

**T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KIRSAL KONUTLARIN
DEPREM GÜVENLİĞİNİN ARTTIRILMASI**

**Serra Zerrin KORKMAZ
DOKTORA TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
KONYA 2007**

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KIRSAL KONUTLARIN
DEPREM GÜVENLİĞİNİN ARTTIRILMASI**

Serra Zerrin KORKMAZ
DOKTORA TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI

Bu tez 14.02.2007 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Nazım KOÇU
(Danışman)

Prof. Dr. Kerim ÇINAR
(Üye)

Yrd. Doç. Dr. Ahmet TÜRER
(Danışman)

Yrd. Doç. Dr. Oğuzhan HASANÇEBİ
(Üye)

Yrd. Doç. Dr. Dicle AYDIN
(Üye)

ÖZET

Doktora Tezi

KIRSAL KONUTLARIN DEPREM GÜVENLİĞİNİN ARTTIRILMASI

Serra Zerrin KORKMAZ

Selçuk Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Mimarlık Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Nazım KOÇU (S.Ü.)

Yrd. Doç. Dr. Ahmet TÜRER (ODTÜ)

2007, 168 Sayfa

Jüri: Prof. Dr. Kerim ÇINAR (S.Ü.)

Yrd. Doç. Dr. Nazım KOÇU (S.Ü.)

Yrd. Doç. Dr. Ahmet TÜRER (ODTÜ)

Yrd. Doç. Dr. Oğuzhan HASANÇEBİ (ODTÜ)

Yrd. Doç. Dr. Dicle AYDIN (S.Ü.)

Türkiye'nin deprem bölgesinde yer alması ve kırsal konut stokunun yüksek olması göz ardı edilemez bir gerçektir. Kırsal konutların deprem hasarları büyük can ve mal kayıplarına neden olmaktadır. Bu kayıpları en aza indirmek amacıyla mevcut kırsal konutların güçlendirilmesine yönelik olarak; ekonomik ve uygulaması kolay bir teknik geliştirilmesi çalışmanın hedefidir. Atık oto lastiklerinin kullanılması ve birbirine eklenerek oluşturulacak lastik şeritle yığma yapı duvarlarına ard-germe verilmesi güçlendirme tekniğinin ana fikridir.

Bu çalışma 5 bölümden oluşmaktadır. Tezin 1. bölümünde belirlenen problem doğrultusunda amaç, kapsam açıklanmış, kullanılan yöntemler verilmiştir. 2. Bölümde kırsal konut tipleri ve Türkiye'deki dağılımı anlatılmıştır. 3. Bölümde deprem kavramı gerekli tanımlar açıklanarak verilmiş, Türkiye'nin depremselliği, kırsal konutlarda depremlerle oluşan hasar türleri açıklanarak alınması gereken önlemler üzerinde durulmuştur. 4. Bölümde kırsal konutların deprem güvenliğinin arttırılmasına yönelik deneysel araştırma yapılmıştır. Deneysel araştırma için dinamik yer hareketlerini benzeştirecek sarsma masası imal edilmiştir. Tek hacimli kırsal konut odasını ifade edebilecek, 1/10 ölçekli model

belirlenmiştir. Bu modelden 2 tanesi referans olmak üzere 9 deney seti oluşturulmuştur. Her deney setinde önerilen güçlendirme yöntemine yönelik farklı bir detay tatbik edilmiştir. Deneyler sonucunda gerekli değerlendirmeler yapılarak bu çalışmayı da destekleyen Dünya Bankası DM 2003#1451 projesi kapsamında yer alan 1/1 ölçekli 2 deney yapılmıştır. Bu iki grup deney düzeneklerinin karşılaştırılmaları bu bölümde yapılmıştır. Son olarak 5. Bölümde de sonuç ve önerilerde bulunulmuştur. Önerilen güçlendirme metoduyla yapının yatay yük taşıma kapasitesinin 2.2 kat attırdığı gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kırsal Konut, Deprem, Sarsma tablası, Yığma yapı, Güçlendirme

ABSTRACT

Ph. D. Thesis

SEISMIC IMPROVEMENT OF RURAL HOUSES

Serra Zerrin KORKMAZ

Selcuk University

Institute of Natural and Applied Sciences

Science of Architecture

Advisor: Yrd. Doç. Dr. Nazım KOÇU (S.U.)

Yrd. Doç. Dr. Ahmet TÜRER (METU)

2007, 168 Pages

Jury: Prof. Dr. Kerim ÇINAR (S.U.)

Asist Prof. Dr. Nazım KOÇU (S.U.)

Asist Prof. Dr. Ahmet TÜRER (METU)

Asist Prof. Dr. Oğuzhan HASANÇEBİ (METU)

Asist Prof. Dr. Dicle AYDIN (S. U.)

Turkey has a large amount of rural dwelling stock and also situated in an active earthquake zone. Those rural dwellings causes many life and property loss after the earthquakes. Thus, the aim of this study is to develop an economical and easily applicable retrofitting technique for available rural structures. The use of scrap automobile tires by connecting them with an appropriate connection and applying post-tension to the masonry walls is the main philosophy of the strengthening scheme.

This study is consisted of 5 sections. In section 1, the aim, scope and the method is given. In 2nd section, the rural dwelling types and distribution in Turkey is summarized. In 3rd section, the earthquake phenomenon is introduced. Also, earthquake reality in Turkey and earthquake damage in rural structures and precautions are listed. In 4th section, experimental part of the study is handled. In order to represent the ground motion, a shaking table is produced and a representative rural dwelling model with 1 room in 1/10 scale is designed. 9 identical test specimens are produced and tested. The first 2 specimens are reference specimens with original details. The other 7 specimens are strengthened and in each specimen

one parameter of the proposed method is changed. After the interpretation of the small scaled study, 2 full scale tests are conducted as a part of a research project funded by World Bank (DM 2003#1451). Comparison of the 1/1 and 1/10 scaled tests are also done in this section. At the last section, results and conclusions are summerized.

Keywords: Rural Dwelling, Earthquake, Shaking Table, Masonry Structure, Strengthening.

TEŞEKKÜR

Bu tez konusunda ilk fikri veren ve alıőmalarımnda bana katkılarını esirgemeyen değerli danıőmanlarım Sayın Yrd. Do. Dr. Nazım KOÇU (S.Ü.) ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Ahmet TÜRER'e (ODTÜ), yol gösteren ve bilgilerini esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Kerim ÇINAR (S.Ü.) ve her zaman yanımda olduğunu hissettiğim Sayın Yrd. Doç. Dr. Dicle AYDIN'a, anlayıőlarından dolayı Yapı Bilgisi Anabilim Dalı hocalarım ve çalışma arkadaşlarıma teőekkürlerimi sunarım.

Deneyler sırasında bana yardımcı olan İnşaat Mühendisi Nadire ÖZEL'e, Mimarlık Bölümü öğrencilerinden A. Melih ACAR, Haydar BAŐARAN'a , tezimin yazım aşamasında yardımcı olan arkadaşlarım Arő. Gör. Saim KORUR ve Arő. Gör. Esra YALDIZ'a teşekkür ederim.

İyiki varsınız çok değerli ailem, sevgili eőim ve biricik oğlum Onur...

Tez kapsamında yapılan deneysel alıőmalar, Selçuk Üniversitesi BAP, TÜBİTAK MAG Proje No: 104I011-I599/01 ve Dünya Bankası DM2003#1451 projesi tarafından desteklenmiş olup tez, projenin bir bölümünü oluşturmaktadır.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
Özet	i
Abstract	iii
Teşekkür	v
İçindekiler	vi
Şekiller Listesi	ix
Tablolar Listesi	xv
Simgeler	xvi
1. GİRİŞ	1
1.1. Amaç-Kapsam	2
1.2. Materyal ve Metot	4
1.3. Literatür Araştırması	5
2. KIRSAL KONUT YAPI TİPLERİ	16
2.1. Yığma (Kargir) Yapılar	20
2.1.1. Taş Yığma Yapılar	20
2.1.2. Tuğla Yığma Yapılar	22
2.1.3. Briket Yığma Yapılar	23
2.1.4. Kerpiç Yığma Yapılar	24
2.2. Karkas Yapılar	25
2.2.1. Hımış Yapılar	25
2.2.2. Bağdadi Yapılar	26
2.2.3. Betonarme Yapılar	27
2.3. Melez Yapılar	28
3. DEPREMİN KIRSAL KONUTLARDAKİ ETKİSİ	29
3.1. Deprem	29
3.1.1. Yerküresinin Yapısı	30
3.1.2. Depremle İlgili Tanımlar	32
3.1.3. Depremlerin Oluşumu	34

3.1.4. Deprem Dalgaları (Sismik Dalgalar)	35
3.1.5. Türkiye'nin Depremselliği	36
3.1.6. Kırsal Kesimde Deprem Sorunu	38
3.2. Kırsal Konutlarda Deprem Hasarı	42
3.2.1. Yığma Binalarda Hasar Türleri	45
3.2.2. İskeletli Kırsal Yapılarda Hasar	61
3.3. Depreme Dayanıklı Kırsal Konut Üretiminde Alınması Gereken Önlemler	64
3.3.1. Yer Seçimi	65
3.3.2. Temel Seçimi	67
3.3.3. Mimari Unsurlar ve Geometri	68
3.3.4. Duvarlar, Duvar Detayları ve Hatıllar	75
3.3.5. Çatı Sistemleri	87
3.4. Mevcut Kırsal Konutlara Yönelik Yapılan Güçlendirme Çalışmaları	89
4. KIRSAL KONUTLARDA DEPREM GÜVENLİĞİNİN ARTIRILMASINA YÖNELİK DENEYSEL ARAŞTIRMALAR	99
4.1. Ard-Germe Yönteminin Teorik Açıklaması	99
4.2. Sarsma Tablası Deneyleri	102
4.2.1. Sarsma Tablasının Özellikleri	104
4.2.2. Deney Numunelerin Özellikleri	107
4.2.3. Deney ve Gözlemler	110
4.2.3.1. Referans-Orijinal Numune (RN1)	111
4.2.3.2. Referans-Orijinal Numune (RN2)	112
4.2.3.3. Dik Olarak Döndürülmüş Numune (DD)	114
4.2.3.4. Hatıllı Numune (HN)	116
4.2.3.5. Yatay Elastik Şeritlerle Güçlendirilmiş Numuneler (YSN1-YSN2)	118
4.2.3.6. Düşey Elastik Şeritlerle Ard-Germe Uygulanması (DSN)	122
4.2.3.7. Yatay ve Düşey Sargılarla Güçlendirilmiş Numuneler (YDSN1- YDSN2)	124
4.2.3.8. Deneylerin Değerlendirilmesi	128
4.3. Güçlendirme Metodunun Uygulanması	129
4.4. Eğilme Tablası Deneyleri	133
4.5. Güçlendirme Metodunun Uygulama Adımları	141

5. SONUÇ VE ÖNERİLER	145
6. KAYNAKLAR	149
7. EKLER	156
Ek-A. Literatürde Bulunan Güçlendirme ve Deney Teknikleri İle İlgili Görsel Malzemeler	156
Ek-B. Konu İle İlgili Tablolar	162
Ek-C. Konu İle İlgili Hazırlanan Poster Çalışmaları	164
ÖZGEÇMİŞ	168

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa no</u>
Şekil 2.1 Çeşitli bölgelerden örnek kırsal yapı tipleri	17
Şekil 2.2. Ülkemizdeki kırsal yapı tiplerinin sınıflandırılması	18
Şekil 2.3. Deprem bölgelerindeki kırsal yapı dağılımı	19
Şekil 2.4. Taş kargir yapı	21
Şekil 2.5. Taş duvar kesitleri	21
Şekil 2.6. Tuğla duvar	23
Şekil 2.7. Briket duvar	23
Şekil 2.8. Kerpiç yığma yapı	24
Şekil 2.9. Kerpiç blok ve duvar örneği	25
Şekil 2.10. Hıms duvar	26
Şekil 2.11. Bağdadi yapı sistemi	27
Şekil 2.12. Adsız Köyünde yıkılan 3 katlı betonarme bina	28
Şekil 3.1. Yerkürenin katmanlı iç yapısı	30
Şekil 3.2. Dünyanın dış kısmındaki katmanları gösteren blok diyagram	31
Şekil 3.3. Depremin merkezi	32
Şekil 3.4. Yeryüzünün 150 milyon yıl önceki durumu ve yeryüzünün bugünkü durumu ve tektonik levhalar	34
Şekil 3.5. Tektonik levhaların hareket türleri	34
Şekil 3.6. Faylanma aşamaları	35
Şekil 3.7. Depremlerden oluşan sismik dalgaların türleri ve yer içinde yayılma özellikleri	36
Şekil 3.8. Dünyada aktif deprem bölgeleri	37
Şekil 3.9. Türkiye deprem bölgeleri	37
Şekil 3.10. Türkiye’de 1995-2000 yılları arasında köy ve şehirlerde nüfus artış oranları	39
Şekil 3.11. Türkiye’de yıllara göre nüfus sayıları	39
Şekil 3.12. Köy ve şehir nüfuslarının toplam nüfus içindeki oranı	39
Şekil 3.13. Yapıda deprem karşısında oluşan kuvvetler	42
Şekil 3.14. Yapının deprem karşısındaki davranışı	43
Şekil 3.15. Bina tipine göre yıkılma olasılıkları	44
Şekil 3.16. Bina tipine göre ölüm oranları	44

Şekil 3.17. Sonlu elemanlar programında oluşturulan yığma yapı modeli	46
Şekil 3.18. Serbest duvarda taban çekme çatlakları	47
Şekil 3.19. Duvarda diyagonal çatlak	48
Şekil 3.20. Kerpiç yığma duvarda X çatlağı	48
Şekil 3.21. Düşük harç dayanımı sonucu çatlak oluşumu, derzleri takip etmesi	48
Şekil 3.22. Pencere boşluğu olan bir duvarda X çatlağı	49
Şekil 3.23. Duvar tabanında kesme çatlağı	49
Şekil 3.24. Duvarda basamaklı çatlak	49
Şekil 3.25. Yığma duvarda basamaklı çatlak	49
Şekil 3.26. Duvarda birden fazla açıklık bulunması durumunda çatlama	50
Şekil 3.27. Duvarlar arası bağlantının deprem dayanımına tesiri	51
Şekil 3.28. Yığma yapıda düzlem dışı yüklemde düşey çatlaklar	51
Şekil 3.29. Duvar birleşimine yakın düşey çatlaklar	52
Şekil 3.30. Köşe hasar türleri	52
Şekil 3.31. Yığma yapılarda köşe hasarı	53
Şekil 3.32. Kerpiç yapılarda köşe hasarı	53
Şekil 3.33. Üç dış duvardan oluşan yapı ve deprem sonrası yıkımı	54
Şekil 3.34. Dik duvarlar arası zayıf bağlantı	54
Şekil 3.35. Yığma duvarların düzlem dışı devrilmesi	55
Şekil 3.36. Yığma yapılarda yuvarlak çatı kirişleri ve hasar	55
Şekil 3.37. Yığma yapılarda olası hasar ve çatlaklar	56
Şekil 3.38. Pencereler arası duvarda kesme çatlağı	57
Şekil 3.39. Çok katlı yapılarda deprem hasarı	58
Şekil 3.40. Çok uzun ve dar bir yapıda deprem hasarı	58
Şekil 3.41. Bitişik nizam yapılarda çarpma hasarı	59
Şekil 3.42. Kerpiç ve taş duvarlı köy evlerinde ağır dam örtüsünün çökmesi	59
Şekil 3.43. Moloz taş duvarda deprem hasar şekli	60
Şekil 3.44. Büyük boyutlu taş blokları ve deprem hasarı	61
Şekil 3.45. Doğu Anadolu'da ahşap iskeletli taş yapı	62
Şekil 3.46. Ahşap iskeletli yapıda düğüm noktası ve deprem hasarı	62
Şekil 3.47. Hımış ve bağdadi yapılarda deprem hasarı	63
Şekil 3.48. Ahşap iskeletli yapılarda deprem hasarı	64
Şekil 3.49. Yer altı su seviyesinin etkisi	66

Şekil 3.50. Heyelan tehlikesi olan yerleşim	66
Şekil 3.51. Toprak kayması ve şev kenarlarında yerleşim	66
Şekil 3.52. Fay yakınlarında yerleşim	67
Şekil 3.53. Yerleşilmesi tehlikeli bölgeler	67
Şekil 3.54. Yer seçimi ve temel yapımında yanlışlar ve doğrular	68
Şekil 3.55. Temel ve hatıl detayı	68
Şekil 3.56. Kerpiç yapıda taş duvar ve hatıllar	68
Şekil 3.57. Kırsal yapılarda plan ve geometri ile ilgili dikkat edilecek noktalar	69
Şekil 3.58. Binalarda en-boy oranı	70
Şekil 3.59. İçe dönük köşelerde gerilme yığılması ve hasar	70
Şekil 3.60. İç duvarlarda kapının konumu	70
Şekil 3.61. Yapıda dik duvarlarca desteklenmeyen duvar uzunluğu	70
Şekil 3.62. Mekanlar arası açıklık koşulu	71
Şekil 3.63. Kapı ve pencerelerin kötü ve uygun yerleşimi	71
Şekil 3.64. Pencere ve kapı boşluklarının dağılımında yanlışlar ve doğrular	72
Şekil 3.65. Kapı ve pencere boşlukları arasındaki boyutlar	73
Şekil 3.66. Uyulması gereken lento detayı	73
Şekil 3.67. Yapıda kat yüksekliği	74
Şekil 3.68. Bitişik nizam binalarda çarpma riski	74
Şekil 3.69. Yapıda gereksiz süsleme ve ayrıntılar	74
Şekil 3.70. Taş yığma yapılarda bağlayıcı taş kullanımı	75
Şekil 3.71. Taş duvarlarda köşe bağlantısı	75
Şekil 3.72. Tuğla duvarlarda tuğla örme örnekleri	76
Şekil 3.73. Yığma duvar örülürken yanlışlar	77
Şekil 3.74. Yığma duvar örülürken doğrular	77
Şekil 3.75. Taş yığma yapıda payanda detayı ve boyutları	78
Şekil 3.76. Duvar yüksekliği boyunca hatıl bulundurmeyen kerpiç yapı	78
Şekil 3.77. Hatıllı kerpiç yapı	78
Şekil 3.78. Duvarlarda hatılların köşe noktalarda birbirine bağlanması	79
Şekil 3.79. Ahşap hatıllarda köşe ve T bağlantısı detayı	79
Şekil 3.80. Payandalı duvarlarda ahşap hatılların bağlanması	79
Şekil 3.81. Betonarme hatıllarda donatı detayı örneği	80
Şekil 3.82. Taş duvarda hatıl	80

Şekil 3.83. Köşe kolon donatısı ve hatıllarla bağlantısı	81
Şekil 3.84. Duvar içine donatı yerleştirilmesi örnekleri	82
Şekil 3.85. Duvar içine bambu yerleştirilmesi	82
Şekil 3.86. Şaşırtmalı duvar örgüsünde bambu vb. malzemenin yerleştirilmesi	82
Şekil 3.87. Donatılı ve donatısız numunelerin sarsma masasında denenmesi	83
Şekil 3.88. Briket yapılarında düşey donatı	83
Şekil 3.89. Dik köşe ve T bağlantılarda düşey donatı yerleştirme detayları	84
Şekil 3.90. Yatay derzlere donatı yerleştirilerek kayma dayanımı ve stabilitenin arttırılması	85
Şekil 3.91. Hasır donatılarla köşe bağlantısının takviyesi	85
Şekil 3.92. Çeşitli anahtar-kilit şeklinde deprem tuğlaları	86
Şekil 3.93. Akşehir’de kerpiç yapıda uygulanan güçlendirme örneği	87
Şekil 3.94. Türkiye’de görülen toprak dam detayları	88
Şekil 3.95. Çatı sistemi rijit ve stabil olmalı	88
Şekil 3.96 Roorke şok tablası deney düzeneği	89
Şekil 3.97 Şok tablası	90
Şekil 3.98 Hindistan’da geliştirilen şok tablası	90
Şekil 3.99 U şeklinde numuneler sarsma tablasında denenirken	91
Şekil 3.100 Peru’da denen numunelerde ele alınan alternatifler	92
Şekil 3.101 Gerçek ölçülerde prototip numune	92
Şekil 3.102 Model test numunesi	93
Şekil 3.103 Çatılı ve kalkan duvarlı model	93
Şekil 3.104 Polietilen iplerle bağlantı detayları	93
Şekil 3.105 Güçlendirilmiş model numune	94
Şekil 3.106 Güçlendirilmiş çatılı ve kalkan duvarlı model numune	94
Şekil 3.107 Yarım ölçekli güçlendirilmemiş model deneyi	94
Şekil 3.108 Yarım ölçekli güçlendirilmiş model deneyi	95
Şekil 3.109 Peru’da kümes teli ile kerpiç yapıların güçlendirilmesi	95
Şekil 3.110 Alternatif ard-germe sistemi	96
Şekil 3.111. Hasarlı deney yapısının test sonrasında görünüşü ve çelik şerit düzenlemeleri	97
Şekil 4.1. Yatay ve düşey ard-germe duvarın kayma dayanımı artıracaktır	101
Şekil 4.2. Yük taşıma kapasitesindeki artışın açıklanması	102

Şekil 4.3. Sarsma tablası ve kontrol ünitesi	104
Şekil 4.4. Platformun 14 Hz frekansında değişik L/r değerleri için örnek v-t grafiği	106
Şekil 4.5. Platformun 14 Hz frekansında değişik L/r değerleri için örnek a-t grafiği	106
Şekil 4.6. Model yapının boyutsal özellikleri	108
Şekil 4.7. 1/10 ölçekli model numunelerin yapım aşamaları	109
Şekil 4.8. Kamera kayıt yerlerinin plan şemasında konumları	110
Şekil 4.9. RN1 numunesinin hasar ve göçme sırası	111
Şekil 4.10. RN2 numunesi	112
Şekil 4.11. RN2 numunesinin hasar ve göçme sırası	113
Şekil 4.12. RN2 numunesinin deney sonrası durumu	114
Şekil 4.13. DD numunesi	114
Şekil 4.14. Dik olarak döndürülmüş numunenin göçme mekanizması	115
Şekil 4.15. Hatıllı deney numunesi	116
Şekil 4.16. Hatıllı deney numunesinin göçme mekanizması	117
Şekil 4.17. YSN1 numunesi	118
Şekil 4.18. YSN1 numunesinin hasar ve göçme sırası	119
Şekil 4.19. YSN2 numunesi	120
Şekil 4.20. YSN2 numunesinin hasar ve göçme sırası	121
Şekil 4.21. DSN numunesi	122
Şekil 4.22. DSN numunesinin hasar ve göçme sırası	123
Şekil 4.23. DSN numunesinin deney sonu durumu	124
Şekil 4.24. YDSN1 numunesinin hasar ve göçme sırası	125
Şekil 4.25. YDSN2 numunesi	126
Şekil 4.26. YDSN2 numunesinin hasar ve göçme sırası	127
Şekil 4.27. Deney sonu ivmelerinin karşılaştırılması	128
Şekil 4.28. Otomobil lastiğinin en kesiti	130
Şekil 4.29. Oto lastiklerinin içinde bulunan çelik elemanlar	130
Şekil 4.30. Kullanılmış oto lastiklerin yanaklarının kesilmesi ve lastik halkasının elde edilmesi	131
Şekil 4.31. Lastik halkaları arasında kullanılan bağlantı elemanı	131
Şekil 4.32. Lastik zincirinin oluşturulması uygulaması	132
Şekil 4.33. Eğilme tablası deneyinde uygulanan yatay yük	134
Şekil 4.34. Referans deney numunesinin üretimi ve eğilme tablasında denemesi	135

Şekil 4.35. Yatay yüke paralel duvarlarda hasar durumu	135
Şekil 4.36. Yatay yüke dik duvarlarda meydana gelen hasar	135
Şekil 4.37. Model ve prototip deneylerin karşılaştırılması	136
Şekil 4.38. Düşey sargılamaları yerleştirilmiş numune	137
Şekil 4.39. Yatay ve düşey sargılaması yerleştirilmiş numune	137
Şekil 4.40. Yatay ve düşey sargılaması gerdirilmiş numune	138
Şekil 4.41. Yatay ve düşey sargılanmış numunenin deney anı	138
Şekil 4.42. Düşey sargılama için açılan boşluğu takip eden çatlak	139
Şekil 4.43. Deney sonunda numunede meydana gelen hasar ve çatlak durumu	139
Şekil 4.44. 1/10 ölçekli model ve Prototip deneylerin karşılaştırılması	140
Şekil 4.45. Delik yerlerinin belirlenmesi ve deliklerin açılması	141
Şekil 4.46. Deliklere yarım daire şeklinde kütüklerin yerleştirilmesi	142
Şekil 4.47. Lastik zincirinin oluşturulması	142
Şekil 4.48. Düşey sargılamanın içeriden kapatılması	143
Şekil 4.49. İçeriden kapatmanın bitirilmesi ve boyanarak hazırlanması	143
Şekil 4.50. Dışardan kapatmanın uygulanması için briket tuğlaların kesilerek düşey sargının etrafına yerleştirilmesi	144

TABLULAR LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1. Türkiye’deki standart binaların tasnifi	19
Tablo 3.1. Bina malzemesine göre yaklaşık bina sayıları	40
Tablo 3.2. 17 Ağustos 1999 ve öncesindeki bazı depremlerin hasar bakımından karşılaştırması	41
Tablo 3.3. 1992 Depreminde Erzincan, Gümüşhane ve Tunceli illerinde tespit edilen hasar durumu	41
Tablo 3.4. 17 Ağustos 1999 depreminden etkilenen illerin nüfusları, ölü sayılarının ve deprem hasar durumlarının illere göre dağılımı	42

SİMGELER

- R** : Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
- T(a), T(b)** : Spektrum karakteristik periyotları
- S(T)** : Spektrum katsayısı
- W** : Duvara gelen düşey çatı yükü
- F** : Duvarın çatlamasına sebep olacak yatay deprem yükü
- τ : Çatlamaya sebep olan kayma gerilmesi
- $\sigma_{\text{cut-off}}^t$: Çatlamaya neden olan asal çekme gerilmesi (malzeme dayanımı)
- σ_H : Yatay sargılama sonucunda duvara uygulanan yatay ard-germe
- σ_W : Çatı yükünden dolayı duvarda oluşan düşey gerilme
- τ_H : Yatay sargılama uyguladıktan sonra duvarın taşıyabileceği kesme gerilme kapasitesi
- σ_V : Düşey sargılama sonucunda duvara uygulanan düşey ard-germe
- τ_V : Düşey sargılama uyguladıktan sonra duvarın taşıyabileceği kesme gerilme kapasitesi
- τ_{H+V} : Düşey ve yatay sargılama birlikte uyguladıktan sonra duvarın taşıyabileceği kesme gerilme kapasitesi
- σ_t : Eğilme momenti altında, duvarda çatlama anında, çekme bölgesinde oluşan gerilme
- M** : Çatlamaya sebebiyet veren eğilme momenti
- P** : Düşey sargılamadan dolayı duvara uygulanan düşey kuvvet
- σ_P : P kuvvetinden dolayı duvarda oluşan basınç gerilmesi artışı
- M'** : Düşey sargılanmış duvarda çatlama oluşması için uygulanması gereken eğilme momenti
- x** : Yatay deplasman
- t** : Zaman
- r** : Dönen diskin yarı çapı
- L** : Disk ve platformu bağlayan kolun boyu
- w** : Açısal frekans
- \dot{v}, \dot{x} : Platformun zamana bağlı hız denklemi
- \ddot{a}, \ddot{x} : Platformun yatay ivmesi
- m** : Kütle
- g** : Yerçekimi ivmesi
- BBAİGM** : Bayındırlık Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü
- FEMA** : Federal Emergency Management Agency, Federal Acil Yönetim Merkezi
- IAEE** : International Association of Earthquake Engineering, Uluslararası Deprem Mühendisliği Birliği

1. GİRİŞ

Doğal afetlerden biri olan deprem; tasarım, malzeme ve uygulama hatalarından dolayı can ve mal kayıplarına neden olmaktadır. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı'nın hazırladığı ve şu anda geçerli deprem bölgesi haritası esas alındığında, ülkemiz topraklarının %96' sının farklı oranlarda tehlikeye sahip deprem bölgeleri olarak tanımlanmakta ve nüfusumuzun %98' i bu bölgelerde yaşamaktadır. Birinci ve ikinci derecede deprem bölgelerinde yaşayanların toplam nüfusumuza oranı ise %70 civarında bulunmaktadır¹. Depremlerle meydana gelen can ve mal kayıpları hem kentsel alanlarda hem de kırsal alanlarda gerçekleşmektedir.

Depremler bir ülkenin kültürünü, geleneklerini kısacası alışkanlıklarını değiştirecek sıklıkta olmamaktadır. Bu nedenle de yapılan hatalar büyük bir deprem faciası yaşandıktan kısa bir süre sonra tekrarlanmakta ve yeni acılarla sonuçlanmaktadır. Son 15 yılda ülkemizde meydana gelen yıkıcı depremler 1992-Erzincan, 1995-Dinar, 1998-Ceyhan, 1999-İzmit ve Düzce, 2002-Sultandağı, 2003-Bingöl, ve 2004-Erzurum depremleridir. Erzincan, Sultandağı, Bingöl ve Erzurum depremlerinde kayıpların büyük bölümü kırsal binaların yoğun olduğu bölgelerde yaşanmıştır. Büyük kentlerdeki yaşayan insanlar, deprem sonrası seslerini duyurmakta, ancak köyde yaşayan halk daha sessiz kalmaktadır. Yapılan çalışmalara bakıldığında betonarme yapılar üzerine birçok araştırma yapılmakta çözümler öne sürülmekte iken kırsal konutlar için yapılan araştırmaların sayıca azlığı dikkat çekmektedir. 1970-1990 yılları arasında meydana gelen depremlerde can kaybının ve ağır hasarlı yapıların çokluğu kırsal kesimde yoğunlaştığından, bu dönemlerde kırsal yapıım tekniklerini güçlendirmeye yönelik çalışmalar yapılmış ama daha sonra bu konuya yeterli önem verilmemiştir.

¹ Web iletisi 1: <http://www.dask.gov.tr>

Şehirlerdeki yapılaşma mimar ve mühendisler tarafından şekillendirilirken, kırsal bölge sivil toplum mimarisi, ustalığa bağlı olarak gelişen özgün malzeme kullanımının ağırlıklı olduğu yapılardan oluşmaktadır. Bu yapılaşmada, gelenekler kadar kırsal bölge ekonomisi, coğrafi konum ve iklimsel özellikler de önemli rol oynamaktadır.

İnsanların deprem kayıplarını önlemek için neler yapabileceğini bilmesi, uygulaması gerekmektedir. En büyük sorun, önerilen depreme dayanıklı yapım ve takviye yöntemlerinin ekonomik ve sosyal güçlükler nedeniyle uygulanamamasıdır. Çeşitli tipteki kırsal konutların depreme dayanıklı olacak şekilde nasıl yapılması gerektiği bilinmemektedir. Şüphesiz bu konuda bilgi düzeyini daha ileriye götürmek ve daha ekonomik çözümler getirebilmek için araştırmalar gereklidir. Mevcut binaların takviye edilmesine ilişkin çeşitli araştırmalar yapılmış bulunmakta ancak, daha güçlü, daha ekonomik ve daha kolay uygulanabilir yöntemlere ulaşmak gereklidir. Bu da bu konunun sürekliliğini göstermektedir.

1.1. Amaç-Kapsam

Çalışmada sorunun ortaya konulmasında;

- Ülkemiz topraklarının %96'sının deprem bölgesi olarak tanımlanması²,
- Nüfusumuzun %98'inin de bu risk altındaki topraklarda yaşamakta olması³,
- Kırsal yerleşmelerin büyük bir bölümünün bu durumdan etkileniyor olması⁴,
- Kırsal bölgelerde yaşayan nüfusun yeni tekniklerden haberdar olamaması ya da bilinen tekniklerin ekonomik çözümler olmaması nedeniyle uygulanamaması etkili olmuştur. Mevcut kırsal konutlarda deprem dayanımını arttıracak, ekonomik, çevre için yeniden kullanıma dönük bir güçlendirme modeli önerilmekte ve deneysel çalışmalarla bu modelin doğruluğu ispatlanmaya çalışılmaktadır.

Çalışmada mevcut şartnameler ve literatürdeki bilgiler ışığında derlenen depreme dayanıklı konut inşasında dikkat edilmesi gereken kurallar ele alınmıştır. Kırsal

² Web iletisi 1: <http://www.dask.gov.tr>

³ Web iletisi 1: <http://www.dask.gov.tr>

⁴ DİE, 2001

konutların deprem güvenliğinin artırılması ile ilgili, daha önce yapılmış araştırmaların da ışığında, taşıyıcı duvar elemanının yatay, düşey ve her iki yönde birlikte sargılanması ile deprem yüklerine karşı dayanımının artacağı düşünülmüştür. Yığma yapılarda taşıyıcı elemanlar duvarlardır. Duvarları oluşturan taş, tuğla, kerpiç gibi bloklar arasında bulunan bağlantılar, blok elemanlarına göre daha zayıf olması nedeniyle deprem sırasında bağlantıyı yitirmekte ve duvar yıkılmaktadır. Çözüm olarak blokların elastik ve güçlü bir elemanla sıkıştırılması yani ard-germe uygulanması düşünülmüştür. Kullanılmış oto lastikleri hem elastik olması nedeniyle hem de içerisinde bulunan çelik örgü sayesinde çekme dayanımı yüksek bir malzemedir. Öne sürülen bu güçlendirme tekniğini test etmek için bir deney sistemi oluşturulmuştur.

Yapılan çalışmada;

- o Mevcut kırsal konutlarda uygulanabilecek,
- o Ekonomik,
- o Atık oto lastiklerinin yeniden kullanılmasını hedefleyen,
- o Duvarlara yatay ve düşey ard-germe uygulanması ile yapının deprem dayanımını artıran bir güçlendirme yapılması amaçlanmıştır.

Kapsam tek katlı kırsal konutların güçlendirilmesi olarak belirlenmiş ve tuğla yığma yapı malzemesi modellenmiştir. Ancak düşünülen güçlendirme sisteminin kerpiç ve briket yığma yapılarda da kullanılabileceği düşünülmektedir. Deneysel araştırma bölümünde, tek hacimli kırsal konut odasını ifade edebilecek, 1/10 ölçekli model belirlenmiştir. Bu çalışma uluslararası bir proje olan DM 2003 projesinin bir parçasını oluşturmaktadır. Bu çalışmanın devamında yapılacak 1/1 ölçekli güçlendirme deneyinde düşünülen lastik gergilerin yerlerinin ve yönünün nasıl olması gerektiğine karar vermek için 1/10 ölçekli model kurgulanmıştır. Çok sayıda 1/10 ölçekli model yapmak hem daha pratik olması açısından hem de maliyetinin düşük olması açısından önemlidir. Bu modellerden 2 tanesi referans olmak üzere 9 deney seti oluşturulmuştur. Her deney setinde önerilen güçlendirme yöntemine yönelik farklı bir detay tatbik edilmiştir. Ayrıca çalışmada yapılan bu deneyler ile, Dünya Bankası DM 2003#1451 projesi kapsamında Gölalmiş (2005) çalışmasında da yer alan 1/1 ölçekli 2 deneyin karşılaştırması yapılmış sonuçlar değerlendirilerek bundan sonraki çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.

Deprem hasarını sadece yapının imal edildiği malzemeye bağlamak yanlıştır. Aynı malzeme ile yapılmış olmasına rağmen yıkılan ve yıkılmayan yapı örnekleri depremlerde karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle depreme dayanıklı yapı üretiminde taşıyıcı sistem tasarımı ve imalatı önemli yer tutmaktadır. Çatı bağlantıları da deprem hasarı konusunda önemli etkenlerdendir. Bağlantıların iyi yapılması halinde depremlerde çatının duvar üzerinden kayması ve hatta çatı çökmeleri önlenebilecektir. Mevcut olan yapıların malzemesini ve taşıyıcı sistemini değiştirmek mümkün değildir. Sistemi ayakta tutacak ek güçlendirme teknikleri uygulanarak depremlerde maddi kayıplar önlenmektedir. Güçlendirme tekniklerinde yeni geliştirilen her yöntem bir sonraki çalışmaya zemin hazırlamaktadır ki bu da konunun önemini ifade etmektedir.

1.2. Materyal ve Metot

Çalışma, kuramsal ve deneysel olmak üzere 2 ana bölümden kurgulanmıştır. Kuramsal boyutunda çeşitli makale, dergi, kitap, yönetmelikler, şartnameler, broşür ve tezlerden faydalanılarak, konu ile ilgili web sayfaları taranmış, Sultandağı-2002, Bingöl-2003 ve Erzurum-2004 depremleri sonrasında çekilmiş fotoğraflar kullanılmıştır. Bu bölüm deneysel bölümün alt yapısını oluşturmaktadır.

Çalışmada deneysel araştırmaya dayalı hipotetik-dedüktif yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem açıklama vaat eden bir hipotez yada test edilebilir sonuçlar çıkarmaya ve çıkarılan sonuçları ilişkin oldukları gözlem yada deney verileriyle karşılaştırmaya dayanmaktadır.

Deneysel boyutunda ise ilk olarak deprem etkisini benzeştiren ya da bir başka deyişle deprem hareketlerini sembolize eden yatay hareketi verebilmek için, bir sarsma tablası tasarlanmış ve imal edilmiştir. Tek hacimli kırsal konut odası, 1/10 ölçekli modellenerek deney numuneleri hazırlanmıştır. Bu numunede düşey delikli tuğla ebadının 1/10 modeli olarak 30x20x13 mm ebatlarında traverten taştan hazırlanmış bloklar kullanılmıştır. Modellemede tuğla yada kerpiç üretimi

gerçekleştirilemeyeceğinden yığma yapılar için geçerli güçlü blok-zayıf harç kriteri göz önünde bulundurulmuştur. Bağlayıcı malzeme olarak tuğla yapımında kullanılan killi toprak kullanılmıştır. Hazırlanan tek hacimli model 260x350x275 mm (en-boy-yükseklik) ebatlarındadır. Güçlendirme için önerilen oto lastiklerinin 1/10 modeli olarak bisiklet iç tekerinden elde edilen lastik kullanılmıştır. Hazırlanan 9 adet numunenin deprem davranışları sarsma masasında test edilmiştir. Öncelikle güçlendirilme yapılmamış orijinal hali, sonrasında da geliştirilen güçlendirme metotları uygulanmış ve performanslarının karşılaştırılması yapılmıştır.

1.3. Literatür Araştırması

Bu çalışmada incelenen literatürler kuramsal ve deneysel olmak üzere iki grupta toplanmıştır.

- Kırsal konut yapı tipleri, depremin kırsal konutlar üzerindeki etkisi ve depreme dayanıklı bina üretiminde alınması gereken önlemler çalışmanın kuramsal bölümünü oluşturmaktadır. Faydalanılan kuramsal referanslar;

Arioğlu E., Anadol K., 1974: Türkiye'deki 1969-1972 yılları arasındaki gerçekleşmiş 3 büyük deprem belgelenmiş, ucuz kırsal konutların deprem etkileri gözlenmiş, yapısal performansları irdelenmiştir.

Bayülke N, 1978 (a): Tuğla yığma yapıların depremlerdeki davranışları ve bu yapıların dayanıklı yapılması ile ilgili şartlar anlatılmıştır. Bu amaçla tuğlaların ve duvarlarının mekanik ve dinamik özellikleri, yönetmelik koşulları incelenmiştir.

Aytun A., 1982: Ülkemizdeki kırsal konut tipleri, bölgelere ve yoğunluklarına göre dağılımları araştırılmış ve kırsal konut yapım sistemlerinden taş, tuğla, kerpiç yığma, ahşap karkas (hımış ve bağdadi) türlerinde deprem davranışları irdelenmiş ve alınması gereken önlemler açıklanmıştır.

Bayülke N., 1984: Doğu Anadolu'daki toprak damlı ve çamur harçlı moloz taş duvarlı kırsal konutların depreme dayanıklılık bakımından çok yetersiz olmaları nedeniyle, bölgede olan depremlerde büyük can kayıplarına yol açtığı vurgulanmaktadır. Birbirine yakın büyüklüklerde olan dört depremde (Varto (1966), Bingöl (1971), Çaldıran (1976) ve Horasan (1983) depremlerinde) meydana gelen can kaybı, etkilenen alan, köy sayıları... gibi veriler tespit edilmiştir. Yerel malzeme olanakları ve bölgenin iklim koşullarının etkisi deprem açısından yetersiz olan konutların oluşmasına neden olmaktadır. Bu çalışmada bu tip yapıların özellikleri ve depremlerde gördükleri hasar türleri verilmektedir. Kırsal bölgelerde nitelikli yapı malzemelerinin sağlanamaması nedeniyle büyük depremlerde bu can ve mal kayıplarının olacağı vurgulanmaktadır.

Yarar R., 1985: Bu çalışmada Türkiye'deki kırsal yapı tipleri, bu tiplerin dağılımı ve tipik yapıların deprem yükleri altında davranışı anlatılarak Türkiye'de yapılan deneysel çalışmalara değinilmiştir.

Coburn A., 1986: Çalışmada Doğu Anadolu'daki karakteristik kırsal kesim yapılarının detayları özetlenmiş ve dağılımı harita üzerinde verilmiştir. Benzer şekilde geçmişte bölgede olan depremlerde gözlenen hasar oranı ve depremin merkezinden uzaklığa göre dağılımı verilmiştir. Bu tip yapılarda hasar ve göçme mekanizmasının adımları şekillerle ifade edilmiştir. Kırsal kesim yapılarında güçlendirmeye yönelik mevcut öneriler ekonomi ve performans açısından değerlendirilmiştir.

Leslie J., 1986: Çalışmada Yemen'de mevcut geleneksel yapı türleri, geçmiş depremler özetlenmiştir. Çalışmada 25000 hasarlı konutun yeniden inşası, 17000 konutun ise onarımı amaçlanmıştır. Çalışmada ayrıca kullanıcıların kendi konutunu kendisinin güçlendirmesi hedeflenmiştir. Bu bölümde devlet önemli malzeme ve kalifiye elemanların ücretini öderken, kullanıcı kalifiye olmayan elemanın ücretini ödemekte ve yerel malzemeyi temin etmektedir. Temel olarak onarımda; binanın duvarlarının betonarme hatıl ile çevrilmesi, devrilme riski taşıyan duvarların yıkılarak yeniden yapılması, büyük çatlakların çimentolu harç ile doldurulması, duvar bağlantı köşelerinin iyileştirilmesi, bazı taşların sökülerek yerine betonarme elemanlar yerleştirilmesi olduğu sıralanmıştır.

Endem N., ve diğ., 1984: Bu çalışmada mühendisler dışında da herkesin deprem hakkında bilgi sahibi olması ve gerektiğinde kırsal yöre insanını eğitebilmesi için başvurabileceği kaynak olması amaçlanmıştır ve deprem hakkında genel bilgiler verilerek, genel kırsal yapıların deprem hasarları üzerinde durulmuş ve depreme dayanıklı taş ve kerpiç yığma yapı inşası anlatılmıştır.

Anonim, 1990: Ülkemizdeki hakim kırsal yapı tipleri; Kargir (yığma) duvarlı, karkas ve melez yapılar olmak üzere üç grupta toplanmıştır. Kargir yapılar; taş (moloz taş ve kesme taş), tuğla, beton briket ve kerpiç duvarlı yapılar olarak, karkas yapılar ise; hımış, bağdadi ve betonarme sistemli yapılar olarak gruplandırılmıştır. Bu yapı türlerinin ülkemizde uygulanan yapım teknikleri ve buldukları bölgeler üzerinde durulmuştur.

Parsamanesh A.R., 1993: Seçilen pilot bölgede (Erzincan ili'nin Refahiye ilçesinin çeşitli köylerinde) halkın sosyo-ekonomik durumu, yaşadığı evler hakkında bilgiler ile bu konularla ilgili isteklerinin tespitine çalışılmış ve 15 evin rölövesi çıkartılmıştır. Bu bilgilerin ışığında köy evinin plansal ve yapısal ıslahı için bir çalışma şeması geliştirilmiş ve bu ıslahın gerçekleşebilmesi için de gerekli olan ilk malzemenin bilgi aktarımı olduğu vurgulanmıştır.

Weldelibanos F., 1993: Çalışma, literatürde konu ile ilgili mevcut araştırmaların derlenmesi şeklindedir. İlk önce kırsal yapı tipleri verilmiş, daha sonra depremde kırsal kesim yapılarının davranışı özetlenmiş, depreme dayanıklı yapı için yapım aşamasında uyulması gereken kurallar ve alınacak önlemler sıralanmıştır. Kullanılmakta olan yapıların deprem dayanımının artırılmasına yönelik literatürde bulunan metotlarda verilmiştir. Ayrıca kullanıcıların bilinçlendirilmesine yönelik çalışmalara yer verilmiştir.

Wasti T ve diğ., 1999: Gelişmekte olan ülkelerin sadece kırsal kesimlerinde değil, büyük şehirlerin etrafındaki gecekondu bölgelerinde inşa edilen yapıların birçoğu, mühendislik hizmetinden yoksun, mimarı planları statik hesapları olmaksızın yapılmaktadır. Özellikle deprem bölgelerinde orta büyüklükteki yer sarsıntısı sonucu bile yıkılabilen bu tür yapılar arasında ahşap iskeletli, kagir (tuğla kerpiç veya taş) ve

hatta betonarme binalar bulunmaktadır. Çalışmada, bu tür yapıların deprem performansını iyileştirmek konusunda tedbirler önerilmektedir. 1995 Dinar depreminden sonra bu tür yapılara yönelik yürütülen güçlendirme programı ile ilgili bilgiler verilmiştir. Çalışmada önerilen güçlendirme metodunda; binaların dış duvarları sıva kaldırıldıktan sonra hasır çelikle çepeçevre sarılarak donatılandırılması ve bu donatıların mevcut duvarlara ankraj çubukları ile bağlanması önerilmiştir. Son aşamada ise binanın çepeçevre en az 5 cm kalınlığında püskürtme beton bir kabuk ile mantolanması sağlanmıştır. Yapının çevresinin 50 cm kazılarak dökülen betonlu bir temel blok içerisine ankraj çubuklarının alt uçları gömülmüş ve böylece duvardan temele yük aktarımı da kolaylaşmıştır. Çatı seviyesinde kapı ve pencere boşlukları çevresinde bu donatılar hatıl, lentolara çakılarak süreklilik sağlanmıştır. Önerilen güçlendirme yöntemi ile yapılara kutu şeklinde bir özellik kazandırılması ve gelecek depremlerde oluşacak yatay yükler altında yapının tüm duvarlarının kat seviyesinde birlikte çalışması ve aynı deformasyonu yapması hedeflenmiştir.

Karamanderesi İ. H., 2000: Çalışmasında 28 Mart 1969 tarihinde Manisa Alaşehir’de meydana gelen ve 49 kişinin ölmesine neden olan depremden sonra kırsal alanda tespit ettiği fotoğraflarla 17 Ağustos 1999 depreminde karşılaşılan konut hasar nedenlerinin karşılaştırması yapılmaktadır.

