stone and Solid Clay Brick by using non-linear analysis, based on the instrumental data, and compare the results with data bases which were created after former earthquakes. For determination of realistic properties of the masonry structure's material properties, at first, experimental studies were conducted on brick units and mortal specimens..

At this study; the dynamic vibration parameters of the buildings were defined by experimental methods, which were performed at Civil Engineering Department of Iskenderun Technical University, and the calibration of numerical models was performed before the performance analysis of the structures to determine the vulnerability class of the buildings.

2016, 85 pages

Key Words: Masonry structure, earthquake behavior, vulnerability, performance analysis.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmamın her adımında bana araştırma olanağı sağlayan ve sağlıklı sonuçlara ulaşılmasında kıymetli zamanını benimle paylaşan, bilgi ve deneyimleriyle yol gösteren çok değerli hocam, Sayın Doç. Dr. M. Cemal GENEŞ'e müteőekkirim.

Ayrıca yüksek lisans tez programımın yürütülmesi esnasında, yaptığı katkılardan dolayı danışman hocam, sayın Doç. Dr. MURAT BİKÇE'ye ve tüm inşaat mühendisliğı bölümü öğretim üyelerine en içten teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışmamda her türlü bilgisini benimle paylaşmaktan çekinmeyen sevgili arkadaşım İnő. Yük. Müh. őahin BANKİR' e teşekkürü bir borç bilirim.

Tezimin hazırlanması sırasındaki desteklerinden ve sabırlarından ötürü ve en önemlisi beni bugünlere getiren çok sevdiğim babam Mehmet AYKUT'a, annem őeref nur AYKUT'a ve eşim İsmail İltan YÜCEL'e sonsuz teşekkür ederim. Siz olmasaydınız bulunduğum yerde olamazdım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR	III
İÇİNDEKİLER	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ	VI
ÇİZELGELER DİZİNİ	X
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	X
1. GİRİŞ	1
1.1. Yığma Tipi Yapıların Değerlendirilmesi	1
1.2. Deprem ve Yığma Yapı	2
1.3. Yığma Yapıların Deprem Davranışı	3
1.4. Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri	5
1.4.1. Kesit Hasar Sınırları	5
1.4.2. Kesit Hasar Bölgeleri	5
1.4.3. Kesit ve Eleman Hasarlarının Tanımlanması	6
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	8
3. YIĞMA BİNALARIN HASAR POTANSİYELLERİNİN BELİRLENMESİ	12
3.1. Yığma Yapılarda Kullanılan Malzemelerin Dayanımları ve Davranışlarının Hesaplanması	12
3.1.1. Yığma Yapılarda Ortamsal Titreşim Kayıtlarının Alınması	12
3.1.2. Yığma Yapılarda Kullanılan Malzemelerin Özellikleri	13
3.1.3. MASS Analiz Programı	17
3.1.4. 3MURI Analiz Programı	18
3.2. Doğrusal Olmayan Yığma Yapı Analizinin Hesaplanması	19
3.2.1. Antakya Bina Veritabanının Güncellenmesi ve Detaylandırılması	19
3.2.2. Yapıdan Deprem Kayıtlarının Alınması	22
3.2.3. 3MURI Analiz Programı ile Yığma Yapıların Analizi	23
4. 3MURI ve MASS ADLI BİLGİSAYAR DESTEKLİ PROGRAMLAR ile YIĞMA YAPILARIN ANALİZİ	28
4.1. Malzeme Deney Sonuçları	29
4.2. Yığma Binaların Analitik Modelleri ve Deneysel Titreşim Kayıtları ile Elde Edilmiş Davranış Parametrelerinin Karşılaştırılması	31
4.2.1. Mıntıka 2 P 811 Binası	33
4.2.1.1. Mıntıka 2 P 811 Binası Analitik Model ile Dinamik Parametrelerinin Elde Edilmesi	33
4.2.1.2. Mıntıka 2 P 811 Nolu Binasından Alınan Titreşim Kayıtları ile Dinamik Parametrelerinin Elde Edilmesi	36

4.2.2. Mıntıka 4 P 839 Binası.....	50
4.2.2.1. Mıntıka 4 P 839 Binası Analitik Model ile Dinamik Parametrelerinin Elde Edilmesi.....	50
4.2.2.2. Mıntıka 4 P 839 Nolu Binasından Alınan Titreşim Kayıtları ile Dinamik Parametrelerinin Elde Edilmesi.....	51
4.2.2.3 Mıntıka 4 P 839 Nolu Binanın Analitik Model Analiz Sonucu ile Deneysel Titreşim Kayıtları Sonuçlarının Karşılaştırılması	54
4.2.3. Mıntıka 4 P 2578 Binası.....	63
4.2.3.1. Mıntıka 4 P 2578 Binası Analitik Model ile Dinamik Parametrelerinin Elde Edilmesi.....	63
4.2.3.2. Mıntıka 4 P 2578 Nolu Binasından Alınan Titreşim Kayıtları ile Dinamik Parametrelerinin Elde Edilmesi.....	64
4.2.3.3. Mıntıka 4 P 2578 Nolu Binanın Analitik Model Analiz Sonucu ile Deneysel Titreşim Kayıtları Sonuçlarının Karşılaştırılması	66
4.2.4. Mıntıka 4 P 2464 Binası.....	69
4.2.4.1. Mıntıka 4 P 2464 Binası Analitik Model ile Dinamik Parametrelerinin Elde Edilmesi.....	69
4.2.4.2. Mıntıka 4 P 2464 Nolu Binasından Alınan Titreşim Kayıtları ile Dinamik Parametrelerinin Elde Edilmesi.....	70
4.2.4.3. Mıntıka 4 P 2464 Binasının Analitik Model Analiz Sonucu ile Deneysel Titreşim Kayıtları Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	72
4.2.5. Mıntıka 4 P 2648 Binası.....	75
4.2.5.1. Mıntıka 4 P 2648 Binası Analitik Model ile Dinamik Parametrelerinin Elde Edilmesi.....	75
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	80
KAYNAKLAR.....	83
ÖZGEÇMİŞ.....	85

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Yığma yapıların deprem kuvvetleri altındaki genel davranışı (Çögürücü ve Kamanlı , 2007)	3
Şekil 1.2. Depreme maruz yığma duvarların düzlem içi ve düzlem dışı yüklenmesi (Kanit ve ark., 2005)	4
Şekil 1. 3. Şekil değiştirme-iç kuvvet grafiği, kesit hasar bölgeleri (DBYBHY, 2007)...	6
Şekil 1.4. DBYBHY-2007'ye göre performans seviyesini belirleyen hasar bölgeleri.....	7
Şekil 3.1. Hızölçer sensör sistemi ve ağ kontrol merkezi	13
Şekil 3.2. Duvar elemanı olarak kullanılan harman tuğlası ve test edilmek üzere hazırlanan numuneler	13
Şekil 3.3. Yığma duvar örme harcı numuneleri ve testleri	14
Şekil 3.4. Eksenel basınç altında test edilmek üzere hazırlanan duvar elemanları ve basınç kuvveti altında duvar elemanlarının test edilmesi	16
Şekil 3. 5. Basit bir Yığma Bina Planı ve her hangi bir duvarının yükseklik boyunca gösterimi.....	18
Şekil 3. 6 Yapıya kesitte etki eden deprem yönü ve bileşenleri.....	18
Şekil 3.7. 3MURI programında modellenen binaların 3 boyutlu görünümü	19
Şekil 3.8. Yığma Yapı Sayısının Toplam Yapı Sayısına Oranı	20
Şekil 3.9. Veri toplama formu	21
Şekil 3.10. Kat sayısı dağılımı.....	22
Şekil 3.11. Taşıyıcı duvar tipi dağılımı.....	22
Şekil 3.12. Temsili bir bina için hızölçer sensörlerinin yerleştirilme planı	23
Şekil 3.13. 3MURI programı için hazırlanan örnek dxf dosyası.....	24
Şekil 3.14. Malzeme özellikleri ve kullanılan parametreler	25
Şekil 3.15. Yığma duvarda açılan kapı ve pencere boşluklarının tanımlanması.....	25
Şekil 3.16. Duvar kalınlığı ve duvar malzemesinin seçilmesi	26
Şekil 3.17. Yığma duvarların boşlukların yarattığı etki sebebi ile parçalara ayrılması (a) Eşdeğer çerçevenin tanımlanması (b) (3MuriGD)	26
Şekil 3.18. Yığma yapılarda meydana gelen duvarlarda ve duvar köşelerinde oluşan kesme hasarı (Çırak, 2011).....	27
Şekil 4.1. 3MURI analiz sonuçlarında verilen her renk karşılığındaki hasar türleri	28
Şekil 4.2. Şekil değiştirme-iç kuvvet grafiği, kesit hasar bölgeleri (DBYBHY-07)	29
Şekil 4.3. Hesap doğrultuları	32
Şekil 4.4. Mıntıka 2, Parsel 811'de bulunan bina.....	33
Şekil 4.5. Bina Kat Planı	34
Şekil 4.6. MASS Modeli için numaralandırılmış binalar	34
Şekil 4.7. DBYBHY (2007) Spektrumu	35
Şekil 4.8. Mıntıka 2, Parsel 811'de bulunan bina ve kayıt alma işlemi.....	36
Şekil 4.9. Mıntıka 2, Parsel 811'de binaya yerleştirilen hızölçer sisteminin şeması ve sensörlerin yönleri.....	36

Şekil 4.10. MR1 Hız ölçer sensörünün Doğu-Batı ve Kuzey-Güney yönlerindeki hız ve deplasman kayıtları	37
Şekil 4.11. MR2 Hız ölçer sensörünün Doğu-Batı ve Kuzey-Güney yönlerindeki hız ve deplasman kayıtları	37
Şekil 4.12. MR1 Hız ölçer sensörünün Doğu-Batı ve Kuzey-Güney yönlerindeki hız Fourier Amplitude Spektrumu.....	38
Şekil 4.13. MR2 Hız ölçer sensörünün Doğu-Batı ve Kuzey-Güney yönlerindeki hız Fourier Amplitude Spektrumu.....	38
Şekil 4.14. Mıntıka 2 P 811 binası kat planı 3MURI modeli.....	39
Şekil 4.15. Mıntıka 2 P 811 binasının 3MURI programındaki 3 boyutlu görünümü.....	40
Şekil 4. 16. Mıntıka 2 P811 binasına ait duvar numaralandırılması.....	40
Şekil 4.17. Mıntıka 2 P 811 binası 1 no'lu duvarın +X yönü performans ve göçme noktasındaki hasar seviyeleri ve kırılma türleri.....	41
Şekil 4.18. Mıntıka 2 P 811 binası 1 no'lu duvarın +X yönü performans ve göçme	41
Şekil 4.19. Mıntıka 2 P 811 binası +X yönü pushover eğrisi	42
Şekil 4.20. Mıntıka 2 P 811 binası 1 no'lu duvarın -X yönü performans ve göçme noktasındaki hasar seviyeleri ve kırılma türleri.....	42
Şekil 4.21. Mıntıka 2 P 811 binası 1 no'lu duvarın -X yönü performans ve göçme	43
Şekil 4.22. Mıntıka 2 P 811 binası -X yönü pushover eğrisi	43
Şekil 4.23. Mıntıka 2 P 811 binası 1 no'lu duvarın +Y yönü performans ve göçme	44
Şekil 4.24. Mıntıka 2 P 811 binası 1 no'lu duvarın +Y yönü performans ve göçme noktasında ortalama deplasmanlar.....	44
Şekil 4.25. Mıntıka 2 P 811 binası +Y yönü pushover eğrisi	45
Şekil 4.26. Mıntıka 2 P 811 binası 1 no'lu duvarın -Y yönü performans ve göçme	45
Şekil 4.27. Mıntıka 2 P 811 binası 1 no'lu duvarın -Y yönü performans ve göçme noktasındaki ortalama deplasmanlar.....	46
Şekil 4.28. Mıntıka 2 P 811 binası hasar sonrası 3 boyutlu görünümü	49
Şekil 4.29. Mıntıka 4 Parsel 839'da bulunan bina.....	50
Şekil 4.30. Bina Kat Planı	50
Şekil 4.31. Mıntıka 4 Parsel 839'da bulunan bina ve kayıt alma işlemi.....	51
Şekil 4.32. Mıntıka 4 Parsel 839'da binaya yerleştirilen hızölçer sisteminin şeması ve sensörlerin yönleri.....	51
Şekil 4.33. MR1 Hız ölçer sensörünün Doğu-Batı ve Kuzey-Güney yönlerindeki hız ve deplasman kayıtları	52
Şekil 4.34. MR2 Hız ölçer sensörünün Doğu-Batı ve Kuzey-Güney yönlerindeki hız ve deplasman kayıtları	53
Şekil 4.35. MR1 Hız ölçer sensörünün Doğu-Batı ve Kuzey-Güney yönlerindeki hız Fourier Amplitude Spektrumu.....	53
Şekil 4.36. MR2 Hız ölçer sensörünün Doğu-Batı ve Kuzey-Güney yönlerindeki hız Fourier Amplitude Spektrumu.....	53
Şekil 4.37. Mıntıka 4 P 839 Binası Kat planı 3MURİ modeli	54
Şekil 4.38. Mıntıka 4 P 839 binasının 3 MURİ Programındaki 3 boyutlu görünümü. 55	55

Şekil 4.39. Mıntıka 4 P 839 binası duvar numaralandırılması	55
Şekil 4.40. Mıntıka 4 P 839 binası 7 no'lu duvarın +X yönü performans ve göçme ...	56
Şekil 4.41. Mıntıka 4 P 839 binası 7 no'lu duvarın +X yönü performans ve göçme noktasındaki ortalama deplasmanlar.....	56
Şekil 4.42 Mıntıka 4 P 839 binası +X yönü pushover eğrisi	57
Şekil 4.43. Mıntıka 4 P 839 binası 7 no'lu duvarın -X yönü performans ve göçme noktasındaki hasar seviyeleri ve kırılma türleri.....	57
Şekil 4.44. Mıntıka 4 P 839 binası 7 no'lu duvarın -X yönü performans ve göçme	58
Şekil 4.45. Mıntıka 4 P 839 binası -X yönü pushover eğrisi	58
Şekil 4.46. Mıntıka 4 P 839 binası 7 no'lu duvarın +Y yönü performans ve göçme	59
Şekil 4.47. Mıntıka 4 P 839 binası 7 no'lu duvarın +Y yönü performans ve göçme noktasında ortalama deplasmanlar.....	59
Şekil 4.48. Mıntıka 4 P 839 binası +Y yönü pushover eğrisi	59
Şekil 4.49. Mıntıka 4 P 839 binası 7 no'lu duvarın -Y yönü performans ve göçme noktasında hasar seviyeleri ve kırılma.....	60
Şekil 4.50. Mıntıka 4 P 839 binası 7 no'lu duvarın -Y yönü performans ve göçme noktasında ortalama deplasmanlar.....	60
Şekil 4.51. Mıntıka 4 P 839 binası 7 no'lu duvarın -Y yönü pushover eğrisi.....	61
Şekil 4.52. Mıntıka 4 P 839 binası hasar sonrası 3 boyutlu görünümü	63
Şekil 4.53. Mıntıka 4 Parsel 2578'de bulunan bina.....	63
Şekil 4.54. MASS Modeli için numaralandırılmış duvarlar	64
Şekil 4.55. Mıntıka 4, Parsel 2578'de bulunan bina ve kayıt alma işlemi.....	65
Şekil 4.56. Mıntıka 4 Parsel 2578'deki binaya yerleştirilen hızölçer sisteminin şeması ve sensörlerin yönleri	65
Şekil 4. 57. MR1 Hız ölçer sensörünün Doğu-Batı ve Kuzey-Güney yönlerindeki hız Fourier Amplitude Spektrum.....	66
Şekil 4.58. Mıntıka 4 P 2578 Binası Kat planı 3MURİ modeli	67
Şekil 4.59. Mıntıka 4 P 2578 binasının 3MURİ Programındaki 3 boyutlu görünümü... 67	67
Şekil 4.60. Mıntıka 4 P 2578 binasına ait duvar numaralandırılması.....	68
Şekil 4.61. Mıntıka 4 P 2578 binası hasar sonrası 3 boyutlu görünümü	68
Şekil 4.62. Mıntıka 4 Parsel 2464'de bulunan bina.....	69
Şekil 4.63. Bina Kat Planı	69
Şekil 4.64. Mıntıka 4, Parsel 2464'de bulunan bina ve kayıt alma işlemi.....	70
Şekil 4.65. Mıntıka 4, Parsel 2464'deki binaya yerleştirilen hızölçer sisteminin şeması ve sensörlerin yönleri	70
Şekil 4.66. MR1 Hız ölçer sensörünün Doğu-Batı ve Kuzey-Güney yönlerindeki hız Fourier Amplitude Spektrumu.....	71
Şekil 4.67. MR2 Hız ölçer sensörünün Doğu-Batı ve Kuzey-Güney yönlerindeki hız Fourier Amplitude Spektrumu.....	71
Şekil 4.68. Mıntıka 4 P 2464 Binası Kat planı 3MURI modeli	72
Şekil 4.69. Mıntıka 4 P 2464 binasının 3MURI Programındaki 3 boyutlu görünümü.. 73	73
Şekil 4.70. Mıntıka 4 P 2464 binasına ait duvar numaralandırılması.....	73

Şekil 4.71. Mıntıka 4 P 2464 binası hasar sonrası 3 boyutlu görünümü	74
Şekil 4.72. Mıntıka 4 Parsel 2648’de bulunan bina.....	75
Şekil 4.73. Bina Kat Planı	76
Şekil 4.74. Mıntıka 4 Parsel 2648’de bulunan bina ve kayıt alma işlemi.....	76
Şekil 4.75. Mıntıka 4 Parsel 2648’deki binaya yerleştirilen hızölçer sisteminin şeması ve sensörlerin yönleri.....	77
Şekil 4.76. MR1 Hız ölçer sensörünün Doğu-Batı ve Kuzey-Güney yönlerindeki hız Fourier Amplitude Spektrum.....	77
Şekil 4.77. Mıntıka 4 P 2648 Binası 1. ve 2. Kat planı 3MURI modeli.....	78
Şekil 4.78. Mıntıka 4 P 2648 binasının 3 MURI Programındaki 3 boyutlu görünümü..	78
Şekil 4.79. Mıntıka 4 P 2648 binasına ait duvar numaralandırılması.....	79
Şekil 4.80. Mıntıka 4 P 2648 binası hasar sonrası 3 boyutlu görünümü	79

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Yığma duvar harç malzemesi karışım oranları	14
Çizelge 3.2. Yığma duvar örülmesinde kullanılan harç malzemesi (I. Test Seti)	15
Çizelge 3.3. Yığma duvar örülmesinde kullanılan harç malzemesi (II. Test Seti)	15
Çizelge 3.4. Yığma duvar örülmesinde kullanılan harç malzemesi (III. Test Seti)	15
Çizelge 4.1. Yığma duvar örülmesinde kullanılan harç malzemesi basınç deney sonuçları	30
Çizelge 4.2. Harç karışımı ile hazırlanmış duvar elemanlarının basınç deneyi sonuçları	31
Çizelge 4.3. Modellenen binaların yapısal özellikleri	32
Çizelge 4.4. Modellenen binaların sismik özellikleri	32
Çizelge 4.5. Ağırlık merkezi, kütle ve atalet momenti	35
Çizelge 4.6. Modal Analiz Sonuçları	35
Çizelge 4.7. Serbest titreşim kayıtlarına ve analitik modele göre hakim titreşim periyotları	38
Çizelge 4.8. Mıntıka 2 P 811 binasını duvarlarında performans noktasında meydana gelen hasar yüzdeleri	47
Çizelge 4.9. Mıntıka 2 P 811 binasını duvarlarında göçme noktasında meydana gelen hasar yüzdeleri	48
Çizelge 4.10. Mıntıka 2 P 811 binası duvarlarının performans noktasındaki performans seviyeleri	49
Çizelge 4.11. Serbest titreşim kayıtlarına ve analitik modele göre hakim titreşim periyotları	54
Çizelge 4.12. Mıntıka 4 P 839 binasını duvarlarında performans noktasında meydana gelen hasar yüzdeleri	61
Çizelge 4.13. Mıntıka P 839 binasını duvarlarında göçme noktasında meydana gelen hasar yüzdeleri	62
Çizelge 4.14. Mıntıka 4 P 839 binası duvarlarının performans noktasındaki performans seviyeleri	62
Çizelge 4.15. Modal Analiz Sonuçları	64
Çizelge 4.16. Serbest titreşim kayıtlarına ve analitik modele göre hakim titreşim periyotları	66
Çizelge 4.17. Duvarlarda oluşan hasar oranları	68
Çizelge 4.18. Modal Analiz Sonuçları	70
Çizelge 4.19. Serbest titreşim kayıtlarına ve analitik modele göre hakim titreşim periyotları	72
Çizelge 4.20. Duvarlarda oluşan hasar oranları	74
Çizelge 4.21. Modal Analiz Sonuçları	76
Çizelge 4.22. Serbest titreşim kayıtlarına ve analitik modele göre hakim titreşim periyotları	78
Çizelge 4.23. Duvarlarda oluşan hasar oranları	79
Çizelge 5. 1 Yığma binalarda elde edilen sonuçların karşılaştırılması	81

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

n	: Yapının oluştuğu kat sayısı
u	: Deprem hareketinin paralel yayılma yönü
v	: Deprem hareketinin dik yayılma yönü
xyz	: Kartezyen koordinat sisteminin
uvw	: Yerel koordinat sistemi
$h(i)$: i . katta kat yüksekliği
θ	: uvw ve xyz arasındaki belirlenen açı
T	: Periyot
$S_a(g)$: Spektral İvme Katsayısı
f_m	: Malzemenin basınç dayanımı
τ	: Malzemenin kayma dayanımı
g	: Malzemenin güvenlik katsayısı
f_{ck}	: Dolgu betonun karakteristik basınç dayanımı
f_{cvk}	: Dolgu betonun karakteristik kesme dayanımı
f_d	: Duvar basınç dayanımı (MPa)
f_{em}	: Duvar basınç dayanımı (MPa)
H, B	: Duvar elemanı boyutları
A	: Dolu duvar parçasının yatay en kesit alanı (m^2)
E	: Malzemenin elastisite modülü
G	: Malzemenin Kayma modülü
W	: Malzemenin birim hacim ağırlığı
H	: Dolu duvar parçasının her iki yanındaki boşlukların yüksekliğinin en küçük olanı (m)
K	: Rijitlik katsayısı
τ_{em}	: Duvar kayma emniyet gerilmesi (MPa)
τ_0	: Duvar çatlama emniyet gerilmesi (MPa)
μ	: Sürtünme katsayısı
s	: Düşey yükler altında duvarda oluşan gerilme (MPa)
E_d	: Duvar yapımında kullanılan kagir birimlerin Elastisite Modülü (MPa)
S	: Zemin parametresi
T_A, T_B, T_C, T_D	: Zemin sınıfına ait karakteristik periyotları
S	: Zemin parametresi
k_1, k_2, k_{d1}, k_{d2}	: Belirli aralıklar için şekil katsayıları
β_0	: %5 sönüm için spektral ivme yükseltme katsayısı
$Se(T)$: Elastik spektrum değerleri
η	: Sönüm oranına bağlı düzeltme değeri
q	: Yapı süneklik ve düzensizliğine bağlı olarak tanımlanan azaltma katsayısını
a_g	: Deprem bölgelerine göre değişen hesap yer ivmesi
h	: Dolu duvar parçasının her iki yanındaki boşlukların yüksekliğinin en küçük olanı (m)

KISALTMALAR

DBYBHY : Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik

EC8 : Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı (Avrupa Standardı)

TDY :Türk Deprem Yönetmeliği



1.GİRİŞ

1.1. Yığma Tipi Yapıların Değerlendirilmesi

Çalışmada göz önüne alınan yığma yapılar; Antakya kent merkezinde, üç-dört kata kadar, konut amaçlı veya iş yeri olarak kullanılmaktadır. Bu yapıların taşıyıcı duvar malzemesi dolu harman tuğlası veya taş olan binalardır. Geneli, mimari plânları ve statik hesapları olmadan, mühendislik hizmetinden yoksun olarak yapılmaktadır. Bazı yapılar “mühendis eli” değmiş olmasına rağmen genellikle düzensiz, kalitesiz, özensiz ve hesapsız bir şekilde inşa edilmektedir.

Bu tez çalışmasının amacı, Antakya'daki yığma yapı stokunun sınıflarından biri olan Kesme Taş ve Harman Tuğlası Yığma tipi binaların hasar potansiyelinin belirlenmesi çalışmalarının, daha önce oluşturulmuş olan veri tabanları ile karşılaştırmalı bir şekilde ve aletsel verilere dayalı doğrusal olmayan analizlere bağlı olarak gerçekleştirilmesidir. Çalışmada yığma yapıların deprem güvenliği, aletsel verilere dayanarak doğrusal olmayan analize bağlı oluşturulacak olan hasar potansiyeli eğrileri kullanılarak incelenmiştir. Yığma yapıların sınıflandırılması, yapı sektöründeki bölgesel uygulamalar da göz önüne alınarak seçilen bazı yapısal parametrelere göre oluşturulmuştur. Oluşturulan yapı sınıfından ikisi olan Kesme Taş ve Harman Tuğlası için birçok binada titreşim kayıtları alınmış ve model düzeltmeleri yapıldıktan sonra analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu sonuçlara göre daha başka depremlerde oluşan hasarlarla oluşturulmuş olan hasar potansiyeli eğrileri kalibre edilmiştir. Elde edilecek olan bu hasar potansiyeli verisi, Antakya'da daha önce gerçekleşen depremlere göre deprem senaryoları üretilerek şehirdeki yığma yapı, hasar derecelerinin tahmin edilmesinde kullanılmasına imkân sağlayacaktır.

İlk bakışta sağlam olarak görünen binaların bile zarar görüp yıkılması; yapı analizlerinde kullanılan hesap yöntemlerinin yeniden gözden geçirilmesi, mevcut betonarme binaların da özellikle kolon-kiriş bağlantı bölgelerinde deprem enerjisi sönmüleyebilme kapasitelerinin hesaplamalardaki öneminin anlaşılması ve güçlendirme çalışmalarının buna göre yapılması sağlanmıştır. Yığma binalarda ise kesme deformasyonları neticesinde oluşan hasarların önlenmesinde, kesme alanlarının yani duvar kesit boyutlarının arttırılması önlemi alınmıştır. Projelerin statik hesaplarında

lineer hesap yöntemlerinin kullanılması, yapıların deprem anında nasıl davranacaklarını belirlemek açısından yeterli olmamaktadır. Bu nedenle Statik İtme analizi (Pushover) ve Zaman Tanım Alanı gibi doğrusal olmayan analiz yöntemleri, depreme karşı daha dayanıklı yapılar yapılması amacıyla yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.

1.2. Deprem ve Yığma Yapı

Depremler dünyanın çeşitli bölgelerinde aralıklarla meydana gelen yer hareketleridir. Türkiye'de hemen her iki yılda bir can ve mal kaybına neden olan depremler meydana gelmektedir. Bu depremlerin büyüklükleri diğer ülkelerde meydana gelen depremlerin büyüklüklerine göre küçük olsa bile, daha fazla yapının hasar görmesine ve can kaybına neden olabilmektedir. Bu durumun oluşmasında depremin, yapının ve zeminin özelliklerinin birlikte rolü bulunmaktadır. Bunlardan sadece birini çıkarıp, diğerlerini yok saymak hasarları yorumlamak için yeterli olmamaktadır.

Depremin özelliklerine bir örnek olarak odak derinliğinin hasarlar üzerindeki etkisi verilebilir. Odak derinliği 3 km olan (yani yer yüzeyinden 3 km derinde meydana gelecek) bir depremle, 40 km derinde meydana gelecek depremin neden olacağı hasar birbirinden çok farklı olacaktır. Deprem yükleri, deprem sırasında zeminde oluşan titreşimler nedeniyle binaya etkiyen yüklerdir. Yapılar, taşıyıcı sistemine, kullanılan malzemeye ve detaylandırma gibi birçok parametreye bağlı olarak depremde farklı davranışlar sergilemektedir. Dolayısıyla da bir yığma yapının göstereceği deprem davranışı, betonarme bir yapının göstereceği deprem davranışından çok farklı olacaktır.

