

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**TBDY-2018 VE RYTEİE-2019 KAPSAMINDA YIĞMA BİNALARIN
DEPREM GÜVENLİĞİNİN BELİRLENMESİ**

AKIN TÜRKOĞLU

KOCAELİ 2022

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TBDY-2018 VE RYTEİE-2019 KAPSAMINDA
YIĞMA BİNALARIN DEPREM GÜVENLİĞİNİN
BELİRLENMESİ

AKIN TÜRKOĞLU

Dr. Öğr. Üyesi Hilal MEYDANLI ATALAY
Danışman, Kocaeli Üniversitesi

.....

Dr. Öğr. Üyesi Serkan ENGİN
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi

.....

Dr. Öğr. Üyesi Temel TEMİZ
Jüri Üyesi, Yalova Üniversitesi

.....

Tezin Savunulduğu Tarih: 28.01.2022

ETİK BEYAN VE ARAŞTIRMA FONU DESTEĞİ

Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez/proje çalışmada,

- Bu tezin/projenin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu,
- Çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı,
- Bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi,
- Bu çalışmanın Kocaeli Üniversitesi'nin abone olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun olduğunu,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Tezin/Projenin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez/proje çalışması olarak sunmadığımı,

beyan ederim.

☒

Bu tez çalışmasının herhangi bir aşaması hiçbir kurum/kuruluş tarafından maddi/alt yapı desteği ile desteklenmemiştir.

☐

Bu tez çalışması kapsamında üretilen veri ve bilgiler tarafından no'lu proje kapsamında maddi/alt yapı desteği alınarak gerçekleştirilmiştir.

Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

(İmza)

Akın TÜRKOĞLU

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI

Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/projemin tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda belirtilen koşullarla kullanıma açma izninin Kocaeli Üniversitesi'ne verdiğimi beyan ederim. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin/projemin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanımı bana ait olacaktır.

Tezin/projenin kendi özgün çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin/projenin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim kurulu tarafından yayınlanan **“Lisanüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge”** kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricinde YÖK Ulusal Tez Merkezi/ Kocaeli Üniversitesi Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- ☐ Enstitü yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihinden itibaren 2 yıl ertelenmiştir.
- ☐ Enstitü yönetim kurulu gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihinden itibaren 6 ay ertelenmiştir.
- ☒ Tezim ile ilgili gizlilik kararı verilmemiştir.

(İmza)

Akın TÜRKOĞLU

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Yerleşim alanlarının önemli bir kısmının deprem olasılığı yüksek bölgelerde konumlanmış olan ülkemizde heran yıkıcı bir deprem olma ihtimali düşünüldüğünde, mevcut binaların deprem güvenliğinin tespiti önemle üzerinde durulması gereken konuların başında gelmektedir. Özellikle küçük yerleşimlerde mevcut yapı stokunun önemli bir kısmını oluşturan yığma yapıların deprem güvenliğinin belirlenmesi ulusal deprem yönetmeliklerinde detaylı olarak açıklanmıştır. Ancak tüm bu analizlerin uygulanması daha fazla zaman ve bütçe gerektirdiğinden yığma binaların deprem güvenliğinin hızlı bir şekilde belirlenmesi için riskli binaların tespit edilmesine ilişkin esaslar geliştirilmiştir.

Mevcut yığma binaların deprem güvenliğinin belirlenmesi konusunda çalışma fırsatı oluşturan değerli hocam Dr. Hilal MEYDANLI ATALAY'a teşekkür ederim. Tez çalışmam sürecinde teknik desteğini esirgemeyen Sayın Atilla ÖZDEMİR'e teşekkür ederim. Ayrıca hayatım boyunca en iyi yerlere gelmem için desteklerini her zaman ve her şekilde hissettiren aileme ve değerli eşime tüm kalbimle teşekkür ederim.

Mart – 2022

Akın TÜRKOĞLU

İÇİNDEKİLER

ETİK BEYAN VE ARAŞTIRMA FONU DESTEĞİ	i
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI.....	ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
TABLOLAR DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	viii
ÖZET	ix
ABSTRACT	x
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Yığma Bina Türleri.....	4
2.1.1. Donatısız Yığma Binalar	4
2.1.2. Donatılı Yığma Binalar.....	9
2.1.3. Donatılı Panel Sistemli Bina	10
2.2. Yığma Binaların Deprem Davranışı	11
2.3. Yığma Binaların Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği -2018'e Tasarım Kuralları.....	14
2.3.1. Yığma Binalarda Bina Yükseklik Sınıfının Belirlenmesi	15
2.3.2. Yükseklik Sınıfı Aralıkları.....	15
2.3.3. Yığma Binalarda Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısının Belirlenmesi	17
2.3.4. Yığma Binalarda Dayanım Fazlalığı Katsayısı.....	17
2.3.5. Yığma Binalarda Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı	17
2.3.6. Yığma Binalarda Kullanılan Malzemeler	18
2.3.7. Yığma Binalarda Kullanılan Malzemelerin Dayanım Özelliklerinin Belirlenmesi	19
2.3.8. Yığma Binaların Tasarım Adımları	21
2.3.9. Yığma Binalarda Performans Hedefinin Belirlenmesi	21
2.4. Yığma Binaların Modellenmesi	22
2.4.1. Sonlu Elemanlar Yöntemi.....	22
2.4.2. Eşdeğer Çerçeve Modeli.....	25
2.5. Literatürde Mevcut Çalışmalar.....	27
3. YIĞMA BİNALARIN DEPREM GÜVENLİĞİ	30
3.1. Binalardan Bilgi Toplanması	30
3.2. Malzeme Özelliklerinin Belirlenmesi.....	30
3.3. Hesap Modelinin Oluşturulması.....	31
3.4. Deprem Etkilerinin Belirlenmesi.....	32
3.5. Hesap Yönteminin Seçilmesi ve Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi	32
3.6. Performans Seviyesinin Belirlenmesi.....	32
3.7. Duvar Basınç Kuvvetlerinin Belirlenmesi	34
3.8. Narinlik Oranlarının Hesaplanması	34
3.9. Duvar Kesme Kuvvetlerinin Belirlenmesi	35
3.10. Mevcut Tarihi Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Değerlendirilmesi	36

4. MEVCUT YIĞMA BİNALARIN TBDY-2018 VE RYTEİE-2019 KAPSAMINDA DEPREM GÜVENLİĞİNİN BELİRLENMESİ	38
4.1. Yapı Bilgileri – Piyalepaşa Konağı	38
4.1.1. Yapı Geometrisi ve Malzeme Özellikleri	39
4.1.2. Deprem Parametreleri.....	43
4.1.3. Binanın Matematiksel Modelinin Oluşturulması	44
4.2. Yapı Bilgileri – MKŞ Yığma Bina.....	46
4.3. Hesap Yöntemleri.....	49
5. ANALİZ SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....	51
5.1. Deprem Kuvvetlerinin Belirlenmesi.....	51
5.2. Duvar Basınç Gerilmelerinin Kontrolü	53
5.3. Duvar Kayma Gerilmelerinin Kontrolü.....	53
5.4. Bina Performans Seviyesinin Belirlenmesi	56
6. SONUÇLAR	62
KAYNAKLAR	65
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER.....	68
ÖZGEÇMİŞ.....	69

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1.	Taş yığma bina örneği.....	5
Şekil 2.2.	Kerpiçten yapılmış bina	6
Şekil 2.3.	Tuğla yığma bina örneği	7
Şekil 2.4.	Kuşatılmış yığma bina	8
Şekil 2.5.	Duvar tipine bağlı donatı detayları	9
Şekil 2.6.	Donatılı panel sistemli yığma bina örneği	10
Şekil 2.7.	Yığma yapı deprem hasarı	12
Şekil 2.8.	Deprem kuvveti etkisinde yapı davranışı.....	12
Şekil 2.9.	Rijit kat döşemeli yapıda deprem hasarı	13
Şekil 2.10.	Rijit kat döşemesi bulunmayan yapıda deprem hasarı.....	14
Şekil 2.11.	Ayrıntılı mikro model tekniği.....	24
Şekil 2.12.	Basitleştirilmiş mikro model yöntemi.....	24
Şekil 2.13.	Makro modelleme yöntemi	25
Şekil 2.14.	Sonlu elemanlar yöntemi ile modellenmiş tarihi bir yapı	25
Şekil 2.15.	a) Eşdeğer çerçeve metodu idaeleştirilmesi b) Tipik göçme modları.....	26
Şekil 2.16.	Yığma yapı eşdeğer çerçeve modeli	27
Şekil 4.1.	Piyale Paşa Konağı kuzey cephe görünümü	38
Şekil 4.2.	Piyale Paşa Konağı güney cephe görünümü	39
Şekil 4.3.	Analizi yapılan örnek yığma binanın zemin kat kalıp planı	40
Şekil 4.4.	Analizi yapılan örnek yığma binanın 1.normal kat kalıp planı	41
Şekil 4.5.	Analizi yapılan örnek yığma binanın 2.normal kat kalıp planı	42
Şekil 4.6.	Binaya ait konum bilgileri.....	44
Şekil 4.7.	Yapıya ait SAP2000 hesap modeli	45
Şekil 4.8.	Yapıya ait StatiCAD-Yığma hesap modeli	46
Şekil 4.9.	Analizi yapılan yığma konut binasının zemin kat kalıp planı	47
Şekil 4.10.	Analizi yapılan yığma konut binasının 1 ve 2. normal kat kalıp planı	48
Şekil 4.11.	Yığma konut binasının hesap modeli	49
Şekil 5.1.	Piyalepaşa Konağı TBDY-2018'e göre taşıyıcı sistem performans durumu	55
Şekil 5.2.	Piyalepaşa Konağı RYTEİE-2019'e göre taşıyıcı sistem performans durumu	55
Şekil 5.3.	MKŞ Yığma Binada TBDY-2018'e göre taşıyıcı sistem performans durumu	58
Şekil 5.4.	MKŞ Yığma binanın RYTEİE-2019'e göre taşıyıcı sistem performans durumu.....	60

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 2.1. Deprem tasarım sınıfları (DTS).....	15
Tablo 2.2. Bina yükseklik sınıfları ve deprem tasarım sınıflarına göre tanımlanan bina yükseklik aralıkları.....	16
Tablo 2.3. Kargir birimlerin delik oranlarına göre gruplandırılması	19
Tablo 2.4. Yığma taşıyıcı duvarların karakteristik basınç dayanımı.....	20
Tablo 3.1. Bilgi düzeyi katsayıları	30
Tablo 3.2. Malzeme özelliklerinin tespit edilmesi	31
Tablo 3.3. Yığma duvarlar için dayanım değerleri	31
Tablo 3.4. Hesap modelinin oluşturulması	32
Tablo 3.5. Hesap yönteminin seçimi	33
Tablo 3.6. Performans seviyeleri karşılaştırılması	33
Tablo 3.7. Hd/t oranına bağlı basınç azaltma katsayısı	34
Tablo 3.8. Duvar Hd/t oranına göre risk sınırları.....	35
Tablo 3.9. Yığma duvarlar için dayanım değerleri	36
Tablo 4.1. Deprem parametreleri	44
Tablo 5.1. Piyalepaşa Konağında TBDY-2018'e göre oluşan deprem kuvvetleri.....	51
Tablo 5.2. Piyalepaşa Konağında RYTEİE-2019'a göre oluşan deprem kuvvetleri.....	52
Tablo 5.3. MKŞ Yığma Bina modelinde TBDY-2018'e göre oluşan deprem kuvvetleri.....	52
Tablo 5.4. MKŞ Yığma Bina modelinde RYTEİE-2019'a göre oluşan deprem kuvvetleri.....	52
Tablo 5.5. Piyalepaşa Konağı TBDY-2018'e göre bina performans değerleri.....	57
Tablo 5.6. Piyalepaşa Konağı RYTEİE-2019'e göre bina performans değerleri	58
Tablo 5.7. MKŞ Yığma Binanın TBDY-2018'e göre bina performans değerleri	59
Tablo 5.8. MKŞ Yığma binanın RYTEİE-2019'e göre bina performans değerleri	61

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

H	: Basınç dayanımı azaltma katsayısı
σ	: Eksenel gerilme değeri
G	: Sabit yük
Q	: Hareketli yük
E	: Deprem yükü
F_k	: Yığma duvar karakteristik basınç dayanımı
F_m	: Harç basınç dayanımı
E_{duv}	: Taşıyıcı duvarların elastisite modülü
G_{duv}	: Duvar kayma modülü
DD-2	: 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem yer hareketi düzeyi
SS	: Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı
S_1	: 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı
SDS	: kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı
SD_1	: 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı
PGA	: En büyük yer ivmesi
PGV	: En büyük yer hızı
I	: Bina önem katsayısı

Kısaltmalar

BKS	: Bina Kullanım Sınıfı
DGT	: Dayanıma Göre Tasarım
DTS	: Deprem Tasarım Sınıfları
KH	: Kontrollü Hasar
RYTEİE-2019	: Riskli Yapıların Tasarımına İlişkin Esaslar 2019
TBDY-2018	: Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018
TS EN	: Türk Standartları Avrupa Normu
TS	: Türk Standartı

TBDY-2018 VE RYTEİE-2019 KAPSAMINDA YIĞMA BİNALARIN DEPREM GÜVENLİĞİNİN BELİRLENMESİ

ÖZET

Mevcut yapı stoğunda önemli bir yer tutan yığma yapıların, günümüz yaşam standartları göz önünde alındığında kullanımına devam edilmesi için deprem güvenliğinin belirlenmesi gerekmektedir. Özellikle tarihi niteliği de olabilen bu yapıların gelecek nesillere güvenle aktarılabilmesi, risk tespitinin doğru ve hızlı bir şekilde yapılabilmesi, gerektiğinde onarım ve güçlendirme uygulamaları ile mümkündür. Yeni inşa edilecek yığma yapıların depreme karşı dayanıklı tasarımı ve mevcut yapı stoğunun güvenliğinin tespiti yürürlükteki Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018) hükümlerine göre yapılabilmektedir. Ancak bu risk tespitleri uzun süren ve yüksek maliyetli bir süreç olmaktadır. Bu durumu ortadan kaldırmak için yayınlanan Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar (RYTEİE-2019) ile kısa zamanda ve düşük maliyet ile mevcut yapıların riskli olup olmadıkları tespit edilebilmektedir. Planlanan bu çalışmada yürürlükte olan bu iki yönetmeliğin yığma yapılar ile ilgili tasarım ve uygulama farklılıkları karşılaştırılmıştır. Bu kapsamda örnek olarak Kdz. Ereğli’de bulunan Piyalepaşa Konağının performansı değerlendirilmiştir. Yerinde yapılan ölçümler ve gözlemlere göre yapının üç boyutlu analitik modeli oluşturulmuştur. Yapının konumuna özel olarak seçilen deprem parametreleri dikkate alınarak hesap yöntemi olarak eşdeğer deprem yükü uygulanmıştır. Yapılan analizlerden, yapının kendi ağırlığı ve deprem kuvvetleri etkisinde oluşan yerdeğiştirmeler ve iç kuvvetler belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara bağlı olarak yapının deprem güvenliği tespit edilerek yönetmelikler karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Deprem Güvenliği, RYTEİE-2019, TBDY-2018, Yığma Binalar.

DETERMINATION OF MASONRY BUILDINGS SEISMIC SAFETY IN THE SCOPE OF TBDY-2018 AND RYTEIE-2019

ABSTRACT

The seismic performance of masonry buildings, which have a significant place in the existing building stock, should be determined to continue their use, considering today's living standards. Especially it is possible to safely transfer these structures, which can be in cultural heritage, to future generations, by determining the seismic risk accurately and quickly and by repairing and strengthening it when necessary. The earthquake resistant design of new masonry buildings and the determination of the safety of the existing building stock is made according to the provisions of the current Turkish Building Earthquake Code (TBEC-2018). However, these risk assessments are a long and costly process. In order to shorten this process, Principles of the Determination of Risky Structures (PDRS-2019) has been published, and thus, according to this regulation, the seismic safety of existing buildings can be determined in a short time and at a low cost. In this study, the design and application differences of these two regulations related to masonry buildings have compared. Within this context, the seismic performance of Piyalepaşa Konağı in Kdz.Ereğli has been evaluated as an example. A 3D analytical model of the building has created according to on-site measurements and observations. The seismic parameters specially selected for the location of the building have taken into consideration and analyzed by the equivalent earthquake load method. From the results of the analysis, displacements and internal forces caused by the weight of the building and earthquake forces have been determined. According to the analysis results, seismic performance of the building has determined and the regulations were compared.

Keywords: Seismic Performance, PDRS-2019, TBEC-2018, Masonry Buildings.

1. GİRİŞ

Yığma yapılar dünya çapında hala yaygın olarak kullanılan ve insan etkinliklerine ev sahipliği yapan en eski yapısal sistemdir. Dünyada eski tarihlerden bu yana yaygın kullanım alanı gösteren yığma yapılar, son yıllarda betonarme sistem tercih edilmeye başlansa da mevcut yapı stoğunda önemli bir orana sahiptir. Bu yapılar gerek malzeme temini kolaylığı gerekse yapım kolaylığı açısından tercih sebebi olmakla birlikte birçoğu gerekli mühendislik hizmeti alınmadan inşaa edilmiştir.

Türkiye fay hareketliliği yüksek bir coğrafyada yer almaktadır ve bu sebeple yapıların projelendirilmesinde deprem kuvvetleri birinci derece etkilidir. Mevcut yapı stoğunun önemli bir kısmını oluşturan yığma yapılar aynı zamanda tarihi nitelikli kültür yapıları olduğundan bu yapıların deprem güvenliğinin sağlanması önemlidir. Ancak yaşanan depremlerde yığma yapılar gevrek malzeme kullanımı ve de yapı ağırlığı fazla olması nedeniyle farklı davranışlar göstermiştir.

Bir yığma binanın belirli bir şiddetteki bir deprem anında ne kadar hasara uğrayacağını kesin olarak belirlemek mümkün değildir ancak deprem güvenliğinin değerlendirmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Yığma binaların deprem performanslarının belirlenmesi karmaşık analizler ve analiz edilen binadan elde edilen ayrıntılı geometrik ve malzeme verileri gerektirdiğinden uzun zaman almakta ve uzmanlık gerektirmektedir. Bu sebeple mevcut yapı stokunun olası deprem risklerine karşı yeterli dayanımda olup olmadığının daha hızlı bir biçimde tespit edilebilmesi amacıyla, mevzuatta hızlı değerlendirme yöntemleri tanımlanmıştır.

Planlanan çalışmada yığma yapıların deprem güvenliğinin farklı yöntemlere göre belirlenmesi amaçlanmaktadır. Bu çalışma iki aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada yığma bina modeli, 1 Ocak 2019 da yürürlüğe giren Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018) hükümleri dikkate alınarak sonlu elemanlar yöntemleri oluşturulmuştur. Model yapının yapısal analizi, doğrusal hesap yöntemlerinden eşdeğer deprem yükü yöntemi ile yapılacaktır. Çalışmanın ikinci aşamasında ise aynı bina modeli Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar (RYTEİE-2019) hükümlerine göre oluşturularak statik ve dinamik yükler etkisinde analiz yapılacaktır. Her iki yönetmeliğe göre yapılan analizler sonucunda binada meydana gelen yerdeğiştirmeler, taban kesme

kuvvetleri ve iç kuvvetler elde edilecektir. Çalışmanın son aşamasında incelenen yığma binanın TBDY-2018 ve RYTEİE-2019 kriterlerine göre model oluşturma, hesap yöntemleri, yerdeğiştime ve deprem güvenlik sınırları açısından karşılaştırmaalı analizi yapılacaktır.

Çalışma kapsamında yapılan analiz ve değerlendirmelerde kullanılan yığma bina modeli Zonguldak ilinin Kdz.Ereğli ilçesinde 1863 yılında inşa edilmiş bir yapıdır. Piyalepaşa Konağı uzun yıllar mesken olarak kullanılmış, 1998 yılından itibaren Karadeniz Bölge Komutanlığı tarafından Misafirhane olarak kullanılmaya başlanmıştır.



2. GENEL BİLGİLER

Yığma yapılar taş, tuğla, briket gibi yapı malzemelerinin üst üste yerleştirilip kendi ağırlıkları ve harç ile birleştirilmesiyle oluşturulan taşıyıcı sistemlere sahiptir. Yığma binalarda taşıyıcı elemanlar olan duvarlar aynı zamanda hacimleri oluşturarak mimari işlevi vardır. Duvarlar dış etkilerden yapıyı korurlar ve iç bölmeleri ayırırlar. Bu sebeple yapıyı oluşturan tüm duvarlar kullanım ve yapım açısından yığma binaların önemli üstünlüğüdür (Bayülke, 2011).

Yığma binalar eskiden beri konut veya hizmet amaçlı olarak tercih edilen bir yapı türüdür. Yerel malzeme temini kolaylığı, az bakım gerektirmesi, ses yalıtımı, yangına dayanıklı olması, ısı yalıtımı gibi üstünlükleri bulunan yığma binalarda stabiliteyi sağlamak amacıyla duvarları kalın olarak inşa edilmektedir.

Gevrek malzeme olarak adlandırdığımız bu yapı kısımları, deprem kuvvetleri altında erken deformasyon göstermektedir ve böylelikle kesme kuvvetinin tesiri altında çatlaklar oluşan duvar elemanlarında, bir süre sonra düşey yükleri de taşınmayacak biçimde hasar oluşmaktadır. Kullanılan malzemenin dayanımı, yapıştırma harcının dayanımı, iyi kalite işçilik, depreme dayanıklı yığma yapının ön koşulu olarak tanımlanmaktadır (Bayülke, 1978), (Düzgün, 1985).

Yığma yapıların yapım ve kullanım açılarından üstün olmalarına rağmen, duvar kalınlıkları sebebi ile fazla ağır olmaları ve deprem gibi dinamik ve yatay yüklere karşı dayanımlarının az olması sebebiyle genellikle bu yapılar deprem riski yüksek olarak değerlendirilmektedir.

Ülkemizde yeni yapıların binaların önemli bir oranı betonarme taşıyıcı sistem ile inşa edilse bile geçmişi çok eski olmakla birlikte günümüzde halen yığma binaların yapımına devam edilmektedir. Bu nedenle yapıların mümkün olduğu kadar depreme dayanıklı tasarlanması, deprem davranışlarının öngörülmesi ve depreme karşı dayanımlarının artırılması gerekmektedir (Bayülke, 1992). Bununla birlikte mevcut binalarında deprem güvenliğinin belirlenmesi gerekmektedir.

2.1. Yığma Bina Türleri

Yığma binalarda taşıyıcı sistemi oluşturan yapı elamanları duvarlardır. Taşıyıcı duvarlar tuğla, taş, kerpiç, briket, hafif beton blok, gazbeton vb. malzemelerden oluşur ve bunlar yığma binanın kargir birimi olarak adlandırılır. Yığma binalarda kullanılacak bu birimlerin genellikle kullanımı basit, basınç mukavemeti yüksek ve bağlantı harcı ile uyumlu nitelikte olması gerekmektedir. Yığma binaların çeşitlendirilmesinde bu kargir birimler esas alınır.

Yığma yapılar Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde (TBDY-2018) yapım şekillerine göre sınıflandırılmıştır. Bunlar sırasıyla, donatısız yığma binalar, kuşatılmış yığma binalar, donatılı yığma binalar ve donatılı panel sistemli binalardır (TBDY-2018).

2.1.1. Donatısız Yığma Binalar

Yığma taşıyıcı duvarların donatı kullanılmadan sadece kargir birim ve harç kullanılarak inşa edilen süneklilik düzeyi sınırlı bina türüdür (TBDY-2018).

Donatısız yığma binaların rijitlikleri fazladır. Bunun sebebi taşıyıcı duvarlarda kullanılan gevrek malzemelerdir. Bu sebeple bu yapıların deprem anında gevrek davranış gösterdikleri söylenebilir (Paulay & Priestley, 1992).