Akincıtürk N., 2003: Bu çalışmada deprem bilgileri, ülkemizde yol açtığı ve bıraktığı etkileri istatistiksel veriler ve fotoğraflar incelenmiştir. Tasarımcı mimar ve mühendisler tasarımı ve yapı evrelerinde yardımcı olmak amacıyla depreme dayanıklı yapıda olması gerekli özelliklere yer verilmiştir. Ülkemizin çeşitli bölgelerinde yapılan gözlemler sonucunda iklimsel, yöresel koşullar ve yapı yapma tekniklerinin farklılıklar gösterdiği ortaya konulmuştur. Gözlemlenen bölgesel veriler, yapı sistem ve gereçlerine deprem etkilerinin sonuçlarından örnekler ile üzerinde durulması gereken güçlendirme ve onarıma dikkat çekilmiştir. Bu çalışmada, depremlerle birlikte yaşama ve depreme dayanıklı tasarım bilinci verilmesi hedeflenmiştir.

Ahmadizadeh ve diğ., 2004: 26 Aralık 2003 İran Bam depreminde oluşan hasar türleri anlatılmaktadır.

Özen Ö.G., 2005: Bu çalışmada kullanılmış araba lastikleriyle güçlendirilmiş olan gerek yığma duvarlar gerekse yığma yapıların davranış ve dayanımlarındaki değişiklikler incelenmiş ve yapısal davranış üzerine genel bir fikre ulaşılmıştır. Doğrusal olmayan sonlu elemanlar yöntemleri kullanılarak çeşitli modeller oluşturulmuş ve değişik güçlendirme alternatifleri için karşılaştırmalar yapılmıştır.

Dilsiz A., 2005: Bu çalışmada Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak yığma yapılar için Türkiye depremsel risk haritası taslağı oluşturulmuştur. Bu harita kullanılarak, Türkiye’de yığma yapı stoku ve aynı zamanda depremselliği yüksek olan illerin belirlenmesi mümkün olmaktadır. “Risk Faktörü” tüm yığma yapı türleri için bir bütün olarak çalışılmıştır. Deprem hasarına etki eden tüm parametrelerin haritaları ayrı ayrı oluşturulmuştur. İllerin deprem bölgesi katsayıları, depremsel tarihçesi ve yığma yapılarda yaşayan nüfus birer parametre olarak kullanılmıştır. Her parametre için oluşturulan harita üzerinde iller ve bölgeler arasındaki değişim araştırılmıştır. Taslak risk haritası, katmanlar halindeki parametre haritaları üst üste oturtularak elde edilmiştir. Bu yöntem kullanılarak, her il için “Yığma Yapı Risk”ini temsil eden ve 0 ile 7 arasında değişen katsayılar elde edilmiştir. Elde edilen faktörler, Türkiye haritası üzerine farklı renklerle işlenerek yığma yapı depremsel risk haritası elde edilmiştir. Yığma yapılar ile ilgili yapılacak olan iyileştirme çalışmalarında öncelikli illerin belirlenmesinde bu haritanın dikkate alınması gerektiği düşünülmektedir.

Şimşek Ç., 2005: Bu çalışmada daha çok kırsal yapı pratiği olarak yığma yapıların depreme karşı güçlendirilmesi üzerine oluşturulan projelerin verimli bir şekilde uygulanmasının önünde oluşabilecek sosyal ve kurumsal engellerin belirlenebilmesi için izlenecek yöntemler araştırılmıştır. Çalışmada ayrıca 28 Mart 2004 Erzurum depreminden sonra bölgede elde edilen tecrübelerde yer verilmiştir.

Arun G., 2005: Çalışmada yığma kargir duvarlar ile üretilen yapı türlerinde meydana gelen hasar türleri özetlenmiştir.

Bayraktar A., 2005: Bu çalışmada değişik tiplerdeki tarihi yığma yapıların her biri için kendisine uygun güçlendirme prensipleri ele alınmıştır.

Karaşin A., 2005: Çalışmada 1 Mayıs 2003 tarihinde Bingöl 'de meydana gelen deprem sonrası kırsal alanda tespit edilen hasar ve kayıplar özetlenmiştir.

Makarios T. ve diğ., 2006: Bu çalışmada 14 Ağustos 2003 tarihinde Ege denizinde meydana gelen depremin etkileri anlatılmıştır. Yunanistan'da Lefkas Adasındaki geleneksel yapıların hasar durumları incelenmiştir.

Delgado M. C. J. ve diğ., 2006: İspanya'daki kerpiç yapı sektörünün durumu detaylı olarak anlatılmıştır. Kerpiç malzeme kullanılarak modern konut uygulamaları anlatılmıştır.

Wolfskill L. A., Dunlap ve diğ.: Yapılan çalışmada topraktan (kerpiç) bina ve yapı elemanı inşasında dikkat edilmesi gereken noktalar, yapı detayları şekiller ve resimlerle detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

- Çalışmada belirlenen hipotezi doğrulamak için deneysel yöntem uygulanmıştır. Bu yöntemi gerçekleştirebilmek için literatürde bulunan sarsma masası örnekleri, deneysel yöntemler, pilot bölgelerde yapılan uygulamalar incelenmiştir. Faydalanılan deneysel çalışmalar;

Bayülke N., 1978 (b) : Değişik tür kırsal konutların dinamik yükler altındaki davranışlarını belirlemek için yapılmış deprem araştırma dairesi sarsma tablası üzerinde 9 deney yapılmıştır. İki boşluklu beton briket kullanılarak yapılmış, üç çamur harçlı moloz taş duvarlı ve toprak damlı yapı, bir adet gazbeton donatılı düşey duvar panolu prefabrike yapı ve üç adet düşey delikli blok tuğla duvarlı yapı denenmiştir. Çalışmada sarsma tablasının özellikleri de belirtilerek bu deneylerin sonuçları verilmiştir. Boşluklu beton briketli yapının deneylerinden boşlukların harç ile doldurulması, çamur harçlı moloz taş duvarlı kırsal konut deneylerinden duvarlara konulan çok basit ahşap ve beton hatıllarının varlığı bu yapıların deprem dayanımlarını artırmaktadır. Donatılı hafif beton panolu prefabrike yapıda köşe bağlantılarının önemi belirlenmiştir. Blok tuğla duvarlı yığma yapı deneylerinde ise tuğla delik oranı ile yatay ve düşey derzler harç konulmasının duvarın kesme dayanımı üzerindeki etkisi belirlenmiştir.

Erdoğan T.Y., ve diğ., 1984: Bu çalışmada kerpiç içine saman yerine çam iğneleri ve uçucu kül konularak denemeler yapılmıştır. Çam iğnesi %0 yada %1, uçucu kül oranı %0, %5, %7, %10 olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak uçucu kül ilavesi basınç dayanımını ve suya karşı direnci artırdığı bulunmuştur.

Tomazevic M., 1986: Bu çalışmada Yugoslavya'daki geleneksel yapım tekniği, binaların dinamik yükler altındaki davranışı özetlenmiştir. Çalışmada 1:5 ölçekli bir adet deney gerçekleştirilmiştir. Çalışmada ayrıca taş duvarların taşıma gücü ölçülmeye çalışılmıştır. Deneyler hem sahada hem de laboratuarda yapılmıştır. Genel olarak yığma yapıların güçlendirme teknikleri (duvarların donatı ve beton enjektisi ile dayanımının artırılması) anlatılmıştır.

Keightley WO., 1986: Bu çalışmada 1:1 ölçekli 3 adet deney numunesi sarsma tablasında denenmiştir. 2 adet tuğla yığma ve 1 adet taş yığma yapı söz konusudur. Numuneler yatay ve düşey betonarme hatıllarla güçlendirilmiştir. Çalışmada çatıda oluşan sehimle hasar düzeyi ilişkilendirilmeye çalışılmıştır.

Spence R.J.S., ve diğ., 1986: Çalışma ODTÜ, Bayındırlık Bakanlığı ve Cambridge Martin Merki tarafından gerçekleştirilmiştir. Çalışmada Doğu Anadolu'da kırsal kesim yapılarının katogorize edilmesi, analizi ve dağılımının çıkarılması, deprem sonrası güçlendirme politikalarının incelenmesi, deprem sırasında taş yapılarda hasarın başlama ve devam etmesinin incelenmesi ve 1:1 ölçekli taş yapılarda güçlendirme tekniklerinin performansını ve maliyetini değerlendirmek amaçlanmıştır.

Scawthorn C., 1986: Çalışmada kırsal kesim yapılarında deprem yükleri altında hasar ve göçme şekilleri özetlendikten sonra çeşitli güçlendirme önerileri sıralanmıştır. Bunlar; duvar üstünde hatıl, uzun duvarlara orta açıklıkta mekan içinde bölme duvarı eklenmesi, duvar kalınlığının artırılması, duvar yüzeylerinin sıvanması sayılabilir. Deneysel çalışmada oluşturulan model 3/5 oranında, kapı ve pencere boşlukları da olan, tavanı ahşap kirişlerin taşıdığı düz dam şeklindedir. İlk denenen numune orijinal numunedir. İkinci numunede duvar üstünde ahşap hatıl mevcuttur. Üçüncü deneyde bu numunenin hasar gören duvarları hasır şeklinde tel ile kaplanıp

üstü sıvanmıştır. Tekrarlanan test sonucunda kümes telinin kesme dayanımını artırdığı görülmüştür.

Tolles E. L., Krawinkler H., 1986: 1:5 ölçekli tek katlı kerpiç yapılardan 7 adet deney Stanford Üniversitesinde sarsma masasında gerçekleştirilmiştir. Deneyler numuneler yıkılıncaya kadar devam ettirilmiştir. Deneylerde çatı rijitliğinin dinamik davranışa olan etkisi incelenmiştir. Buna ek olarak 3/4 ölçekli model duvar numuneleri basınç, kesme, eğilme altında da denenmiştir.

Jingqian X., Quansheng H., 1986: Çalışmada 1:10 oranında modelde tuğla yığma deney numuneleri denenmiştir. Numuneler 100 cm x 66 cm alanında ve 30 cm yüksekliğindedir. Numunede 12 cm x 20 cm lik pencere boşluğu mevcuttur. Tuğla boyutları 5x2.3x1.5 cm dir. Köşelere 25x25 cm lik kolonlar eklenmiştir. Numuneler 4 köşesine betonarme kolonlar ve yatayda çelik çubuklarla güçlendirilmiştir. Sonuç olarak betonarme kolonların deprem dayanımını artırdığı, yatay çelik çubukların sünekliliğe olumlu etkisi olduğu belirtilmiştir.

Benedetti ve diğ., 1998: Yaptıkları çalışmada yığma binalarda 14 değişik güçlendirme alternatiflerini sarsma masası deneyleriyle test etmişlerdir. Her numuneye 7 değişik şok seviyesi uygulamışlardır. Bir şok grubu bir önceki şokta uygulanan ivmenin belirli bir yüzdeyle artırılmasıyla oluşturulmuştur.

Zegarra L. ve diğ., 2000: Sismik bakımdan aktif bir bölgede olan Peru'da kırsal kesim yapılarının güçlendirme çalışmalarına 1970 yılında başlamıştır (Ek-A.1). Toprak duvarların içine yatayda ve düşeyde ahşap elemanlar yada kamış-bambu donatılar yerleştirilmesi önerilmiştir. 1/1 oranında modeller belli bir açıyla kaldırılarak (tilting table) denenmiştir. Bu amaçla 4x4 m boyutlarında bir eğilme tablası üretilmiştir. Mevcut yapıların güçlendirilmesi için Katolik Üniversitesi Mühendislik Bölümünde yürütülen çalışmada amaç binanın yıkılmasını ve öncesinde kullanıcıların içinden kaçmasına izin verecek kadar bir süre geciktirmek olarak belirlenmiştir. kümes teli ile güçlendirilme metodunun uygulanabilirliğini test etmek amacıyla pilot bölgede 19 adet binada uygulama yapılmıştır. İki katlı binalarda alt kat tamamen kümes teli ile kaplanırken, üst katta sadece köşelerde düşey ve yatay şekilde yerleştirilmiştir.

Ginell WS. ve diğ., 2000: Bu çalışmada Los Angeles'da bulunan tarihi kerpiç binaların deprem dayanımlarının artırılması için önerilen bir metodunun sarsma tablası deneyleri Stanford Üniversitesi, California'da gerçekleştirilmiştir.

Arie S., 2001: Peru Pontifical Katolik Üniversitesi'nde kerpiç yapıların deprem dayanımının artırılması ile ilgili yürütülen çalışmalarda ucuz malzemeler kullanılması hedeflenmiş ve halat, bambu, kamış, kümes teli gibi malzemelerle deprem dayanımını artıracak önlemler araştırılmıştır.

Jagadish K.S., ve diğ., 2002: Bu çalışmalarda Hindistan'da depreme dayanıklı kerpiç yapı yapımı ile ilgili yürütülen bir proje kapsamında yapılan deneysel çalışmalar anlatılmaktadır. Bu projede yığma yapının dıştan düşey olarak donatı yerleştirilmesi ve yatayda da duvar içinde betonarme hatıllarla desteklenmesinden oluşmaktadır.

Sofronie R. A. ve diğ., 2003: Çalışmada tarihi tuğla yığma yapıların güçlendirilmesinde polimerik ızgaraların kullanılmasını, sarsma masasında yaptıkları deneylerde test etmişlerdir.

Paquette ve diğ., 2004: Yığma binaların güçlendirilmesinde "Karbon Fiber Yaygılar-Fiber Reinforced Polimers"- FRP kullanılmasını incelemişlerdir. 1/1 ölçekli tek katlı yığma bina numunesi deplasman kontrollü yatay yük altında test edilmiştir. İkinci numune 100 mm genişliğinde düşey olarak epoksi ile yapıştırılmış şeritlerle güçlendirilmiştir.

Gölmüş M., 2005: Bu çalışmada kullanılmış araba lastikleri ile yığma binaların duvarlarına ard-germe uygulayarak, düzlem-dışı ve düzlem-içi yönlerindeki duvarların, depreme karşı dayanıklılığını artırarak, deprem anında binanın yıkımını en azından geciktirmek amaçlanmıştır (Ek-A.2). Güçlendirme malzemesinin özelliklerini görmek amacıyla malzeme çekme deneyleri yapılmıştır. Toplam on dokuz adet (tek) lastik çekme deneyleri, daha sonra bağlantı elemanları ile birbirine bağlanarak çift lastikler için yapılmıştır. Tek olarak denenilen lastikler dokuz farklı lastik markasından seçilmiştir. Yapılan deneylere göre, oto lastik halkalarının

ortalama çekme dayanımı 133 kN (13,55 ton), standart sapması 32,1 kN, en düşük çekme dayanımı 90 kN, en yüksek çekme dayanımı ise 190 kN olarak ölçülmüştür. Yığma bina duvarlarına ard-germe kuvvetini vermek için tek lastik boyu yeterli olmamaktadır ve lastik halkalarının birbirlerine bağlanarak uygun uzunluk elde etmek gerekmektedir. Bundan dolayı, lastik halkaları birbirleriyle birleştirmek amacıyla bir bağlantı detayı geliştirilmeye çalışılmıştır. Beş farklı bağlantı deneyleri yapılarak aralarından 10 ton çekme dayanımı sahip ve kapasitesine göre maliyeti en uygun olanı seçilmiştir. Geliştirilen güçlendirme tekniklerinin zayıf yöndeki yığma duvarlar üzerindeki etkisini görmek amacıyla, beş adet birebir ölçekli şerit yığma duvar (üç tanesi tuğla, iki tanesi briket) piyasada çalışan bulunan bir duvar ustası tarafından inşa edilmiş ve düzlem-dışı yükleme deneyleri yapılmıştır. Tuğla duvarların deneyleri üç aşamada gerçekleştirilmiştir; birinci aşamada duvara herhangi bir ard-germe kuvveti verilmemiş, ikinci ve üçüncü aşamalarda ise, duvarın üzerine 50 kN ve 100 kN'luk ard-germe kuvvetleri araba lastikleri kullanılarak uygulanmıştır. Bu deneylerden elde edilen sonuçlara göre, ard-germe uygulanan duvarın zayıf yöndeki yanal yük dayanımının, ard-germe uygulanmayan duvara göre yaklaşık 10 kat arttığı ölçülmüştür. Briket duvarlarda ise iki aşamada zayıf yön yanal kuvvet dayanım deneyleri yapılmıştır. Birinci aşamada tuğla duvarlar gibi herhangi bir ard-germe kuvveti duvarın üzerine etki ettirilmemiş, ikinci aşamada ise, briket malzemenin tuğlaya göre daha zayıf olması sebebiyle 30 kN'luk bir ard-germe kuvveti araba lastikleri kullanılarak uygulanmıştır. Deney sonuçlarına göre, araba lastikleri ile uygulanan ard-germe neticesinde, briket duvarların zayıf yönlerindeki yanal yük dayanımları yaklaşık 5,5 kat artmıştır. Şerit duvarlarda yapılan deney sonuçlarına göre, 100 kN'luk ard-germe kuvveti altında, (0,885 m x 2,6 m boyunda) tuğla duvar şeridinin güçlendirilmemiş haline göre düzlem dışı dayanımının 10 kat arttığı ölçülmüştür. Bu oran briket şerit duvarda (1m x 2,6m boyunda) 30 kN ard-germe kuvveti altında ortalama 5.5 kat olarak ölçülmüştür.

Aköz F., 2005: Çalışmada özellikle tarihi yığma yapılarda meydana gelen hasarın deneysel olarak tespit edilmesi konusu incelenmiştir.

Altın S. ve diğ., 2005: Bu çalışmada düşey delikli tuğladan yapılmış üç boyutlu tek katlı yığma bir yapı sarsma tablasında test edilerek önce hasar verdirilmiş, ardından hasarlı yapı dört farklı türde düzenlenen çelik şeritlerle güçlendirilerek tekrar test

edilmiştir. Güçlendirmeden sonra yapılan testler uygulanan rehabilitasyon yönteminin başarılı olduğunu göstermiş ve deney yapısında önemli sayılabilecek çatlak gelişimi gözlenmemiştir. Deney yapısı Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü'nde bulunan sarsma tablasında test edilmiştir.

Kanıt R. ve diğ., 2005: Bu çalışmada Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi Deprem Araştırma Laboratuvarında bir yığma duvarın düzlem dışı kırılması araştırılmıştır. Deney duvarı düzlem dışı ve tersinir yük altında kırılma oluncaya kadar denenmiştir. Tersinir yükleme altında kırılma, köşe mesnetlerini çekmeye maruz bırakan yükleme etkisi altında oluşmuştur (Ek-A.3).

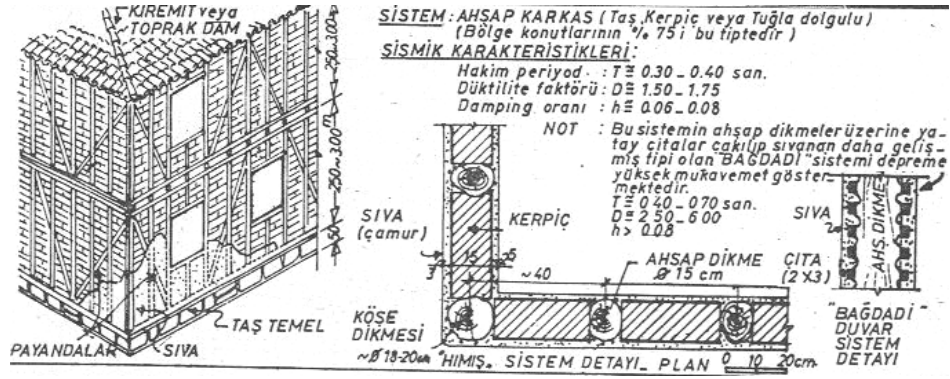
Kasapoğlu K. E., 2005: Açılı kesilmiş eğimli mekanik yüzeyleri ile birbirine kenetlenen hafif malzemeden üretilmiş yapı elemanları ile, aralarında harç gibi bir bağlayıcı malzeme kullanımına gerek duyulmadan örülen duvarlarla inşa edilen tek katlı bir ev Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesinde sarsma tablasında teste tabi tutulmuştur. Duvar imali sırasında herhangi bir harç kullanılmamasına rağmen yapı yıkılmamıştır (Ek-A.4).

2. KIRSAL KONUT YAPI TİPLERİ

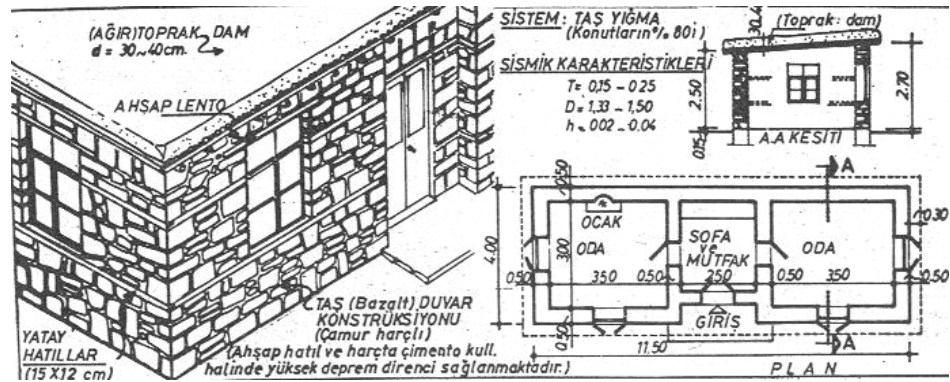
“Kırsal konut” terimiyle, mühendislik hizmeti sunulmaksızın, teknik servis ve denetimden yoksun olarak, yalnız bölgesel malzeme ve teknoloji kullanılarak, içinde yaşayanların kendisi tarafından yerel işçilik gelenekleri ile inşa edilmiş yapılar kastedilmektedir (Arioğlu ve diğ., 1974, Anonim, 2003). Kırsal bölgelerde inşa edilen yapılar iklim şartlarına, tercih edilen veya yörede temin edilebilen inşaat malzemelerine, geleneklere, sahiplerinin gelir düzeyine ve sosyal alışkanlıklarına bağlı olarak önemli farklılıklar göstermektedir. Kırsal konut tipleri ülkemizin farklı bölgelerinde değişik şekillerde kendini göstermektedir. Ancak her bölgede belirli bir tipe en çok rastlanılmakta ve bu tip yapılara bölgenin hakim kırsal konut tipi denilmektedir (Şekil 2.1) (Bayülke, 1984).

Mühendislik hizmeti görmemiş yapılar çoğu zaman sahipleri tarafından inşa edilmektedir. Masrafları asgariye indirmek için vasıfsız işçilerce yapılan binalarda bazen temeller bulunmamakta, binanın düzgün ve sağlam olmasına dikkat edilmemektedir. Başta kerpiç tipi yapılarda, depremden sonra çatlakların sadece sıva ile örtülmesi, veya kısmen düşen bir duvarın onarımı sonucu ortaya çıkan durum eskiye nazaran daha az emniyetli olabilmektedir (Wasti, 1999). Bu yapıların depremler sırasındaki davranışlarının ortaya konulması için önce mevcut yapı tiplerinin bilinmesi gerekir (Anonim, 2003).

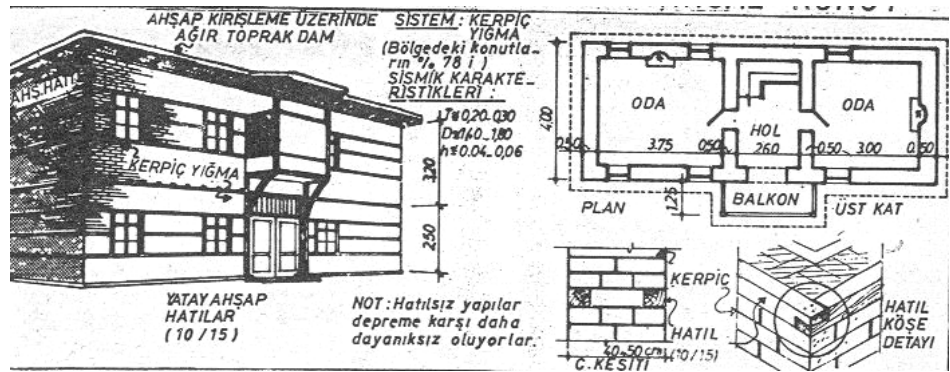
Kırsal konutlarda, taş, kerpiç veya ahşap hangi yapı malzemesi olursa olsun ilkel inşaat teknolojisi dünyanın her tarafında birbirine yakın malzeme ve inşaat tekniğiyle üretilmektedir. Asırlar boyu bölgelerin deprem tecrübeleri sonunda nesillerin oluşturduğu ve birbirine devrettiği inşaat yöntemleri mevcut bulunmaktadır (Arioğlu ve diğ., 1974).



a) Gediz



b) Bingöl

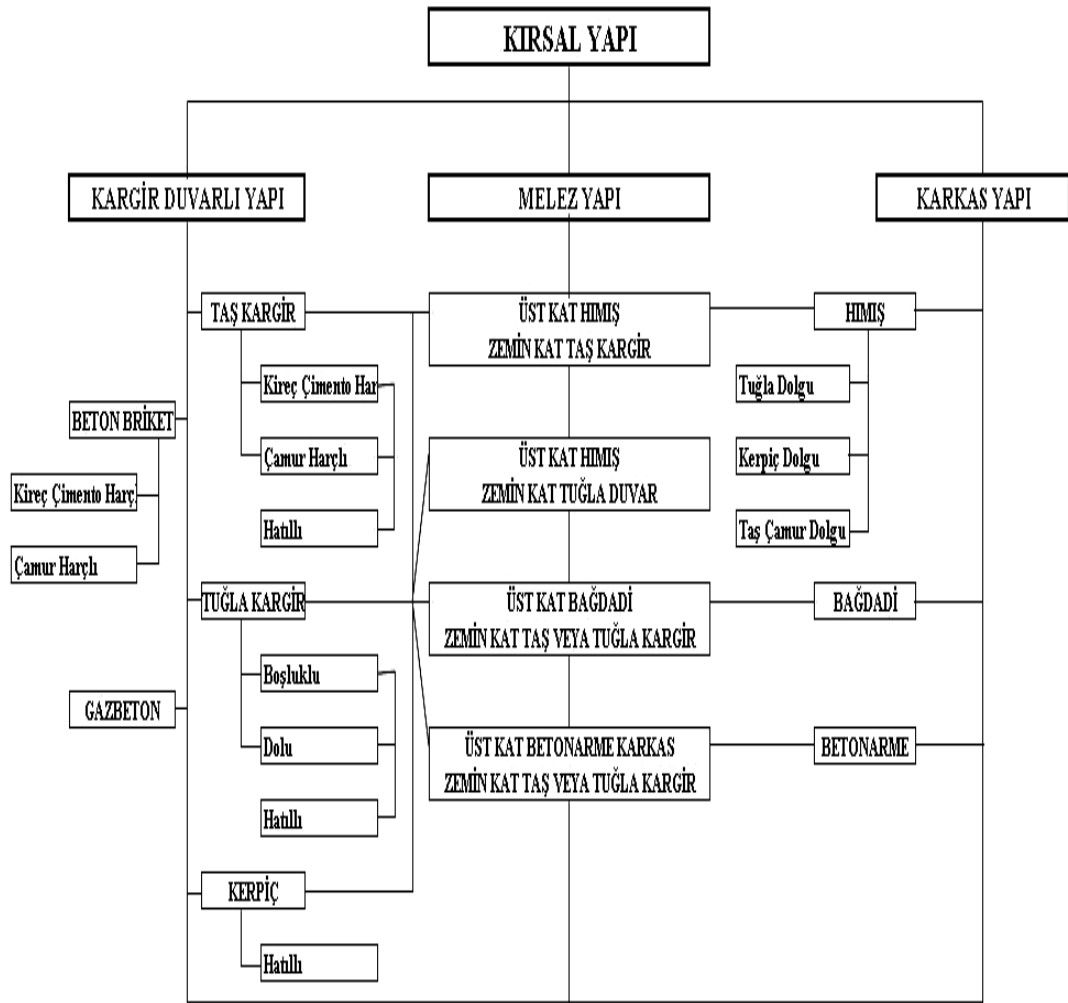


c) Burdur

Şekil 2.1 Çeşitli bölgelerden örnek kırsal yapı tipleri (Arioğlu ve diğ., 1974)

Sadece kırsal kesimlerde değil, büyükşehirlerin gecekondu bölgelerinde inşa edilen yapıların büyük bir kısmı, mühendislik hizmetinden yoksun olarak, mimari planları ve statik hesapları olmaksızın meydana getirilmektedir (Wasti, 1999).

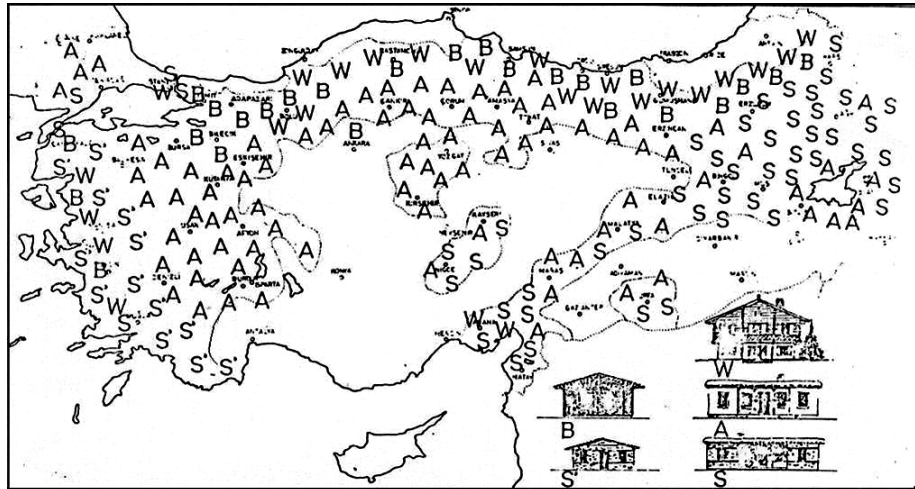
Kırsal yapıların sınıflandırılmasında farklı yaklaşımlar mevcuttur. Yapı sistemlerinin taşıyıcı özelliklerine göre yapılan bir sınıflandırma Şekil 2.2’de, bölgelere göre dağılımı ise Tablo 2.1’de verilmektedir. Şekil 2.3 ’de ise deprem bölgelerindeki kırsal yapıların dağılımı Türkiye haritası üzerinde gösterilmiştir. Buradaki sınıflandırma esas olarak kırsal yapıların taşıyıcı sistem özelliklerine göre yapılmıştır. Yapılar başlıca kargir (yığma) ve karkas (iskeletli) olarak iki bağımsız tip ve bunların çeşitli karmalarından oluşan üçünü bir melez tip ile özellikle duvarlar dikkate alınarak sınıflandırılmışlardır. Yığma yapılar; taş tuğla, kerpiç, briket ve gazbeton yığma yapılar olarak, karkas yapılar ise; hımış, bağdadi ve betonarme olarak sınıflandırılmıştır. Bu çalışmada Bundan sonraki bölümlerde her sınıftaki yapı tipleri ayrı ayrı irdelenecek ve özellikleri tanıtılacaktır.



Şekil 2.2. Ülkemizdeki kırsal yapı tiplerinin sınıflandırılması (Anonim, 1990; Yazar, 1985’den alınarak tekrar düzenlenmiştir).

Tablo 2.1 Türkiye'deki standart binaların tasnifi (Wasti, 1999)

Sınıf	Tür	Bölge	Tanımlama	Deprem Özellikleri
Ahşap iskeletli yapılar	Kırsal "hımsı"	Kuzey ve Batı Anadolu	Yontulmamış ve iyice çakılmamış ağaç kütüklerinden yapılan çerçeveler taş veya kerpiç dolguludur. Damlar ağır, bazen topraktır.	Hem süneklik hem sönüm kapasitesi düşüktür. Özellikle damları ağır olanlar yatay yüklere karşı mukavemetsizdir.
	Kentsel "bağdadi"	Batı Anadolu	Yontulmuş ve özenle meydana getirilmiş ağaç taşıyıcı çerçevelere ince yatay çıtalar çakılmış olup, duvar dolgusu hafif ve sıvalanmıştır.	Süneklik ve sönüm kapasitesi artırılmış olup, çıtalar dolgunun dağılmasını önlemektedir.
Kargir yapılar	Kerpiç	Orta Anadolu	Kerpiçten örülmüş, bazen çamurla sıvanmış duvarlar ve ağır toprak damlar. Ağaç kütüklerinden lento ve hatıl kullanılmaktadır.	Genelde yatay yüklere karşı mukavemetsiz bir yapı. Özenle yapılır ve hatıllarla kutuvari çevrilirse mukavemeti artar.
	Taş	Doğu Anadolu	Çamur harçlı moloz'dan yontulmuş çimento harçlı taşlara kadar değişik tipler mevcuttur. Bazen sadece bodrumlar taştan yapılır.	Kalitesiz olduğu takdirde tehlike yaratır. Ancak sağlam harçlı ve özenli olduğu takdirde dayanıklı olabilir.
	Harman tuğlası	Tüm Bölgeler	Çok kullanılan bir inşaat malzemesi. Hafif, ekonomik ve ayrıca estetik yapılar elde edilebilir.	İyi detaylandırılırsa ve kaliteli harçla inşa edilirse, ayrıca donatılı hatıllar sağlanırsa mukavemeti artar.
	Delikli Fabrika tuğlası	Tüm Bölgeler	Tuğla gibi bina yapımında kullanılmaktadır Lento ve hatıllarla binaya sağlamlık kazandırılmaktadır	Taşıyıcı değil sadece duvar dolgusu olarak kullanılmalıdır. Zayıf bir malzemedir
	Karışık	Tüm Bölgeler	Delikli tuğlalı duvarlar üzerinde betonarme döşemeli yapılar ve basit betonarme kolonlarla kerpiç dolgulu duvarlar	Karışık malzemeler deprem yükü altında uyumsuzluk gösterir ve dağılır
B.A. yapılar		Tüm Bölgeler	Yerinde dökme karkas binalar ve donatılı döşemeler. Seyrek olarak önüretimli (prefabrik) binalar da bulunmaktadır.	Tasarım, detaylandırma, işçilik kalitesi ve deprem şartnamesi ile sağlanan uyuma bağlı olarak, çok iyiden çok olumsuzu kadar değişen sonuçlar elde edilmektedir.



B : Bağdadi Yapılar W : Ahşap iskeletli yapılar
S : Taş yapılar (ahşap çatılı) A : Kerpiç yapılar
S : Taş yapılar (toprak damlı)

Şekil 2.3. Deprem bölgelerindeki kırsal yapı dağılımı (Yarar, 1985)

2.1. Yığma (Kargir) Yapılar

Yığma yapı, başlıca taş, tuğla, briket, kerpiç gibi yapı malzemelerinin üst üste istiflenmesiyle oluşturulan bir yapım türüdür. Bu yapım türünde duvarlar düşey yükleri zemine aktararak taşıyıcı sistemi oluştururken, kullanım mekanlarını da sınırlandırmaktadır. Yapılar tek, çift veya daha çok katlı olabilir. Döşeme sistemleri, betonarme veya ahşap, çatı sistemleri ise kırsal bölgelerde toprak dam, galvanizli sac, ahşap makas üzerine kiremit kaplama veya daha çok şehirlerde betonarme plak olabilir.

Yığma yapılar; taş yığma, tuğla yığma, briket yığma ve kerpiç yığma yapım sistemleri olarak dört grupta incelenmiştir.

2.1.1. Taş Yığma Yapılar

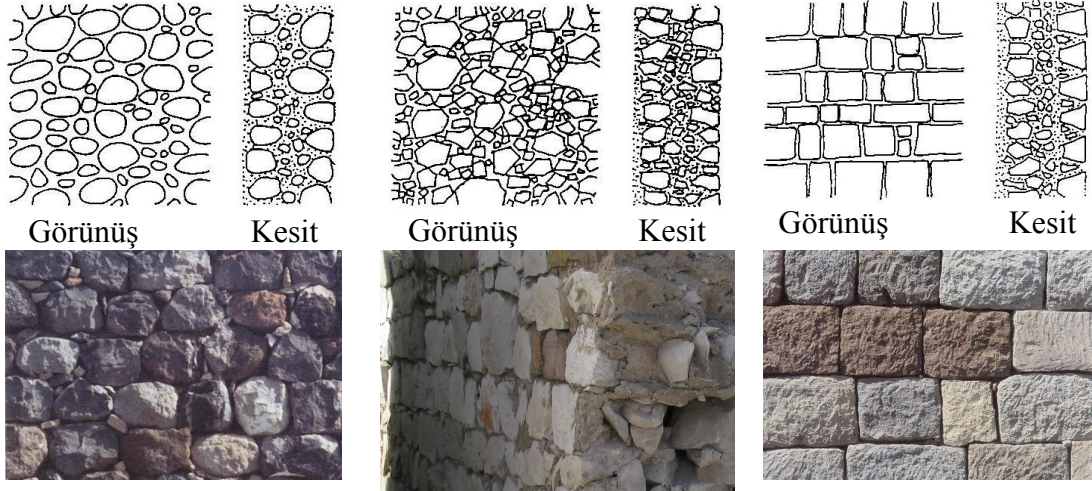
Bu tür yapıya en çok Doğu Anadolu'da rastlanmaktadır. Duvar yapımında doğal taşlar kullanılmaktadır (Şekil 2.4). Örgü malzemesi moloz taş veya kesme taş olabilir. Yapısal özellikler ve deprem davranışı, kullanılan taş türünden önemli ölçüde etkilenmektedir.

Moloz Taş Duvarlar, duvar yapımında duvarın iki dik yönüne ortada boşluk kalacak şekilde iri taşlar yerleştirilerek istiflenir. Ortada kalan boşluk ise daha ufak taşlar ve çamur ile doldurulur. Taşların birbirine temas eden yüzeyleri yoktur, sadece temas noktaları vardır. Çamur iki yüzdeki taşlar arasında bağlayıcılık vazifesi görür. Hiç bağlayıcı vasıtası olmayan çamur harçla yapılan bu duvarlar kerpiç duvarlara göre daha çürüktür (Kafesçioğlu, 1949). Bu nedenle dayanım ve yapısal özellikler

bakımından en zayıf yığma yapı türüdür. Moloz taş duvarların çeşitli cephe ve kesit görünümleri Şekil 2.5’de verilmektedir.



Şekil 2.4 Taş kargir yapı



a) Yuvarlak Moloz

b) Köşeli Moloz

c) Kesme Taş

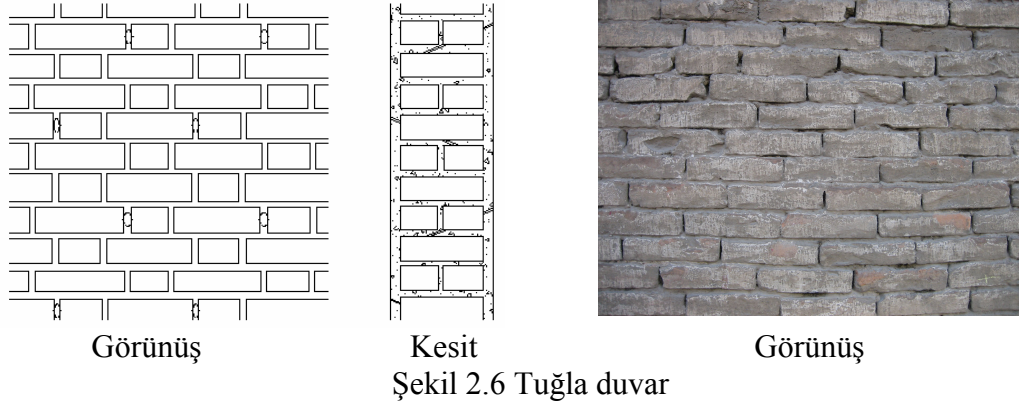
Şekil 2.5 Taş duvar kesitleri
(Gülkan, 1988, Aran, 2000’den faydalanılarak düzenlenmiştir)

Taşların yüzeyleri çamur sıva için müsait olmadığından sıvanmamaktadır. Böylelikle duvar su etkisiyle kısa zamanda bozulmakta ve taş parçaları dökülmektedir. Malzeme ve işçilikte kalite gerektirmediğinden düşük maliyetli kırsal yapılarda çok kullanılan bir duvar tipidir. Moloz taş duvarların dayanımını yükseltmek için uygulanan iyileştirme yöntemlerinin başında bağlayıcı malzeme olarak çamur yerine çimento harcı kullanımı gelir.

Kesme Taş Duvarlar; moloz taşlarda olduğu gibi taşlar oldukları gibi değil, keski ve el aletleri ile şekillendirildikten sonra kullanılmaktadır. Düzgün kesilmiş iri taşlar duvarın dış yüzünü meydana getirmektedir. Bazen iç yüzünde ise daha ufak taşlar kullanılmaktadır. Bağlayıcı madde olarak çimento veya kireç harcı kullanılır. Belirli yüksekliklerde ahşap ya da betonarme hatıllar kullanılması deprem davranışını iyileştirmektedir. Kesme taş duvarlar moloz duvarlara göre daha iyi yapısal dayanıma ve deprem davranışına sahiptir. Moloz ve kesme taşlar bir arada da kullanılabilir. Kesme taşlar ile duvarın dış yüzü örülürken, iç yüzünde moloz taşlar kullanılmaktadır. Ortada kalan bölüm ise iç ve dış duvar yüzleri arasında bütünlük sağlayabilmek için çamur ile doldurulmaktadır.

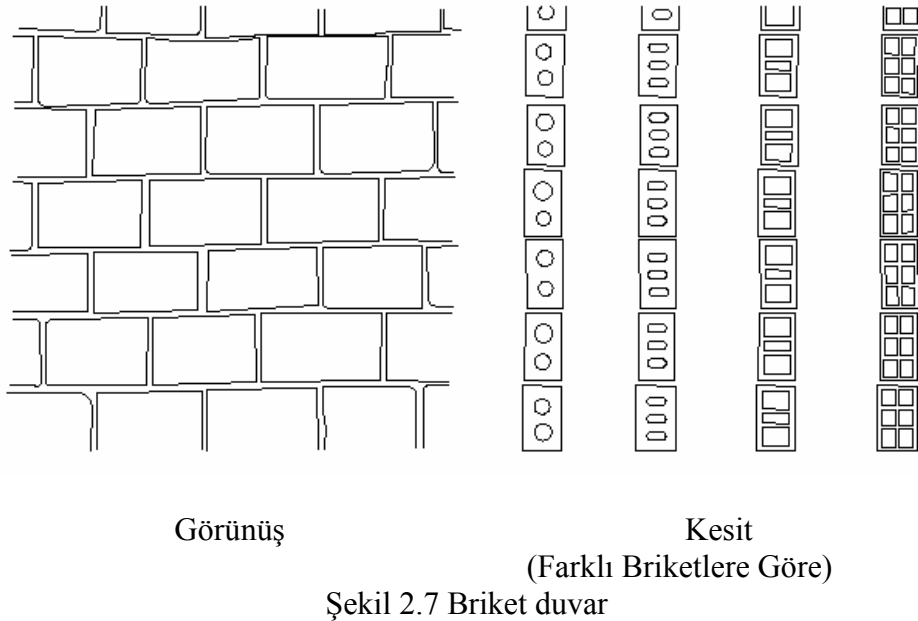
2.1.2. Tuğla Yığma Yapılar

Tuğlalar fırında üretilen doğal olmayan yapı taşlarıdır. Yığma duvar yapımında dolu tuğla veya boşluk oranı az olan delikli tuğla kullanılır. Deliklerin duvarda dik konumda olması gerekir. Duvar örgüsünde tuğlalar kiriş veya çimento harcı ile birleştirilir. Tuğla duvar cephe ve kesiti Şekil 2.6'da gösterilmektedir. Pencere ve kapı üstü hatıllarına ek olarak yeni yapımlarda kat döşemesi seviyesine de hatıl konulmaktadır. Hatıllar ahşap olabileceği gibi betonarme olarak da kullanılmaktadır. Tuğla yığma yapılarda kullanılan betonarme yada ahşap hatıllar, yapının deprem dayanımına katkıda bulunurlar. Betonarme hatıllar duvar kalınlığında olup, içerisine donatı yerleştirilmektedir. Betonarme döşemeli yapıların inşasında, hatıllar döşeme ile birlikte dökülmektedir. Kapı ve pencere boşluklarının üstünden geçen hatıllar, sürekli veya sadece pencere ve kapı üzerinde olabilmektedir. Yatay hatıllar pencere altlarında sürekli olarak da yer alabilir. Düşey hatıllar ise duvar birleşimlerinde olabilir. Bu elemanlar düşey yükü taşımaktan çok duvarların deprem esnasında birbirinden ayrılmasını engelleyerek bağlayıcı unsur olarak görev yapmaktadırlar.



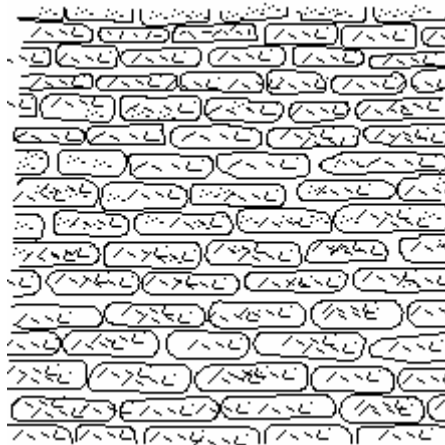
2.1.3. Briket Yığma Yapılar

Briket, kum ve agreganın çimento ile karıştırılması sonucunda elde edilen düşük dayanımlı betonun kalıplara dökülmesi ile üretilir. Genelde kırsal kesimde ahır gibi hayvan barınaklarında kullanılmakla beraber konut ve bahçe duvarı yapımında da kullanılabilir. Kent merkezine yakın bölgelerde daha çok karşılaşılmaktadır (Dikmen ve diğ., 2004). Harç olarak çimento veya kireç harcı kullanılmaktadır. Briket duvarlarda tuğla duvardakiler gibi hatıllar kullanılabilir. Şekil 2.7’de briket duvar cephe ve kesiti gösterilmektedir.



2.1.4. Kerpiç Yığma Yapılar

Kerpiç, taşın kolaylıkla temin edilemediği, iklimin kurak geçtiği ve sel tehlikesinin olmadığı bölgelerin yapı malzemesidir (Aydın ve diğ., 2005). Tuğla ve briket sağlamanın güç olduğu gelişmemiş bölgelerin yapı malzemesi olmaktadır (Anonim, 1978). Maliyeti en az, ısı yalıtım değeri yüksek, üretim tesisi gerektirmeyen sürdürülebilir bir malzeme olarak tanımlanabilir (Arpacıoğlu, 2006). Yerel imkanlarla ve genellikle kullanıcının kendisi tarafından üretilen kerpiç bloklar, çamur ile birleştirilerek örülür (Şekil 2.8). Kerpiç bloklar güneşte kurutulduğu ve yapımında çimento kullanılmadığı için çevreyi ve atmosferi kirletmez. Yapının yıkımından sonra çıkan molozlar bir süre sonra doğa tarafından bozulmaya uğrar. Kerpiç malzemenin en belirgin sakıncalı yönleri, yük taşıma kapasiteleri, basınç ve çekme dayanımları düşük, rutubete karşı duyarlı olmasıdır (Acun ve diğ., 2003). Duvarların dayanımı ahşap hatıl kullanılarak artırılabilir.