Deprem esnasında tuğlalardan birinin dahi kırılmasında, duvarın tüm davranışı etkileneceği gibi yığma yapıda hasarlar meydana gelebilmektedir. Churilov ve Dumova, (2012), tuğla yığma duvarların düzlem içi kayma dayanımlarını belirlemeye yönelik deneysel bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Analitik formüllerle de desteklenen bu çalışmanın sonucunda önerilen güçlendirme tekniklerinin tuğla yığma duvarların kayma kapasitelerine önemli derecelerde katkıda bulunduğunu belirtmişlerdir.

Deprem tehlikesi altında bulunan yerleşim bölgelerinde geneli yakın dönemde inşa edilmiş büyük bir yığma yapı stoku mevcuttur. Kırsal kesimler hariç sadece İstanbul'da bir milyon kadar yığma bina olduğu tahmin edilmektedir.

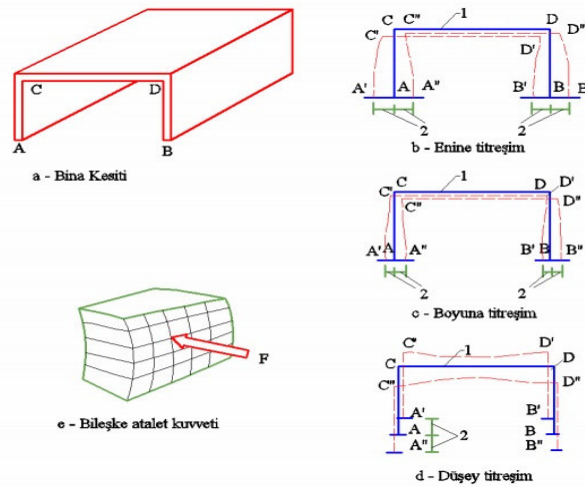
Yığma yapıların yaygın olmasının sebebi; ekonomikliği, malzemenin kolay temin edilebilmesi ve yapım tekniğinin basit olması ile işçiliğin kolaylaştırılmış

olmasıdır. Yığma yapıların bu olumlu özelliklerinin yanında bazı sakıncaları da bulunmaktadır. Bu sakıncalar; sünekliğin az ve uyum sağlamasının zor olması, kolay işçilik ile depremde ağır hasar görmesi, malzeme dayanımındaki yetersizlikten dolayı yüksek kat inşa edememek gibi nedenler bunlardan bazılarıdır.

Depreme dayanıklı (dayanımlı) yapı tasarımının amacı deprem esnasında yapıya etkileyen yükleri yapının güvenle taşımasıdır. Yığma yapıların da depreme dayanımlı olabilmesi için deprem yönetmeliklerinde çeşitli koşullar öngörülmektedir. Yığma yapılar için öngörülen koşullar diğerlerine göre biraz daha pratik olmaktadır (DBYBHY, 2007).

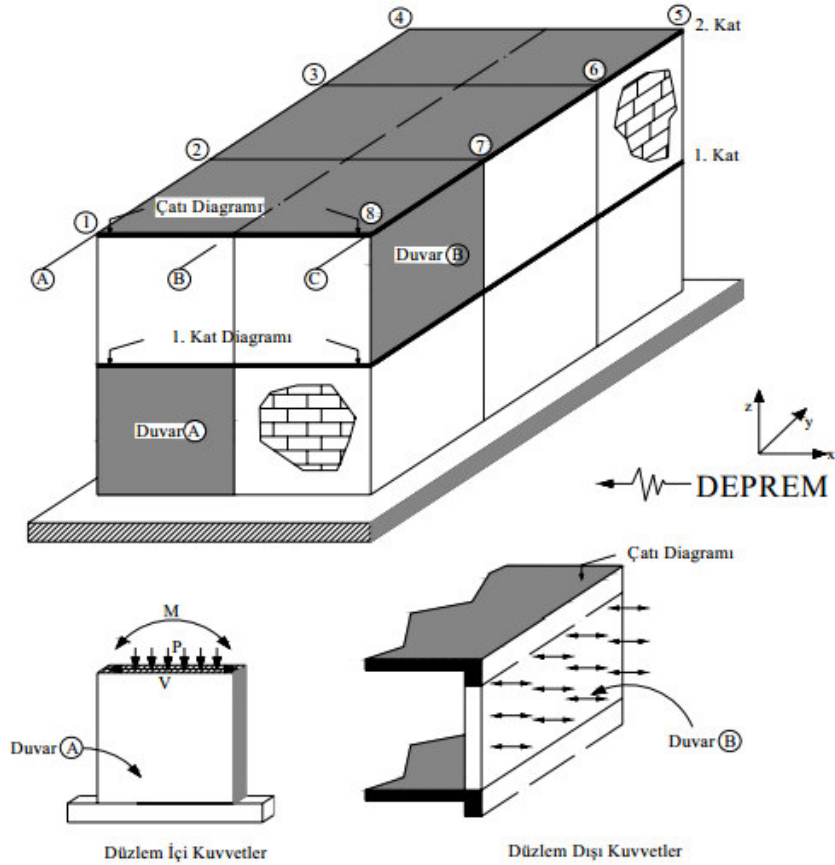
1.3. Yığma Yapıların Deprem Davranışı

Deprem kuvvetlerine en dayanıksız yapılardan birisi zemin ve malzeme özelliklerinden dolayı yığma yapılarıdır. Türkiye’de yığma yapıların kırsal kesimde tercih edilmesi ve uygulanmasının kolay olması gibi diğer yapılara oranla dezavantajlara da sahiptir. Yığma yapıların en büyük dezavantajı, inşasında oldukça ağır, hantal ve gevrek malzeme kullanımınıdır. Yapı ağırlığının fazla olması deprem esnasında oluşacak titreşime karşı yapının dayanımını (atalet kuvvetleri) o kadar fazla arttırmaktadır. Bu da yapı elemanlarına önemli ölçüde etki etmektedir (Şekil 1.1.).



Şekil 1.1. Yığma yapıların deprem kuvvetleri altındaki genel davranışı (Çöğürücü ve Kamanlı, 2007)

Depreme maruz kalan iki katlı yığma bir bina da (Şekil 1.2.), x yönünden etkiyen depremi, o yönden gelen ivmeler ve bu ivmelerin oluşturduğu sismik kuvvetler meydana getirmektedir. Bunun sonucunda, düzlem içi kesme kuvvetler (V) ve momentler (M), (A) duvarına görülmektedir. Beraberinde öz yükler, hareketli yükler ve devrilme momentleri etkisi ile aksel yükü (P) oluşturmaktadır. (B) duvarına dik doğrultuda etki eden x yönünden gelen deprem duvar düzleminde dik kuvvetler meydana getirecektir. (B) duvarını düzlem dışı sehim yapmaya zorlayan bu sismik kuvvetler, düzlem dışı kırılmaya ortam sağlamaktadır. Bazı çatı seviyesindeki duvarların düzlem dışı kırılmasıyla, çatı katı döşemesi yük olarak taşınamaz hale gelmektedir. Sonuç olarak binada çökme gerçekleşmiştir (Kantı ve ark., 2005).



Şekil 1.2. Depreme maruz yığma duvarların düzlem içi ve düzlem dışı yüklenmesi (Kantı ve ark., 2005)

Duvarların düzlem içine veya dışına devrilmesi, duvarlarda kesme çatlaklarının oluşması, duvarların köşelerinden veya döşemeden ayrılıp yıkılması gibi depremde çeşitli hasarlar ile birlikte göçme görülebilmektedir.

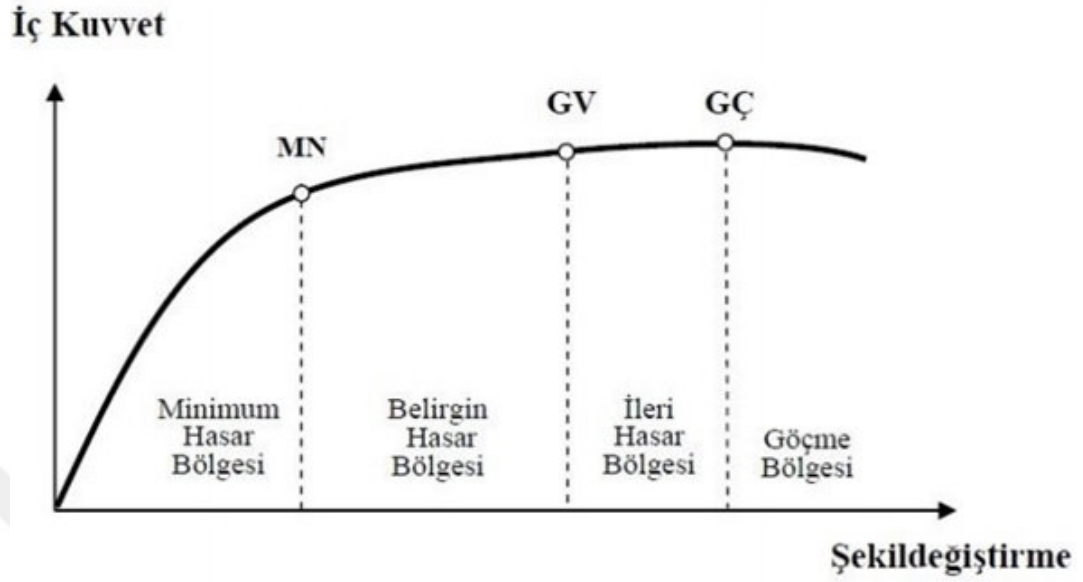
1.4. Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri

1.4.1. Kesit Hasar Sınırları

Büyük depremlere maruz kalan binalar deprem şiddeti arttıkça zorlanarak doğrusal olmayan davranış göstermektedir. Deprem anında belirli bir yükten sonra, statik itme analizine göre de performans noktasından sonra yapı deformasyonlarda zorlanmaktadır. Deformasyonun artmasıyla yapıda parçalanma ve göçme görülebilmektedir. Sünek elemanlar ise yaptıkları deformasyonlar ile deprem enerjisini yutarak yapının çökmesini önlemektedir. Kesit seviyesinde üç sınır durum sünek elemanlar için tanımlanmıştır. Tanımlanan sınır durumları; Minimum Hasar Sınırı (MN), Güvenlik Sınırı (GV) ve Göçme Sınırı (GÇ)'dir. Minimum hasar sınırı ilgili kesitte elastik ötesi davranışın başlangıcını, güvenlik sınırı kesitin dayanımını güvenli olarak sağlayabileceği elastik ötesi davranışın sınırını, göçme sınırı ise kesitin göçme öncesi davranışının sınırını belirtmektedir. Bu sınıflandırmaya gevrek olarak hasar gören elemanlar dahil değildir.

1.4.2. Kesit Hasar Bölgeleri

Minimum Hasar Bölgesi'nde MN'ye ulaşmayan kritik kesitlerinin hasar elemanlar, Belirgin Hasar Bölgesi'nde MN ile GV arasında kalan elemanlar, İleri Hasar Bölgesi'nde GV ve GÇ arasında kalan elemanlar, Göçme Bölgesi'nde ise GÇ'yi aşan elemanlar yer almaktadır (Şekil 1.3.).



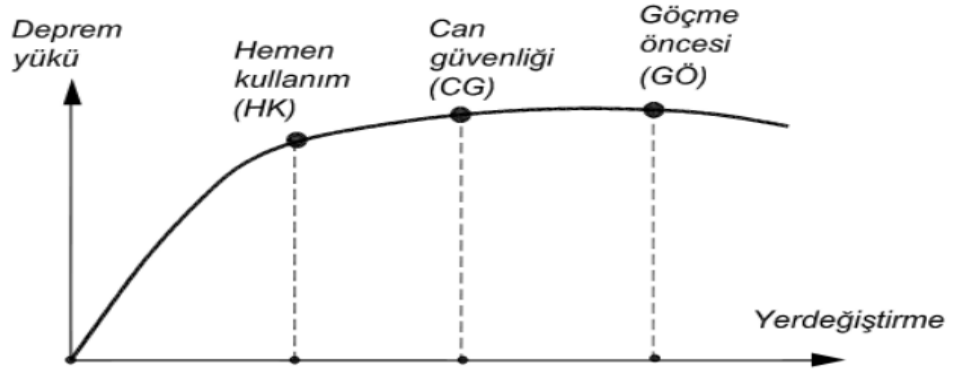
Şekil 1. 3. Şekil değiştirme-iç kuvvet grafiği, kesit hasar bölgeleri (DBYBHY, 2007)

1.4.3. Kesit ve Eleman Hasarlarının Tanımlanması

Bir yapının performansı, yapının yer titreşimleri etkisinde alacağı hasar durumunu belirtmektedir. Genel olarak taşıyıcı sistemin malzeme özellikleri, taşıyıcı elemanların dağılımı, sünekliliği, rijitlikleri ve kesitleri, etki eden düşey ve yatay yüklemeler, deprem esnasındaki sönümlenmeler, meydana gelecek plastik mafsallar gibi faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Kapasite Spektrumu Yöntemi gibi doğrusal olmayan yöntemlerle yapının performans noktası bulunabilir. Bulunacak performans noktası yapının deprem anında dengesini kaybetmeden yani göçme durumuna ulaşmadan yapabileceği en büyük yer değiştirme miktarını ifade eder.

Golbandı (2013) çalışmasında binalar için 3 farklı performans düzeyi tanımlanmıştır. Bunlar sırası ile (Şekil 1.4.);

- Hemen Kullanım (HK),
- Can Güvenliği (CG),
- Göçme Öncesi (GÖ),
- Göçme durumu.



Şekil 1.4. DBYBHY-2007'ye göre performans seviyesini belirleyen hasar bölgeleri

DBYBHY 2007'ye göre Bölüm-3.3.1'de kesit hasar sınırlarına karşı gelmek üzere tanımlanan sayısal değerler ile Bölüm-3. 5 veya Bölüm-3. 6'da tanımlanan yöntemlerle hesaplanan iç kuvvetlerin veya şekil değiştirmelerin karşılaştırılması sonucunda, yapılacak analizler sonrasında, taşıyıcı sistemi oluşturan elemanların kesit hasar seviyeleri ve daha sonra Şekil 1.4.'da gösterilen sınırlara göre katlara ait hasar seviyeleri belirlenir. Sonrasında bina performans seviyesine ulaşılır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Literatürde yığma yapılar hakkında yapılan çalışmalar diğer konulara oranla daha kısıtlıdır. Bu çalışmalardan başlıcaları aşağıda anlatılmıştır.

Tanrıkulu (1991) çalışmasında donatılı ve donatısız yığma yapıların lineer olmayan üç boyutlu deprem analizi için Eşdeğer Lineer Metot (ELM) ve gerçek lineer olmayan metot olmak üzere matematiksel modeller önermiştir. Modelleri yığma yapıların deprem analizinde kullanılabileceği görüşü ortaya konulmuştur.

Bayülke (1992) çalışmasında tek katlı bir yığma yapının ne kadarlık bir deprem yükü altında çatlama başlayacağını incelemiş, yatay kuvvetleri duvarların rijitlikleri oranında dağıtarak çatlama meydana getirecek kuvveti araştırmıştır.

Tomazevic ve Lutman, (1996) yaptıkları deneysel çalışmada yığma duvarların sismik davranışlarını incelemişlerdir. Deneden elde edilen ve önceden hesaplanan sonuçlar arasında korelasyon yapılarak sonuçlar incelenmiştir.

Bozdoğanil (1998) ikinci derece deprem bölgelerinde yapılmakta olan yığma yapıların deprem durumundaki davranışlarını deneysel olarak araştırmıştır. Deney yöntemi olarak deplasman kontrollü deney yöntemi kullanmıştır.

Batur (1999) çalışmasında donatısız yığma binanın yatay yükler altındaki davranışını incelemiştir. Çalışmasının sonunda 3 katlı donatısız yığma binanın yatay ve dikey yükler altında çözümünü yapmıştır.

Reis (2001) çalışmasında altı katlı donatılı bir yığma yapıyı sonlu elemanlar metodu ile SAP2000 bilgisayar paket programı kullanarak analiz etmiştir. Harcın kayma dayanımını deneysel olarak tayin etmek amacıyla özel bir deney yöntemi kullanmış ve örnek bir delikli tuğla duvarda, harcın kayma dayanımını üç ayrı noktada aletsel olarak tayin etmiştir.

Salonikios ve ark., (2003) iki katlı farklı yığma yapı modelini ele alarak her katta farklı yük uygulayıp, modellerin elastik olmayan davranışlarını incelemişlerdir. Bu modelin elastik olmayan davranışlarını incelemişlerdir. Elastik olmayan davranışını incelerken üç farklı yöntem kullanmışlardır. Bunlardan biri SAP2000 programında

lineer-elastik çerçeve modeli, diğer ikisi CAST3M programındaki biri sürekli diğeri ise ayrık modeldir.

Aytekin (2006) Yığma yapılar hakkında genel bilgiler verilerek, yığma yapılardaki temel sistemleri, yapılarda karşılaşılan düzensizlikler ve hasar düzeyleri kısaca anlatılmıştır. Sonuç olarak sargılı yapının maliyetinin %18 oranında fazla olduğu fakat olası bir deprem sonrası can kaybı veya yığma binanın onarımının çok daha zor olacağı, anlatılarak bu tür sargılı yapıların tercih edilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Tomazevic (2006) çalışmalarında yığma duvarların deprem yükleri altındaki davranışlarına dikkati çekmeye çalışmıştır. Deprem esnasında tuğlalardan birinin dahi kırılması, duvarın tüm davranışını etkileyeceğinden, duvara süneklik özelliği kazandırabilmek için donatı yerleştirilmesi gerekliliğini savunmuştur.

Anar (2007) çalışmasında harman tuğlaları ile yapılan yığma duvarların CFRP şerit ve dokuma malzemesi kullanılarak güçlendirilmesinin, duvar davranışı ve dayanımı üzerindeki etkisi deneysel olarak araştırılmıştır. Sonuç olarak dokuma CFRP'nin, ayrık Şerit ve Şerit CFRP uygulamalarına göre 1,5 kat daha iyi sonuç verdiği, Şerit CFRP ve ayrık CFRP uygulamalarından elde edilen sonuçların birbirine yakın olduğu belirtilmiştir.

Çöğürücü (2007) çalışmasında düzlem dışı yüklenen yığma duvarların ve yığma duvarlarda oluşan çatlamların kontrol altına alınması amacı ile epoksi reçineli FRP (Fiber Reinforced Polymer) ile yatay derz takviyesi uygulaması, analitik ve deneysel olarak araştırılmıştır. Sonuç olarak, birinci durumdaki yığma duvarların gevrek kırıldığı ve akma çizgilerinin işaret ettiği sünekliğe sahip olmadığı, ikinci durumdaki yığma duvarın yani yatay derzleri epoksili FRP takviyesi ile güçlendirilen duvarın kırılmaya karşı %25 daha fazla dayanıklı duruma geldiği belirtilmiştir.

Erberik (2007) çalışmasında, Türkiye'deki yığma yapıların hasar görebilirliği, hasar potansiyeli yardımıyla incelenmiş ve yığma yapıların sınıflandırılmasında daha önceden yapılmış çalışmalar da kullanılarak dört parametre belirlenmiştir. 120 adet bina sınıflandırılması yapının kat sayısı, taşıyıcı duvar malzemesi, plan geometrisi, taşıyıcı duvar uzunluğu ve boşluk oranı göz önüne alınarak oluşturulmuştur. Hasar potansiyeli eğrileri statik itme analizi ve zaman tanım alanında doğrusal elastik analizler yapılarak elde edilmiştir. Elde edilen hasar tespit eğrileri ile 1995 Dinar depreminden etkilenmiş yığma yapının gerçek hasarları tahmin edilmiştir.

Döndüren (2008) çalışmasında sikalateks isimli katkı malzemesiyle bağlayıcı özelliği artırılmış harçla hazırlanan bir yığma duvar ile normal harçla hazırlanan bir yığma duvarın düzlem dışı kırılması araştırılmış ve sonuçları karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda model duvarın referans duvara göre %25 daha fazla dayanım gösterdiği gözlemlenmiştir.

Ural (2009) çalışmasında yığma yapıların deprem davranışlarını etkileyecek olan örgü biçimlerinin, hatılların yerleştirme biçimlerinin, yığma birimler ile harcın dayanımlarının duvarın yük taşıma kapasitesine etkilerini irdelemiştir. Bu doğrultuda sonlu elemanlar programlarıyla analizler gerçekleştirilmiştir.

Kara (2009) çalışmasında tarihi yığma yapılarda yapı tekniği incelenmiş, bu yapıların taşıyıcı sistemleri, kullanılan malzemeler tanıtılmış, zaman içinde oluşan hasar türleri ve onarım teknikleri incelenmiştir.

Yılmaz (2010) çalışmasında, boşluklu tuğlalarla imal edilmiş yığma duvarların CFRP (Karbon Fiber Reinforced Polymer) malzemesi ile güçlendirilmesi sonrası ve öncesi mekanik özellikleri incelenmiştir. Sonuç olarak boyut artışı ile numunelerin basınç ve kayma dayanımının, deformasyon yeteneğinin azaldığı, güçlendirmenin ise numunede basınç dayanımı, kayma dayanımı, enerji yutma özelliği ve özellikle şekil değiştirme yeteneğini artırdığı belirtilmiştir.

Erberik (2010) çalışmasında mevcut yöntemleri kullanarak İstanbul'da bulunan donatısız yığma binalar için sismik risk değerlendirmesi yapmıştır. Bu çalışmada, iki boyutlu deneysel sonuçlarla üç boyutlu mevcut binaların kalitesini ifade etmekte yetersiz olduğu görülmüştür. Dolayısıyla doğrusal olmayan davranışın dikkate alınabilmesi için, gerçek dayanımın göstergesi olduğunun analitik olarak ispatlanması gerektiği görülmüştür. Davranışa dayalı değerlendirme yöntemleri analitik model ve gözlem arasındaki farklılığı ölçmek için pratik bir yaklaşım sağlamaktadır.

Demirel ve ark., (2011) çalışmalarında performans esaslı değerlendirilmesi ve tuğla yığma binaların doğrusal olmayan eşdeğer çerçeve yöntemiyle modellenmesi anlatılmıştır. Modelin güvenilirliği deneysel verilerle karşılaştırılarak, hasar gören bir binaya uygulanan model yapının uğradığı deprem hasar seviyesini başarıyla benzeştirmiştir. Model 1995 Afyon Dinar depreminde hasar görmüş yığma tuğla vaka binasının incelenmesinde kullanılmıştır.

Erberik ve ark., (2013) çalışmalarında yerel özellikler dikkate alınarak Antakya bölgesinde bulunan yığma binaların deprem performanslarını analitik olarak değerlendirmişlerdir. Mevcut bir yığma binada yapılan ortam titreşim ölçümleriyle analitik modeli kalibre etmişlerdir. Binanın elastik ötesi modeli tabanında yığılı kesme mafsalları bulunan eşdeğer çerçeveler oluşturularak statik itme analizlerini yapmışlardır. Yer değiştirme katsayıları yöntemi ile performans noktalarını belirlemişlerdir. Elemanların yer değiştirme talepleri ile kapasitelerinin karşılaştırılması sonucunda bina performanslarının yaklaşık değerine ulaşmışlardır. Duvar basınç dayanımının da bina performansını oldukça etkilediğini görmüşlerdir. Yığma binaların geneli düşük malzeme dayanımına sahip olduğu için Antakya'daki yığma binaların belirli deprem riski üzerinde olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Churilov ve Jovanoska, (2013) çalışmalarında tuğla yığma duvarların düzlem içi kayma dayanımlarını belirlemeye yönelik deneysel bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Analitik formüllerle de desteklenen bu çalışmanın sonucunda önerilen güçlendirme tekniklerinin tuğla yığma duvarların kayma kapasitelerine önemli derecelerde katkıda bulunduğunu belirtmişlerdir.

Geneş (2014) proje çalışmasında, Antakya bölgesinde bulunan yığma binaların yerel özellikleri deprem performanslarının analitik olarak değerlendirilmesinde yapılan malzeme deneyleri ve ortam titreşim kayıtları dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Antakya'da bulunan bina tipleri için hasarsız yerde deney yöntemiyle tanımlanmış olan binaların itme analizleri yapılmış ve deprem performansları tahmin edilmiştir. Proje kapsamında üretilen kırılma eğrileri kullanılarak, proje kapsamında detaylı bir şekilde incelenmiş olan binaların üç farklı deprem senaryosu için performansları belirlenmiştir. Sonucunda bölgedeki yığma binaların geneli düşük malzeme dayanımına sahip olduğundan olası Antakya depreminde meydana gelecek büyük hasarların kaçınılmaz olduğu gözlemlenmiştir.

Bankir (2014) çalışmasında Antakya bölgesinde genel yığma yapı stoklarını temsilen 11 adet yığma yapı üzerinde aletsel veriler ile dinamik davranış parametrelerine bağlı olarak model düzeltmelerini yapmıştır. Sismik performanslarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

3. YIĞMA BİNALARIN HASAR POTANSİYELLERİNİN BELİRLENMESİ

Bu tez çalışmasında, Antakya'daki yığma yapı stoğunun sınıflarından biri olan Kesme Taş ve Harman Tuğlası Yığma tipi binaların hasar potansiyelinin belirlenmesi üzerinde çalışılmıştır. Daha önce oluşturulmuş olan veri tabanları ile karşılaştırmalı bir şekilde ve aletsel verilere dayalı doğrusal olmayan analizlere bağlı olarak gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmadan elde edilen veriler, kesme taş ve harman tuğlası ile inşa edilmiş yığma yapıların deprem esnasındaki davranışlarının nasıl olacağı, hasar görebilme potansiyelleri hakkında bilgi edinilmesine yardımcı olacaktır. Yani performans seviyeleri bulunan binalardan yola çıkarak yığma tipi binaların olası depremdeki hasar görebilirliği hakkında fikir elde edilmiş olacaktır.

3.1. Yığma Yapılarda Kullanılan Malzemelerin Dayanımları ve Davranışlarının Hesaplanması

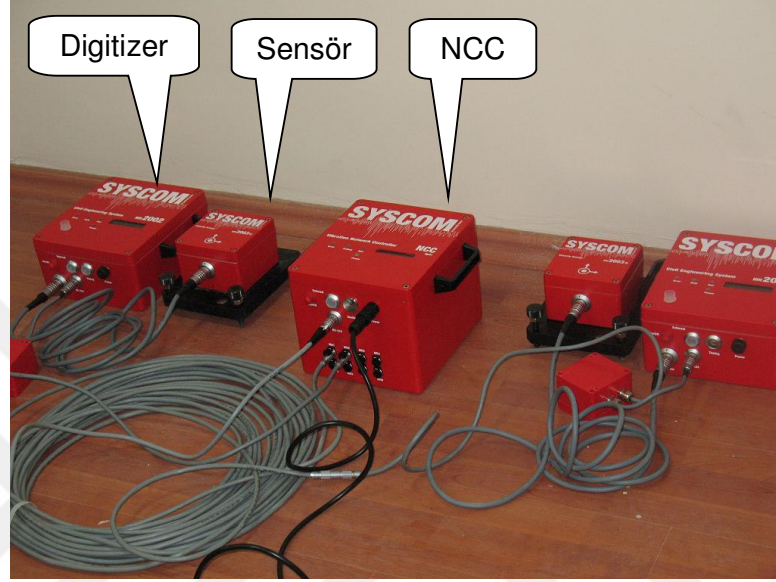
Yığma yapıda kullanılan malzemeler üzerinde deneyler yapılarak malzemelerin mekanik özellikleri belirlenmektedir. Aletsel ölçümler ile malzemelerin dayanımları tespit edilmektedir. Malzemelerin gerçek davranışlarının yansıtılabilmesi için doğrusal olmayan davranış gösterdikleri kabul edilecektir.

3.1.1. Yığma Yapılarda Ortamsal Titreşim Kayıtlarının Alınması

Antakya bölgesinde tespit edilen yığma yapılara hızölçer sensörleri yerleştirilmiştir. Sensörlerden ortamsal titreşim kayıtları 45 dakika süre ile kaydedilmiştir. Alınan kayıtlar MATLAB adlı bilgisayar programında okutulup, kayıtların analizi gerçekleştirilmiştir.