Ülkemizin kırsal kesimlerinde mühendislik hizmeti almadan inşaa edilmiş binaların çoğu donatısız yığma bina özelliğindedir. Bu yapılar kullanılan kargir birim cinsine göre çeşitli şekillerde inşaa edilebilmektedir.

a) Taş Yığma Binalar: Taşıyıcı duvarları mümkün olduğunca bulunduğu bölgeden temin edilen taşların bağlayıcı harç ile doldurulmasıyla oluşan yapılardır. Doğadan elde edilecek taşların suya dayanıklı ufalanmayan, yüksek dayanımlı olmalarına dikkat edilmelidir. Duvarda kullanılacak taşların mümkün olduğu kadar köşeli, pürüzlü ve harç ile yapışacak tarzda olması gereklidir (Düzgün, 1985).

Taş yığma binalarla daha çok kırsal kesimlerde karşılaşılacaktır. Eski zamanlarda kullanımı çok yaygın olan bu taşların kullanımı mevcut yönetmelikte kısıtlandırılmış ve yalnızca zemin ve bodrum katlarda kullanımına izin verilmiştir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Taş yığma bina örneği (Arun, 2005)

b) Kerpiç Yığma Binalar: Yapısında taneleri birleştirecek oranda kil içeren kum oranı yüksek topraklar, saman gibi lifli katkıları eklenerek su ile harç biçimine getirilir, sonra ahşap kalıplara doldurulur, şekillendirilip kalıptan çıkarılan ve güneş altında kurutulmasıyla elde edilmiş yapı malzemesi “kerpiç” adını alır. İçerisinde bulunan kil miktarı kerpicing niteliğini belirler (TS 2514 (1977)).

Kerpiç ekonomik olarak uygun olması, malzeme temini kolaylığı ve yalıtımsal olarak kışın sıcak yazın serin tutan bir malzeme olması sebebi ile bir çok köy evinin yapımında kullanılmıştır (Şekil 2.2). Ayrıca yangın dayanımı ve ses izolasyonu konusunda üstün özelliklere sahiptir. Fakat kerpiç basınç dayanımı bakımından düşük değerlere sahiptir ve bunun yanında su etkilerine karşı dayanıksızdır (Çavuş, vd. 2015).

Ülkemizde kırsalda halen kerpiç binalara rastlanmasına rağmen yaşanan depremlerdeki performansı sebebi ile 2018 Bina Deprem Yönetmeliğinde kerpicing yapı malzemesi olarak kullanımı yasak hale getirilmiştir (TBDY-2018).



Şekil 2.2. Kerpiçten yapılmış bina (Çavuş vd., 2015)

c) Tuğla Yığma Binalar: Tuğla, kil ve ince milin ocaklarda çıkarılarak harman edilip, daha sonra kalıplanıp fırınlanmasıyla elde edilen bir yapı malzemesidir. Tuğlalar malzeme türü olarak seramik sınıfına girerler ve inorganik, yüksek ısıda işlem görmüş silikatlar ve metal oksitlerdir. Oksitlenmiş bir malzeme olduğundan kimyasal bakımdan denge noktasındadır ve yeni bir kimyasal tepkimeye girmez. Fiziksel olarak sert, gevrek ve ısıya dayanıklı bir malzeme türüdür. Tuğla basınç dayanımı yüksek bir malzemedir. Bu malzemede su emme kapasitesi basınç dayanımını etkileyen en önemli faktördür ve bu değer %15 altında olmamalıdır. Su emme kapasitesinin bu değerden düşük olması durumunda yapıştırma harcının suyunun azalmasına neden olur ve taşıma gücü bakımından düşük duvar elde edilmiş olur (TS EN 771-1 (2015)).

Duvarın mukavemetini belirleyen önemli faktörler arasında; kullanılan tuğlanın üretim kalitesi, tuğla örme biçimi ve kullanılan harç kalitesi gibi faktörler yer almaktadır. Tuğla gevrek bir malzemedir. Bu sebeple kayma ve çekme dayanımına oranla basınç dayanımları çok daha yüksek değerlere sahiptir. Tuğlaların basınç dayanımı üretim şartlarına göre değişkenlik göstermektedir. Bu değerler yaklaşık olarak 10 MPa ve 30 MPa arasında değişiklik gösterir. Çekme dayanımı değeri ise yaklaşık olarak %10'luk bir basınç dayanımı değerine, kayma dayanımı ise %30'luk bir basınç dayanımı değerine karşılık gelmektedir (Ünay, 2002).

Harman tuğlası kullanımı eski dönemde çok yaygındı. Harman tuğlası üretimi yerel ocaklarda belli bir standarta tabii olmadan kontrolsüz ve düşük ısılarda üretilmekteydi. Basınç dayanımı düşük, su emme kapasitesi ise oldukça yüksektir. Harman tuğlasının kesme dayanımı yüksektir. Bunun sebebi deliksiz bir yapıda olması ve harç cebinin bulunmasıdır. Boyutları yaklaşık olarak 5,5 cmx11 cmx23 cm'dir. Harman tuğlası günümüzde yerini fabrika tuğlalarına bırakmıştır (Şekil 2.3). Fabrika tuğlaları harman tuğlasına göre; delikli ve blok halde üretilmesi, taşıma ve yerine koyma şekilleri işçiliği gibi özellikleri bakımından üstün özelliklere sahiptir. Taşıyıcı blok tuğlaların boyutları 8.5 cmx19 cmx38-40 cm'dir ve delik oranları %35'i aşmamalıdır (Bayülke, 2011).

Duvarlar bir tuğla yığma yapıda yatay ve düşey yükleri karşılayan yapı elemanlarıdır. Bu nedenle taşıyıcı duvarın yerleşim planı, boyutu, taşıyıcı duvar boşlukları, işçilik, kullanılan tuğla kalitesi gibi faktörler doğrudan yığma vinaların deprem davranışına etki eden faktörlerdir (Erberik, 2007). Bu faktörler dikkate alınarak deprem yönetmeliklerinde zorunlu tutulan tasarım kuralları belirlenmektedir.



Şekil 2.3. Tuğla yığma bina örneği (Arun, 2005)

2.1.2. Kuşatılmış Yığma Binalar

Kuşatılmış yığma binalar birbirlerine ve döşemeye betonarme olarak bağlı, taşıyıcı duvarların örülmesinden sonra ve bunları kalıp olarak kullanarak hazırlanan yatay ve düşey hatılların kurallara uygun olacak biçimde teşkil edilmesi ile oluşturulan süneklik düzeyi sınırlı binalardır (TBDY-2018).

Görsel olarak bu binalar betonarme binalara benzemektedir. Aralarındaki en temel fark ise kullanılan yatay ve düşey hatıl betonarme enkesitlerinin oldukça küçük olmasıdır. Yüksek rijit özellik gösteren bu yapılarda, betonarme yapılar için gerekli olan süneklik ve kapasite tasarım kuralları uygulanmaz. Yatay ve düşey hatıl boyutlandırılması da betonarme hesaplara göre yapılamaz (Smyrou, 2016).



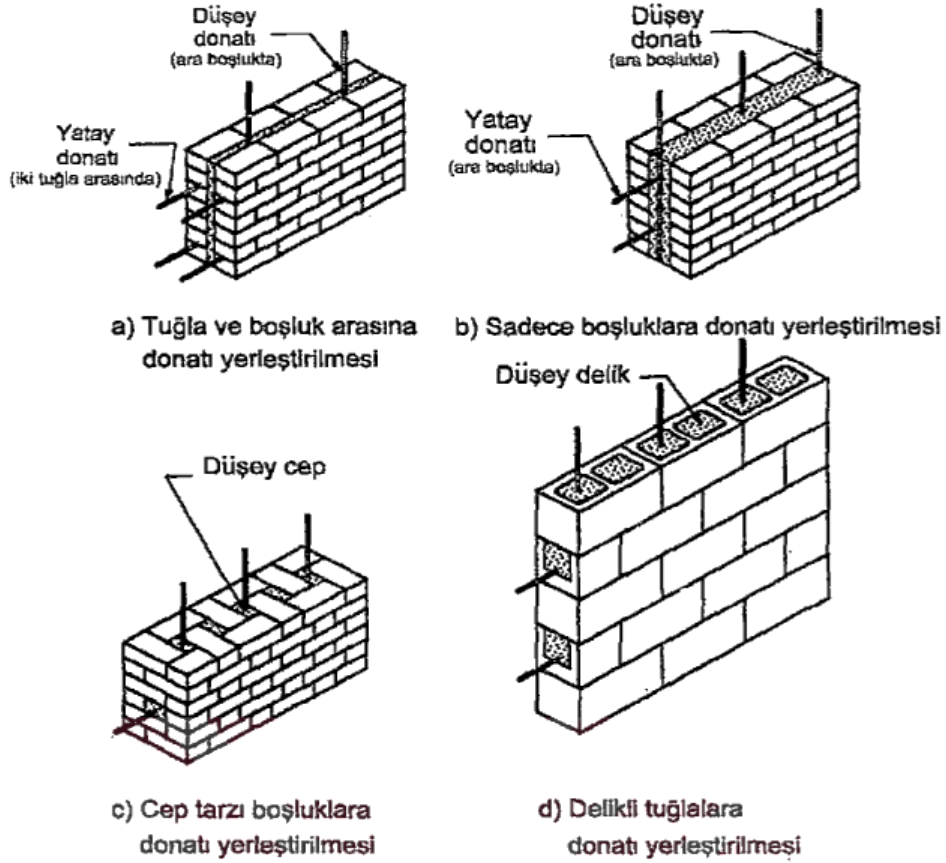
Şekil 2.4. Kuşatılmış yığma bina (Smyrou, 2016)

Kuşatılmış yığma binada yatay ve düşey hatıllar sayesinde yük dağılımı, donatısız yığma yağıya oranla daha uniform sağlanmaktadır (Şekil 2.4). Bu yapıların süneklik düzeyleri sınırlıdır. Fakat bünyesinde yer alan betonarme elemanlar sayesinde deprem davranışı bakımından donatısız yığma binalara göre daha iyi deprem performansı göstermektedir. Yatay ve düşey hatılarda kullanılacak donatı ve beton özellikleri, kullanılacak duvar malzemesi kadar önemlidir. Önemli bir deprem kuşağında yer alan ülkemizde bu malzemelerin deprem yönetmeliklerince uygun görülen standartlarda kullanılması gerekmektedir.

2.1.2. Donatılı Yığma Binalar

Donatılı yığma bina, kargir birim ve harç kullanılarak oluşturulan taşıyıcı duvarlara kurallara uygun şekilde donatı yerleştirilmesiyle elde edilen süneklik düzeyi yüksek binalardır (TBDY-2018).

Donatılı yığma yapıda ana taşıyıcı sistemi duvarlar oluşturur. Duvarların çeşitli yapım şekilleri vardır (Şekil 2.5). Donatılı duvarlarda, donatının duvara yerleştirilmiş biçimi duvarda kullanılan yapı malzemesinin şekline ve biçimine göre değişmektedir (Büyükgökmen, 2001).



Şekil 2.5. Duvar tipine bağlı donatı detayları (Büyükgökmen, 2001)

Donatılı yığma binalarda yığma duvarların sünekliğini arttırmak amacıyla yatay ve düşey donatılar yerleştirilmekte ve bu sayede duvarların dayanımı arttırılmaktadır. Geçmiş depremlerde kuşatılmış ve donatılı yığma binaların depreme karşı iyi performans gösterdikleri, fakat donatısız yığma binalarda aynı performansın gözlenemediği raporlanmıştır (Bruneau, 1994).

Donatılı yığma yapıların donatısızlara göre deprem davranışının daha iyi olacağı öngörülebilir. Bu yapılarda yatay deprem kuvvetlerini donatılar karşılamaktadır. Boşlukları harç ile doldurulmamış donatılı yığma yapıların, boşlukları harç ile doldurulmuş yığma yapılara göre kesme dayanımları daha düşüktür. Harç ile doldurulmuş olanların dayanımı yaklaşık olarak %25 daha büyüktür. Donatılı yığma yapı inşaatında, özel olarak üretilmiş malzemeler kullanılmalıdır. Bu sebeple donatılı yığma yapılar, donatısız yığma yapılara oranla daha maliyetlidir (Aytekin, 2006).

2.1.3. Donatılı Panel Sistemli Bina

Donatılı panel sistemli bina, önüretimli donatılı gazbeton panellerin arası yivlere yerleştirilen donatıların temele ve kat seviyelerindeki betonarme hatıllara bağlandığı ve düşey gazbeton panellerin yan yana getirilerek taşıyıcı duvarları teşkil ettiği, yine donatılı gazbeton panellerin betonarme hatıllara bağlanarak döşemeleri meydana getirdiği sünelik düzeyi yüksek binalardır (TBDY-2018, TS EN 12602 2016).



Şekil 2.6. Donatılı panel sistemli yığma bina örneği (Ytong, 2019)

Donatılı gazbeton paneller depreme dayanıklı yığma bina tasarımında yapı elemanı olarak tercih edilirler (Şekil 2.6). Tercih sebebi olarak bu malzemenin hafif oluşu, fiziksel ve mekanik özelliklerinin iyi oluşu ve düşük özgül ağırlık değerlerine sahip olması gibi özellikler ön plana çıkmaktadır (Özeren, 2016).

Donatılı panel sistemli binaların maliyeti yüksek olduğundan halihazırda ülkemizde yaygın olarak kullanılmamaktadır. Ancak bu yapıların tasarımına ilişkin kurallar 2018 Bina Deprem Yönetmeliğinde özel bir bölüm olarak yer aldığından önümüzdeki yıllarda bu tip yığma binaların sayısının da artacağı değerlendirilmektedir.

2.2. Yığma Binaların Deprem Davranışı

Yığma binalarda, depremden dolayı oluşan hasarlar, taşıyıcı duvarlarda düzlem dışı ve düzlem içi hareket ile oluşan çatlaklar ve kısmen yıkılma şeklinde değerlendirilebilir. Bununla birlikte yığma binalarda bütün duvarlar taşıyıcı olduğundan duvarlardaki her türlü hasar doğrudan taşıyıcı sistemi etkilemekte ve bu açıdan betonarme binalardaki gibi taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan bölüm hasarı gibi bir ayırım yapılamamaktadır. Pencere boşlukları arasında ve pencere altlarındaki duvarlarda deprem yükleri sebebi ile oluşan diyagonal kesme çatlakları kapasitede önemli kayıplara sebep olmaktadır.

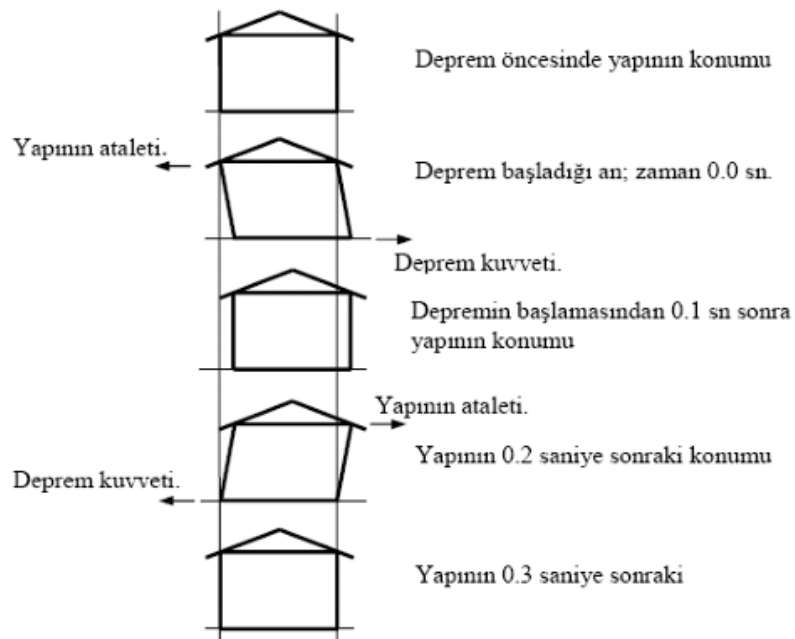
Yığma binalarda kullanılan malzemeler gevrek bir yapıya sahip olduklarından küçük şiddetli depremlerde bile yapılarda önemli çatlak ve hasarlar oluşabilmektedir (Şekil 2.7). Yığma binalarda oluşan çatlakların yönü, biçimi ve genişliği yığma yapının dış duvarlarındaki pencere ve kapı boşluklarının yerine ve alanına, duvarlarda oluşan düşey gerilmeye ve etkiyen yatay deprem kuvvetine, düğüm noktalarının teşkil ediliş şekillerine bağlıdır (Önal & Koçak, 2005).

Şekil 2.8’de gösterildiği gibi zeminde oluşan deprem hareketi binayı bir yöne doğru hareket ettirir ve yapı ağırlığı ile bu harekete karşı direnç oluşturarak başlangıç konumuna geri dönmek ister. Yapının sahip olduğu direnç atalet kuvvetleri olarak tanımlanır. Sonuç olarak deprem kuvvetleri ve atalet kuvvetleri yapıyı farklı iki yönde hareket ettirmek isterler, eğer yapının rijitliği yeterliyse yapı çatlamadan durabilir.

Bu rijitlik yoksa duvarlarda çatlaklar oluşur ve depremin devam etmesi ile bu çatlaklar genişleyerek yapının duvarlarında hasar oluşmasına yol açar (Bayülke, 1978). Simetrik plana sahip olmayan yığma binalarda rijitlik merkezi ve ağırlık merkezi birbirine yakın olmadığı durumlarda çatlak olasılığı daha yüksektir (Atımtay, 2000).



Şekil 2.7. Yığma yapı deprem hasarı



Şekil 2.8. Deprem kuvveti etkisinde yapı davranışı (Bayülke, 1978)

Deprem kuvveti etkisinde yığma yapı davranışı iki tiptir. Kat düzeyinde rijit betonarme döşemeye sahip olan yapılarda döşeme yapıya gelen yatay yükleri rijitlikleri oranında taşıyıcı duvarlara dağıtmaktave duvarlarda kesme kırılımları olmaktadır. Şekil 2.9’da rijit kat döşemesi bulunan yığma binada oluşan deprem hasarı gösterilmektedir (Bayülke, 2011).



Şekil 2.9. Rijit kat döşemeli yapıda deprem hasarı (Bayülke, 2011)

Rijit kat döşemesi bulunmayan ahşap döşeme ya da çatı makası ile bağlanmış duvarlı yığma yapılarda, duvarlar zemine ankastre kirişler gibi davranıp düzlemlerine dik yönde salınım yapmaktadır. Bu davranış ile yapı köşelerinde ayrışmalar biçimince hasar başlangıcı görülmektedir. Özellikle geniş hacime sahip ve duvarları yüksek ya da kat seviyeli yapılarda hasar köşe noktalarda ayrışma şeklinde gözlemlenmektedir. Şekil 2.10’da rijit kat döşemesi bulunmayan binada meydana gelen deprem hasarı gösterilmektedir (Bayülke, 2011).

Geçmişte meydana gelen depremlerde özellikle yapısal detaylandırmanın yetersiz olması, taşıyıcı duvarların hatıllar kullanılmadan inşa edilmesi ve çatıların doğrudan duvarlara yerleştirilmesinin düzlem dışı davranışa yol açmakta olduğu, düzlem dışı göçmelerin duvarların düzlemiçi göçmelere göre daha düşük şiddetli depremlerde meydana geldiği raporlanmıştır (Amani , 2019); (Oyguç, 2017).



Şekil 2.10. Rijit kat döşemesi bulunmayan yapıda deprem hasarı (Bayülke, 2011)

2.3. Yığma Binaların Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği -2018'e Tasarım Kuralları

Ülkemiz yüzölçümünün yaklaşık %92'si yüksek deprem riskinin olduğu bir kuşak üzerinde bulunmaktadır ve son on yıllarda belirli zaman aralıklarında yıkıcı depremler farklı bölgelerde meydana gelmiştir. Bu yıkıcı depremler, önceden ve şimdi önemli oranda can ve mal kayıplarına yolaçmıştır. Geçmiş yıllardan günümüz tarihine kadar yığma binalar ile ilgili tasarım kriterleri belirlenmiş ve birçok deprem yönetmeliği yürürlüğe girmiştir. Yaşanan depremler sonrası yapılan saha incelemelerinde elde edilen tecrübeler ve binaların deprem güvenliğini artırmak amacıyla yapılan akademik çalışmalar değerlendirilerek deprem yönetmeliği güncellenmiş ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 yürürlüğe girmiştir.

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018) de yığma binaların tasarım kriterleri Bölüm-11 de tanımlanmıştır ve yeni yapılacak yığma binaların bu bölümde belirtilen kriterlerine uygun bir şekilde tasarlanması gerekmektedir. Bu yönetmelik kapsamında yığma binalar dört ana başlığa ayrılmıştır, bu bina türleri önceki bölümde tanımlanmıştır.

2.3.1. Yığma Binalarda Bina Yükseklik Sınıfının Belirlenmesi

Bina yükseklik sınıfının belirlenebilmesi için öncelikle yönetmelikte yer alan deprem tasarım sınıfları (DTS), bina kullanım sınıfı (BKS) gibi kavramların belirlenmesi gerekir. Bina kullanım sınıfı (BKS), binaları kullanım amacına göre sınıflandıran ve binanın depremden hemen sonra kullanım önceliğine göre deprem kuvvetlerini belirleyen bir katsayı olarak tanımlanmaktadır. Deprem sonrası kullanımı gereken binalar, insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar, değerli eşyanın saklandığı binalar ve tehlikeli madde içeren binalar (BKS=1) için bu katsayı 1,5 olarak tanımlanırken, konut, işyeri, otel gibi yaygın bina türlerinde (BKS=3) ise 1,0 olarak tanımlanmaktadır.

Depreme dayanıklı yapı tasarımının kullanılan Deprem Tasarım Sınıfları (DTS), yapıya ait konum bilgilerinden yararlanılarak DD-2 deprem yer hareket düzeyi için belirlenen kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı (SDS) ve Bina Kullanım Sınıfı'na göre belirlenmektedir. Deprem sonrası kullanımı gereken ve insanların uzun süreli yoğun olarak bulunduğu binalar için tasarım sınıfı "a" özel indisi olarak tanımlanmaktadır. Tasarım spektral ivme katsayısının değeri büyüdükçe DTS azalmaktadır. Deprem yönetmeliğinde tanımlanmış deprem tasarım sınıfları Tablo 2.1'de gösterilmektedir.

Tablo 2.1. Deprem tasarım sınıfları (DTS) (TBDY-2018)

DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyinde Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı (S_{DS})	Bina Kullanım Sınıfı	
	BKS = 1	BKS = 2, 3
$S_{DS} < 0.33$	DTS = 4a	DTS = 4
$0.33 \leq S_{DS} < 0.50$	DTS = 3a	DTS = 3
$0.50 \leq S_{DS} < 0.75$	DTS = 2a	DTS = 2
$0.75 \leq S_{DS}$	DTS = 1a	DTS = 1

2.3.2. Yükseklik Sınıfı Aralıkları

Deprem dayanıklı yapı tasarımında binalar yükseklikleri bakımından sekiz gruba ayrılmıştır. Bu sınıflandırma binanın yüksekliğine ve deprem tasarım sınıfına (DTS) göre

yapılmaktadır. Burada bina taban kotu belirleyicidir. Eğer binanın en az üç tarafı rijit bodrum perdeleri ile çevrili ve tüm bodrum perdeleri dikkate alınarak hesaplanan titreşim periyodunun bodrum perdeleri hesaba katılmadan hesaplanan titreşim periyoduna oranı 1,1'den küçük ise bu binalarda bina tabanı perdenin üst katındaki döşeme seviyesinden tanımlanmaktadır. Bunun dışında kalan binalarda ise bina tabanı temel üst kotundan tanımlanmaktadır. Deprem etkisi altında binalar yükseklik sınıfları bakımından sekiz sınıfa ayrılmıştır ve Tablo 2.2'de gösterilmektedir. Bina yükseklik sınıfları, bina yüksekliğinin 70m'den fazla olan yapılarda $BYS=1$ iken, 7 m'den küçük olan binalar için $BYS=8$ olmaktadır.