Görünüş



Kerpiç duvar görünüşü

Şekil 2.8 Kerpiç yığma yapı

Kerpiç blokları ile duvar örülmesinde kullanılan çamurlu harç aynı cins oldukları için zamanla kaynaşarak sürekli bir malzeme oluşmaktadır. Bu nedenle taş duvarlara göre daha çok tercih edilmesine rağmen deprem dayanımı yetersiz ve güvensizdir. Kerpiç duvarların en zayıf tarafı ise neme maruz kaldığında yada ıslandığında yumuşaması ve dayanımını kaybetmesidir (Koçu ve diğ., 2004). Kerpiç duvarlı yapıların çatıları

çoğunlukla düz toprak damlıdır. Son zamanlarda ise galvanizli saçtan çatı yapımına rastlanılmaktadır. Kerpiç duvarların iç ve dış yüzü kalınca bir çamur tabakasıyla sıvanır. Kerpiç yapılar çoğunlukla Orta Anadolu'da bulunmaktadır.

Anadolu'nun birçok yerinde kerpiç bloklar biri diğerinin iki misli büyüklükteki ana ve kuzudan oluşmaktadır (Şekil 2.9). Duvar örgüsünde bu farklı iki ebat, derzlerin şaşırtmalı örülmesine imkan sağlamaktadır (Kafescioğlu, 1949) .



Kerpiç blokları



Sıvası yapılmamış kerpiç ev

Şekil 2.9 Kerpiç blok ve duvar örneği (Korkmaz ve diğ., 2005)

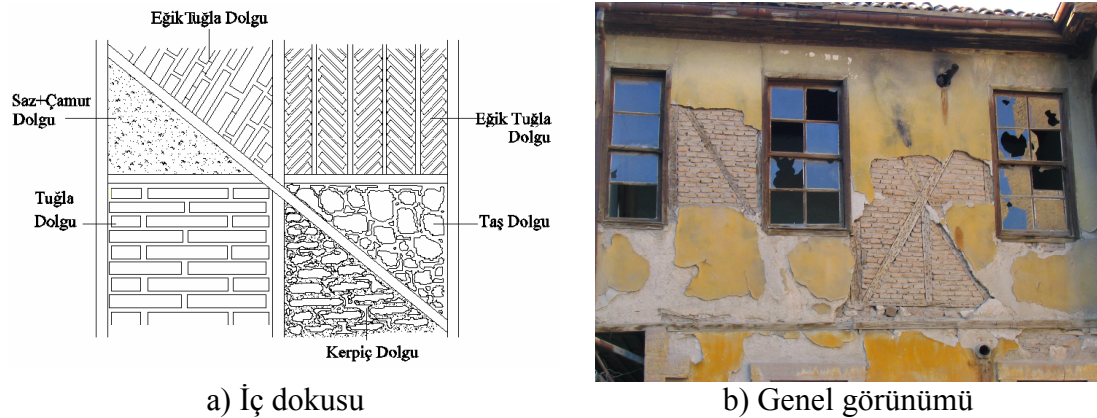
2.2. Karkas Yapılar

Üzerine etkiyen yatay veya düşey yükleri çelik, betonarme veya ahşap bir iskelet sistemi ile temele aktaran yapı sistemlerine “karkas yapılar” denilmektedir. Ülkemizde ahşap karkas yapılar başlıca hımış ve bağdadi olarak ikiye ayrılır. Betonarme karkas yapılarda çerçeve içleri tuğla örülerek duvarlar ve yaşama mekanları oluşturulur.

2.2.1. Hımış Yapılar

Orta, Kuzey ve Batı Anadolu'da yaygın olarak karşılaşılan geleneksel bir kırsal yapı türüdür. Ahşap direklerin düşey, yatay ve çapraz olarak yerleştirilmesi ile ana taşıyıcı

sistem oluşturulur. Boşluklar, tuğla, kerpiç, çamur harcı vs. gibi malzemelerle doldurularak duvar örülür. Taşıyıcı sistemi oluşturan ahşabın hafifliği ve sünekliliği bu yapı türüne arzu edilen dayanımı kazandırmakla beraber, dolgu maddelerinin ağırlığı, bağlantı bölgelerinin yetersizliği iyi özelliklerinin kaybına yol açmaktadır (Aytun, 1982). Deprem karşısında esnek davranan ahşapla aynı davranışı göstermeyen bu dolgu malzemeleri dökülebilmekte, can ve mal kaybına neden olabilmektedir (Dikmen ve diğ., 2004). Meydana getirilen duvarın iç ve dış yüzeyleri çamur harcı veya başka sıva malzemeleri ile sıvanır. Dizeme olarak bilinen sistemde ise dolgu malzemesi olarak kaba yontulmuş tomruklar kullanılmaktadır. Şekil 2.10'da hımış duvarın iç dokusu görülmektedir. Deprem dayanımı ahşap iskelet sisteminin kalitesine bağlıdır (Langenbach, 2003). Çatıları ahşap bir kafes sistem üzerine topraktan yada kiremitten yapılabilmektedir. Bu yapılar aslında ahşap takviyeli yığma yapılar olarak nitelenebilir. Hımış yapılarda dikmeler arası 1 m olabildiği gibi 2-3 m'de olabilir. Bazı durumlarda düşey dikmeler sadece bina köşelerinde mevcuttur. Bu farklılıklar yapının deprem davranışını da etkiler (Bayülke, 2001-b).

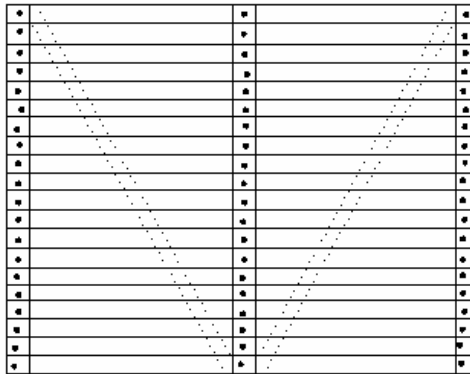


Şekil 2.10 Hımış duvar

2.2.2. Bağdadi Yapılar

Genellikle Kuzey ve Batı Anadolu'da rastlanır. Biçimlendirilmiş tahta kalaslar düşey ve çapraz olarak yerleştirilerek taşıyıcı sistem iskeleti oluşturulur. Çerçeve açıklıklarının iç ve dış yüzeylerine ince biçilmiş tahta çıtalar çivi ile çakılır. Tahta çıtalar arası çamur ile doldurulur. Dış ve iç yüzeyler ise sıvanır. Böylelikle hımış

sisteme göre daha hafif bir yapı elde edilir (Bayülke, 1983). Bu durumdaki bağdadi bir duvarın deprem yükleri altında perde duvar gibi çalışacağı düşünülebilir. Tipik bağdadi yapı duvarı Şekil 2.11’de gösterilmektedir. Duvarların hafif olduğu için, ahşap birleşimlerinin sağlam olması durumunda depremlerde çok iyi davranış gösterirler (Dikmen ve diğ., 2004). Çatıları sistemleri ahşap makas üzerine kiremit kaplama şeklinde olabilmektedir.



a) Bağdadi duvar



b) Bağdadi yapının genel görünümü

Şekil 2.11 Bağdadi yapı sistemi

1970 Gediz depreminde bağdadi yapıların hımsı yapılara göre daha iyi davrandığını ve hasar düzeylerinin daha az olduğunu belirlemiştir (Bayülke 2001-a).

2.2.3. Betonarme Yapılar

Türkiye de son dönemlerde kırsal kesimlerde betonarme yapılar yaygınlaşmaktadır. Betonarme yapıların tasarımı ve inşası için bir mühendis ve mimara ihtiyaç vardır. Betonarme binaların iskeleti kolon ve kirişlerin oluşturduğu çerçevelerden meydana gelir. Döşemeler ve merdivenler de betonarme, duvarlar ise tuğla ile örülmesiyle yapılmaktadır. Betonarme yapıların taşıyıcı sistemlerinin inşasında TS500 ve Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik-1997 nin getirdiği kurallara uymak gerekmektedir. Kurallarına uygun olarak inşaa edilen bir betonarme yapı depremlere karşı yüksek dayanım gösterir. Ancak kırsal bölgelerde betonarme yapılarda bir mühendis yada mimarın hizmeti olmadan inşa edilebilmektedir. Yapım

hataları yapı dayanımını önemli ölçülerde zayıflatmaktadır. Şekil 2.12’de depremle yıkılmış 3 katlı betonarme karkas yapı görülmektedir.



Şekil 2.12 Adsız Köyünde yıkılan 3 katlı betonarme bina (2000 yılı Akşehir depreminde)

2.3. Melez Yapılar

Genellikle iki katlı yapılarda, zemin katın yığma, üst katın ise karkas olarak inşa edilmesiyle meydana gelir. Her kat bağımsız olarak önceki konularda anlatılan yığma ve karkas yapıların özelliklerini taşır. Ancak iki katın sürekliliğinin sağlanması deprem dayanımında ayrıca etkili olmaktadır. Üst katın taban döşemesi kullanılan karkasın tipine uygun olarak yapılır. Üst kat hımsı veya bağdadi ise ahşap döşeme; betonarme ise betonarme döşeme tercih edilir. Bunlardan başka birçok yerel varyasyonlar, kombinasyonlar mevcuttur (Gülkan, 1988).

3. DEPREMİN KIRSAL KONUTLARDAKİ ETKİSİ

Depreme dayanıklı yapı tasarımı ilkelerine göre yapılar, ekonomik ömürleri içinde en az bir kez olması beklenen yüksek şiddetteki depremlerde can kaybını önleyecek dayanımda olmalıdırlar. Her sistemin gerektirdiği bir yapım teknolojisi bulunmaktadır. Bütün sistemlerin deprem karşısında dayanıklı olması için sistemlerin gerektirdiği kriterlere göre inşa edilmelidirler (Dikmen ve diğ., 2004). Bu bölümde kriterleri açıklanmadan önce depremle ilgili kavramlar verilecektir. Deprem konusunda bilgi edinebilmek için öncelikle yerküre yapısı, hiposantr, episantr, öncü deprem, artçı deprem gibi tanımlar açıklanacaktır. Depremlerin oluşumu, deprem dalgaları hakkında genel bilgiler verilerek, Türkiye ve kırsal konutların depremselliği irdelenecektir.

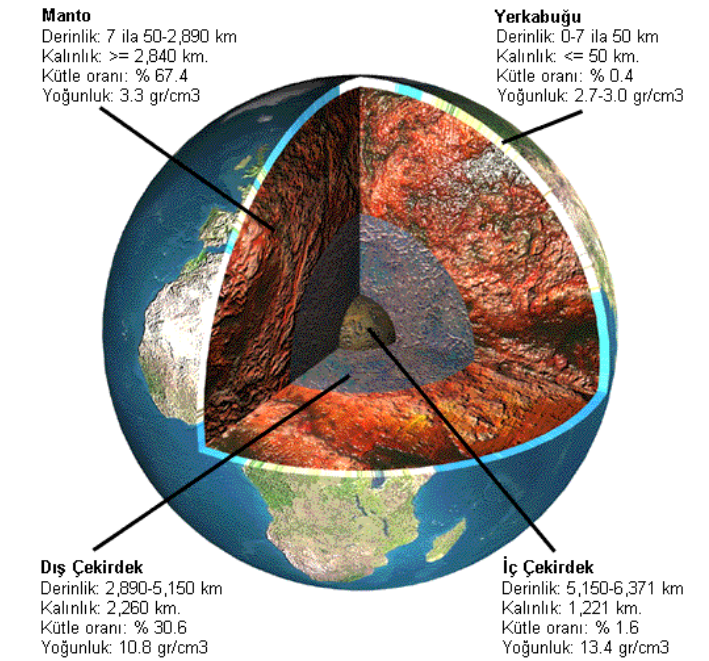
3.1. Deprem

Yerkabuğu içindeki kırılmalar nedeniyle ani olarak ortaya çıkan titreşimlerin dalgalar halinde yayılarak geçtikleri ortamları ve yeryüzeyini sarsma olayına "**Deprem**" denir (Web iletisi 3). Bir başka şekilde yer içerisinde fay düzlemi olarak tanımlanan kırıklar üzerinde biriken enerjinin aniden boşalması sonucunda gelişen bir olgu olarak da tanımlanabilmektedir.

Depremler çeşitli nedenlerden dolayı oluşmaktadır. Bunlar arasında başlıcaları volkanik patlamalara bağlı olarak oluşan depremler, yerkabuğu içerisindeki boşlukların çökmesi ile oluşan depremler ve en önemlisi olan faylanmaya bağlı olarak oluşan depremler sayılabilir. Türkiye'deki depremler "Tektonik Depremler" sınıfına girmektedir ki yeryüzünde olan depremlerin %90'ını da bu gruba girmektedir. Ayrıca ülkemiz, Himalaya Alp deprem kuşağı denilen bölgede yer almaktadır (Mertol ve diğ., 2002).

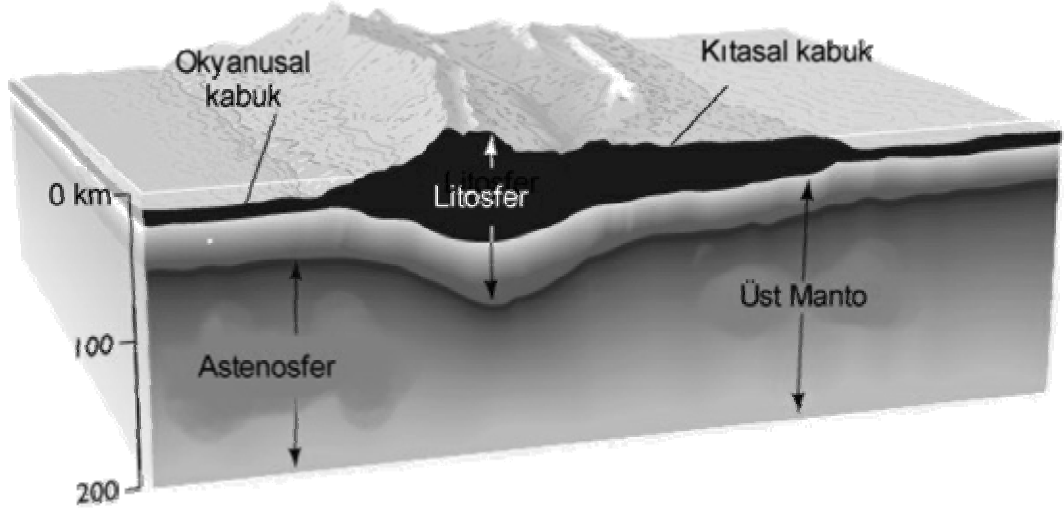
3.1.1. Yerküresinin Yapısı

Depremlerin oluşum nedenini incelemeyen önce, yerkürenin iç yapısı hakkında sunulan teorilerin bilinmesi yararlı olacaktır. Depremler sırasında veya daha sonra yapay olarak oluşturulan sismik dalgaların, değişik yoğunluktaki katmanlardaki farklı davranışının incelenmesi ile yerkürenin iç yapısının hakkında bilgi sahibi olunmuştur. Buna göre yeryüzünün iç yapısıyla ilgili olarak jeolojik ve jeofizik verilerin desteklediği ve hala geçerli olan bir yerküre modeli vardır. Yerküre'nin merkezinde katı haldeki nikel ve demirden oluşan İç çekirdek bulunmaktadır. Bu çekirdeği çevreleyen Dış çekirdek ise, içindeki sülfür ve oksijen nedeniyle ergime noktası düştüğü için sıvı halde bulunan nikel ve demirden oluşmaktadır. 4.5 milyar yıldır soğumasına rağmen hala çok sıcak olan çekirdek, yerküre'nin manyetik alanının oluşmasındaki etkindir. Daha sonra gelen ve Alt Manto ve Üst Manto diye ikiye ayrılan Manto ise, kısmen ya da tümüyle eriyik durumdaki kayalardan oluşan magmayı içermektedir. Demir, magnezyum, silikon ve oksijence zengin mineralleri içeren Manto'dan sonra, bu katmanların en incisi olan ve okyanuslar ile kıtaları barındıran Yerkabuğu (Crust) bulunmaktadır (Şekil 3.1) (Web iletisi 4).



Şekil 3.1 Yerkürenin katmanlı iç yapısı (Web iletisi 4)

Yerin en dıştaki katmanı olan yer kabuğu, kıtalar altında 25-80 km, okyanusların altında ise 5-8 km.lik bir kalınlığa sahiptir (Şekil 3.2). Yer kabuğu kendisi gibi katı olan ve Litosfer (Taşyuvar) adı verilen ve yaklaşık olarak 70-100 km kalın bir katmanın en üst kısmını oluşturur. Litosferin altında ise Üst Mantonun daha yumuşak (akıcı) bölgesi olan ve Astenosfer olarak adlandırılan bölüm yer alır (Tüysüz, 2002).

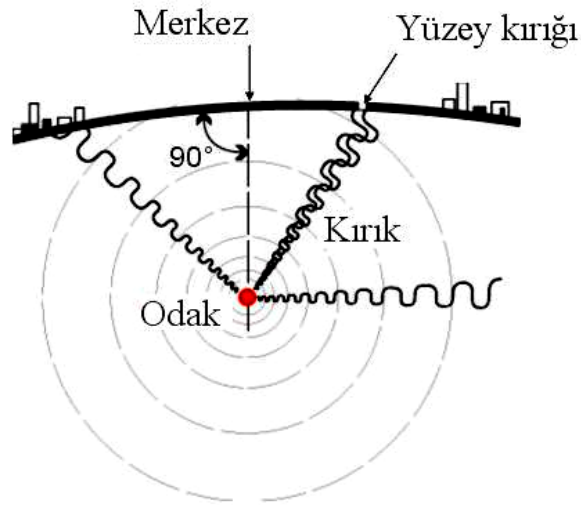


Şekil 3.2 Dünyanın dış kısmındaki katmanları gösteren blok diyagram (Press ve Siever, 1999) (Tüysüz, 2002)

Astenosfer Dünya'nın çekirdeğinden aldığı ısı nedeniyle hafifleyip yukarıya doğru yükselmekte, yüzeyde ise soğuyup yoğunlaşarak tekrar alta doğru hareket etmektedir. Bu nedenle Astenosfer kendi içerisinde senede santimetre mertebesinde bir hızla hareket etmektedir. Astenosfer içerisindeki bu konveksiyon akımları üstteki Litosferin parçalara ayrılmasına ve farklı yönlere sürüklenmesine neden olurlar (Tüysüz, 2002). Bu kırılmalar da birbirinden ayrılmış, kendi içinde daha küçük levhaları barındıran ve bir sal gibi yüzen ana levhaları oluşturmuştur. Halen 10 adet ana levha ve yüzlerce küçük levha vardır. Bu levhalar birbirlerine göre, insanların hissedemeyeceği bir hızda hareket etmektedirler (Gökçe 2002). Bu hareketlilik sonucunda, levha sınırlarında, uzun zaman dilimleri ile baktığımızda yeni okyanuslar, yeni kıtalar, sıradağlar ve yanardağlar oluşur. Depremler ve volkanik aktivitelerin nedeni de tüm bu hareketliliktedir. Depremler levha sınırlarında oluşurlar (Web iletisi 4).

3.1.2. Depremle İlgili Tanımlar

Merkez Üssü (Hiposantr): Odak noktası yerin içinde depremin enerjisinin ortaya çıktığı alandır. Merkez üssü ise, odağın yeryüzündeki izdüşümüdür (Gülkan, 1984) (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 Depremin merkezi

Dış Merkez (Episantr): Odak noktasına en yakın olan yer üzerindeki noktadır. Burası aynı zamanda depremin en çok hasar yaptığı veya en kuvvetli olarak hissedildiği noktadır. Aslında bir noktadan çok bir alandır. Depremin dış merkez alanı depremin şiddetine bağlı olarak çeşitli büyüklüklerde olabilir. Bazen büyük bir depremin odak noktasının boyutları yüzlerce kilometreyle de belirlenebilir (Web iletisi 3).

Odak Derinliği: Depremde enerjinin ortaya çıktığı noktanın yeryüzünden en kısa uzaklığı odak derinliği olarak adlandırılır (Web iletisi 3). Odak derinlikleri 0-60 km. olan depremler sığ depremler, 70-300 km. olanlar orta derinlikte depremler, 300 km. den daha derinlerde olan depremler de derin depremler olarak isimlendirilirler. Derin depremler daha geniş bir alanda hissedilirken çok büyük yıkımlara yol açmazlar. Sığ depremler ise daha dar bir alanda hissedilirler ancak daha fazla hasara neden olurlar ki Türkiye'deki depremler genellikle sığ depremlerdir (Gökçe 2002). Orta ve derin depremler daha çok bir levhanın bir diğer levhanın altına girdiği bölgelerde olur.

Öncü Deprem: Ana depremden önce meydana gelen küçük şoklardır.

Artçı Deprem: Ana deprem sonrası meydana gelen ve bundan daha küçük olan şoklardır.

Sıvılaşma (Liquefaction): Kum, kil gibi gevşek malzemelerden oluşan yer katmanlarının deprem etkisi ile sıvıların davranışına benzer davranışlar göstermesidir. Basınç etkisiyle, kumun zayıf noktalardan tıpkı su gibi yeryüzüne fişkırdığı görülmüştür (Gökçe,2002).

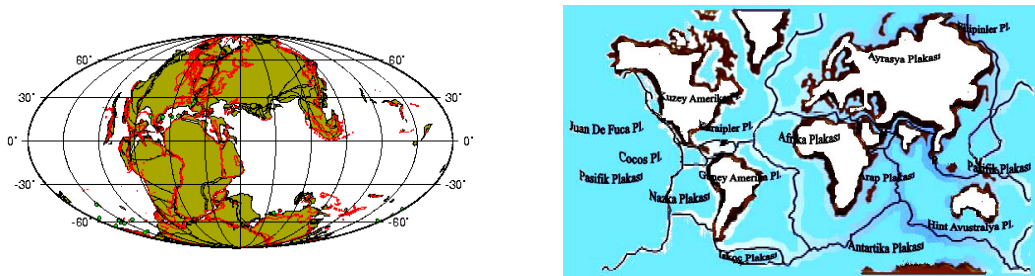
Şiddet: Depremlerin yeryüzünde can kaybı, yapı ve tesisler üzerinde oluşturmuş olduğu hasara göre sınıflandırılması " Deprem Şiddeti" adı verilen bir ölçeklemeye göre yapılır. Deprem yeryüzünde hissedildiği bir noktadaki etkisinin ölçüsü olarak tanımlanmaktadır. Şiddet depremin kaynağındaki büyüklüğü hakkında doğru bilgi vermemekle beraber, deprem dolayısıyla oluşan hasarı yansıtır. Şiddet ölçeği deprem-ölçerlerinin bulunması öncesinde oluşturulmuş, 20. yüz yıl içinde geliştirilmiştir. Birçok şiddet cetveli bulunmakla birlikte yaygın uygulananı Mercalli yöntemiştir. Değiştirilmiş Mercalli ölçeklemesinde 12 aşama vardır. Şiddet cetveli I-V dereceleri arasında insanlarca duyulma ve yapı içinde bulunan eşyalar üzerindeki etki aşamalarına göre sınıflandırılmaktadır. VI-XII arasındaki şiddetler ise, depremlerin yapılarda meydana getirdiği hasar ve arazide oluşturduğu kırılma, yarıma, heyelan gibi bulgulara dayanılarak değerlendirilmektedir. VII şiddetinden sonra ise arazide etkilerin olacağı kabul edilmiştir. Bir deprem oluştuğunda, bu depremin herhangi bir noktadaki şiddetini belirlemek için, o bölgede meydana gelen etkiler gözlenir. Bu izlenimler Şiddet Cetveli'nde hangi şiddet derecesi tanımına uygunsa, depremin şiddeti, o şiddet derecesi olarak değerlendirilir. Örneğin; depremin neden olduğu etkiler, şiddet cetvelinde VIII şiddet olarak tanımlanan bulguları içeriyorsa, o deprem VIII şiddetinde bir deprem olarak ifade edilir (Web iletisi 5), (Gökçe 2002), (Web iletisi 3).

Mağnitüd-Büyüklük: 1841 yılından itibaren depremleri kaydeden aygıtların (sismograf) yapılmaya başlanmasıyla birlikte aletsel kayıt dönemi başlamıştır. 1935 de Charles Richter deprem kayıtlarının genliklerinden hesaplanan ve "büyüklük" adı

verilen bir ölçek geliştirmiştir (Tüysüz, 2002). Mağnitüd ile şiddet arasında, birbirlerine karşılıklık açısından da bir sınıflandırma yapılmıştır. Buna göre, tam olmamakla birlikte ikisi arasında bir bağıntı kurulmuştur (Ek-B).

3.1.3. Depremlerin Oluşumu

Levha hareketleri yerkürenin oluşumundan beri sürmektedir. Süperkıta Pangea'nın, bundan 225 milyon yıl önce parçalanmaya başladığı ve bu hareketliliğin sonucunda kıtaların günümüzdeki şekli aldığı düşünülmektedir (Şekil 3.4) (Web iletisi 4). Yeryüzü kabuğu şu andaki haliyle kıtaların üzerinde bulunduğu ve birbirlerine göre halen hareket halinde olan büyük tektonik levhalardan oluşmuştur (Şekil 3.5, Şekil 3.6). Bu hareketleri sırasında levhalar birbirleri üzerine kuvvet uygularlar. birbirlerine çarparlar, sürtünürler yada biri diğerinin altına girer ve levhaların birbirlerine değdikleri yüzeylerde yerkabuğundaki kayaçların direnç göstermesi yüzünden büyük enerji birikimleri oluşur (Gökçe 2002). Bu enerji, kayaçların kırılma sınırını aştığı anda da kırılma (faylanma) olur ve biriken enerji açığa çıkar. Levha hareketleri yüzünden birikmiş gerilme enerjisinin aniden boşalması depremi oluşturur (Web iletisi 4).



Şekil 3.4 Yeryüzünün 150 milyon yıl önceki durumu ve yeryüzünün bugünkü durumu ve tektonik levhalar (Gökçe, 2002) (Web iletisi 7)

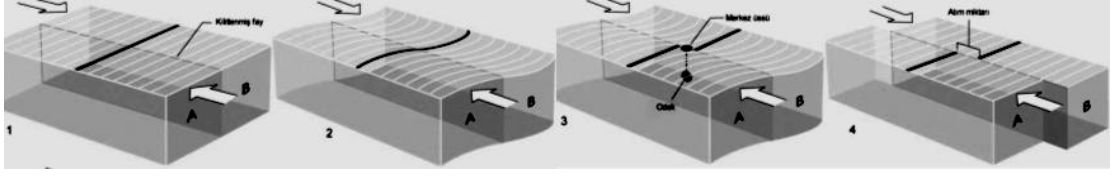


Birbirinden uzaklaşan levhalar

Birbirine yaklaşan levhalar

Yanal hareket eden levhalar

Şekil 3.5 Tektonik levhaların hareket türleri (Web iletisi 7) (Gökçe, 2002)



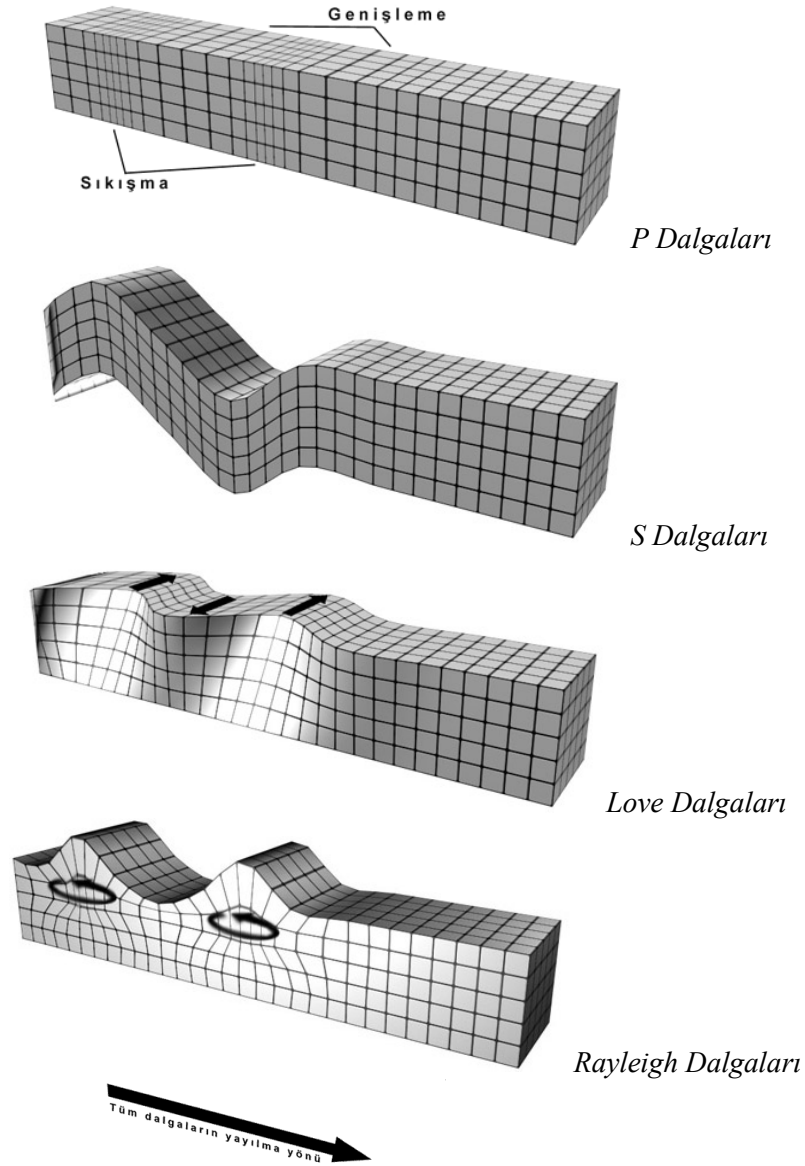
Şekil 3.6 Faylanma aşamaları:

- 1-Deprem öncesi gerilme yok; 2-Deprem öncesi, gerilme maksimum;
 3-Deprem anı, kırılma (fay) oluşur; 4-Deprem sonrası, gerilme yok
 (Press ve diğ., 1999), (Tüysüz, 2002)

Depremlerin önemli bir bölümü yeryüzünden 12 km derinliklere kadar uzanan elastik kısımda üst kabuk içinde meydana gelmektedir. Bu derinliklerden daha aşağıda sıcaklık 400 derecenin üzerinde olduğu için yer değiştirme hareketi depremsiz yavaş plastik şekil değiştirme enerjisi şeklinde yutulur. Buna karşılık elastik üst kısımda ise her yıl birkaç cm'lik yer değiştirme yüzyıllarca birikerek büyük depremleri oluşturmaktadır.

3.1.4. Deprem Dalgaları (Sismik Dalgalar)

Deprem bir dalga olayıdır. Deprem sırasında açığa çıkan enerji, ses veya su dalgalarına benzeyen dalgalar ile yayılır. Bu dalgalar bir titreşim hareketidir ve sismik dalgalar olarak nitelendirilir (Kalafat, 2000). Bunlar boyuna dalgalar (P dalgası), enine dalgalar (S dalgası) ve yüzey dalgalarıdır. En hızlı yayılan dalga P dalgalarıdır. Ancak bunlar yapılarda ciddi hasara neden olmazlar. Bu dalgaların titreşim hareketi yayılma doğrultusu ile aynıdır. Titreşim hareketi yayılma doğrultusuna dik olan S dalgaları P dalgalarından 1.7 kez daha yavaştır ve sıvı içinde yayılamazlar. Yapılarda en fazla hasara neden olan dalga da bunlardır. Yüzey dalgaları yakın depremlerde yıkıcı etkiye sahiptir. Love ve Rayleigh dalgaları olarak ikiye ayrılırlar. Şekil 3.7'de deprem dalgalarının yayılma özellikleri gösterilmiştir.

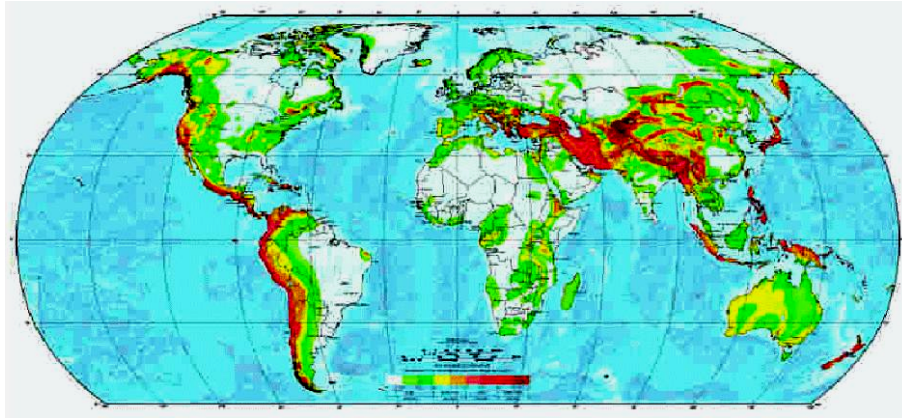


Şekil 3.7 Depremlerden oluşan sismik dalgaların türleri ve yer içinde yayılma özellikleri (Web iletisi 4)

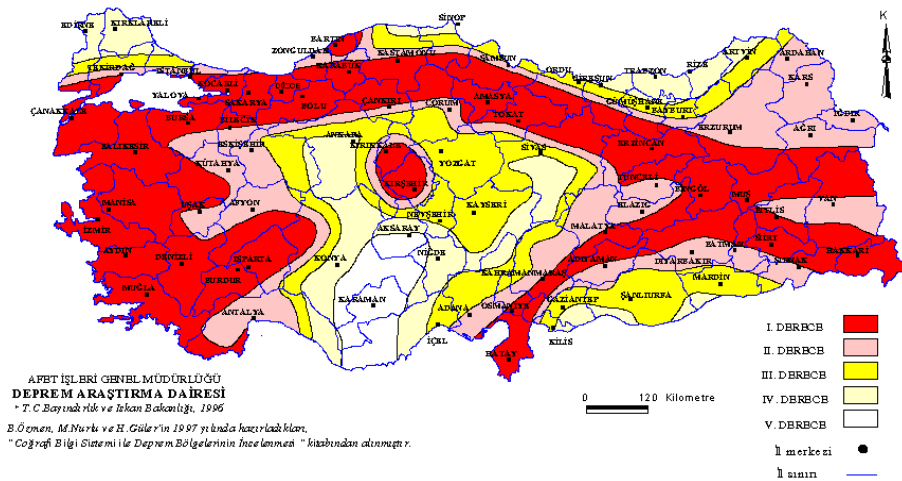
3.1.5. Türkiye'nin Depremselliği

Türkiye dünyanın en aktif deprem kuşaklarından biri üzerinde bulunmakta ve geçmişte çok sayıda yıkıcı depreme maruz kalmış bir bölgede yer almaktadır (Şekil 3.8). Türkiye topraklarının hemen hemen tamamı deprem riski altında bulunmaktadır. Nitekim gerek tarihi gerekse aletsel dönem kayıtları ülkenin çok büyük bir kesiminde geçmişte büyük depremler olduğunu işaret etmektedir (Tüysüz, 2002). Tarihsel kayıtların incelenmesi; Erzincan, Antakya, İzmir, Bursa, İstanbul vb.

şehirlerimiz ve çevrelerinde bilinen tarih içinde çok sayıda yıkıcı depremlerin olduğunu göstermektedir. Aletsel dönem kayıtlarına göre Türkiye son 60 yılda çok sayıda büyük depremlere maruz kalmıştır. Deprem Bölgeleri Haritası ile Türkiye deprem tehlikesi bakımından 5 bölgeye ayrılmıştır. Bunlardan I. ve II. bölgeler en tehlikeli olanlardır. Buralarda çok şiddetli depremlerin olması beklenmektedir. III. ve IV. bölgelerde beklenen depremlerin daha küçük şiddetli olacağı, varsayılmakta ve bu bölgelerin aynı zamanda I. ve II. bölgelerde oluşacak şiddetli depremlerden de etkileneceği kabul edilmektedir. Tehlikesiz olarak kabul edilen V. bölgede ise ya hiç deprem olmamakta veya olan depremler hasar yapmayacak kadar küçük şiddetlerde olmaktadır. Ayrıca diğer bölgelerde olan depremlerin bu bölgeleri etkilemeyecekleri kabul edilmektedir (Şekil 3.9) (Endem ve diğ., 1984).



Şekil 3.8 Dünyada aktif deprem bölgeleri



Şekil 3.9 Türkiye deprem bölgeleri

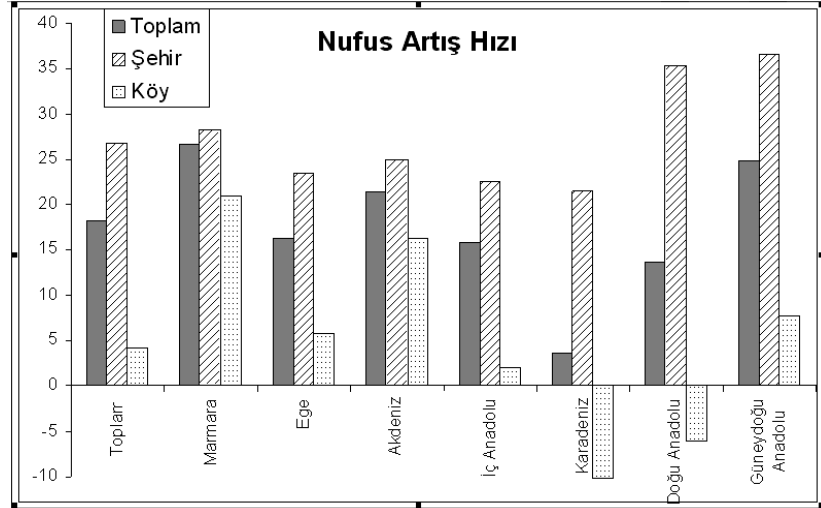
Deprem Bölgeleri haritasına göre Türkiye üç ana deprem kuşağından oluşmaktadır. Bunlardan birincisi ve en aktif olanı “Kuzey Anadolu Deprem Kuşağı”dır. Bu kuşak

Türkiye'ye Çanakkale, Gelibolu ve Edremit'ten girer ve Bursa, İznik, Adapazarı, Bolu, Gerede, Kurşunlu, Çerkeş, Merzifon, Amasya, Tokat, Suşehri, Erzincan, Erzurum, Varto, Van Bölgelerine kadar uzanır. İkinci kuşak. Ege bölgesinde; Ayvalık, Dikili, İzmir, Aydın. Çeşme ve Büyük Menderes Nehri Vadisi'nden Denizli, Isparta ve Akşehir'e kadar uzanır. Bu bölgede geçmişte birçok yıkıcı depremin olduğu bilinmektedir. Üçüncü bölge ise; Antakya-Hatay'dan başlar. Maraş, Malatya, Elazığ, Bitlis, Bingöl ve Van'a kadar uzanarak yukarıda sözü edilen Kuzey Anadolu deprem kuşağı ile Karlıova civarında birleşir. Türkiye topraklarının % 96 sinin ve nüfusumuzun % 98 inin üzerinde yaşadığı bölgelerin etkin deprem bölgesi olduğu belirlenmiştir (Web iletisi 1).

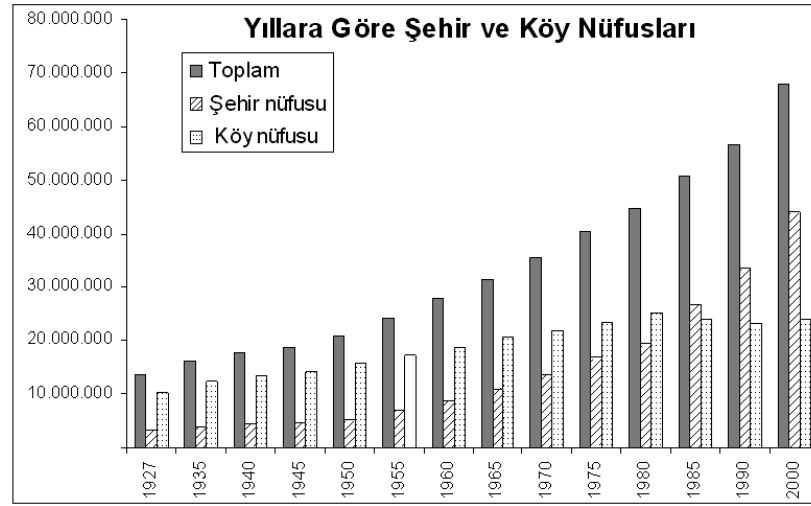
3.1.6. Kırsal Kesimde Deprem Sorunu

DİE verilerine göre, 2000 yılı genel nüfus sayımı sonuçlarında Türkiye nüfusu toplam 67.803.927 kişidir. Bu sayım sonuçlarına göre en fazla nüfus Marmara bölgesinde ve daha sonra sırasıyla İç Anadolu, Ege, Akdeniz, Karadeniz, Güneydoğu Anadolu ve Doğu Anadolu bölgelerindedir. 1995 ve 2000 yılları nüfus sayımı sonuçlarına göre Türkiye nüfusu 5 yılda %18 kadar artmaktadır. Bu artış oranı şehirlerde %27 iken, köylerde %4 tür. Köy nüfusunun en fazla arttığı bölgeler Marmara ve Akdeniz bölgeleri iken Karadeniz ve Doğu Anadolu Bölgelerinde köy nüfusu azalmaktadır (Şekil 3.10).

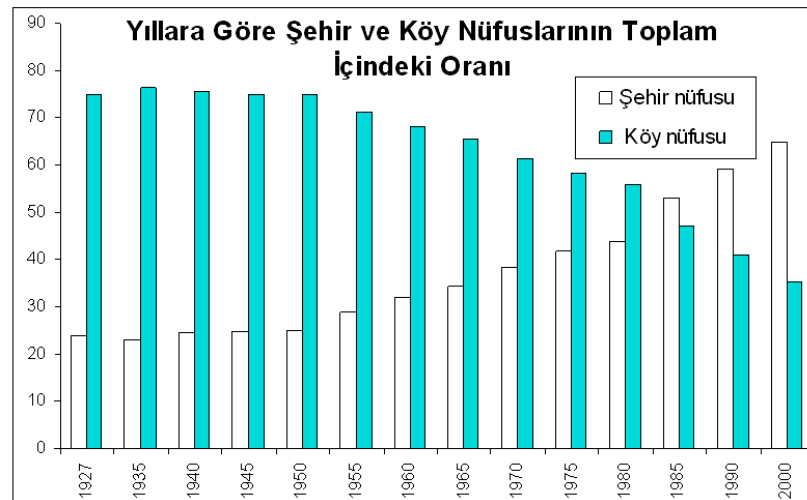
Şekil 3.11'de 1927 den 2000 yılına kadar Türkiye'de köy ve şehirlerin nüfus sayıları verilirken, Şekil 3.12'de bu yıllarda köy ve şehir nüfuslarının toplam nüfus içindeki oranı verilmiştir.



Şekil 3.10 Türkiye’de 1995-2000 yılları arasında köy ve şehirlerde nüfus artış oranları (DİE, 2001’den yararlanılmıştır) (Web iletisi 6)



Şekil 3.11 Türkiye’de yıllara göre nüfus sayıları (DİE 2001’den yararlanılarak hazırlanmıştır) (Web iletisi 6)



Şekil 3.12 Köy ve şehir nüfuslarının toplam nüfus içindeki oranı (DİE 2001’den yararlanılarak hazırlanmıştır)

Tablo 3.1’de DİE verilerine göre 2000 yılında Türkiye toplamı ve üç büyük ilimiz ve yıkıcı depremlerin yaşandığı bazı illerimizin şehir, ilçe ve köylerdeki yapılarda kullanılan yapı malzemesine göre konut veya işyeri toplamı verilmiştir.

Tablo 3.1 Bina malzemesine göre yaklaşık bina sayıları (DİE, 2001’den yararlanılarak hazırlanmıştır)

	Betonarme	Çelik	Briket	Tuğla	Ahşap	Taş	Kerpiç
Türkiye toplamı	3600000	5000	870000	1600000	170000	700000	600000
İstanbul	650000	700	50000	128000	8800	7500	1200
Ankara	110000	300	110000	93000	7000	12000	25000
İzmir	300000	250	25000	100000	4200	38000	23000
Adana	160000	400	50000	22000	3800	5000	2500
Bingöl	5500	2	1300	4200	30	4700	122
Kocaeli	100000	280	8000	24000	1500	700	1500
Afyon	20000	40	3000	54000	9500	18000	20000
Erzincan	6500	17	2600	14000	1800	2700	6600

Yukarıda verilen sayısal değerler ve grafiklerden Türkiye’de kırsal alana göre şehir nüfusunun çok hızla arttığı görülmekle birlikte, kırsal alanda (köylerde) yaşayan insan sayısında da yaklaşık % 4 gibi bir artış olduğu görülmektedir. Türkiye topraklarının % 96 sının deprem bölgesi içinde olduğu hatırlanırsa bu kırsal alanda deprem tehdidine maruz insan sayısının arttığı anlamına gelir. Ayrıca şu da unutulmamalıdır ki, şehirlere kırsal alandan göç yoluyla gelenlerin büyük çoğunluğu gibi, şehirlere yaşayan pek çok insan, betonarme, çelik gibi mühendislik-mimarlık hizmeti görmüş konutlarda değil, kendi imkanları ile inşa ettiği (gecekondu gibi) konutlarda oturmaktadır. Şehirlere ekonomik bakımdan düşük gelire sahip insanlar kendi konutlarını oluştururken kerpiç, taş yığma, hımış, bağdadi gibi kırsal kesime özgü ve betonarme binalara göre çok düşük maliyetli konutlara yönelmektedir. Türkiye’de gerek köylerde ve ilçelerde ve gerekse şehirlere kırsal kesim yapılarında (mühendislik hizmeti görmemiş) yaşayan nüfus sayısı artmaktadır. Buda deprem tehdidine maruz ve depreme karşı daha az dayanıklı binalarda oturan insan sayısında artış demektir.

Tablo 3.2’de 17 Ağustos 1999 ve öncesindeki bazı depremlerin hasar bakımından karşılaştırması sunulmuştur. Bu sayısal değerler kırsal kesim yapılarıyla birlikte şehirlereki yapıların toplamıdır.

Tablo 3.2 17 Ağustos 1999 ve Öncesindeki Bazı Depremlerin Hasar Bakımından Karşılaştırması (Özmen, 2000)

Deprem	Tarihi	Hasarlı Konut-İşyeri	Hasar Durumu %		
			Yıkık-Ağır	Orta	Az
Erzincan	1992	20.970	21	32	47
Dinar	1995	14.204	35	22	43
Adana	1998	85.554	11	26	63
Marmara	1999	244.383	32	32	36

1966 yılından başlayarak, yapılan istatistiki bir çalışma sonucu ülkemiz 33. doğu boylamından itibaren Batı ve Doğu olmak üzere iki kısma ayrılmış ve elde edilen zarar sonuçları birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Buna göre; can kaybı Doğuda yedi kat daha fazladır. Aynı farklılık yapılarıdaki hasar durumunda da görülmekte ve Doğudaki hasar Batıdakine oranla iki kat daha fazla olmaktadır (Endem ve diğ., 1984). Tablo 3.3’de 1992 Depreminde Erzincan, Gümüşhane ve Tunceli illerinde tespit edilen hasar durumu verilmiştir. Bu tabloda köy ve il-ilçe merkezlerindeki hasarlı konut sayısı ayrı ayrı sunulmuştur.