Ortamsal titreşimler Şekil 3.1'de görülen üç kanallı hızölçer ile kaydedilmektedir. Hızölçer sistemi 6 adet 3 kanallı sensör, bu sensörlerin enerji ihtiyacını uzun süre sağlayabilecek şekilde bataryanın bulunduğu ve titreşimlerin sayısallaştırıldığı ve depolandığı Dijitizer ve bütün sensörlerin kontrolünün tek bir merkezden sağlanması için Ağ Kontrol Merkezi (NCC) denen bir üniteden oluşmaktadır. NCC'ye 8 adet sensör bağlanabilmektedir. Sensör sistemi Şekil 3.1'de verilmektedir. Bu sistem NCC üzerinden bir dizüstü bilgisayara bağlanmakta ve bilgisayar ile NCC arasındaki iletişimi sağlayan bir program ile sensörlerin ayarları, kayıta başlayacakları andaki senkronizasyonu ve elde edilen kayıtların bilgisayara aktarılması yapılabilmektedir.

Sensörlerin her biri tek başına bir bilgisayara da bağlanabilmektedir. Böylece, herhangi bir noktadaki mevcut titreşimlerin kaydı için tüm sistemin kurulmasına gerek kalmadan sadece 3 kanallı bir sistem ile mümkün olmaktadır.



Şekil 3.1. Hızölçer sensör sistemi ve ağ kontrol merkezi

3.1.2. Yığma Yapılarda Kullanılan Malzemelerin Özellikleri

Yöresel yığma malzemelerin laboratuvar testlerinin yapılması ve malzeme özelliklerinin belirlenmesi için Antakya'da restorasyon çalışmasına girmiş yığma yapılardan alınan malzemelerden numuneler hazırlanmıştır.



Şekil 3.2. Duvar elemanı olarak kullanılan harman tuğlası ve test edilmek üzere hazırlanan numuneler

Şekil 3.2.'de verilmiş olan tuğla elemanlarından hazırlanan numuneler basınç deneyine tabi tutulmuştur. Ayrıca, yığma yapılarda kullanılmakta olan duvar örme elemanları (dolu harman tuğlası, delikli tuğla, ve moloz taş) ve bu elemanları birbirine bağlayan harç malzemelerinde kullanılan malzemeler belirlenmeye çalışılmış (kil, çimento ve kum) ve temin edilebilen malzemeler ile deneyler yapılmıştır (Şekil 3.2.). Öncelikle harç yapımında kullanılan malzemeler ile üç farklı karışım oranlarında numuneler hazırlanmıştır. Hazırlanan karışım oranları Çizelge 3.1.'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Yığma duvar harç malzemesi karışım oranları

Karışım No:	Elenmiş Dere Kumu (%)	Eritilmiş Kireç (%)
I.	75	25
II.	67	33
III.	62.5	37.5

Ayrıca, yığma duvar örülmesinde kullanılan harç malzemelerinin dayanımlarının belirlenmesi amacıyla 10 cm boyutlarında küp numuneler oluşturulmuş ve daha sonra bu numuneler üzerinde basınç deneyleri yapılarak dayanımları elde edilmiştir (Şekil 3.3.).



Şekil 3.3. Yığma duvar örme harcı numuneleri ve testleri

Çizelge 3.2. Yığma duvar örülmesinde kullanılan harç malzemesi (I. Test Seti)

	Numune No	Harç içerik oranları	N. Boyutu (mm)	Ağırlık (gr)
Test Seti - I	1-1	4.5 Hacim Kum + 1.5 Hacim Kireç	100x100x100	1619
	1-2	4.5 Hacim Kum + 1.5 Hacim Kireç	100x100x100	1646
	1-3	4.5 Hacim Kum + 1.5 Hacim Kireç	100x100x100	1626

Çizelge 3.3. Yığma duvar örülmesinde kullanılan harç malzemesi (II. Test Seti)

	Numune No	Harç içerik oranları	N. Boyutu (mm)	Ağırlık (gr)
Test Seti - II	2-1	3 Hacim Kum + 1.5 Hacim Kireç	100x100x100	1697
	2-2	3 Hacim Kum + 1.5 Hacim Kireç	100x100x100	1598
	2-3	3 Hacim Kum + 1.5 Hacim Kireç	100x100x100	1588

Çizelge 3.4. Yığma duvar örülmesinde kullanılan harç malzemesi (III. Test Seti)

	Numune No	Harç içerik oranları	N. Boyutu (mm)	Ağırlık (gr)
Test Seti - III	3-1	2.5 Hacim Kum + 1.5 Hacim Kireç	100x100x100	1751
	3-2	2.5 Hacim Kum + 1.5 Hacim Kireç	100x100x100	1664
	3-2	2.5 Hacim Kum + 1.5 Hacim Kireç	100x100x100	1644

Harç malzemeleri kullanılarak ve eski binalardan temin edilmiş olan farklı tuğla elemanları kullanılarak duvar numuneleri örülmüştür. Hazırlanan duvar numuneleri basınç kuvveti altında test edilmiştir. Bu duvar elemanları yukarıda karışım oranları verilen üç farklı harç karışımı için ve iki farklı tuğla tipi (dolu harman tuğlası ve delikli harman tuğlası) için oluşturulmuştur. Hazırlanan elemanlar ve basınç altında test edilişi Şekil 3.4.'te verilmektedir.



Şekil 3.4. Aksel basıncı altında test edilmek üzere hazırlanan duvar elemanları ve basınç kuvveti altında duvar elemanlarının test edilmesi

3.1.3. MASS Analiz Programı

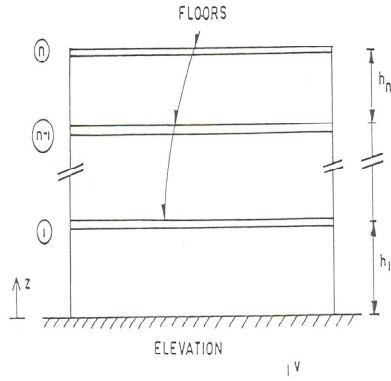
California Berkeley Üniversitesi'nin Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi laboratuvarlarında deprem etkisi altında sarsma tablası üzerinde gerçekleştirilen testlerde kil-tuğla yığma duvar numunelerinin doğrusal olmayan sismik davranışı tahmin edilmiştir. Deneysel veriler ışığında, yığma binaların üç boyutlu doğrusal ve doğrusal olmayan deprem analizleri için matematiksel modeller önerilmiştir. Bu matematiksel modellere dayanarak, genel amaçlı bilgisayar programları (MASS1,MASS2) geliştirilmiştir. Bu programlar 1992 yılında yazılmış ve yığma yapıların analizlerinde kullanılmaya başlanmıştır. Bu çalışmada, yığma binalar için Mengi ve ark., (1992) tarafından geliştirilmiş olan MASS programıyla;

- lineer statik analiz
- serbest titreşim analiz
- deprem spektrumu analiz
- doğrusal zamana bağlı analiz
- doğrusal olmayan zamana bağlı analiz

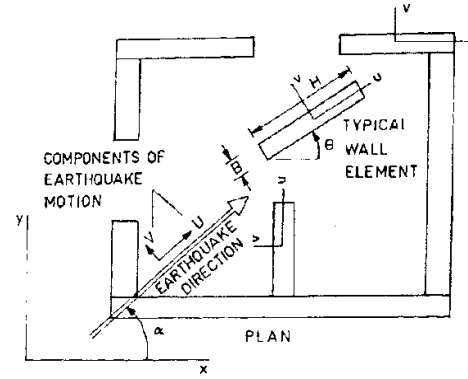
yapılabilmektedir. Yığma yapıların deprem uyarılmaları altında doğrusal olmayan modelleri incelenmiştir. Yapılan analizler sonucunda yapının periyotları, frekansları, mod şekli, sönüm katsayısı ve yapıda oluşan hasar verileri tahmin edilebilmektedir.

Şekil 3.5.'de gösterildiği gibi duvarlardan oluşan yığma yapı, x,y,z kartezyen koordinat sisteminden sağ el kuralı ile tabana paralel olan x,y koordinatları bulunabilir, z eksenini yukarı yöndedir ve katın orjindedir. Binanın tüm yüksekliği duvar boyunca uzandığı varsayılır. H ve B değerlerinin bir kattan diğerine değişebildiği ifade edilebilmekte, ancak duvar elemanlarında kütle merkezi tüm katlar için aynı kaldığı kabulü yapılmıştır. Deprem hareketinin iki yöndeki deplasman bileşenleri, yani u ve v, sırasıyla paralel ve dik deprem yayılma yönünde olduğu görülmüştür.

Bu modelde bir yığma yapının, n adet kattan oluştuğu düşünülmüştür. Kat yüksekliklerinin farklı olduğu ve i. katta kat yüksekliği h(i) olarak kabul edilmektedir (Şekil 3.6.). İki kat döşemesi arasında kalan her bir duvara duvar elemanı denilmektedir.



Şekil 3. 5. Basit bir Yığma Bina Planı ve her hangi bir duvarının yükseklik boyunca gösterimi



Şekil 3. 6 Yapıya kesitte etki eden deprem yönü ve bileşenleri

H ; Duvar genişliği

B ; Duvar elemanı kalınlığı

x, y, z ; Kartezyen koordinat sistemi

u, v, w ; Yerel koordinat sistemi

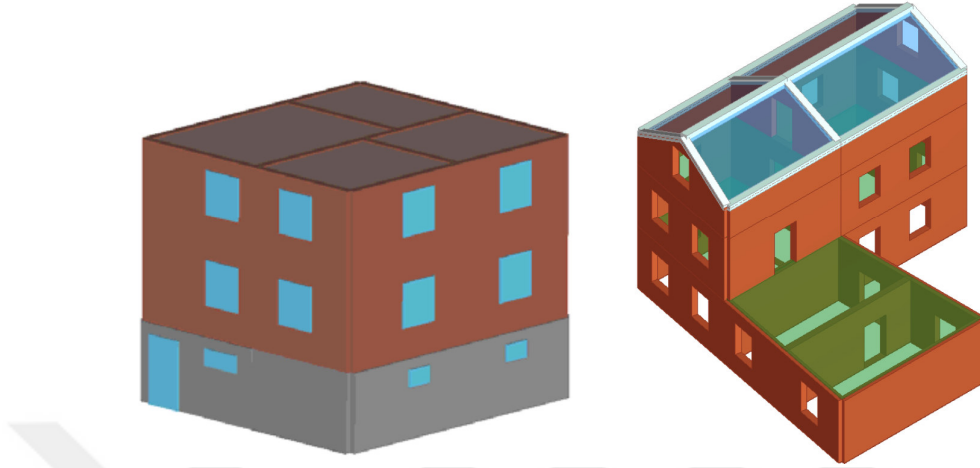
n ; Yapının oluştuğu kat sayısı

$h(i)$; i . katta kat yüksekliği

θ ; u, v, w ve x, y, z arasındaki belirlenen açı

3.1.4. 3MURI Analiz Programı

3MURI programı, yığma yapıların doğrusal ve doğrusal olmayan analizlerini yaparak yapıda oluşan hasarları ve bu hasarların nedenlerini sonuç olarak bize sunmaktadır. Bu programın tercih edilmesi yapıların modelleme süresini kısaltmış ve daha çok yapının analizini sağlamıştır. Analiz edilen bina sayısının artması gerçeğe daha yakın sonuçların elde edilmesini sağlamıştır.



Şekil 3.7. 3MURI programında modellenen binaların 3 boyutlu görünümü

MASS programı ile yapılan doğrusal statik analizler sonucunda elde edilen periyod değerleri 3MURI programıyla yapılan değerlere yakın çıkmaktadır.

3.2. Doğrusal Olmayan Yığma Yapı Analizinin Hesaplanması

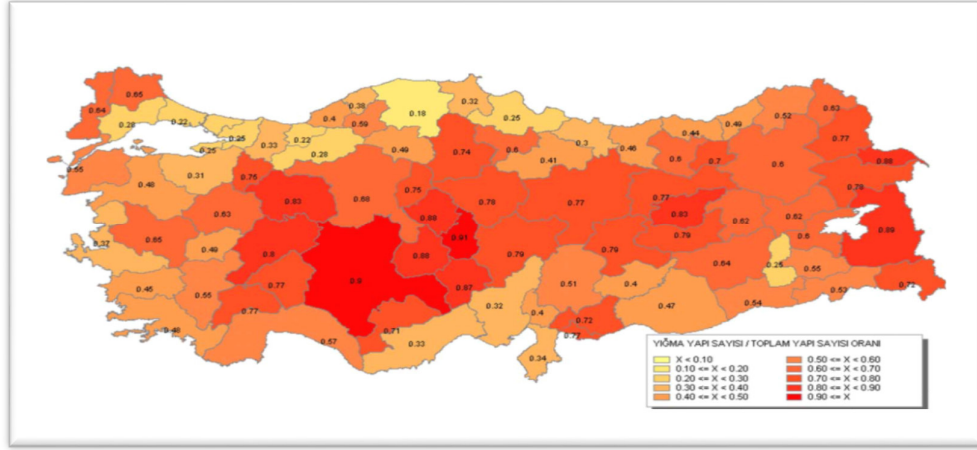
Depreme karşı rijit olmayan analizi yapılacak yığma binalarda burulma gibi istikrarlı olmayan durumların oluşmasını önlemek için, düzgün geometriye sahip binalar seçilmeye çalışılmıştır. Yapılacak olan modellemeler, çözümlenmelerinde yığma tipi yapılar için geliştirilen 3MURI ve MASS (Mengi ve ark. 1992) gibi bilgisayar programlarından yararlanılmıştır.

3.2.1. Antakya Bina Veritabanının Güncellenmesi ve Detaylandırılması

Antakya'nın farklı bölgelerinden seçilmiş tipik yığma binalar 110M748 no'lu proje kapsamında saha gözlemleriyle sokaktan incelenmiştir. Bu binalara ait genel özellikler elde edilmiştir. Bina verilerinin toplanması için geliştirilen veri formu (Şekil 3. 9.) kullanılmıştır. Bu kapsamda 265 bina sokak taramasına tabi tutulmuştur. Bu binaların kat sayısı ve taşıyıcı duvar tipi dağılımları sırasıyla Şekil 3.10. - Şekil 3.11.' de gösterilmektedir. Görüldüğü gibi binaların çoğu 1 ve 2 katlı olup, taşıyıcı duvarları genellikle briket veya taş ile yapılmıştır.

Çalışmamızı Hatay'da seçme nedenlerimiz ;

- 1. derece deprem bölgesinde yer alması
- Kent merkezinde alüvyon tabakalarında Asi Nehrinin bulunması
- Tarihte bu bölgede pek çok yıkıcı depremin görülmesi
- Uzun süredir bu bölgede büyük bir yıkıcı depremin görülmemesi



Şekil 3.8. Yığma Yapı Sayısının Toplam Yapı Sayısına Oranı

YIĞMA BİNALAR İÇİN DEĞERLENDİRME FORMU

Genel Bilgiler:

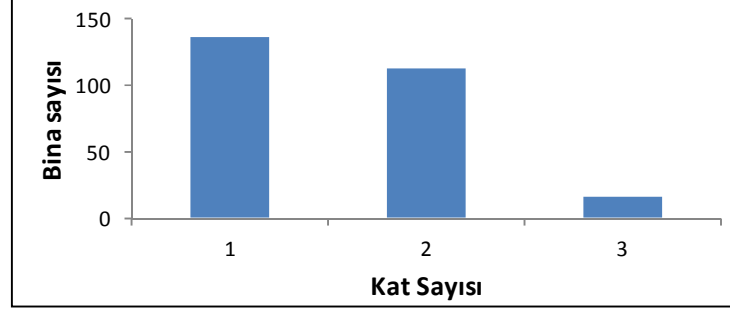
Inceleme Yapan Kişi/ Tanı	
Bina Kimlik Kodu	
Binanın Adresi	
Binanın Yapılış Tarihi	
Binanın Koordinatları	

<p>Binanın Cephe Fotoğrafı</p>	<p>Plan Geometrisi :</p> <p><input type="checkbox"/> Dikdörtgen</p> <p><input type="checkbox"/> Yamuk</p> <p><input type="checkbox"/> L-şeklinde</p>	<p><input type="checkbox"/> Girintili</p> <p><input type="checkbox"/> Aşırı düzensiz</p>

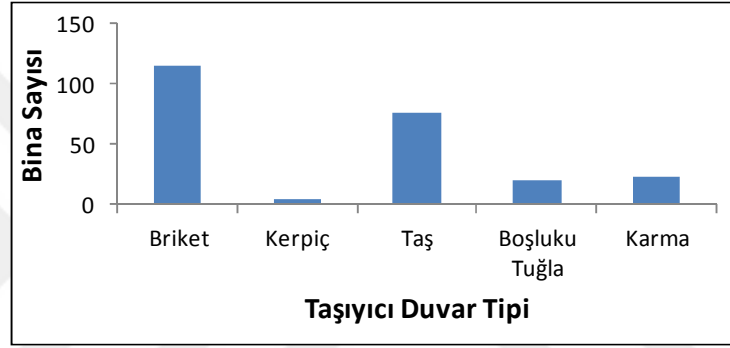
Yapısal Bilgiler:

Kullanım Amacı	<input type="checkbox"/> Konut	<input type="checkbox"/> Ticari	<input type="checkbox"/> Sanayi/ İmalat	<input type="checkbox"/> Resmi
Kullanım Dağılımı	<input type="checkbox"/> Tüm katlar aynı <input type="checkbox"/> Alt kat konut dışı, üst kat konut			
Kat Sayısı	() Normal + () Asma + () Çekme = () Toplam			
Taşıyıcı Duvar Tipi	<input type="checkbox"/> Kerpiç <input type="checkbox"/> Briket <input type="checkbox"/> Delikli Fabrika Tuğlası <input type="checkbox"/> Harman Tuğlası <input type="checkbox"/> Taş <input type="checkbox"/> Kama <input type="checkbox"/> Belirlenemedi			
Plan Genişliği (Ön cephe)	(metre)			
Boşluk Miktarı (Ön cephe)	(metre)			
Plan Genişliği (Yan cephe)	(metre)			
Boşluk Miktarı (Yan cephe)	(metre)			
Yatay Hatlı ?	<input type="checkbox"/> Duvar üstü	<input type="checkbox"/> Pencere üstü	<input type="checkbox"/> Yok	
Duvar Düşey Boşluk Düzeni	<input type="checkbox"/> Düzenli	<input type="checkbox"/> Az düzenli	<input type="checkbox"/> Düzensiz	
Döşeme Türü	<input type="checkbox"/> Betonarme	<input type="checkbox"/> Ahşap	<input type="checkbox"/> Belirlenemedi	
Yapı Nizamı	<input type="checkbox"/> Ayrık	<input type="checkbox"/> Bitişik	<input type="checkbox"/> Köşede ve bitişik	
Bitişik Binalarile Yükseklik Farkı	<input type="checkbox"/> Yok			<input type="checkbox"/> Var
Bitişik Binalarile Döşeme Seviyesi Farkı	<input type="checkbox"/> Yok			<input type="checkbox"/> Var
Çatı Geometrisi	<input type="checkbox"/> Düz	<input type="checkbox"/> Eğik	<input type="checkbox"/> Beşik	<input type="checkbox"/> Kıma
Çatı Malzemesi	<input type="checkbox"/> Kiremit	<input type="checkbox"/> Beton	<input type="checkbox"/> Saç	<input type="checkbox"/> Toprak
Bodrum	<input type="checkbox"/> Var <input type="checkbox"/> Yok			<input type="checkbox"/> Belirlenemedi
Binanın Görünen Kalitesi	<input type="checkbox"/> İyi <input type="checkbox"/> Orta			<input type="checkbox"/> Kötü

Şekil 3.9. Veri toplama formu



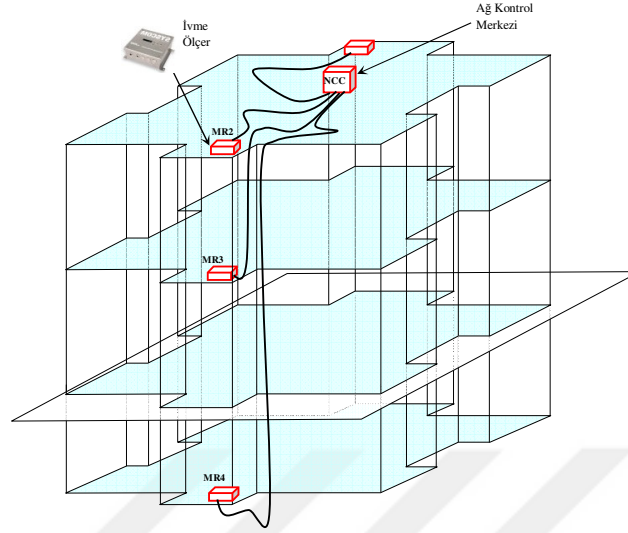
Şekil 3.10. Kat sayısı dağılımı



Şekil 3.11. Taşıyıcı duvar tipi dağılımı

3.2.2. Yapıdan Deprem Kayıtlarının Alınması

Analiz edilecek binalar Antakya bölgesindeki yığma yapı stokunu temsil edebilecek şekilde seçilmiştir. Bina çatısına yerleştirilen sarsma cihazı (Shaker) ile binaya uygulanacak olan titreşimler veya binada bulunan ortamsal titreşimler, bina çatısına, ara katlara, giriş katına veya bodrum katına uygun yerlere yerleştirilen 5 veya 6 adet hız ölçer ile kayıt edilmiştir (Şekil 3.1.). Bu kayıtlar hız ölçerlerden bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Ayrıca sürekli bina izleme sistemi yerleştirilen yığma binalardan deprem kayıtları alınarak binaların deprem esnasındaki davranışları izlenmiştir. Alınan kayıtların analizinden mevcut binanın periyodu bulunmuş ve gerçek modelle karşılaştırılarak model kalibrasyonu yapılmıştır.

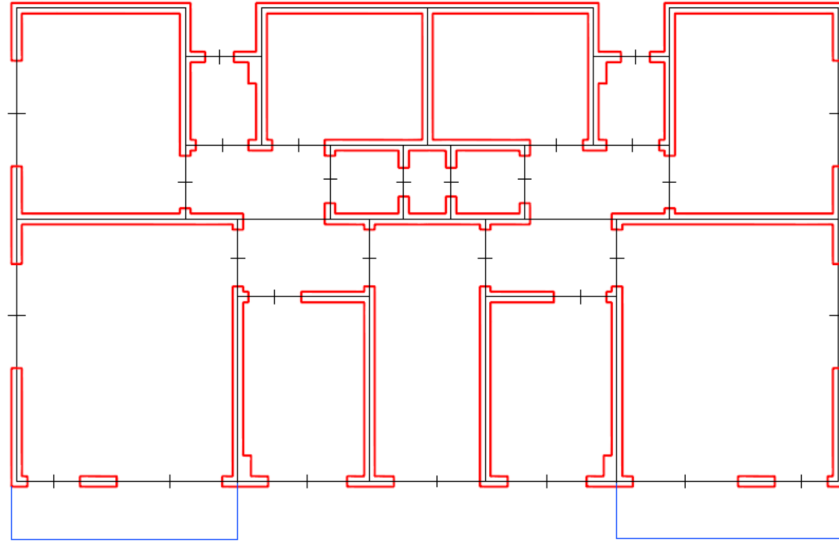


Şekil 3.12. Temsili bir bina için hızölçer sensörlerinin yerleştirilme planı

3.2.3. 3MURI Analiz Programı ile Yığma Yapıların Analizi

Yığma yapıların analizleri 3MURI programında yapılmıştır. Yapının modellenmesi ve analizinin yapılmasında izlenen yol ve kullanılan yöntemler sırasıyla aşağıda anlatılmıştır.

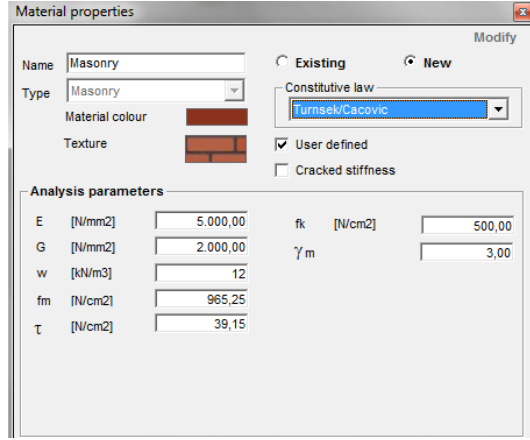
- Analizi yapılacak binanın çizilmiş kat planı var ise bu plan Autocad programına aktarılarak, planı yok ise yapının yerinde rölevesi alınıp Autocad programında çizilmektedir.
- Bilgisayar ortamında elimizde olan planlar 3MURI programının kabul edeceği formata dönüştürülerek ve programın veri tabanının istediği dosya uzantısı olan dxf formatında kaydedilmektedir (Şekil 3.16.).



Şekil 3.13. 3MURI programı için hazırlanan örnek dxf dosyası

Hazırlanan dxf dosyasında, yapıdaki kapı ve pencere boşluklarının orta noktaları belirlenmekte ve Şekil 3.13.'de gösterildiği gibi orta noktalarından çizgiler çizilmektedir.

- Analiz programına aktarılan dxf dosyasında duvarın merkezinde çizilen akslara duvarlar çizilmektedir.
- Eğer yapı her katta aynı plana sahip ise yapının her katı kopyalanarak sistem tamamlanabilir. Ama yapının her katı aynı plana sahip değil ise her kat seviyesi için hazırlanan dxf dosyalarının ayrı ayrı kat seviyelerine getirilmeleri gerekmektedir. Bu işlemde dikkat edilmesi gereken husus yapının her katı için belirlenen referans noktalarının doğru verilmesidir. Referans noktaları yapının her katta üst üste gelecek noktalarını x:0, y:0, z:0 noktasına taşınmasıyla oluşturulur.
- Yapı sistemi oluşturulmadan önce yapının malzeme özellikleri tanımlanır. Yapı analizinde gerekli olacak parametrelerin değerleri yazılır.



Şekil 3.14. Malzeme özellikleri ve kullanılan parametreler

Kullanılan malzemenin özelliklerine bakıldığında kullanılan parametreler şunlardır;

E= Malzemenin elastisite modülü

G= Malzemenin kayma modülü

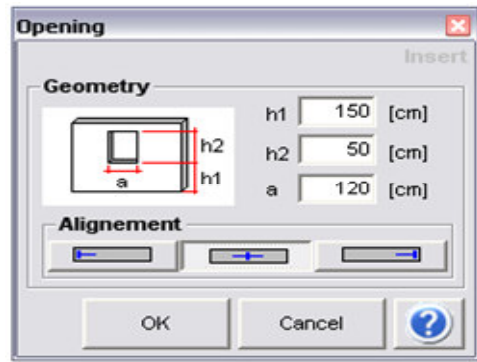
W= Malzemenin birim hacim ağırlığı

f_m = Malzemenin basınç dayanımı

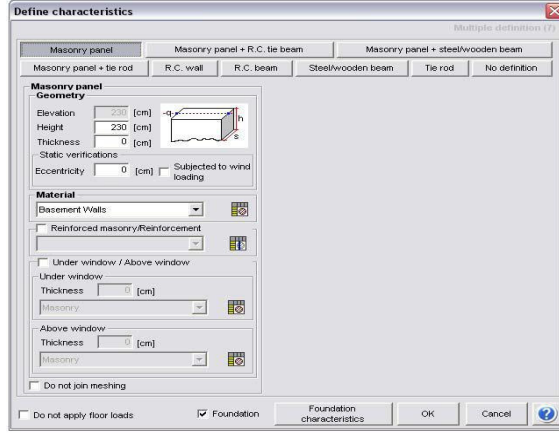
τ = Malzemenin kayma dayanımı

g= Malzemenin güvenlik katsayısı

Malzeme özellikleri ve duvarın kalınlığı tanımlanarak yapının duvarları oluşturulur. Oluşturulan duvar üzerindeki kapı ve pencere boşlukları tanımlanır.