Yığma bina türleri için izin verilen en çok kat adetleri ise bina yükseklik sınıfı ile sınırlanmıştır. Döşemeli yığma binalar ve donatılı gazbeton panel binalarda bina yüksekliği 10,5 m'ye kadar ($BYS \geq 7$) izin verilirken, kuşatılmış yığma binalar ve kuşatılmış yığma bina türlerine 7,0 m yüksekliğe kadar ($BYS=8$) izin verilmektedir. Bu katlara ek olarak yapılacak çatı kat alanı, temeldeki bina brüt alanının %25'inden büyük olamaz. Ayrıca tek bir bodrum kat yapılabilmektedir. Bina yükseklik sınıfı, deprem yükleri için uygulanacak hesap yöntemini, izin verilen taşıyıcı sistem özelliklerini sınırlandırmaktadır.

Tablo 2.2. Bina yükseklik sınıfları ve deprem tasarım sınıflarına göre tanımlanan bina yükseklik aralıkları

Bina Yükseklik Sınıfı	Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları [m]		
	DTS = 1, 1a, 2, 2a	DTS = 3, 3a	DTS = 4, 4a
BYS = 1	$H_N > 70$	$H_N > 91$	$H_N > 105$
BYS = 2	$56 < H_N \leq 70$	$70 < H_N \leq 91$	$91 < H_N \leq 105$
BYS = 3	$42 < H_N \leq 56$	$56 < H_N \leq 70$	$56 < H_N \leq 91$
BYS = 4	$28 < H_N \leq 42$	$42 < H_N \leq 56$	
BYS = 5	$17.5 < H_N \leq 28$	$28 < H_N \leq 42$	
BYS = 6	$10.5 < H_N \leq 17.5$	$17.5 < H_N \leq 28$	
BYS = 7	$7 < H_N \leq 10.5$	$10.5 < H_N \leq 17.5$	
BYS = 8	$H_N \leq 7$	$H_N \leq 10.5$	

2.3.3. Yığma Binalarda Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısının Belirlenmesi

Taşıyıcı sistem davranış katsayısı binanın malzeme özellikleri ve süneklik düzeyine göre belirlenmektedir. Süneklik düzeyi yüksek taşıyıcı sisteme sahip donatılı yığma binalar ve ve donatılı gazbeton panel binalarda “4” olarak belirlenirken, süneklik düzeyi sınırlı taşıyıcı sisteme sahip kuşatılmış yığma binalarda “3”, donatısız yığma binalarda ise “2,5” olarak belirlenmiştir.

2.3.4. Yığma Binalarda Dayanım Fazlalığı Katsayısı

Deprem fazlalığı katsayısı TBDY-2018’de tahmin edilen süneklik kapasitesi ve periyot esas alınarak belirlenen akma dayanımının, taşıma gücü yaklaşımına göre kesit tasarımı yapılırken sistemin sahip olması gereken tasarım dayanımına oranı olarak belirlenmektedir. Yapıların tasarımında yükleri artırmak için yük katsayılarının kullanılması, malzeme tasarım dayanımlarının güvenlik katsayılarına bölünerek azaltılması, taşıyıcı olmayan elemanların sisteme yaptığı katkıların dikkate alınmaması ile belirlenen tasarım dayanımı, yapının gerçek dayanımından daha düşük olmaktadır. Bu oran yığma binalarda 1,5-2 olarak tanımlanmıştır.

2.3.5. Yığma Binalarda Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı

Taşıyıcı sistem davranış katsayısı, bina önem katsayısı ve dayanım fazlalığı katsayısı dikkate alınarak hesaplanan deprem yükü azaltma katsayısı, doğrusal elastik sistemin dayanım talebinin taşıma gücü ile kesit tasarımı yapılırken taşıyıcı sistemin sahip olması gereken tasarım dayanımına oranıdır. TBDY-2018 dayanıma göre tasarımda kullanılan doğrusal elastik deprem yüklerinin azaltılmasında esas alınacak Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı $R_a(T)$ Denklem (1.1) ile tanımlanmıştır.

$$R_a(T) = \frac{R}{I} \quad T > T_B \quad (1.1a)$$

$$R_a(T) = D + \left(\frac{R}{I} - D \right) \frac{T}{T_B} \quad T \leq T_B \quad (1.1b)$$

Denklemdaki R, taşıyıcı sistem davranış katsayısı, D, dayanım fazlalığı katsayısı, T_B ise spektrum eğrisi köşe periyodudur. Taşıyıcı sistem davranış katsayısı ve dayanım fazlalığı katsayısı sistemin süneklik düzeyine ve bina yükseklik sınıfına göre belirlenmektedir.

2.3.6. Yığma Binalarda Kullanılan Malzemeler

Yığma yapılar, kerpiç, doğal taş, tuğla gibi çeşitli türlerde malzeme kullanılarak yapılmaktadır. Yaygın olarak kullanılan malzemeler doğal taş ve tuğladır. Yapıda kullanılan elemanların seçiminde malzemelerin fiziksel ve kimyasal özellikleri belirleyicidir. Yığma yapı elemanları özellikle basınç dayanımı yüksek, çekme dayanımı düşük malzemelerden oluşmaktadır. Bu durumda büyük basınç kuvvetlerine maruz kalabilecek olan bu elemanlar eğilme ve kayma etkisine karşı dayanıklı değildir. Bu yapı elemanlarının bir araya getirilmesi, bir bağlayıcı (harç ve benzeri) malzeme kullanılarak birleştirilmesiyle oluşan yapıda, birim elemanların özellikleri, bağlayıcı malzemenin (harcın) özellikleri ve birim elemanların bağlayıcı harçla birlikte davranışı incelenmelidir. Yığma yapının davranışı bu özelliklere bağlı olarak değerlendirilmelidir. (Kara, 2009).

2.3.6.1. Yığma Binalarda Malzeme - Doğal Taş

Tuğla yığma yapılarda temel ve bodrum dış ve bazende iç duvar malzemesi olarak doğal taş kullanılmaktadır. Taş duvarların geometrisi yaklaşık olarak 50-60 cm kalınlıktadır. Örgü biçimleri düzgün olmayabilir. Bununla birlikte boyutları nedeni ile zorlandıkları düşey gerilmeler azdır.

Betona kat döşemesine sahip ve tuğla yığma duvarlı bir yapının duvar yükü kat başına yaklaşık olarak 3,5 ton/metredir. Üç katlı bir yapının 50 cm kalınlığındaki bodrum duvarına yaklaşık 10,5 ton / metre yük etki etmektedir. 50 cm genişlikte 100 cm uzunlukta taş bodrum kat duvarında düşey gerilme $10500 \text{ kgf} / (50 \text{ cm} \times 100 \text{ cm}) = 2 \text{ kg/cm}^2$ gibi oldukça düşük bir miktardadır. Bu taş bodrum duvarı işçilik özelliklerinden bağımsız olarak üzerine gelen yükü sorunsuz bir şekilde taşıyabilmektedir (Bayülke, 2011).

2.3.6.2. Yığma Binalarda Malzeme - Tuğla

Yapı malzemesi olarak tuğlanın kullanımı; jeolojik, ekonomik ve ideolojik koşullara göre gelişim göstermiştir. Taş ve ahşabın nadir bulunduğu ve maliyetinin yüksek olduğu bölgelerde, kilden yapılmış tuğla tipleri yapı malzemesi olarak kullanılmıştır. İlk yerleşim yerlerinin tuğla yapımına uygun olan alüvyonlu toprakların yer aldığı geniş nehir havzalarında kurulduğu bilinmektedir. Bu bölgeler, Mezopotamya'da bulunan Fırat ve Dicle nehirlerinin aşağı kısımlarıdır (Ercan, 2010).

Eski zamanlarda tuğla yerel ocaklarda dolu harman tuğlası olarak üretilmekteydi. Harman tuğlası daha düşük ve kontrolsüz bir ısıda üretildiğinden dayanımı düşük ve su emme kapasitesi açısından yüksek değere sahiptir. Fakat harç cebi ve deliksiz olma özelliğinden oldukça yüksek kesme dayanımına sahiptir.

Harman tuğlasının yerini alan fabrika tuğlalarının taşınması ve yerine konulma işçiliği daha az olduğundan bu tuğlaların delikli ve blok olarak üretimi yapılmaktadır. Harman tuğlası yaklaşık 5,5 cm x 11 cm x 23 cm boytundadır, blok tuğla 8,5 cm x 19 cm x 38- 40 cm gibi boyutlarda üretilmektedir.

Taşıyıcı blok tuğla en çok % 35 düşey delik oranına sahip olmalıdır. Ancak bu boyutta ve az delik oranlı tuğlanın pişirilme işleminde önce kontrollü bir şekilde ve özel fırınlarda kurutulması gerekmektedir. Aksi halde et kalınlığının daha çok olması sebebi ile pişme esnasında çatlaklar ve kırılmalar meydana gelmektedir. Ayrıca % 35 delikli blok tuğla daha ağır olması nedeniyle işçilik açısından duvara yerleştirilmesi, duvar örülmesi daha zor ve masraflı olmaktadır. Bu sebeple delik oranı daha çok olan tuğlalar üretilmiştir. İşçilik bakımından kolaylığı sebebiyle % 60 kadar deliği boşluğu olan tuğlalar günümüzde kullanılmaktadır. Ancak delik oranı yüksek olan tuğlaların yığma binaların duvarlarında taşıyıcı olarak kullanılması uygun değildir (Bayülke, 2011).

2.3.7. Yığma Binalarda Kullanılan Malzemelerin Dayanım Özelliklerinin Belirlenmesi

Kargir birimler kullanılan malzeme tipi ve delik oranına göre iki gruba ayrılmıştır (Tablo 2.3). Donatı yerleştirilecek ve tamamen harçla doldurulacak olan birimdeki boşluklar, delik oranı hesabında dikkate alınmayacaktır. Ancak dikkate alınmayan bu delik oranı %15'den fazla olmayacaktır.

Tablo 2.3. Kargir birimlerin delik oranlarına göre gruplandırılması (TBDY-2018)

Kargir Birim Cinsi ^(*)	Grup I	Grup II
Tuğla	$\alpha \leq \%35$	$\%35 < \alpha \leq \%50$
Beton	$\alpha \leq \%35$	$\%35 < \alpha \leq \%50$

Yığma taşıyıcı duvarların karakteristik basınç dayanımı, iki yolla belirlenebilir: i) duvar numuneleri üzerinde TS EN 1052-1'e göre yapılacak deneyler yolu ile, ii) kargir birimve harç üzerinde sırasıyla TS EN 772-1 ve TS EN 1015-11 standartlarına göre yapılacak deneylerden elde edilen basınç dayanımları kullanılarak belirlenmektedir. Farklı duvar türleri için karakteristik basınç dayanımları Tablo 2.4'de gösterilmektedir.

Tablo 2.4. Yığma taşıyıcı duvarların karakteristik basınç dayanımı (TBDY-2018)

Birim- Birim Sınıfı	Harç sınıfı	Harç basınç dayanımı, f_m (MPa)*	Kargir birim basınç dayanımı, f_b (MPa)					
			5	10	15	20	25	30
Grup I	Genel amaçlı harç	M10-M20	3.4-4.2	5.5-6.8	7.3-9.0	8.9-11.0	10.4-12.9	11.9-14.6
		M2.5-M9	2.2-3.3	3.6-5.3	4.8-7.1	5.9-8.7	6.9-10.1	7.8-11.5
		M1-M2	1.7-2.1	2.8-3.4	3.7-4.5	4.5-5.5	5.2-6.4	5.9-7.3
Grup II ve Kesme taş		M10-M20	2.8-3.4	4.5-5.5	6.0-7.4	7.3-9.0	8.5-10.5	9.7-12.0
		M2.5-M9	1.8-2.7	3.0-4.4	3.9-5.8	4.8-7.1	5.6-8.3	6.4-9.4
		M1-M2	1.4-1.7	2.3-2.8	3.0-3.7	3.7-4.5	4.3-5.3	4.9-6.0
Tuğla (Grup I)	İnce tabakalı harç**		2.9	5.3	7.5	9.6	11.6	13.5
Tuğla (Grup II)			2.2	3.5	4.7	5.7	6.7	7.6
Beton (Grup I), Gazbeton			3.1	5.7	8.0	10.2	12.3	14.4
Beton (Grup II)			2.6	4.6	6.5	8.3	10.0	11.7

Taşıyıcı duvarların elastisite modülü, E_{duv} , TS EN 1052-1'e göre yapılacak deneyler ile belirlenmektedir. Bu deneylerin yapılamadığı durumlarda E_{duv} değeri yapısal çözümleme için $750fk$ değerine eşit alınacaktır. Donatılı paneller ile oluşturulmuş duvarların elastisite modülü ise $450fk$ olarak alınacaktır. Duvar kayma modülü, G_{duv} , elastisite modülünün %40'ı olarak dikkate alınacaktır.

2.3.8. Yığma Binaların Tasarım Adımları

Yığma binaların performans düzeyini belirlenmesi Dayanıma Göre Tasarım (DGT) yaklaşımı ile yapılmaktadır. Deprem etkisi altında bina taşıyıcı sistemlerinin tasarımı için iki ana yaklaşımdan biri olan Dayanıma Göre Tasarım (DGT) yaklaşımında:

- (a) Öngörülen belirli bir performans hedefi için tanımlanan taşıyıcı sistem süneklik kapasitesine karşı gelen azaltılmış deprem yükleri belirlenir.
- (b) Azaltılmış deprem yükleri altında taşıyıcı sistemin doğrusal deprem hesabı yapılır. Bu hesaptan bulunan eleman azaltılmış iç kuvvetleri, gerekli durumlarda dayanım fazlalığı da dikkate alınarak, diğer yüklerden oluşan iç kuvvetlerle birleştirilerek dayanım talepleri elde edilir.
- (c) Eleman dayanım talepleri, öngörülen performans hedefi için tanımlanmış bulunan eleman iç kuvvet kapasiteleri (dayanım kapasiteleri) ile karşılaştırılır.
- (d) Deprem hesabından elde edilen göreceli kat ötelemeleri izin verilen sınırlarla karşılaştırılır.
- (e) Dayanım taleplerinin dayanım kapasitelerinin altında olduğu ve aynı zamanda göreceli kat ötelemelerinin izin verilen sınırların altında olduğu gösterilerek tasarım tamamlanır. Aksi durumda eleman kesitleri değiştirilir ve hesap tekrarlanarak sonuca gidilir.

2.3.9. Yığma Binalarda Performans Hedefinin Belirlenmesi

TBDY-18’de deprem etkisi altında bina taşıyıcı sistemleri için performans hedefi dört kategoriye ayrılmıştır. Kesintisiz Kullanım (KK) Performans Düzeyi, binanın kesintisiz kullanım performans hedefini sağlayabilmesi için, taşıyıcı sistem elemanlarında yapısal hasarın meydana gelmediği ya da ihmal edilebilir düzeyde hasarların olduğu anlamına gelmektedir. Sınırlı Hasar (SH) Performans Düzeyi, bina taşıyıcı sistem elemanlarında sınırlı düzeyde hasarın meydana geldiği, yani doğrusal olmayan davranışın sınırlı kaldığı hasar düzeyi olarak tanımlanmaktadır. Kontrollü Hasar (KH) Performans Düzeyi, bina taşıyıcı sistem elemanlarında meydana gelen hasarın onarılabilir düzeyde olduğu, can güvenliğinin sağlandığı hasar düzeyi olarak tanımlanmaktadır. Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Düzeyi, bina taşıyıcı sistem elemanlarında ileri düzeyde ağır hasarın meydana geldiği göçme öncesindeki durumu tanımlamaktadır. Binanın kısmen veya toptan göçmesi önlenmiştir.

Yığma binalarda, normal performans hedefi olarak tanımlanan Kontrollü Hasar (KH) performans hedefini sağlamak üzere, DD-2 deprem yer hareketinin etkisi altında DGT hesap esasları ile deprem hesabı yapılacaktır. Eğer mevcut yığma binanın her iki doğrultuda konumlanmış taşıyıcı duvarlarının kesme kuvveti dayanımı, sisteme etki eden deprem yükleri altında oluşan kesme kuvvetlerini karşılamaya yeterli ise, binanın sınırlı hasar performans düzeyini sağladığı değerlendirilir. Herhangi bir katta ve uygulanan deprem doğrultusunda bu koşulun sağlanmadığı duvarların kat kesme kuvvetine katkısı %40'ın altında ise binanın kontrollü hasar performans düzeyinde olduğu belirlenir. Bu kesme kuvveti oranının %40'ı aşması durumunda ise binanın göçme durumunda olduğu kabul edilir.

2.4. Yığma Binaların Modellenmesi

Yığma binaların çözümlerinde modellemedeki amaç, yapının gerçeğe en yakın biçimde analizini gerçekleştirmektir. Yığma binalar tarihin en eski yapıları arasında olup yığma duvarların düzlem içi ve düzlem dışı davranışlarının incelenebilmesi için çeşitli modelleme yöntemleri geliştirilmiştir. Bilgisayar teknolojisinin ve yazılımların gelişmesi ile yığma binaların modellenerek statik ve dinamik yükler etkisinde analizi yapılabilmektedir.

TBDY-2018'de, yığma binaların deprem hesabı için bina taşıyıcı sisteminin matematiksel modeli oluşturularak düşey ve yatay yükler altetkisinde yapısal analiz yapılması gerekmektedir. Bu analiz için sonlu elemanlar yöntemi veya eşdeğer çubuk yöntemlerinden birinin kullanılması önerilmektedir.

2.4.1. Sonlu Elemanlar Yöntemi

Sonlu elemanlar yöntemi mühendislik çözümlerinde, yapıların üç boyutlu statik ve dinamik analizlerine olanak tanıyan, doğrusal ve doğrusal olmayan çözümlemelerin yapılabildiği ve sonuçların sayısal veya grafik olarak görüntülenebildiği bir analiz yöntemidir. Zaman ve ekonomi yönünden tercih edilen bu yöntemde çubuk, kabuk, plak, solid gibi çeşitli yapı eleman modelleme yöntemlerini bir arada kullanmak mümkün olmaktadır.

Her bir sonlu eleman için gerekli olan denklemler elde edilir. Sonra bütün denklemler problemin tanım bölgesini ifade edecek şekilde birleştirilir. Böylece probleme ait sistemin denklemleri elde edilmiş olur. Burada, temel değişkenlerin düğüm noktalarındaki değerleri, bu düğüm noktaları ile tanımlı bölge içinde sürekli bir değişime dönüştüren şekil fonksiyonlarından yararlanılır. Böylece, sonsuz sayıdaki küçük elemanların bir bütünü olarak düşünülebilen sürekli ortam, sonlu sayıda ve büyüklükte sonlu elemanlardan oluşan yarı sürekli bir ortama dönüşür. Sonlu elemanlara bölünmüş problemin tanım bölgesini artık sonlu eleman ağı oluşturmaktadır. Sonlu elemanların birbiriyle ilişkisi temel alınarak birleştirilmiş bu model matematik model olarak adlandırılır.

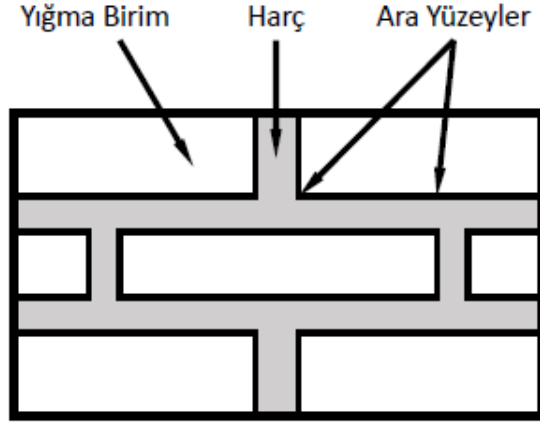
Bir matematik modelin doğruluğu ve gerçeğe yakınlığı, seçilen eleman tipine, eleman sayısına ve elemanların davranışına dair yapılan kabullere bağlıdır. Eleman sayısının artması, bilinmeyen sayısını da artırmakla birlikte sonuçların doğruluğunu da artırmaktadır. Bilinmeyen olarak yer değiştirmeler, gerilmeler ya da her ikisi birden seçilerek hesap yapıldığında diğer yapısal davranış parametreleri, çözümden elde edilir (Lourenço, 1996), (Koçak, 1999), (Dabanlı, 2008).

Sonlu elemanlar yöntemine göre yapılan modellemede yapılan kabuller ve kullanılan elemanlar, yığma binalarda betonarme binalara göre farklılık göstermektedir. Betonarme heterojen bir malzeme olmasına rağmen, yapılan kabuller sayesinde bu malzeme tek tip bir sonlu eleman olarak temsil edilebilmektedir. Fakat, yığma duvarlarda hem kargir birimler hem de harç oldukça farklı yapıya sahip malzemeler olduğundan yığma binalarda tek tip sonlu eleman kullanımı oldukça zordur. Bu sebeple yığma duvar tek tip bir sonlu olarak yalnızca gerçekçi kabullerle oluşturulabilir veya kargir birimler ve harç ayrı ayrı modellenenebilir. Fakat, ayrı ayrı modelleme yönteminde bilinmeyen sayısı fazla olacağından hesaplama zor olacaktır. Yapılan literatür araştırmalarına göre yığma bina, sistem tipi ve büyüklüğüne göre üç farklı modelleme yöntemi ile matematiksel olarak tanımlanabilmektedir.

2.4.1.1. Ayrıntılı Mikro Modelleme Yöntemi

Ayrıntılı mikro modelleme yönteminde, yığma duvarı oluşturan kargir birimler ve harç ayrı ayrı modellenmektedir ve birleşim bölgeleri de modele dahil edilmektedir (Şekil

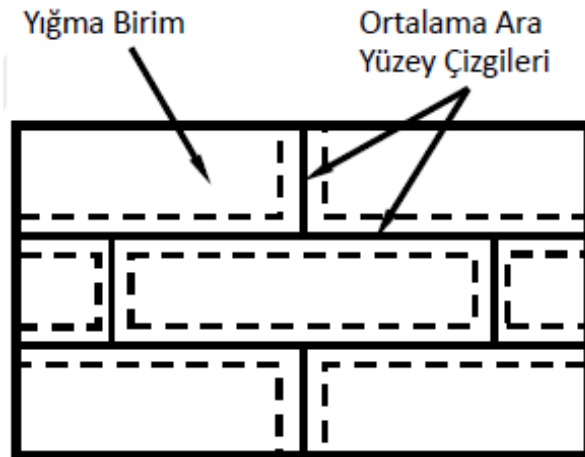
2.11). Ayrıntılı mikro modelleme tekniği ile basitleştirilmiş mikro modelleme ve makro modelleme tekniklerine göre daha doğru ve gerçeğe yakın sonuçlar elde edilebilmektedir (Lourenço, 1996).



Şekil 2.11. Ayrıntılı mikro model tekniği (Lourenço, 1996)

2.4.1.2. Basitleştirilmiş Mikro Modelleme Yöntemi

Harç derzleri ihmal edilerek modelleme yapılan bu yöntemde kargir birimler ara yüzey çizgileri ile birbirinden ayrılmaktadır (Şekil 2.12). Basitleştirilmiş mikro modelleme tekniğinde makro modelleme tekniğine göre daha doğru ve gerçekçi sonuçlar almak mümkündür.