Türkiye Cumhuriyeti tarihinde 1939 Erzincan depreminden sonra en fazla can kaybına neden olan deprem 17 Ağustos 1999 Marmara depremidir. Tablo 3.4’de bu depremden etkilenen illerin köy ve şehirlerin nüfusları, can kayıpları ve hasarlı bina sayıları verilmiştir.

Tablo 3.3 1992 Depreminde Erzincan, Gümüşhane ve Tunceli İllerinde Tespit Edilen Hasar Durumu (Anonim, (1993)’den alınarak düzenlenmiştir).

İli	İlçesi	Köy-Mah.	Yıkık-Ağır	Orta	Az
Erzincan	Merkez	21 mh	2644	4208	5505
		91 köy	1965	1880	2958
	Üzümlü	5 mh	47	136	375
		28 köy	500	451	780
	Kemah	8 mh	15	27	77
36 köy		46	187	405	
Çayırılı	3 mh	6	8	89	
	31 köy	75	163	472	
Tunceli	Pülümür	68	709	426	465
		83	181	312	1306
	Nazimiye	39	82	220	459
	Ovacık	69	238	662	1126
	Merkez	69	182	408	1285
Gümüşhane	Kelkit	32	12	20	82
TOPLAM			<i>6702</i>	<i>9108</i>	<i>15384</i>

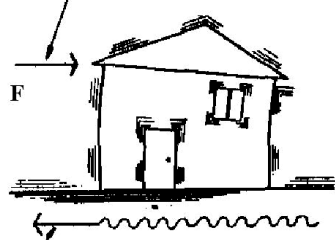
Tablo 3.4 17 Ağustos 1999 depreminden etkilenen illerin nüfusları, ölü sayılarının ve deprem hasar durumlarının illere göre dağılımı (Özmen, 2000)

İl Adı	Toplam Nüfus	Şehir Nüfusu	%	Köy Nüfusu	%	Ölü sayısı	Yıkık-Ağır	Orta	Az
Bolu	553022	265450	48	287571	52	270	11	602	205
Bursa	1958529	1488482	76	470047	24	268	68	453	1008
Eskişehir	660843	515457	78	145385	22	86	99	104	336
İstanbul	9198809	8462904	92	735905	8	981	3605	15338	13694
Kocaeli	1177379	624010	53	553368	47	9477	22346	24288	25679
Sakarya	731800	329310	45	402490	55	3891	23111	14163	20387
Yalova	163916	109823	67	54092	33	2504	10189	8953	14566
Zonguldak	612722	238961	39	373760	61	3			

3.2. Kırsal Konutlarda Deprem Hasarı

Bu bölümde yığma yapılarda hasar türleri sınıflandırılmadan önce herhangi bir yapıya deprem nedeniyle oluşan yer hareketlerinden dolayı etkiyen yatay yükler ve yapının bu yer hareketine tepkisi incelenecektir. Şekil 3.13’de görülen binada yerin sola doğru aniden hareket ettiğini düşünürsek bina yerinde kalmak isteyecek ve görülmeyen bir F kuvveti ile sağa doğru itilecektir. Bu kuvvete eylemsizlik kuvveti denir. Tasarımlarda binanın bu kuvvete karşı koyabilmesi için gerekli boyutlandırmalar ve detaylandırmalar yapılır. Fakat gerçekte bu olay üç yönde titreşim söz konusu olduğu için daha karmaşıktır.

Eylemsizlik kuvveti hareketteki değişime karşı kuvvet oluşturmaktadır



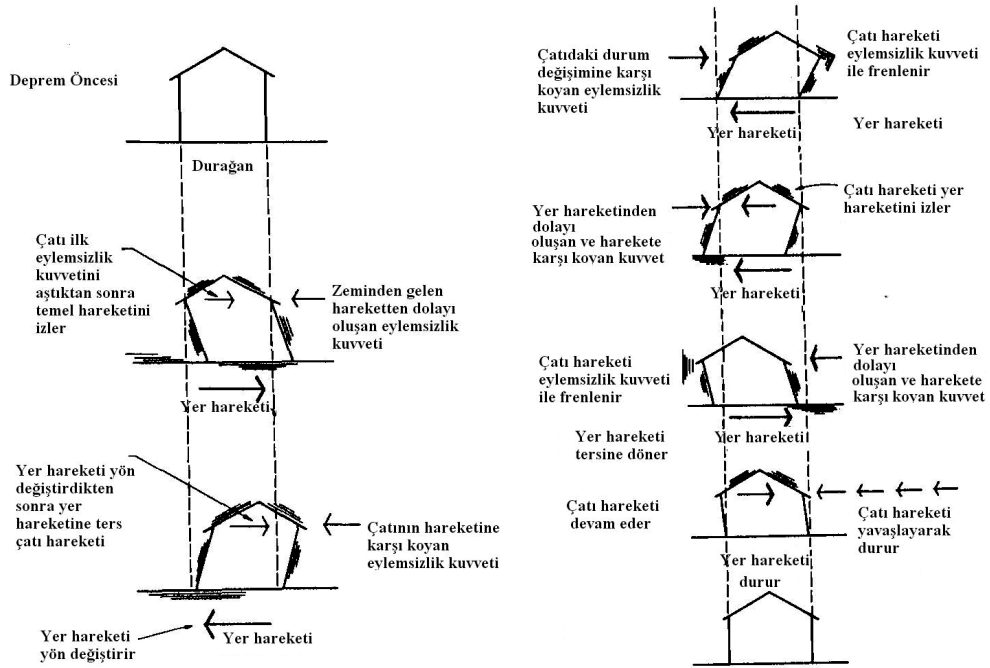
Deprem kuvveti binayı yatay düzlemde ivmelendirmekte

Şekil 3.13 Yapıda deprem karşısında oluşan kuvvetler (Applied Technology Council, 1980)

Şekil 3.14’te yere paralel olarak ileri ve geri yer hareketine maruz binada eylemsizlik etkisi gösterilmiştir. Deprem dalgası ile yer hareket ettiğinde sürtünmeden dolayı

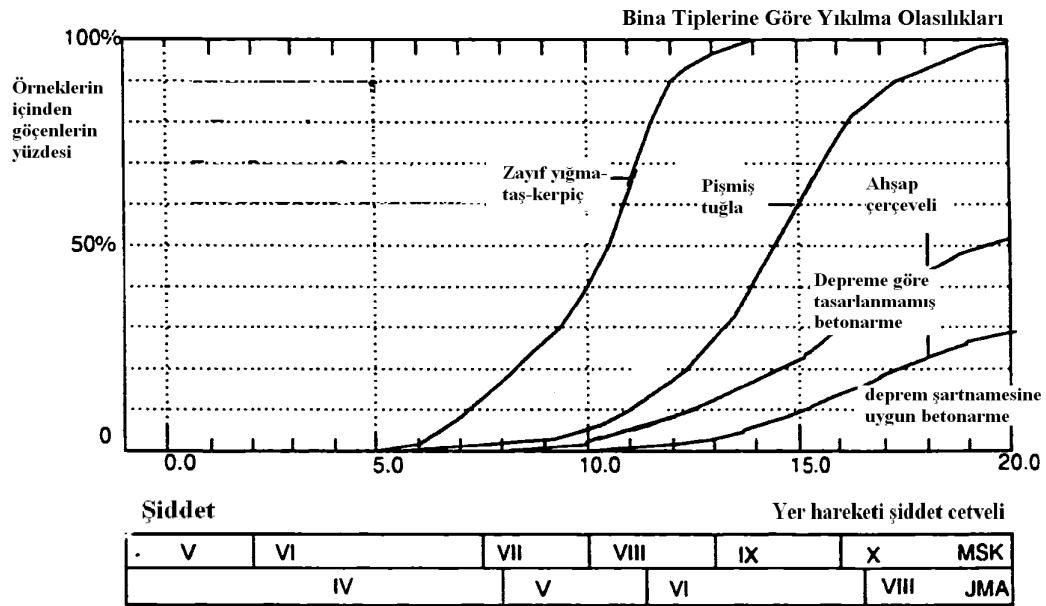
binanın temeli de deprem yönünde hareket edecektir. Yer ile birlikte temel hareket edince eylemsizlik ve elastikiyetten dolayı bina hayali bir kuvvetle itilmiş gibi yere göre ters yöne doğru gidecektir. Deprem hareketi yön değiştirdiğinde çatı temele göre ters yöne doğru bir kuvvete maruz kalacaktır. Bu çevrim yer hareketinin her yön değiştirmesinde tekrarlanacaktır. Yer hareketi durduktan sonra bina sola ve sağa doğru olan salınımına bir müddet daha devam edecek ve duracaktır. Ancak binanın salınımı durduktan sonra binada kalanlar depremin bittiğini hissedecektir.

Eylemsizlik etkisinin benzeri durmakta olan bir arabadaki yolcunun ani harekete geçiş yada ani frende arkaya veya öne itiliyor gibi bir kuvvet hissetmesidir.

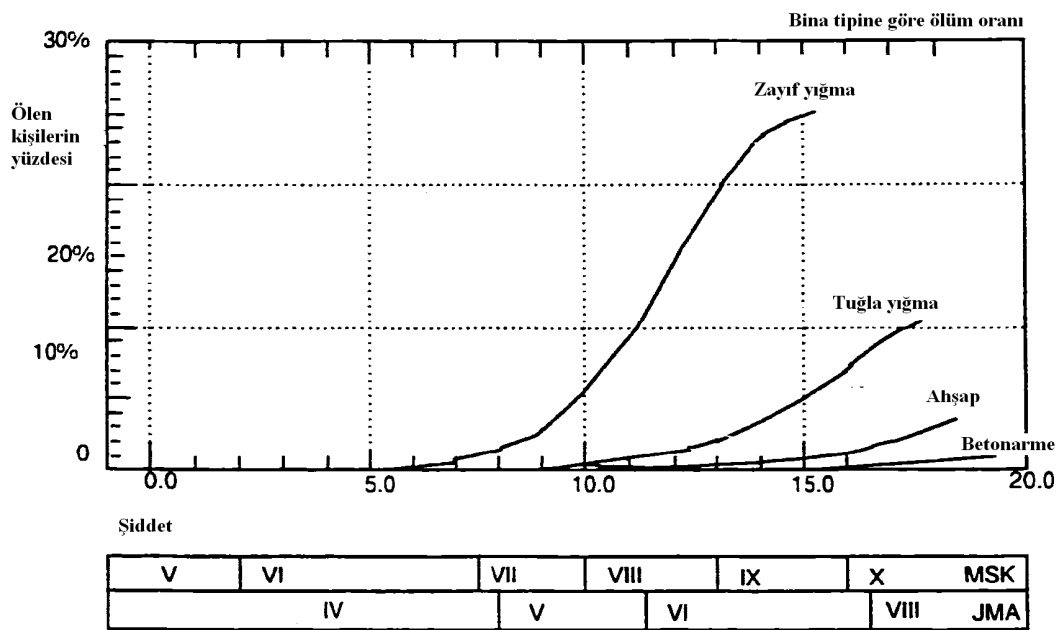


Şekil 3.14 Yapının deprem karşısındaki davranışı (FEMA 232, 1998' den yararlanılarak düzenlenmiştir)

Kırsal konutların 1970 Gediz, 1971 Burdur ve 1971 Bingöl depremlerindeki yapısal performanslarına göre en çok etkilenen yapı türleri Gediz Depreminde, düşük mukavemete sahip ahşap çerçevesi konutlar daha sonra da tuğla-taş yığma konutlardır (Arioğlu ve diğ., 1974). Burdur ve Bingöl Depremlerinde ise kerpiç yığma yapılar daha çok etkilenmiştir. Weldelibanos (1993)'ün yapmış olduğu tespitler de kırsal yapıların durumunu ortaya koymaktadır (Şekil 3.15-3.16).



Şekil 3.15 Bina tipine göre yıkılma olasılıkları (Weldelibanos, 1993)



Şekil 3.16 Bina tipine göre ölüm oranları (Weldelibanos, 1993)

Deprem kuvvetleri yapı elemanlarında, çok çeşitli hasar şekilleri oluşturmaktadır. Bu hasar şekillerine geçmeden önce kırsal kesim yapılarının deprem davranışı özetlenerek, genel hasar türleri sıralanacaktır. Örneklemede, 2002 yılı Sultandağı depremi sonrası Konya Akşehir İlçesi kırsalında görülen kerpiç yapılardaki hasar fotoğraflarından, 2003 yılı Bingöl depremi sonrası kırsal kesimdeki gözlemlerden ve 2004 yılı Erzurum depreminde taş yığma yapılarda görülen hasar durumlarından faydalanılmıştır.

3.2.1. Yığma Binalarda Hasar Türleri

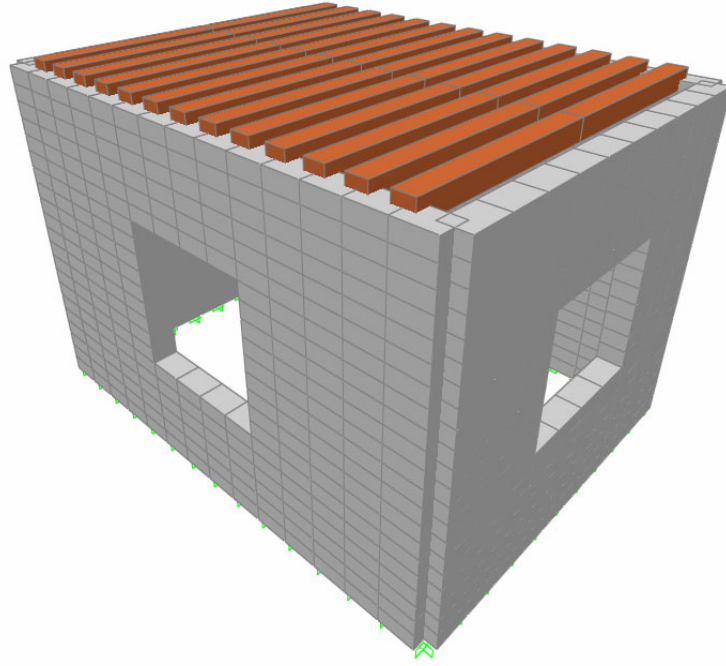
Yığma yapılar çerçevesel yapılara göre daha rijittir. Bu nedenle deprem esnasında daha fazla yatay yüke maruz kalırlar. Deprem sırasında yerin ileri geri rasgele hareketi yapıda eylemsizlik etkisi oluşturacak ve daha önce sadece düşey yükleri taşıyan duvar ve düşey hatlı gibi elemanlar, deprem nedeniyle oluşan yatay yüklerin de etkisi altında kalacaktır. Yığma yapı malzemelerinin karakteristik özelliği olarak; basınç yüklerine ve gerilmelerine karşı dayanımı orta yada yüksek seviyede, çekme zorlamalarına karşı ise düşük seviyede olmasıdır.

Özellikle tuğla ve kerpiç yığma yapılarda kullanılan malzeme gevrek olduğu için çok düşük ötelenmelerde bile çatlarlar. Duvar gibi yapı elemanlarında eğilmeden dolayı oluşan çekme gerilmeleri, mevcut basınç gerilmelerini aştığı zaman çatlama olur. Bu çatlama taş, tuğla gibi çekme dayanımı düşük çekme dayanımlı malzemelerde daha önemlidir. Çatlamadan sonra kesmeye karşı etkin kesit alanı azalır. Malzemenin kesme dayanımı da aşıldınca çatlak genişler ve yarık haline dönüşür.

Kırsal yapıda çatlak oluşmadan önce davranış elastik iken, çatlama ile yapının dinamik özellikleri de değişir. Çatlama ile duvarlardan oluşan yapı bir bütün halinde değil, bağımsız hareket eden parçalar haline dönüşür ve ilerleyen deplasmanlarda kısmi veya bütün halde göçme meydana gelir.

3m x 4m planında ve 2.8 m yüksekliğinde bir yığma kırsal bina, sonlu elemanlar paket programında modellenmiş ve doğal titreşim periyodu tespit edilmiştir (Şekil 3.17). Çatı kısa yönde paralel kirişlerle oluşturulmuş ve çatı ağırlığı kütle olarak tanımlanmıştır. Duvarın birim ağırlığı yaklaşık 1 ton/m³ olarak düşünülmüştür. Uzun doğrultuda periyot 0.03 sn ve kısa doğrultuda periyot 0.06 sn.dir. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelikte zemin sınıfları ile ilgili olarak verilen T(a) parametresinin en küçük değeri 0.1, en büyük ise 0.2 sn.dir. Bu durumda S(T) spektrum katsayısı (T(a)=0.1 için) $S(T)=1+1.5 \times 0.06/0.1=1.9$ olarak hesaplanabilir. Aynı boyutlarda betonarme bir binada modellenmiş ve söz konusu periyot değeri

yaklaşık 0.16 sn olarak bulunmuştur. Bu modelde kolonlar 25 cmx30cm ve döşeme kalınlığı 15 cm.dir. Betonarme binanın periyodu T(a) ve T(b) arasında kaldığı $S(T)=2.5$ olacak ve deprem kuvveti 2.5 kat artacaktır. Ancak betonarme yapılarda yatay yükler altında elastik limitler aşıldıktan sonra deplasmanlardaki artış devam edebileceği için deprem kuvveti yapının sünekliği ile orantılı olarak tespit edilen bir R katsayısına bölünecektir. Bu katsayı sünek bir yapı için 8 iken süneklik düzeyi düşük yapılarda 4'e eşittir.



Şekil 3.17 Sonlu elemanlar programında oluşturulan yığma yapı modeli

Yığma yapıda, elastik sınır aşılmaz, yapıda çatlama ve göçme mekanizmaları oluştuğu için $R=1$ 'e yakın bir değer olmalıdır.

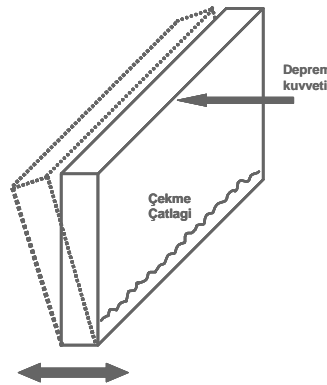
Betonarme binada hesaplanan $S(T)=2.5$ katsayısını $R=4$ e bölünürse 0.625 değeri elde edilir. Yığma binada bulunan $S(T)= 1.9$ değeri $R=1$ e bölünürse 1.9 değeri bulunur. 1.9 katsayısı 0.625 den daha büyük olduğu için, tek katlı yığma bir bina, betonarme bir yapıdan daha fazla yatay deprem kuvvetine maruz kalacaktır.

Bu yorumlara bunlara çatının ağırlığını da eklemek gerekmektedir. Yığma yapıda çatı yükü 5.5 ton ve ek olarak 3.5 ton duvarlar ağırlığı mevcut iken betonarme döşemeli bir yapıda çatı ağırlığı $12m^2 \cdot 0.15 m \cdot 2.56 \text{ ton}/m^3 = 4.5 \text{ ton}$ dur. Bu durumda

yığma yapının rijitliğine rağmen, çatısı ve duvarlarının ağırlığı sebebiyle daha fazla yatay yük alacaktır. Betonarme bina ise daha hafif olmasının yanında, hasar gördükten sonra esneyerek (R katsayısı) tüm deprem kuvvetini kendisi karşılamayacaktır.

Yığma yapılarda eğilme ve kesme gerilmelerinden dolayı oluşan çatlak ve hasarlar duvar malzemesi ve harcın düşük çekme gerilmesine sahip olmasından kaynaklanır. Duvar düzlemine paralel deprem kuvvetleri duvarda çekme gerilmelerine ve çapraz çatlama neden olurken, duvar düzlemine dik deprem kuvvetleri duvarda eğilme çatlaklarına ve duvarın düzlem dışına devrilmesine neden olur. Duvarın devrilmesi ağır tavanın çökmesine ve binada bulunanların ölmesine neden olur. Dik duvarların birleştiği köşelerde meydana gelen çatlaklar ise eğilme ve çekme gerilmelerinin kombinasyonu ile oluşur. Duvar birleşim köşelerinin etkinliğini kaybetmesi ile duvarların düzlem dışına devrilmesi kolaylaşır.

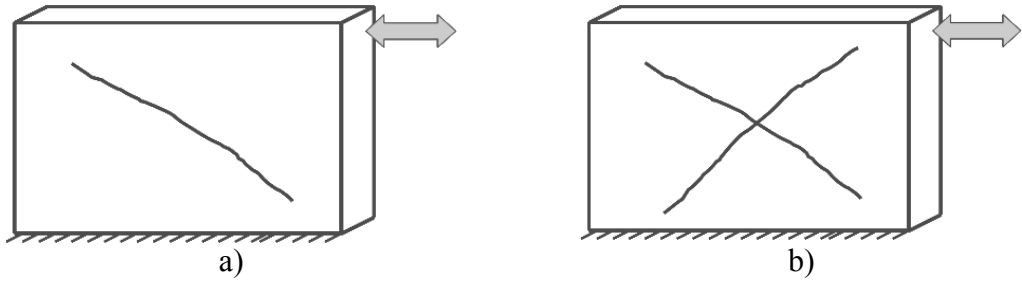
Deprem esnasında yığma yapıların davranışının açıklanabilmesi için ilk olarak düzlemi dışından yatay yüke maruz bir serbest duvarın davranışının incelenmesi gerekmektedir. Söz konusu duvar tabanından yere mesnetli iken, çatı seviyesinde bahçe duvarı gibi serbesttir. Deprem nedeniyle yapının maruz kaldığı yatay zorlama, yapı elemanlarına etkileyen bir yatay yükü temsil edilebilir. Duvara uygulanan yatay yük, duvarı düzlem dışı devirmeye çalışacak ve bunun neticesinde tabanda çekme çatlakları oluşacaktır (Şekil 3.18).



Şekil 3.18 Serbest duvarda taban çekme çatlakları

Duvarların düzlem içi yüklere dayanımı, düzlem dışı yüklere olan dayanımına göre daha yüksektir. Duvarın dayanımı; duvardaki aksenal basınç yüküne, derzler arası

harcın dayanımına ve duvarın uzunluk/yükseklik oranına bağlıdır. Şekil 3.19-a'daki duvar düzleminde yatay yüke maruz kalırsa, duvarda kesme gerilmeleri oluşur ve eğer bu gerilmeler duvarın kesme dayanımını aşarsa duvarda diyagonal, bir köşeden diğer köşeye uzanan, çatlaklar oluşacaktır. Yükün ters çevrilmesi (depremin yön değiştirmesi) ile bu çatlağa dik olarak ikinci bir çatlak oluşacak (Şekil 3.19-b) ve çok sık rastlanan klasik X çatlağı oluşacaktır (Şekil 3.20). Bu çatlağın oluşması harcın basınç ve çekme mukavemetinin iyi olduğunu göstermektedir. Aksi takdirde çatlak, derz aralıklarını takip edecek ve merdiven basamaklarına benzer bir görünüm oluşacaktır (Şekil 3.21).



Şekil 3.19 Duvarda diyagonal çatlak

Duvarda oluşan eğik çatlaklar, eğer deprem yüksek bir şiddetle sürerse duvarın dayanımının azalmasına neden olacak ve duvarın düşey yükleri taşıma gücü azalacak, düşey çatlaklar da oluşacaktır. Bu durum duvarın tamamen parçalanmasına ve göçmesine neden olacaktır. Duvarların düşey yükü taşıma kapasitelerinin oluşan kesme çatlakları sonucu zayıflamaları yapının yıkılma tehlikesini artırdığından, çatlakların yayılmasını ve genişlemesinin önlenmesi için betonarme yada ahşap hatıl kullanılması yararlı olmaktadır (Bayülke, 1978).

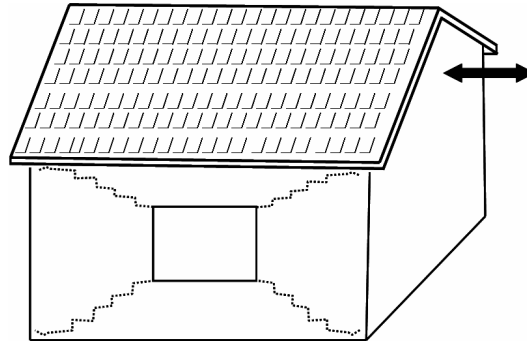


Şekil 3.20 Kerpiç yığma duvarda X çatlağı
(Sultandağı 2002 depremi-Akşehir)



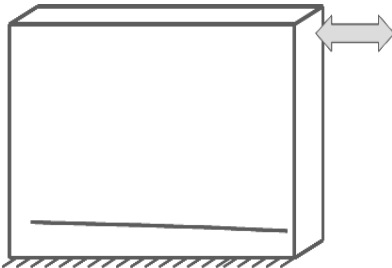
Şekil 3.21 Düşük harç dayanımı sonucu çatlak oluşumu, derzleri takip etmesi
(Sultandağı 2002 depremi-Akşehir)

Eğer duvar içinde bir pencere yada kapı boşluğu varsa, X çatlağı bu boşluğu kesecek şekilde oluşacaktır (Şekil 3.22)

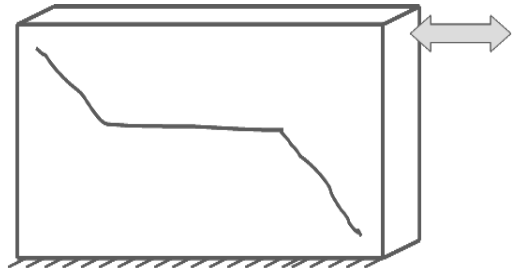


Şekil 3.22 Pencere boşluğu olan bir duvarda X çatlağı

Düzlemde yatay yüke maruz duvarda bir diğer çatlak türü, duvar tabanında yatay kayma çatlağıdır (Şekil 3.23). Bu çatlak uzunluk/yükseklik oranı düşük duvarlarda oluşur ve yatay duvar derzlerini takip etme olasılığı yüksektir. Duvarın yüksekliğe göre daha uzun olması halinde ise tam X çatlağı oluşamayacak, diyagonal çatlak duvar yüksekliğinin yarısından itibaren basamaklı olarak yatay devam edecek ve duvar sonunda tekrar diyagonal bir hal alacaktır (Şekil 3.24 ve Şekil 3.25).



Şekil 3.23 Duvar tabanında kesme çatlağı



Şekil 3.24 Duvarda basamaklı çatlak



Şekil 3.25 Yığma duvarda basamaklı çatlak (2004-Erzurum, Kaynak: A. Türer)

Duvar içerisinde boşluk olması dayanımı azaltacaktır. Özellikle bu boşlukların köşelere yakın olması veya aralarında az mesafe olması sakıncalıdır. Şekil 3.26'da ki

duvarda olduğu gibi, duvarda birden fazla açıklık varsa, çatlak bu boşluklar arası en kısa mesafeyi takip edecektir.

Depremlerden sonra yapılan gözlemlerde dış duvar boşluk oranı %40 dan fazla olması yığma yapıda hasara yol açmaktadır (Bayülke, 1978).



Şekil 3.26 Duvarda birden fazla açıklık bulunması durumunda çatlama
(Erzurum-2004 Kaynak: A. Türer)

Tek başına alınan duvarların müşterek davranışı ise kargir yapının tamamının davranışını belirler. Yığma yapılarda döşeme ve çatı sistemi çok önemlidir. Çatı sistemi deprem kuvvetini duvarlara rijitlikleri ile orantılı olarak dağıtır. Eğer çatı yada kat döşemesi yeterli rijitlikte değilse ve duvarlara yeterli olarak bağlanmamışsa duvarlara dağılan yük değişecek ve belki zayıf duvar daha fazla zorlanacaktır.

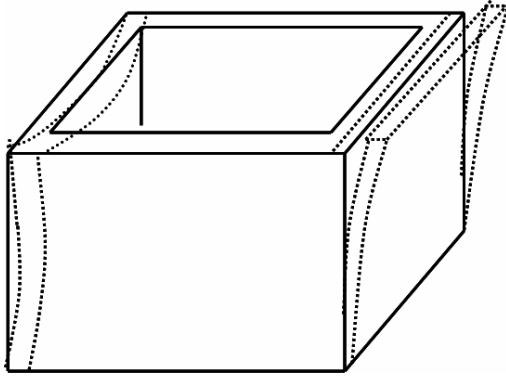
Eğer yapıdaki kütleler ve duvarların düzlem içi rijitliklerinin dağılımı simetrik ise dam bir bütün halinde dönmeden öteleme yapar. Diğer taraftan atalet kuvvetlerine karşı koyan duvarların rijitliklerinin farklı olması halinde rijitliği az olan duvar ötekine oranla daha fazla öteleme yapar sonuçta ise dam hem öteleme hem de dönmeye maruz kalır. Eğer damın kendi düzlemi içindeki rijitliği yeterli ise dönme bir rijit cisim dönmesi gibi olur ve sonuçta duvarların gördüğü kesme kuvvetinde farklar meydana gelir. Ancak çatı duvarların üst başına yük aktaracak şekilde bağlanmamışsa yada kendi düzlemi yeterli dayanıma sahip değilse, dikdörtgen olan bir çatı bu geometrik şekli terk edip paralel kenar gibi olur (Gülkan, 1988).

Dört duvarla çevrili bir yapıda harekete paralel duvarlar perde duvar gibi davranırken, harekete dik duvarlar titreşim sırasında döşemede olduğu gibi eğilmeye maruz kalacak ve maksimum moment bu duvarların yan kenarlarında oluşacaktır.

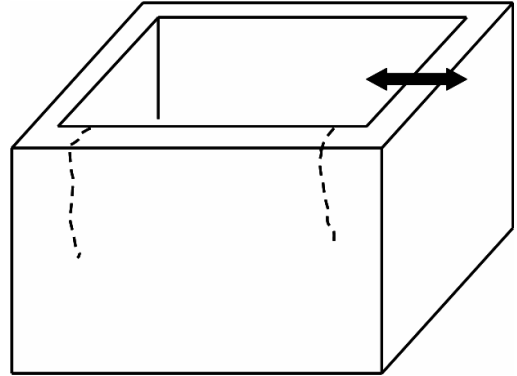
Eğer yapı rijid bir çatı ya da döşeme sistemine sahipse, yapının dayanımı tek duvar dayanımına göre daha yüksek olacaktır. Ancak çatı sadece bir yönde paralel kirişlerle (ahşap) oluşturulmuşsa, bu çatı örtüsü kutu davranışını sağlayamayacak ve duvarların üst uçları serbestçe titreşecektir. Tek yönde çatı kirişlerinin yerleştirilmesi ile çatı oluşturulması, özellikle kerpiç yapılarda çok sık rastlanan bir uygulamadır.

Yatay yükler altında deprem yönüne dik olan duvarlar yükleri çatı veya kat döşemesine aktaracak ve bu elemanda kendisine gelen yükleri deprem yönüne paralel duvarlara aktaracaktır. Deprem dayanımında duvarlar arası köşe bağlantısı önem kazanmaktadır. Eğer duvarlar arası bağlantı iyi yapılmışsa, Şekil 3.27'deki sol yan duvarlardaki gibi, deprem hareketi sırasında duvarlar birlikte titreşim yapacaktır. Şayet duvarlar arası bağlantı yetersizse deprem sırasında duvarlar birlikte hareket edemeyecek ve yapının deprem dayanımı düşecektir.

Şekil 3.28'de yan duvarlara yatay yük etkidiğinde, bu duvarlar diğer duvarlara mesnetli (döşeme gibi) bir şekilde yüke maruz kalacaktır. Bu durumda deprem hareketine paralel duvarlarda düşey çatlaklar oluşacaktır. Bu tür hasara depremlerden sonra sıkça rastlanmaktadır (Şekil 3.29).



Şekil 3.27 Duvarlar arası bağlantının deprem dayanımına tesiri



Şekil 3.28 Yığma yapıda düzlem dışı yüklemde düşey çatlaklar



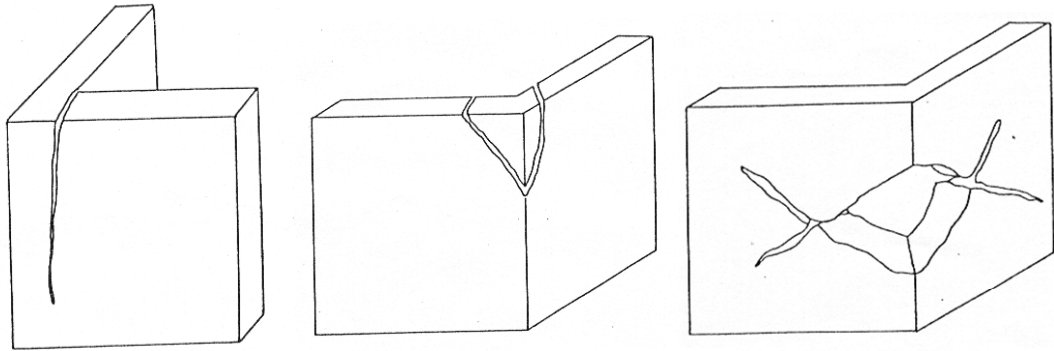
a) Taş yapı (Erzurum-2004
Kaynak: A. Türer)



b) Kerpiç yapı
(Akşehir-2002 Sultandağı depremi)

Şekil 3.29 Duvar birleşimine yakın düşey çatlaklar

Deprem sırasında yapının köşeleri en çok zorlanan bölgelerdir. Köşe bağlantıları, duvarların birlikte hareket etmesi ve titreşmesini sağladığı için dayanım üzerinde çok büyük bir etkisi vardır. Köşelerde meydana gelecek bir ayrışma yada hasar, duvarların serbest kalmasına, yapının bir kutu gibi davranmamasına neden olacak ve serbest kalan duvarlar daha kolay yıkılacaktır. Sonuçta ise çatıyı taşıyacak herhangi bir düşey eleman kalmadığı için, ağır çatı kullanıcıların üzerine yıkılacaktır. Tuğla yığma, taş yığma ve kerpiç yapılarda köşelerde meydana gelebilecek hasar ve göçmeler Şekil 3.30, Şekil 3.31 ve Şekil 3.32’de gösterilmiştir.



Şekil 3.30 Köşe hasar türleri (Yarar, R., 1985)

Kesişen duvarlar deprem kuvvetleri altında birbirlerini dışarı doğru itmeye uğraşmaktadır. Köşelerde düşey hatıllar ve kolonlar teşkil edilmesi, yada her iki yönde payandalar yapılması yarar sağlayacak önlemlerdendir. Ayrıca mevcut yapılarda köşe bölgesinde duvar yüzüne hasır çelik ve beton sıva uygulanması ile köşe bağlantısının sağlamlaştırılması iyi bir uygulamadır.



a) Tuğla yapı (Erzurum-2004 Kaynak: A. Türer)



b) Taş yapı (Erzurum-2004 Kaynak: A. Türer)



c) Kerpiç yapı (Akşehir-2002 Sultandağı depremi)
Şekil 3.31 Yığma yapılarda köşe hasarı

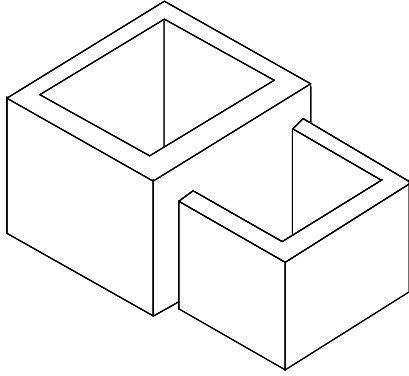


a)

b)

Şekil 3.32 Kerpiç yapılarda köşe hasarı (Zegarra, 2000)

Mevcut bir yapının hemen yanına yeni bir yapı yapılacağına, yeni yapı bazen sadece 3 duvardan ibaret olarak teşkil edilmekte, dördüncü duvar olarak ise eski yapının komşu duvarı kullanılmaktadır (Şekil 3.33-a). Bu durumda yeni yapıda kutu davranışı olmayacak, daha az büyüklükteki depremlerde bile duvarlar ayrılarak yapı göçecektir. Şekil 3.33-b deki yapının hemen yanında bulunan ve üç dış duvardan oluşan yapı Sultandağı depreminde yıkılmıştır.



a)



b) (Akşehir-2002 Sultandağı depremi)

Şekil 3.33 Üç dış duvardan oluşan yapı ve deprem sonrası yıkımı

Şekil 3.34’de görülen küçük yapıda ise dış dik duvarlar birbirine girintili bir şekilde yapılmamış, sadece bir yüzeyden temas edecek şekilde yapılmıştır. Bu köşe en küçük bir yer hareketinde hasar görmüştür.

Şekil 3.34 Dik duvarlar arası zayıf bağlantı
(Akşehir-2002 Sultandağı depremi)

Yığma yapılarda en sık rastlanan hasar türlerinden birisi de duvarın düzlem dışı devrilmesidir. Yukarıda da belirtildiği gibi, eğer duvarlar köşelerden birbirine iyi bağlanmamış ve üst taraftan da çatı kirişleri mesnetlenmemiş ise, duvar bahçe duvarı

gibi serbest kalacak ve depremde düzlem dışına doğru kolayca yıkılacaktır (Şekil 3.35). Türkiye kırsalında çatı kirişleri sadece bir yönde yerleştirilmektedir. Bu nedenle bu hasar türüne sık rastlanmaktadır. Üst taraftan çatı kirişleri ile bağlanmış duvarların düzlem dışı devrilme olasılığı ise azdır.



a) (Erzurum-2004 Kaynak: A. Türer)



b) (Erzurum-2004 Kaynak: A. Türer)

Şekil 3.35 Yığma duvarların düzlem dışı devrilmesi

Türkiye’de çatı kirişlerinde yuvarlak tomrukların kullanılmasına sık rastlanmaktadır. Kullanılan tomruğun çürümemesi için kabuğunun soyulması gerekmektedir. Bu tomrukların dış kabuğu da alındığı için, pürüzsüz bir yüzey oluşmaktadır. Bu durumda yuvarlak çatı kirişi, bir duvarın düzlem dışı devrilmesinden sonra yuvarlanarak yapının içine doğru düşmektedir (Şekil 3.36). Bu nedenle tomruğun bir şekilde yüzeyini pürüzlü hale getirmek gerekmektedir.



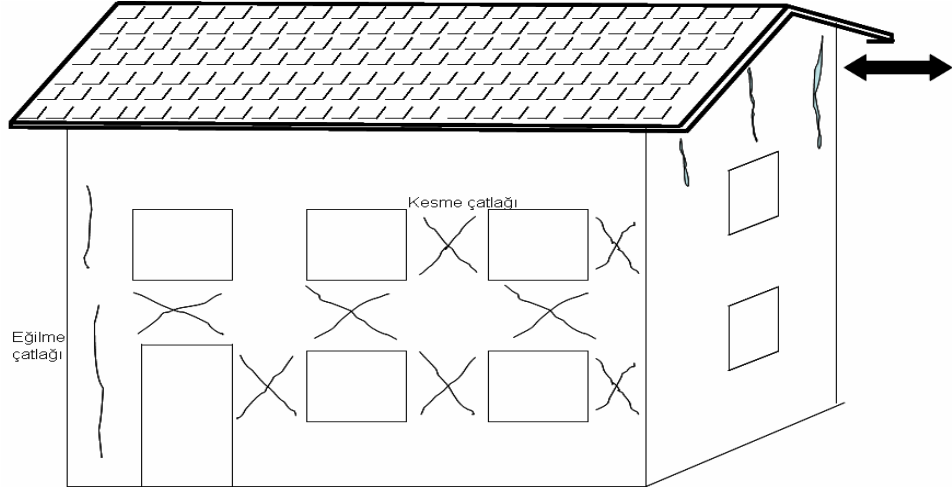
a) (Erzurum-2004 Kaynak: A. Türer)



b) (Erzurum-2004 Kaynak: A. Türer)

Şekil 3.36 Yığma yapılarda yuvarlak çatı kirişleri ve hasar

Şekil 3.37’de tek katlı yığma yapılarda meydana gelebilecek olası hasar ve çatlak şekilleri gösterilmiştir.



a) Şematik ifade



b) Dışarıdan kesme çatlağı



c) İçten kesme çatlağı



d) Okul binası

Şekil 3.38 Pencereler arası duvarda kesme çatlağı (Erzurum-2004 Kaynak: A. Türer)

Çok katlı kırsal yapılarda deprem hasarı, tek katlı yapılara göre daha yüksektir (Şekil 3.39).



a) Düzlem dışı devrilen duvar ile döşemenin çökmesi



b) Boşluklar arası kesme çatlağı



c) Duvarın düzlem dışı devrilmesi



d) Duvarın düzlem dışı devrilmesi

Şekil 3.39 Çok katlı yapılarda deprem hasarı
(Akşehir-2002 Sultandağı depremi)

Yapının plan düzleminde çok uzun olması ve uzunluk/genişlik oranının yüksek yada düşük olması da deprem sırasında gelecek yüklerin karşılanması bakımından olumsuzdur (Şekil 3.40-a-b).



a) İki katlı yapı



b) Tek katlı yapı

Şekil 3.40 Çok uzun ve dar bir yapıda deprem hasarı
(Akşehir-2002 Sultandağı depremi)

Betonarme yapılarda olduğu gibi kırsal yapıların bitişik nizamda yapılması, deprem sırasında bu yapıların birbirine çarpmasına neden olmakta ve bunun sonucunda da hasar meydana gelmektedir.(Şekil 3.41).



Şekil 3.41 Bitişik nizam yapılarda çarpma hasarı
(Akşehir-2002 Sultandağı depremi)

Kırsal yapılarda çatı örtüsünde toprak dam uygulaması yaygındır. Dam kirişleri 25-30 cm aralıklarla ve duvara 10-15 cm oturacak şekilde yerleştirilmektedir. Bu kirişlerin üzerine tahta yerleştirilmektedir. Üstüne ağaç dalları ve çalılar konulmakta, en son 50 cm'e varan toprak yığılmaktadır. Yağmur ve eriyen kar sularının sızmasını önlemek için her yağmur mevsiminden önce yeniden ince malzeme serilmekte ve "log" adı verilen silindirlerle sıkıştırılmaktadır. Böylece ahşap kirişlerde zamanla sehimler olabilmekte ve kirişin kritik kesitinin yükü artmaktadır. Yıllar geçtikçe dam yoğun ve ağır bir hal almaktadır (Bayülke, 1984). Toprak dam yapımı kerpiç binalarda olduğu gibi, taş veya moloz taş binalarda da görülmektedir. 2004 Erzurum depreminden sonra çekilen fotoğraflarda dam örtüsünün ne kadar kalın olabildiği görülebilmektedir. Bu dam yükü deprem sırasında yapıya gelecek yatay yükü de artıracak ve zaten dayanımı az olan duvarlar daha fazla zorlanacaktır. Duvarların yıkılması ile dam kullanıcıların üzerine göçecek ve sonuçta insanların sağ çıkma ihtimali azalacaktır (Şekil 3.42).



a) Sultandağı-2002

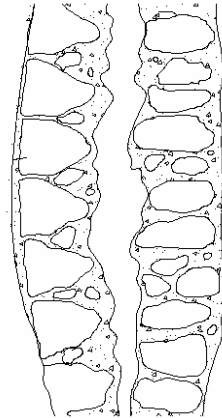


b) Erzurum-2004

Şekil 3.42 Kerpiç ve taş duvarlı köy evlerinde ağır dam örtüsünün çökmesi
(Kaynak: A. Türer)

Özellikle Doğu ve Güneydoğu Anadolu’da görülen kırsal yapı tipi; kalın taş duvarlı, çamur harçlı ve düz toprak damlı yapılardır. Bu yapı tipi hiçbir yapım bilgisi olmayan kişilerce ve sadece barınma ihtiyacını karşılamak için yerel olanaklarla yapılan yapılardır. Kışın şiddetli geçtiği bu bölgelerde ısı yalıtımı amacıyla duvarlar kalın, çamur harçlı moloz taş duvarlarla yapılmaktadır. Doğu Anadolu bölgesinde moloz taş duvarlarda görülen olumsuzluk duvarların iki katman halinde küçük moloz taşlardan yapılması ve arada kalan kısmın ise çamur ve daha küçük taşlarla doldurulmasıdır. Moloz taşlar ise genellikle dere yatağı gibi yerlerden toplandığı için yuvarlak şekillidir. Bu nedenle harçla birbirine bağlanması zorlaşır. Duvar kesitinde bağlayıcı taş kullanılmadığı için, birbiri ile hiçbir bağlantısı olmayan, iç ve dış duvarların oluşturduğu, yan yana duran iki yarım duvar olarak çalışmaktadır. Duvar eksenel yükün artmasıyla yada düşük yer hareketleriyle yapı dışına doğru deforme olmakta ve dışta kalan yüzey göçmektedir (Şekil 3.43).

Harç olarak çamur kullanılması sonucu zamanla taşlar arasındaki çamur kuruyup büzülme, dökülmektedir. Taşlar arasındaki bağ sadece sürtünme ile sağlanmaktadır. Deprem olduğunda bu duvarların çok düşük bir kesme dayanımı vardır (Bayülke, 1984).



a) Duvarın enine ikiye ayrılması



b) Duvarın dış tarafının yıkılması
(Kaynak T. Wasti)

Şekil 3.43 Moloz taş duvarda deprem hasar şekli

Deprem açısından en uygun taş şekli köşeli-kesme taşlardır. Ancak bu taşların boyutları duvar kalınlığından fazla olursa, harçla birbirine bağlanması zorlaşacaktır (Şekil 3.44).



a) Tamamı yıkılmış duvar



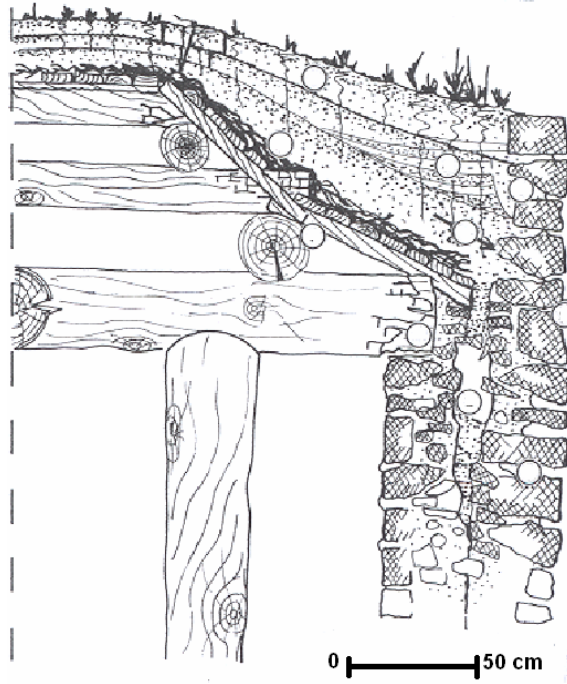
b) Yıkılmamış fakat hasar görmüş duvar

Şekil 3.44 Büyük boyutlu taş blokları ve deprem hasarı (Kaynak: A. Türer)

3.2.2. İskeletli Kırsal Yapılarda Hasar

Kerpiç veya taş yapılarda ahşap iskeletin kullanımına sık rastlanmaktadır. Ahşap iskeletli yapılar yığma yapılara göre daha sünek, daha hafif ve deprem dayanımı bakımından daha iyidir. Ancak ek yerlerinin iyi yapılmış olması şarttır. Ayrıca zamanla ahşap, niteliğini kaybederek zayıflayabilir.