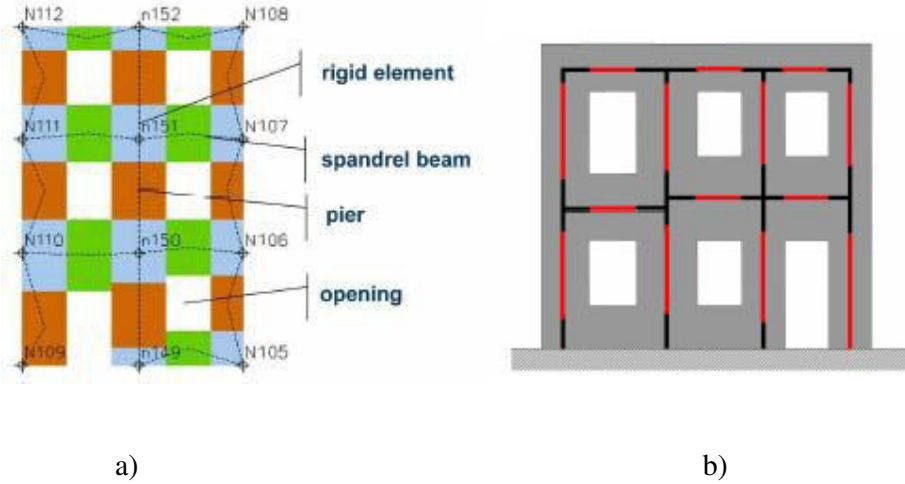


Şekil 3.15. Yığma duvarda açılan kapı ve pencere boşluklarının tanımlanması



Şekil 3.16. Duvar kalınlığı ve duvar malzemesinin seçilmesi

- Yığma duvarların üzerine oturan döşemeler tanımlanmıştır. Döşemelere gelen yükler etki ettirilmiştir.
- Yığma yapının analizlerinin yapılması için duvar ve döşeme elemanları parçalara ayırarak (mesh) sonlu elemanlar analizi ile yapının modal ve sismik analizlerine taban hazırlanmıştır.



Şekil 3.17. Yığma duvarların boşlukların yarattığı etki sebebi ile parçalara ayrılması (a) Eşdeğer çerçevenin tanımlanması (b) (3MuriGD)

Yığma duvarlarda boşluklardan kaynaklanan yük dağılımındaki değişim duvardaki yük aktarım şeklini de değiştirmektedir. Alt kattaki duvarın bir kısmı ile üst kattaki duvarın bir kısmı birlikte rijit bir eleman olarak çalışmaktadır. O bölgelerde hasarların oluşmadığı kabul edilmektedir. Yığma yapıya sismik kuvvetler etki ettirilerek

4 farklı yönde toplamda 24 farklı analiz yapılmaktadır. Bu analizlerin yapılması esnasında tepe noktasındaki bir nokta seçilerek bu noktaya etki ettirilen yatay yük altında yapının taban kesme kuvveti-tepe noktası yer değiştirme grafiği çizilmektedir. Yapıda oluşan hasarlar adım adım takip edilebilmektedir. Yapı duvarlarının aldığı hasar seviyeleri de adım adım Çizelge halinde kullanıcıya sunulmaktadır.








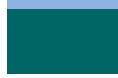
3MURI programında oluşan hasarların nedenleri basınç, moment ve kesme kuvvetleri olarak verilmektedir ve her bir hasar duvarlar üzerinde temsili şekil ve farklı renklerle belirtilmektedir. Yapılarda oluşan bazı hasarlar Şekil 3.18.'de verilmektedir. Bu hasarlar genellikle kesme veya momente dayalı hasarlardır.



Şekil 3.18. Yığma yapılarda meydana gelen duvarlarda ve duvar köşelerinde oluşan kesme hasarı (Çırak, 2011)

4. 3MURI ve MASS ADLI BİLGİSAYAR DESTEKLİ PROGRAMLAR ile YIĞMA YAPILARIN ANALİZİ

Bu bölümde yığma konut tipi yapıların sismik performanslarının bulunması hakkında sayısal örnek olarak Antakya bölgesinde seçilen ve şehrin genel yığma yapı stokunu temsil eden 5 adet bina 3MURI programında analiz edilmiştir. Bu binalarda kullanılan malzemeler üzerinde yapılan deney sonuçlarına, analiz sonuçlarına ve hasar görülebilirlik durumlarına bakılmıştır. MASS programında doğrusal statik analizler yapılmıştır. Sonucunda elde edilen periyod değerleri 3MURI programıyla yapılan değerlere yakın çıkmaktadır. MASS programı doğrusal olmayan analizlerde düzensiz binaların analizini yapamadığından ve Antakya bölgesinde düzenli yığma bina bulmak zor olduğundan, doğrusal olmayan analizlerin tamamı 3MURI programında yapılmıştır. Programda her renk bir hasar türünü göstermektedir (Şekil 4.1.). Binaların ismi Antakya imar planında yer alan mülk ve parsel numaralarıyla isimlendirilmiştir.

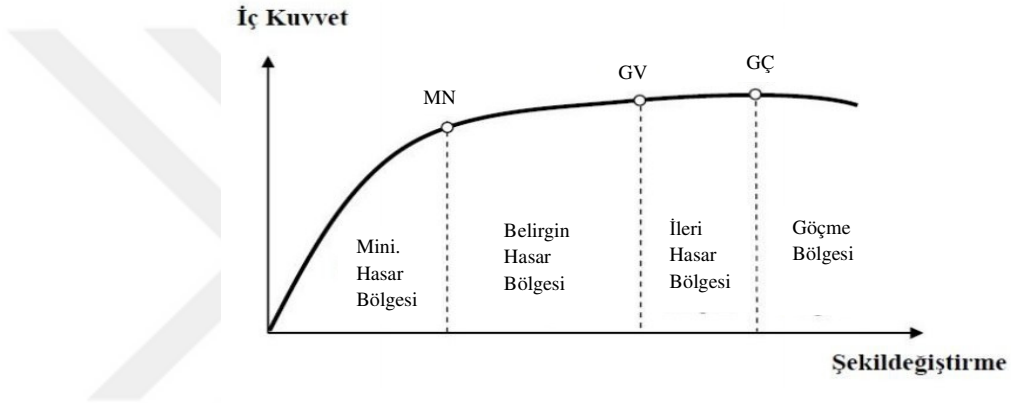
Yeşil	: Hasarsız duvar	
Açık sarı	: Kesme hasarı	
Koyu sarı	: Kesme kırılması	
Pembe	: Moment hasarı	
Kırmızı	: Moment kırılması	
Mor	: Basınç kırılması	
Mavi	: Çekme kırılması	
Turkuaz	: Elastik bölgede oluşan kırılma	

Şekil 4.1. 3MURI analiz sonuçlarında verilen her renk karşılığındaki hasar türleri

Yığma yapının performans seviyesini belirlemek için yapının birinci kat duvarlarında da oluşan hasarlara bakılarak önce duvarların performans seviyeleri belirlenmiştir. Duvarların performans seviyelerine bakılarak yapının performans seviyesi belirlenmiştir.

- Duvar hasar almamış ise minimum hasar bölgesinde (MH)
- Duvar hasar almış ise belirgin hasar bölgesinde (BH)

- Duvarda kırılmalar meydana gelmiş ise ileri hasar bölgesinde (İH) olarak değerlendirilmektedir.
- Yapının performans seviyesine bakıldığında birinci kat duvarlarından hiçbiri hasar görmemiş ise yapının performansı hemen kullanım olacaktır. MH ve BH varsa yapı belirgin hasarda olacaktır. Yapıda İH seviyesinde bir duvar dahi varsa yapı İH olacaktır. Yapının tamamı İH seviyesinde ise bina göçme seviyesinde olacaktır.



Şekil 4.2. Şekil değiştirme-iç kuvvet grafiği, kesit hasar bölgeleri (DBYBHY-07)

4.1. Malzeme Deney Sonuçları

Yığma duvar örülmesinde kullanılan harç malzemelerin dayanımlarının belirlenmesi amacıyla yapılan basınç deneylerinin sonuçları Çizelge 4.1.'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Yığma duvar örülmesinde kullanılan harç malzemesi basınç deney sonuçları

	Numune No	Harç icerik oranları	N. Boyutu (mm)	Ağırlık (gr)	Max. Yük (kN)	Gerilme (MPa)
Test Seti – I	1-1	4.5 Hacim Kum + 1.5 Hacim Kireç	100x100x100	1619	7.3	0.73
	1-2	4.5 Hacim Kum + 1.5 Hacim Kireç	100x100x100	1646	7	0.71
	1-3	4.5 Hacim Kum + 1.5 Hacim Kireç	100x100x100	1626	7.0	0.70
Test Seti – II	2-1	3 Hacim Kum + 1.5 Hacim Kireç	100x100x100	1697	6.6	0.66
	2-2	3 Hacim Kum + 1.5 Hacim Kireç	100x100x100	1598	6.4	0.64
	2-3	3 Hacim Kum + 1.5 Hacim Kireç	100x100x100	1588	6.6	0.66
Test Seti – III	3-1	2.5 Hacim Kum + 1.5 Hacim Kireç	100x100x100	1751	8.5	0.85
	3-2	2.5 Hacim Kum + 1.5 Hacim Kireç	100x100x100	1664	7.8	0.78
	3-3	2.5 Hacim Kum + 1.5 Hacim Kireç	100x100x100	1644	8.7	0.70

Yukarıda testi yapılan harç, tarihi yapılarda (100 yıldan az) kullanılmış bir harçtır. Düşük dayanımlı harç için hacimsel olarak 1 birim kireç: 3 birim kum gereklidir. Bu harç karışımı Türk Standartlarına göre E sınıfına dahil olup dayanımı yaklaşık olarak 0.5 MPa civarındadır (Bayülke, 1992). Bu karışım oranına en yakın olan karışım ikinci test setinde oluşturulmuş ve bu numunelerden elde edilen dayanım 0.65 MPa olmuştur.

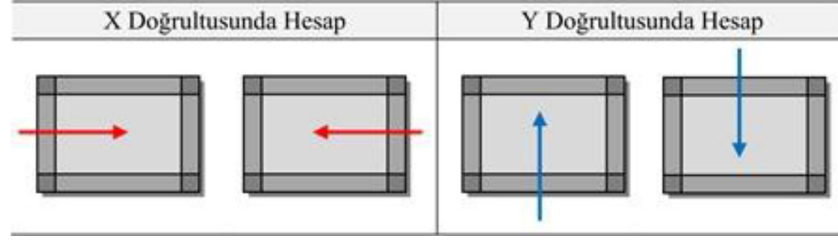
Tuğla elemanların test edilmesi amacıyla hazırlanan üç farklı harç karışımı ve iki farklı tuğla duvar numuneleri basınç kuvveti altında test edilmiştir. Çizelge 4.2.'de elde edilen dayanımlar gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. Harç karışımı ile hazırlanmış duvar elemanlarının basınç deneyi sonuçları

	Numune No	Harç içerik oranları	Tuğla Sayısı	N. Boyutu (mm)	Max Yük (kN)	Gerilme (MPa)	Tuğla Tipi
Test Seti – I	101	4.5 Hacim Kum + 1.5 Hacim Kireç	5	260x200x90	21.0	1.17	Dolu Harman Tuğlası
	102	4.5 Hacim Kum + 1.5 Hacim Kireç	5	260x200x90	20.9	1.16	Delikli Harman Tuğlası
	103	4.5 Hacim Kum + 1.5 Hacim Kireç	4	250x200x100	34.7	1.74	Delikli Harman Tuğlası
Test Seti – II	201	3 Hacim Kum + 1.5 Hacim Kireç	5	260x200x90	22.2	1.23	Dolu Harman Tuğlası
	202	3 Hacim Kum + 1.5 Hacim Kireç	5	260x200x90	40.3	2.24	Delikli Harman Tuğlası
	203	3 Hacim Kum + 1.5 Hacim Kireç	4	260x200x100	31.9	1.60	Delikli Harman Tuğlası
Test Seti – III	301	2.5 Hacim Kum + 1.5 Hacim Kireç	5	260x200x90	29.7	1.65	Dolu Harman Tuğlası
	302	2.5 Hacim Kum + 1.5 Hacim Kireç	5	260x200x90	27.6	1.53	Delikli Harman Tuğlası
	303	2.5 Hacim Kum + 1.5 Hacim Kireç	4	260x200x100	18.0	0.90	Delikli Harman Tuğlası

4.2. Yığma Binaların Analitik Modelleri ve Deneysel Titreşim Kayıtları ile Elde Edilmiş Davranış Parametrelerinin Karşılaştırılması

Antakya'daki 5 adet yığma binanın analizi yapılmıştır. Analizi yapılan binalardan Mıntıka 2 P 811 ve Mıntıka 4 P 839 binasının sonuçları detaylı anlatılmış diğer üç binanın sonuçlarından ise kısaca bahsedilmiştir. Performans değerlendirilmesinin yapılabilmesi için deprem yükleri binaya her iki doğrultuda ve her iki yönde etki ettirilmiştir. Bu nedenle, performans değerlendirilmesinin yapılabilmesi için toplamda 4 doğrultuda analiz yapılması gerekmektedir (Şekil 4.3.).



Şekil 4.3. Hesap doğrultuları

MASS ve 3MURI’de incelenen 5 binanın yapısal özellikleri Çizelge 4.3.’de, sismik özellikleri Çizelge 4.4.’de sıralanmıştır. Tez kapsamında ele alınan tüm binaların özellikleri Çizelge 4.3.’te tanımlanmıştır.

Test edilen binalar Antakya merkezdeki farklı yığma bina tiplerini temsil etmektedir.

Çizelge 4.3. Modellenen binaların yapısal özellikleri

	Mıntıka 2 P 811	Mıntıka 4 P 839	Mıntıka 4 P 2464	Mıntıka 4 P 2578	Mıntıka 4 P 2648
Duvar Malzeme Yoğunluğu(t/m^3)	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75
R/C döşeme kalınlığı(cm)	15	12	15	15	15
Kat Sayısı	Z+3	Z+1	Z+2	Z+1	Z+1
Bina yüksekliği(m)	12	6	9	5.4	5.4
Kat alanı(m^2)	249.87	52.30	102.95	89.08	53.97
Kat ağırlığı(ton)	233.01	35.17	74.26	59.33	56.54
Çatı Alanı	0	0	0	0	0
Simetriklik	Var	Yok	Yok	Yok	Yok

Çizelge 4.4. Modellenen binaların sismik özellikleri

Sismik Özellikler	Değeri
Deprem Bölgesi	1. Bölge
Hareketli yük katılım katsayısı	0.20
Bina önem katsayısı	1.0
Zemin Sınıfı	Z4 (TDY) ~ C (EC8)

5 binanın projesinden sadece bir tanesinde simetriklik bulunmakta; diğer 4 binada simetriklik bulunmamaktadır. Çalışmada kullanmış olduğumuz yığma binalar, Antakya bölgesindeki konut tipi yığma yapıların genel karakteristiklerini temsil edebilmektedir.

MASS ve 3MURI analiz programları ile yapılan hesaplamalar sonucunda binalardaki hâkim periyodlar genel olarak burulma tipinde mod şekli vermektedir. Bu durumun 3MURI’de Statik İtme analizine yansıtılabilmesi amacıyla yatay deprem yüklemeleri, binaların kütle merkezine etki ettirilmiştir.

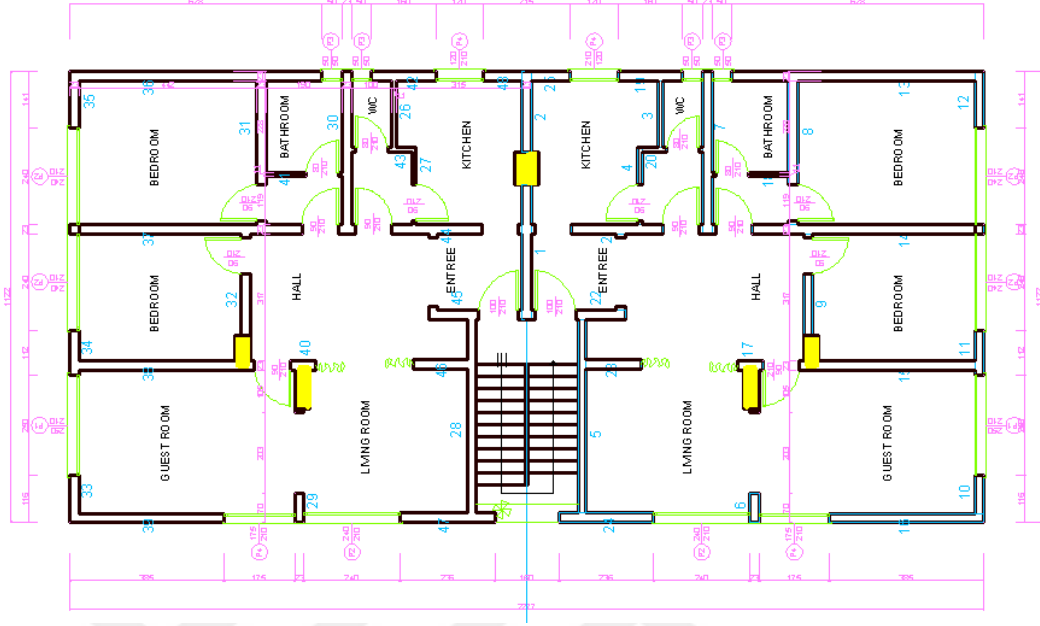
Tezin bu bölümünde Antakya bölgesinde belirlenmiş olan 5 adet yığma tipi yapının karakteristik özellikleri 3. bölümde açıklanan Deneysel Titreşim Kayıtlarından elde edilen verilerden binalara ait hasar görülebilirliği Dinamik Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemlerinden, Türk Deprem Yönetmeliği (TDY) ve Eurode8 (EC8) ilkelerinden faydalanılarak tespit edilmeye çalışılmıştır. Burada, Mıntıka 2 P 811 ve Mıntıka 4 P 839 numaralı iki bina için elde edilen veriler detaylı olarak, diğer binalar için ise özet olarak sunulacaktır.

4.2.1. Mıntıka 2 P 811 Binası

4.2.1.1. Mıntıka 2 P 811 Binası Analitik Model ile Dinamik Parametrelerinin Elde Edilmesi

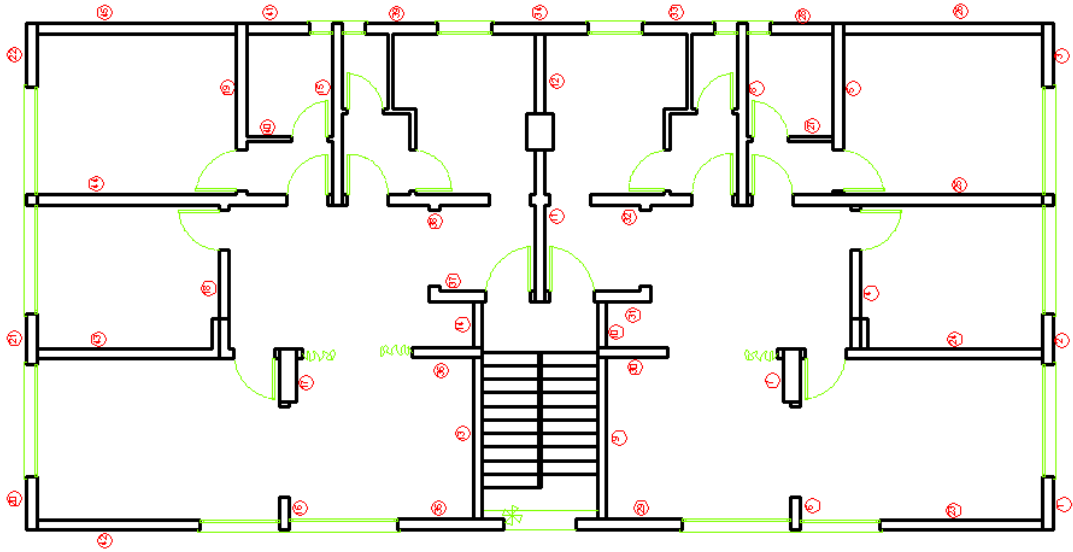
Bina Adı	Tarih	Fotoğraf
Mıntıka 2 P 811 Binası	30.11.2012	
Açıklamalar: Bu bina, Antakya’daki bulunan yığma yapılar içerisinde genel olarak aynı karakteristik özelliklere sahiptir. Binanın her katında iki daire bulunmaktadır. Simetriklik vardır. Binaya ait sensör yerleştirme planı Şekil 4.9.’da verilmiştir.		

Şekil 4.4. Mıntıka 2, Parsel 811’de bulunan bina



Şekil 4.5. Bina Kat Planı

Binanın dinamik özelliklerinin tespiti için MASS1 ve MASS2 programları kullanılmıştır. Binanın modeli oluşturulurken, duvarlar aşağıdaki şekilde numaralandırılmıştır (Şekil 4.6.).



Şekil 4.6. MASS Modeli için numaralandırılmış binalar

Binaya ait özellikler Çizelge 4.4.'de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Ağırlık merkezi, kütle ve atalet momenti

$x_g=$	619.47	cm
$y_g=$	1137.42	cm
Hareketli Kütle=	0.00	ton
Döşeme kütlesi=	95.80	ton
Kütle=	79.30494	ton
İkütle =	4928.835712	ton.m ²

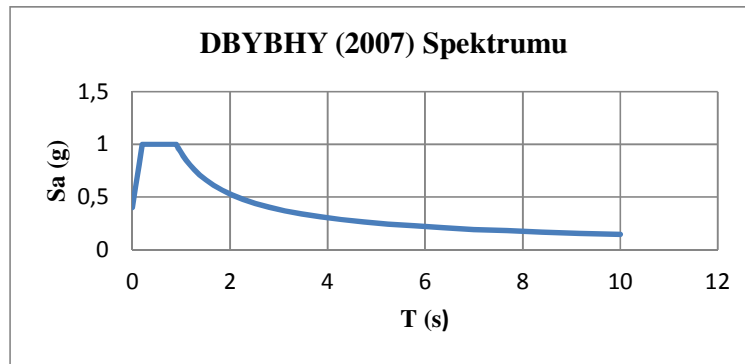
G' değerini belirlemek için ilk önce yaklaşık olarak bir değer girilmiş ve periyod hesaplandıktan sonra Denklem 1'e göre revize edilmiştir.

MASS 1'de modelin analizi yapılırken binaya ait parametreler elde edilmiştir. (Çizelge.4.6.)

Çizelge 4.6. Modal Analiz Sonuçları

Mod	Frekans (Hz)	T (s)	Sönüm Katsayısı
1	4.570	0.21882	10.060
2	5.440	0.18382	11.970
3	6.590	0.152	14.500

Yapının 1. derece deprem bölgesinde bulunduğunu ve zemin sınıfının Z4 olduğunu kabulü ile DBYBHY (2007)'ye göre spektrum oluşturulup, yapının davranışı incelenmiştir. Tepki spektrumu Şekil 4.7.'de verilmiştir. Tepki spektrumuna bağlı programda veriler analiz edilmiştir.



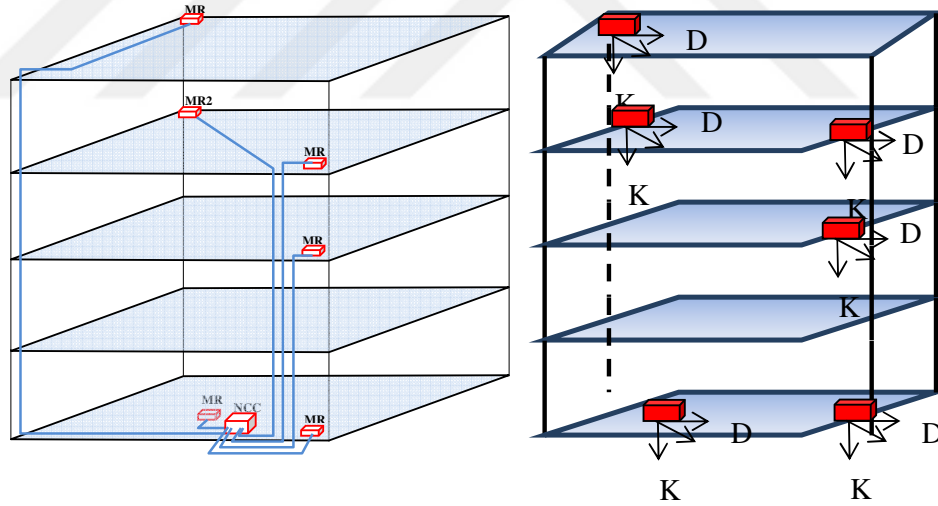
Şekil 4.7. DBYBHY (2007) Spektrumu

4.2.1.2. Mıntıka 2 P 811 Nolu Binasından Alınan Titreşim Kayıtları ile Dinamik Parametrelerinin Elde Edilmesi

Mıntıka 2 P 811 binası için genel bilgiler Çizelge 4.3.'te verilmiştir. Sensör yerleşim ve 3 boyutlu modeli Şekil 4.9.'da verilmektedir. Elde edilen titreşim periyotları Çizelge 4.7.'de sunulmuştur.

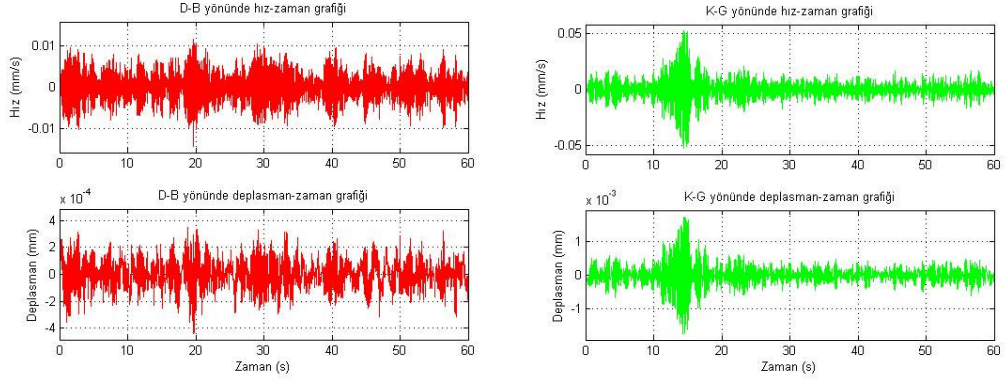


Şekil 4.8. Mıntıka 2, Parsel 811'de bulunan bina ve kayıt alma işlemi

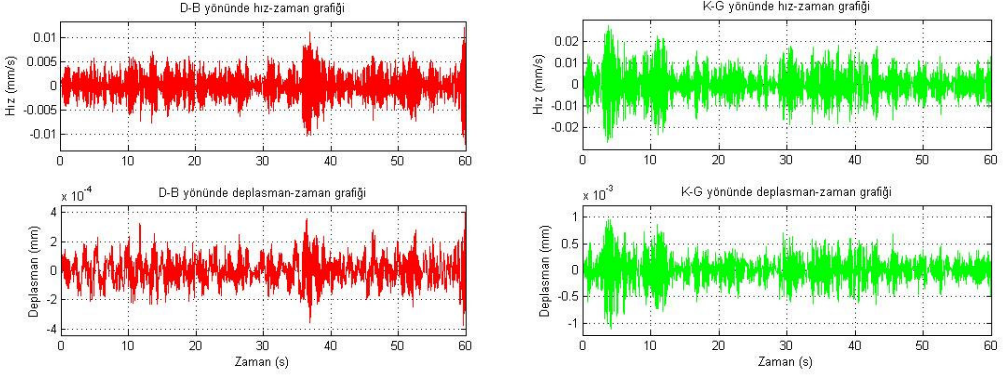


Şekil 4.9. Mıntıka 2, Parsel 811'de binaya yerleştirilen hızölçer sisteminin şeması ve sensörlerin yönleri

Yerleştirilmiş hızölçerlerden alınan kayıtlardan örnek kayıtlar MR1 sensörü için Şekil 4.10'da, MR2 için ise Şekil 4.11'de verilmiştir. Binanın hakim titreşim periyodunun bulunması için bu ortam kayıtlarının Fourier Amplitude grafikleri çizilmiştir (Şekil 4.12., Şekil 4.13.). Bütün kayıtlar (45 dk) analiz edilerek ortalamalarından hakim titreşim periyodu tespit edilmiştir. Elde edilen periyotlar MR1 ve MR2 sensörlerinin ortalaması olarak Çizelge 4.7.'de verilmiştir.