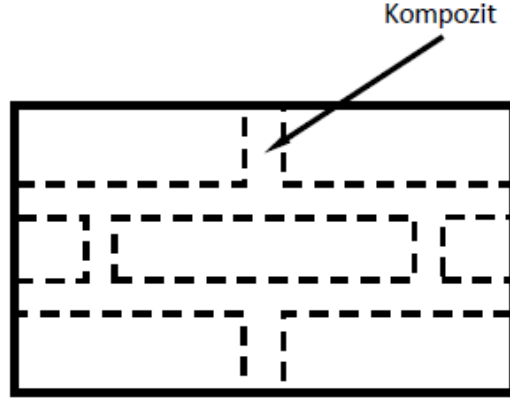


Şekil 2.12. Basitleştirilmiş mikro model yöntemi (Lourenço, 1996)

2.4.1.3. Makro Modelleme Yöntemi

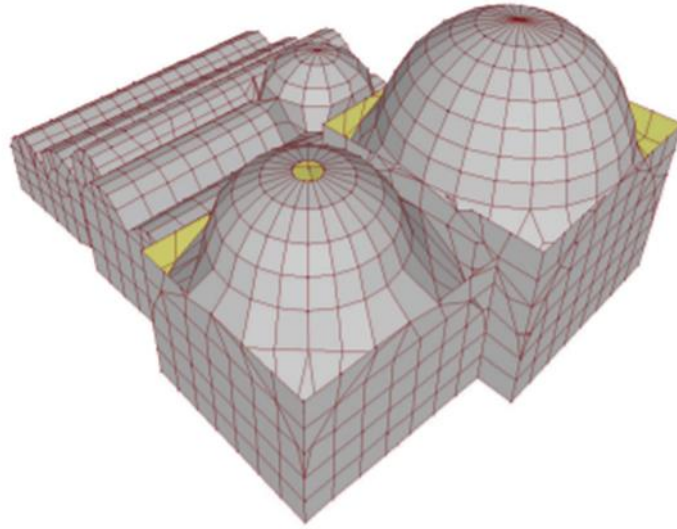
Makro modelleme yönteminde hem kargir birimler hem de harç birbirinden ayrı düşünülmeksizin kompozit olarak ele alınmaktadır (Şekil 2.13.). Karmaşık ve büyük

sistemlerde tüm yığma binanın analizi için bu teknik kullanılmaktadır. Makro modelleme yöntemi, zaman açısından üstünlük sağladığından tercih edilen bir yöntemdir (Lourenço, 1996).



Şekil 2.13. Makro modelleme yöntemi (Lourenço, 1996)

Şekil 2.14.' te bir yığma binanın makro modelleme yöntemi ile modellendiği ve farklı sayıda sonlu elemana ayrıldığı görülebilmektedir.

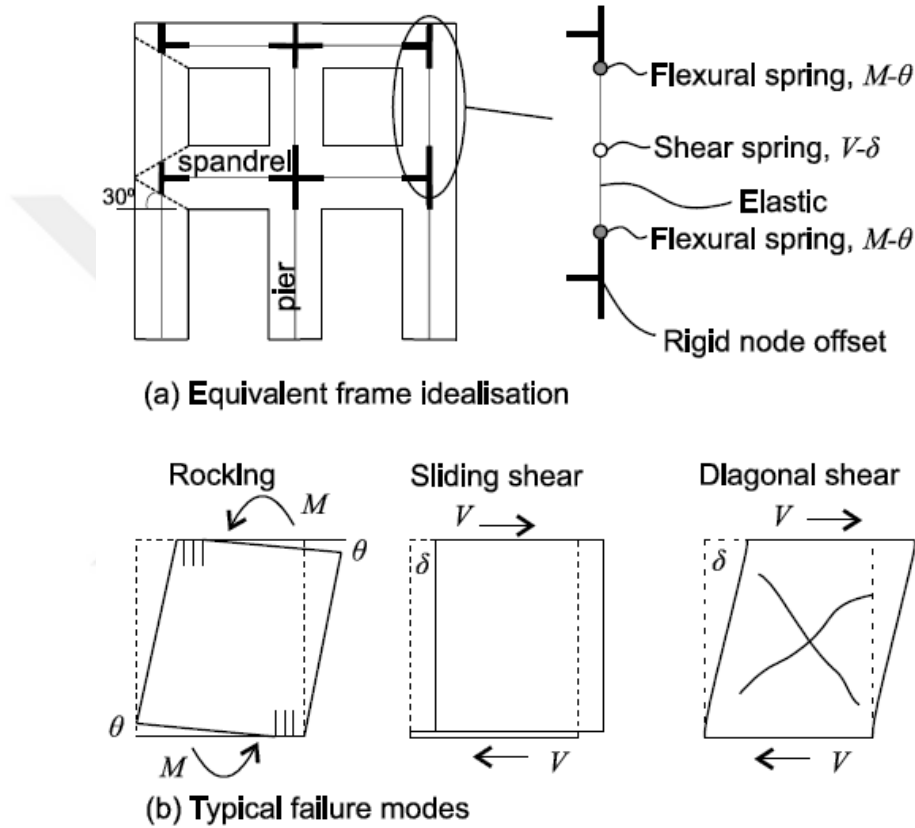


Şekil 2.14. Sonlu elemanlar yöntemi ile modellenmiş tarihi bir yapı (Can & Ünay, 2012)

2.4.2. Eşdeğer Çerçeve Modeli

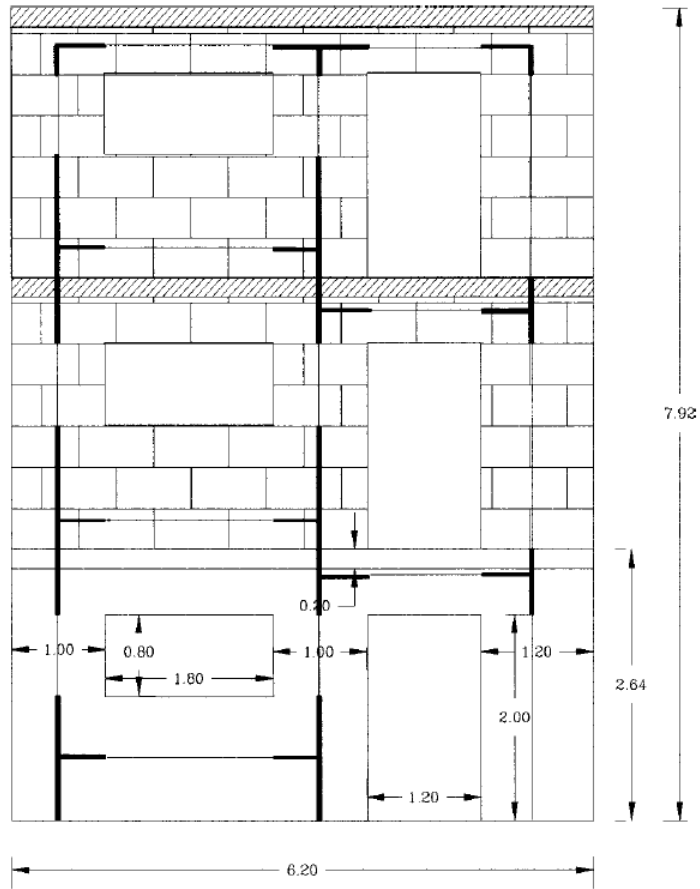
Yığma yapıların statik ve dinamik yükler etkisinde yapısal analizi matematiksel model üzerinde yapılmaktadır. Yığma yapıların modellenmesinde sonlu elemanlar yöntemi sıklıkla kullanılmaktadır. Sonlu elemanlar yöntemi ile oluşturulan gelişmiş modeller

duvar parçalarını modellemek için uygun olsa da binaların modellenmesi için oldukça zordur. Dolayısıyla kabuk elemanlar ile modelleme durumunda malzeme özelliklerini tanımlamadaki problemler ve analiz için gerekli olan hesaplama kaynağı ihtiyacının fazla olması nedenleriyle, özellikle doğrusal olmayan davranışın incelenmesi istenildiğinde zorluklar yaşanmaktadır. Bu sebeple, kullanım kolaylığı ve güvenilirlik birlikte düşünüldüğünde doğrusal olmayan analize en uygun model eşdeğer çerçeve modelidir.



Şekil 2.15.a) Eşdeğer çerçeve metodu idaeleştirilmesi b) Tipik göçme modları (Nakamura vd., 2016)

Eşdeğer çerçeve modelinde duvarlar kesit alanlarına bağlı olarak çubuk elemanlarla temsil edilmektedir. Doğrusal olmayan davranış inceleyebilmek için çerçevedeki kiriş ve kolon elemanlarının birleşim noktalarına mafsallar ve doğrusal davranmayan bağlantı elemanları tanımlanmaktadır (Knox vd. 2012, Magenes ve Fontana 1998, Demirel vd. 2011). Bu yaklaşım özellikle yığma yapıların performanslarının belirlenmesinde sıklıkla kullanılan modelleme yöntemidir. Yığma bir yapının eşdeğer çerçeve modeline örnek Şekil 2.16.'da gösterilmektedir.



Şekil 2.16. Yığma yapı eşdeğer çerçeve modeli (Kappos vd., 2002)

2.5. Literatürde Mevcut Çalışmalar

Yığma binaların deprem güvenliğinin belirlenmesi ile ilgili literatürde çok sayıda çalışma yapılmıştır.

Şen tarafından yapılan çalışmada 3 boyutlu sonlu elemanlar modeli ve lineer elastik analizinin binanın değerlendirilmesi için kullanılıp kullanılamayacağını belirlenmesi ile alaklı analizler yapılmıştır. Çalışmada 105 yıllık yığma bir bina olan (Hemdat Israil Sinagogu) incelemiştir. Düşey ve yatay yükler etkisinde 3 boyutlu model için SAP2000 yapısal analiz programı kullanmıştır. Lineer Elastik analiz yöntemiyle analiz yapmıştır. Yığma yapılarda bulunabilen geniş pencere açıklıklarının yapının deprem davranışı üzerine etkilerini incelemiştir. Bu doğrultuda pencere ve penceresiz olarak iki ayrı sistem model üzerinde analizler gerçekleştirilmiştir. Duvar elemanlarının hesaplanan

dayanımı, malzemelerin varsayılan elastik kapasitesi ile sonuçlar kıyaslanmıştır (Şen, 2003).

Ural çalışmasında 2, 3, 4 ve 5 katlı kuşatılmış ve geleneksel tipteki yığma binaların doğrusal elastik deprem davranışları incelenmiş, aynı kat adedine sahip kuşatılmış ve geleneksel tip yığma binaların deprem davranışları arasındaki farklılıklar değerlendirilmiştir. Modelleme sonlu elemanlar yöntemi ile yapılmış, elde edilen sonuçlar deprem yönetmeliği hükümlerine göre analiz edilmiştir (Ural, 2005).

Gedik tarafından yapılan çalışmada tarihi yığma yapıların modellenmesi, analizi ve güçlendirilmesi ile ilgili çalışmalar yapmıştır. Yapıda mevcut hasarları saha çalışmalarıyla saptayıp, SAP2000 bilgisayar programında yapıyı modellemiştir. Sonlu elemanlar yönetmi ve doğrusal analiz metodu kullanarak yapılan çözümleme sonucunda binaya uygulanabilecek güçlendirme önerilerinde bulunmuştur (Gedik , 2008).

Demirel vd. tarafından yapılan çalışmada model tuğla yığma yapılar doğrusal olmayan eşdeğer çerçeve yöntemi ile modellenip performans seviyeleri değerlendirilmiştir. Yaptığı çalışmada teorik ve deneysel verileri karşılaştırmıştır. Deneylerinde iki katlı iki farklı yığma yapıya döngüsel itme deneyi ve dinamik sarsma deneyi uygulamıştır. Hasar görmüş 3 adet yığma bina modeli oluşturularak statik itme ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemler uygulanmış ve 2007 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre performans seviyeleri değerlendirilmiştir (Demirel, vd., 2011)

Nakamura vd. tarafından donatısız yığma yapıların eşdeğer çerçeve sistemi ile modellenip moment diyagramlarının karşılaştırıldığı bir çalışma yapılmıştır. Zaman tanım alanında yapılan doğrusal olmayan analiz sonuçları, iki katlı donatısız yığma yapı üzerine yapılan sarsma tablası deneyi sonuçları ile karşılaştırılmıştır (Nakamura, 2016).

Güner vd. tarafından yapılan çalışmada tarihi yığma yapılar dış yükler etkisi altında deneysel ve teorik olarak incelenmiştir. Statik modelleme için sonlu elemanlar yönetmi kullanılmış olup doğrusal ve doğrusal olmayan analiz türlerine göre değerlendirme yapmıştır. Deneysel çalışmalarda yığma yapıya tekrarlı yatay yükler etkilenip yük deplasman eğrileri elde edilmiştir. Çalışma sonunda deneysel ve teorik sonuçları değerlendirmiştir (Güner, 2018).

Amani tarafından yapılan çalışmada, ülkemizde geçmiş yıllardan itibaren kullanılan ve yenilenen 1998, 2007 ve 2019 deprem yönetmeliği hükümleri örnek yığma iki bina üzerinde karşılaştırılmalı olarak analiz edilmiştir. İki farklı yığma bina üzerinde deprem yükleri hesaplanarak analizler yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Hesap yöntemlerindeki farklılıklar binaların davranışına etkisi analitik sonuçlar ile gösterilmiştir (Amani , 2019).

Koç tarafından yapılan çalışmada donatısız yığma yapıların deprem performans seviyesi, yapılara 1999 Düzce depremine bağlı sentetik yer hareketleri uygulanarak belirlenmiştir. Yapısal parametreler kullanarak tek dereceli modelleme yapmıştır. Yapıda meydana gelen taban kesme kuvvetleri ve tepe deplasman ilişkilerini karşılaştırmıştır. Elastik ötesi dinamik yapısal analizleri önceden belirlenen limit durumları ile karşılaştırarak hasar seviyesi tespit edilmiştir (Koç, 2019).

Karataş tarafından yapılan çalışmada; İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Yerleşkesinde yer alan tarihi bir yapıyı örnek alarak, tarihi yığma yapıların sismik performansı üzerine bir çalışma yapmıştır. Söz konusu binanın MIDAS GEN 2019 programında, binanın 3 boyutlu sonlu elaman modeli oluşturup, doğrusal analiz yöntemi kullanılarak analizi yapılmıştır. Doğrusal analizin mod birleştirme metodunu kullanmıştır. Analiz çıktıları TB DY 2018'e göre tahkik edilerek yapının yönetmeliğe göre performans düzeyi belirlenmiştir (Karataş, 2020)

3. YIĞMA BİNALARIN DEPREM GÜVENLİĞİ

Bu bölümde mevcut yığma binaların deprem performansının belirlenmesi için uygulanan Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018) ve Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar (RYTİE-2019) hükümleri karşılaştırılacaktır. Yığma binaların deprem performansının belirlenmesi, deprem etkisi altında mevcut bina taşıyıcı sistemlerinin değerlendirilmesi ve güçlendirme tasarımı için tanımlanmış kurallar özetlenmiştir.

3.1. Binalardan Bilgi Toplanması

Binalardan bilgi toplanması her iki yönetmelikte de varsa mimari projeler üzerinden, mimari proje mevcut değilse yerinde yapılacak incelemeler sonucu rölöve projesi çıkartılarak elde edilecektir. Elde edilen bilgilerden bina geometrisi, düşey ve yatay hatıllar, yığma duvarların malzeme türü, her kattaki yeri, uzunlukları, kalınlıkları, boşlukları ve kat yükseklikleri belirlenmektedir.

Çatı ve döşeme biçimi, duvar bağlantı tipleri, hatıl ve lentoların mevcut durumu görsel olarak tespit edilmektedir. Bu inceleme sonunda her bir katta rijit diyafram özelliği koşulunun sağlanıp sağlanmadığı belirlenmektedir.

Ayrıca binalardan elde edilen verilere göre bilgi düzeyi kararlaştırılarak, eleman kapasitelerine uygulanacak bilgi düzeyi katsayısı belirlenir. Bu katsayılar heriki yönetmelik için Tablo 3.1’de gösterilmektedir.

Tablo 3.1. Bilgi düzeyi katsayıları

TBDY-2018	RYTİE-2019
Sınırlı Bilgi Düzeyi için 0.75	Asgari Bilgi Düzeyi için 0.90,
Kapsamlı Bilgi Düzeyi için 1.00	Kapsamlı Bilgi Düzeyi için 1.00

3.2. Malzeme Özelliklerinin Belirlenmesi

TBDY-2018 ve RYTİE-2019 kapsamında malzeme türü belirlenmesi için tanımlanan kriterler Tablo 3.2’de özetlenmiştir.

Tablo 3.2. Malzeme özelliklerinin tespit edilmesi

TBDY-2018	RYTİE-2019
Duvar malzemelerinin türü, duvar yüzeyinin bir bölümünün sıvası kaldırılarak gözle tespit edilecektir	Duvar malzemelerinin türü, en az bir iç ve bir dış duvarda olmak üzere duvar yüzeyinin bir bölümünün sıvası kaldırılarak tespit edilecektir.
Duvar malzemesi özelliklerinin belirlenmesi için binadan en az iki adet duvar parçası örneği alınacak basınç dayanımı deneyleri uygulanarak dayanımı tespit edilecektir.	Çimento takviyeli harç ve kâgir birimler ile inşa edilmiş duvarların basınç, kayma, diyagonal çekme dayanımları ve özgül ağırlık değerleri için görünür kalite Normal olarak verilen değerler kullanılacaktır. Harç süreksizliği veya yapısal çatlakların fotoğraflar ile belgelendiği duvarlar için görünür kalite Kötü olarak alınacaktır.
Duvar elastisite modülü $E_{duv} = 750f_k$ Duvar kayma modülü $G_{duv} = 0.4E_{duv}$	Duvar elastisite modülü $E_m = 600f_m$ Duvar kayma modülü $G_m = 0.4E_m$

Deprem yönetmeliğinde mevcut yığma binanın malzeme dayanımları sınır değerleri Bölüm 1.3.6’da detaylı olarak açıklanmış ve değerler Tablo 2.4’te gösterilmiştir. Riskli yapıların tespit edilmesine ilişkin esaslar hükümlerinde ise çimento takviyeli harç ve kâgir birimler ile inşa edilmiş duvarların basınç, kayma, diyagonal çekme dayanımları ve özgül ağırlık değerleri görünür kalite Normal için Tablo 3.3’de gösterilmektedir.

Tablo 3.3. Yığma duvarlar için dayanım değerleri

Duvar Malzeme Türü	Basınç Dayanımı (MPa), f_m	Özgül Ağırlık (kN/m ³)	Kayma Dayanımı (MPa), τ_0		Diyagonal Çekme Dayanımı (MPa), $f_{dç}$	
			Görünür Kalite		Görünür Kalite	
			Kötü	Normal	Kötü	Normal
Düşey Delikli Tuğla	1.2	13	0.10	0.15	0.15	0.25
Dolu Tuğla veya Harman Tuğlası	1.4	18	0.10	0.15	0.12	0.18
Dolu Briket	1.2	15	0.12	0.18	0.15	0.25
Gazbeton	1.0	10	0.12	0.18	0.12	0.20
Taş Duvar	0.5	25	0.06	0.10	0.06	0.10

3.3. Hesap Modelinin Oluşturulması

Binanın deprem performansını belirlemek için 3 Boyutlu yapı modelinin oluşturulması gerekir. Geometrik boyutları ve malzeme özellikleri belirlendikten sonra matematiksel

hesap modeli oluşturulan yığma bina düşey ve yatay yükler etkisi altında analiz edilir. Duvar serbest yüksekliği, döşeme üst kotundan döşeme (varsa hatıl) alt kotuna kadar olan uzunluk olarak dikkate alınır. Duvar uzunluğu ise boşluklar arasında kalan duvar parçasının uzunluğu olarak alınır. İlgili kriterler Tablo 3.4’de özetlenmiştir.

Tablo 3.4. Hesap modelinin oluşturulması

TBDY-2018	RYTİE-2019
Yapısal çözümleme için model, sonlu elemanlar veya eşdeğer çubuk yöntemleri ile oluşturulur. Sonlu elemanlar yöntemi ile analizde, taşıyıcı duvar; ayrıntılı mikro modelleme, basitleştirilmiş mikro modelleme veya makro modelleme teknikleri kullanılarak modellenenir.	Yapısal çözümleme için 3-Boyutlu sonlu elemanlar modeli hazırlanacaktır. Yığma duvarlar çubuk veya kabuk sonlu elemanlar kullanılarak, döşemeler ise kabuk sonlu elemanlar kullanılarak modellenenir.
Eşdeğer çubuk yöntemi kullanılarak yapılacak çözümlemede, yığma duvarın rijitliği, kayma ve eğilme deformasyonları dikkate alınarak belirlenir.	Yığma binalarda duvar parçalarını temsil eden çubuk elemanların rijitlik hesabında kayma ve eğilme deformasyonları dikkate alınarak hesap yapılacaktır.

3.4. Deprem Etkilerinin Belirlenmesi

Hesap modeli tamamlandıktan sonra binanın bulunduğu bölgenin zemin parametreleri ve deprem parametreleri dikkate alınarak yapı üzerine etkiyen deprem kuvvetleri belirlenir. Her iki yönetmelikte deprem etkileri yatay elastik ivme spektrumu ile bina türü ve deprem yer hareketi düzeyi kriterlerine göre tanımlanmaktadır.

3.5. Hesap Yönteminin Seçilmesi ve Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Deprem hesabı, mevcut veya güçlendirilmiş binaların deprem performansını belirlemek amacıyla yapılır. Hesap yöntemi yapının özelliklerine göre seçilmektedir. Her iki yönetmelikte önerilen hesap yöntemleri Tablo 3.5’te kıyaslanmıştır.

3.6. Performans Seviyesinin Belirlenmesi

Yığma binaların performans düzeyine, binadan bilgi toplaması ve yapılan hesap sonucunda karar verilecektir. Tanımlanan deprem etkisinde binada oluşması beklenen hasar durumu esas alınarak performans düzeyleri; Hemen Kullanım Performans Düzeyi,

Göçme Öncesi Performans Düzeyi ve Göçme durumu Performans Düzeyi olarak tanımlanmıştır. TBDY-2018 ile RYTİE-2019'un performans kriterleri Tablo 3.6'de sunulmuştur.

Tablo 3.5. Hesap yönteminin seçimi

TBDY-2018	RYTİE-2019
Deprem hesabında doğrusal veya doğrusal olmayan hesap yöntemleri kullanılabilir.	Binanın risk durumunun belirlenmesi için Doğrusal Elastik Hesap ile Mod Birleştirme Yöntemi kullanılacaktır.
Deprem etkisinin tanımında belirlenen deprem yer hareketi düzeyleri için verilen yatay elastik tasarım spektrumu kullanılacaktır. Deprem hesabında Bina Önem Katsayısı ($I=1.0$) olarak alınacaktır.	Binanın risk durumu binaya etkileyen düşey yükler ve deprem etkileri altında ($G+nQ\pm E$) planda her iki doğrultu ve bu doğrultuların her iki yönü dikkate alınarak belirlenecektir. Tüm düşey elemanların kat kütleleri bağlandıkları katlara yarı yarıya dağıtılarak modelde dikkate alınacaktır. Düşey yükler (G ve Q) TS 498 ile uyumlu olarak dikkate alınacaktır.
Binaların deprem performansı, binaya etkileyen düşey yüklerin ve deprem etkilerinin birleşik etkileri altında değerlendirilecektir. Deprem hesabında kütleler hareketli yük ve sabit yüklere göre tanımlanacaktır.	