Doğu Anadolu kırsalında, ahşap dam kirişleri kısmi olarak taşıyıcı duvarlara oturmakta, bu kirişler oda içinde ya da duvar içinde ahşap düşey elemanlarca desteklenmektedir. Ancak, kiriş ve düşey eleman arasında düğüm noktasında hiçbir bağlayıcı vasıta (çivi, kama vb) bulunmamakta, kiriş dikmeye kayıcı mesnet şeklinde oturmakta ve yanal yükler altında yalnızca sürtünme kuvvetleri karşı koymaktadır. Her iki elemanda yuvarlak kesitli ve kabuğu sıyrılmış olduğu için düğüm noktasının rijitliği çok azdır. Çok küçük yer hareketlerinde bile düğüm noktaları dağılmakta ve çatı göçebilmektedir (Şekil 3.45). Ayrıca, çatı kirişleri duvarlara tam oturmadığı için, duvarlar üst tarafta serbest kalabilmekte ve yapı kutu davranışını hiçbir şekilde gösterememektedir. Bu durumda duvarlar serbest duvar gibi davranacak ve düzlemi dışına devrilebilecektir (Şekil 3.46). Bunu önlemek için, çatı kirişlerinin duvar üstünden dışarı doğru en az 50 cm uzatılması, dikdörtgen kesitli ahşap kirişler kullanılması yararlı olacaktır.



Şekil 3.45 Doğu Anadolu'da ahşap iskeletli taş yapı (Hugres, 2000)



a) Çatıyı taşıyan ahşap hatıl ve dikme



b) Çatı kirişlerini taşıtılması

Şekil 3.46 Ahşap iskeletli yapıda düğüm noktası ve deprem hasarı
(Erzurum-2004 Kaynak: A. Türer)

Hımiş yapılarda ana taşıyıcı sistem ahşap dikme ve kirişlerle oluşturularak, boşluklar tuğla, kerpiç blokları gibi malzemelerle doldurulmaktadır. Dolgu malzemeleri arasında oluşan sürtünme kuvvetleri deprem sırasında yapının enerji tüketme kapasitesini artıracaktır. Hımiş yapılarda deprem etkisi ile oluşan büyük deformasyonlarda ahşapla aynı esnek davranışı gösteremeyen dolgu malzemesi parçalanıp dökülebilmekte ve can kaybına neden olabilmektedir. Bu nedenle dolgu malzemenin ahşap iskeletle olan bağlantısı önemlidir (Dikmen, 2004).

Bağdadi yapıların deprem davranışı hımiş yapılara göre daha iyidir. Bağdadi yapılar hımiş yapılara göre boşlukları ağır malzemeyle doldurulmamakta, iç ve dış sıvalar bağdadi çitaları üzerine yapılmaktadır. Böylelikle hafiflik ve süneklilik artmakta, bina büyük yer değiştirmelere karşın şekil ve dayanımını koruyabilmektedir (Aytun, 1982). Hem hımiş hem de bağdadi yapılarda ahşap iskeletler ve bağlantı noktaları deprem açısından önemlidir. Şekil 3.47'de depremde hasar görmüş veya yıkılmış ahşap iskeletli yapılar görülmektedir. Şekil 3.48'de ise ahşap iskeletli yapılarda meydana gelen çeşitli hasar türleri verilmiştir.



a) (Eber- 2002 Sultandağı Depremi,
Kaynak: D. Aydın)



b) (Eber- 2002 Sultandağı Depremi,
Kaynak: D. Aydın)



c) (Eber- 2002 Sultandağı Depremi,
Kaynak: D. Aydın)



d) (Langenbach, 2004)

Şekil 3.47 Hımiş ve bağdadi yapılarda deprem hasarı



a) Akşehir-2002 Sultandağı Depremi



b) (Eber- 2002 Sultandağı Depremi,
Kaynak: D. Aydın)



c) (Eber- 2002 Sultandağı Depremi,
Kaynak: D. Aydın)



d) Akşehir-2002 Sultandağı
Depremi

Şekil 3.48 Ahşap iskeletli yapılarda deprem hasarı

3.3. Depreme Dayanıklı Kırsal Konut Üretiminde Alınması Gereken Önlemler

Mühendislik hizmeti görmemiş kırsal yapıların depreme karşı tam anlamıyla dayanıklı yapılması, depremin tahmin edilememesi ve yapının birçok zayıflıklar içermesi nedeniyle çözülmesi çok zor bir problemdir. Olası depremlerde bir yapının hasar görmemesinin sağlanması çok yüksek maliyetleri de beraberinde getirir. Bu noktada, kırsal yapıların ekonomik olarak değerinin az olduğu hatırlanırsa, amaç binanın hasar görmesini engellemek değil, kullanıcıların yaşamlarının korunması olarak saptanabilir.

Yığma duvarlı basit binaların, deprem davranışı genelde zayıf olmakla birlikte çeşitli önlemlerle bu davranışı ve strüktürün toplam dayanımını yeterli düzeye çıkarma olanağı vardır.

Depremlerden sonra hasar görmüş ve görmemiş binalarda yapılan incelemelerde bazı yapım detaylarının ve tekniklerin yapının depremde hasar görmesini azalttığı veya engellediği görülmüştür. Yapım sırasında bu kurallara uyulması ve bazı detayların uygulanması durumunda dayanım artabilmektedir. Bu detaylar ve prensipler yapım maliyetine yük getirmemekte veya çok düşük maliyetlerle yüksek kazanımlar sağlamaktadır.

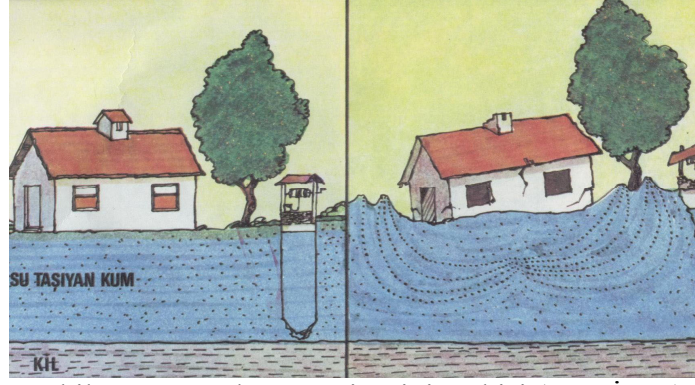
Bu bölümde kırsal yığma yapı inşasında deprem dayanımını arttırmak için dikkat edilecek hususlar irdelenecektir. Dikkat edilecek hususlar; yer seçimi, temel seçimi, mimari unsurlar ve geometri, duvarlar, duvar detayları, hatıllar ve son olarak çatı sistemleri olarak sıralanabilir.

3.3.1. Yer Seçimi

Depreme dayanıklı yapım prensibinde ilk temel kaide yapının yerleşimin sağlam bir zemine homojen olarak yerleşmesi ve arazi seçimidir. Yapının deprem sırasında stabil bir davranış göstermesi için öncelikle zemin koşullarının uygun olması gerekmektedir.

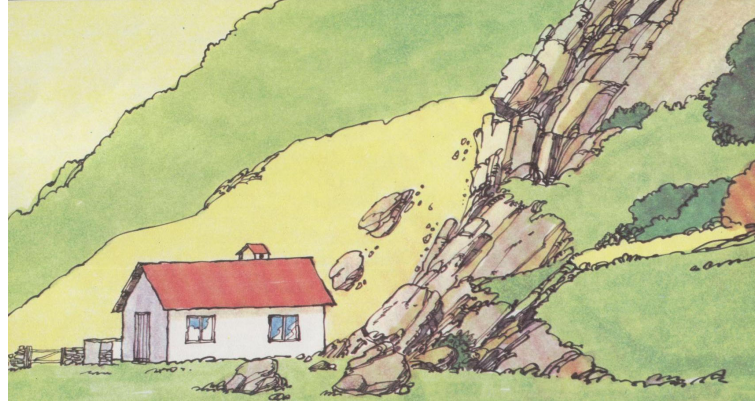
Yapı ne kadar sağlam inşa edilirse edilsin, oturduğu zemin veya çevresi uygun olmadığı takdirde, depremde hasar göreceği ve hatta yıkılabileceği açıktır. Bu nedenle yapıların inşa edilecekleri yerin seçimi çok önem taşımaktadır. Genelde yer seçimi yapılırken aşağıdaki hususları göz önüne almak gerekir (Endem ve diğ., 1984).

Öncelikle oturma riski olan gevşek zeminlere, sıvılaşma riski olan kumlu ve bataklık zeminlere yapı yapılmamalıdır. Mümkünse kayalık zeminler seçilmelidir. Gevşek zeminlerde depremin etkisi büyüyecek, kayalık zeminlerde ise bu tesir olmayacaktır. Ayrıca bina yer-altı su seviyesinin yüzeye yakın olduğu bölgelere yapılmamalıdır (Şekil 3.49).



Şekil 3.49 Yer altı su seviyesinin etkisi (BBAİGM)

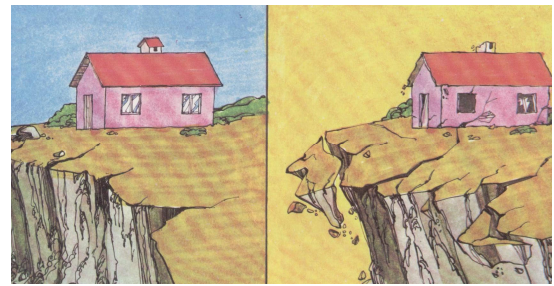
Heyelan tehlikesi olan dağ, tepe kenarları deprem esnasında tehlikelidir (Şekil 3.50). Ayrıca toprak kayması olabilecek yamaçlara ve şev kenarlarına yapı inşa edilmemelidir (Şekil 3.51).



Şekil 3.50 Heyelan tehlikesi olan yerleşim (BBAİGM)



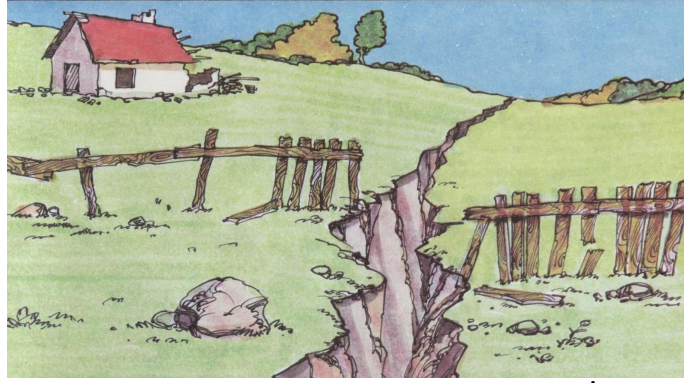
a)



b)

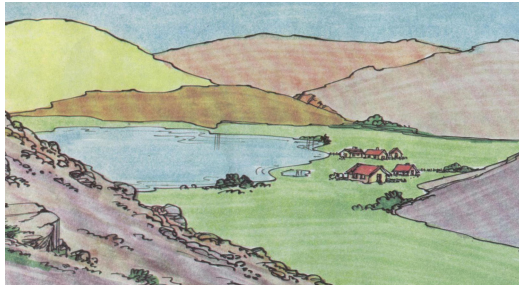
Şekil 3.51 Toprak kayması ve şev kenarlarında yerleşim (BBAİGM)

Geçmiş kuşaklardan, büyüklerden daha önce yıkıcı deprem olduğu öğrenilen yerlere ve tespit edilebiliyorsa fay yakınlarına yerleşilmemelidir (Şekil 3.52).

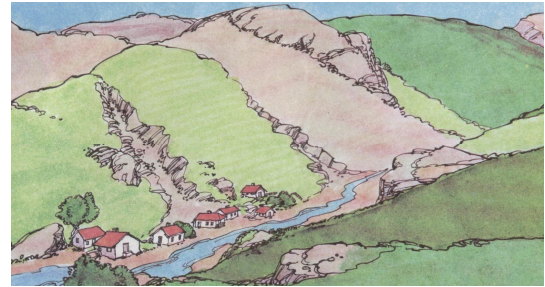


Şekil 3.52 Fay yakınlarında yerleşim (BBAİGM)

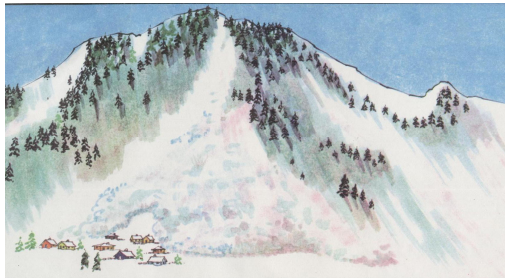
Yamaçlardan sızan suların toplandığı, çayır, çukurluk ve bataklıklara (Şekil 3.53-a), yamaçlardan inen kuru dere yataklarının içine ya da kenarına (Şekil 3.53-b), çığ tehlikesi olan dağ yamaçlarına (Şekil 3.53-c), dik boğaz ya da vadilerin içine (Şekil 3.53-d) yapı yapılmamalıdır. Ek-C.'de köy ve kasabalarda halkı bilinçlendirmek amacıyla hazırlanmış arazi seçimi ile ilgili poster çalışması verilmiştir.



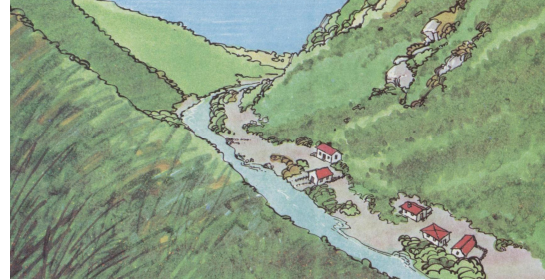
a) Bataklık



b) Akarsu yatağı



c) Çığ tehlikesi



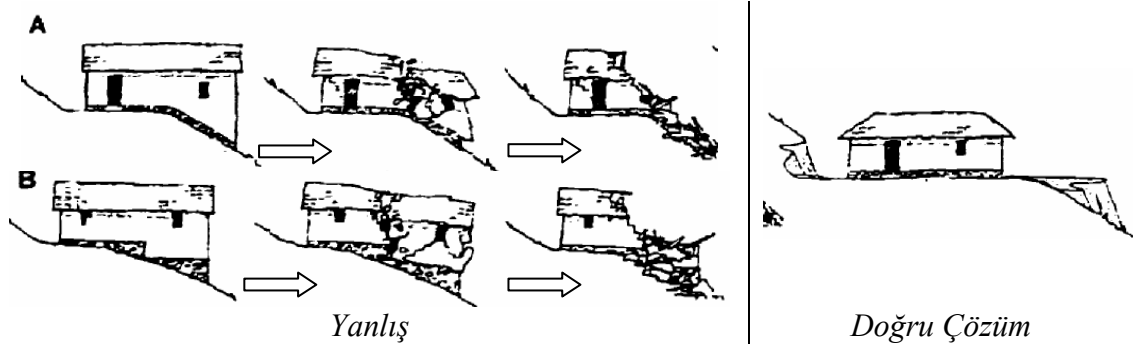
d) Akarsu yatağı ve vadi içi

Şekil 3.53 Yerleşilmesi tehlikeli bölgeler (BBAİGM)

3.3.2. Temel Seçimi

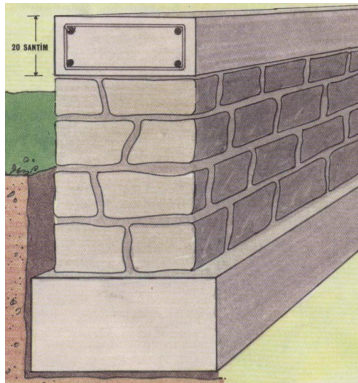
Yapıda çatıya ve duvarlara etkiyen yatay ve düşey yükler temeller vasıtasıyla zemine aktarılmaktadır. Bu nedenle yapı sağlam ve zemine uygun bir temele sahip olmalıdır.

Kerpiç yapılarda temel derinliği 80 cm ve duvarı yerden 50 cm yukarıda olacak şekilde yapılmalı ve bu duvar, 70–80 cm kalınlığında olmalıdır (TS 2514). Yapı eğimli araziye yapılıncaksa, kademeli ya da eğimli temel sisteminden kaçınılmalıdır (Şekil 3.54).



Şekil 3.54 Yer seçimi ve temel yapımında yanlışlar ve doğular (Weldelibanos, 1993)

Temel çukuru en az 80 cm eninde ve 80 cm derinliğinde olmalıdır. Temel duvarı ocak taşı ya da prizmatik, şekillendirilmiş taşla örülmeli ve üstüne mümkünse betonarme veya ahşap hatıl yapılmalıdır (Şekil 3.55). Kerpiç yapılarda duvara taş olarak başlanmalı ve yerin 0.6-1 m üstüne kadar taş olarak devam edilmelidir (Şekil 3.56).



Şekil 3.55 Temel ve hatıl detayı (BBAİGM)



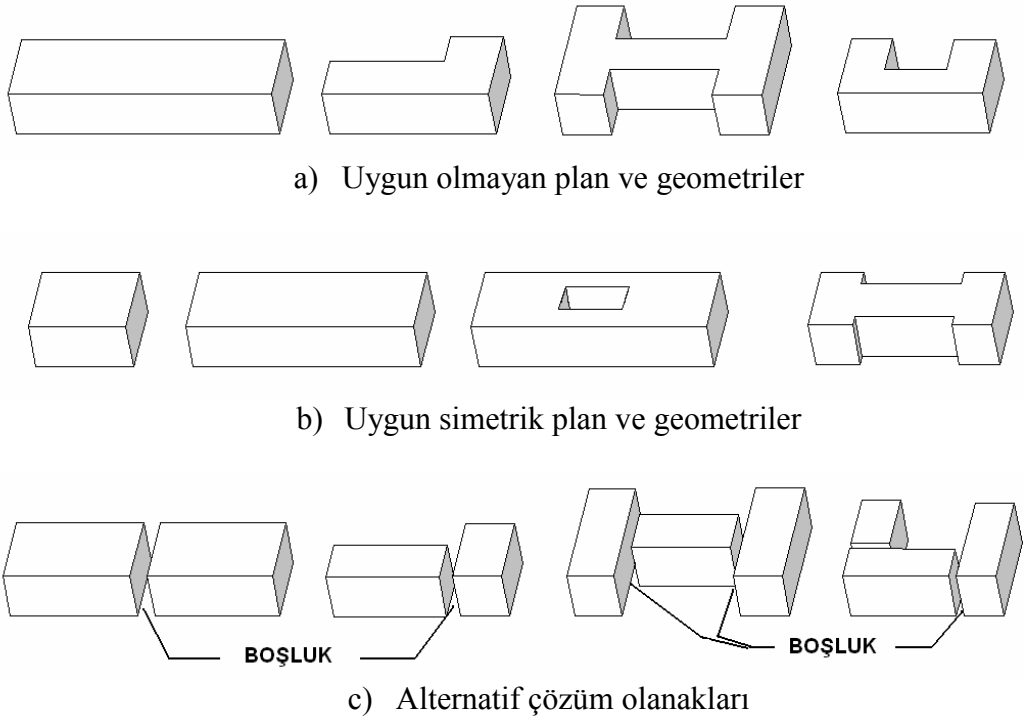
Şekil 3.56 Kerpiç yapıda taş duvar ve hatıllar

3.3.3. Mimari unsurlar ve geometri

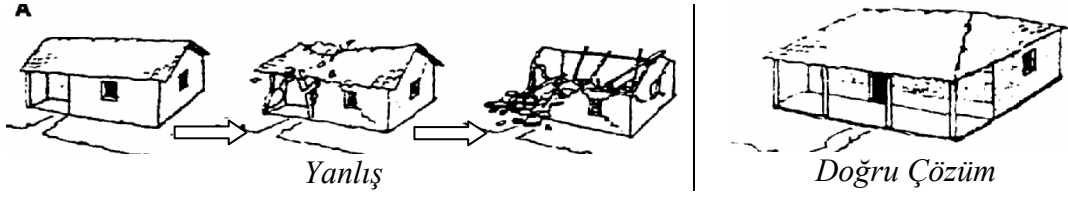
Yapıya deprem esnasında gelen yatay yükler yapının ağırlığı ile orantılıdır. Bu nedenle yapı hafif olmalıdır. Bu noktada ağır toprak damlar deprem açısından olumsuzdur ve kesinlikle kaçınılmalıdır.

Yapının mimari tasarımı ve oturma planı uygun olmalıdır. Plan geometrisi deprem esnasında davranışı önemli ölçüde etkilemektedir. Yapı mümkün olduğunca simetrik, basit geometrili, kare veya dikdörtgen planlı olmalıdır. Duvarların yerleşiminde asimetriden kaçınılmalıdır. Simetrik olmayan sistemlerde burulma etkilerinden dolayı fazla zorlamalar oluşacaktır. Ayrıca yapıda duvarlar dış çerçeveye yerleştirilerek yapı merkezine göre kuvvet kolu arttırılacak dolayısıyla burulma rijitliği artmış olacaktır. Yapı dar ve uzun olmamalıdır. Yapı uzunluğu derinliğinin 3 katından fazla olmamalıdır (Şekil 3.57) (Weldelibanos, 1993).

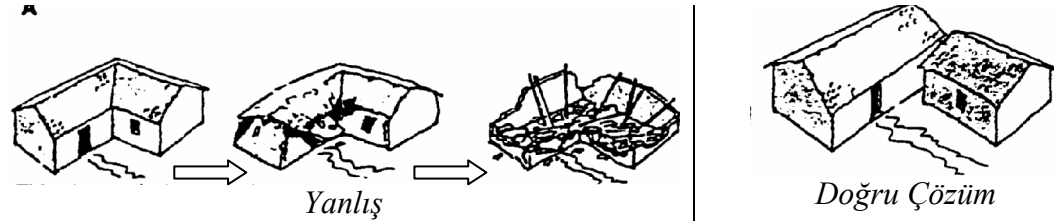
U, L, T formunda olan binalarda içe bakan köşelerde gerilme yığılması oluşacaktır. Deprem anında bu noktalarda hasar yoğunlaşacaktır. U, L, T formları kullanılacaksa yapı dikdörtgen veya kare parçalar halinde çözümlenmeli (Şekil 3.58, Şekil 59), her kısım arasında yeterli açıklık bırakılarak birbirlerine çarpmaları engellenmelidir. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmeliğinde (deprem yönetmeliği), kerpiç yapıların planda dikdörtgen yapılabileceği ve taşıyıcı duvarların simetrik olarak düzenleneceği belirtilmiştir (ABYYHY, 1997).



Şekil 3.57 Kırsal yapılarda plan ve geometri ile ilgili dikkat edilecek noktalar

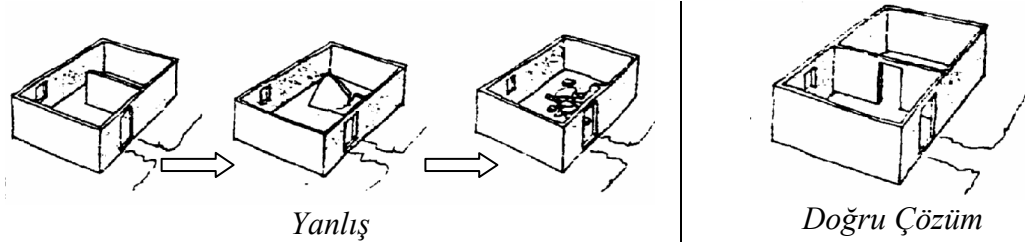


Şekil 3.58 Binalarda en-boy oranı (Weldelibanos, 1993) (IAEE, 2005)



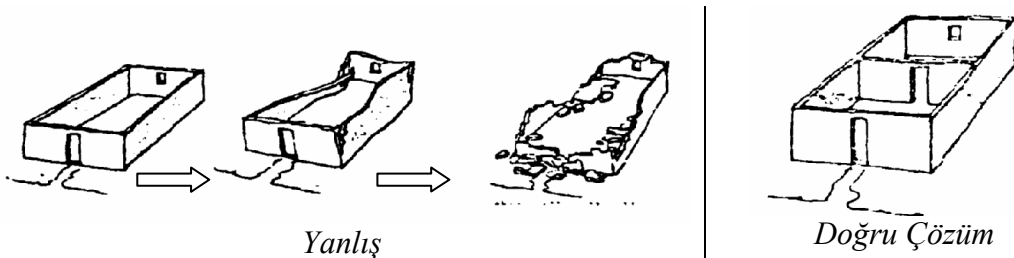
Şekil 3.59 İçe dönük köşelerde gerilme yığılması ve hasar (Weldelibanos, 1993)

Yapıda tüm duvarlar üst taraftan çatı veya döşemeyle, yanalarda da diğer duvarlarla çevrelenmiş olmalıdır (Şekil 3.60).



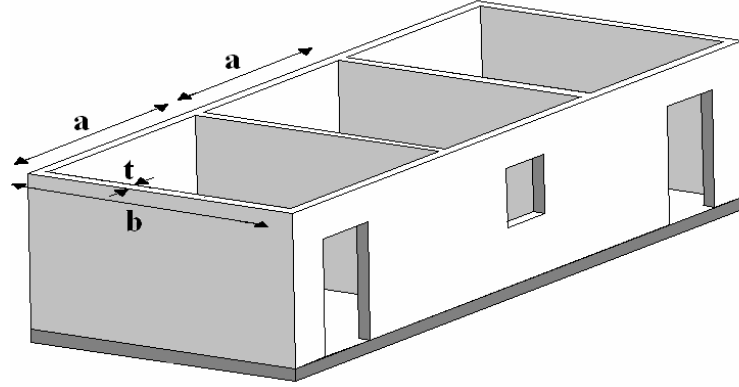
Şekil 3.60 . İç duvarlarda kapının konumu (Weldelibanos, 1993)

Açıklıklar mümkün olduğunca küçük tutulmalıdır. Fazla sayıda veya büyük açıklıklar yığma duvarların yatay ve düşey yük taşıma kapasitesini azaltacaktır. Yapıda dış duvarlar iç mekanda belirli aralıklarla desteklenmelidir. Eğer desteklenmeyen duvar uzunluğu fazla olursa, duvar stabilitesi azalacak ve yıkılma ihtimali artacaktır (Şekil 3.61). Kendine dik yönde iki yandan duvarlarla desteklenmiş taşıyıcı duvarların içten içe serbest uzunluğu 4 m den çok olmamalıdır (TS 2515).



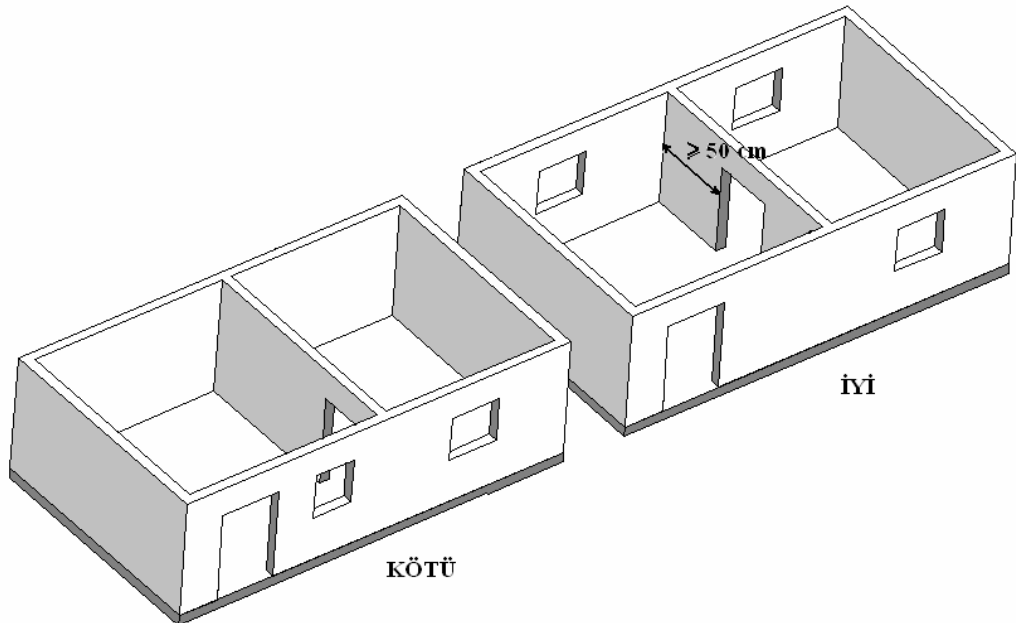
Şekil 3.61 Yapıda dik duvarlarca desteklenmeyen duvar uzunluğu (Weldelibanos, 1993)

Duvar kalınlığı 20 cm den fazla ise a ve b açıklıkları (Şekil 3.62) 7 m'den küçük olmalı, ayrıca "a/t" oranı 10 dan küçük olmalıdır (Weldelibanos, 1993) (IAEE, 2005). Burada t duvar kalınlığıdır.



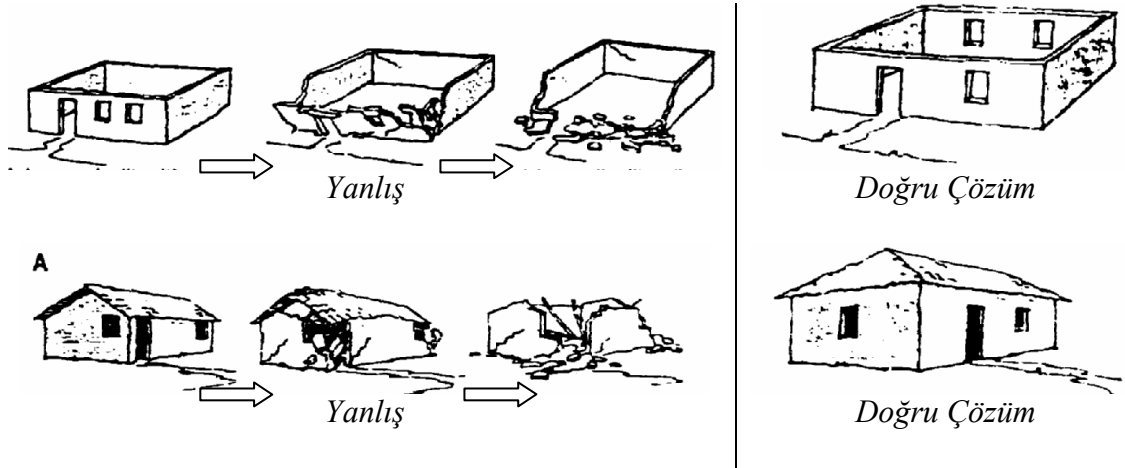
Şekil 3.62 Mekanlar arası açıklık koşulu

İç duvarlarda kapı veya pencere boşlukları, duvarın dış duvarla birleşim yerinden en az 50 cm uzunluğunda duvar parçası bulunacak şekilde yerleştirilmelidir (Endem ve diğ., 1984). Pencere ve kapı gibi boşluklarda simetrik olarak dağılmalıdır. Yapı simetrik bile olsa, simetrik dağılmayan pencere ve kapı boşlukları burulma etkileri ortaya çıkarabilir (Şekil 3.63).



Şekil 3.63 Kapı ve pencerelerin kötü ve uygun yerleşimi

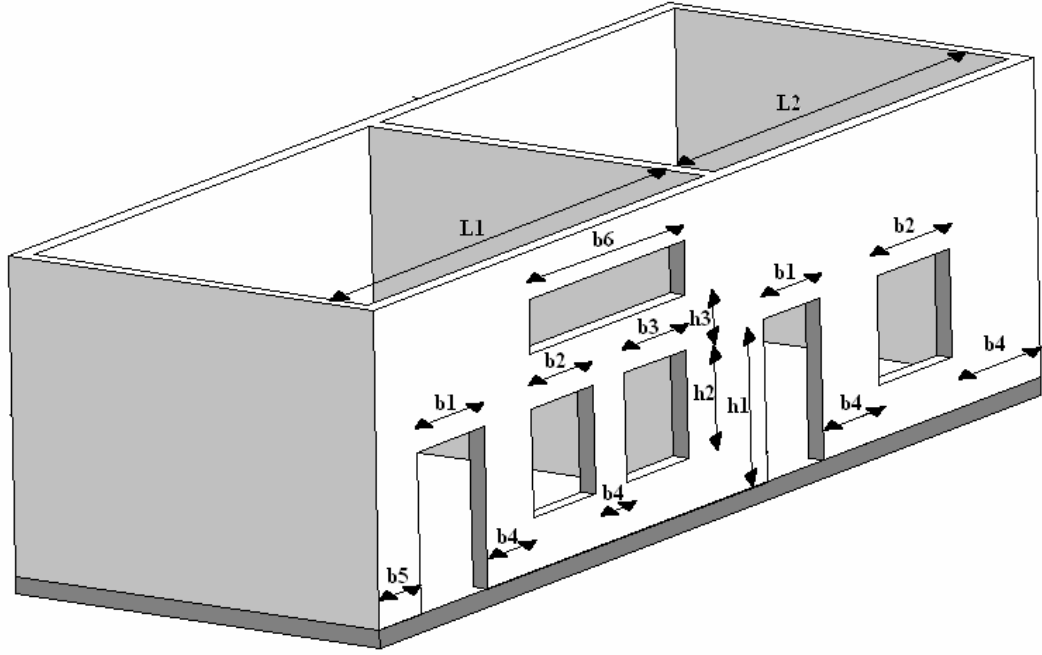
Kapı ve pencere boşlukları köşelere yakın yapılmamalıdır. Ayrıca aynı cephede yoğunlaşmış boşluklardan kaçınılmalı, pencereler diğer duvarlara da eşit dağıtılmalıdır (Şekil 3.64).



Şekil 3.64 Pencere ve kapı boşluklarının dağılımında yanlışlar ve doğrular (Weldelibanos, 1993)

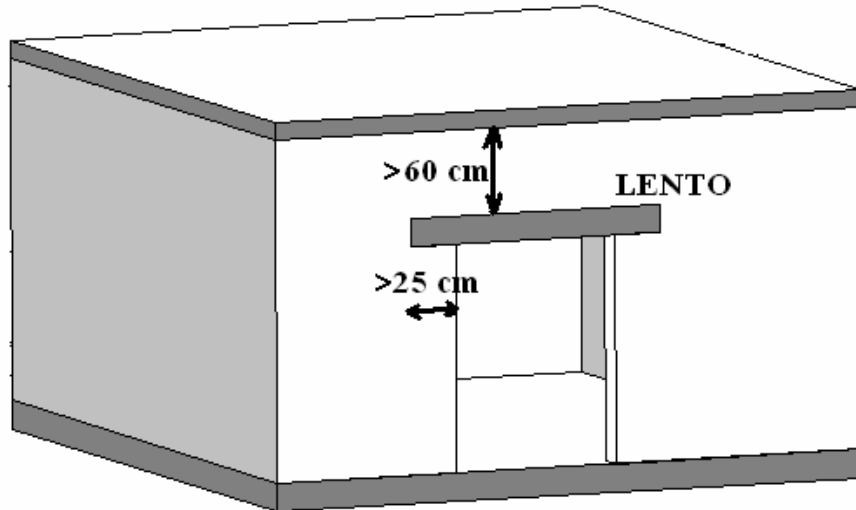
Kapı ve pencere boşlukları arasında aşağıda belirtilen mesafeler olmalıdır (Şekil 3.65)(IAEE, 2005).

- Boşluğun köşeye mesafesi, boşluk yüksekliğinin 1/4 ünden (TS2515 e göre 1 m) den az olmalıdır ($b_5 > 0.2 \times h_1$ ve $b_5 > 1$ m) (TS2515).
- Boşlukların toplamı, oda uzunluğunun yarısını geçmemelidir ($b_1 + b_2 + b_3 < 0.5 L_1$). Bu oran iki katlılarda 0.45, üç katlılarda 0.33 dür.
- Boşluklar arası mesafe, boşlukların yüksekliğinin yarısından az olmalıdır ($b_4 > 0.5 \times h_2$) ve 1.2 m den fazla olmalıdır (TS 2515'e göre 0.6m'den fazla olmalıdır) (Graham, 2001).
- İki boşluk arası düşey uzaklık 60 cm den veya boşluklardan büyük olanın genişliğinin yarısından büyük olmalıdır ($h_3 > 60$ cm veya $0.5 \times b_6$ veya $0.5 \times b_2$).
- Hiçbir boşluk 1.2 m'den büyük olmamalıdır (Graham, 2001). TS2515 de pencere boyutları en fazla 0.90x1.40m, kapı boşlukları ise 1.00x2.10 m olarak belirtilmiştir (TS2515).
- Boşluklar her katta düşeyde aynı hizada ve aynı yerde olmalıdır.
- Boşluklar hatıllarla kesişmemelidir.



Şekil 3.65 Kapı ve pencere boşlukları arasındaki boyutlar

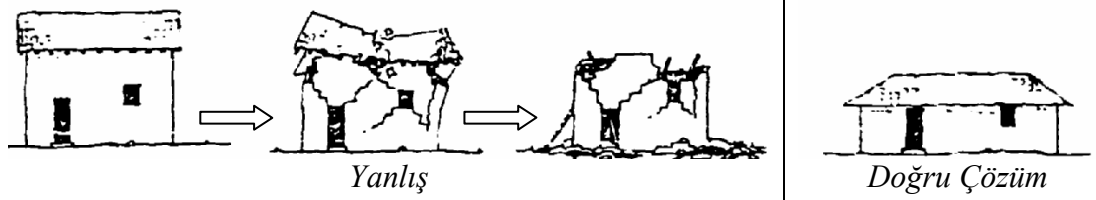
Kapı ve pencere boşlukları üzerinde lento yapılmalıdır. Bunlar duvar içine en az 25 cm girecek şekilde yerleştirilmelidir (Şekil 3.66).



Şekil 3.66 Uyulması gereken lento detayı

Kerpiç yapılarda bir kattan fazla inşa yapılmamalıdır. Kat yüksekliği duvar kalınlığının 7 katından ve 2.7 m den fazla olmamalıdır (Şekil 3.67). Kerpiç yapılarda

duvar yüksekliği duvar kalınlığı 40 cm ise 2.4 m, 47 cm ise 2.7 m ve 62 cm ise 3.5 m den, deprem bölgelerinde 2.7 m den fazla olmamalıdır. Bodrum kat yüksekliği 2.4 m den fazla olamaz (TS2515).



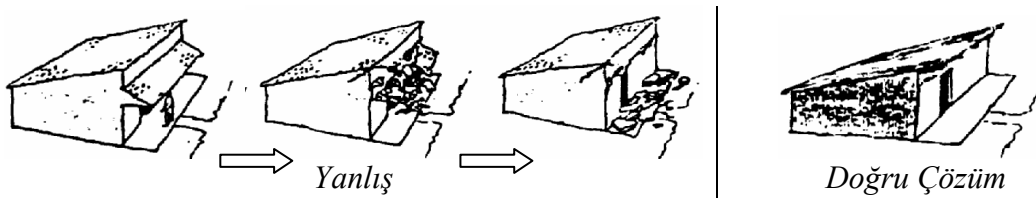
Şekil 3.67 Yapıda kat yüksekliği (Weldelibanos, 1993) (IAEE, 2005)

Bitişik nizamda yapılmış yapılar arasında deprem sırasında çekiçleme etkisinden dolayı hasar oluşacaktır. Bu hasarın temel nedeni iki yapının titreşim özelliklerinin farklı olması ve farklı fazlarda titreşmeleridir. Bu nedenle bitişik nizamda yapı yapılmaması, muhakkak gerekli ise aralarında yeterli boşluk bırakılması gerekmektedir (Şekil 3.68). Bu boşluk kat sayısı başına 1.5 cm'dir. Yani iki katlı bir binada 3 cm'dir (Weldelibanos, 1993).



Şekil 3.68 Bitişik nizam binalarda çarpma riski (Weldelibanos, 1993)

Yapıda gereksiz süslemeler, yüksek bacalar, parapetler, konsol çıkıntılar bulunmamalıdır (Şekil 3.69).

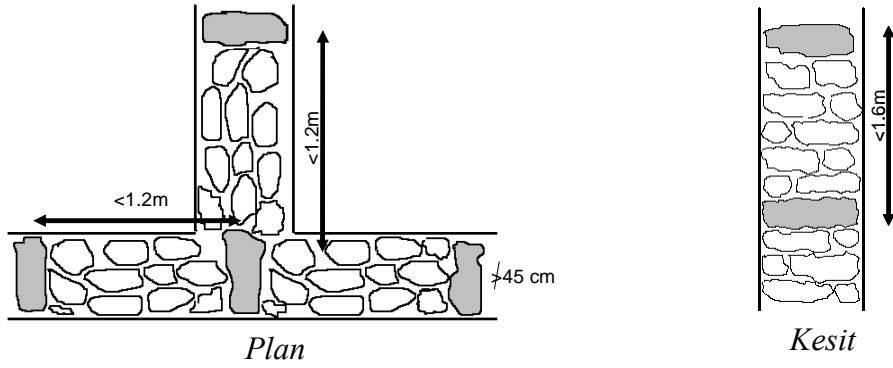


Şekil 3.69 Yapıda gereksiz süsleme ve ayrıntılar (Weldelibanos, 1993) (IAEE, 2005)

Ek-C'de DM2003 projesi kapsamında bina yapımında dikkat edilecek husuları belirten ve meslekten olmayan kişiler için hazırlanan, kısmen bu bölümün özeti niteliğindeki bilgi posterleri verilmiştir.

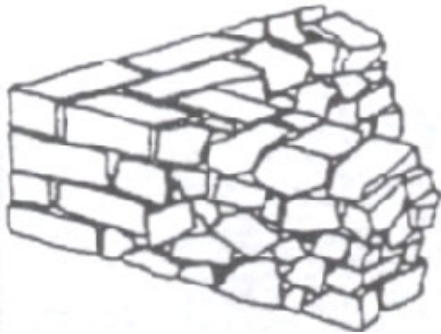
3.3.4. Duvarlar, Duvar Detayları ve Hatıllar

Deprem esnasında duvarların dayanımı, stabilitesi ve köşe bağlantıları çok önemlidir. Ülkemizde görülen en kötü duvar detayı moloz taşlarla iki tabaka (iç ve dış) halinde örülen ve arası küçük taşlarla ve çamurla doldurulan detaydır. Taş yapılarda duvarın bir bütün olarak çalışabilmesi için yatayda 1200 mm, düşeyde 1600 mm aralıklarda bağlayıcı taşlar (boyutu duvar kalınlığına eşit olan) kullanılması gerekmektedir (Şekil 3.70). Yapı taşı olarak prizmatik kesme ya da ocak taşı kullanılmalı, yuvarlak dere taşı kesinlikle kullanılmamalıdır.



Şekil 3.70 Taş yığma yapılarda bağlayıcı taş kullanımı (IAEE, 2005)

Taş yığma yapılarda, moloz taş duvarlarda, kalınlık 40 cm den az 45 cm den çok olmamalıdır. Diğer duvarlarla desteklenmeyen duvar uzunluğu 7 m yi geçmemelidir. Aksi durumda 3'er metre ara ile payanda yapılmalıdır (Weldelibanos, 1993). Köşe bağlantılarında daha büyük ve prizmatik taşlar kullanılması bağlantı dayanımını artıracaktır (Şekil 3.71).



(Weldelibanos, 1993)

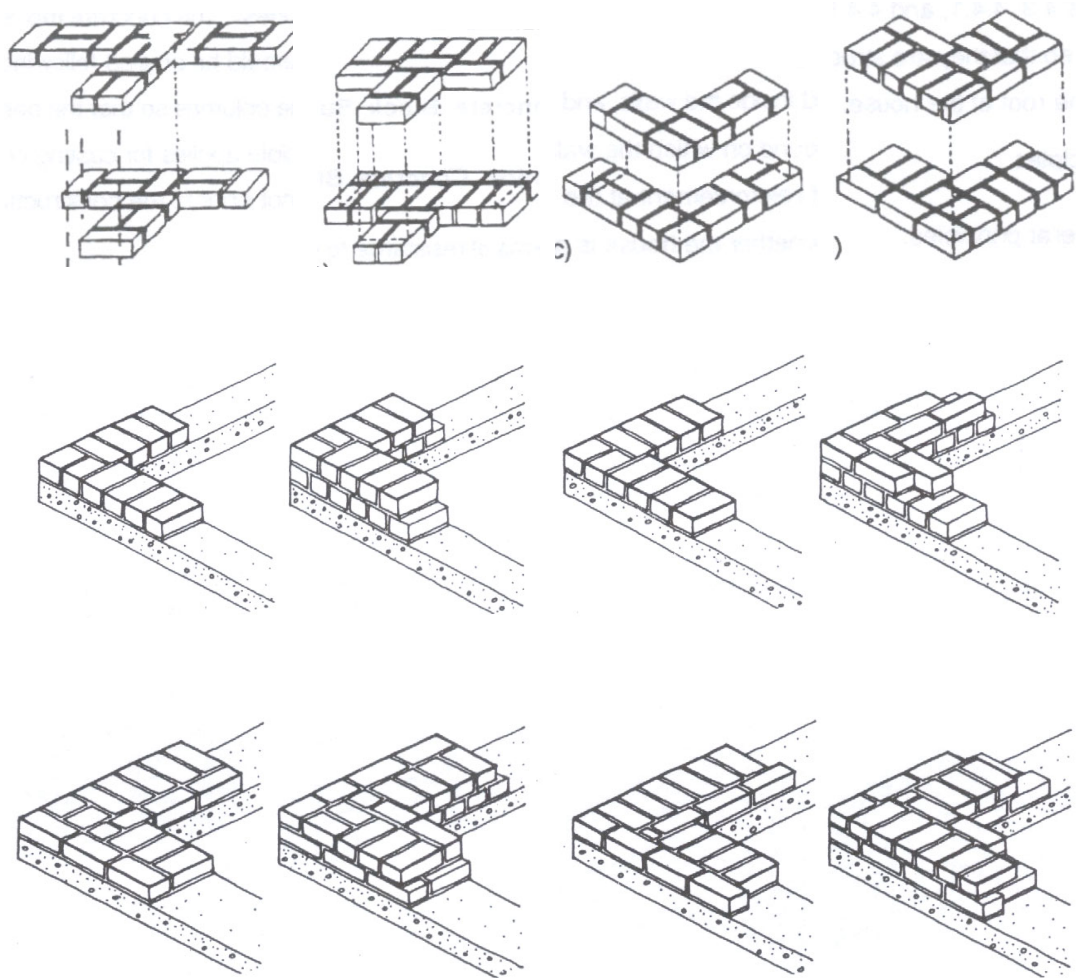


(Aran, 2000)

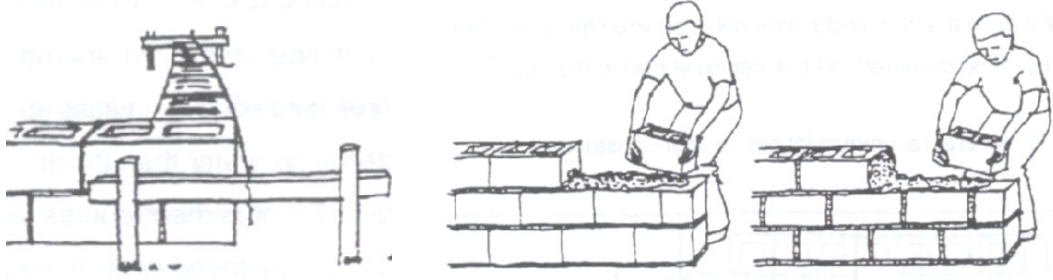
Şekil 3.71 Taş duvarlarda köşe bağlantısı

Duvarlar, kalınlıklarına ve kullanılacak malzeme boyutlarına göre bağlantılı olarak yapılmalı, köşe ve kesişme noktaları birlikte örülmelidir (TS 2515). Tuğla ve kerpiç yığma yapılarda köşe ve duvar bağlantılarında tuğlaların örülme dizgisi sağlam bir bağlantı için önemlidir. Bu diziliş, tuğla boyutlarına göre değişmektedir. Şekil 3.72'de çeşitli dizilişler özetlenmiştir.