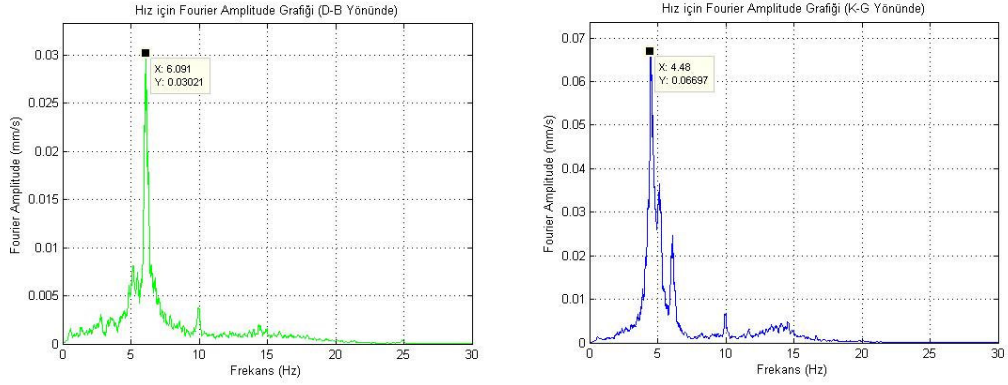


Şekil 4.10. MR1 Hız ölçer sensörünün Doğu-Batı ve Kuzey-Güney yönlerindeki hız ve deplasman kayıtları

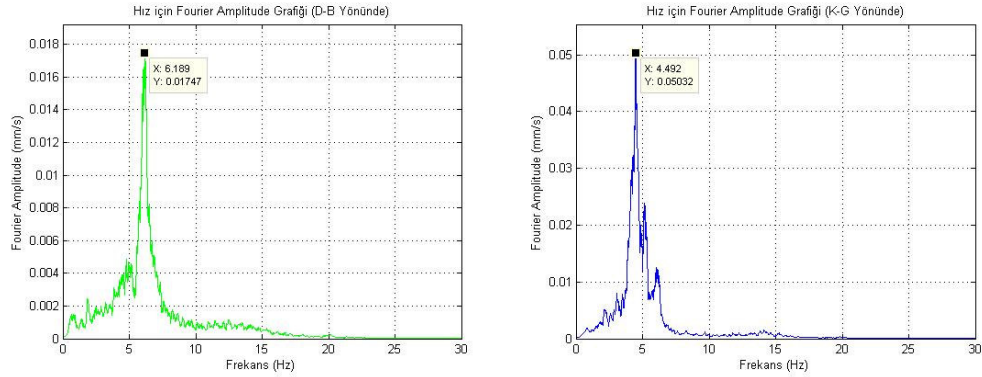


Şekil 4.11. MR2 Hız ölçer sensörünün Doğu-Batı ve Kuzey-Güney yönlerindeki hız ve deplasman kayıtları

MATLAB analiz programında aynı katta bulunan sensörlerin ortalama değerleri alınmıştır. Sensörlerin analizleri ile hız ve deplasman kayıtları hesaplanmıştır. Elde edilen kayıtlar ortamsal titreşim kaydı olduğu için binaya etkiyen birden fazla titreşim periyodu mevcuttur. Yapı davranışına en büyük etkide bulunan 1.periyot olduğundan, bu periyod binanın hakim titreşim periyodu olarak kabul edilmiştir. Yığma binanın hakim titreşim periyodunun bulunması için ortam kayıtlarının Fourier Amplitude Spektrum grafikleri çizilmiştir.



Şekil 4.12. MR1 Hız ölçer sensörünün Doğu-Batı ve Kuzey-Güney yönlerindeki hız Fourier Amplitude Spektrumu

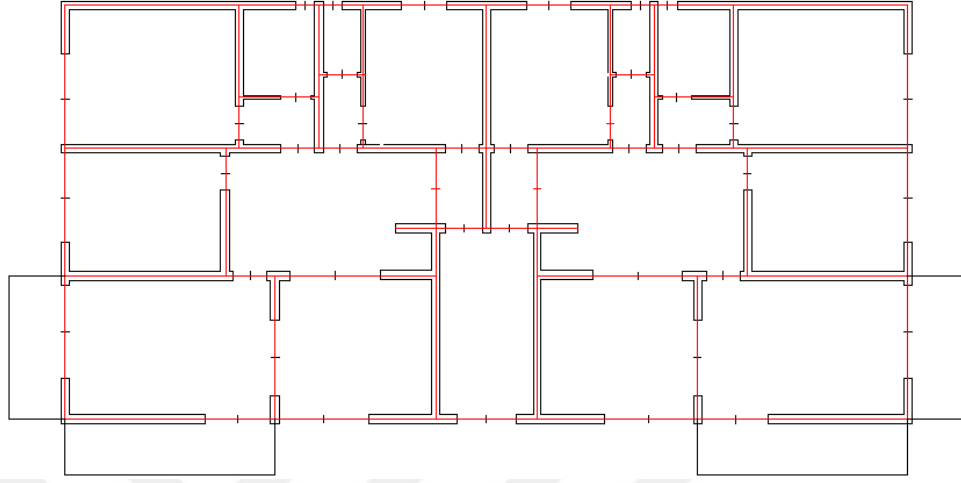


Şekil 4.13. MR2 Hız ölçer sensörünün Doğu-Batı ve Kuzey-Güney yönlerindeki hız Fourier Amplitude Spektrumu

Analitik model analiz sonucu ile deneysel titreşim kayıtları sonuçlarının karşılaştırılması Çizelge 4.7.'de verilmiştir. Bu şekilde model kalibrasyonları yapılan bina verileri MASS'te tanımlanarak elde edilen sonuç ile binaya yerleştirilen sensörler üzerinden bulunan sonuçların birbirinden farklılığı belirtilmiştir (Çizelge 4.7.).

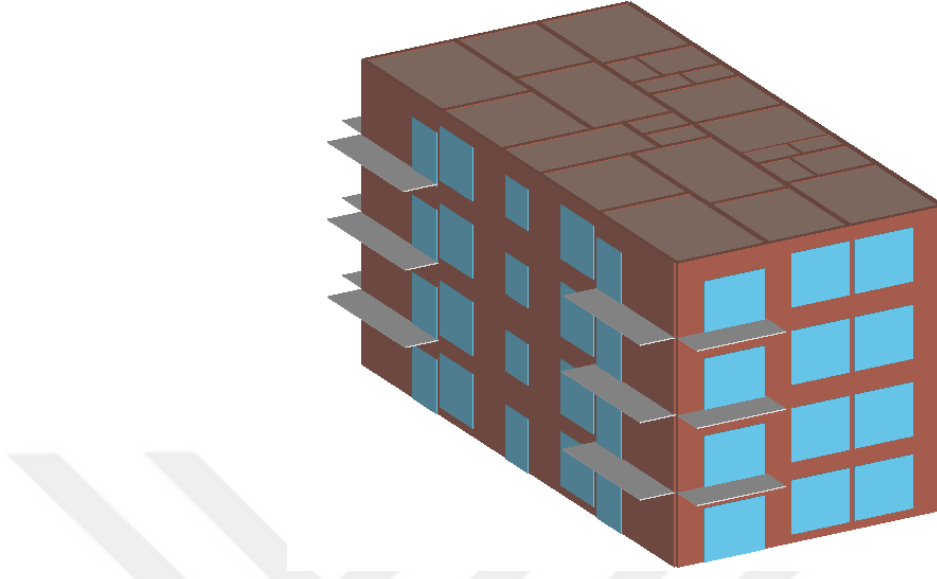
Çizelge 4.7. Serbest titreşim kayıtlarına ve analitik modele göre hakim titreşim periyotları

	Test Ortalama		Analitik Çözüm		Açıklama
	w (Hz)	T (s)	w (Hz)	T (s)	
1. Hakim Periyot	3.50	0.29			Burulma
2. Hakim Periyot	4.50	0.22	4.57	0.22	K-G yönünde
3. Hakim Periyot	6.19	0.16	5.44	0.18	D-B yönünde



Şekil 4.14. Mıntıka 2 P 811 binası kat planı 3MURI modeli

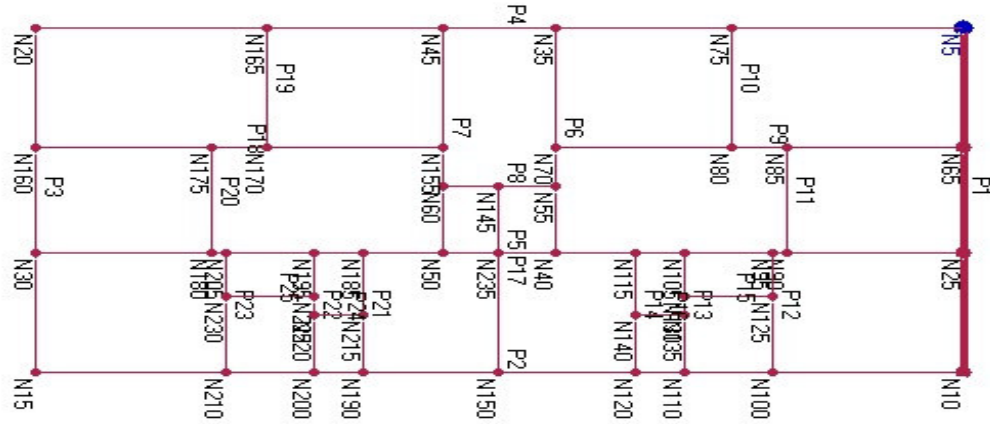
Mıntıka 2 P 811 no.'lu yığma yapıya ait bina ve malzeme özelliklerini tanımladıktan sonra yapıya ait diğer tüm elemanlar (balkonlar, pencere, kapı vb.) belirtilmiştir. 3MURI adlı programda bu parametrelerin yerleri işaretlenip ölçüleri belirlenerek yapının geometrisi yerleştirilmiş, binaya ait yapısal nesnelere eklenerek yapı tanımlanmıştır.



Şekil 4.15. Mıntıka 2 P 811 binasının 3MURI programındaki 3 boyutlu görünümü

Mıntıka 2 P 811 binasında tanımlanan duvarlar 'P' harfi ile gösterilmiştir. Örneğin; P4 no.'lu duvar tüm aks boyunca tanımlanmış ve yapıdaki mevcut boşluklar açılarak istenilen şekle getirilmiştir.

Böylece program Mıntıka 2 P 811 no.'lu binanın duvarlarını P1'den, P23'e kadar numaralandırmıştır.

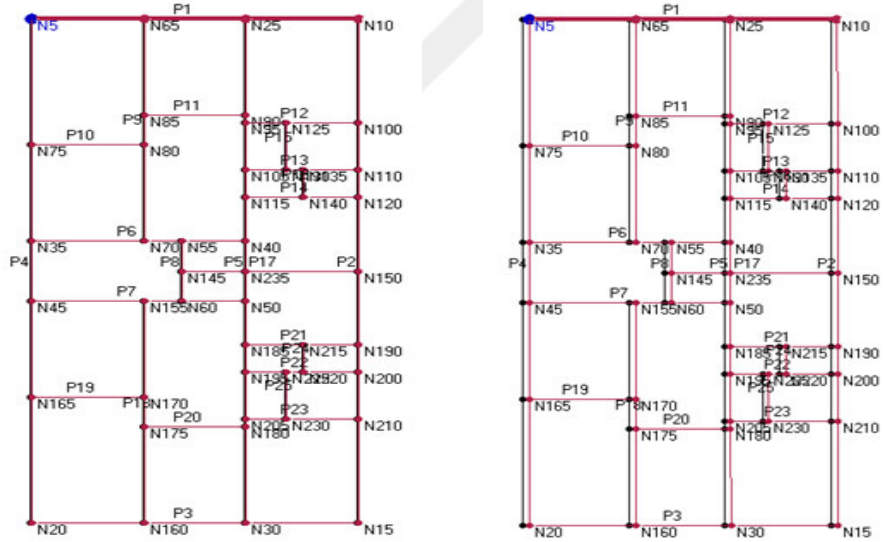


Şekil 4. 16. Mıntıka 2 P811 binasına ait duvar numaralandırılması

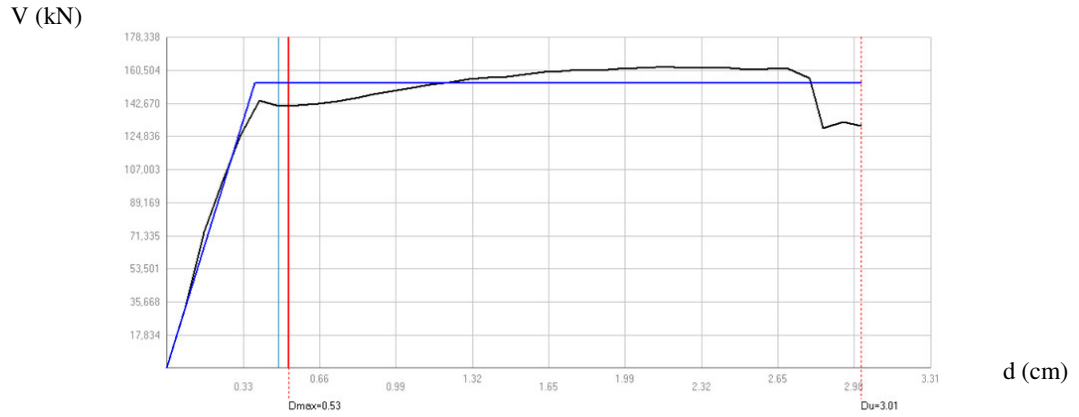
Çalışmamızda binaları analiz ettiğimiz 3MURI adlı programda binaya +X yönündeki deprem kuvveti etki ettirilmiştir.



Şekil 4.17. Mintika 2 P 811 binası 1 no'lu duvarın +X yönü performans ve göçme noktasındaki hasar seviyeleri ve kırılma türleri



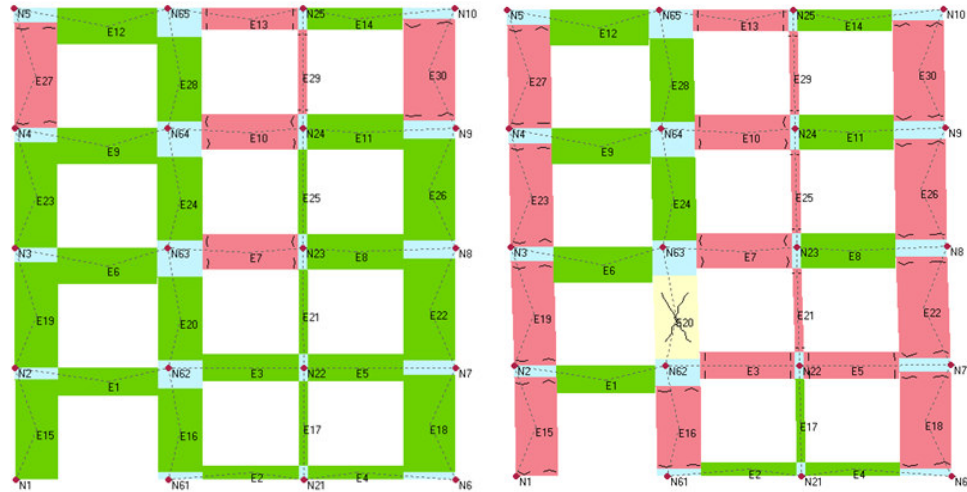
Şekil 4.18. Mintika 2 P 811 binası 1 no'lu duvarın +X yönü performans ve göçme noktasında ortalama deplasmanlar



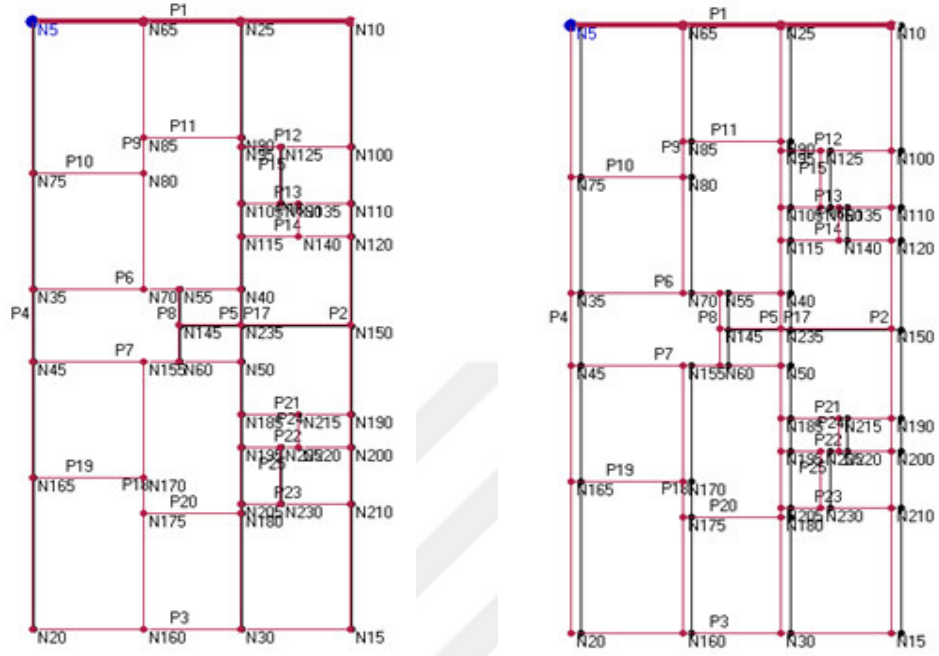
Şekil 4.19. Mıntıka 2 P 811 binası +X yönü pushover eğrisi

Pushover eğrisi ile deprem yükleri altında davranış izlenmiştir. Böylece yapının zayıf elemanları ve yerleri, varsa kısmi veya toptan göçme mekanizması durumları, elemanlara ait tüm deformasyon talepleri belirlenmiştir.

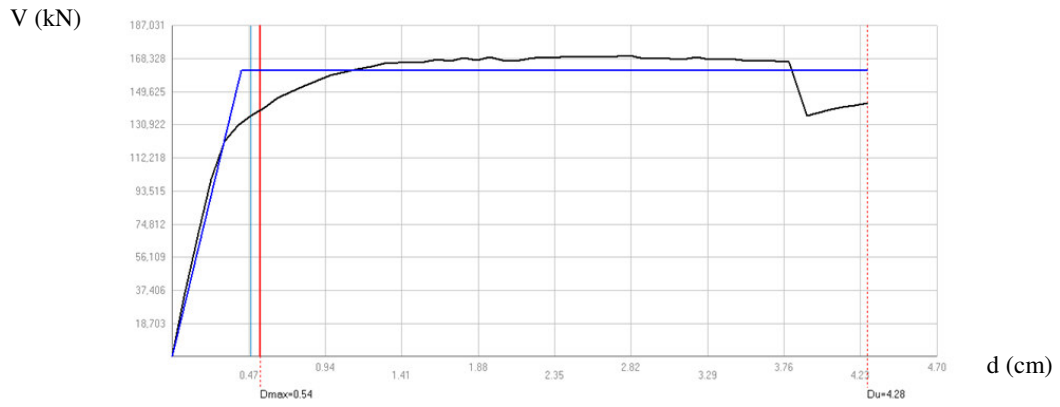
Binaya -X yönündeki deprem kuvveti etki ettirilmiştir.



Şekil 4.20. Mıntıka 2 P 811 binası 1 no'lu duvarın -X yönü performans ve göçme noktasındaki hasar seviyeleri ve kırılma türleri



Şekil 4.21. Mıntıka 2 P 811 binası 1 no'lu duvarın -X yönü performans ve göçme noktasında ortalama deplasmanlar

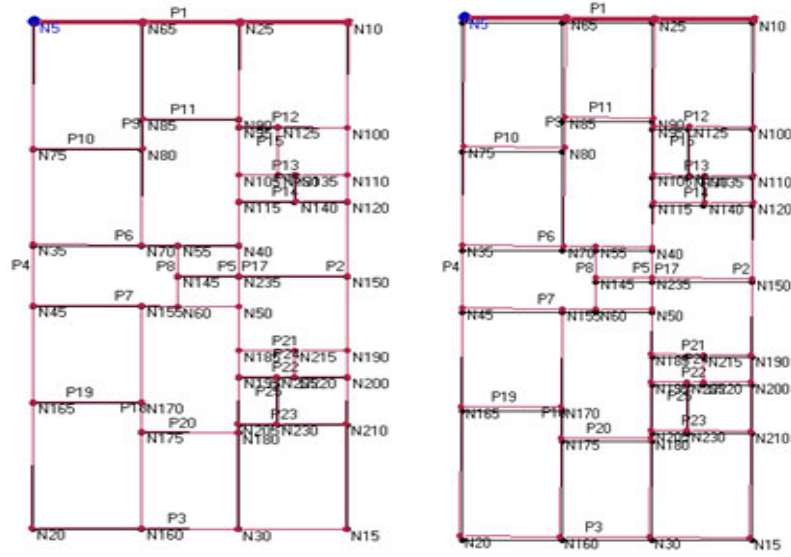


Şekil 4.22. Mıntıka 2 P 811 binası -X yönü pushover eğrisi

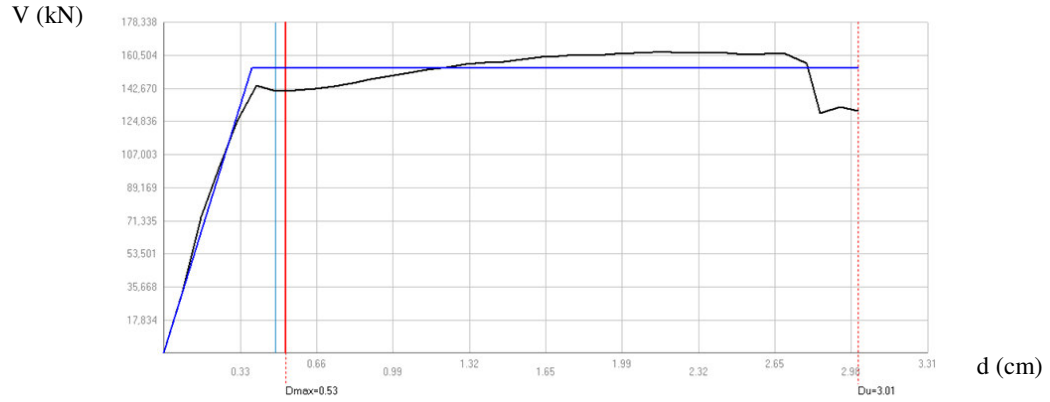
Binaya +Y yönündeki deprem kuvveti etki ettirilmiştir.



Şekil 4.23. Mıntıka 2 P 811 binası 1 no'lu duvarın +Y yönü performans ve göçme noktasında hasar seviyeleri ve kırılma türleri

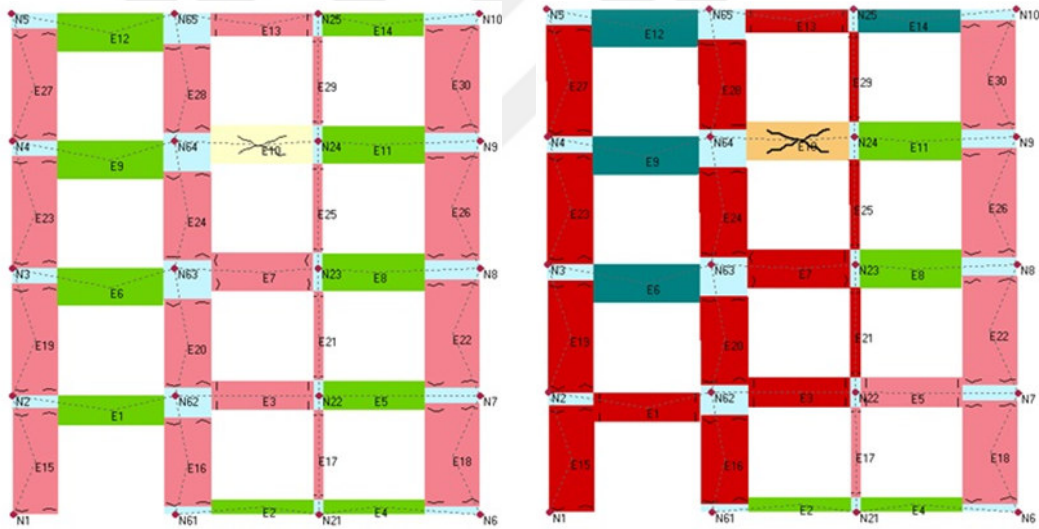


Şekil 4.24. Mıntıka 2 P 811 binası 1 no'lu duvarın +Y yönü performans ve göçme noktasında ortalama deplasmanlar

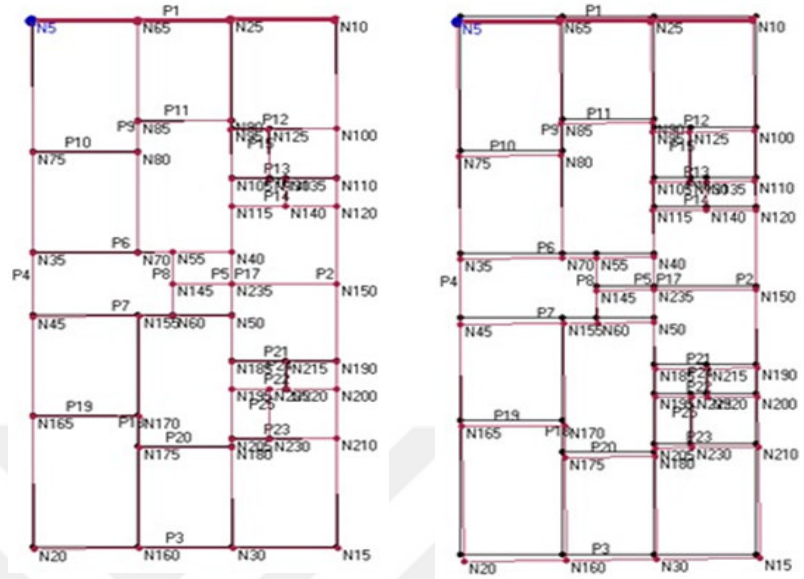


Şekil 4.25. Mıntuka 2 P 811 binası +Y yönü pushover eğrisi

Binaya -Y yönündeki deprem kuvveti etki ettirilmiştir.