Tablo 3.6. Performans seviyeleri karşılaştırılması

TBDY-2018	RYTİE-2019
Yığma binanın her iki doğrultudaki tüm duvarlarının kesme kuvveti dayanımı uygulanan deprem etkisinde oluşan kesme kuvvetlerini karşılamaya yeterli ise, bina Sınırlı Hasar Performans Düzeyi'ni sağlamaktadır.	Risk değerlendirmesi tüm katlar için yapılacaktır.
Herhangi bir katta uygulanan deprem doğrultusunda bu koşulu sağlamayan duvarların kat kesme kuvvetine katkısı %40'ın altında ise bina Kontrollü Hasar Performans Düzeyi'ni sağlamaktadır.	Herhangi bir katta Risk Sınırı aşıl原因 duvarlarda hesaplanan kesme kuvveti toplamı, o kattaki toplam kat kesme kuvvetine oranı %35'ten fazla ise bina, Riskli Bina olarak kabul edilecektir.
Bu oranın %40'ı aşması durumunda bina Göçme Durumu'ndadır.	

3.7. Duvar Basınç Kuvvetlerinin Belirlenmesi

TBDY-2018, Bölüm 11’de yığma duvarların basınç kontrolleri hakkında gerekli bilgiler verilmiştir. İlgili maddelere göre yığma duvardaki düşey tasarım kuvveti, N_{Ed} , tasarım dayanımı N_{Rd} ’den daha büyük olmamalıdır. Performans analizlerinde bilgi düzeyi katsayısı dışında malzemeler ile ilgili tasarıma yönelik dayanım azaltma katsayıları, malzeme katsayıları, kullanılmamaktadır. Bu durumda tasarım basınç dayanımı (f_d) belirlenirken karakteristik kesme dayanımı (f_{vk}), dayanım azaltma katsayısına (γ_m) bölünmemiştir. Denklem (3.1) ve Denklem (3.2)’de λ kapasite azaltma katsayısını, A ise dolu duvar parçasının yatay en kesit alanını ifade etmektedir.

$$N_{Rd} = \lambda A f_d \quad (3.1)$$

$$f_d = f_{vk} / \gamma_m \quad (3.2)$$

RYTİE-2019, Bölüm 7’de yığma duvarların basınç kontrolleri hakkında gerekli bilgiler açıklanmıştır. İncelenen yığma duvarda düşey yük etkileri ($G+nQ$) altında hesaplanan duvar eksenel gerilmesinin Denklem 3.3’ü sağlamaması durumunda, bu duvar düşey yük ve deprem hesaplarında modele dâhil edilecek ancak, Risk Sınırını aşan eleman olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. H_d/t oranına bağlı basınç dayanımı azaltma katsayısı η Tablo 3.7’ye göre seçilecektir. Tablo 3.7 değerleri arasında enterpolasyon yapılacaktır.

$$\sigma \leq 0.65 \eta f_m \quad (3.3)$$

Tablo 3.7. H_d/t oranına bağlı basınç azaltma katsayısı (RYTİE-2019)

H_d/t	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
η	1,0	0,95	0,89	0,84	0,78	0,73	0,67	0,62	0,56	0,51

3.8. Narinlik Oranlarının Hesaplanması

TBDY-2018’de tanımlanan narinliğe bağlı λ kapasite azaltma katsayısı, narinlik oranının (h_{ef} / t_{ef}) 6 değerinden daha küçük olması durumunda 1,0, 6 ile 10 arasında olması durumunda 0,8 ve 10 ile 15 olması durumunda 0,7 alınacaktır. Narinlik oranının 15 değerinden daha büyük olmasına izin verilmeyecektir. Yığma duvar için dayanım azaltma katsayısı γ_m ise gazbeton malzemede 1,75, diğer malzemelerde 2,0 olarak kabul edilecektir. Ancak, TBDY-2018, Bölüm 15’e göre mevcut yığma binaların performans

analizlerinde bilgi düzeyi katsayısı haricinde malzemeler ile ilgili tasarıma yönelik dayanım azaltma katsayıları kullanılmamaktadır.

RYTEİE-2019 esaslarına göre deprem etkileri altında düzlem dışı göçme riski bulunan taşıyıcı yığma duvarın belirlenebilmesi için tam gömülü bodrum katları hariç her katta bulunan tüm duvar parçalarının narinlik oranı (Hd/t) hesaplanmalıdır. Tablo 3.8’de verilen Hd/t risk sınır değerlerinden büyük Hd/t oranına sahip duvarlar düşey yük ve deprem hesaplarında modele dâhil edilecek ancak, Risk Sınırını aşan elemanlar olarak değerlendirilecektir. Döşemeleri betonarme olmayan ve rijit diyafram davranışı göstermeyen katlardaki duvar parçaları için Tablo 3.8’de verilen Hd/t sınır değerleri 0,55 ile çarpılarak dikkate alınmaktadır.

Tablo 3.8. Duvar Hd/t oranına göre risk sınırları (RYTİE-2019)

Bina Katı	$S_{D1} \leq 0.25$	$0.25 < S_{D1} < 0.40$	$S_{D1} \geq 0.40$
En az üç katlı* binalarda en üst kat	21	15	11
En az üç katlı* binalarda diğer katlar	25	20	16
Diğer binalarda tüm katlar			

* Tam gömülü bodrum katları kat sayısı hesabında dikkate alınmayacaktır.

3.9. Duvar Kesme Kuvvetlerinin Belirlenmesi

TBDY-2018, Bölüm 11’de yığma duvarların kesme tahkikleri hakkında gerekli bilgiler verilmiştir. İlgili maddeye göre; yığma duvardaki kesme kuvveti dayanımı V_{Rd} , duvara etkiyen kesme kuvveti, V_{Ed} ’den daha büyük olmalıdır. Duvar kesme kuvveti dayanımı V_{Rd} , Denklem (3.4) ve (3.5) ile hesaplanan değerlerden küçük olanı alınmalıdır. Bu denklemde f_b değeri 25 MPa’dan büyük alınmayacaktır. Duvar yüksekliğinin duvar uzunluğuna oranı olan b katsayısı, 1’den küçük 1,5’ten büyük alınmamalıdır.

$$V_{Rd} = f_{vd} t l_c \quad (3.4)$$

$$V_{Rd} = \ell t \frac{1.5 f_{vdo}}{b} \sqrt{1 + \frac{N_{Ed}}{1.5 \ell t f_{vdo}}} \quad (3.5)$$

RYTEİE-2019 esaslarına göre, yığma duvarlar, kayma, diyagonal çekme ve eğilme olmak üzere üç farklı göçme davranışı göstermektedir. Risk Sınırı aşılmayan yığma

duvarlarda göçme davranışına karşılık gelen duvar kesme kapasiteleri ve sınır değerleri, düşey yüklerden ($G + nQ$) elde edilen aksel gerilme değeri (σ) kullanılarak Tablo 3.9'a göre belirlenmektedir. Nihai duvar kesme kapasitesi hesaplanan üç kapasite değerinin en küçüğü olarak dikkate alınmaktadır. Düşey yükler ve deprem etkileri altında ($G + nQ \pm E$) hesaplanan duvar kesme kuvvetinin, duvar kesme kapasitesine bölünmesi ile Etki/Kapasite Oranı (m) hesaplanacaktır. Hesaplanan m değeri, Tablo 3.9'da hesaplanan en küçük kesme kapasitesine karşılık gelen $m_{\text{sınır}}$ değeri ile karşılaştırılacaktır. İncelenen duvarın m değerinin $m_{\text{sınır}}$ değerinden büyük olması durumunda duvar Risk Sınırını aşan eleman olarak değerlendirilecektir.

Tablo 3.9. Yığma duvarlar için dayanım değerleri (RYTİE-2019)

Göçme Şekli	Kesme Kapasitesi	$m_{\text{sınır}}$
Kayma	$(\tau_0 + \mu\sigma)\ell_d t$ $\mu = 0.5$	2.0
Diyagonal Çekme	$\beta f_{dc} \ell_d t \sqrt{1 + \frac{\sigma}{f_{dc}}}$ $\beta = \begin{cases} 1 & \frac{\ell_d}{H_d} \geq 1 \\ \frac{\ell_d}{H_d} & 1 \geq \frac{\ell_d}{H_d} \geq \frac{2}{3} \\ \frac{2}{3} & \frac{2}{3} \geq \frac{\ell_d}{H_d} \end{cases}$	1.0
Eğilme	$\sigma \frac{\ell_d^2 t}{H_d} \left(1 - \frac{\sigma}{0.8 f_m}\right) \geq 0.1 f_m \frac{\ell_d^2 t}{H_d}$	3.0

3.10. Mevcut Tarihi Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Değerlendirilmesi

Mevcut yığma binaların öncelikle malzeme dayanımları belirlenmektedir. Bu kapsamda duvarların karakteristik basınç dayanımı, duvarların karakteristik kesme dayanımı, Elastisite Modülü ve Kayma Modülü belirlenir. Taşıma gücü yöntemine göre yapılan yapısal analizde yığma duvarların basınç tahkikleri, narinlik oranlarının hesabı, yığma duvarların kesme tahkikleri gerçekleştirilir. Bununla birlikte kesme kuvvetleri etkisindeki yığma duvarlarda uygulanacak geometrik koşullar ve taşıyıcı duvarların en büyük serbest uzunluğu, taşıyıcı duvar boşlukları kontrol edilerek geometrik kurallar da kontrol edilecektir. Mevcut yığma binaların ve inşa edilecek yığma binaların bu şartları sağlaması

istenir. Tarihi yığma binaların değerdendirilmesinde esas alınacak, tarihi yapılara özgü bir ulusal bir yönetmelik bulunmamaktadır. Ancak mevcut bir yapının matematiksel modelinin oluşturulması, maruz kalacağı yüklerin tanımlanması ve yapısal davranışın incelenmesinde Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğı hükümlerinden faydalanılabilmektedir.



4. MEVCUT YIĞMA BİNALARIN TBDY-2018 VE RYTEİE-2019 KAPSAMINDA DEPREM GÜVENLİĞİNİN BELİRLENMESİ

Bu çalışmanın amacı mevcut yığma binaların deprem etkisi altındaki performanslarının değerlendirilmesinde uygulanacak hesap kuralları ve güçlendirme kararlarında esas alınacak ilkelerin değerlendirilmesidir. İncelenen yapıların geometrik özellikleri, malzeme ve zemin karakteristiği, bulunduğu bölgenin deprem parametreleri bu bölümde açıklanacaktır. Çalışma kapsamında iki bina incelenmiştir.

4.1. Yapı Bilgileri – Piyalepaşa Konağı

Öncelikle incelenecek örnek bina olarak Zonguldak ilinin Kdz Ereğli ilçesinde mevcut Piyalepaşa Konağı seçilmiştir (Şekil 4.1, Şekil 4.2). 1863 yılında inşa edilen yapı uzun yıllar özel konut olarak kullanılmış, daha sonra hazine adına satın alınarak lojman olarak kullanıma devam edilmiştir. Karadeniz Bölge Komutanlığı tarafından 1998 yılında restore edildikten sonra Misafîrhane olarak kullanılmaya devam edilmiştir. Yerinde yapılan tespitlerde binanın iç ve dış duvarlarında kullanımını engelleyecek hasar gözlenmemiştir.



Şekil 4.1. Piyale Paşa Konağı kuzey cephe görünümü



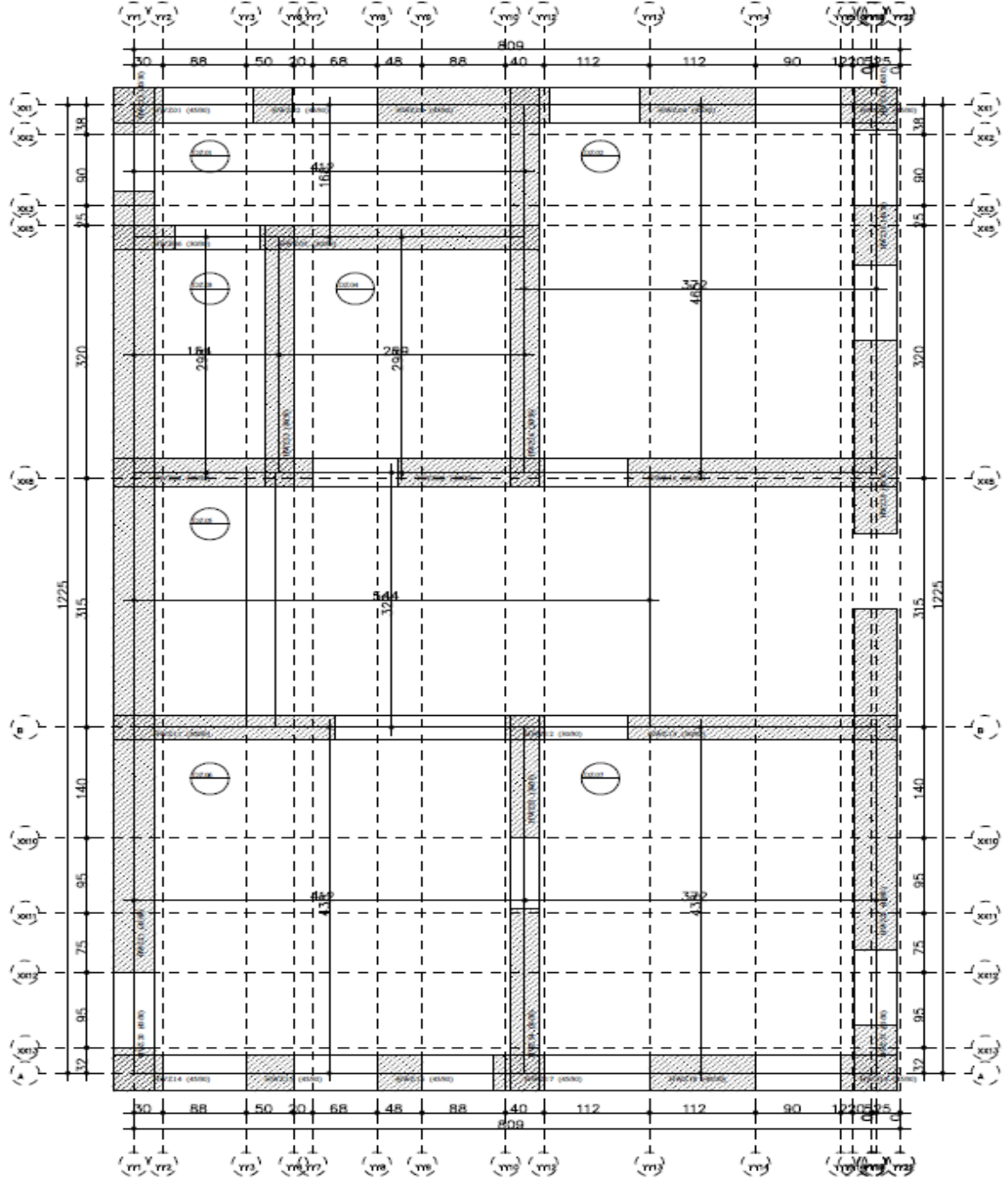
Şekil 4.2. Piyale Paşa Konağı güney cephe görünümü

4.1.1. Yapı Geometrisi ve Malzeme Özellikleri

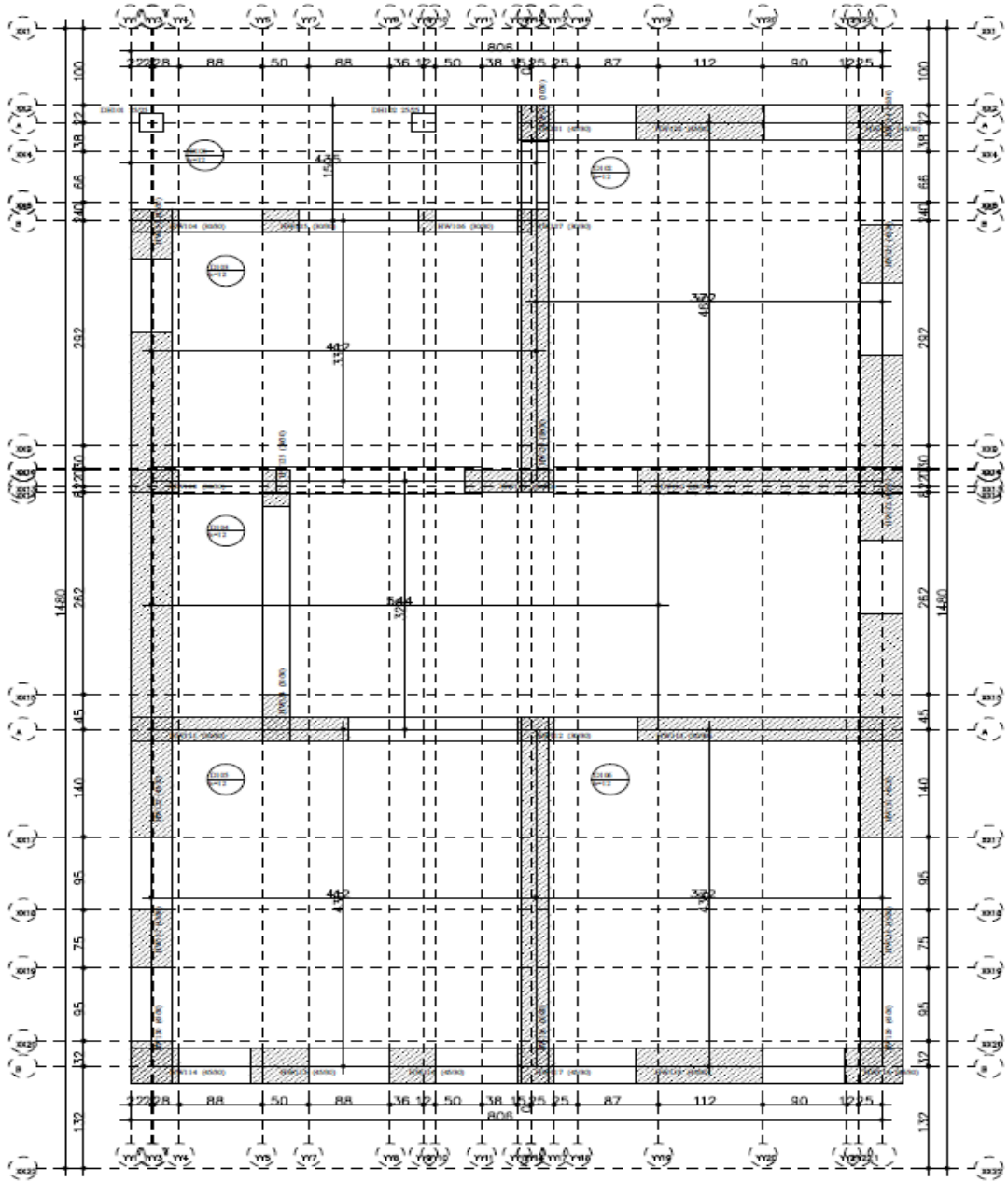
Binanın projelerinin yetersiz olması sebebiyle, öncelikle rölöve çalışması yapılmıştır. Rölöve çıkarılırken yığma binada kullanılan yapı malzemeleri de belirlenmiştir. Bina taşıyıcı duvarlarında donatı kullanılmayıp yalnızca tuğla ve harç kullanılarak inşa edilmiş donatısız yığma bina olduğu tespit edilmiştir. Kat döşemeleri ise zemin kat tavanında volta döşeme, ara kat tavanlarının ahşap olduğu belirlenmiştir. Duvar ve tavan yüzeyleri sıva üstü boya olduğu yerinde yapılan incelemelerde tespit edilmiştir. Katlar arasında bağlantı ahşap merdiven ile sağlanmaktadır. Ahşap oturtma çatı, kırma çatı biçimindedir ve Marsilya tipi kiremit örtüsü ile kaplıdır.

Üç katlı olarak inşa edilmiş yığma binada, bina geometrisi, yığma duvarların malzeme türü, her kattaki duvar yerleri, uzunlukları, kalınlıkları, boşlukları ve kat yükseklikleri rölöve çalışmasında belirlenmiş ve binanın zemin kat kalıp planı Şekil 4.3, 1.Normal kat kalıp planı Şekil 4.4 ve 2.Normal kat kalıp planı ise Şekil 4.5’de gösterilmektedir. Bina güney giriş cephesi 8,30 m, batı cephesi 12,70 m uzunluğundadır. Yapı her cepheden

bakıldığında dikdörtgen geometriye sahiptir. Binada kat yükseklikleri sırasıyla 2,80, 3,54 ve 3,80 metredir. Yapı toplam yüksekliği 10,14 metredir. Yapı taşıyıcı duvar malzemesi, dolu tuğladır ve zemin katta duvar kalınlığı 45 cm olarak inşa edilmiştir. Normal katlarda ise dış duvarlar 40cm. iç duvarlar ortalama 30 cm olarak belirlenmiştir.

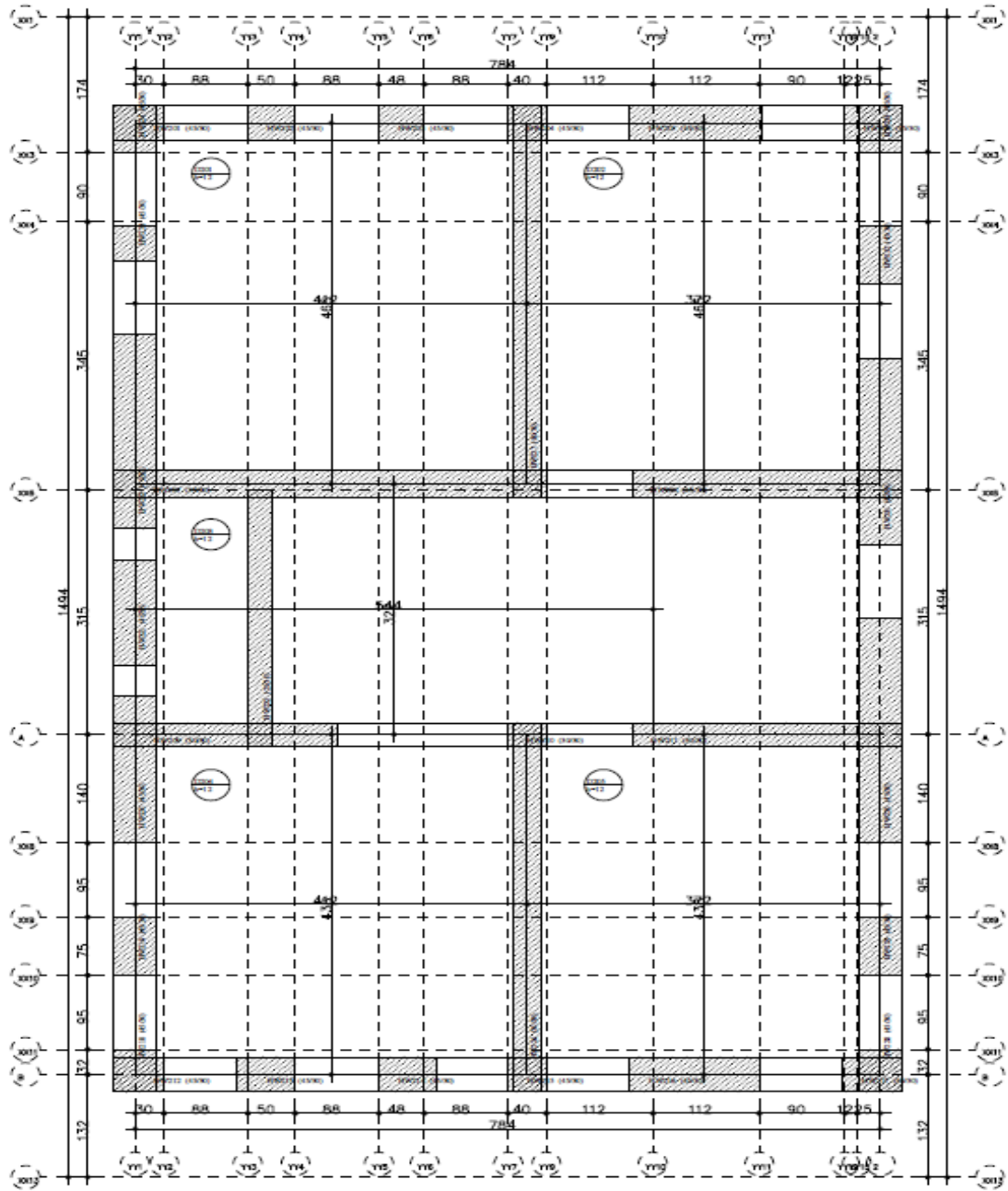


Şekil 4.3. Analizi yapılan örnek yığma binanın zemin kat kalıp planı



Şekil 4.4. Analizi yapılan örnek yığma binanın 1.normal kat kalıp planı

Yapıda kullanılan malzemelerin özelliklerini deneysel olarak belirlenmesi mümkün olmadığından, kullanılan malzemelerin özellikleri geçmiş çalışmalardan ve TBDY-2018’de belirtilen malzemelerin dayanım ve fiziksel özelliklerinden faydalanılarak belirlenmiştir. TBDY-2018’nde, kargir birimler malzeme tipi ve delik oranına göre iki gruba ayrılmıştır. İnceleme konusu binada, yığma duvar malzemesi olarak dolu blok tuğla veya harman tuğlası çimento takviyeli kireç harcı ile birlikte inşa edilmiş olup, kullanılan bu malzeme yönetmeliğe uygundur.