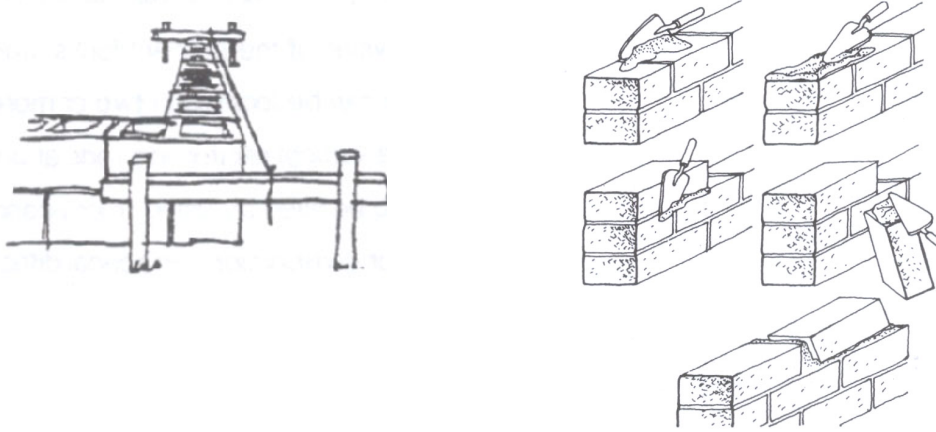
Ayrıca duvar örülürken yatayda hizasından, düşeyde de şekülünden sapmamalı, duvara yerleştirilecek tuğlanın hem altına hem de yanlarına harç konulmalıdır (Şekil 3.73-Şekil 3.74).



Şekil 3.72 Tuğla duvarlarda tuğla örme örnekleri
(Weldelibanos, 1993), (Houben, 1994)



Şekil 3.73 Yığma duvar örülürken yanlışlar
(Weldelibanos, 1993), (Houben, 1994)

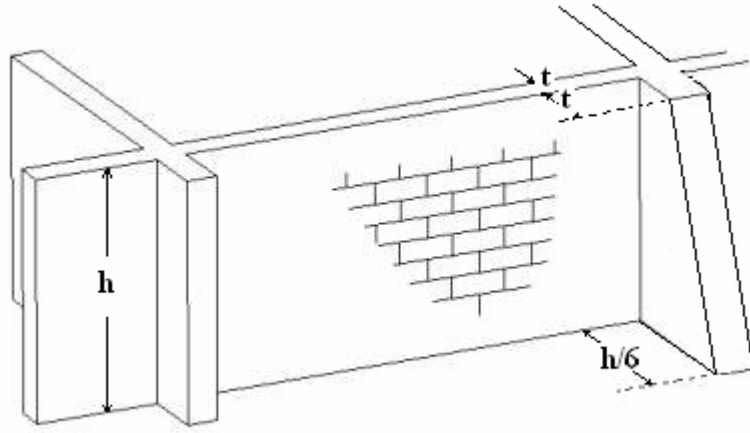


Şekil 3.74 Yığma duvar örülürken doğrular
(Weldelibanos, 1993), (Houben, 1994)

Kerpiç yapılarda duvar kalınlığı tuğla genişliğinin 1.5 katı, yük taşımayan kerpiç duvarlarda ise bir tuğla genişliğinde olmalı ve genel olarak 20 cm den daha ince olmamalıdır. Duvarların uzunluğu (iki dik duvar arası uzunluk), duvar kalınlığının 40 katından veya 4.5 m den fazla olmamalıdır (Weldelibanos, 1993). Kerpiç yapılarda taşıyıcı dış duvarların kalınlıkları 40 cm, iç duvarlar 25 cm olmalıdır. Deprem bölgelerinde ise taşıyıcı dış duvarlar 47 cm'den, iç duvarlar 30 cm'den az olamaz (TS 2515).

Duvarların stabilitesinin artırılması için dış duvar köşelerinde eğimli ya da düz payanda yapılması, deprem esnasında duvarın düzlem dışına devrilmesini ve köşelerde meydana gelecek ayrılmayı önleyecektir (Şekil 3.75). Kendine dik yönde iki yandan duvarlarla desteklenmiş taşıyıcı duvarların içten içe serbest uzunluğu 4 m den çok olması durumunda en çok 3 m aralıklarla duvar kalınlığında ve duvar kalınlığının 1.5 katı derinliğinde destek ayakları ile desteklenmelidir. Temeller bu destek ayaklarının altında da devam ettirilmelidir (TS 2515). Taş yığma yapıların payandalarında, payanda üst uzunluğu duvar genişliğine, taban uzunluğu duvar

yüksekliğinin 1/6 sına eşit olmalıdır (Weldelibanos, 1993).



Şekil 3.75 Taş yığma yapıda payanda detayı ve boyutları

Yığma duvarlarda temel üstü, duvar ortası ve çatı seviyesinde hatıllarla bina çevrelenmelidir ancak gözlemlenen durum genellikle birçok kırsal yapıda hatıl kullanılmadığıdır (Şekil 3.76, Şekil 3.77). Böylelikle, düzlem dışından yatay yüke maruz olan ve bu yükü düzlemde çalışan perde duvarlara aktaran duvarlar bu aktarımı daha rahat gerçekleştirecektir. Ayrıca hatıllar sayesinde duvarda meydana gelen kesme çatlakları duvarın tamamına yayılmadan engellenmesi mümkün olabilir. Kerpiç yapılarda subasman seviyesinde, pencere alt ve üst seviyesinde, tavan veya döşeme seviyesinde olmak üzere en az dört hatıl yapılmalı, birbirini izleyen iki hatıl arasındaki yükseklik 1.5 m.yi geçmemelidir (TS 2515).



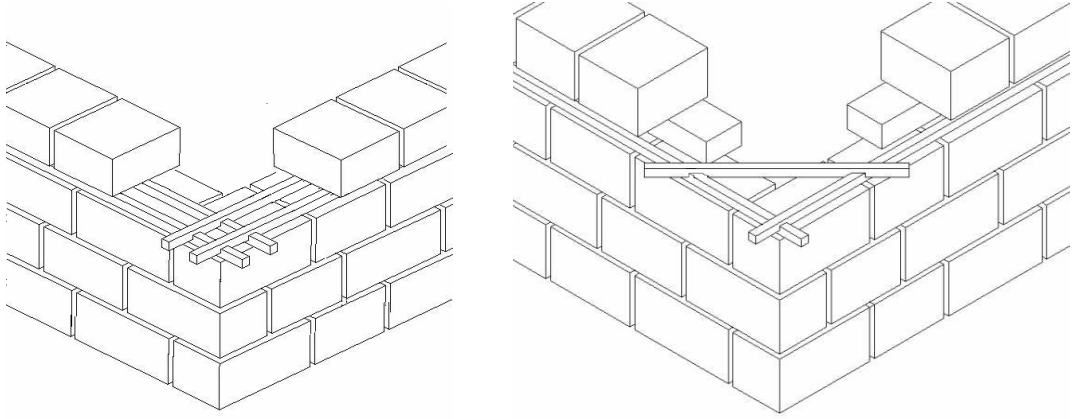
Şekil 3.76 Duvar yüksekliği boyunca hatıl bulundurmeyen kerpiç yapı



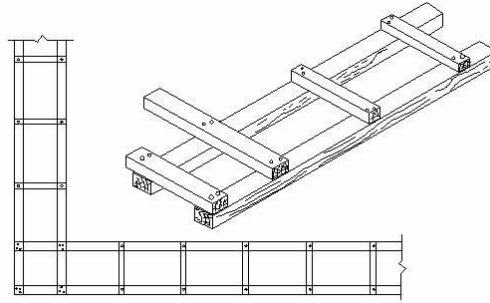
Şekil 3.77 Hatıllı kerpiç yapı

Ahşap hatıl için tek sıra kereste kullanılabileceği gibi, iki sıra kereste kullanmak ve bunları belirli aralıklarla (50 cm) ahşap parçalarla birbirine bağlamak yararlı

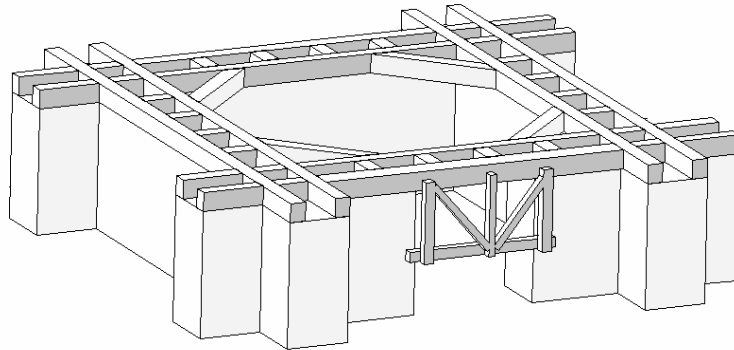
olacaktır (Şekil 3.78, Şekil 3.79). Kereste kesiti 5x10 cm olabilir. Ahşap hatıllar köşe noktalarda birbirine bağlanmalı böylelikle bina çevresinde süreklilik teşkil edilmelidir. Payanda yapılması durumunda hatıllar, payandaların üzerinde de devam etmelidir (Şekil 3.80). Ahşap hatıllar katran veya bir başka madde ile kaplanarak korunmalıdır.



Şekil 3.78 Duvarlarda hatılların köşe noktalarda birbirine bağlanması



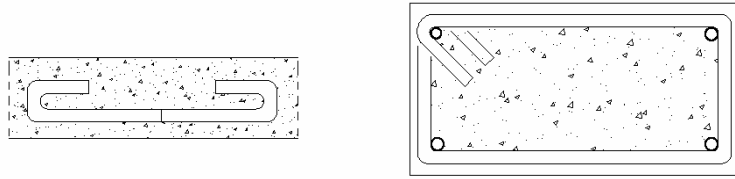
Şekil 3.79 Ahşap hatıllarda köşe ve T bağlantısı detayı



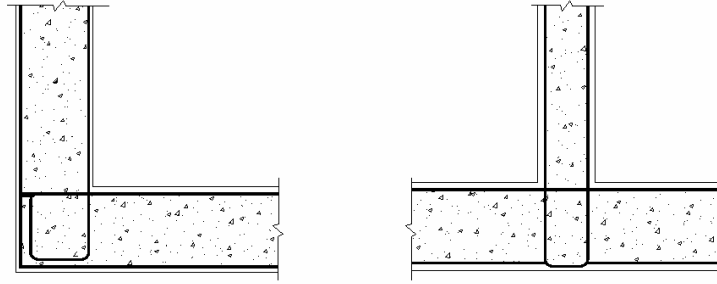
Şekil 3.80 Payandalı duvarlarda ahşap hatılların bağlanması

Hatılların betonarme yapılması, ahşap yapılmasından daha etkili olmaktadır. Ancak

betonarmede malzeme pahalı ve kalıp kurma, beton hazırlama gibi işler daha kalifiye işçilik gerektirmektedir. Betonarme hatıllar duvar genişliğinde, en az 15 cm yüksekliğinde ve içinde 4 ϕ 10 ebadında boyuna donatı konulmalı ve ϕ 8/25 mm lik etriyelerle sarılmalıdır (TS 2515). Şekil 3.81’de örnek betonarme kesitleri ve donatı detayları verilmiştir. Betonarme hatılların 1.5 m de bir yerleştirilmesi uygun olacaktır (Şekil 3.82).

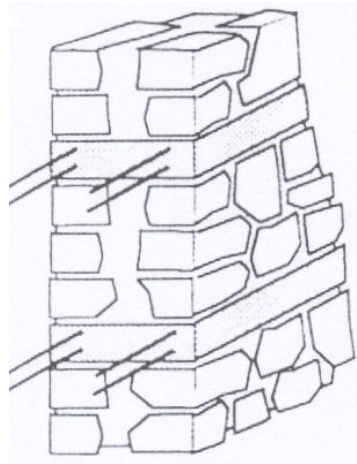


Kesitler



Köşe ve T bağlantılarda donatı planı

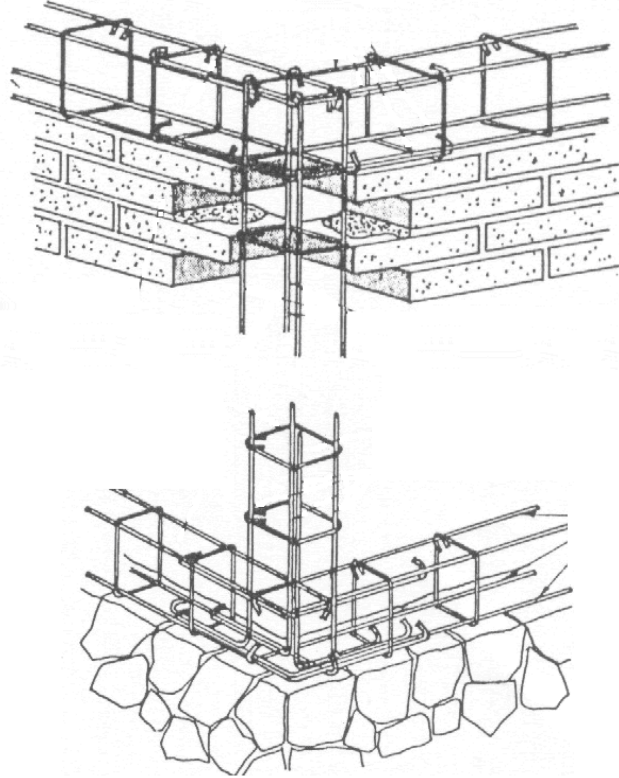
Şekil 3.81 Betonarme hatıllarda donatı detayı örneği (IAEE, 2005)



Şekil 3.82 Taş duvarda hatıl (Orhon, 2003)

Taş yığma veya tuğla yığma yapılarda köşelerde betonarme kolon (ya da düşey hatıl)

yapılması yapının stabilitesini önemli ölçüde artıracaktır. Ancak betonarme, malzeme ve işçilik bakımından masraflıdır. Şekil 3.83’de köşe kolon donatısı ve üst hatılla bağlantısı ve taban hatılı ile bağlantısı gösterilmiştir.



Şekil 3.83 Köşe kolon donatısı ve hatıllarla bağlantısı (IAEE, 2005)

Yapı elemanları gevrek ya da kırılğan değil, mümkün olduğunca sünek olmalı ve büyük deformasyonları taşıma gücünde önemli azalma olmadan yapabilmelidir. Yığma duvarlar gevrekler ve çekme dayanımı çok düşüktür. Bu nedenle kritik bölgelerde donatı ile takviye edilmelidir.

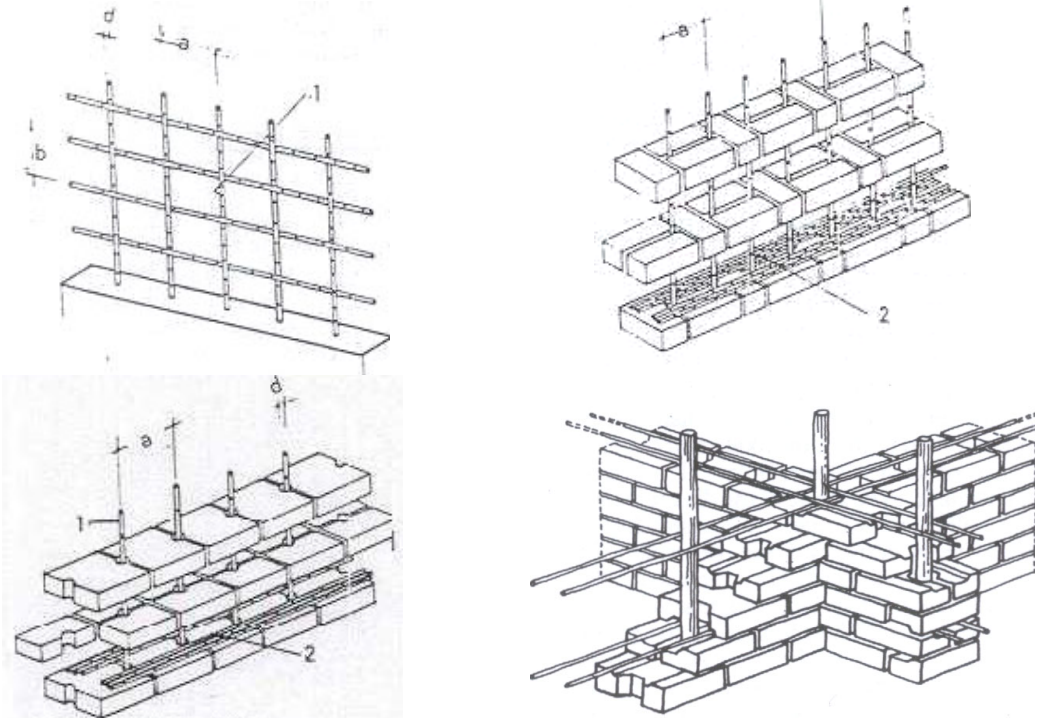
Yapı duvarları içinde düşey ve yatay olarak donatı yerleştirilmesi, duvar sünekliğini ve yapı stabilitesini arttıracak bir önlemdir. Bu donatı için inşaat demiri (Şekil 3.84) bambu, kamış kullanılması (Şekil 3.85) veya ahşap çıtalar yerleştirilmesi uygulanabilen yöntemlerdir (Şekil 3.86). Yatay ve düşey donatının birbirine bağlanması ve çatı seviyesinde hatıla sabitlenmeleri önemlidir. Bu tekniklerin ne kadar etkili olduğunu irdelemek için çeşitli deneyler yapılmıştır.



Şekil 3.84 Duvar içine donatı yerleştirilmesi örnekleri (Graham, 2001)



Şekil 3.85 Duvar içine bambu yerleştirilmesi



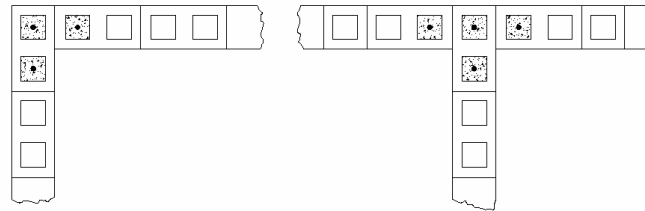
Şekil 3.86 Şaşırtmalı duvar örgüsünde bambu vb. malzemenin yerleştirilmesi (IAEE, 2005)

Yapının duvarları içine boyuna donatı yerleştirilmesi sarsma masasında deneysel olarak incelenmiştir. Şekil 3.87'deki soldaki numune donatısız yığma, sağdaki numune donatılı yığma şeklinde yapılmış ve sarsma masasında denenmiştir. Donatısız olan göçerken, donatılı yapı sünek bir davranışla yıkılmamıştır (Graham, 2001).

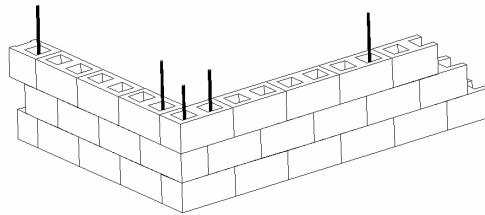


Şekil 3.87 Donatılı ve donatısız numunelerin sarsma masasında denenmesi (Graham, 2001)

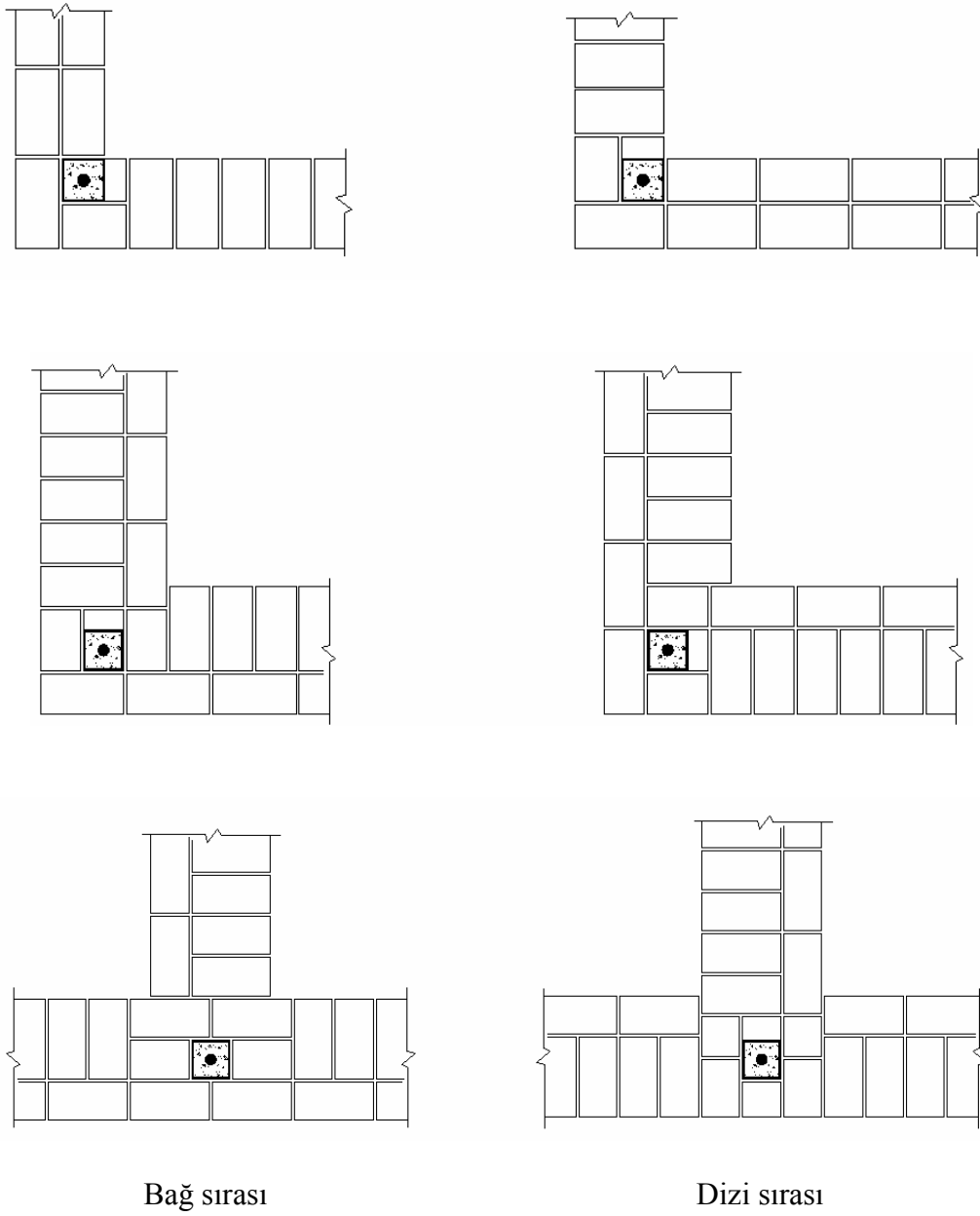
Köşe bağlantısı ve açıklık kenarları yapıda kritik noktalar olduğu için, buralara boyuna donatı (inşaat demiri) yerleştirilmesi yararlı olur (IAEE, 2005). Briket yığma yapılarda ise donatılar tuğla içindeki boşluklardan geçirilerek boşluklar tam doluncaya kadar betonla doldurulabilir (Şekil 3.88). Tuğla veya kerpiç yığma yapılarda köşe ve T bağlantılarında çeşitli boyuna donatı yerleştirme detayları Şekil 3.89'da verilmiştir.



Planda köşe ve T birleşimi

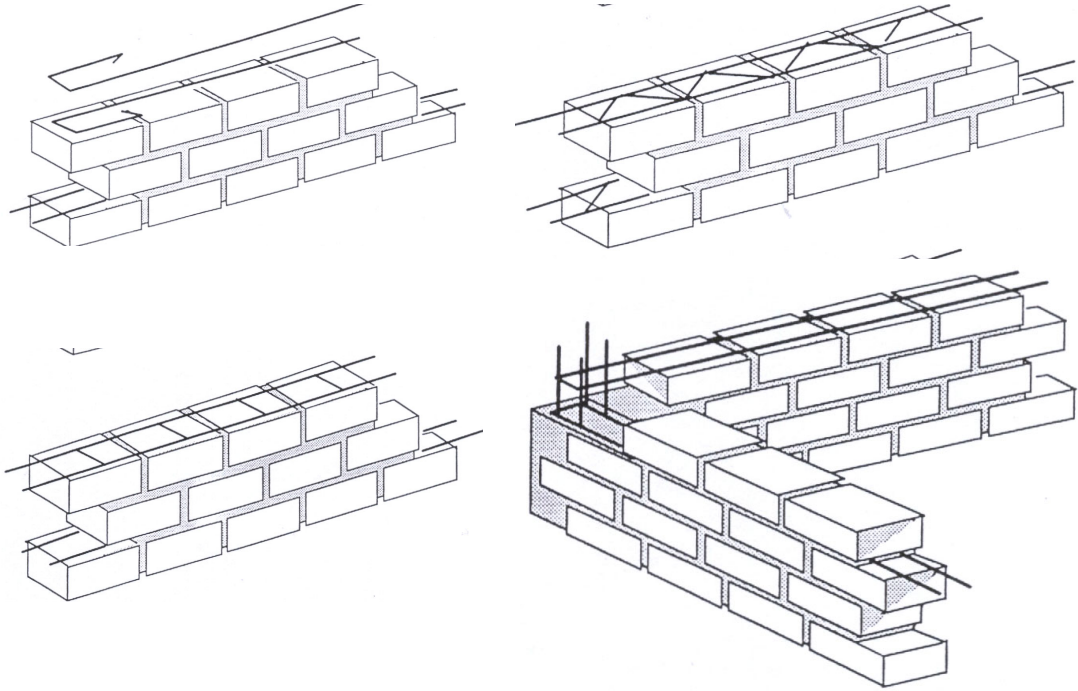


Şekil 3.88 Briket yapılarında düşey donatı (IAEE, 2005)

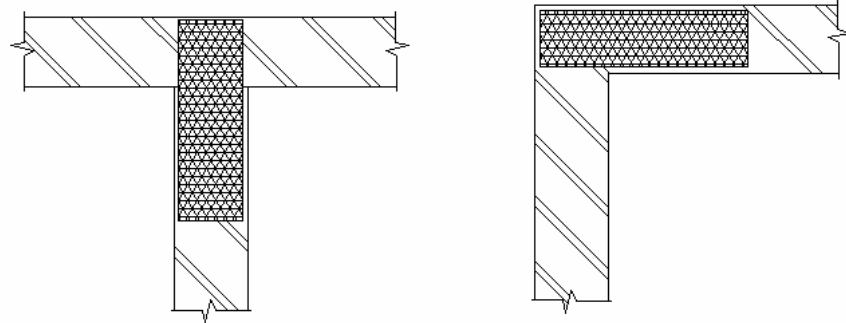


Şekil 3.89 Dik köşe ve T bağlantılarda düşey donatı yerleştirme detayları

Yapının duvarları arasındaki köşe bağlantılarının güçlendirilmesi ve daha kutu şeklinde bir davranış elde edilmesi için tuğla sıraları arasında bir çift donatı (biri iç biri dış kısımda olmak üzere) yerleştirilmesi ve bunların dik birleşen duvardan gelen donatılarla bağlanması bir başka yapım tekniğidir (IAEE, 2005) (Şekil 3.90). Köşe bağlantı bölümünde yatay tuğla derzleri arasına tel ızgara şeklinde hasırlarda yerleştirildiği örnekler de vardır (Şekil 3.91).



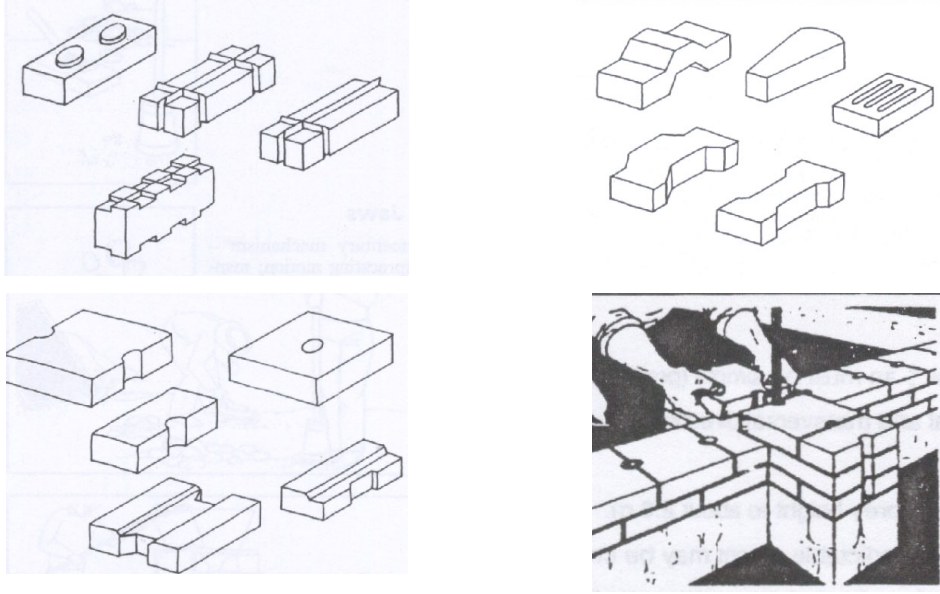
Şekil 3.90 Yatay derzlere donatı yerleştirilerek kayma dayanımı ve stabilitenin artırılması (Orhon, 2003)



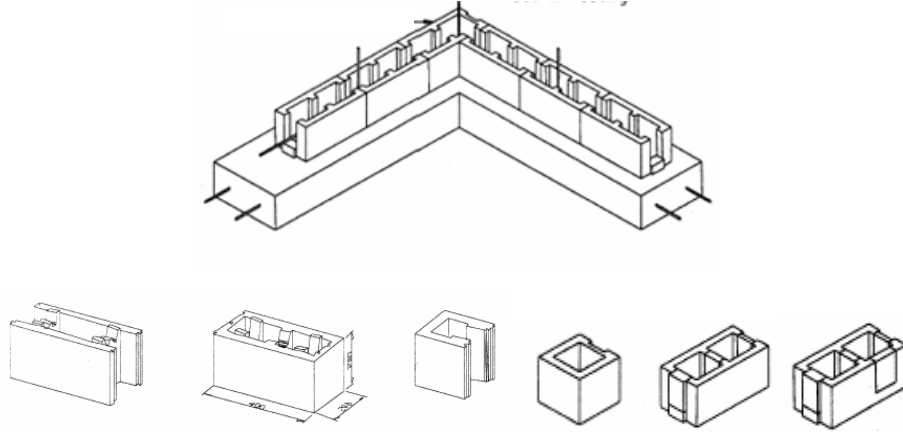
Plan

Şekil 3.91 Hasır donatılarla köşe bağlantısının takviyesi (IAEE, 2005)

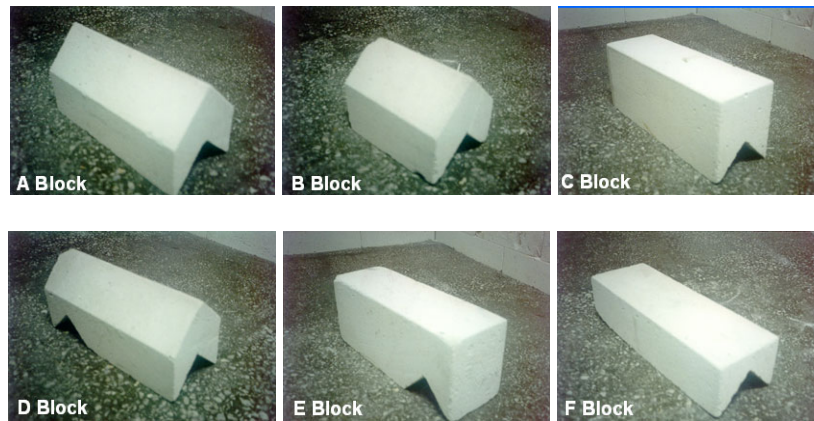
Yap-boz şeklinde birbirine geçmeli tuğla ve açılı kesilmiş eğimli yüzeyleri ile birbirine kenetlenen hafif malzemedен üretilmiş yapı elemanları tasarımı da bir başka depreme dayanıklı yığma yapım tekniğidir (Houben, 1994; Waleed, 2004; Kasapoğlu, 2005) (Şekil 3.92).



(Houben, 1994)



(Waleed, 2004)



(Kasapoğlu, 2005)

Şekil 3.92 Çeşitli anahtar-kilit şeklinde deprem tuğlaları

Mevcut bir binanın güçlendirilmesi için uygulanabilecek detayda ızgara şeklinde veya elek teline benzer hasır çeliğin, duvar yüzeyine veya köşe duvar bağlantılarına

sabitlenerek üzerinin sıvanmasıdır. Böylelikle hasır çelik, duvarda oluşacak çekme gerilmelerini karşılayarak dayanımı arttıracaktır (Torrealva, 1986) Şekil 3.93'de Akşehir'de bu güçlendirme metodunun uygulandığı örnek görülmektedir.

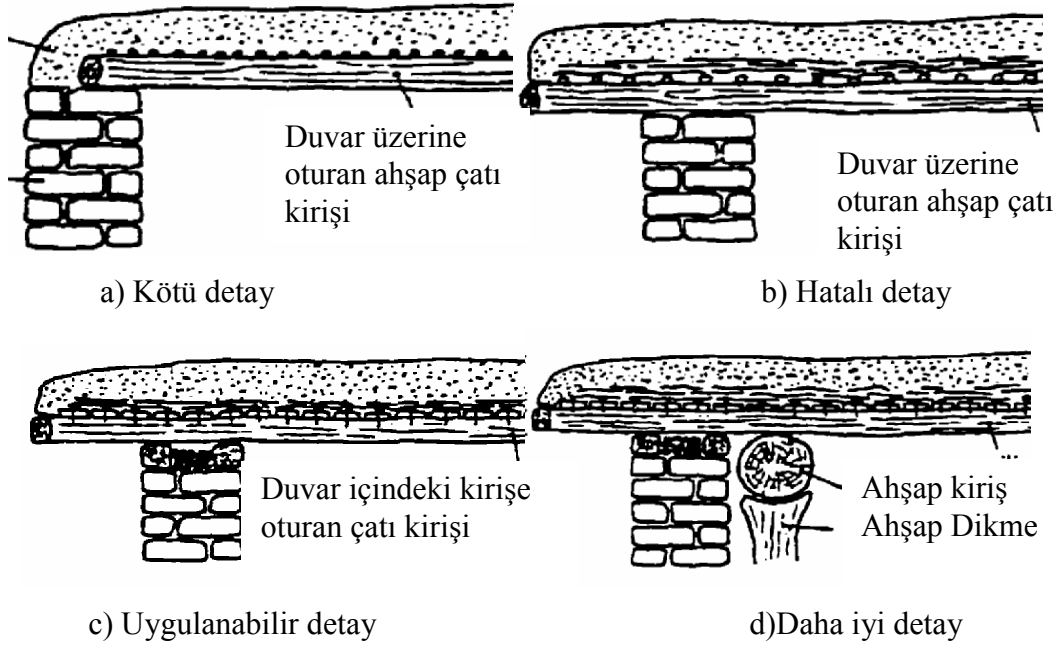


Şekil 3.93 Akşehir'de kerpiç yapıda uygulanan güçlendirme örneği

3.3.5. Çatı Sistemleri

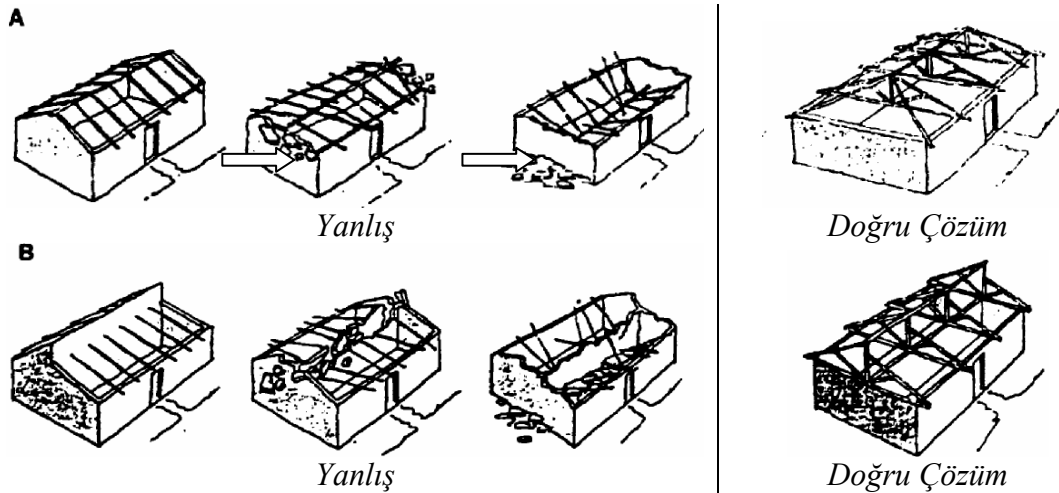
Tüm yapısal elemanlar ve çatı, birlikte hareket edecek ve kutu davranışı gösterecek şekilde bağlanmalıdır. Böylelikle yapı elemanları arasında kuvvet aktarımı sağlanmış ve yapının büyük ötelenmeler yapması ve enerji sönümleme kapasitesinin artması sağlanmış olacaktır. Kutu davranışının oluşabilmesi için çatı ve döşemeler diyafram davranışı sağlayacak şekilde rijit olmalıdır. Çatıyı oluşturan kirişler birbirine iyi bağlanmalı ve duvarlarla arasında yük aktaracak şekilde tam bağ olmalıdır.

Çatı kirişlerinin yükünün duvar üstüne düzgün yayılması için duvar üstüne konulacak ahşap kirişin üstüne çatı kirişleri oturtulmalıdır (Şekil 3.94). Çatı kirişleri doğrudan kerpiç bloklar üstünde olmamalıdır. Bu durumda bölgesel basınç ezilmesi olabilir. Ayrıca çatı kirişi kapı ya da pencere boşluğunun üstüne denk gelmemelidir. Çatı kirişlerinin açıklığı 4 m den fazla olmamalı, 50 cm aralıklarla yerleştirilmeli ve duvar dışına doğru taşmalıdır (50 cm) (TS 2515). Ayrıca bu kirişleri duvar üstü hatilla bağlantısının tam ve sağlam olması önemlidir.



Şekil 3.94 Türkiye’de görülen toprak dam detayları (Weldelibanos, 1993)

Çatı kirişleri ahşap dikmeler üzerine oturabilir. Bu durumda dikmelerle kirişler arasında mekanik bağlantının yapılması gereklidir. Eğimli çatı yapımında çatı kirişlerinin kafes şeklinde teşkili önemlidir (Şekil 3.95). Çatı yükünün tüm duvarlara aktarılmadığı yapılarda, duvarlar deprem sırasında daha kolay yıkılmaktadır.



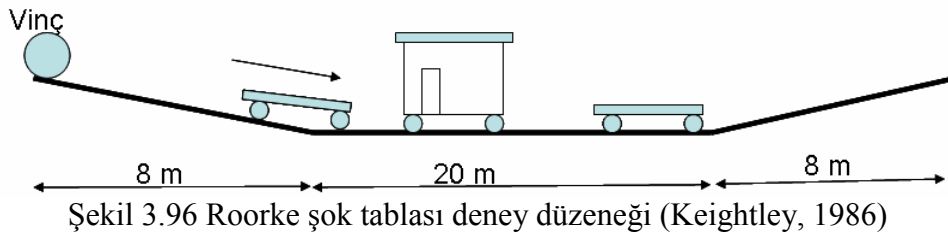
Şekil 3.95 Çatı sistemi rijit ve stabil olmalı (Weldelibanos, 1993)

TS 2515 ve Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik’e göre 1. ve 2. deprem bölgelerinde toprak dam yapılmamalı, 3. ve 4. deprem bölgelerinde toprak kalınlığı 15 cm’i geçmemelidir. Ahşap iskeletli yığma yapılarda dikmelerle kirişler arasında takoz yerleştirilerek çivi yada başka vasıtalarla rijitleştirilmelidir.

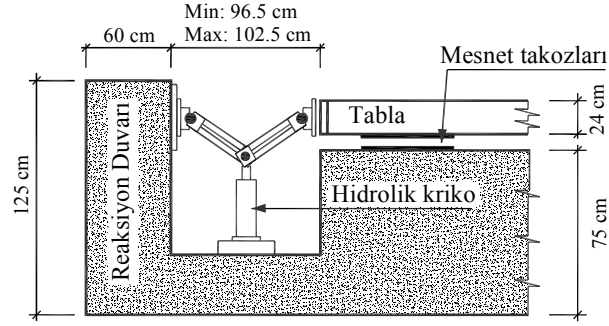
3.4. Mevcut Kırsal Konutlara Yönelik Yapılan Güçlendirme Çalışmaları

Yeni inşa edilen kırsal konutlarda, bir önceki bölümde anlatılan tekniklerin uygulanması halinde depreme dayanıklı yapılar üretilmiş olur. Mevcutta bulunan yapılar için de, güçlendirme teknikleri çeşitli araştırmalarla geliştirilmiştir. Çalışma konumuz açısından, yığma yapılar için güçlendirme çalışmalarına bu bölümde yer verilmiştir. Güçlendirme çalışmaları incelendiğinde yapının bütün olarak davranışı hakkında bilgi vermesi açısından sarsma masası kullanımının, yığma yapılarla ilgili deneysel araştırmalarda özellikle tercih edildiği tespit edilmiştir.

Yapılan çalışmalarda da farklı sarsma masaları kullanılmıştır. Keightley (1986) çalışmasında, vagon şeklinde rayların üzerinde duran sarsma tablası kullanılmıştır. Eğimli bir yüzeyden vinç yardımıyla yukarı doğru yukarı çekilip serbest bırakılan ağır vagon, numunenin bulunduğu vagona çarpmakta, bu vagona aldığı hızın etkisiyle bir başka vagona çarpmaktadır (Şekil 3.96). Numunede oluşturulacak ivme yük olarak kullanılan vagonun bırakıldığı yüksekliğe bağlıdır.



Spence ve diğ.(1986) tarafından deneysel çalışma için Ankara'da Bayındırlık Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğünde bir sarsma tablası imal edilmiştir. Sarsma tablası 30 m² alana ve 50 ton taşıma kapasitesine sahiptir. Tabla 50 ton yük altında 1g kadar bir ivme ve 5 Hz frekans sağlayabilmektedir. Titreşim 1 saniyede sönümlenmektedir. Tabla tek yönde verilen bir başlangıç ötelenmesinden (20-60 mm) sonra serbest salınım yapmaktadır. Tabla lastik takozlar üzerine oturmakta ve hidrolik bir kriko ile hareket verilmektedir (Şekil 3.97). Kriko belirli bir seviye gelince boşalmakta ve tabla titreşime başlamakta, sönümleninceye kadar hareket devam etmektedir.



Şekil 3.97 Şok tablası (Altın, 2005)

Jagadish ve diğ. (2002) ise çalışmalarında Hindistan'da önerilen yapım tekniğini denemek amacıyla bir başka şok tablası geliştirmişlerdir (Şekil 3.98). Bu tablanın altında tekerlekler bulunmakta, üstüne deney numuneleri inşa edilmekte ve kenarında bulunan sarkaç belirli bir açığa getirilerek serbest bırakılmaktadır. Böylelikle sarkaçta depolanan enerji ile yapılar denenmektedir.



a)



b)



c)

Şekil 3.98 Hindistan'da geliştirilen şok tablası (Jagadish ve diğ., 2002)

Mevcut yığma yapılara yönelik güçlendirme metotları deneysel çalışmalarla araştırılmış ve deprem esnasında yapının yıkılma süresinin uzatılabilmesi ile en azından kullanıcıların konutu terk edecek kadar zaman kazanılması sağlanmıştır.

Zegarra ve diğ.(2000) güçlendirme çalışmalarında test programında incelenen model binanın yarısını temsil edecek şekilde U şeklinde deney numuneleri üretilmiş ve deney yüklemesi düşük titreşimden yükseğe doğru, hafif, orta ve şiddetli yer sarsıntılarını yansıtacak şekilde uygulanmıştır (Şekil 3.99). Güçlendirme tekniğinde temel olarak duvara ahşap bir hatılın sabitlenmesi ve bir ip-organ aracılığıyla ardgerme uygulanması, köşe birleşimlerine hasır şeklinde kümes telinin yerleştirilmesi ve çimentolu sıva ile sıvanması söz konusudur (Şekil 3.100). Bu test sonuçlarında kümes teli ile güçlendirilen model en iyi sonucu vermiştir.