Şekil 4.26. Mıntuka 2 P 811 binası 1 no'lu duvarın -Y yönü performans ve göçme noktasında hasar seviyeleri ve kırılma türleri



Şekil 4.27. Mıntıka 2 P 811 binası 1 no'lu duvarın -Y yönü performans ve göçme noktasındaki ortalama deplasmanlar

Çizelge 4.8. Mıntıka 2 P 811 binasını duvarlarında performans noktasında meydana gelen hasar yüzdeleri

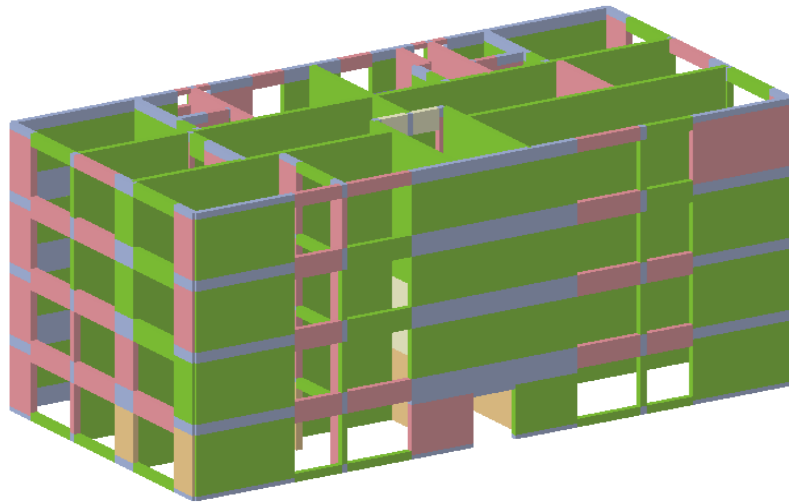
+X yönü		-X yönü		+Y yönü		-Y yönü	
Duvar	Yığma %	Duvar	Yığma %	Duvar	Yığma %	Duvar	Yığma %
1	0.00	1	0.00	1	10.64	1	0.00
2	0.16	2	0.00	2	0.00	2	0.00
3	0.00	3	0.00	3	0.00	3	0.00
4	0.00	4	2.00	4	3.14	4	4.34
5	0.00	5	0.00	5	0.90	5	0.90
6	0.00	6	0.00	6	0.00	6	0.00
7	0.00	7	0.00	7	0.00	7	0.00
8	7.86	8	9.21	8	0.00	8	0.00
9	1.99	9	5.1	9	0.00	9	0.00
10	0.00	10	0.00	10	0.00	10	0.00
11	0.00	11	0.00	11	0.00	11	0.00
12	7.97	12	10.78	12	0.00	12	0.00
13	0.00	13	0.00	13	0.00	13	0.00
14	5.55	14	36.62	14	0.00	14	0.00
15	0.00	15	0.00	15	0.00	15	0.00
16	0.00	16	0.00	16	0.00	16	0.00
17	7.86	17	9.21	17	0.00	17	0.00
18	3.98	18	5.1	18	0.00	18	0.00
19	0.00	19	0.00	19	0.00	19	0.00
20	0.00	20	0.00	20	0.00	20	0.00
21	7.97	21	10.78	21	0.00	21	0.00
22	0.00	22	0.00	22	0.00	22	0.00
23	0.00	23	0.00	23	0.00	23	0.00
24	0.00	24	0.00	24	0.00	24	0.00

Çizelge 4.9. Mıntıka 2 P 811 binasını duvarlarında göçme noktasında meydana gelen hasar yüzdeleri

+X yönü		-X yönü		+Y yönü		-Y yönü	
Duvar	Yığma %	Duvar	Yığma %	Duvar	Yığma %	Duvar	Yığma %
1	35.39	1	42.04	1	65.86	1	23.4
2	0.16	2	7.44	2	9.58	2	23.92
3	40.6	3	49.73	3	23.82	3	73.97
4	2.30	4	4.94	4	12.59	4	36.59
5	2.71	5	0.00	5	3.61	5	3.61
6	0.00	6	7.9	6	7.47	6	7.82
7	41.43	7	50.7	7	0.00	7	0.00
8	37.8	8	31.91	8	17.06	8	9.21
9	30.98	9	36.08	9	7.97	9	7.38
10	25.0	10	25.0	10	0.00	10	0.00
11	0.00	11	0.00	11	0.00	11	14.55
12	30.98	12	36.08	12	5.98	12	14.77
13	25.0	13	25.0	13	0.00	13	0.00
14	80.55	14	51.05	14	0.00	14	11.1
15	25.0	15	25.0	15	0.00	15	0.00
16	25.0	16	25.0	16	0.00	16	0.00
17	37.8	17	31.91	17	9.21	17	17.06
18	30.98	18	36.08	18	7.38	18	9.67
19	25.0	19	25.0	19	0.00	19	0.00
20	0.00	20	0.00	20	14.55	20	0.00
21	30.98	21	36.08	21	14.77	21	7.97
22	0.00	22	0.00	22	0.00	22	0.00
23	0.00	23	0.00	23	0.00	23	0.00
24	41.43	24	50.7	24	0.00	24	0.00

Çizelge 4.10. Mıntıka 2 P 811 binası duvarlarının performans noktasındaki performans seviyeleri

+X Yönü		-X Yönü		+Y önü		-Y Yönü	
Duvar	Hasar	Duvar	Hasar	Duvar	Hasar	Duvar	Hasar
1	MH	1	MH	1	BH	1	MH
2	İH	2	İH	2	BH	2	BH
3	MH	3	MH	3	BH	3	MH
4	İH	4	İH	4	BH	4	BH
5	BH	5	BH	5	BH	5	MH
6	İH	6	İH	6	BH	6	BH
7	BH	7	BH	7	MH	7	MH
8	BH	8	BH	8	MH	8	MH
9	BH	9	BH	9	MH	9	MH
10	BH	10	BH	10	MH	10	MH
11	BH	11	BH	11	MH	11	MH
12	BH	12	BH	12	MH	12	MH
13	MH	13	BH	13	MH	13	MH
14	MH	14	MH	14	MH	14	MH
15	MH	15	BH	15	MH	15	MH
16	MH	16	BH	16	MH	16	MH
17	MH	17	MH	17	MH	17	MH
18	BH	18	BH	18	MH	18	MH
19	BH	19	BH	19	MH	19	MH
20	BH	20	BH	20	MH	20	MH
21	BH	21	BH	21	MH	21	MH
22	BH	22	BH	22	MH	22	MH
23	BH	23	BH	23	MH	23	MH
24	BH	24	BH	24	MH	24	MH



Şekil 4.28. Mıntıka 2 P 811 binası hasar sonrası 3 boyutlu görünümü

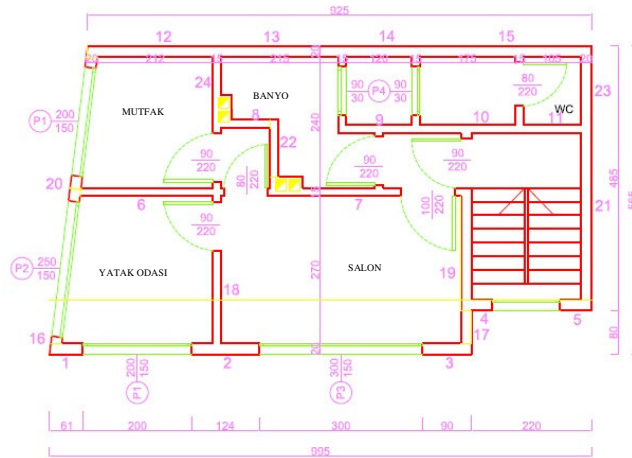
4.2.2. Mıntıka 4 P 839 Binası

4.2.2.1. Mıntıka 4 P 839 Binası Analitik Model ile Dinamik Parametrelerinin Elde Edilmesi

Bina Adı	Tarih	Fotoğraf
Mıntıka 4 P 839 Binası	01.12.2012	
Açıklamalar: Bu bina, Antakya'daki bulunan yığma yapılar içerisinde genel olarak aynı karakteristik özelliklere sahiptir. Binanın her katında iki daire bulunmaktadır. Simetriklik yoktur. Binaya ait sensör yerleştirme planı Şekil 4.32.'de verilmiştir.		

Şekil 4.29. Mıntıka 4 Parsel 839'da bulunan bina

Binanın dinamik özelliklerinin tespiti için MASS1 ve MASS2 programları kullanılmıştır. Binanın modeli oluşturulurken, duvarlar aşağıdaki şekilde numaralandırılmıştır.



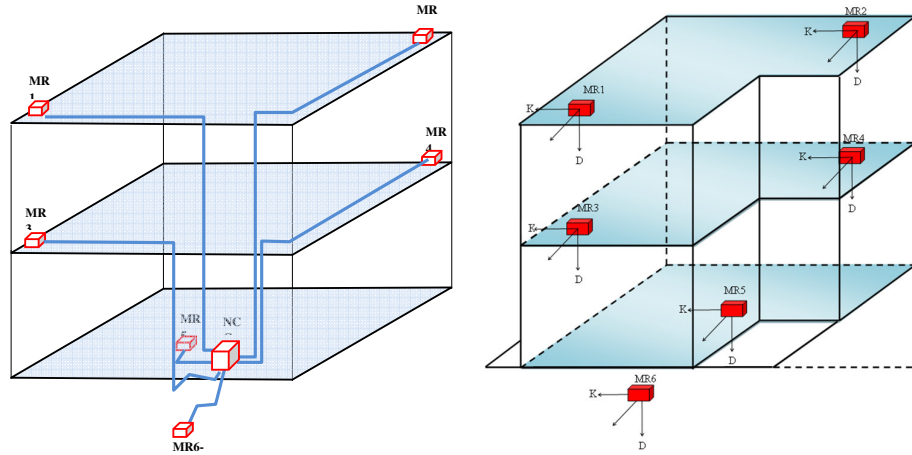
Şekil 4.30. Bina Kat Planı

4.2.2.2. Mıntıka 4 P 839 Nolu Binasından Alınan Titreşim Kayıtları ile Dinamik Parametrelerinin Elde Edilmesi

Mıntıka 4 P 839 binası için genel bilgiler Çizelge 4.3.'te verilmiştir. Sensör yerleşim planı ve 3 boyutlu modeli Şekil 4.32.'de verilmektedir. Elde edilen titreşim periyotları Çizelge 4.11'de sunulmuştur.



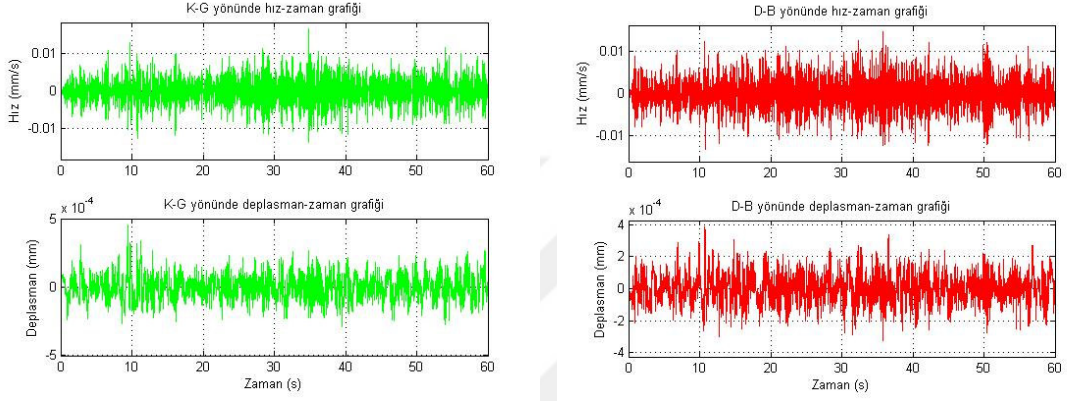
Şekil 4.31. Mıntıka 4 Parsel 839'da bulunan bina ve kayıt alma işlemi



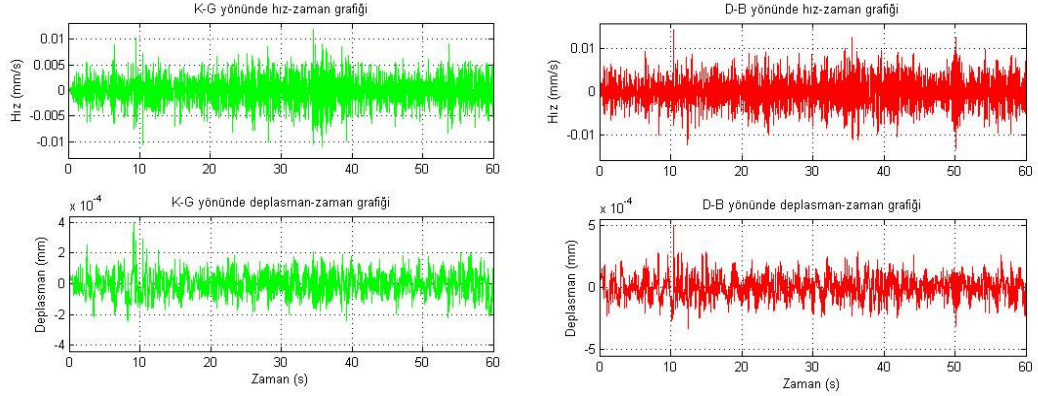
Şekil 4.32. Mıntıka 4 Parsel 839'da binaya yerleştirilen hızölçer sisteminin şeması ve sensörlerin yönleri

Yerleştirilmiş hız ölçerlerden alınan kayıtlardan örnek kayıtlar MR1 sensörü için

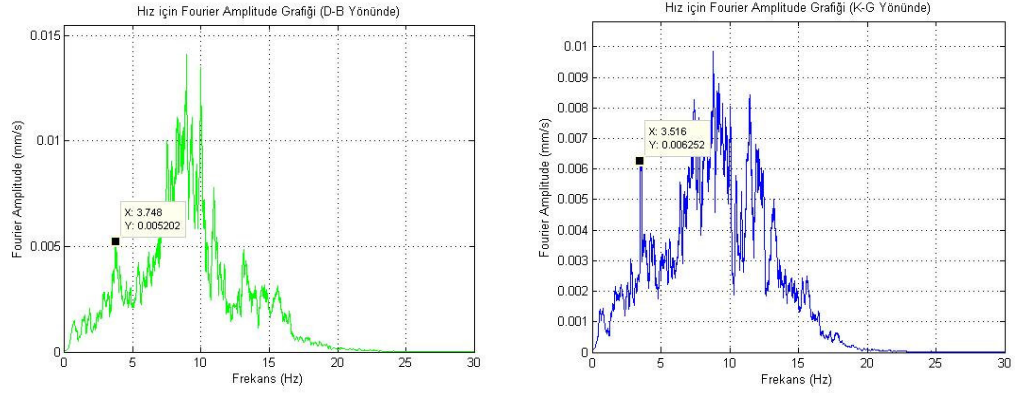
Şekil 4.33'de, MR2 için ise Şekil 4.34.'de verilmiştir. Bina nın hakim titreşim periyodunun bulunması için bu ortam kayıtlarının Fourier Amplitude grafikleri çizilmiştir (Şekil 4.35, 4.36). Bütün kayıtlar (45 dk) analiz edilerek ortalamalarından hakim periyotlar tespit edilmiştir. Elde edilen periyotlar MR1 ve MR2 sensörlerinin ortalaması olarak Çizelge 4.11'de verilmiştir.



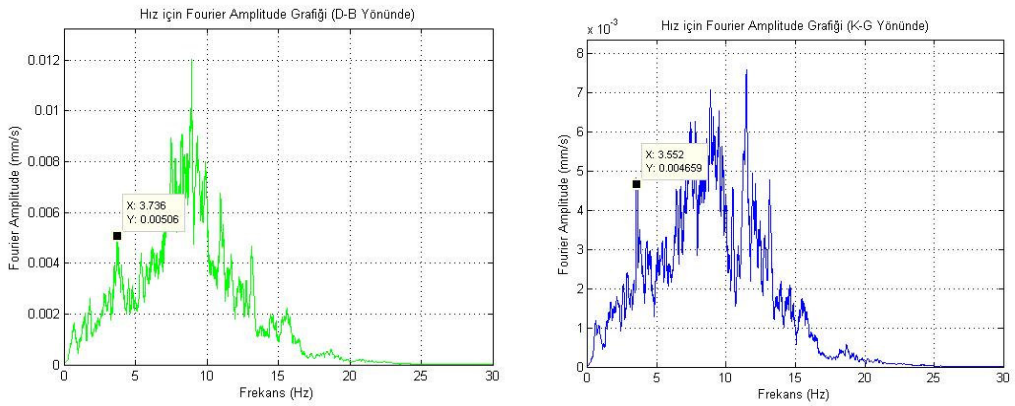
Şekil 4.33. MR1 Hız ölçer sensörünün Doğu-Batı ve Kuzey-Güney yönlerindeki hız ve deplasman kayıtları



Şekil 4.34. MR2 Hız ölçer sensörünün Doğu-Batı ve Kuzey-Güney yönlerindeki hız ve deplasman kayıtları



Şekil 4.35. MR1 Hız ölçer sensörünün Doğu-Batı ve Kuzey-Güney yönlerindeki hız Fourier Amplitude Spektrumu

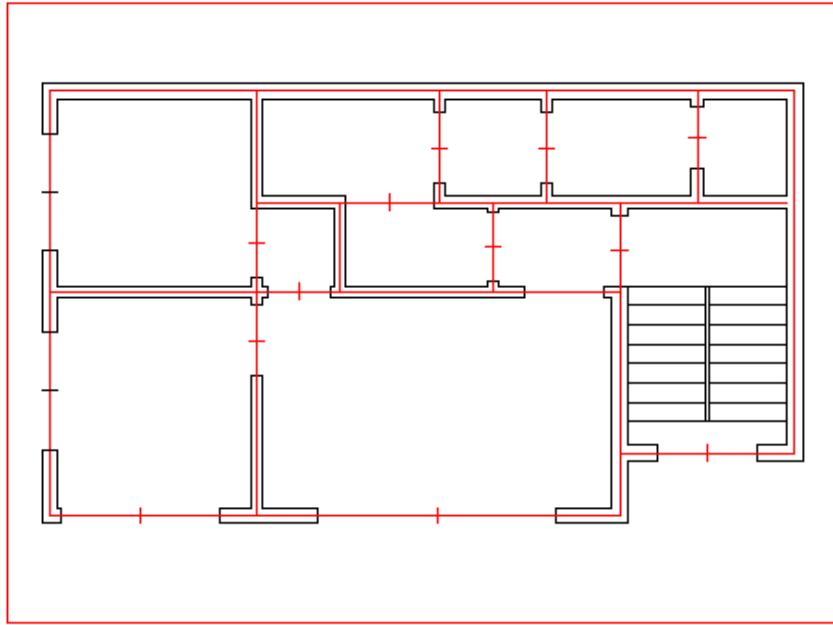


Şekil 4.36. MR2 Hız ölçer sensörünün Doğu-Batı ve Kuzey-Güney yönlerindeki hız Fourier Amplitude Spektrumu

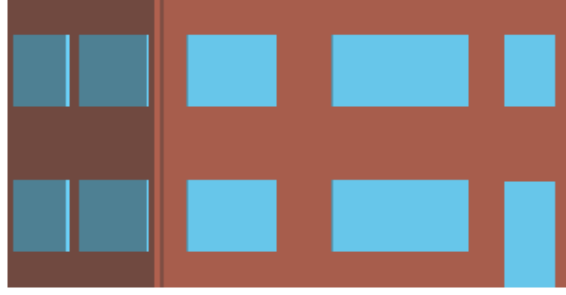
4.2.2.3 Mıntıka 4 P 839 Nolu Binanın Analitik Model Analiz Sonucu ile Deneysel Titreşim Kayıtları Sonuçlarının Karşılaştırılması

Çizelge 4.11. Serbest titreşim kayıtlarına ve analitik modele göre hakim titreşim periyotları

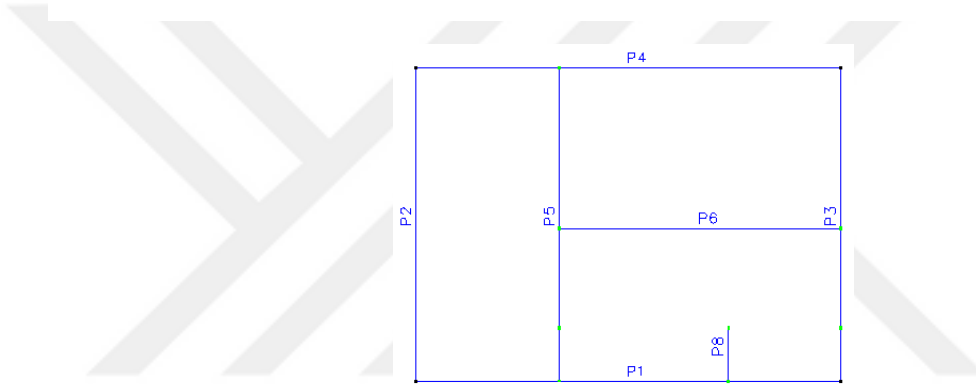
	Test Ortalama		Analitik Çözüm		Açıklama
	w (Hz)	T (s)	w (Hz)	T (s)	
1. Hakim Periyot	3.76	0.27	3.86	0.26	K-G yönünde
2. Hakim Periyot	3.76	0.27	3.57	0.28	D-B yönünde



Şekil 4.37. Mıntıka 4 P 839 Binası Kat planı 3MURİ modeli

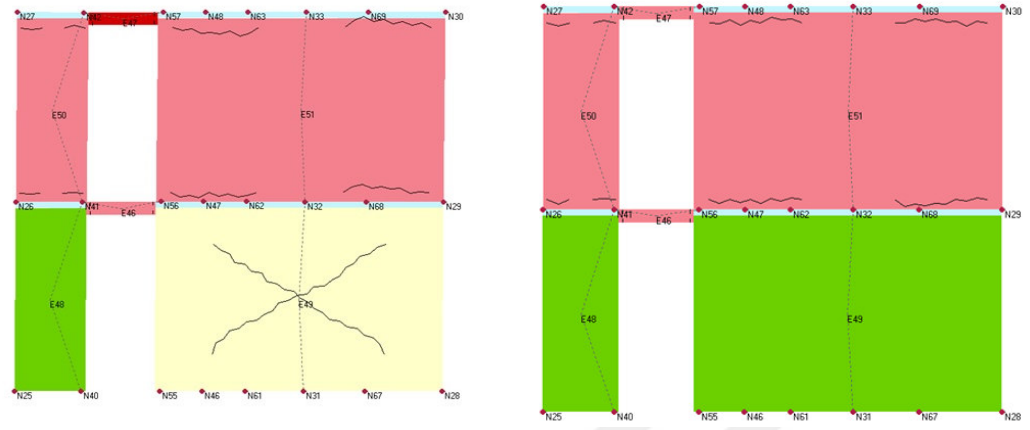


Şekil 4.38. Mıntika 4 P 839 binasının 3 MURİ Programındaki 3 boyutlu görünümü

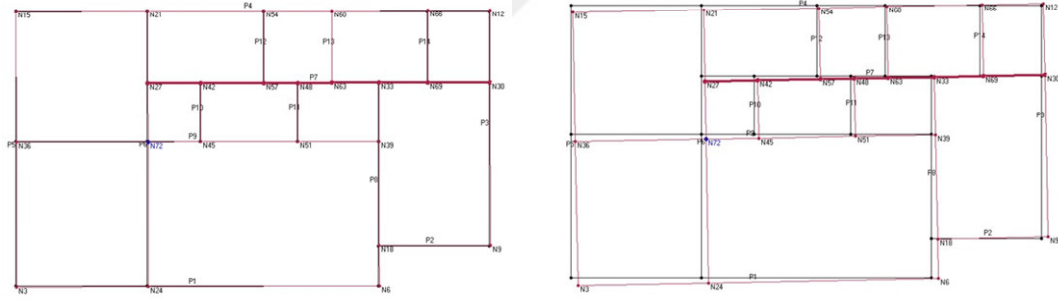


Şekil 4.39. Mıntika 4 P 839 binası duvar numaralandırılması

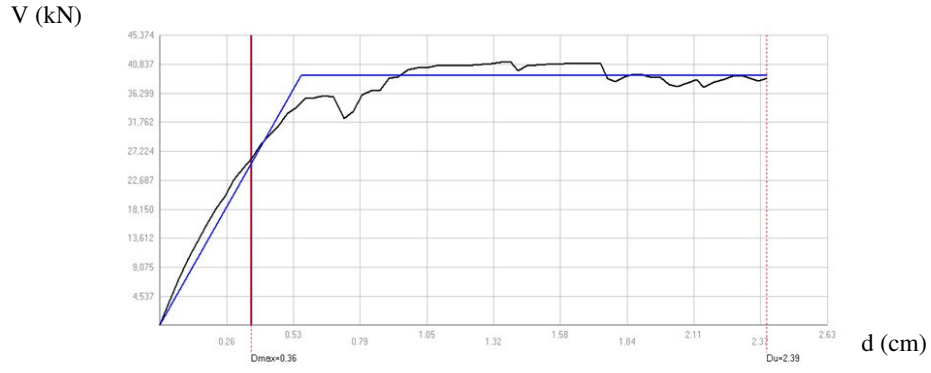
Çalışmamızda binaları analiz ettiğimiz 3 MURİ adlı programda binaya +X yönündeki deprem kuvveti etki ettirilmiştir.



Şekil 4.40. Mıntıka 4 P 839 binası 7 no'lu duvarın +X yönü performans ve göçme noktasındaki hasar seviyeleri ve kırılma türleri

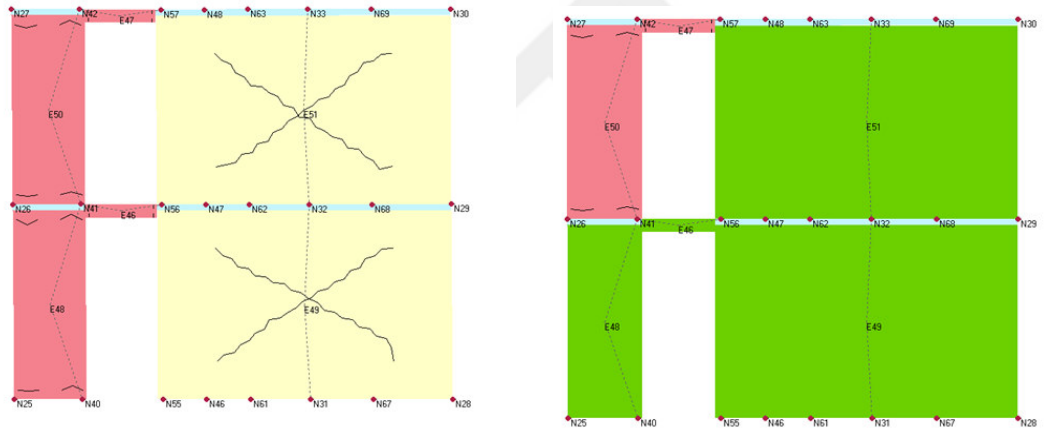


Şekil 4.41. Mıntıka 4 P 839 binası 7 no'lu duvarın +X yönü performans ve göçme noktasındaki ortalama deplasmanlar

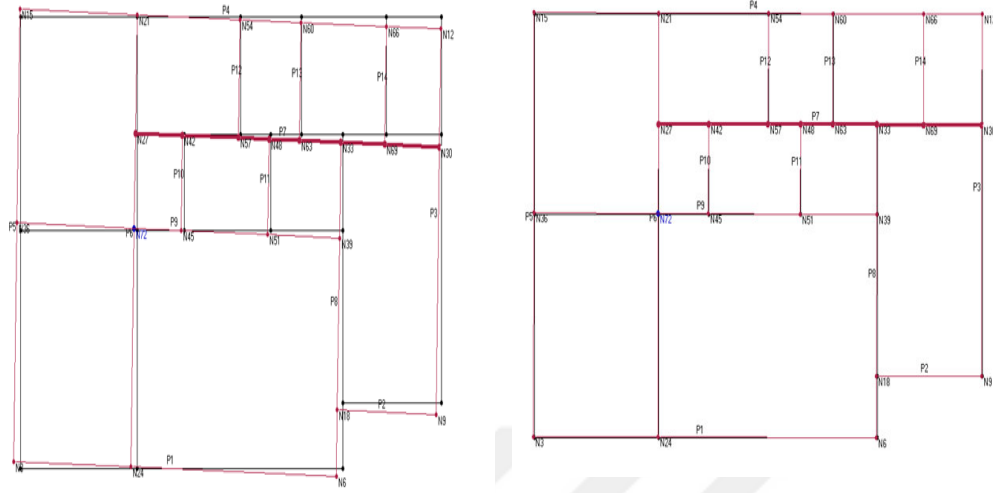


Şekil 4.42 Mıntıka 4 P 839 binası +X yönü pushover eğrisi

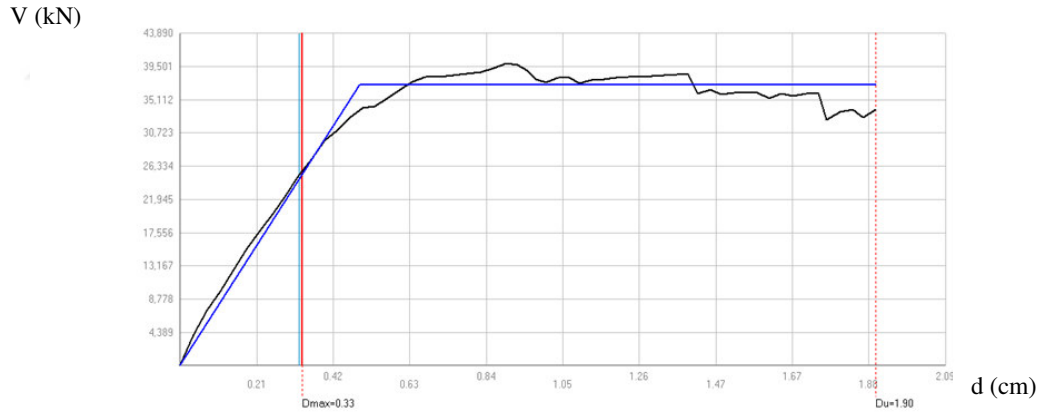
Binaya -X yönündeki deprem kuvveti etki ettirilmiştir.