Şekil 4.5. Analizi yapılan örnek yığma binanın 2.normal kat kalıp planı

Yerinde yapılan gözlemsel tespitlere göre, yığma duvar malzemesi; “Tuğla” duvar malzemesi olarak ve delik oranlarına ($\alpha < \%35$) göre Tablo 2.3’den malzeme grubu “Grup I” olarak belirlenmiştir.

Buna göre inceleme konusu binanın yığma duvar malzeme dayanım değerleri için yönetmelikteki en düşük dayanım değerleri esas alınmış olup harç basınç dayanımı $f_m = 1,0$ MPa, kargir birim basınç dayanımı $f_b = 5.0$ MPa, duvar karakteristik basınç dayanımı

ise $f_k = 1,7$ MPa alınmıştır. TBDY-2018'e göre elastisite modülü $E_{duv} = 1275$ MPa, duvar kayma modülü $G_{duv} = 510$ MPa olarak belirlenmiştir.

Kullanılan malzemeler ile ilgili RYTİE-2019'da tanımlanan malzemeler listesinde çimento takviyeli harç ile dolu tuğla ve harman tuğlasından oluşan kargir birimler için duvar basınç dayanımı $f_m = 1,4$ MPa, kayma dayanımı $\tau_o = 0,15$ MPa, diyagonal çekme dayanımı $f_{dç} = 0,18$ MPa olarak belirlenmiştir.

RYTİE-2019'a göre elastisite modülü $E_{duv} = 840$ MPa, duvar kayma modülü $G_{duv} = 336$ MPa olarak belirlenmiştir. Binanın duvarlarında hasar izleri gözlenmediğinden harç kalitesi orta olarak kabul edilmiştir.

4.1.2. Deprem Parametreleri

Bu çalışmada incelenecek Piyalepaşa Konağına ait zemin değerleri, etrafında inşa edilmiş son dönem yapılarının zemin etüt raporları incelenerek belirlenmiştir. TBDY - 2018'de dört çeşit deprem yer hareketi düzeyi tanımlanmıştır ve analizlerde yığma bina performans hedefi için, 50 yılda aşılma olasılığı %10, tekrarlanma periyodu 475 yıl olan "Deprem Yer Hareketi Düzeyi-2 (DD-2)" kullanılacaktır.

Elastik ivme spektrumu karakteristik değerleri, zemin sınıfına göre Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulamasından belirlenmiştir (AFAD, 2019). Tanımlanan konuma göre hesaplarda kullanılacak deprem parametreleri Tablo 3.1'de ve binanın konum bilgileri Şekil 4.6'de gösterilmektedir.

Bu tabloda gösterilen S_s , kısa periyot harita spektral ivme katsayısı, S_1 , 1,0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı, SDS kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı, $SD1$ 1,0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı, PGA en büyük yer ivmesi, PGV en büyük yer hızı olarak tanımlanmıştır.

TBDY - 2018 'de verilen kriterler ile mevcut binanın, deprem tasarım sınıfı ve yönetmeliğin ilgili maddeleri dikkate alındığında, bina yükseklik sınıfının $BYS=8$ olması gerekmektedir. Ancak binanın mevcut yüksekliği göz önüne alındığında, $BYS=7$ olmakta olup, bina yükseklik sınıfı açısından gereken şartlar sağlanmamaktadır.

Tablo 4.1. Deprem parametreleri

Açıklama	DD-2	DD-3
S_s	0.599	0.202
S_1	0.173	0.068
S_{Ds}	0.791	0.323
S_{D1}	0.399	0.163
PGA (g)	0.252	0.086
PGV (cm/sn)	15.147	5.921
Zemin Sınıfı	ZD	
Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DD-2	
Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı (R_a)	1	
Hareketli Yüğü Katılım Katsayısı (n)	0.3	
Bina Önem Katsayısı (I)	1.0	
Bina Yüğüseklik Sınıfı (BYS)	7	
Deprem Tasarım Sınıfı (DTS)	1	

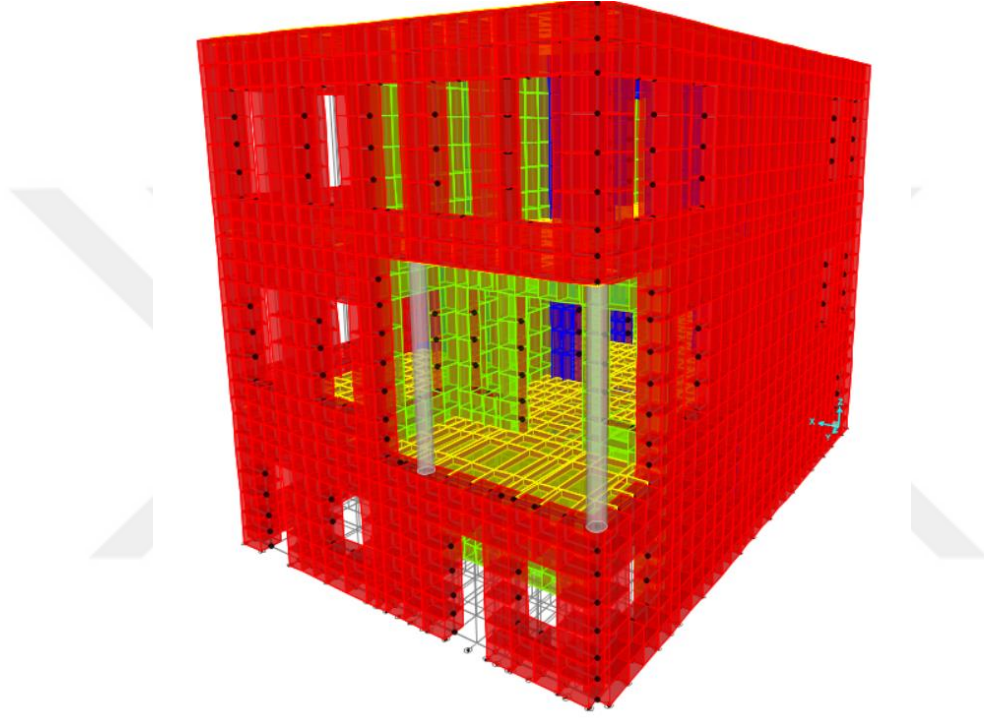


Şekil 4.6. Binaya ait konum bilgileri (AFAD- Türkiye Deprem Tehlike Haritaları)

4.1.3. Binanın Matematiksel Modelinin Oluşturulması

Piyalepaşa Konağı binasının deprem etkisi altındaki davranışı; önceki bölümlerde açıklanan tasarım ve hesap kriterlerine uygun olarak oluşturulan yapı modeli üzerinde değerlendirilecektir. Yapının rölevesinin çıkarılması ve bu sırada gözlenen yapı geometrisi ile mevcut durum gözönüne alınarak binanın üç boyutlu matematiksel modeli

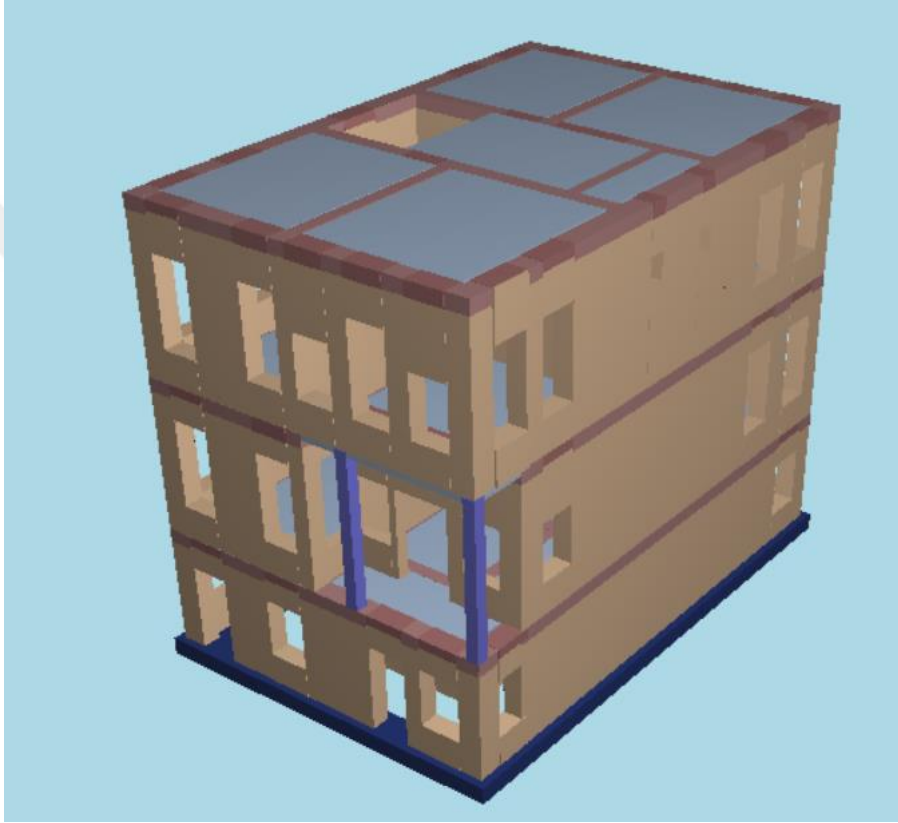
SAP2000 sonlu elemanlar yapısal analiz programı ile oluşturulmuş ve özdeğer analizi yapılmıştır (Şekil 4.7). Analiz sonucunda yapının x-doğrultusunda birinci titreşim periyodu $T_1(x) = 0,290$ sn, y-doğrultusunda birinci titreşim periyodu $T_1(y) = 0,193$ sn olarak hesaplanmıştır. Özdeğer analizinde mod sayısı kütle katılım oranı her iki doğrultuda %95'i sağlayacak biçimde tanımlanmıştır. İncelenen binanın taşıyıcı duvarlarında oluşan gerilme ve kuvvetler belirlenmiştir.



Şekil 4.7. Yapıya ait SAP2000 hesap modeli

Aynı bina StatiCad yığma bina analiz programı ile modellenerek taşıyıcı duvarlarda oluşan kayma ve basınç gerilmeleri kontrol amaçlı seçilen duvarlar için SAP2000 sonuçları ile kıyaslanmış. Her iki programdan elde edilen değerlerin uyumlu olduğu belirlenerek duvar basınç kuvvetlerinin tahkikleri ve sismik performans değerlendirmesi StatiCad programı ile yapılmıştır. TBDY-2018 ve RYTEİE-2019 esaslarının uygulanacağı hesap modeli üç boyutlu sonlu eleman modeli olarak Şekil 3.8'deki gibi oluşturulmuştur. Sonlu elemanlar modelinde yığma duvarlar kesit ağırlık merkezlerinde çubuk veya kabuk sonlu elemanlar kullanılarak modellenmiştir. Her bir duvar bina projesine uygun olarak modellenmiş, pencere ve kapı boşlukları yerinde mevcut konum ve ölçüler ile modele dahil edilmiştir. Bina rölövesi çıkarılırken yapı temelini sürekli

temel olduğu belirlenmiştir, temel modellenirken her bir taşıyıcı duvarın altına projeye uygun temel tanımlanmıştır. Program yapısal analizinde, döşemelerden yatay hatıllara ve duvarlara üst katlardan alt kat duvarlarına yük aktarımlarını otomatik olarak tanımlamaktadır. Katlara etkiyen eşdeğer deprem kuvvetleri kat kütlelerine göre hesaplanmaktadır. Deprem kuvvetleri etkisinde taşıyıcı duvarlarda oluşan basınç ve kayma gerilmeleri hesaplanmaktadır ve emniyet gerilmeleriyle kıyaslanmaktadır.

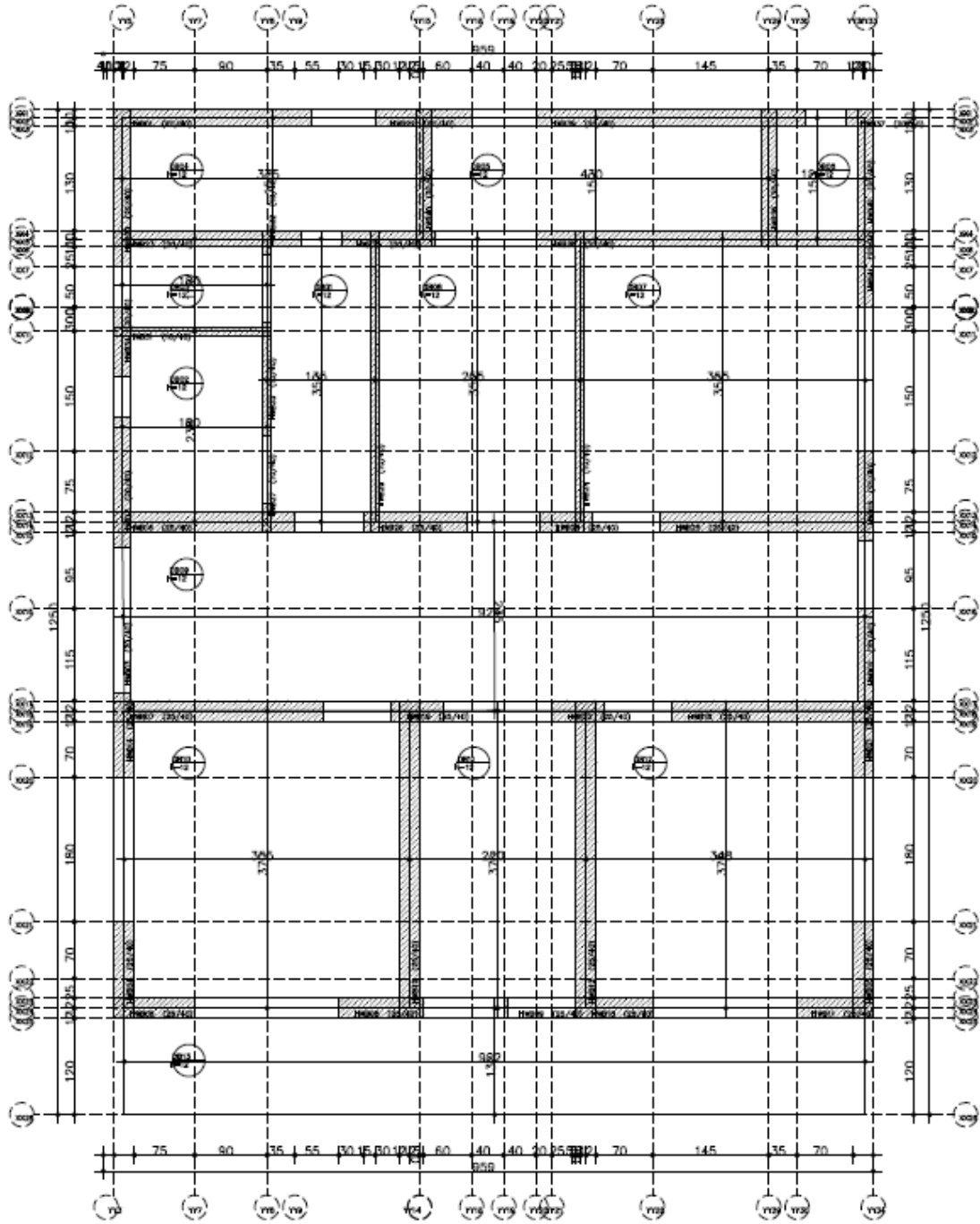


Şekil 4.8. Yapıya ait StatiCAD-Yığma hesap modeli

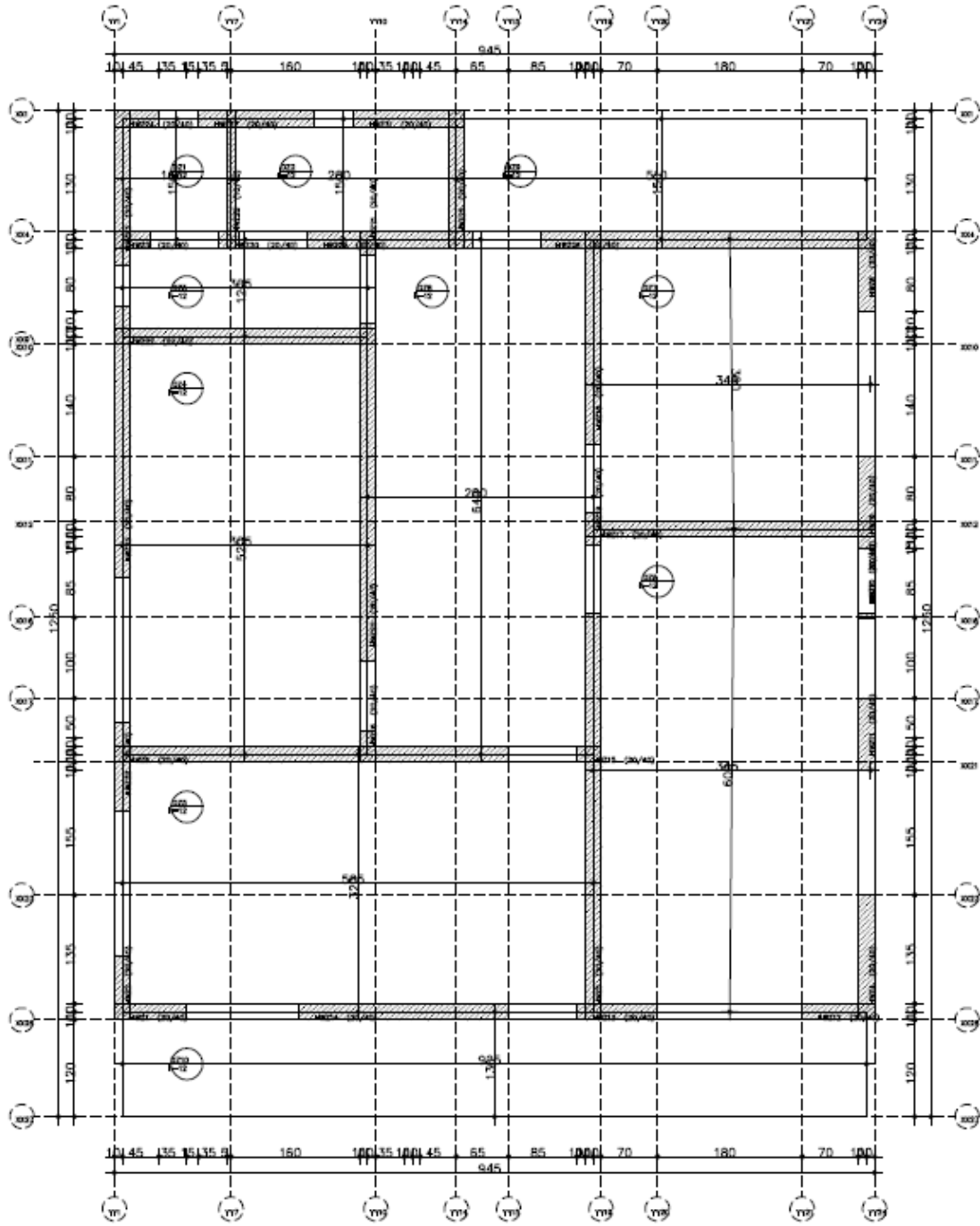
4.2. Yapı Bilgileri – MKŞ Yığma Bina

İncelenen diğeri bina ise Kocaeli İli, Gölcük İlçesinde konut olarak kullanılan tipik yığma yapı örneğidir. Binanın hem düşey hem yatay yükleri taşıyan tüm taşıyıcı sistemi doğal ve yapay malzemeli taşıyıcı duvarlardan oluşmaktadır. Yerinde yapılan tespitlerde binanın iç ve dış duvarlarında kullanımını engelleyecek hasar tespit edilmemiştir. Bina, zemin kat ve 2 normal kattan oluşmaktadır. Zemin kat yüksekliği 2,85 m, normal kat yükseklikleri ise 2,75 m'dir.

Yapı taşıyıcı duvar malzemesi, zemin kat ve 1.normal katta dolu tuğladır ve harman tuğlası ve 2. normal katta blok tuğla kullanılmıştır. Kat döşemeleri 12 cm kalınlığında betonarme döşemedir. Binanın zemin kat planı Şekil 4.9’de, 1 ve 2. Normal kat planları Şekil 4.10’de gösterilmektedir. Binanın güney giriş cephesi 9,55 m, batı cephesi 10,90 m uzunluğundadır. Yapı her cepheden bakıldığında dikdörtgen geometriye sahiptir.



Şekil 4.9. Analizi yapılan yığma konut binasının zemin kat kalıp planı



Şekil 4.10. Analizi yapılan yığma konut binasının 1 ve 2. normal kat kalıp planı

Yapıda kullanılan malzemelerin özelliklerini deneysel olarak belirlenmesi mümkün olmadığından, kullanılan malzemelerin özellikleri TBDY-2018 ve RYTİE-2019’de belirtilen malzemelerin dayanım ve fiziksel özelliklerinden faydalanılarak tespit edilmiştir.

Binanın bulunduğu konuma göre zemin sınıfı ZC, deprem parametreleri kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı (S_{DS}) 1,987, 1 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı (S_{D1}) 0,67 olarak tanımlanmıştır.

Bina toplam yüksekliği 8,35 m olup $BYS=7$ dir. TBDY - 2018 'de verilen kriterler ile binanın, deprem tasarım sınıfı ve yönetmeliğin ilgili maddeleri dikkate alındığında, bina yükseklik sınıfının $BYS=8$ olması gerekmektedir ve yönetmelikte tanımlanmış şartlar bu bina için de sağlanmamaktadır.

MKŞ Binasının deprem etkisi altındaki davranışı; önceki bölümlerde açıklanan tasarım ve hesap kriterlerine uygun olarak tanımlanmış hesap modeli üzerinde değerlendirilecektir. Yapının üç boyutlu matematiksel modeli sonlu elemanlar yöntemi ile oluşturulmuş ve özdeğer analizi yapılmıştır. Model Şekil 4.11'de gösterilmektedir. Analiz sonucunda binanın x-doğrultusunda birinci titreşim periyodu $T_1(x) = 0,142$ sn, y-doğrultusunda birinci titreşim periyodu $T_1(y) = 0,162$ sn olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.11. Yığma konut binasının hesap modeli

4.3. Hesap Yöntemleri

İnceleme konusu binaların performans analizleri, TBDY-2018 ve RYTEİE-2019'da tanımlanan kriterlere göre gerçekleştirilmiştir. Malzeme dayanımları, malzeme katsayıları kullanılmadan ve duvar elemanların kapasitelerinin hesabında mevcut

malzeme dayanımları kullanılmıştır. Yığma binaların performans düzeyine, TBDY-2018 Bölüm 11 ve 15'e göre yapılan hesap sonucunda karar verilmektedir. TBDY-2018'e göre deprem performansının belirlenmesi için Doğrusal Elastik Hesap yöntemlerinden Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi uygulanmıştır. Seçilen hesap yöntemi doğrultusunda, ivme spektrumuna, taşıyıcı sistem davranış ve dayanım fazlalığı katsayıları dikkate alınarak hesaplanan deprem yükü azaltma katsayısı etkitilmiş ve azaltılmış deprem kuvvetleri etkisinde analiz yapılmıştır. Yapı bilgi düzeyi sınırlı bilgi düzeyi olarak kabul edilmiş ve buna uygun olarak bilgi düzeyi katsayısı 0,75 olarak alınmıştır.