Şekil 3.99 U şeklinde numuneler sarsma tablasında denenirken
(Zegarra ve diğ., 2000)

Peru'da gerçekleştirilen alternatif güçlendirme yöntemlerinden deney programında en iyi sonucu veren yöntem kümes teli ile güçlendirme olarak tespit edilmiş ve gerçek ölçülerde prototip numune hazırlanarak güçlendirilmiş ve güçlendirilmemiş numuneler sarsma tablasında (Şekil 3.101) denenmiştir.



a) Duvara ahşap plaka sabitlemesi



b) Duvarların halat ile yatay olarak sarılması



c) Telinin sabitlemesi



d) Telin döşenmesi



e) Üzerine sıva uygulanması

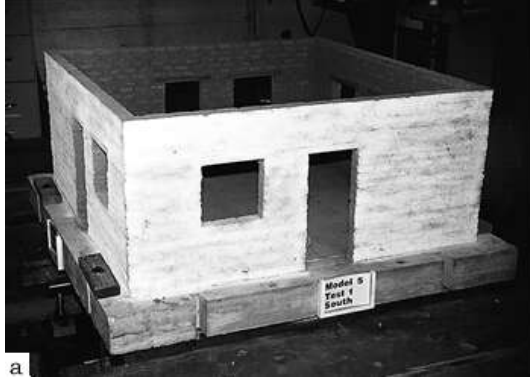
Şekil 3.100 Peru'da denenen numunelerde ele alınan alternatifler
(Zegarra ve diğ., 2000)



Şekil 3.101 Gerçek ölçülerde prototip numune (Zegarra ve diğ., 2000)

Ginell ve diğ. (2000) çalışmalarında Los Angeles'da bulunan tarihi kerpiç binaların deprem dayanımlarının artırılması için önerdikleri metodu, maksimum tabla hareketi ± 38 cm olan sarsma tablası deneyleri ile gerçekleştirmişlerdir. İncelenen parametrelerden birisi de yapıların yükseklik/kalınlık oranıdır. Çatısız olarak tasarlanan 6 adet 1/5 oranında deney numunesi 148x148 cm taban alanlı ve 58 cm

yüksekliğinde, 4 duvarlı, pencere ve kapı boşlukları mevcuttur (Şekil 3.102). Üç adet 1/5 oranında numunede ise çatı mevcuttur (Şekil 3.103).



a

a) Deney öncesi



b

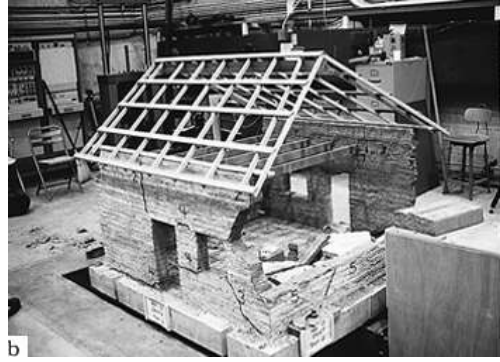
b) Deney sonrası

Şekil 3.102 Model test numunesi (Ginell ve diğ., 2000)



a

a) Deney öncesi



b

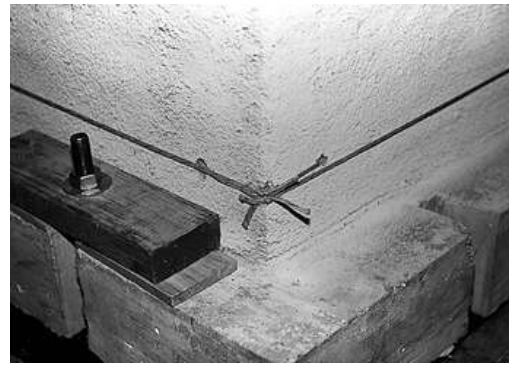
b) Deney sonrası

Şekil 3.103 Çatılı ve kalkan duvarlı model (Ginell ve diğ., 2000)

Önerilen güçlendirme tekniğinde 6 mm genişliğinde polietilen şeritler 30 ar cm ara ile duvarların her iki yüzüne de uygulanmış ve duvarda açılan deliklerden geçen 1 mm lik polietilen iplerle ile sıkılmıştır (Şekil 3.104). 30 mm genişliğinde, 6 mm kalınlığında bir ahşap hatıl ise duvarın üst kısmına vidalarla sabitlenmiştir. Çatısız ve çatılı numunelere güçlendirme uygulanmış denenmiştir (Şekil 3.105-3.106).



a) Deney öncesi

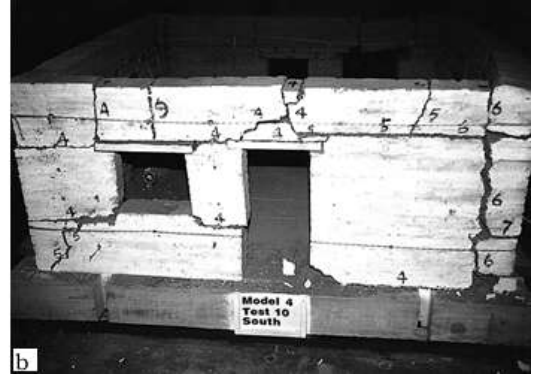


b) Deney sonrası

Şekil 3.104 Polietilen iplerle bağlantı detayları(Ginell ve diğ., 2000)

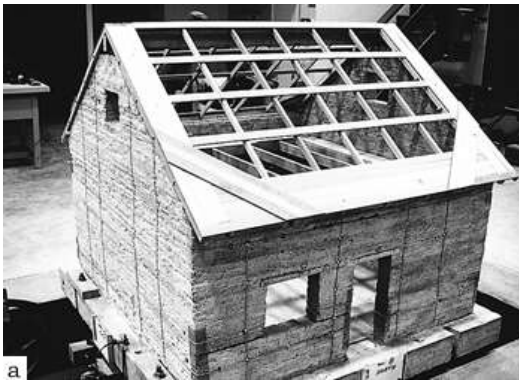


a) Deney öncesi

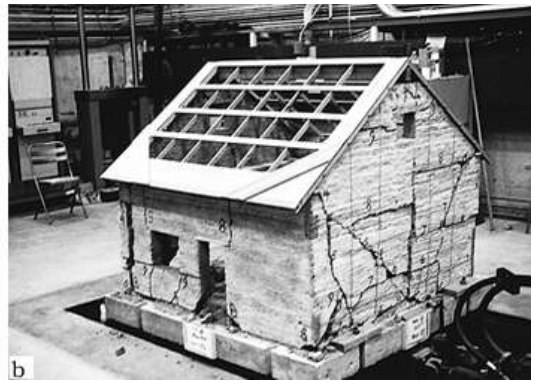


b) Deney sonrası

Şekil 3.105 Güçlendirilmiş model numune (Ginell ve diğ., 2000)



a) Deney öncesi



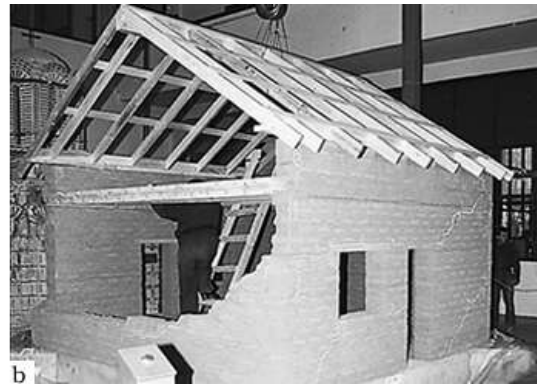
b) Deney sonrası

Şekil 3.106 Güçlendirilmiş çatılı ve kalkan duvarlı model numune (Ginell ve diğ., 2000)

Çalışmanın diğer aşamasında 1:2 model deneyler yapılmıştır. Küçük modelli deneylerde dolgu malzemesinin yoğunluğunun modellenmesi problem olmaktadır. Bu nedenle daha büyük modelli deneyler yapılmıştır ve iki adet daha önce denenmiş numunelerin 1:2 oranında modeli denenmiştir. Bunlardan birisi güçlendirilmiş, birisi güçlendirilmemiştir (Şekil 3.107-3.108).

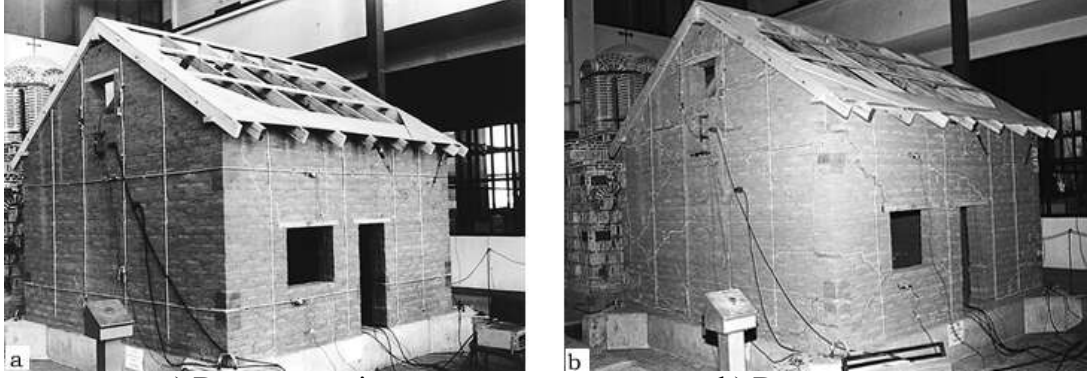


a) Deney öncesi



b) Deney sonrası

Şekil 3.107 Yarı ölçekli güçlendirilmemiş model deneyi (Ginell ve diğ., 2000)



a) Deney öncesi
b) Deney sonrası
Şekil 3.108 Yarı ölçekli güçlendirilmiş model deneyi (Ginell ve diğ., 2000)

Sonuç olarak Ginell ve diğ. (2000) tarafından düşey iplerle duvarın düzlem dışına devrilmesinin engellendiği, ancak çatlamaya etkisi olmadığı belirtilmiştir. Ayrıca küçük ve büyük oranlı model deneylerinde davranışın hemen hemen aynı olduğu, büyük oranlı modellerde diyagonal çatlaklar daha net olduğu araştırmacılar tarafından gözlenmiştir.

Arie (2001)'in çalışmasında, kerpiç yapıların deprem dayanımının artırılması ile ilgili olup ucuz malzemelerin kullanımı hedeflenmiş ve halat, bambu, kamış, kümes teli gibi malzemelerle deprem dayanımını artıracak önlemler araştırılmıştır. Şekil 3.109'da kümes telinin kerpiç duvara içten ve dıştan sabitlenmesi ve dışına beton katkılı sıva uygulamasından sonraki yapının görüntüsü verilmiştir. Araştırmacılar, geliştirmeye gayret ettikleri güçlendirme yönteminin kullanıcılara deprem sırasında kaçmak için 10-20 saniye daha zaman tanınmasını ümit ettiklerini belirtmektedirler.

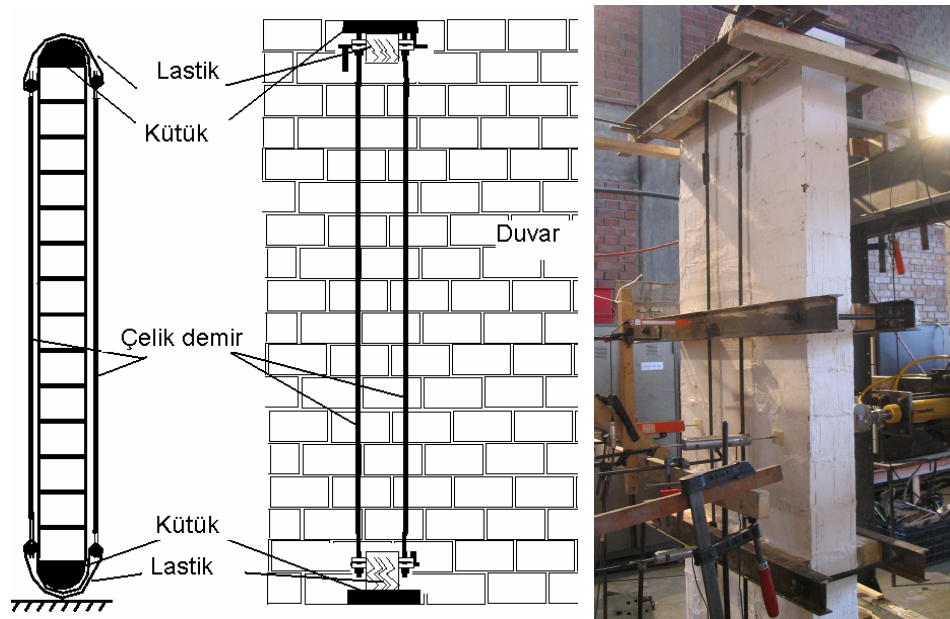


Şekil 3.109 Peru'da kümes teli ile kerpiç yapıların güçlendirilmesi (Arie, 2001)

Jagadish ve diğ.(2002) çalışmalarında yığma yapının dıştan düşey olarak donatı yerleştirilmesi ve yatayda da duvar içinde betonarme hatıllarla desteklenmesinden oluşmaktadır.

Paquette ve diğ (2004)'e göre daha çok betonarme binaların güçlendirmesinde kullanılan “Karbon Fiber Yayılgılar-Fiber Reinforced Polimers”- FRP yapı malzemesinin yığma binaların güçlendirilmesinde kullanımı bir diğer yöntemdir. Ancak bu yöntem maliyet açısından diğer yöntemlere göre daha pahalı olacağından kırsal konutlarda uygulama zorluğu bulunmaktadır.

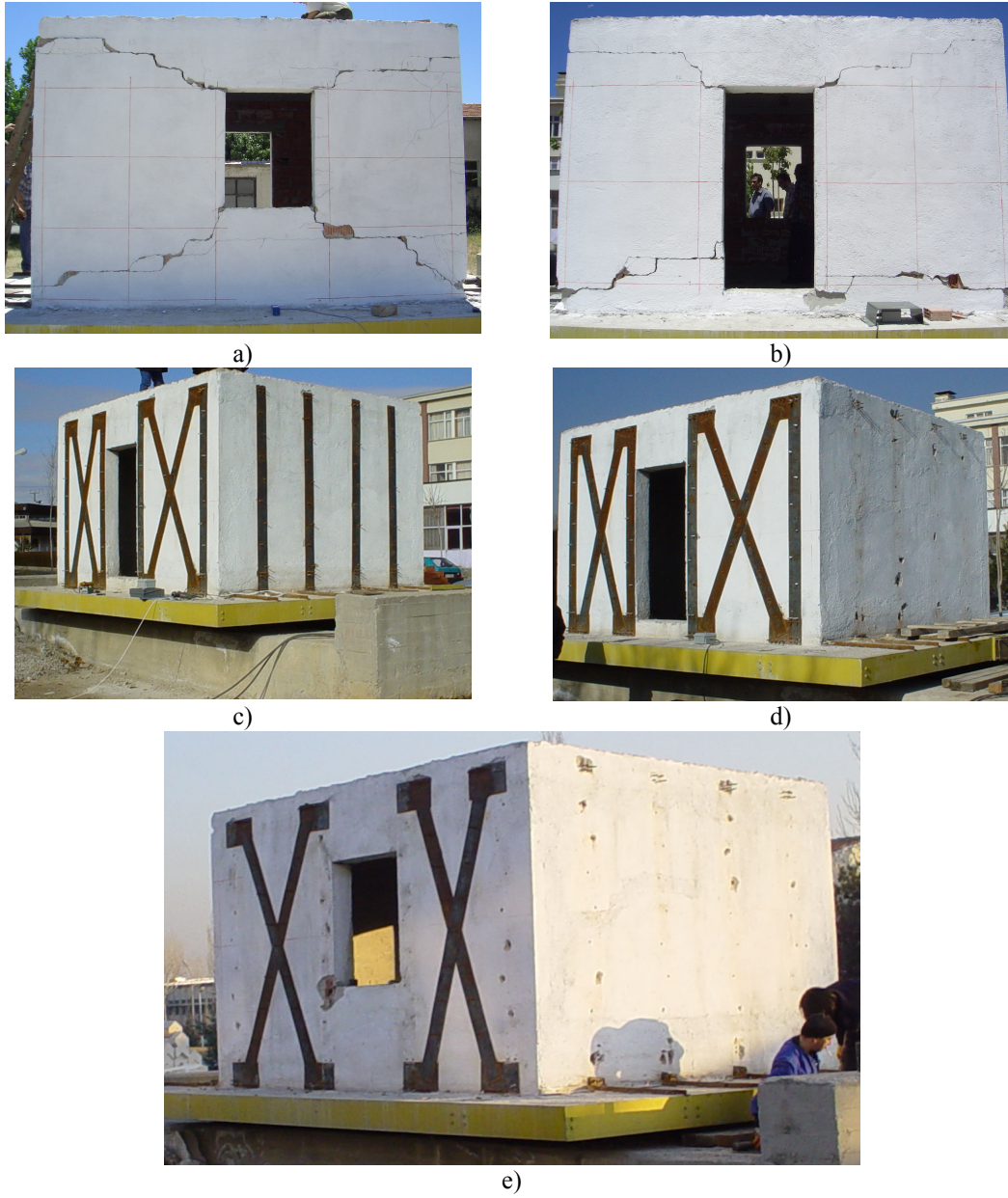
Gölmüş (2005) çalışmasında kullanılmış araba lastikleri ile yığma binaların duvarlarına ard-germe uygulayarak, düzlem-dışı ve düzlem-içi yönlerindeki duvarların, depreme karşı dayanıklılığını artırarak, deprem anında binanın yıkımını en azından geciktirmek amaçlanmıştır. Araştırmacı bir başka teknik olarak betonarmede kullanılan donatıların kullanılması ve ard germenin böylelikle tatbik edilmesini uygulamıştır (Şekil 3.110).



Şekil 3.110 Alternatif ard-germe sistemi (Gölmüş, 2005)

Altın (2005) çalışmasında düşey delikli tuğladan yapılmış üç boyutlu tek katlı yığma bir yapı sarsma tablasında test edilerek önce hasar verdirilmiş, ardından hasarlı yapı dört farklı türde düzenlenen çelik şeritlerle güçlendirilerek tekrar test edilmiştir. Güçlendirmeden sonra yapılan testler uygulanan rehabilitasyon yönteminin başarılı

olduğunu göstermiş ve deney yapısında önemli sayılabilecek çatlak gelişimi gözlenmemiştir. Deneysel çalışmada beş ayrı test aynı yapı üzerinde gerçekleştirilmiştir. İlk test deney yapısına hasar verdirilmek amacıyla yapılmıştır. Gelişen çatlaklar önce sıva ile kapatılmış güçlendirme uygulamaları sonra yapılmıştır. Diğer dört test yapıya dört farklı güçlendirme tekniği uygulandıktan sonra yapılmıştır. Çelik şeritlere ve yapının duvarlarına açılan deliklerden geçirilen çelik çubuklarla şeritler yapının duvarına somunlarla bağlanarak yapının duvarı sargılanmıştır (Şekil 3.111).



Şekil 3.111. Hasarlı deney yapısının test sonrasında görünüşü ve çelik şerit düzenlemeleri (Altın, 2005)

Mevcut yapıların güçlendirilmesi için uygulanabilecek yöntemler;

- Duvar yüzeyinin hasır şeklinde tel, kümes teli yada polimerik ızgaralar ile kaplanması ve üstünün sıvanması (Scawthorn, 1986; Zegarra ve diğ., 2000; Arie S., 2001; Sofronie ve diğ., 2003),
- Duvar yüzeyine FRP yapı malzemesinin yapıştırılması (Paquette ve diğ., 2004),
- Duvar yüzeyine ahşap bir hatılın sabitlenmesi (Zegarra ve diğ., 2000),
- Halat yada polietilen ipler aracılığıyla duvar düşey ve yatay yönlerden sıkıştırılarak ard-germe uygulanması (Zegarra ve diğ., 2000; Ginell WS. ve diğ., 2000; Arie S., 2001),
- Duvar yüzeyinin bir kısmına donatı yerleştirilerek beton püskürtüleceği gibi, duvarlara dıştan düşey olarak donatı, çelik şerit yerleştirilmesi (Jagadish ve diğ., 2002; Gölalmış, 2005; Altın ve diğ., 2005) olarak sıralanabilir.

Bu yöntemlerle duvarın kesme ve eğilme dayanımı arttırılabilmektedir. Kırsal konutlarda yaşayan kullanıcıların deprem sırasında kaçması için gerekli zaman kazanılması can kaybının önlenmesi açısından önemlidir.

4. KIRSAL KONUTLARDA DEPREM GÜVENLİĞİNİN ARTIRILMASINA YÖNELİK DENEYSEL ARAŞTIRMALAR

Tez çalışması kapsamında, mevcut kırsal konutlarda deprem dayanımını arttıracak, ekonomik, çevre için yeniden kullanıma dönük bir güçlendirme modeli önerilmekte ve deneysel çalışmalarla bu modelin doğruluğu ispatlanmaya çalışılmaktadır. Çözüm olarak blokların elastik ve güçlü bir elemanla sıkıştırılması yani ard-germe uygulanması düşünülmüştür. Oto lastiği içerdiği kauçuk nedeniyle elastik ve içindeki çelik örgü sayesinde çekme dayanımı yüksek bir malzemedir. Uygun birleştiriciler vasıtasıyla uç uca eklenen lastiklerde yığma yapı duvarlarına uygulanacak ard-germenin yapının genel deprem performansını artıracığı fikrinden yola çıkarak, deneysel araştırmaya başlanmıştır.

Öne sürülen bu güçlendirme tekniğini test etmek için bir deney sistemi oluşturulmuştur. Geliştirilen deney düzeneğinde deprem hareketlerine benzer yatay hareketi sağlayabilen sarsma masası imal ettirilmiş ve bu düzenekte 1/10 ölçekli deneyler yapılmıştır. Deneylerden alınan sonuçlar doğrultusunda ODTÜ yapı laboratuvarında gerçekleştirilen 1/1 ölçekli deneyler ile de karşılaştırmalar yapılarak 1/10 ölçekli deneylerin gerçekçiliği açıklanacaktır. Bu bölümde ilk olarak çalışma kapsamında gerçekleştirilen deneysel araştırmalar ve önerilen güçlendirme yönteminin teorik izahı verilecektir.

4.1. Ard-Germe Yönteminin Teorik Açıklaması

Bu bölümde ard-germeye maruz bir duvar elemanında yatay yüklere (düzlem içi) karşı dayanım artışı teorik olarak izah edilecektir. Bu amaçla başlangıçta yatay yada düşey sargı (ard-germe) bulundurmayan ve çatıdan W kadar düşey yük payı alan bir duvar parçası ele alınmıştır.

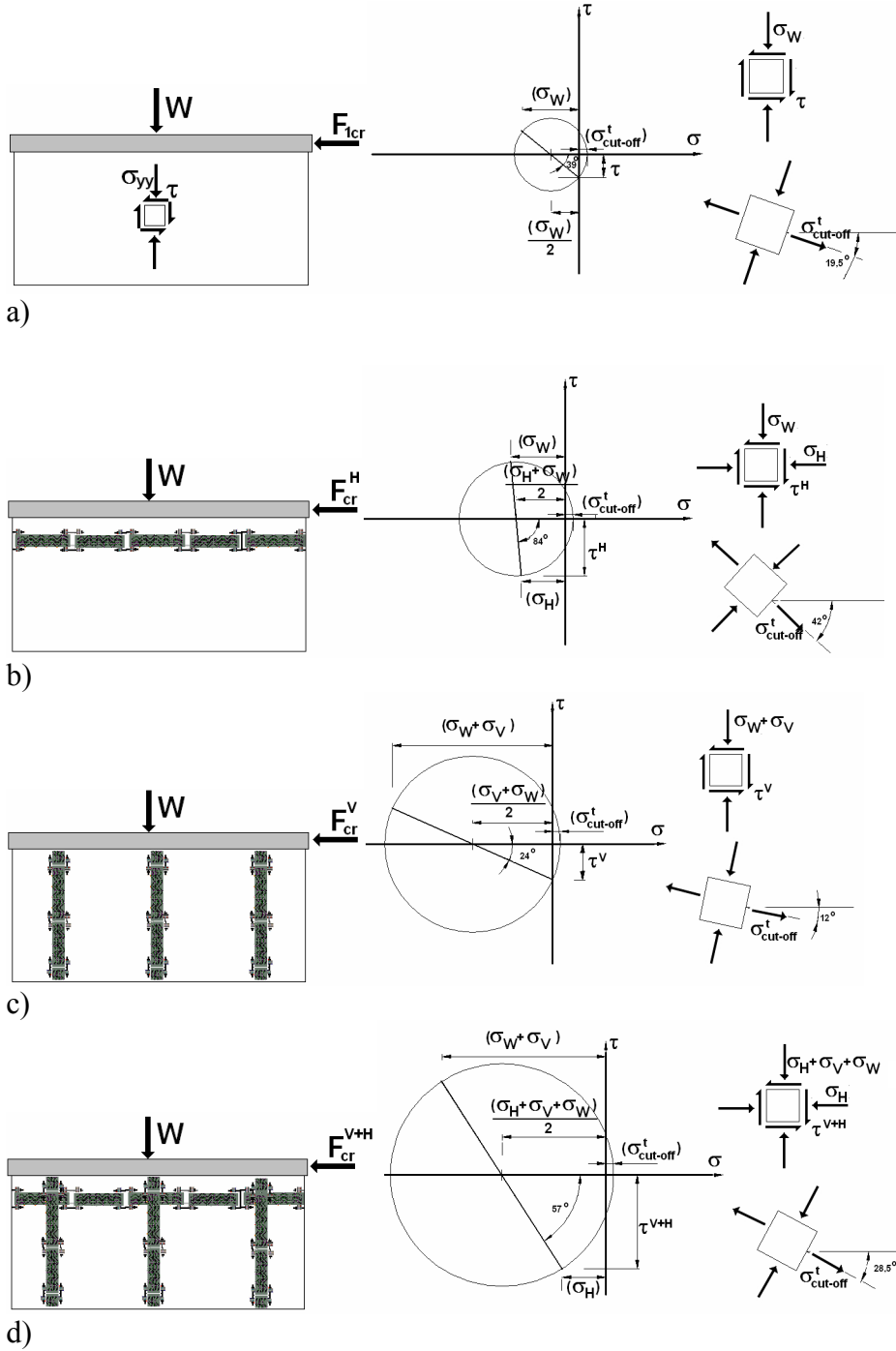
Şekil 4.1-a'da görülen yığma duvar, üzerindeki çatı yükünü (W) taşımaktadır. Bu durumda duvarın çatlamasına sebep olacak yatay F yükü (deprem yükü) Mohr dairesi üzerinde gösterilmiştir. Bu yükün duvar kesit alanına bölünmesi ile τ kayma gerilmesi (deprem yükleri altında çatlama anında duvarda deprem yönüne paralel oluşan kayma gerilmeleri) elde edilecektir. Çatlamaya neden olan asal çekme gerilmesi $\sigma_{\text{cut-off}}^t$ olarak gösterilmiş ve bu değer malzeme dayanımına eşit olduğu kabul edilmiştir.

Eğer yığma duvara yatay sargılama uygulanırsa, yatayda σ_H kadar bir gerilme tatbik edilmiş olacaktır. Düşeyde ise çatı yükünden dolayı σ_W kadar bir gerilme (W yükünün duvar alanına bölünmesi ile bulunan) söz konusudur. Çatlamaya neden olan $\sigma_{\text{cut-off}}^t$ asal gerilme değeri değişmeyeceği için Mohr dairesi kolayca çizilebilir. Bu durum için Mohr dairesinin hem çapı artmış hem de merkezi sola doğru ötelenmiştir. Ayrıca şekilden de görüleceği gibi çatlama açısı da artmıştır. Duvarın taşıyabileceği kesme gerilmesi τ_H değerine yükseleceği için yatay yük taşıma kapasitesi de orantılı olarak artacaktır (Şekil 4.1-b).

Eğer yığma yapıya düşey yönde bir sargılama uygulanır ve bu sargılamadan dolayı düşey gerilmedeki artış değeri σ_V ile gösterilirse, Mohr dairesinin merkezi Şekil 4.1-c'de belirtildiği gibi, ilk duruma göre $\sigma_W/2$ kadar sola kayacaktır. Sistemde meydana gelen kesme gerilmesi τ_V değerini duvar alanı ile çarpımı, yatay yük taşıma kapasitesini verecektir (çatlama anında duvara gelen toplam yatay deprem yükü).

Kapasitedeki artış en çok her iki sargılamanın beraber uygulandığı durumda görülmüştür. Bu durumda yatay sargılamadan dolayı σ_H , düşey sargılamadan dolayı σ_V gerilme değerleri duvara uygulanmış olacaktır. Bu durumda duvarda meydana gelen kesme gerilmesi τ_{H+V} kadar olacaktır (Şekil 4.1-d).

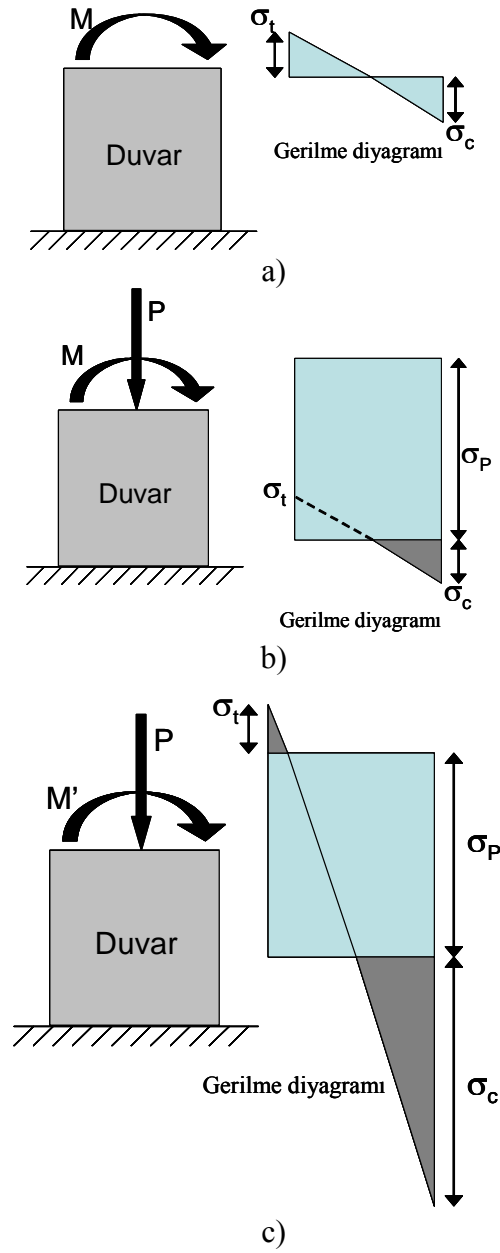
Şekil 4.1-b ve Şekil 4.1-c'nin incelenmesi neticesinde; τ_H değerinin τ_V değerinden daha büyük olduğu görülmüştür. Bu da yatay sargılamanın, düşey sargılamaya göre daha etkili olduğunu ortaya koymaktadır.



Şekil 4.1 Yatay ve düşey ard-germe duvarın kayma dayanımı artıracaktır

Şekil 4.2'de ise düzlem dışı eğilme kapasitesindeki artış açıklanmaktadır. Şekil 4.2-a'da duvarda çatlama olayı σ_t değerine çekme bölgesinde ulaşılmca meydana gelecektir. Bu duruma sebebiyet veren moment, M dir. Eğer duvara düşey sargılamadan dolayı P kuvveti uygulanırsa, düşeyde σ_p kadar bir basınç gerilmesi artışı olacaktır. Bu durumda çekme bölgesinde σ_t çekme gerilmesinin oluşması ve

çatlamanın olması için uygulanması gereken moment değeri artacak ve M' ye çıkacaktır (Şekil 4.2-c).



Şekil 4.2 Yük taşıma kapasitesindeki artışın açıklanması

4.2. Sarsma Tablası Deneyleri

Depremlerde yapılara gelen yükler dinamik nitelikli atalet kuvvetleridir. Herhangi bir yapının deprem davranışını ortaya çıkarmak için deprem yüklerine benzer yükler

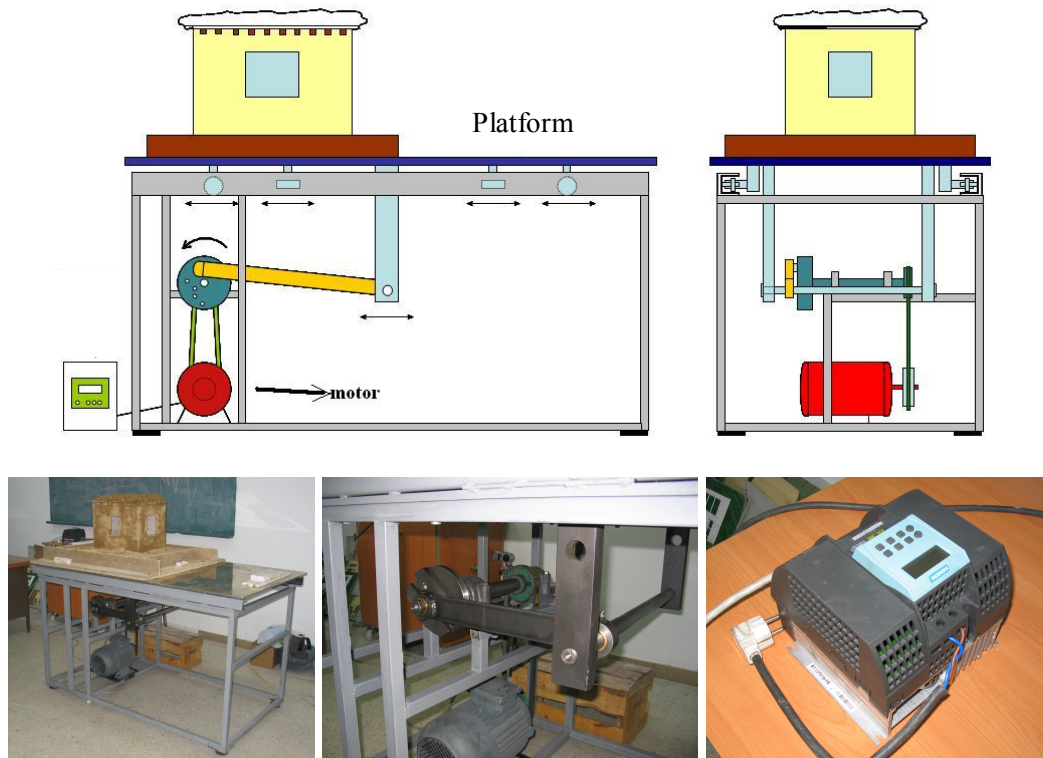
altında denenmesi gerekir. Sarsma masaları bu amaçla yapılmaktadır. Yapıları oluşturan malzemelerin davranışlarından yapı elemanlarının davranışları; eleman davranışından yapı davranışını çıkarmak deneysel çalışmayı gerektirmektedir. Yapının bir bütün olarak denenmesi ile elemanlar arasındaki etkileşme ve malzemenin bütünlük içinde davranışı konusunda önemli bilgiler sağlamaktadır. Sarsma tablası üzerinde değişik yapı sistemlerinin denenmesi ile her bir sistemin bir bütün olarak davranış özellikleri ve birbirleri ile karşılaştırılarak değişik sistemlerin birbirlerine göre göreceli üstünlükleri ortaya çıkarılabilecektir (Bayülke, 1988).

Deprem sırasında yapı ileri geri bir harekete maruz kalır. Deprem kayıtları birçok farklı periyod/frekans ve sönüm veya genliklere sahip harmonik titreşimleri içerir. Harmonik titreşimler basit olarak dalgasal hareketlerdir. Bu dalgasal hareketin iki tepe noktası arasındaki zaman aralığı, o titreşim dalgasının periyodudur; bir başka deyişle hareketin kendini bir kere tekrarı için gereken zamandır. Frekans ise birim zamanda yapılan periyodik hareket sayısıdır. Zaman birimi olarak saniye kullanılır, yani 1 saniyede harmonik bir hareketin kendini tekrar etme sayısı frekans olur ve birimi de Hertz (Hz) olarak tanımlanmıştır (web iletisi 7). Bir yapı yada cisme bir miktar yer değiştirme verilerek serbest bırakılırsa sabit bir periyotta titreştiği görülür. Bu periyot o cismin doğal titreşim periyodu olup cismin yapısal, dinamik ve malzeme özelliklerine bağlıdır. Eğer cisme uygulanan titreşimin periyodu cismin doğal titreşim periyodu ile aynı olursa cismin maruz kalacağı yer değiştirmeler ivme yükünün statik olarak uygulanmasına oranla çok büyük olacaktır. Eğer yapının sönüm oranı sıfıra yakınsa teorik olarak sonsuza yaklaşacaktır. Bu da cismin bu yüklemeye dayanamayıp kırılacağını gösterir. Bu olaya rezonans denir.

Bilgisayar kontrollü gerçek ölçekli sarsma tablası deneyleri, kayıtlı gerçek deprem kayıtları altında yapıların dinamik davranışının araştırılması amacıyla kullanılmaktadır. Ancak böyle bir sarsma tablasının imali çok pahalıya mal olmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada 1/10 ölçekli model yapılar üzerinde deneysel çalışma gerçekleştirilmiştir. Deprem etkisini benzeştiren yatay hareketi verebilmek için ise basitleştirilmiş ve düşük maliyetli bir sarsma tablası tasarlanmış ve imal edilmiştir.

4.2.1. Sarsma Tablasının Özellikleri

Sarsma tablası, yatayda bir yönde hareket edebilen bir platform ve buna hareketi veren elektrik motorundan oluşmaktadır (Şekil 4.3). Motordaki dönme hareketi, platforma yatay hareket olarak iletilmektedir. Motorun miline bağlı olarak dönen diske eksenden kaçık olarak sabitlenen bir kol, platforma bağlanmaktadır. Kolun disk üzerinde bağlandığı yerin değiştirilmesi ile platformun strok (toplam yer değiştirme) boyu değiştirilebilmektedir.



Şekil 4.3 Sarsma tablası ve kontrol ünitesi

Motorun birim zamanda yaptığı dönüş sayısını kontrol edebilmek için bir AC-motor kontrol ünitesi kullanılmıştır. Bu ünite üzerindeki dijital kontrol ekranında deney sırasında motorun, dolayısıyla platformun, frekansı değiştirilmektedir. Yapıya uygulanan yatay ivme, platformun frekansının karesi ile doğru orantılı olarak artmaktadır. Deneylere düşük bir frekans (yatay ivme) değerinden başlanmakta ve göçme olana kadar bu artırılmaktadır. Böylelikle numunenin göçme ivmesi yerçekimi ivmesinin katı olarak elde edilmektedir. Uygulanan deplasman hareketinin zamana bağlı denklemi;

$$x = r(1 - \cos(\omega t)) + L \left(1 - \sqrt{1 - \frac{r^2}{L^2} \sin^2(\omega t)} \right) \quad (1)$$

Şeklinde verilebilir. Burada x; yatay deplasman, t; zaman, r; dönen diskin yarı çapı, L; disk ve platformu bağlayan kolun boyu ve ω ; açısal frekanstır. Bu denklemin birinci türevi, platformun zamana bağlı hız (v) denklemini verecektir (denklem 2).

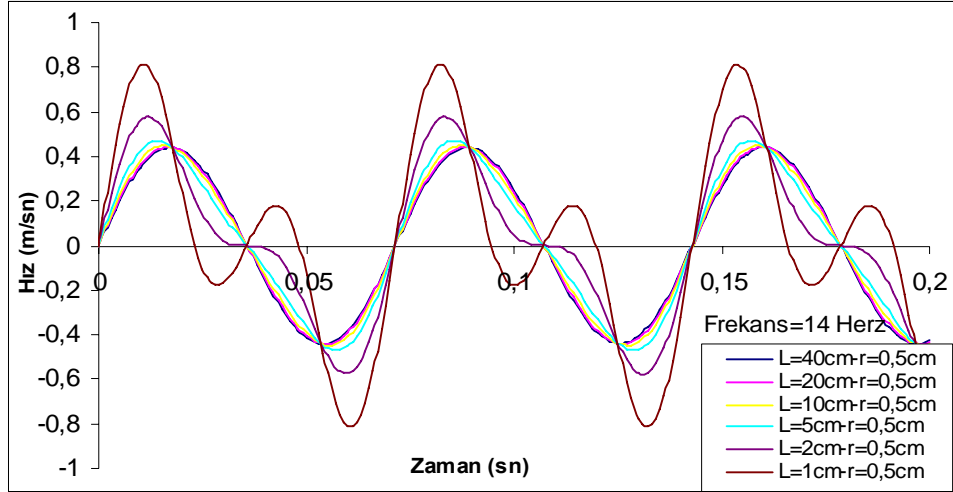
$$\dot{x} = v = r \sin(\omega t) \omega + \frac{1}{L \sqrt{1 - \frac{r^2}{L^2} \sin^2(\omega t)}} \sin(\omega t) \cos(\omega t) \omega \quad (2)$$

Platformun hız-zaman grafiği değişik L/r oranları için Şekil 4.4'de, örnek olarak seçilen 14 Hz frekansı için, verilmiştir. Denklem 2 'nin türevi ise platformun yatay ivmesini (a) verecektir (Denklem 3).

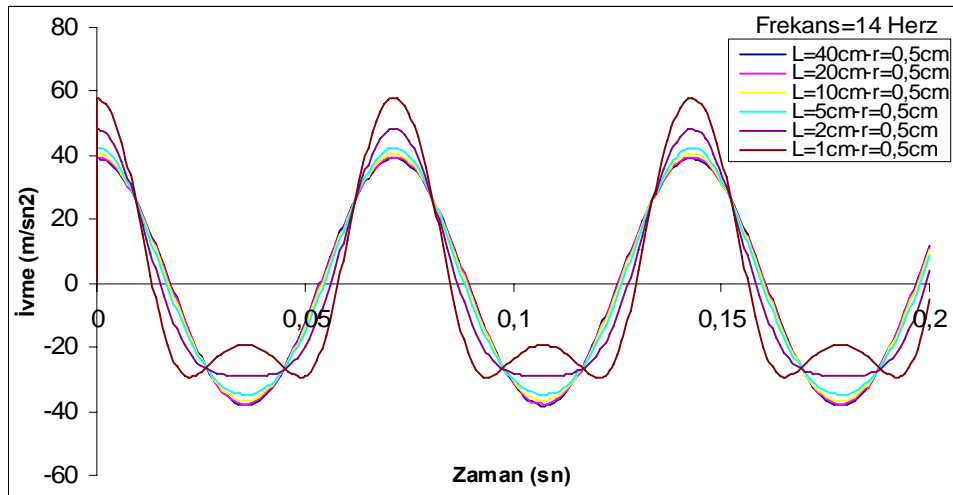
$$\begin{aligned} \ddot{x} = a = & r \cos(\omega t) \omega^2 + \frac{1}{L^3 \left(1 - \frac{r^2}{L^2} \sin^2(\omega t) \right)^{\frac{3}{2}}} r^4 \sin^2(\omega t) \cos^2(\omega t) \omega^2 \\ & + \frac{1}{L \left(1 - \frac{r^2}{L^2} \sin^2(\omega t) \right)^{\frac{1}{2}}} r^2 (\cos^2(\omega t) - \sin^2(\omega t)) \omega^2 \end{aligned} \quad (3)$$

Sonuç ivme-zaman grafiği “sinüs” eğrisi şeklindedir ve değişik L/r değerleri için 14 Hz frekansında Şekil 4.5'de verilmiştir.

Her iki şekilde incelendiğinde L/r oranının oluşturulacak dinamik hız ve ivme fonksiyonları için büyük öneme sahip olduğu ve L/r oranının yüksek bir değer seçilmesi gerektiği görülmektedir. Deneylerde kullanılan sarsma masasında L/r oranı 80 olarak seçilmiştir. Elde edilen ivmelerin gerçek prototip (1:1 model) ortamına dönüştürülebilmesi için model oranına (10) bölünmesi gereklidir (Jingqian, 1986 – Tolles, 1986).



Şekil 4.4 Platformun 14 Hz frekansında değişik L/r değerleri için örnek hız-zaman grafiği



Şekil 4.5 Platformun 14 Hz frekansında değişik L/r değerleri için örnek ivme-zaman grafiği

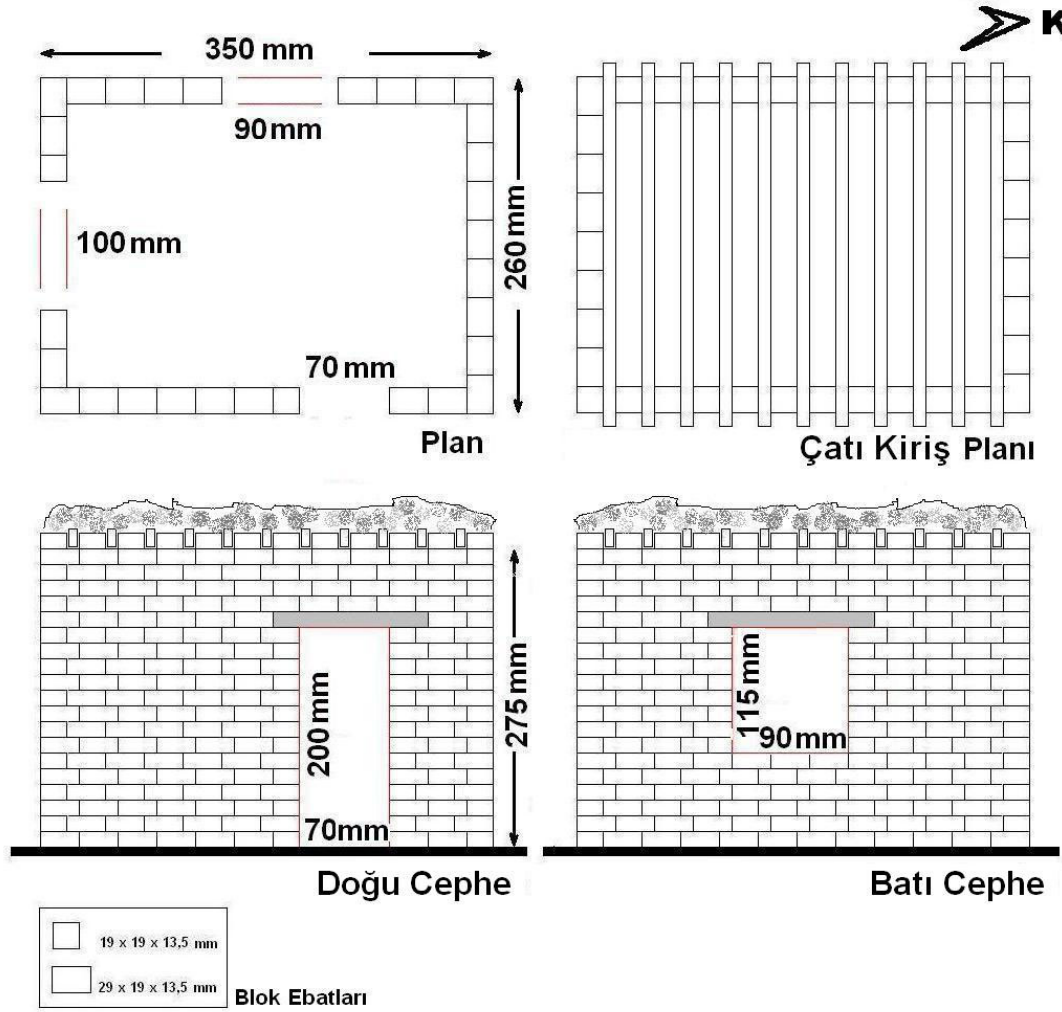
Deneysel sırasında masanın toplam yer değiştirmesi (strok) sabit tutulup frekans artırılarak numunenin maruz kaldığı ivme de kademeli olarak artırılmıştır. Ancak taranan frekans aralığında uygulanan frekanslardan birisinin doğal titreşim frekansı ile çakışması halinde elde edilen göçme rezonans hali olacak ve gerçek göçme durumunu yansıtmayacaktır. Bunu önlemek için frekansın sabit tutularak, ivmenin artırılması gereklidir (Benedetti ve diğ., 1998). Bu da ancak sabit frekansta yer değiştirmenin artırılması ile mümkündür. Bu çalışmada artan ivmeler numunelere dinamik olarak uygulanmıştır. Sarsma masasında uygulanan ilk sarsma frekansı, yapının hakim ilk frekansından çok küçük olduğu için, herhangi bir rezonans etkileşimi olmamıştır.

4.2.2. Deney Numunelerin Özellikleri

Test edilen numuneler tek katlı bir kırsal kesim yapısının 1:10 ölçekli modelidir. Gerçek bir kırsal konut plan tipinin modellenmesi yerine yapının sadece bir odası modellenmiştir. Bunun iki sebebi bulunmaktadır. İlki maliyeti belirli bir seviyede tutabilmektir. Diğeri ise daha önce yapılmış çalışmalarda yaklaşık belirlenen bu formda bir oda üzerinde deneylerin yapılmış olmasıdır.

Model yapının genel özellikleri aşağıdaki gibidir (Şekil 4.6):

- Model yapı 260x350 mm planında ve 275 mm yüksekliğindedir.
- Batı cephesinde 90x115 mm ve
- Güney cephesinde 100x115 mm olan birer pencere boşlukları,
- Doğu cephesinde 70x200 mm olan kapı boşluğu bırakılmıştır.
- Kuzey cephesi sağır olması düşünülmüştür.
- Modelde kullanılacak tuğlalar, ODTÜ’de yapılacak olan 1:1 ölçekli deneyde kullanılacak olan tuğlaların 1:10 ölçek olarak küçültülmüş hali olup traverten taşlardan kestirilerek elde edilmiştir.
- Harç olarak killi topraktan yapılan harç kullanılmış, çimento ilave edilmemiştir. Duvarda çatlakların derzleri takip edeceği öngörülmüştür. Bu kabul, harcın tuğladan daha zayıf olması nedeniyle gerçekçidir.