Şekil 4.43. Mıntıka 4 P 839 binası 7 no'lu duvarın -X yönü performans ve göçme noktasındaki hasar seviyeleri ve kırılma türleri

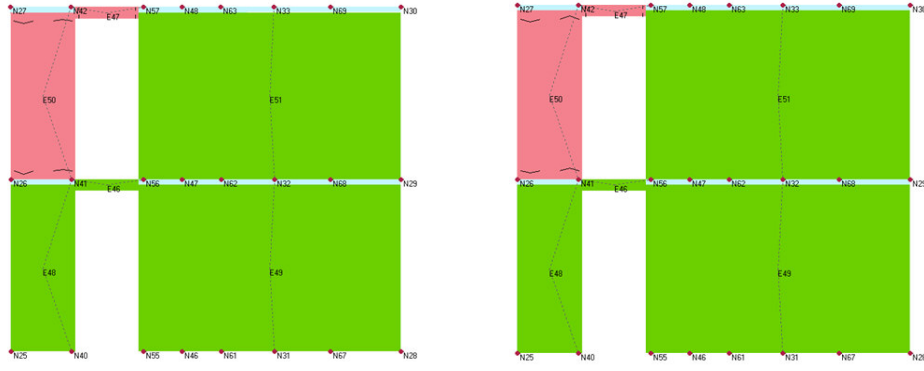


Şekil 4.44. Mıntıka 4 P 839 binası 7 no'lu duvarın -X yönü performans ve göçme noktasındaki ortalama deplasmanlar

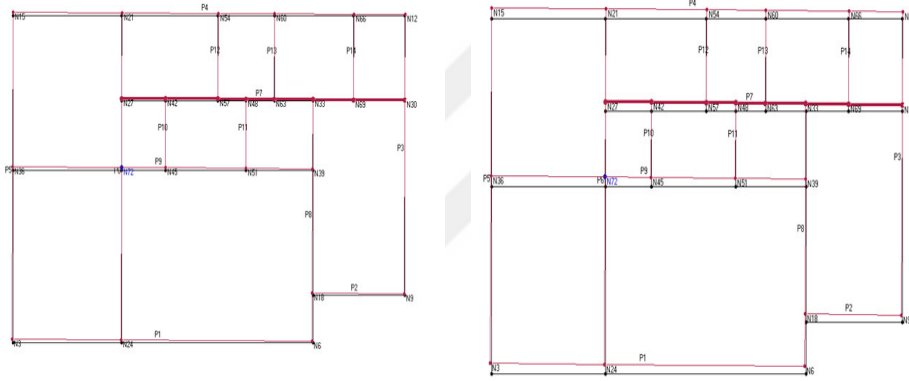


Şekil 4.45. Mıntıka 4 P 839 binası -X yönü pushover eğrisi

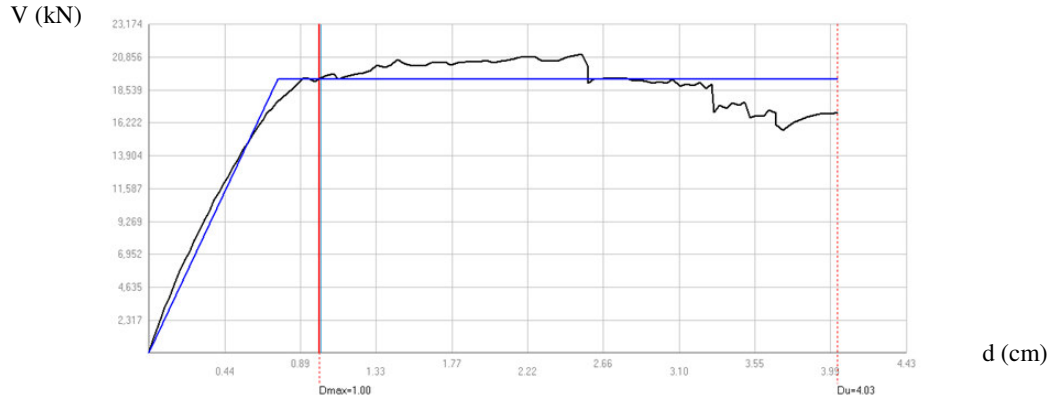
Binaya +Y yönündeki deprem kuvveti etki ettirilmiştir.



Şekil 4.46. Mıntıka 4 P 839 binası 7 no'lu duvarın +Y yönü performans ve göçme noktasındaki hasar seviyeleri ve kırılma türleri

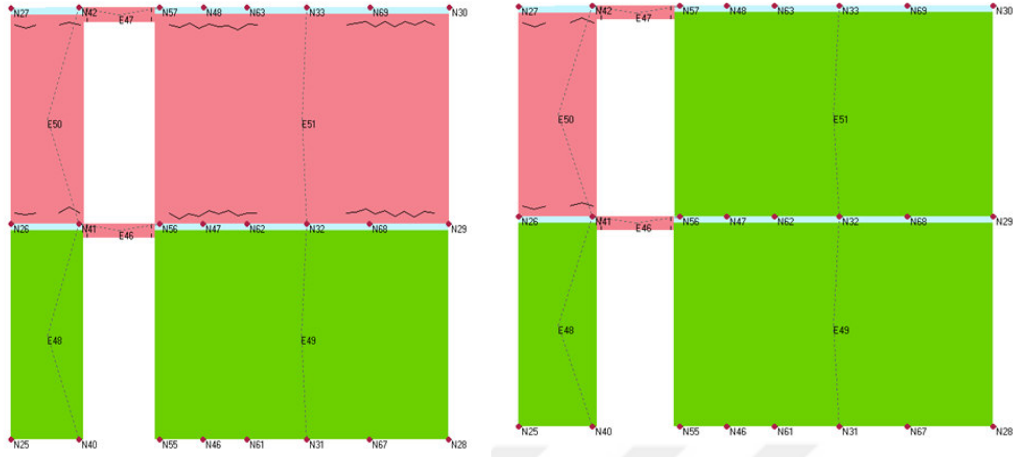


Şekil 4.47. Mıntıka 4 P 839 binası 7 no'lu duvarın +Y yönü performans ve göçme noktasında ortalama deplasmanlar

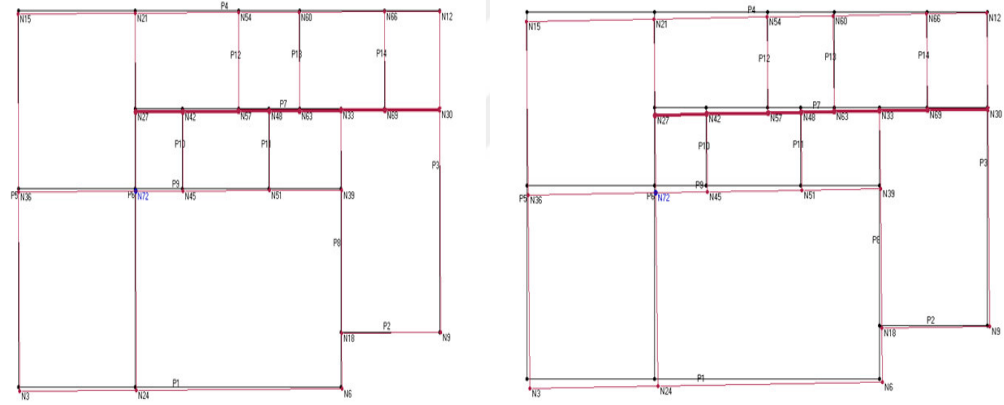


Şekil 4.48. Mıntıka 4 P 839 binası +Y yönü pushover eğrisi

Binaya -Y yönündeki deprem kuvveti etki ettirilmiştir.

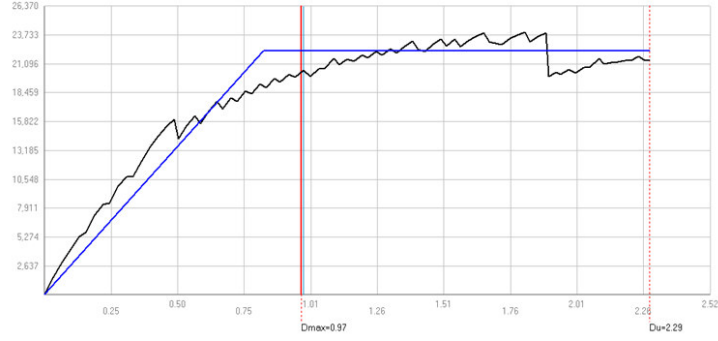


Şekil 4.49. Mıntıka 4 P 839 binası 7 no'lu duvarın -Y yönü performans ve göçme noktasında hasar seviyeleri ve kırılma



Şekil 4.50. Mıntıka 4 P 839 binası 7 no'lu duvarın -Y yönü performans ve göçme noktasında ortalama deplasmanlar

V (kN)



d (cm)

Şekil 4.51. Mıntıka 4 P 839 binası 7 no'lu duvarın -Y yönü pushover eğri

Çizelge 4.12. Mıntıka 4 P 839 binasını duvarlarında performans noktasında meydana gelen hasar yüzdeleri

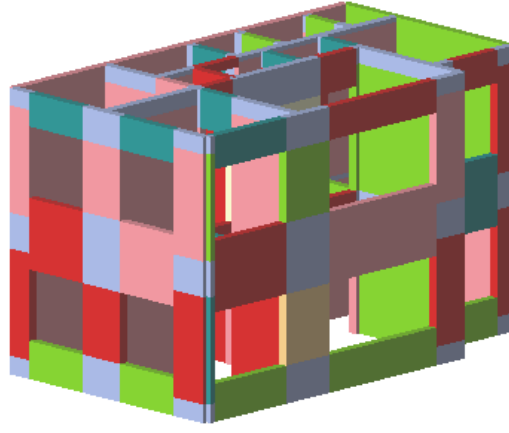
+X yönü		-X yönü		+Y yönü		-Y yönü	
Duvar	Yığılma %	Duvar	Yığılma %	Duvar	Yığılma %	Duvar	Yığılma %
1	0.00	1	0.00	1	0.00	1	0.00
2	0.00	2	0.00	2	0.00	2	0.00
3	0.00	3	0.00	3	0.00	3	0.00
4	0.00	4	0.00	4	0.00	4	0.00
5	0.00	5	0.00	5	0.00	5	0.00
6	0.00	6	0.00	6	0.00	6	0.00
7	0.00	7	0.00	7	0.00	7	0.00
8	0.00	8	0.00	8	2.58	8	0.00
9	0.00	9	0.00	9	0.00	9	0.00
10	0.00	10	0.00	10	0.00	10	0.00
11	0.00	11	0.00	11	0.00	11	0.00
12	0.00	12	0.00	12	0.00	12	0.00
13	0.00	13	0.00	13	0.00	13	0.00
14	0.00	14	0.00	14	0.00	14	0.00

Çizelge 4.13. Mıntıka P 839 binasını duvarlarında göçme noktasında meydana gelen hasar yüzdeleri

+X yönü		-X yönü		+Y yönü		-Y yönü	
Duvar	Yığma %	Duvar	Yığma %	Duvar	Yığma %	Duvar	Yığma %
1	45.64	1	69.51	1	62.0	1	6.1
2	87.54	2	74.22	2	37.54	2	0.00
3	0.00	3	50.0	3	0.00	3	0.00
4	0.00	4	0.00	4	0.00	4	0.00
5	49.19	5	44.38	5	57.73	5	44.38
6	50.0	6	3.27	6	27.98	6	21.79
7	1.32	7	0.00	7	0.00	7	0.00
8	6.56	8	56.56	8	9.14	8	3.98
9	9.85	9	4.38	9	0.00	9	0.00
10	100	10	0.00	10	0.00	10	50.0
11	100	11	100	11	75.99	11	75.99
12	25.17	12	12.03	12	25.17	12	5.46
13	0.00	13	25.48	13	18.6	13	0.00
14	0.00	14	100	14	0.00	14	39.34

Çizelge 4.14. Mıntıka 4 P 839 binası duvarlarının performans noktasındaki performans seviyeleri

+ X Yönü		- X Yönü		+ Y Yönü		- Y Yönü	
Duvar	Hasar	Duvar	Hasar	Duvar	Hasar	Duvar	Hasar
1	MH	1	BH	1	BH	1	MH
2	MH	2	MH	2	MH	2	MH
3	MH	3	BH	3	BH	3	MH
4	MH	4	MH	4	MH	4	MH
5	MH	5	MH	5	MH	5	MH
6	BH	6	MH	6	BH	6	BH
7	MH	7	MH	7	MH	7	MH
8	MH	8	MH	8	BH	8	MH
9	MH	9	MH	9	MH	9	MH
10	BH	10	MH	10	BH	10	BH
11	MH	11	MH	11	MH	11	MH
12	MH	12	MH	12	MH	12	MH
13	MH	13	MH	13	MH	13	MH
14	MH	14	MH	14	MH	14	MH



Şekil 4.52. Mıntıka 4 P 839 binası hasar sonrası 3 boyutlu görünümü

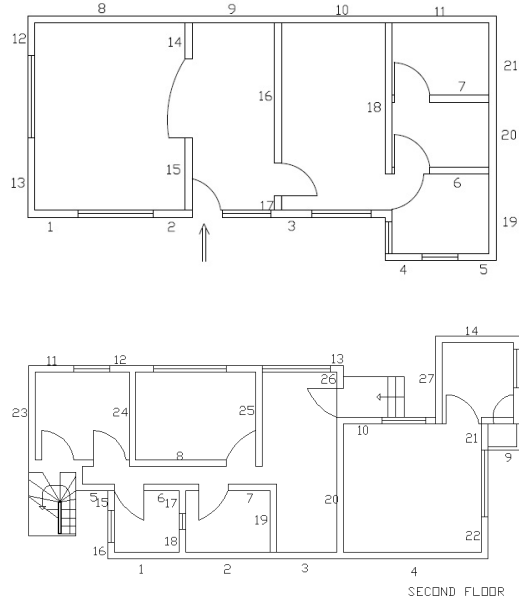
4.2.3. Mıntıka 4 P 2578 Binası

4.2.3.1. Mıntıka 4 P 2578 Binası Analitik Model ile Dinamik Parametrelerinin Elde Edilmesi

Bina Adı	Tarih	Fotoğraf
Mıntıka 4 P 2578 Binası	07.12.2012	
<p>Açıklamalar: Bu bina, Antakya'daki bulunan yığma yapılar içerisinde genel olarak aynı karakteristik özelliklere sahiptir. Binanın her katında iki daire bulunmaktadır. Simetriklik yoktur. Binaya ait sensör yerleştirme planı Şekil 4.56.'da verilmiştir.</p>		

Şekil 4.53. Mıntıka 4 Parsel 2578'de bulunan bina

Binanın dinamik özelliklerinin tespiti için MASS1 ve MASS2 programları kullanılmıştır. Binanın modeli oluşturulurken, duvarlar aşağıdaki şekilde numaralandırılmıştır.



Şekil 4.54. MASS Modeli için numaralandırılmış duvarlar

MASS1' de modelin analizi yapılıncaya binaya ait parametreler elde edilmiştir. (Çizelge 4.15.)

Çizelge 4.15. Modal Analiz Sonuçları

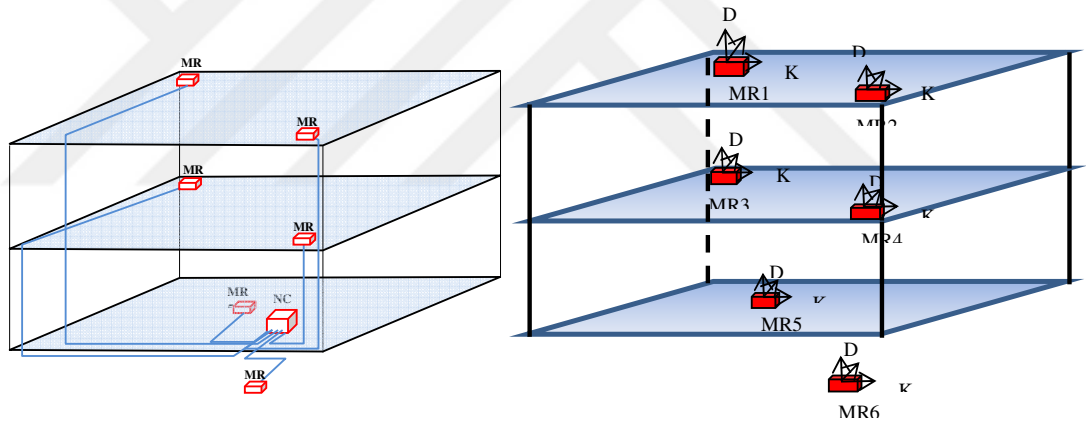
Mod	Frekans (Hz)	T (s)	Sönüm Katsayısı
1	7.970	0.12547	10.360
2	8.340	0.11990	10.850
3	9.110	0.110	11.860

4.2.3.2. Mıntıka 4 P 2578 Nolu Binasından Alınan Titreşim Kayıtları ile Dinamik Parametrelerinin Elde Edilmesi

Mıntıka 4 P 2578 binası için genel bilgiler Çizelge 4.3.' te verilmiştir. Sensör yerleşim planı ve 3 boyutlu modeli Şekil 4.54.'de verilmektedir. Elde edilen titreşim periyotları Çizelge 4.16.' da sunulmuştur.

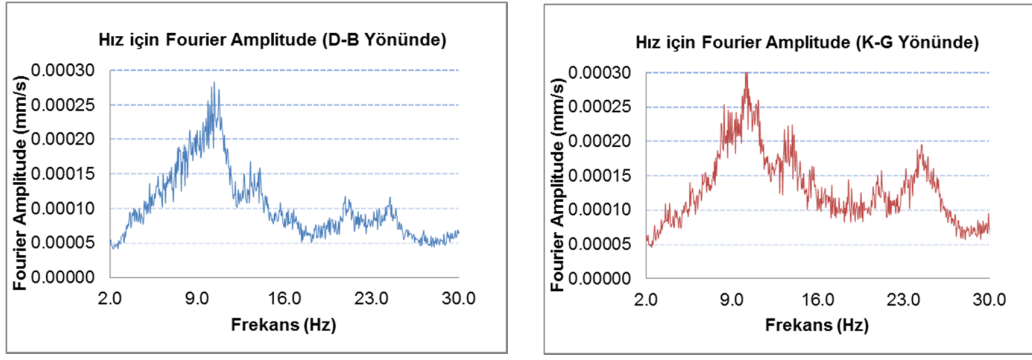


Şekil 4.55. Mıntıka 4, Parsel 2578’de bulunan bina ve kayıt alma işlemi



Şekil 4.56. Mıntıka 4 Parsel 2578’deki binaya yerleştirilen hızölçer sisteminin şeması ve sensörlerin yönleri

Yerleştirilmiş hız ölçerlerden alınan kayıtlardan örnek kayıtlar MR1 Sensörü için Şekil 4.57’ de verilmiştir. Binanın hakim titreşim periyodunun bulunması için bu ortam kayıtlarının Fourier Amplitude grafikleri çizilmiştir (Şekil 4.57.). Bütün kayıtlar (45 dk) analiz edilerek ortalamalarından hakim titreşim periyotları tespit edilmiştir. Elde edilen periyotlar MR1 ve MR2 sensörlerinin ortalaması olarak Çizelge 4.16.’da verilmiştir.



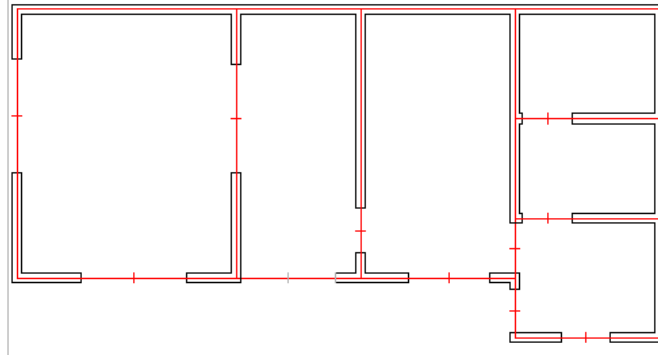
Şekil 4. 57. MR1 Hız ölçer sensörünün Doğu-Batı ve Kuzey-Güney yönlerindeki hız Fourier Amplitude Spektrum

4.2.3.3. Mıntıka 4 P 2578 Nolu Binanın Analitik Model Analiz Sonucu ile Deneysel Titreşim Kayıtları Sonuçlarının Karşılaştırılması

Analitik model analiz sonucu ile deneysel titreşim kayıtları sonuçlarının karşılaştırılması Çizelge 4.16.' da verilmiştir. Bu şekilde model kalibrasyonları yapılan bina verileri Mass' te tanımlanarak elde edilen sonuç ile binaya yerleştirilen sensörler üzerinden bulunan sonuçların birbirinden farklılığı belirtilmiştir (Çizelge 4.16.).

Çizelge 4.16. Serbest titreşim kayıtlarına ve analitik modele göre hakim titreşim periyotları

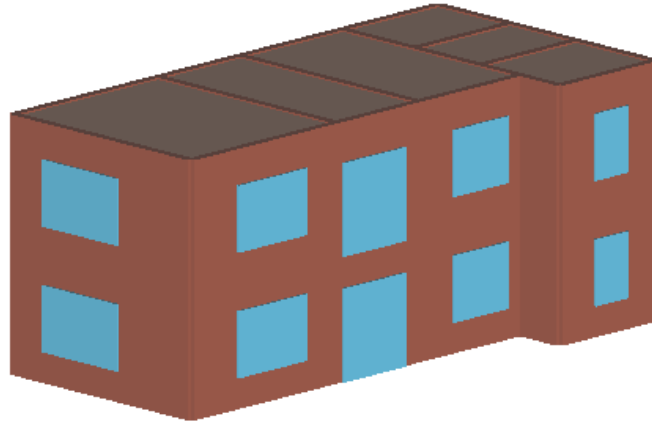
	Test Ortalama		Analitik Çözüm		Açıklama
	w (Hz)	T (s)	w (Hz)	T (s)	
1. Hakim Periyot	10.15	0.098	7.97	0.12	D-B yönünde
2. Hakim Periyot	10.15	0.098	8.34	0.12	K-G yönünde



Şekil 4.58. Mıntıka 4 P 2578 Binası Kat planı 3MURİ modeli

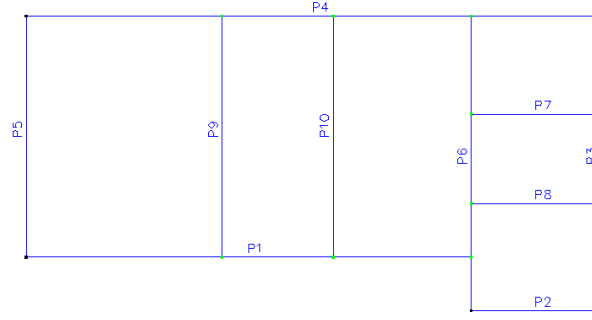
Çalışmamızdaki mevcut binalardan biri olan Mıntıka 4 P 2578 adlı yığma binanın parametreleri Çizelge 4.3' te gösterilmiştir.

Mıntıka 4 P 2578 no'lu yığma yapıya ait bina ve malzeme özelliklerini tanımladıktan sonra yapıya ait diğer tüm elemanlar (balkonlar, pencere, kapı vb.) tanımlanır. 3 MURİ adlı programda bu parametrelerin yerleri işaretlenerek ölçüleri belirlenerek yapının geometrisi yerleştirilmiş, binaya ait yapısal nesnelere eklenerek yapı tanımlanmıştır.



Şekil 4.59. Mıntıka 4 P 2578 binasının 3MURİ Programındaki 3 boyutlu görünümü

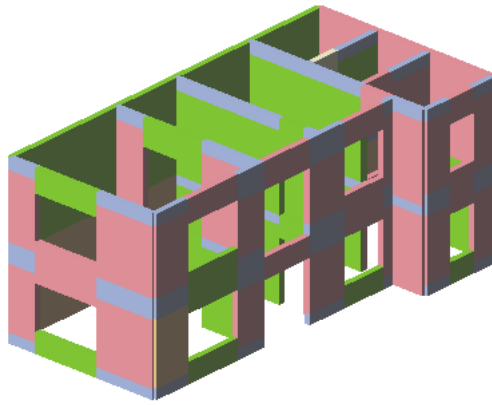
3 MURİ adlı çalıştığımız programda yığma binanın yapısal özellikleri ve yükleri tanımlandıktan sonra analiz aşamasına geçilmiştir.



Şekil 4.60. Mıntıka 4 P 2578 binasına ait duvar numaralandırılması

Çizelge 4.17. Duvarlarda oluşan hasar oranları

Duvar	Yığıma %
1	9.12
2	0
3	0
4	48.28
5	0
6	0
7	38.56
8	0
9	0
10	0



Şekil 4.61. Mıntıka 4 P 2578 binası hasar sonrası 3 boyutlu görünümü

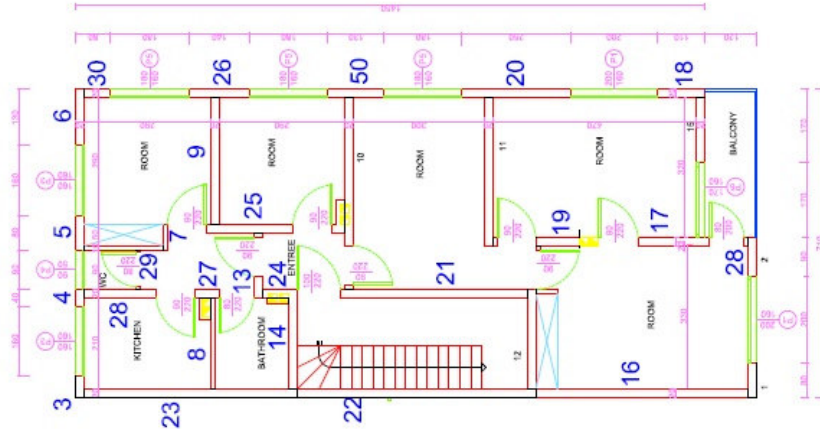
4.2.4. Mıntıka 4 P 2464 Binası

4.2.4.1. Mıntıka 4 P 2464 Binası Analitik Model ile Dinamik Parametrelerinin Elde Edilmesi

Bina Adı	Tarih	Fotoğraf
Mıntıka 4 P 2464	01.12.2012	
Açıklamalar: Bu bina, Antakya'daki bulunan yığma yapılar içerisinde genel olarak aynı karakteristik özelliklere sahiptir. Binanın her katında iki daire bulunmaktadır. Simetriklik yoktur. Binaya ait sensör yerleştirme planı Şekil 4.65.'de verilmiştir.		

Şekil 4.62. Mıntıka 4 Parsel 2464'de bulunan bina

Binanın dinamik özelliklerinin tespiti için MASS1 ve MASS2 programları kullanılmıştır. Binanın modeli oluşturulurken, duvarlar Şekil 4.63.'de numaralandırılmıştır.



Şekil 4.63. Bina Kat Planı

Çizelge 4.18. Modal Analiz Sonuçları

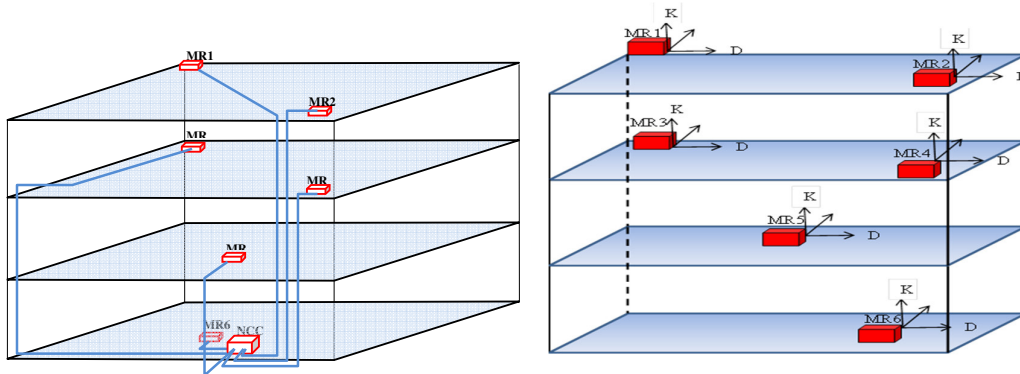
Mod	Frekans (Hz)	T (s)	Sönüm Katsayısı
1	3.800	0.26316	9.880
2	3.930	0.25445	10.220
3	4.520	0.221	11.760

4.2.4.2. Mıntıka 4 P 2464 Nolu Binasından Alınan Titreşim Kayıtları ile Dinamik Parametrelerinin Elde Edilmesi

Mıntıka 4 P 2464 binası için genel bilgiler Çizelge 4.3.' te verilmiştir. Sensör yerleşim planı ve 3 boyutlu modeli Şekil 4.65.'de verilmektedir. Elde edilen titreşim periyotları Çizelge 4.19.' da sunulmuştur.