RYTEİE-2019'a göre deprem risk durumunun belirlenmesi amacıyla Doğrusal Elastik Hesap yöntemlerinden Mod Birleştirme Yöntemi kullanılmıştır. Deprem hesap yönteminde dikkate alınan ivme spektrumu, taşıyıcı sistem davranış ve dayanım fazlalığı katsayıları dikkate alınarak hesaplanan deprem yükü azaltma katsayısına bölünerek belirlenmiştir. Yapı bilgi düzeyi asgari bilgi düzeyi olarak kabul edilmiş ve buna uygun olarak bilgi düzeyi katsayısı 0,90 olarak dikkate alınmıştır.

Binaların risk durumu binaya etkiyen düşey yükler ve deprem etkileri altında ($G + nQ \pm E$) planda her iki doğrultu ve bu doğrultuların her iki yönü dikkate alınarak yönetmelik esaslarına göre belirlenmiştir. Binalara etkiyen düşey statik yükler, yani sabit ve hareketli yükler, TS 498 ile uyumlu olarak dikkate alınmıştır.

5. ANALİZ SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

5.1. Deprem Kuvvetlerinin Belirlenmesi

Çalışma kapsamında incelenecek binaların statik ve dinamik yükler etkisinde analizi yapılırken deprem yüklerinin hesaplanması gerekmektedir. TBDY-2018’de belirtilen esaslar ve gereklilikler kapsamında binanın deprem hesabının Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ile yapılabileceği değerlendirilmiştir. Eşdeğer deprem yükü yöntemi, binanın hakim mod periyodunu ve şeklini dikkate alan, tüm katların aynı yönde ötelendiği kabulüne dayanan, doğrusal hesap yöntemidir. Bu bölümde öncelikle TBDY-2018 ‘de tanımlanan koşullara göre Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi kullanılarak inceleme konusu yığma binalarda her kata etkimesi öngörülen deprem kuvvetleri hesaplanmıştır. Söz konusu deprem kuvvetlerinin hesaplanabilmesi için gereken her katın ağırlığı ve toplam bina ağırlığı yalnızca düşey yükler altında analiz yapılarak elde edilmiştir. Deprem yüklerinin hesabı için gerekli olan bina ağırlığı hesaplanırken yönetmelikte belirtildiği gibi binanın kullanım amacına göre hareketli yük azaltma katsayısı 0,30 olarak alınmıştır. Bu durumda elde edilen deprem kuvvetleri Tablo 5.1’de gösterilmektedir. TBDY-2018’e Doğrusal hesap yöntemlerinden eşdeğer deprem yükü yöntemine göre Piyalepaşa konağının katlarına etkiyen deprem kuvvetleri X-doğrultusunda 292,03 ton iken Y-doğrultusunda 292,03 ton olarak belirlenmiştir.

Tablo 5.1.Piyalepaşa Konağında TBDY-2018’e göre oluşan deprem kuvvetleri

KAT ADI	$W_i(t)$	$H_i(\text{cm})$	$V_{ix}(t)$	$V_{iy}(t)$	$Q_{ix}(t)$	$Q_{iy}(t)$
Zemin Kat	131,64	280	47,59	47,59	292,03	292,03
1. Normal Kat	148,53	634	121,58	121,58	244,44	244,44
2. Normal Kat	88,86	1014	116,29	116,29	122,86	122,86
Toplam	369,03		292,03	292,03		

RYTEİE-2019’a göre yapılan analiz sonucu katlara etkiyen deprem kuvvetleri Tablo 5.2’de gösterilmektedir. Tabloda X ve Y doğrultularında ayrı ayrı hesaplanan V_i , katlara depremden dolayı etkiyen kuvvet, Q_i ise katlara depremden dolayı etkiyen kesme kuvveti değeridir. Mod Birleştirme Yöntemine göre X-doğrultusunda etkiyen toplam taban kesme kuvveti 279,56 ton iken Y-doğrultusunda etkiyen taban kesme kuvveti 245,25 ton olarak belirlenmiştir.

Tablo 5.2. Piyalepaşa Konağında RYTEİE-2019'a göre oluşan deprem kuvvetleri

KAT ADI	$W_i(t)$	$H_i(cm)$	$V_{ix}(t)$	$V_{iy}(t)$	$Q_{ix}(t)$	$Q_{iy}(t)$
Zemin Kat	131,64	280	25,69	21,74	279,56	245,25
1. Normal Kat	148,53	634	87,59	82,37	253,87	223,51
2. Normal Kat	88,86	1014	166,28	141,14	166,28	141,14
Toplam	369,03		279,56	245,25	--	--

MKŞ Yığma Bina modelinde elde edilen deprem kuvvetleri Tablo 5.3'de gösterilmektedir. TBDY-2018'e Doğrusal hesap yöntemlerinden eşdeğer deprem yükü yöntemine göre Yığma binada katlarına etkiyen deprem kuvvetleri X-doğrultusunda 725,22 t iken Y-doğrultusunda 725,22 ton olarak belirlenmiştir.

Tablo 5.3. MKŞ Yığma Bina modelinde TBDY-2018'e göre oluşan deprem kuvvetleri

KAT ADI	$W_i(t)$	$H_i(cm)$	$V_{ix}(t)$	$V_{iy}(t)$	$Q_{ix}(t)$	$Q_{iy}(t)$
Zemin Kat	152,08	285	164,64	164,64	725,22	725,22
1. Normal Kat	125,34	275	266,63	266,63	560,58	560,58
2. Normal Kat	87,53	275	277,63	277,63	293,95	293,95
Toplam	364,95		725,22	725,22		

RYTEİE-2019'a göre yapılan analiz sonucu katlara etkiyen deprem kuvvetleri Tablo 5.4'de gösterilmektedir. Tabloda X ve Y doğrultularında ayrı ayrı hesaplanan V_i , katlara depremden dolayı etkiyen kuvvet, Q_i ise katlara depremden dolayı etkiyen kesme kuvveti değeridir. Mod Birleştirme Yöntemine göre X-doğrultusunda etkiyen toplam taban kesme kuvveti 279,56 ton iken Y-doğrultusunda etkiyen taban kesme kuvveti 245,25 ton olarak belirlenmiştir.

Tablo 5.4.MKŞ Yığma Bina modelinde RYTEİE-2019'a göre oluşan deprem kuvvetleri

KAT ADI	$W_i(t)$	$H_i(cm)$	$V_{ix}(t)$	$V_{iy}(t)$	$Q_{ix}(t)$	$Q_{iy}(t)$
Zemin Kat	152,08	285	56,65	68,33	420,25	498,52
1. Normal Kat	125,34	275	136,19	163,55	363,60	430,19
2. Normal Kat	87,53	275	227,41	266,64	227,41	266,64
Toplam	364,95		420,25	498,52		

5.2. Duvar Basınç Gerilmelerinin Kontrolü

Örnek olarak inceleme konusu binalardan Piyalepaşa Konağında TBDY-2018'e göre yığma duvarlarda oluşan basınç gerilmeleri aşağıda hesaplanmıştır.

Yığma duvara etkiyen eksenel kuvvet $N_E = 165,04$ kN

Duvar karakteristik basınç dayanımı $f_k = 1,7$ MPa

Narinlik (h_{ef} / t_{ef}) = 8,33

Narinlik azaltma katsayısı $\lambda = 0,8$

Azaltılmış duvar basınç dayanımı $\lambda f_k = 1,36$

$N_R = \lambda A f_d = 1,36 \times 300 \times 2840 = 1159$ kN

Etki/ Kapasite Oranı= $N_E / N_R = 165,04 / 1159 = 0,14 < 1,00$ ✓

RYTEİE-2019'a göre yığma duvarlarda oluşan basınç gerilmeleri örnek olarak bir duvar için aşağıda hesaplanmıştır.

Duvar düşey yükü $N = 165,50$ kN

Narinlik (H_d / t) = 8,33

Basınç dayanımı azaltma katsayısı $\eta = 0,94$

Duvar karakteristik basınç dayanımı $f_m = 1,4$ MPa

$\sigma = (165500 / (2840 \times 300)) = 0,19$ MPa $\leq 0,65 \eta f_m = 0,65 \times 0,94 \times 1,4 = 0,856$ MPa ✓

5.3. Duvar Kayma Gerilmelerinin Kontrolü

Örnek olarak inceleme konusu binalardan Piyalepaşa Konağında seçilen bir yığma duvarda TBDY-2018'e göre oluşan kayma gerilmeleri aşağıda hesaplanmıştır.

Yığma duvara etkiyen eksenel kuvvet $N_E = 150,94$ kN

Yığma duvara etkiyen kesme kuvveti $V_E = 310,90$ kN

Duvar başlangıç kesme dayanımı $f_{vko} = 0,1$ MPa

Duvar kalınlığı $t = 0,3$ m

Duvar kesit uzunluğu $l = 2,84$ m

Basınç kuvvetine çalışan duvar boyu $l_c = 1,66$ m

Duvar yüksekliğinin duvar uzunluğuna oranı $b = 1,0$

$$V_{Rd1} = f_{vd} \cdot t \cdot l_c = 0,1 \times 300 \times 2840 = 85,20 \text{ kN}$$

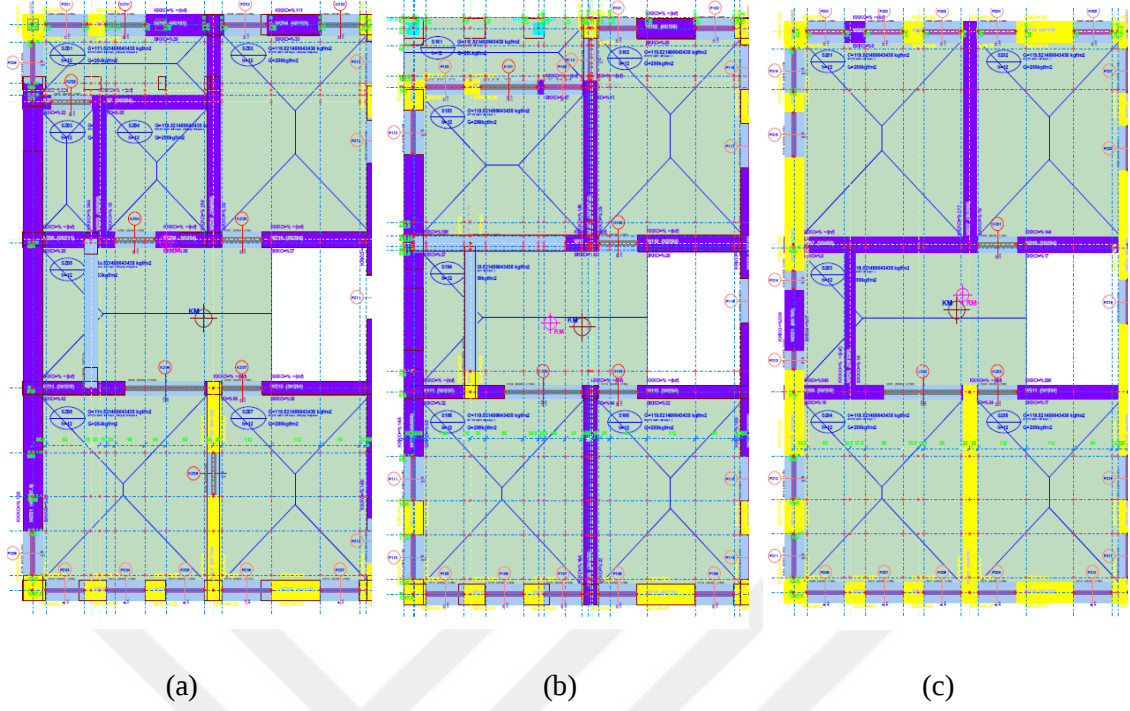
$$V_{Rd} = \ell t \frac{1.5 f_{vdo}}{b} \sqrt{1 + \frac{N_{Ed}}{1.5 \ell t f_{vdo}}}$$

$$VRd2 = 2840 \times 300 \times (1,5 \times 0,1 / 1,0) \sqrt{1 + (150940 / (1,5 \times 2840 \times 300 \times 0,1))} = 188,75 \text{ kN}$$

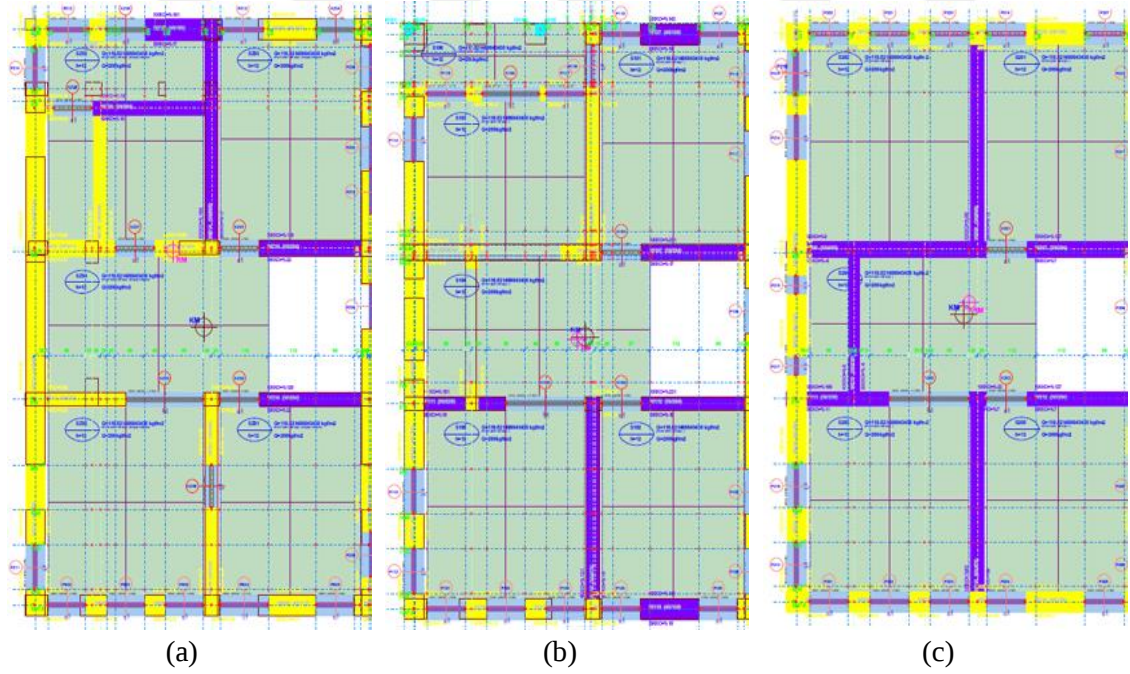
$$\text{Etki/ Kapasite Oranı} = V_E / V_R = 310,90 / 85,20 = 3,65 > 1,00 \text{ uygun değil!}$$

İnceleme konusu binalardan Piyalepaşa Konağı yapısının geometrik özellikleri, malzeme karakteristiği, yük kabulleri ve deprem parametreleri ile oluşturulan model yapının TBDY-2018'e göre performans analizi sonucunda gerekli koşulları sağlamayan elemanlar Şekil 5.1'de gösterilmiştir. Kat planlarında mor renkle işaretlenen duvarlar kayma gerilmesi koşulunu sağlamayan düşey taşıyıcı elemanlardır. Tüm yığma duvar elemanlarının hesaplanan etki/kapasite oranına göre duvarın üzerine etkiyen eksenel yükü güvenle taşıdığı belirlenmiştir.

RYTEİE-2019 kriterlerine göre tamamlanan analiz sonucunda eksenel kuvvet ve kesme kuvvetleri ile ilgili gerekli koşulları sağlamayan yığma duvarlar Şekil 5.2'de gösterilmektedir. Kat planlarında mor renkle işaretlenen duvarlar kayma gerilmesi koşulunu sağlamayan düşey taşıyıcı elemanlardır. Tüm yığma duvar elemanlarının hesaplanan etki/kapasite oranına göre duvarın üzerine etkiyen eksenel yükü güvenle taşıdığı belirlenmiştir.



Şekil 5.1. Piyalepaşa Konağı TBODY-2018'e göre taşıyıcı sistem performans durumu
a) Zemin kat planı b) 1. Normal kat planı, c) 2. Normal kat planı



Şekil 5.2. Piyalepaşa Konağı RYTEİE-2019'e göre taşıyıcı sistem performans durumu
a) Zemin kat planı b) 1. Normal kat planı, c) 2. Normal kat planı

5.4. Bina Performans Seviyesinin Belirlenmesi

Binanın performans analizi sonuçları Tablo 5.5’de gösterilmektedir. Tabloda kat burulma momentleri (M_{bi}), duvar kesme kuvveti taşıma kapasitesi (V_r), kattaki ilgili yönde duvar alanı bileşeni (W_a), kattaki ilgili yöndeki duvar sayısı (W_n), kesme kapasitesi yetersiz duvar sayısı ($yetersiz \Sigma W_n$), kapasitesi yetersiz duvarların toplam kesme kapasitesi ($Yetersiz \Sigma V_r$), kapasitesi yetersiz duvarlara gelen toplam kesme kuvveti ($Yetersiz \Sigma V_e$) ve dayanımı yetersiz duvarların kat kesme kuvvetine katkı oranı (V_e/Q_i) değerleri yer almaktadır.

İnceleme konusu binalardan Piyalepaşa Konağının TBDY-2018’de tanımlanan malzeme ve yük kriterlerine göre zemin katta X-doğrultusunda 477,57 tm, Y doğrultusunda ise 248,64 tm burulma momenti meydana gelmiştir. 1. Normal katta X ve Y doğrultusunda sırasıyla 50,14 ve 183,84 tm burulma momentleri oluşmuştur.

Ayrıca 2. Normal katta X ve Y doğrultusunda sırasıyla 40,19 ve 17,26 tm burulma momenti oluşmuştur. Zemin katta kesme kapasitesi yetersiz duvarlara gelen toplam kesme kuvveti X doğrultusunda 165,27 ton, Y doğrultusunda 268,30 ton olarak belirlenmiştir. 1.Normal kat duvarları için bu değerler sırasıyla 119,85 ve 207,70 ton olarak belirlenmiştir.

Bununla birlikte 2. Normal katta ise yine X ve Y doğrultularında oluşan kesme kuvveti sırasıyla 115,36 ve 163,74 ton olarak belirlenmiştir. Zemin katta X-yönünde konumlanmış 19 adet yığma duvarın dokuzunda duvar kesme kuvveti taşıma kapasitesi yetersiz kalmıştır. Bu durumda dayanımı yetersiz duvarların kat kesme kuvvetine oranı %97,20 olduğu belirlenmiştir. Zemin katta Y-yönünde konumlanmış 14 adet yığma duvarın beşinde kesme kuvveti taşıma kapasitesi yetersiz kalmıştır. Bu durumda dayanımı yetersiz duvarın kat kesme kuvvetine oranı %96,20 olarak belirlenmiştir.

Binaya gelen deprem kuvvetleri, taşıyıcı duvarlarında oluşan kesme kuvvetleri, duvarların kesme kapasitesi değerleri ile karşılaştırıldığında binanın performans düzeyinin göçme durumunda olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 5.5. Piyalepaşa Konağı TBDY-2018'e göre bina performans değerleri

Kat Adı	Deprem Yönü	M_{bi} (tm)	ΣV_r (Duvar) (t)	ΣW_a	ΣW_n	$\Sigma Yetersiz W_n$	$\Sigma Yetersiz V_r$ (t)	$\Sigma Yetersiz V_e$ (t)	$Yetersiz \Sigma V_e / \Sigma Q_i$ (%)
Zemin Kat	X	-477,57	165,27	8.78	19	9	122,19	283,72	97.2
	Y	-248,64	268,3	12.92	14	5	179,28	281,07	96.2
1.Normal Kat	X	-50,14	119,85	6.34	19	10	91,46	237,14	97.0
	Y	-183,84	207,7	10.6	17	7	157,36	243,05	99.4
2.Normal Kat	X	-40,19	115,36	7.88	17	6	77,87	121,34	98.8
	Y	17,26	163,74	10.99	16	8	130,92	121,60	99.0

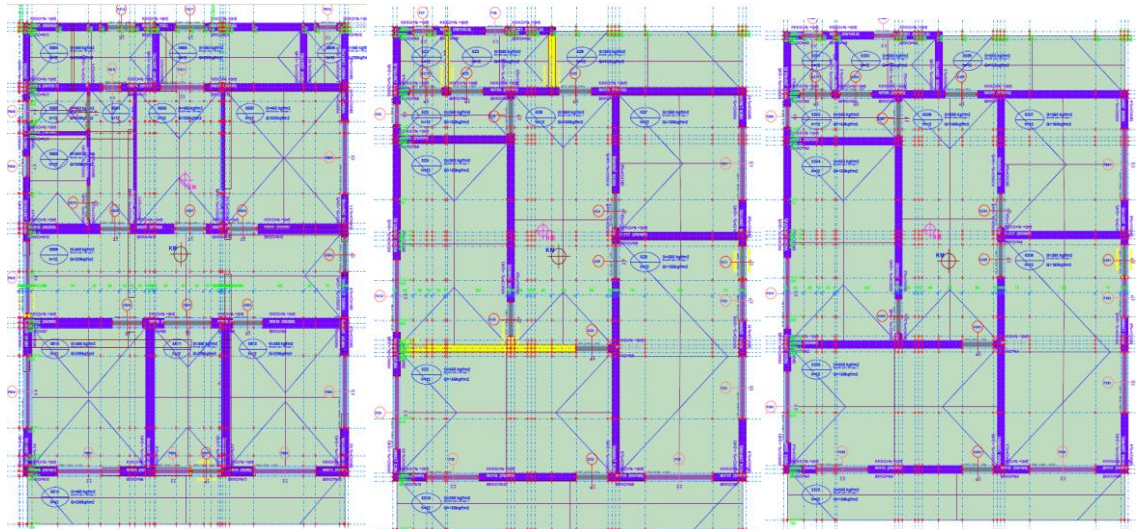
Piyalepaşa Konağının RYTEİE-2019 esaslarına göre performans analizi sonuçları Tablo 5.6'de gösterilmektedir Performans değerlerine göre zemin katta X doğrultusunda 430,49 tm, Y doğrultusunda ise 196,92 tm burulma momentleri meydana gelmiştir. 1. Normal katta X ve Y doğrultusunda sırasıyla 14,22 ve 40,36 tm burulma momentleri oluşmuştur. Ayrıca 2. Normal katta X ve Y doğrultusunda sırasıyla 30,09 ve 13,80 tm burulma momentleri oluşmuştur. Zemin katta kesme kapasitesi yetersiz duvarlara gelen toplam kesme kuvveti X doğrultusunda 179,20 ton, Y doğrultusunda 63,45 ton olarak belirlenmiştir. 1.Normal kat duvarları için bu değerler sırasıyla 209,56 ve 66,25 ton olarak belirlenmiştir.

Bununla birlikte 2. Normal katta ise yine Xve Y doğrultularında sırasıyla 93,34 ve 77,61 t olarak belirlenmiştir. Zemin katta X-yönünde konumlanmış 19 adet yığma duvarın dördünde duvar kesme kuvveti taşıma kapasitesi yetersiz kalmıştır. 1.Normal katta X-yönünde konumlanmış 19 adet yığma duvarın beşinde duvar kesme kuvveti taşıma kapasitesi yetersizdir, 2.Normal katta 17 adet yığma duvarın beşinde duvar kesme kuvveti taşıma kapasitesi yetersiz kalmıştır. Binaya gelen deprem kuvvetleri, taşıyıcı duvarlarında oluşan kesme kuvvetleri, duvarların kesme kapasitesi değerleri ile karşılaştırıldığında binanın RYTEİE-2019'e göre riskli yapı olduğu belirlenmiştir.

Tablo 5.6. Piyalepaşa Konağı RYTEİE-2019'e göre bina performans değerleri

Kat Adı	Deprem Yönü	M_{bi} (tm)	ΣV_r (Duvar) (t)	ΣW_a	ΣW_n	$\Sigma Yetersiz W_n$	$\Sigma Yetersiz V_r$ (t)	$\Sigma Yetersiz V_e$ (t)	Yetersiz $\Sigma V_e / \Sigma Q_i$ (%)
Zemin Kat	X	-430,49	199,01	8,78	19	4	73,96	179,2	67,4
	Y	-196,92	317,49	12,92	14	1	31,62	63,45	23,2
1.Normal Kat	X	14,22	143,68	6,34	19	5	81,72	209,56	89,7
	Y	-40,36	243,34	10,6	17	1	27,27	66,25	28,2
2.Normal Kat	X	-30,09	141,14	7,88	17	5	76,11	93,34	79,2
	Y	13,8	192,99	10,99	16	3	69,54	73,61	62,9

İncelenen binalardan MKŞ Yığma binanın geometrik özellikleri, malzeme karakteristiği, yük kabulleri ve deprem parametreleri ile oluşturulan model yapının TBDY-2018'e göre performans analizi sonucunda gerekli koşulları sağlamayan taşıyıcı düşey elemanlar Şekil 5.3'de gösterilmiştir. Kat planlarında mor renkle işaretlenen duvarlar kayma gerilmesi koşulunu sağlamayan düşey taşıyıcı elemanlardır. Tüm yığma duvar elemanlarının hesaplanan etki/kapasite oranına göre duvarın üzerine etkiyen eksenel yükü güvenle taşıdığı belirlenmiştir.



Şekil 5.3. MKŞ Yığma Binada TBDY-2018'e göre taşıyıcı sistem performans durumu
a) Zemin kat planı b) 1. Normal kat planı, c) 2. Normal kat planı

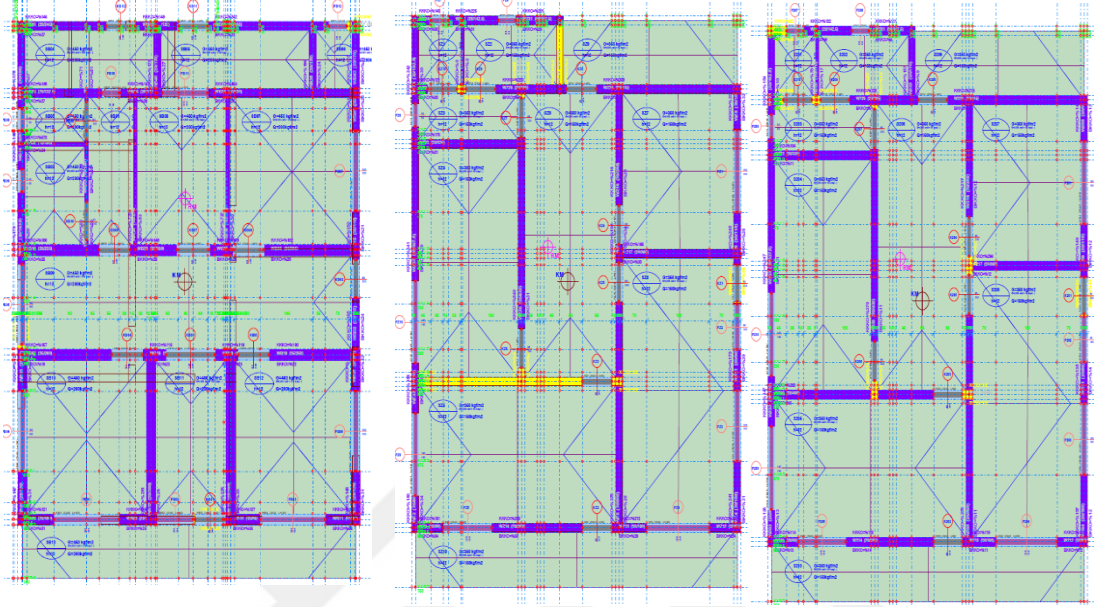
Yığma binanın TBDY-2018'e göre deprem performansı Tablo 5.7'de gösterilmektedir. Zemin katta X-doğrultusunda 1344,80 tm, Y doğrultusunda ise 94,53 tm burulma momenti meydana gelmiştir. 1. Normal katta X ve Y doğrultusunda sırasıyla 358,52 ve 232,24 tm burulma momentleri oluşmuştur. Ayrıca 2. Normal katta X ve Y doğrultusunda sırasıyla 234,89 ve 147,44 tm burulma momenti oluşmuştur. Zemin katta kesme kapasitesi yetersiz duvarlara gelen toplam kesme kuvveti X doğrultusunda 217,03 ton, Y doğrultusunda 186,89 ton olarak belirlenmiştir. 1.Normal kat duvarları için bu değerler sırasıyla 162,31 ve 159,56 ton olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte 2. Normal katta ise yine X ve Y doğrultularında oluşan kesme kuvveti sırasıyla 146,12 ve 142,66 ton olarak belirlenmiştir. Zemin katta X-yönünde konumlanmış 21 adet yığma duvarın yirmisinde duvar kesme kuvveti taşıma kapasitesi yetersiz kalmıştır. Dolayısıyla her iki doğrultuda da dayanımı yetersiz duvarların kat kesme kuvvetine oranı %100 olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak binanın performans düzeyi göçme olarak tespit edilmiştir. Binanın bulunduğu bölgenin depremselliğinin yüksek olması taşıyıcı duvarlara gelen kesme kuvvetlerini artırmış geometrik olarak yönetmeliğe uygun olan binanın deprem güvenliğini zayıflatmıştır.

Tablo 5.7. MKŞ Yığma Binanın TBDY-2018'e göre bina performans değerleri

Kat Adı	Deprem Yönü	M_{bi} (tm)	ΣV_r (Duvar) (t)	ΣW_a	ΣW_n	$\Sigma Yetersiz W_n$	$\Sigma Yetersiz V_r$ (t)	$\Sigma Yetersiz V_e$ (t)	Yetersiz $\Sigma V_r / \Sigma Q_i$ (%)
Zemin Kat	X	-1344,8	217,03	7,52	21	20	216,66	725,15	100
	Y	-94,53	186,89	6,58	21	20	186,13	725,17	100
1.Normal Kat	X	-358,52	162,31	5,54	15	14	133,63	560,41	100
	Y	-232,24	159,56	5,48	18	13	142,25	560,41	100
2.Normal Kat	X	-234,89	146,12	5,54	15	15	146,12	293,88	100
	Y	-147,44	142,66	5,48	18	16	142,33	293,95	100

MKŞ Yığma binanın RYTEİE-2019'a göre performans analizi sonucunda gerekli koşulları sağlamayan taşıyıcı düşey elemanlar Şekil 5.4'de gösterilmiştir. Kat planlarında

mor renkle işaretlenen duvarlar kayma gerilmesi koşulunu sağlamayan düşey taşıyıcı elemanlardır. Tüm yığma duvar elemanlarının hesaplanan etki/kapasite oranına göre duvarın üzerine etkiyen eksenel yükü güvenle taşıdığı belirlenmiştir.



Şekil 5.4. MKŞ Yığma binanın RYTEİE-2019'e göre taşıyıcı sistem performans durumu a) Zemin kat planı b) 1. Normal kat planı, c) 2. Normal kat planı

MKŞ Yığma binanın RYTEİE-2019 esaslarına göre performans analizi sonuçları Tablo 5.8'de gösterilmektedir Performans değerlerine göre zemin katta X doğrultusunda 788,90 tm, Y doğrultusunda ise 7,45 tm burulma momentleri meydana gelmiştir. 1. Normal katta X ve Y doğrultusunda sırasıyla 271,02 ve 245,06 tm burulma momentleri oluşmuştur. Ayrıca 2. Normal katta X ve Y doğrultusunda sırasıyla 205,04 ve 174,35 tm burulma momentleri oluşmuştur. Zemin katta kesme kapasitesi yetersiz duvarlara gelen toplam kesme kuvveti X doğrultusunda 159,29 ton, Y doğrultusunda 142,99 ton olarak belirlenmiştir. 1.Normal kat duvarları için bu değerler sırasıyla 126,12 ve 118,90 ton olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte 2. Normal katta ise yine Xve Y doğrultularında sırasıyla 106,87 ve 101,85 t olarak belirlenmiştir. Zemin katta X-yönünde konumlanmış 21 adet yığma duvarın ondokuzunda duvar kesme kuvveti taşıma kapasitesi yetersiz kalmıştır. Binaya gelen deprem kuvvetleri, taşıyıcı duvarlarında oluşan kesme kuvvetleri, duvarların kesme kapasitesi değerleri ile karşılaştırıldığında binanın RYTEİE-2019'e göre riskli yapı olduğu belirlenmiştir.

Tablo 5.8. MKŞ Yığma binanın RYTEİE-2019'e göre bina performans değerleri

Kat Adı	Deprem Yönü	M_{bi} (tm)	ΣV_r (Duvar) (t)	ΣW_a	ΣW_n	$\Sigma Yetersiz W_n$	$\Sigma Yetersiz V_r$ (t)	$\Sigma Yetersiz V_e$ (t)	$Yetersiz \Sigma V_e / \Sigma Q_i$ (%)
Zemin Kat	X	-788,9	159,29	7,52	21	19	158,01	420,1	100
	Y	7,45	142,99	6,58	21	20	142,51	498,53	100
1.Normal Kat	X	-271,02	126,12	5,54	15	12	108,89	363,16	99,9
	Y	-245,06	118,9	5,48	18	13	102,38	429,74	99,9
2.Normal Kat	X	-205,04	106,87	5,54	15	11	1100,89	225,99	99,4
	Y	-174,35	101,85	5,48	18	13	95,6	265,57	99,6

6. SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinin (TBDY-2018) ile Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar (RYTEİE-2019)'ın yığma binalar özelinde farklılıkları ortaya konularak örnek bir yığma binanın deprem güvenliğinin belirlenmesinde izlenen teknik adımlar her iki yönetmelikte tanımlandığı biçimde incelenmiştir.

Malzeme özellikleri açısından kıyaslandığında; TBDY-2018'de yığma taşıyıcı duvarın karakteristik basınç dayanımı (f_k) duvar numuneleri üzerinde yapılacak deneyler yolu ile veya kargir birim ve harç üzerinde yapılacak ayrı deneylerden elde edilen basınç dayanımları kullanılarak belirlenmektedir. Bina taşıyıcı sistem modeli oluşturulurken Elastisite Modülü $750f_k$ değerine eşit kabul edilmektedir. RYTEİE-2019'da ise Elastisite Modülü $600f_m$ olarak tanımlanmıştır. Bu durumda RYTEİE-2019 malzeme kabulleri açısından daha güvenli tarafta kalmaktadır.

Hesap yöntemleri açısından kıyaslandığında; TBDY-2018 de bina deprem hesabında doğrusal veya doğrusal olmayan hesap yöntemleri kullanılabilir. RYTEİE-2019'e göre binanın risk durumunun belirlenmesi için doğrusal elastik hesap ile Mod Birleştirme Yönteminin kullanılması gerektiği tanımlanmıştır.

TBDY-2018'de yığma taşıyıcı duvarın birim uzunluğunun düşey yük tasarım dayanımı, yığma duvar tasarım basınç dayanımı, narinlik oranına bağlı kapasite azaltma katsayısı ve duvar parçasının yatay enkesit alanının çarpımına eşittir. RYTEİE-2019'e performans değerlendirmesinde yığma taşıyıcı duvarda oluşan basınç gerilmesi, narinlik oranına bağlı dayanım azaltma katsayısı, duvar basınç dayanımının çarpımının 0,65 katı olarak tanımlanmıştır.

TBDY-2018'e göre performans değerlendirmesinde herhangi bir katta uygulanan deprem doğrultusunda bu koşulu sağlamayan duvarların kat kesme kuvvetine katkısı %40'ın altında ise bina Kontrollü Hasar Performans Düzeyini sağlamakta, bu oranın %40'ı aşması durumunda ise bina Göçme Durumundadır. RYTEİE-2019'a göre yapılan değerlendirmede herhangi bir katta Risk Sınırı aşıl原因 duvarlarda hesaplanan kesme kuvveti toplamı, o kattaki toplam kat kesme kuvvetine oranı %35'ten fazla ise bina, Riskli

Bina olarak kabul edilmektedir. Bu hususta RYTEİE-2019 daha güvenli tarafta kalmaktadır.

Çalışma kapsamında incelenen Piyalepaşa Konağı taşıyıcı sisteminin statik ve dinamik yükler etkisinde yapısal analizi sonucu her iki yönetmeliğe göre belirlenen deprem kuvvetleri, yığma taşıyıcı duvarlarda oluşan kesme kuvvetleri ve duvarların kesme kapasitesi değerleri ile karşılaştırılarak binanın deprem performansı belirlenmiştir.

TBDY-2018'e göre yapılan değerlendirmede binanın zemin katında dayanımı yetersiz duvarların taşıdığı kesme kuvvetinin kat kesme kuvvetine oranı x-doğrultusundaki %97,20, y doğrultusunda ise %96,20 olarak belirlenmiştir. Bu oranlara göre zemin katta x-yönünde 19 duvardan 9'u yetersizdir. Y-yönünde ise 14 duvardan 5'i yetersizdir. RYTEİE-2019'e göre yapılan analizde ise zemin kattaki dayanımı yetersiz duvarların taşıdığı kesme kuvvetinin kat kesme kuvvetine oranı x-doğrultusundaki %67,4, y-doğrultusunda ise %23,2 olarak belirlenmiştir. Zemin katta x-doğrultusunda 19 duvardan 4'ü yetersiz iken y-doğrultusunda 19 duvardan 1'i yetersiz kalmaktadır. Yığma binanın taşıyıcı sistemini oluşturan duvarlarda oluşan basınç gerilmelerinin her iki yönetmeliğe göre güvenli tarafta kaldığı, kayma gerilmelerinin ise kapasitesinin üzerinde olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak binanın mevcut geometrisi, malzeme özellikleri ve deprem parametreleri ile birlikte kesme kuvveti kapasitesi değerlendirildiğinde sismik performansının her iki yönetmeliğe göre riskli olduğu tespit edilmiştir.

Çalışma kapsamında incelenen MKŞ Yığma Binasında taşıyıcı sisteminin statik ve dinamik yükler etkisinde yapısal analizi sonucu her iki yönetmeliğe göre belirlenen deprem kuvvetleri, yığma taşıyıcı duvarlarda oluşan kesme kuvvetleri ve duvarların kesme kapasitesi değerleri ile karşılaştırıldığında binanın her iki yönetmeliğe göre deprem performansının göçme modunda olduğu belirlenmiştir. Bunun temel sebebi binanın bulunduğu bölgenin depremselliğinin yüksek olması, yapının rijitliğinin yetersiz olmasıdır. Ancak bu bina 1999 Gölcük depreminde hasar almamış , depremden hemen sonra kullanımına devam edilmiştir.

İncelenen yönetmeliklerde yığma binaların performans düzeyi kesme kuvvetlerine göre belirlenmektedir. Bu nedenle birçok tarihi yığma binanın sahip olduğu geometrik özellikler ile her iki yönetmeliğe göre “Göçme” durumunda çıkması olasıdır. Tarihi

yığma binaların sadece kesme kuvvetlerine göre değeriendirilmesi ve yönetmelikte yığma yapı sisteminde inşa edilecek yapılar için istenen şartları taşıması istenmesi bu yapılar için oldukça ağır bir değeriendirme kriteri olmaktadır. Bu sebeple tarihi yığma binaların değeriendirilmesinde daha fonksiyonel sonuçlar almak için gelişen yazılım teknolojisi, zaman ve oluşan bilgi birikimi ile mimar ve mühendisler'e yol gösterebilecek özel analiz ve uygulama yönetmeliğini oluşturulması önerilmektedir.

Ayrıca tarihi yığma binaların onarım ve güçlendirme uygulamaları ile yapısal davranışının iyileştirilerek gelecek nesillere güvenle aktarılabilmesi için deprem güvenliğinin geciktirilmeden belirlenmesi gerekmektedir.



KAYNAKLAR

- Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (2018). *T.C. Resmi Gazete* (30364, 18 Mart 2018). Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı.
- Amani, A. (2019). Amani, A , Örnek Bir Yığma Bina Üzerinde 1998, 2007 ve 2019 Türk Deprem Yönetmeliklerinin Karşılaştırmalı Olarak İrdelenmesi. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 25(1), 13-26.
- Arun, G. (2005). Yığma Kagir Yapı Davranışı. *Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Arttırılması Çalıştayı* (s. 76-89). Ankara: Orta Doğu Teknik Üniversitesi.
- Atımtay, A. (2000). *Açıklamalar ve Örneklerle Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (Betonarme Yapılar) Cilt 1.*. Ankara.
- Aytekin, İ. (2006). Donatısız ve Sarılmış Yığma Yapıların Deprem Davranışlarının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 181799.
- Bayülke, N. (1978). Tuğla Yığma Yapıların Depremlerdeki. *Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni*, 22, 26-42.
- Bayülke, N. (1992). *Yığma Yapılar*. Ankara: Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı.
- Bayülke, N. (2011). *Depreme dayanıklı betonarme ve yığma yapı tasarımı*, 398s. İzmir: İMO İzmir Şubesi Yayınları.
- Bruneau, M. (1994). Seismic Evaluation of Unreinforced Masonry Buildings:A State of the Art Report. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 21 (3),512–539.
- Büyükgökmen, D. (2001). *Donatılı Yığma Bina Tasarımı*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 104158.
- Can, H., & Ünay, A. (2012). Tarihi Yapıların Deprem Davranışını Belirlemek İçin Sayısal Analiz Yöntemleri. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 27(1), 211-217.
- Çavuş, M., Dayı, M., Uluşu, H., & Aruntaş, H. (2015). Sürdürülebilir Bir Yapı Malzemesi Olarak Kerpiç. *2nd International Sustainable Buildings Symposium (ISBS)* (s. 184-192). Ankara: Gazi Üniversitesi.
- Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar, 2019Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanunun Uygulama Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik (2019). *T.C. Resmi Gazete* (30808,18 Şubat 2019) Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.
- Dabanlı, Ö. (2008). Tarihi Yığma Yapıların Deprem Performansının Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 252472.

- Demirel, I., Erberik, M., & Sucuoglu, H. (2011). Tuğla Yığma Yapıların Performans Esaslı Değerlendirilmesi İçin Doğrusal Olmayan Eşdeğer Çerçeve Modeli. 1. *Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*. Ankara: ODTÜ.
- Düzgün, M. (1985). Yığma Kargir Yapılar. *Türkiye Mühendislik Haberleri*, 315, 3-10.
- Erberik, M. (2007). Türkiye’deki Yığma Binaların Hasargörebilirliği. 6. *Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı 17.10.2007 - 22.10.2007*, (s. 35-41). İstanbul.
- Ercan, E. (2010). Tarihi Yığma Yapıların Güvenliklerinin Analitik ve Deneysel Yöntemlerle Belirlenmesi, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 285077.
- Gedik, Y. (2008). *Analysis, Repair and Strengthening Of Historical Masonry Structures; Case Study Mehmet Aga Mosque*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 246787.
- Güner, Y. (2018). *Mevcut Tarihi Yığma Yapıların Performans Analizi*. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 514271.
- Kappos, A., Penelis, G., & Drakopoulos, C. (2002, Haziran). Evaluation of Simplified Models for Lateral Load Analysis of Unreinforced Masonry Buildings. *Journal of Structural Engineering*, 128(7), 890-897.
- Kara, H. (2009). Tarihi Yığma Binaların Taşıyıcı Sistemleri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 252468.
- Karataş, İ. (2020). Bir Eğitim Binası Özelinde Mevcut Yığma Binaların Deprem Davranışının Belirlenmesi, T.C İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul, 616162.
- Koç, A. (2019). *Seismic Performance Of Masonry Buildings Subjected To Synthetic Ground Motions*, Master of Science, Middle East Technical University, Civil Engineering Department, Ankara, 579569.
- Koçak, A. (1999). Tarihi Yapıların Statik ve Dinamik Yükler Altında Lineer ve Nonlineer Analizi: Küçük Ayasofya Camii Örneği. Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 85052.
- Lourenço, P. (1996). *Computational Strategies for Masonry Structures*. Doktora Tezi, Delf Üniversitesi, Delf, Hollanda.
- Nakamura, Y., Derakhshan, H., Sheikh, A., & Ingham, J. (2016, Eylül). Equivalent Frame Modelling Of An Unreinforced Masonry Buildin With Flexible. *Bulletin of the New Zealand Society for Earthquake Engineering*, 49(3).
- Oyguç, R. (2017). 2011 Van Depremlerinden Sonra Yığma Yapılarda Gözlemlenen Hasarlar. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 19 (2), 296-315.

- Önal, M., & Koçak, A. (2005). Yapı Hasarları ve Onarımı ve Güçlendirme Yöntemlerinin Ayrıntıları. *Antalya Yöresinin İnşaat Mühendisliği Sorunları Kongresi Bildiriler Kitabı 22-24 Eylül*, (s. 93-108). Antalya.
- Özeren , Ö. (2016). Donatılı Gazbeton Paneller ve Bu Paneller ile Yapılan Binaların Düşey ve Yatay Yükler Altında Davranışı, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, 450938.
- Paulay, T., & Priestley, M. (1992). *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings*.
- SAP2000, *Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures*, Computers and Structures, Inc., Berkeley, CA.
- Smyrou, E. (2016). Kuşatılmış Yığma Yapıların Deprem Davranışı: 2011 Van Depremi Örneği. *Dicle Mühendislik Dergisi*, 8 (3), 453-461.
- Şen, B. (2003). *Modeling and Analysis of Historical Masonry Structures*. Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ, Ankara, 181343.
- TS 2514. (1977). *Kerpiç Bloklar ve Yapım Kuralları*. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.
- TS EN 771-1. (2015). *Kargir Birimler - Özellikler - Bölüm 1: Kil Kargir Birimler*. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.
- TS TS EN 12602 . (2016). *Önyapımlı Donatılı Gazbeton Yapı Elemanları*. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.
- Ural, A. (2005). Sarılmış Geleneksel Tip Yığma Binaların Deprem Davranışlarının İncelenmesi. *Deprem Sempozyumu Kocaeli 2005*.
- Ünay, A. (2002). *Tarihi Yapıların Depreme Dayanımı*. Ankara: ODTÜ Mimarlık Fakültesi Yayınları.
- Ytong. (2021). *Ytong Taşıyıcı Düşey Duvar Elemanları*. <https://ytong.com.tr/tasiyici-dusey-duvar-elemanlari.asp> (Ziyaret tarihi: 15.12. 2021).

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

Türkoğlu, A., (2021). Atalay H. M., Yığma Binaların Deprem Güvenliğinin Belirlenmesi, *Uluslararası Marmara Fen Bilimleri Kongresi (İMASCON-2021)*, Kocaeli, Türkiye, 21-22 Mayıs 2021.



ÖZGEÇMİŞ

İlk, orta ve lise öğrenimini Zonguldak'da tamamladı. 20012 yılında girdiği Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden 2017 yılında İnşaat Mühendisi olarak mezun oldu. Halen Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans eğitimine devam etmektedir.