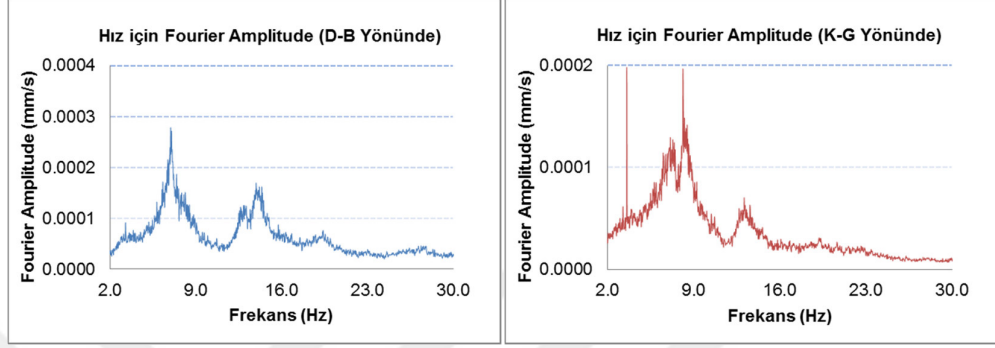
Şekil 4.64. Mıntıka 4, Parsel 2464'de bulunan bina ve kayıt alma işlemi



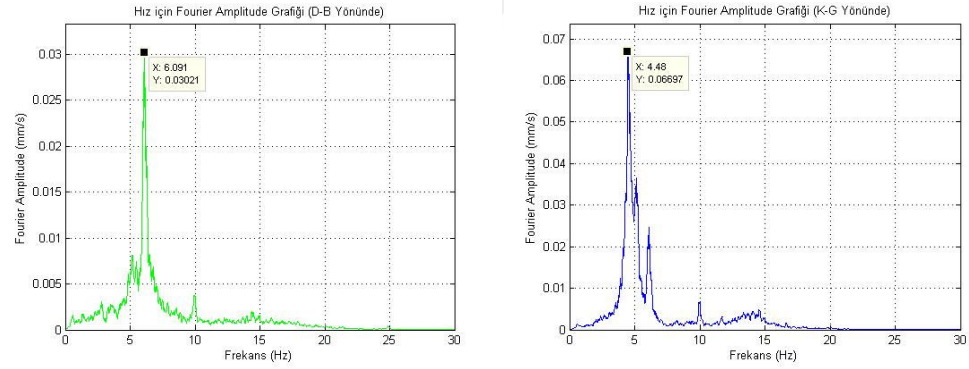
Şekil 4.65. Mıntıka 4, Parsel 2464'deki binaya yerleştirilen hızölçer sisteminin şeması ve sensörlerin yönleri

Binanın hakim titreşim periyodunun bulunması için sensörlerden ölçülen ortam

kayıtlarının Fourier Amplitude grafikleri çizilmiştir (Şekil 4.66.-4.67.). Bütün kayıtlar (45 dk) analiz edilerek ortalamalarından hakim periyotlar tespit edilmiştir. Elde edilen periyotlar MR1 ve MR2 sensörlerinin ortalaması olarak Çizelge 4.19.'da verilmiştir.



Şekil 4.66. MR1 Hız ölçer sensörünün Doğu-Batı ve Kuzey-Güney yönlerindeki hız Fourier Amplitude Spektrumu



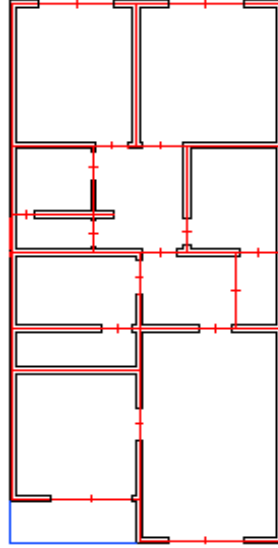
Şekil 4.67. MR2 Hız ölçer sensörünün Doğu-Batı ve Kuzey-Güney yönlerindeki hız Fourier Amplitude Spektrumu

4.2.4.3. Mıntıka 4 P 2464 Binasının Analitik Model Analiz Sonucu ile Deneysel Titreşim Kayıtları Sonuçlarının Karşılaştırılması

Analitik model analiz sonucu ile deneysel titreşim kayıtları sonuçlarının karşılaştırılması Çizelge 4.19.'da verilmiştir. Bu şekilde model kalibrasyonları yapılan bina verileri Mass' te tanımlanarak elde edilen sonuç ile binaya yerleştirilen sensörler üzerinden bulunan sonuçların birbirinden farklılığı belirtilmiştir (Çizelge 4.19.).

Çizelge 4.19. Serbest titreşim kayıtlarına ve analitik modele göre hakim titreşim periyotları

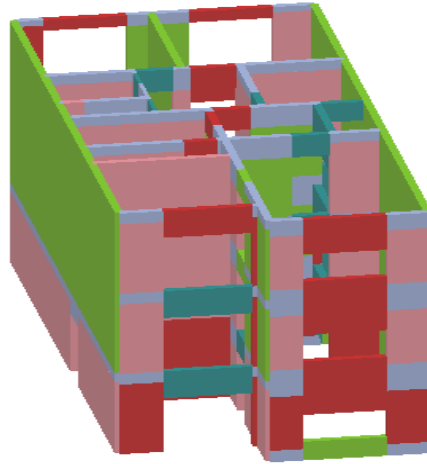
	Test Ortalama		Analitik Çözüm		Açıklama
	w (Hz)	T (s)	w (Hz)	T (s)	
1. Hakim Periyot	6.93	0.14	6.97	0.14	D-B yönünde
2. Hakim Periyot	8.13	0.12	8.15	0.12	K-G yönünde



Şekil 4.68. Mıntıka 4 P 2464 Binası Kat planı 3MURI modeli

Çizelge 4.20. Duvarlarda oluşan hasar oranları


Duvar	Yığıma %
1	59.1
2	0
3	62.28
4	66.52
5	0
6	40.33
7	0
8	41.26
9	0
10	0
11	39.31
12	7.15
13	33.33
14	97.46
15	17.34



Şekil 4.71. Mıntıka 4 P 2464 binası hasar sonrası 3 boyutlu görünümü

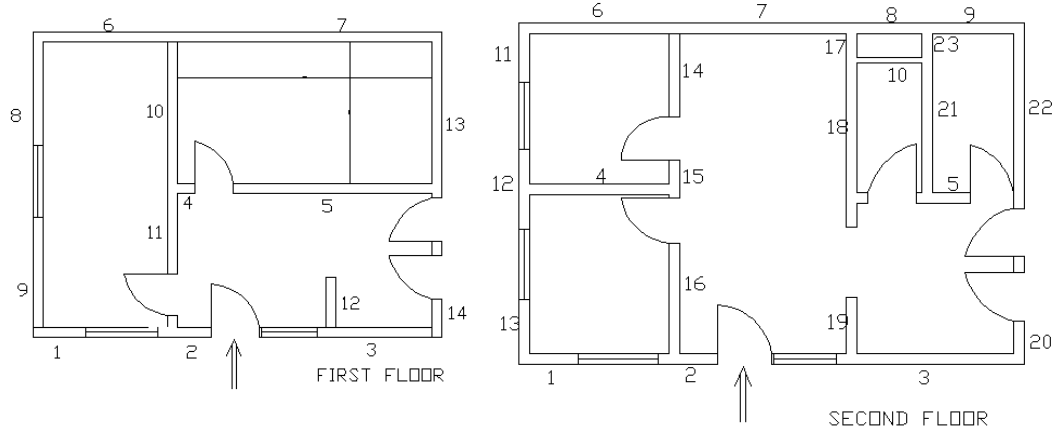
4.2.5. Mıntıka 4 P 2648 Binası

4.2.5.1. Mıntıka 4 P 2648 Binası Analitik Model ile Dinamik Parametrelerinin Elde Edilmesi

Bina Adı	Tarih	Fotoğraf
Mıntıka 4 P 2648 Binası	07.12.2012	
Açıklamalar:	Bu bina, Antakya'daki bulunan yığma yapılar içerisinde genel olarak aynı karakteristik özelliklere sahiptir. Binanın her katında iki daire bulunmaktadır. Simetriklik yoktur. Binaya ait sensör yerleştirme planı Şekil 4.75.'de verilmiştir.	

Şekil 4.72. Mıntıka 4 Parsel 2648'de bulunan bina

Binanın dinamik özelliklerinin tespiti için MASS1 ve MASS2 programları kullanılmıştır. Binanın modeli oluşturulurken, duvarlar aşağıdaki şekilde numaralandırılmıştır.



Şekil 4.73. Bina Kat Planı

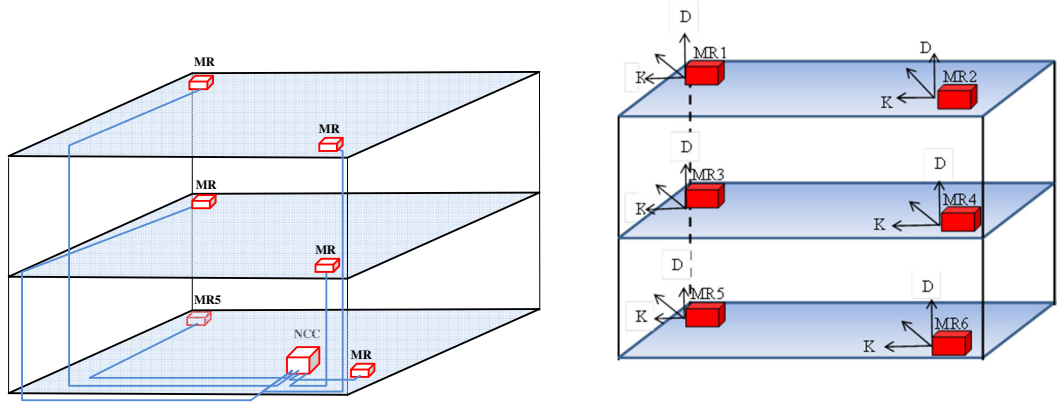
MAS1' de modelin analizi yapılırken binaya ait parametreler elde edilmiştir. (Çizelge.4.21.)

Çizelge 4.21. Modal Analiz Sonuçları

Mod	Frekans (Hz)	T (s)	Sönüm Katsayısı
1	6.970	0.14347	9.780
2	8.150	0.12270	11.440
3	8.430	0.119	11.830

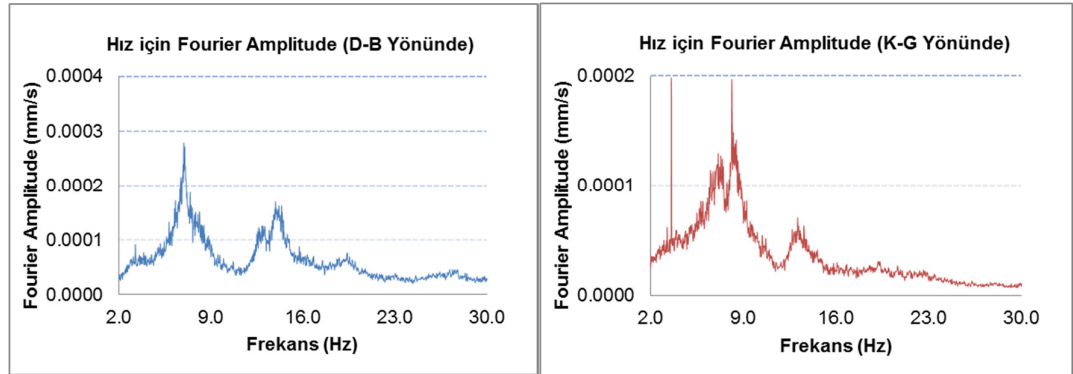


Şekil 4.74. Mıntıka 4 Parsel 2648'de bulunan bina ve kayıt alma işlemi



Şekil 4.75. Mıntıka 4 Parsel 2648'deki binaya yerleştirilen hızölçer sisteminin şeması ve sensörlerin yönleri

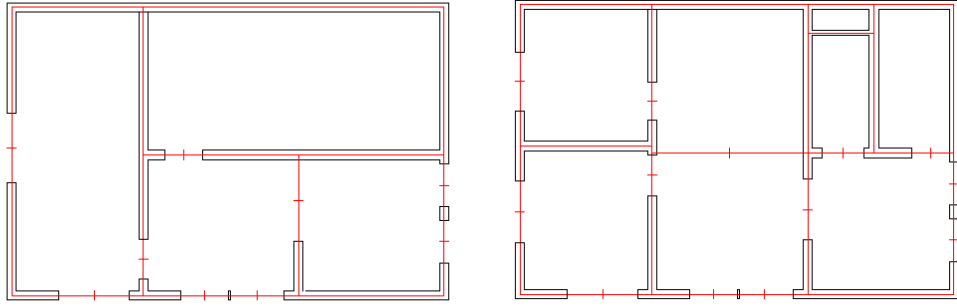
Binanın hakim titreşim periyodunun bulunması için sensörlerden ölçülen ortam kayıtlarının Fourier Amplitude grafikleri çizilmiştir (Şekil 4.76). Bütün kayıtlar (45 dk) analiz edilerek ortalamalarından hakim periyotlar tespit edilmiştir. Elde edilen periyotlar MR1 ve MR2 sensörlerinin ortalaması olarak Çizelge 4.22.'de verilmiştir.



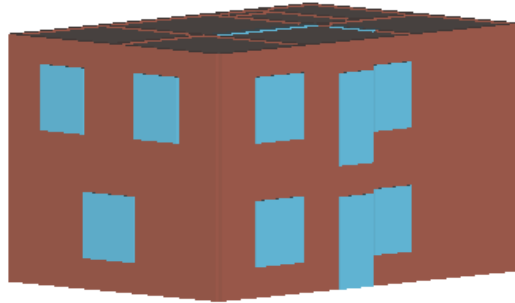
Şekil 4.76. MR1 Hız ölçer sensörünün Doğu-Batı ve Kuzey-Güney yönlerindeki hız Fourier Amplitude Spektrum

Çizelge 4.22. Serbest titreşim kayıtlarına ve analitik modele göre hakim titreşim periyotları

	Test Ortalama		Analitik Çözüm		Açıklama
	w (Hz)	T (s)	w (Hz)	T (s)	
1. Hakim Periyot	6.93	0.14	6.97	0.14	D-B yönünde
2. Hakim Periyot	8.13	0.12	8.15	0.12	K-G yönünde

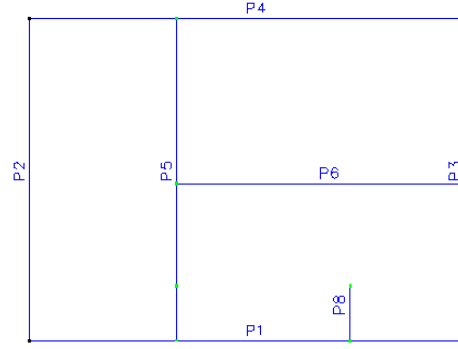


Şekil 4.77. Mıntıka 4 P 2648 Binası 1. ve 2. Kat planı 3MURI modeli



Şekil 4.78. Mıntıka 4 P 2648 binasının 3 MURI Programındaki 3 boyutlu görünümü

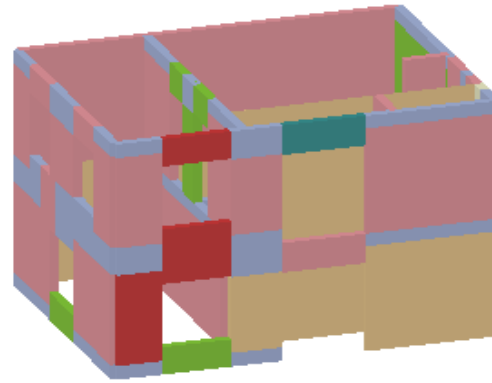
3 MURI adlı çalıştığımız programda yığma binanın yapısal özellikleri ve yükleri tanımlandıktan sonra analiz aşamasına geçilmiştir.



Şekil 4.79. Mıntıka 4 P 2648 binasına ait duvar numaralandırılması

Çizelge 4.23. Duvarlarda oluşan hasar oranları

Duvar	Yığıma %
1	0
2	50
3	41.88
4	18.90
5	0
6	17.94
7	100
8	100



Şekil 4.80. Mıntıka 4 P 2648 binası hasar sonrası 3 boyutlu görünümü

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Antakya bölgesinde yapılan bu çalışmada deprem performansları analitik ve deneysel olarak değerlendirilmiştir. MASS programı ile yapılan doğrusal statik analizler ve MATLAB programında titreşim kayıtlarının analizleri sonucunda elde edilen periyod değerleri 3MURI programıyla yapılan değerlere yakın çıkmaktadır. Farklı analizlerde binaya ait yakın periyod değerleri elde etmemiz güvenilir sonuçlar sağlamıştır. Böylelikle olası bir depremde binanın gerçek davranışını tahmin etmemiz zor olmamaktadır. Ancak doğrusal olmayan analizlerde MASS programı düzensiz binaların analizini yapamamaktadır. Antakya bölgesinde düzenli yığma bina bulmak zor olduğundan doğrusal olmayan analizlerin tamamı 3MURI programında yapılmıştır. Kesme taş yığma yapıların deprem esnasındaki davranışlarının nasıl olacağı hakkında tahmin yürütmemize çalışmadan elde edilen veriler imkan vermiştir. Analizler sonucunda yığma binaların hasar oranları belirlenmiştir.

- Yapı malzemesi tuğla olan 5 adet bina incelenmiş ve binalar 2, 3 veya 4 kattan oluşmaktadır. Analizini yaptığımız harman tuğlası yığma yapılar kat sayıları bakımından incelendiğimizde iki veya üç katlı binalar belirgin hasar bölgesinde çıkarken dört katlı tuğla bir bina ileri hasar bölgesinde çıkmıştır.
- Bu binanın ileri hasar bölgesinde çıkmasındaki en büyük sebep binanın fazla ağır olmasıdır. Yapının ağır olmasını da kat sayısının fazla olmasına bağlayabiliriz. Binanın ağır olmasının sonuçlarını en alt katlardaki taşıyıcı duvarlarda basınç kırılmaları ile anlayabiliriz. Nitekim yaptığımız analiz sonuçları da bunu göstermiştir.
- Binaların yatay yük altındaki davranışları incelenmiştir. Antakya bölgesi 1. Derece deprem bölgesi ve Z4 yerel zemin sınıfına sahip olduğundan binada kesme kuvveti ve moment değerleri yapısal özelliklere göre farklı değerler almıştır. Mıntıka 2 P 811 binası yatay yük altında davranışları incelendiğinde binada kesme ve kırılmalar gözlenirken, statik itme analizinde de deplasman değeri daha fazla görülmektedir. Hem yığma yapıdaki malzeme kalitesinin düşük olması (ağır, hantal ve gevrek) hem de binanın kat sayısının fazla olması sonucunda yığma yapıda olumsuz durumlar görülmektedir.

- Analitik ve deneysel sonuçlar karşılaştırıldığında Mıntıka 2 P 811 binası periyod değeri daha yüksek çıkarken Mıntıka 4 P 2648 binası analiz sonuçları diğer binalara oranla daha düşük değerler çıkmıştır. Yüksek yapıların periyodu daha uzun olduğundan çalıştığımız binalar içinde en yüksek kata sahip Mıntıka 2 P 811 binasının periyodu da bu nedenle daha fazla çıkmıştır. Ayrıca periyod değerleri binaya ait yapısal özelliklere (kat yüksekliği, boşluklar arası ve köşe dolu duvar miktarı, dolu duvar oranı vb.) göre farklılıkta gösterebilir. Yüksek periyot değerleri sağlam zeminler için güvenilirken Antakya bölgesi gibi yerel zemin sınıfı özelliklerine sahip yerlerde dört kat ve fazlası yığma yapılara can ve mal güvenliği için izin verilmemelidir.

Yığma binaların periyod değerlerinin analitik ve deneysel sonuçları Çizelge 5.1’de sunulmuştur. Binaların yapısal özelliklerine göre farklı periyod değerleri elde edilmiştir. M2 P811, M4 P839, M4 P2578 ve M4 P2648 no.lu binada periyod değerleri birbirine yakın sonuçlar elde edilmiştir. M4 P2464 no.lu binada periyod değerleri kalibre edildiğinde 3MURI sonucu elde edilen değerler, MASS ve MATLAB ’te elde edilen periyod değerlerine göre oldukça fazla çıkmıştır. Malzeme katsayıları değiştirilip periyod değerleri birbirine yaklaştırılabilir. Model kalibrasyonları sonucu elde edilen periyod değerlerinin birbirine yakın çıkmıştır.

Çizelge 5.1 Yığma binalarda elde edilen sonuçların karşılaştırılması

BİNA NO.	ANALİTİK SONUÇLAR			DENEYSEL SONUÇLAR
	MASS		3MURI	MATLAB
	Mod	T(s)	T(s)	T(s)
M2 P811	1	0.22	0.28	0.29
	2	0.22	0.24	0.22
	3	0.18	0.16	0.16
M4 P839	1	0.26	0.28	0.27
	2	0.28	0.23	0.27
M4 P2578	1	0.12	0.13	0.10
	2	0.12	0.10	0.10
M4 P2464	1	0.14	0.28	0.14
	2	0.12	0.20	0.12
M4 P2648	1	0.14	0.17	0.14
	2	0.12	0.15	0.12

Yeterli mühendislik hizmeti görmemiş yığma binaların deprem performansı sonuçları üzerindeki değerlendirmede; kat sayısı, duvar oranı, duvardaki boşluk oranları ve sayısı, malzeme dayanımı gibi parametrelerin etken olduğu saptanmıştır. Binalarda kat sayısındaki artış, salınımı arttırmakla birlikte deprem riskini de aynı oranda arttırmaktadır. Analiz sonuçlarının gerçek sonuçlara yakınlığı amaçlandığı için analizdeki kontrol parametrelerinin yapı özelliklerine bağlı olması gerekmektedir. Çalışmamızda elde edilen parametreler sonucunda bu uyumluluk sağlanmıştır. Mevcut deprem yönetmeliğinin yığma binalar için bulunduğu deprem bölgesine göre inşa edilebilecek maksimum kat sayısı sınırlamasına (madde 5.2.2, 5.2.3) bu durumda dikkat edilmesi gerekmektedir (DBYBHY, 2007). Bina performansına duvar basınç dayanımının da oldukça etkisi olduğu görülmektedir. Antakya'daki yığma binaların çoğunluğu yapılan saha çalışmaları sonucunda binalarda düşük kalitede malzeme kullanıldığı düşünülürse, belirli bir seviyenin üstündeki deprem risklerine maruz kalacağı gerçektir. Antakya'da yapılacak envanter çalışmasında günümüzde bazı bölgelere uygulanabilecek kentsel dönüşüm projelerinde bu tez çalışmasında elde edilen veriler dikkate alınarak daha güvenli yapılar oluşturulabilir.

KAYNAKLAR

- Aytekin, İ.,2006,Donatısız ve sarılış yığma yapıların deprem davranışlarının incelenmesi, Sakarya üniversitesi.
- Bayülke, N. 1992, Yığma Yapılar, Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi, Ankara
- Batur, A. 1999, Donatısız Yığma Binaların Yatay Yükler Altındaki Davranışı ve Bazı Ülkelerin Şartnamelerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bankir, Ş. 2014, Yığma Tipi Yapıların Performanslarının Ortam Titreşim Etkisi Altında Aletsel Veri ve Hesaplamalara Göre Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, MKÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay.
- Bozdoğanlı, A.T. 1998. Deprem Yuklerinin Altında Yığma Duvarların Dayanımı ve Takviyesi, Yuksek Lisans Tezi, İTU, Fen Bilimleri Enstitusu, İstanbul.
- Churilov, S. ve Dumova, E. ,2012, 15th World Conference on Earthquake Engineering, University "Ss. Cyril and Methodius", Faculty of Civil Engineering, Skopje, Macedonia.
- Churilov, S. ve Dumova-Javanoska, A., 2013. In-plane shear behavior of unreinforced and jacketed brick masonry walls, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 50, 85-105.
- Çögürücü M. T. ve Kamanlı M., 2007, Yığma yapıların dinamik ve mühendislik davranışının düzlem dışı kuvvetler altında deneysel olarak incelenmesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Teknik-Online Dergi Cilt 6, Sayı:2-2007
- Çırak İ.F., 2011, Yığma Yapılarda Oluşan Hasarlar Nedenleri ve Öneriler, SDU International Techonologic Science, Vol.3, No 2, pp.55-60.
- DBYYHY, 2007. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Mart, 2007.
- Demirel, I.O. , Erberik, M.A. ve Sucuoğlu, H., 2011,1. Türkiye deprem mühendisliği ve Sismoloji konferansı, Tuğla yığma yapıların performans esaslı değerlendirilmesi için doğrusal olmayan çerçeve modeli , ODTÜ, Ankara.
- Döndüren, S.M., 2008. Bağlayıcı özelliği artırılan duvar ve sıva harcının düzlem dışı yüklenen tuğla duvarların mekaniksel davranışına etkisi, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Erberik, M.A., 2007, "Türkiye'deki Yığma Yapıların Hasargörebilirliği". "Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı Bildiriler Kitabı", Cilt 1, s.379-390.

- Erberik, M.A., 2010, "Seismic Risk Assessment of Masonry Buildings in Istanbul for Effective Risk Mitigation", *Earthquake Spectra*, 26(4), 967-982.
- Erberik, M.A., Geneş, M.C., Demirel, İ.O., Akansel, V.H., Bankir, Ş. ve Yakut, A., 2013, "Antakya'daki Yığma Binaların Özelliklerinin Deprem Performansı Açısından Analitik Olarak Değerlendirilmesi", 2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı 25-27 Eylül 2013, Mustafa Kemal Üniversitesi, Hatay.
- Geneş, M.C., 2014, "Kagir Yapıların Deprem Etkisi Altında Gözleme ve Hesaba Bağlı Değerlendirilmesi", TÜBİTAK Projesi, Proje No: 110M748, Gaziantep.
- Kamıt, R., ve ark., 2005, "Depreme maruz yığma duvarın kırılması ve deprem yönetmeliğinin irdelenmesi (DeneySEL Çalışma)", Antalya Yöresinin İnşaat Mühendisliği Sorunları Kongresi, 232-240, Antalya, 22-24 Eylül 2005.
- Golbandı, H., 2013, Deprem etkisindeki bir binanın performansının deprem yönetmeliği ve FEMA 440'a göre karşılaştırılması değerlendirilmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Kara, H.G., 2009. Tarihi yığma yapıların taşıyıcı sistemleri güvenliğinin incelenmesi, onarım ve güçlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Reis, E.M. 2001. Earthquake Design of Reinforced Masonry Buildings, Yüksek Lisans Tezi, Boğaziçi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ural, A., 2009, Yığma yapıların doğrusal ve doğrusal olmayan davranışlarının incelenmesi, Karadeniz teknik üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi
- Salonikios, T., Karatostas, C., Lekidis, V. ve Anthoine, A. 2003. Comparative Inelastic Pushover Analysis of Masonry Frames, *Engineering Structures*, 25, 1515-1523.
- Onar, E., 2007. Yığma yapılarda taşıyıcı tuğla duvarların CFRP ile güçlendirilmesinin deneysel olarak incelenmesi, İTÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Tanrikulu, A.K. 1991. Models for Nonlinear Earthquake Analysis of Brick Masonry Buildings, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Tomazevic, M., 2006, Earthquake-resistant Design of Masonry Buildings, Series on Innovation in Structures and Construction-Vol. 1, Imperial College Press, London.
- Tomazevic, M. ve Lutman, M., 1996, Seismic behavior of masonry buildings; modeling of hysteric rules, *J. Struct. Eng.*, Vol. 122(9), September.
- Yılmaz, E., 2010. Boşluklu tuğla ile örülmüş yığma duvarların LP kompozitler ile güçlendirilmesi ve davranışta boyut etkisi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

ÖZGEÇMİŞ

Sakine Sinem Yücel (AYKUT), 1987 yılında Antakya'da doğdu. İlköğretimi İskenderun Demirçelik İlkokulu'nda ve ortaöğretimi İskenderun Mithat Paşa İlkokulu'nda, lise öğretimini ise İskenderun Lisesi'nde tamamladı. 2006 yılında girdiği Mustafa Kemal Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği bölümünden 2011 yılında mezun oldu. Aynı yıl M.K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsüne bağlı İnşaat Mühendisliği Yapı Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. 2011 yılında Weimar-Bauhaus Üniversitesi'nde (Almanya) yaz okuluna katıldı. 2013 yılında İzmir Büyükşehir Belediyesi Yapı İşleri kadrosuna girmiş olup halen görevi devam etmektedir.