Şekil 4.6 Model yapının boyutsal özellikleri

Platformun üstünde toprak zeminde modellenmiştir. Temel çukuru içinde kalın temel duvarından sonra, uygulamada görülen kesit özelliklerine göre yığma tuğla duvar örülmüştür. Yapıda dik duvarlarda iki adet pencere ve diğer duvarda bir adet kapı da bulunmaktadır.

Yapının çatısı toprak damlı kırsal yapılarınkine benzer şekilde yapılmıştır. Ahşap çatı kirişlerine dik olarak dam sazları yerleştirilmiştir. Bunun üzerine ağır dam yükünü temsil edecek şekilde çamur konulmuştur. Konulan çatı yükü 7.5 kN/m^2 karşılık gelmektedir. Duvar dış yüzeyine ince bir tabaka halinde çamurdan sıva uygulanmış ve dış yüzeyi, çatlamaları görebilmek için, beyaza boyanmıştır. Model numunenin boyutları ve yapım aşamaları Şekil 4.7'de verilmiştir.



a) Toprak içinde kakac temel için hazırlanan 50 mm eninde duvar



b) Pencere alt hizasına kadar örülmüş duvar



c) Çatı kirişleri bitmiş numune



d) Çatı kirişleri üzerine hasır ve kamışların konulması



e) Evin dış yüzeyinin çamurla sıvanması



f) Toprak damlı bitmiş evin dış duvarların beyaza boyanması

Şekil 4.7 1/10 ölçekli numunelerin yapım aşamaları

1/10 ölçekli deneyler kapsamında toplam 11 adet deney yapılmıştır. Ancak tez içeriğine sadece 9 adet deney alınmıştır. İlk denenen numune “Referans-orijinal numune-(RN1)” dir. Bu numune de herhangi bir güçlendirme uygulanmamış, kırsal kesimde gözlenen yapım tekniğine uygun olarak yapılmıştır. Ancak bu deney sonunda uygulanan çatı yükünün daha da artırılması gerektiğine karar verildiği için deney tekrarlanmış ve ikinci numunenin ismi “Referans-orijinal numune-(RN2)” olarak isimlendirilmiştir. Bu numuneler karşılaştırma yapılırken kullanılacak referans numunelerdir.

Sadece yatay elastik şeritlerle güçlendirme uygulanmış numune, “Yatay elastik şeritlerle güçlendirilmiş numuneler-(YSN1)” olarak adlandırılmıştır. Bu numunede kullanılan lastiklere göre daha esnek lastikler kullanılarak “YSN2” numunesi üretilerek test edilmiştir.

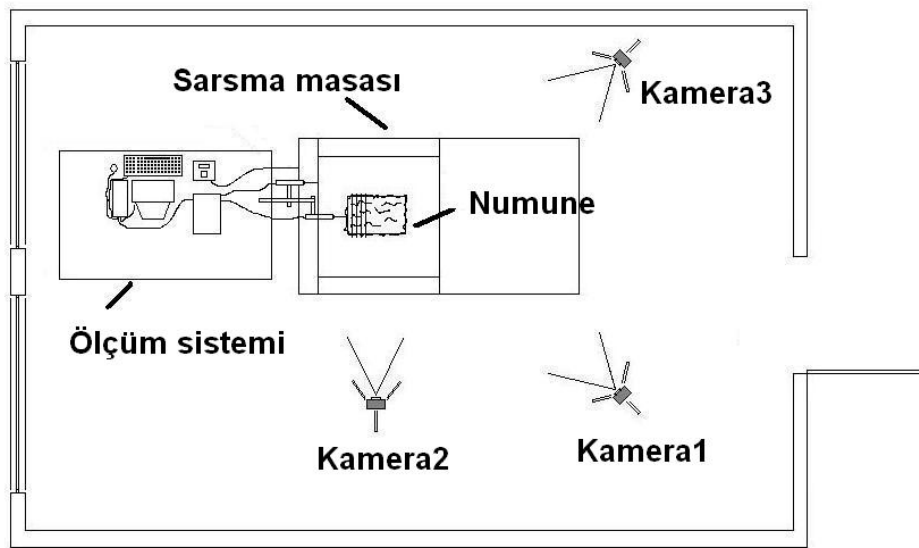
Sadece düşey elastik şeritlerle güçlendirme uygulanmış numune, “Düşey elastik şeritlerle ard-germe uygulanması-(DSN)” olarak adlandırılmıştır. Hem yatay hemde düşey lastiklerin birlikte kullanılması ile güçlendirilmiş numune, “Yatay ve düşey sargılarla güçlendirilmiş numuneler (YDSN1)” olarak adlandırılmıştır. “YDSN1”

numunesinde bina köşelerinde çatıdan temele kadar uzanan düşey dikmeler kullanılmış ve yatay sargılama bunların çevresinden geçirilmiştir. Bu dikmelerin daha kısa olarak uygulanması ile “YDSN2” numunesi üretilmiştir.

Hiçbir güçlendirme alternatifi uygulanmadan sadece hatıl inşasının etkisini görmek için “Hatıllı numune-(HN)” üretilmiştir. Referans orijinal numunenin 90 derece döndürülmesiyle de “Dik olarak döndürülmüş numune-(DDN)” numunesi üretilmiştir. Çalışma kapsamında sunulmayan diğer 2 numunede ise tabanda uygulanan izalatörlerin etkisi incelenmiş ancak 1/10 ölçekte izalatörlerin modellenmesi ile ilgili ortaya çıkan problemten dolayı deneylerde istenen sonuçlar elde edilememiştir.

4.2.3. Deney ve Gözlemler

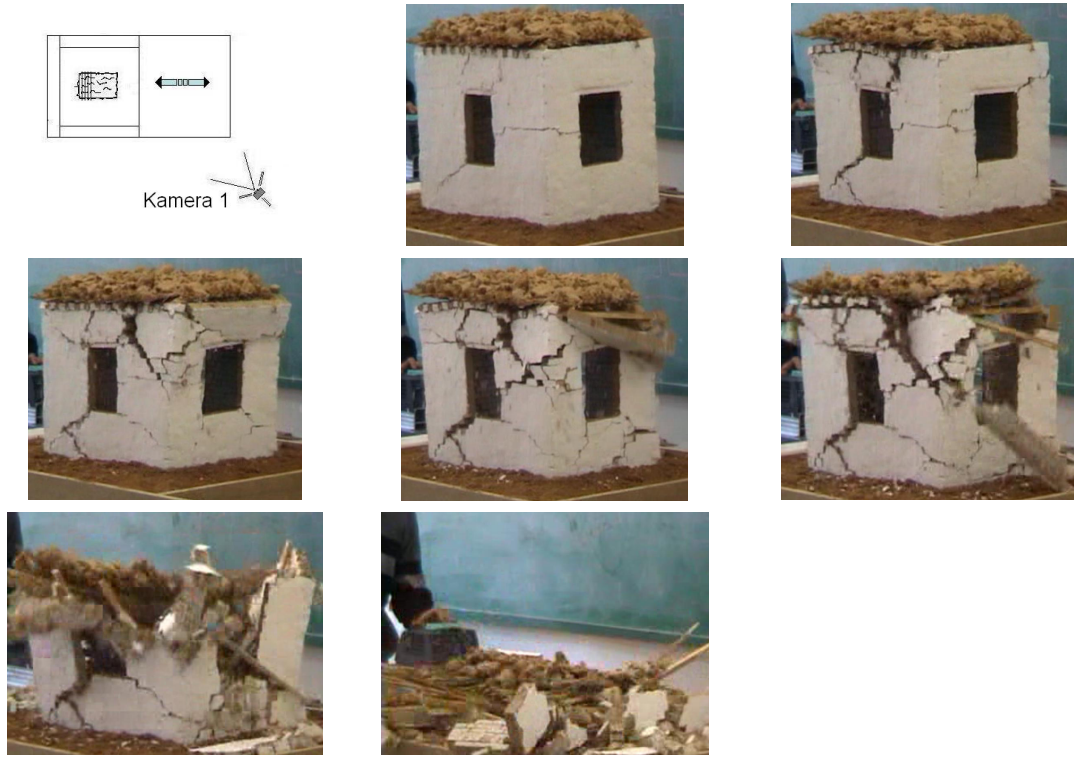
Sarsma tablasının basitleştirilmiş olması nedeniyle deneylerde gerçek bir deprem verisi kullanılmamıştır. Bunun yerine düşük frekanstan başlayarak artan bir hareket uygulanmıştır. Böylelikle her numunenin göçme durumu tespit edilmiştir. Deneyler değişik açılarda yerleştirilmiş üç adet kamera ile kaydedilmiştir (Şekil 4.8).



Şekil 4.8 Kamera kayıt yerlerinin plan şemasında konumları

4.2.3.1. Referans-Orijinal Numune (RN1)

İlk denenen numune hiçbir güçlendirme içermeyen ve orijinal yapım detaylarına göre üretilen RN1 numunesidir. Bu deneyin sonunda çatı yükünün daha da artırılmasına karar verildiği için deney tekrarlanmıştır (RN2). RN1 deneyinde sadece bir kamera ile kayıt yapılmıştır. Deney sırasında numunede oluşan çatlaklar ve göçme mekanizması Şekil 4.9’da verilmiştir.



Şekil 4.9 RN1 numunesinin hasar ve göçme sırası

Dinamik hareket kuzey-güney yönünde uygulanmıştır. İlk çatlaklar diyagonal olarak batı yönündeki duvarda pencere altında görülmüştür. Aynı pencerenin üstündeki lento köşesinde diyagonal olarak çatlaklarda başlamıştır. Hareketin yönünün değişmesi ile ilk diyagonal çatlağa dik yönde yeni çatlak oluşmuş ve X çatlağı şeklini almıştır. Bu aşamadan sonra güney yönündeki pencerenin üzerinde bulunan duvar parçası ayrılarak düzlem dışına devrilmiştir. Güney ve batı duvarlarının arasında kalan duvar köşesinin üst parçası ayrılarak duvarların serbest titreşmeye başlamasına

neden olmuştur. Bu aşamadan sonra ani olarak yapının ve çatının tamamen göçmesi meydana gelmiştir.

4.2.3.2. Referans-rijinal numune (RN2)

İkinci referans numunenin (RN2) çatı yükü RN1'den fazladır ve 3 adet kamerayla kayıt edilmiştir. Deney öncesi durum Şekil 4.10'da verilmiştir.

İlk çatlak oluşumu kapı ve batı duvarında diyagonal olarak görülmüş, hareket yön çevirince X şeklinde çatlak oluşmuştur. Deneyin ilerleyen aşamalarında güney duvarında pencere altındaki bir kısmın ayrıldığı ve duvarlar arası bağlantının kopması nedeniyle çatının ani bir şekilde göçtüğü görülmüştür. Bu numunenin göçme ivmesi RN1'in 0.96'sı kadardır. Şekil 4.11'de göçme sırası, Şekil 4.12'de numunenin deney sonu durumu verilmiştir.



Şekil 4.10 RN2 numunesi



Şekil 4.11 RN2 numunesinin hasar ve göçme sırası



Şekil 4.12 RN2 numunesinin deney sonrası durumu

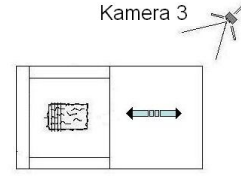
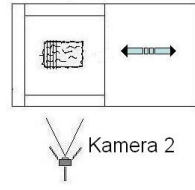
4.2.3.3. Dik Olarak Döndürülmüş Numune (DD)

Bundan önceki deneylerde pencere ve kapı boşlukları bulunan duvarlar yatay harekete paralel olarak yerleştirilmişti. Yapıya daha önceki deprem yönüne dik yönde yer hareketi gelmesi durumunda hasar karakterini incelemek için bu deney numunesi hazırlanmıştır. Numune saat yönünde 90^0 döndürülerek masaya yerleştirilmiştir (Şekil 4.13).

İlk çatlak harekete paralel olan (pencere bulunan) duvarda, ikinci çatlak ise boşluk olmayan duvarda oluşmuştur. Hareketin yön değiştirmesiyle X çatlağı oluşmuştur. Deney numunesinin göçme ivmesi, RN1 numunesinin göçme ivmesinin 0,9 katı kadardır. Şekil 4.14’de deney numunesinin göçme mekanizması verilmiştir.



Şekil 4.13 DD numunesi



Şekil 4.14 Dik olarak döndürülmüş numunenin göçme mekanizması

4.2.3.4. Hatıllı Numune (HN)

Hatılın yığma yapı davranışı üzerindeki etkisini görmek için bu deney numunesinde temel seviyesinin hemen üzerinde ve kapı ve pencere seviyesinin üzerinde yapıyı çepeçevre saran ahşap hatıllar konulmuştur (Şekil 4.15).



a) Pencere alt hizasındaki hatıl



b) Pencere üst hizasındaki hatıl



c) Pencere üst hizasındaki hatıl

Şekil 4.15 Hatıllı deney numunesi

İlk çatlaklar hatıllara paralel şekilde sol pencere ve kapı üstünde görülmüştür. Sol cephede bulunan duvarda diyagonal çatlağın oluşmasıyla ters yönlü hareketle çatlak X şeklini almıştır. Ancak bu çatlaklar hatılları keserek ilerleyemediği için durmuş, bunun yerine üst hatıl seviyesinde yatay kayma gözlenmiştir. Bu aşamadan sonra köşede kalan parça bağlantılarını kopararak binanın yıkılmasına neden olmuştur. Hatılsız yapıya kıyasla davranışta çok fazla bir iyileştirme gözlenmemiştir. Bunun nedeni 1/10 ölçekli numunede hatılların duvarlara ve köşelerde birbirlerine bağlanamaması olarak değerlendirilmiştir.

Deney numunesinin göçme ivmesi, “RN1” numunesinin göçme ivmesinin 1,1 katı kadardır. Şekil 4.16’da deney numunesinin göçme mekanizması verilmiştir.



Şekil 4.16 Hatıllı deney numunesinin göçme mekanizması (HN)

4.2.3.5. Yatay Elastik Şeritlerle Güçlendirilmiş Numuneler (YSN1-YSN2)

Deney numunesi “YSN1”de yapı çatı seviyesinin hemen altından yatay olarak sargılanmıştır. Bunun için yapının 4 köşesine 8 adet ahşap hatıl dikey olarak yerleştirilmiştir. Bu hatıllar zemin seviyesinin altına kadar uzatılmış ve bu seviyede de sargılanmıştır (Şekil 4.17). Yatay sargılama için gerçek uygulamada kullanılacak otomobil lastikleri için, bisiklet iç tekerinden elde edilmiş lastik kullanılmıştır. Gerçekte lastik halkaları arasında kullanılacak bağlantı mekanizması bağlantının lastikten daha dayanıklı olması nedeniyle modellenmemiştir.

İlk çatlaklar batı duvarında pencere altında oluşmuştur. Ayrıca güney duvarındaki pencere ve kapı arasında da birbirine paralel yatay çatlaklar oluşmuştur. Deneyin ilerleyen aşamalarında uygulanan ivmenin artması ile çatlaklar daha geniş bir alana yayılmıştır. Ancak RN1 ve RN2 deneylerinde olduğu gibi derin çatlaklar oluşmamıştır. Ayrıca çatlakların ve hasarın oluşum süreci daha yavaştır. Çatlakların derinliği de göreceli olarak daha azdır. Son aşamada ise güney duvarındaki pencerenin altında bulunan duvar parçası dağılmış ve bu pencere ile kapı arasında bulunan duvar tamamen yıkılmıştır. Deney bu aşamada durdurulmuştur. Deney sonunda uygulanan ivme RN1 numunesinin göçme ivmesinin 1,7 katı kadardır. Çatı göçmemiştir. Şekil 4.18’de deney sırasında numune oluşan hasar sırası verilmiştir.



Şekil 4.17 YSN1 numunesi



Şekil 4.18 YSN1 numunesinin hasar ve göçme sırası

Gerçek uygulamada ard-germe lastiklerinde oluşabilecek gerilme kayıplarının etkisini görmek için, daha esnek (yumuşak) lastikler kullanılarak “YSN2” numunesi hazırlanmıştır (Şekil 4.19). Bu deney numunesinin imali sırasında uygulanan ard-germe kuvveti “YSN1” den azdır.

Gözlenen hasar, hem batı hem de güney duvarlarında pencere altında diyagonal çatlakla başlamıştır. Ayrıca kapı ve pencereler üstündeki duvar parçalarında hasar gözlenmiştir. Genel olarak çatlaklar düzleminde harekete maruz batı duvarında pencere altında düzgün dağılmıştır.

Deney sonunda güney penceresinin altındaki duvar parçası düzlem dışına devrilerek dağılmıştır. Hasarın ve davranışın genel karakteri “YSN1” deneyinde gözlenenle aynıdır. Çatlaklar daha az derin, düzgün dağılmış, oluşumu daha yavaş ve deney sonunda çatı göçmesi gözlemlenmiştir. Deney sonunda uygulanan ivme “RN1” numunesinin göçme ivmesinin 1,7 katı kadardır. Şekil 4.20’de “YSN2” deneyinin hasar ve çatlak oluşum sıralaması verilmiştir.



Şekil 4.19 YSN2 numunesi



Şekil 4.20 YSN2 numunesinin hasar ve göçme sırası

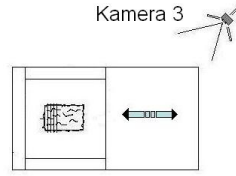
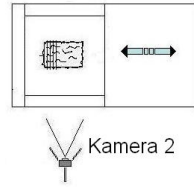
4.2.3.6. Düşey Elastik Şeritlerle Ard-Germe Uygulanması (DSN)

Elastik şeritlerin ard-germe işleminde kullanılmasının diğer bir yolu olarak düşünülen düşey ard-germe “DSN” numunesinde denenmiştir. Yapı duvarlarında zemin seviyesinin hemen üstünde bir adet tuğlanın çıkarılması ile oluşan boşluktan elastik şerit geçirilmiş ve çatı kirişinin üstünden geçirilerek duvara düşey yönde bir sargılama ve ard-germe uygulanmıştır. 30 cm uzunluğundaki duvarlarda (güney ve kuzey) 3 er adet, 40 cm uzunluğundaki pencere duvarda (batı) 4, kapılı duvarda (doğu) 3 adet sargılama uygulanması öngörülmüştür (Şekil 4.21).

Batı duvarında zemin seviyesinin hemen üstünde meydana gelen yatay çatlakın yanı sıra, kapı üzerinde diyagonal çatlaklar da görülmüştür. Yatay çatlak ilerleyerek tüm batı duvarının altına yayılmıştır. Batı ve güney pencerelerinin üstünde diyagonal olarak oluşan çatlaklar düşey sargılar nedeniyle ilerlememiştir. Daha sonraki aşamalarda batı penceresinin üst ve altında ve kapı üstünde hasar artmıştır. Oluşan çatlaklar geniş bir alana yayılmış, çatlak derinliği “RN1” numunesine göre daha az derinlikte olmuş ve hasar daha uzun bir zaman aralığına yayılmıştır. Çatı göçmesi gözlenmemiştir. Deney sonunda uygulanan ivme “RN1” numunesinin göçme ivmesinin 1,4 katı kadardır. Şekil 4.22’de “DSN” numunesinin hasar mekanizması ve Şekil 4.23’de ise numunenin deney sonu durumu verilmiştir.



Şekil 4.21 DSN numunesi



Şekil 4.22 DSN numunesinin hasar ve göçme sırası



Şekil 4.23 DSN numunesinin deney sonu durumu

4.2.3.7. Yatay ve Düşey Sargılarla Güçlendirilmiş Numuneler (YDSN1-YDSN2)

“YDSN1” numunesinde “DSN” ve “YSN2” numunelerinde uygulanan güçlendirme tekniklerinin her ikisi birden uygulanmıştır. Numune hem yatay hem de düşey yönlerde sargılanmıştır. Köşelere düşey olarak konulan ahşap hatıllar temel seviyesine kadar uzatılmıştır. Oluşan ilk önemli çatlak binanın tabanında zemin seviyesinin üstünde yatay olarak meydana gelmiştir. Ayrıca batı ve doğu duvarlarındaki açıklıklar köşelerinden başlayarak diyagonal çatlaklar oluşmuş ancak derin X çatlakları meydana gelmemiştir. Batı duvarında bulunan pencere altındaki duvar parçasında dağınık olarak çatlaklar oluşmuştur. Güney penceresinin altındaki duvar parçası ise ilerleyen aşamalarda dağılmıştır. Bina tabanında oluşan yatay çatlaklar oluşan rijit cisim ötelenmesi ve dönmesinin işareti olarak yorumlanmıştır. Deney sonunda uygulanan ivme “RN1” numunesinin göçme ivmesinin 2,2 katı kadardır. Şekil 4.24’de “YDSN1” numunesinde oluşan hasar sıralaması verilmiştir.



Şekil 4.24 YDSN1 numunesinin hasar ve göçme sırası

“YDSN1” deneyinde “RN2” numunesine göre uygulanan maksimum ivmede 2.2 katlık artış ve iyileşme elde edildikten sonra, köşelere konulan düşey ahşap hatılların sadece lastik genişliğinden biraz uzun olması durumunda dayanımdaki değişimi incelemek amacıyla “YDSN2” numunesi üretilmiştir (Şekil 4.25). Böylelikle düşey ahşap hatılın getirdiği ek maliyet ortadan kaldırılacaktır. Deneyden edinilen hasar dağılımı Şekil 4.26’da verilmiştir. Bu numunede dinamik yükler altında meydana gelen hasar dağılımı “YDSN1” numunesine benzer şekildedir. Deney sonunda uygulanan ivme RN1 numunesinin göçme ivmesinin 2,1 katı kadardır. Ancak bu numunenin duvarlarında az miktarda çatlama ve deformasyon oluşarak bina tabanında meydana gelen kesme sonucu yapı bir bütün halinde hareket etmiş ve bu durum rijit cisim ötelenmesi olarak nitelendirilmiştir. Bu hareketin düşey ahşap hatılların zemin altına uzatılmaması sonucu olduğu düşünülmüştür. Güçlendirilmiş duvarların yıkılmadan zemin üzerinde kayması ile kısmen sismik izolasyon durumu oluşmakta ve deprem hareketleri binaya bu sebeple tam olarak aktarılamamaktadır. Böylelikle de duvarlara gelen kuvvetler azalmaktadır. Gözlenen nispeten sünek davranış, deprem açısından olumlu bulunmuştur.



a)



b)

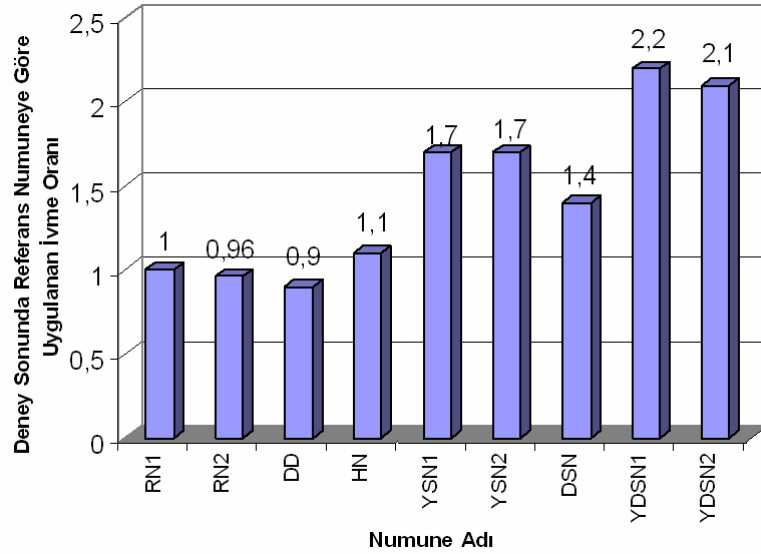
Şekil 4.25 YDSN2 numunesi



Şekil 4.26 YDSN2 numunesinin hasar ve göçme sırası

4.2.3.8. Deneylerin Değerlendirilmesi

1:10 ölçekli sarsma tablası sonuçları prototip (RN1 numune) oranına çevrilerek Şekil 4.27'de sunulmuştur. Bu şekilde uygulanan maksimum ivmeler, yerçekimi ivmesinin katı olarak verilmiştir.



Şekil 4.27 Deney sonu ivmelerinin karşılaştırılması

Çatı ağırlığı artırılan RN2 numunesinin RN1 numunesine göre sadece 0.96 kat yatay yükte yıkılması da modelleme oranı ile bağlantılıdır. 1/10 oranında kütle $1/10^3$ ile orantılı iken rijitlik ise sadece 1/10 kat azalacaktır. Ayrıca numune üretimi sırasında yapılmış olması olası bazı farklılıklar sonuçlar üzerinde etkili olmuş ve net farkı azaltmış olacağı düşünülmektedir.

Dik olarak döndürülen numune (DD), yapıya gelen depremin yönündeki değişikliğin yapının davranışına olan farklı etkilerini görmek amacıyla yapılmıştır. Bu yönde de deprem kuvveti vererek deneylerin yenilenmesine gerek olmadığı kanaatine varılmıştır:

Hatıllı numunenin yatay yük taşıma kapasitesindeki artışın 1.1 kat ile sınırlı kaldığı görülmektedir. 1/10 ölçekte üretilen hatıllar arası bağlantının pratikte uygulanan bağlantıya uygun olarak yapılamamasının ve hatıllarla tuğla elemanlar arası

aderansın tam modellenememesinin bu sonuç üzerinde etkili olduğu değerlendirilmiştir.

Rijit diyafram oluşturmeyen çatılı evlerde, duvarlar daha kolay yıkılmakta, düşey ard-germe ile konsol çalışmakta ve yatay ard-germe ile iki yönlü bükülme davranışı iyileşmektedir. Düzlem dışı iyileşmeye ek olarak düzlem içi diyagonal çatlak açılmaları ard-germe ile gecikmekte ve duvarların güçlenmesi ile duvarların öncelikle göçmemesi sonucu çatı daha uzun süreli taşınabilmektedir.

Netice olarak hem yatay hem de düşey sargılı elemanlar referans orijinal numuneye göre 2.2 kat fazla yatay yük taşımış ve göçme mekanizması tamamen değişmiştir. Önerilen güçlendirme metodunun kullanıcılara deprem esnasında en azından konutu terk edecek kadar zaman tanıyacağı düşünülmektedir. Hedeflenen konut türünün ekonomik değerinin yüksek olmaması nedeniyle, sadece kullanıcıların hayatının kurtarılması doğru bir yaklaşım olarak görülmektedir. Ayrıca çevre açısından problem teşkil eden atık oto lastiklerinin kullanılması çalışmanın bir diğer olumlu yönüdür.

4.3. Güçlendirme Metodunun Uygulanması

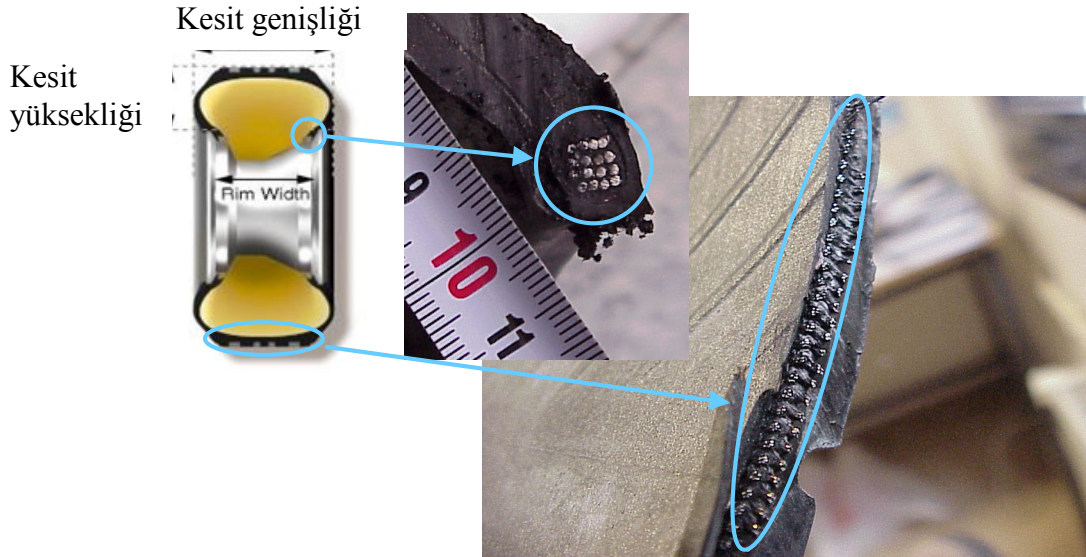
Yığma yapılara elastik şeritlerle ard germe uygulanması durumunda deprem dayanımındaki iyileşme hakkında görüş sahibi olabilmek için yapılan deneyler ışığında otomobil lastikleri ile uygulanacak ard germe yöntemini gerçek uygulamasının nasıl olması gerektiğine karar verilmiştir. Ard germenin belirli aralıklarla düşey olarak ve çatı seviyesinin hemen altında da yatay olarak uygulanması kararlaştırılmıştır. Bu bölümde ise lastiklerin birbirine eklenmesi ve yığma yapı duvarlarına nasıl yerleştirileceği, ard germe kuvvetinin nasıl uygulanacağı anlatılacaktır. Bu bölümde Dünya Bankasının desteğinde gerçekleştirilen DM2003, 1451 nolu proje kapsamında ODTÜ Yapı Mekaniği Laboratuvarında yapılan 1/1 ölçekli eğilme tablası deneylerinden (DM2003, Proje No 1451) ve aynı proje kapsamında Hatay ilinde, Odabaşı Belediyesi tarafından

sağlanan bir yapıda gerçekleştirilen uygulamadan elde edilen fotoğraflardan yararlanılmıştır. 1/1 ölçekli deneylerin içeriği Bölüm 4.4 de verilecektir.

Kullanılmış oto lastikleri ücret ödenmeksizin temin etmek mümkündür. Oto lastikleri, içerisinde özellikle sırt bölgesinde bulunan çelik elemanlar (Şekil 4.28-Şekil 4.29) sayesinde, yüksek çekme dayanımına sahiptir. Çekme dayanımı belirleme ile ilgili yapılan deneysel çalışmalar literatür özeti kısmında verilmiştir (Gölmüş, 2005).



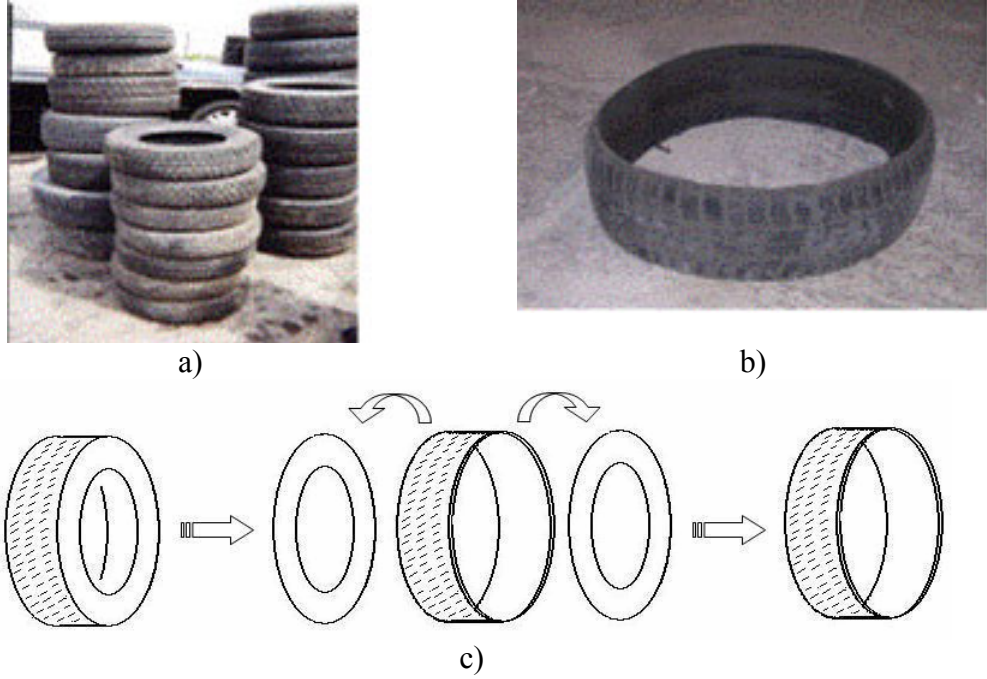
Şekil 4.28 Otomobil lastiğinin en kesiti
(DM2003-1451 Proje Raporu, 2003)



Şekil 4.29 Oto lastiklerinin içinde bulunan çelik elemanlar
(DM2003-1451 Proje Raporu, 2003)

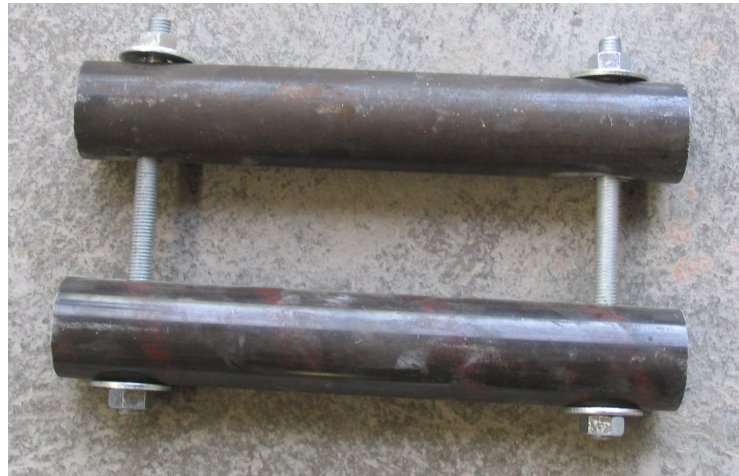
Oto lastiklerinin yanaklarının kesilerek çıkarılması ile lastik halkası elde edilmiştir (Şekil 4.30). İstenilen uzunlukta lastik şeritler elde edebilmek için, lastik halkalarının birbirine bağlanması gerekmektedir. Bu amaçla kullanılacak bağlantının en az lastik halkasının kendisi kadar dayanıklı olması gerekmektedir. Bağlantı

elemanın tasarımı ve geliştirme aşamaları Gölalmiş (2005) tarafından yapılan çalışmada detaylı olarak verilmiştir.



Şekil 4.30 Kullanılmış oto lastiklerin yanaklarının kesilmesi ve lastik halkasının elde edilmesi (DM2003-1451 Proje Raporu, 2003)

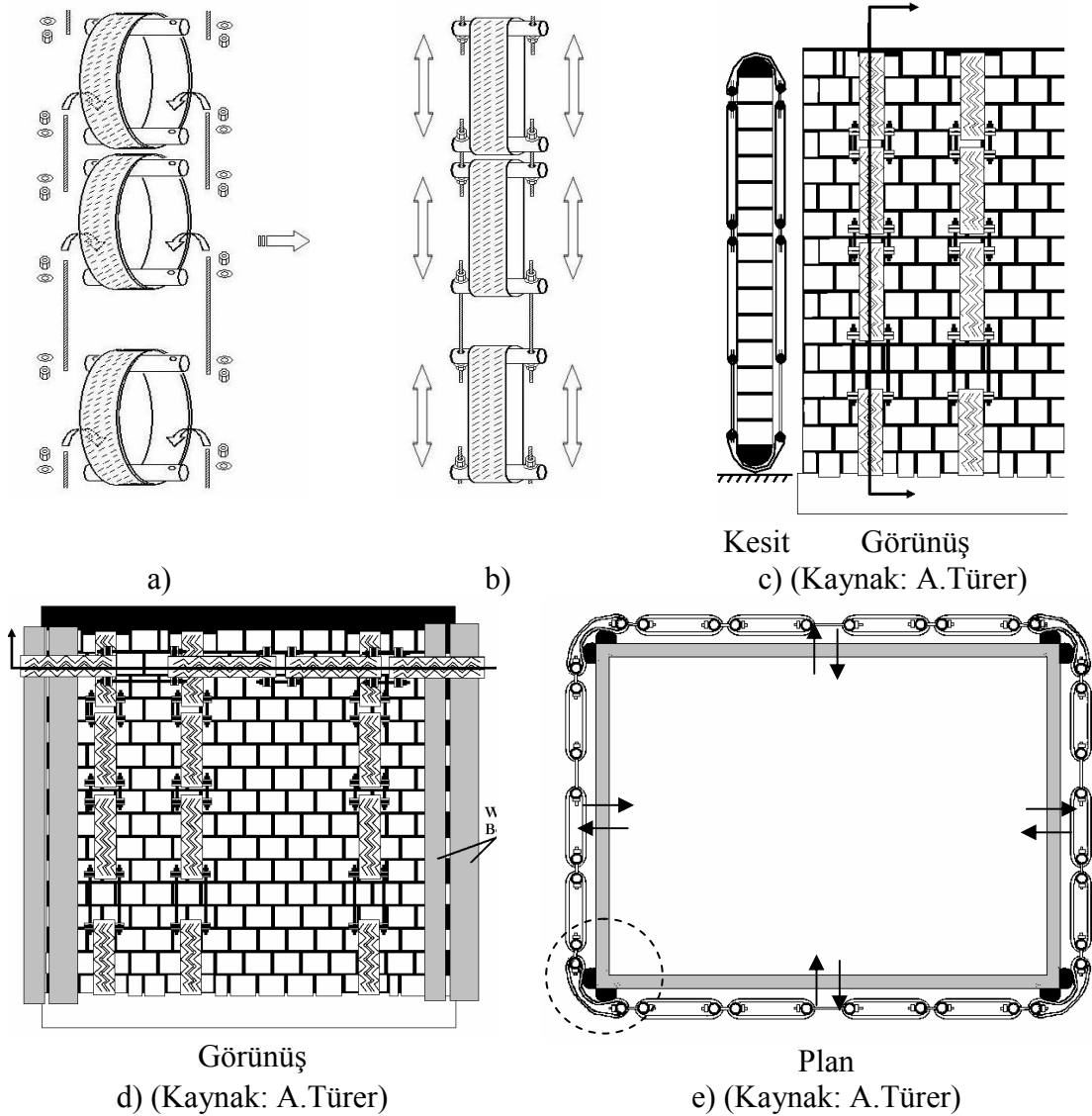
Bağlantı elemanında iki adet 5 cm çapında demir boru kullanılmıştır. Bu boruların her iki ucundan üzerinde yivler bulunan çelik çubukların geçebileceği kadar 2 cm çapında delikler açılmıştır. Bu delikler arası, otomobil lastiğinin yerleşebileceği kadar aralıklı bırakılmıştır (Şekil 4.31). Yivli çelik elemana dört adet pul ve somun eklenmesi ile bağlantı tamamlanmış olacaktır.



Şekil 4.31 Lastik halkaları arasında kullanılan bağlantı elemanı (DM2003-1451 Proje Raporu, 2003)

Şekil 4.32-a’da gösterilen şekilde lastik halkaları istenilen uzunlukta lastik şeridi elde edilecektir. Bu lastik şeridin yığma duvara düşey ya da yatay olarak sarılması ile lastik zinciri oluşacak ve bağlantı elemanlarında bulunan somunların karşılıklı döndürülmesi ile çelik borular arasındaki mesafe azalacak ve lastikler üzerinde çekme gerilmeleri oluşacaktır (Şekil 4.32 b-c). Lastikler üzerine tatbik edilen çekme yükleri, yığma duvar parçasına basınç gerilmeleri olarak aktarılacaktır.

Lastik şeridin binanın çevresine yatay olarak sarılması ile yapı köşelerinden içeri doğru sıkıştırılacak ve bu da deprem esnasında köşelerde sık rastlanan ayrışmayı geciktirecek veya önleyecektir (Şekil 4.32-d-e).



Şekil 4.32 Lastik zincirinin oluşturulması uygulaması
(DM2003-1451 Proje Raporu, 2003)

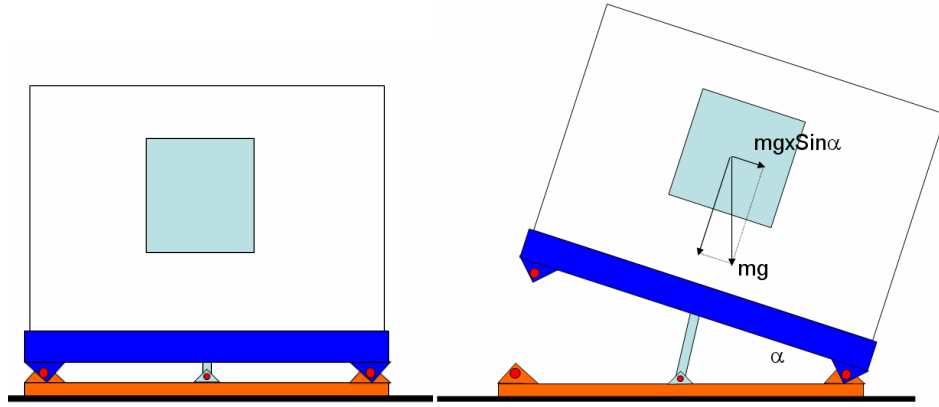
4.4. Eğilme Tablası Deneyleri

1/10 deneylerinde elde edilen sonuçlar ışığında karar verilen güçlendirme metodunu daha detaylı incelemek için ODTÜ, Yapı Mekaniği Laboratuvarında 1/1 ölçekli gerçek boyutta bir deney gerçekleştirilmiştir. Bu düzenekte, 1/10 ölçekli modelde denenen birçok alternatif güçlendirme yöntemi arasından en iyi teknik seçilmiş ve uygulanmıştır. Denenecek numunede 1/10 ölçekli deney numunesine paralel olarak bir duvarında kapısı, 2 duvarında birer penceresi olan 3.00 m x 4.00 m planında ve 3.00 m yüksekliğinde bir odalı bir yapı ele alınmıştır. Deney numunesinde 18.5x29x13.5 cm'lik düşey delikli yığma tuğlası kullanılmıştır. Deney numunesinin üretiminde inşaat sektöründe çalışan duvar ustası seçilmiş, uygulamadakinin aynısı olacak şekilde harç hazırlaması ve duvarı örmesi istenmiştir. Harç 1 oranında çimento, 1 oranında kireç, 1.5 oranında su ve 7 oranında kumdan oluşturulmuştur. Hazırlanan harçtan alınan 7.5x15 cm boyutlarındaki silindir numunenin 28 günlük basınç dayanımı 3,6 MPa'dır. Çatı yükü paralel kirişler üzerine oturtulmuş ve bu kirişler paralel iki duvar üzerine yüklenmiştir. Bu çatı uygulaması Türkiye'de kırsal kesimde genel olarak görülen çatı tipidir. Ağır çatı yükünü temsil edebilmek için kum torbaları hazırlanmış ve her bir kum torbası tartılarak çatıya yerleştirilmiştir.

Prototip ev numunesinin hazırlanmasında pişirilmiş yığma tuğlası kullanılmış ve üstü çatlamaları görebilmek için çok ince beyaz alçı ile kaplanmıştır. Bu numunenin yapımında gerekli miktarda kerpiç tuğlanın üretilmesi için fiziki, iklimsel ve işgücü olanakları yetersizliğinden, kerpiç bir numune imal edilememiştir. İlk denenen numune, hiçbir güçlendirme içermeyen ve karşılaştırma amacıyla denenen orijinal numunedir.

Deney tekniği olarak, eğilme tablasının yavaş olarak bir tarafından kaldırılarak eğilmesi ve böylece yapının ağırlığının bileşeni olan (yapı tabanına yatay bileşeni) kuvvetin yapıya statik olarak ve deprem etkisini benzeştirecek şekilde uygulanması amaçlanmıştır (Şekil 4.33). Numune yavaş artırımlarla eğilecek ve göçme yada

çatlama anındaki “ α ” açısı ölçülerek, güçlendirilmiş numune ile karşılaştırılacak ve güçlendirme metodu ile taşınabilen yatay yükteki artış oranı tespit edilebilecektir.



Şekil 4.33 Eğilme tablası deneyinde uygulanan yatay yük

Deneysel olarak eğilme tablasının tercih edilme sebebi ekonomiktir. Yığma yapılara yatay yük uygulaması, çerçevesiz yapılara uygulanması kadar kolay değildir. Yapıya klasik yükleme çerçevesinde yatay yük tek yada birkaç noktadan uygulanabilecektir. Oysa ki, yığma yapıda kütle duvarlara da yayılmakta ve deprem sırasında kuvvetler, kütle ile orantılı olarak her noktadan etki etmektedir. Yer çekim ivmesi, eğilen masada “ $m \cdot g \cdot \sin(\alpha)$ ” ile yapıya her noktadan etki etmektedir. Ayrıca bu çalışmada amaçlanan güçlendirme yöntemi, yapının kutu davranışını ve dik duvarlar arası bağlantıyı artıracak için, üç boyutlu bir deney yapma zorunluluğu vardır. Bu tür deneylerde genellikle sarsma masası deney düzeneği tercih edilmektedir. Sarsma masası kontrol sistemine geçmiş yada yapay bir depremin ivme zaman ilişkisi verilmekte ve masanın itici motorları bunu simüle edecek şekilde hareket vermektedir. Ancak bu hareket çok kısa zaman aralıklarında çok hızlı yön değiştirmeleri içerdiği için, masanın motorları servo motor, yarı servo valf olarak adlandırılan özel sistemlerle hareket ettirilmektedir. Bu boyutta bir numuneyi test edecek sarsma masasının sadece motorunun maliyeti 150.000 USD kadar olduğu için mevcut çalışmanın maddi limitini aşmaktadır. Bu durumda eğilme masası deneyleri en iyi alternatif olarak tercih edilmiştir.

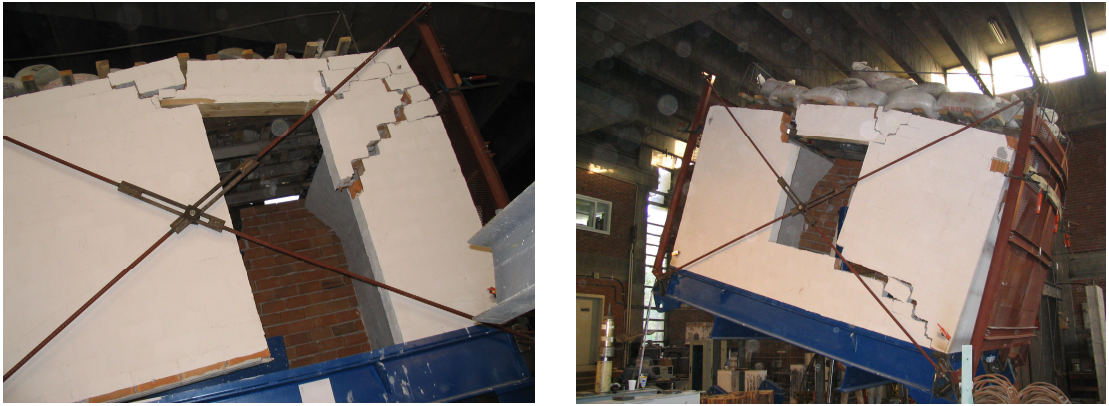
Deney sırasında binanın yıkılması ile birlikte laboratuvar döşemesine zarar gelmemesi için yapının karşılıklı iki düzlem dışı duvarı çelik emniyet ağları ile kapatılmış ve

kaldırma masasına çapraz uzun çelik çubuklar ile bağlanmıştır. Çelik çubuklar deney numunesine temas etmemekte ve dayanıma etkisi bulunmamaktadır (Şekil 4.34).



Şekil 4.34 Referans deney numunesinin üretimi ve eğilme tablasında denenmesi

Denenen birinci numune yaklaşık 18° eğimde (0.31.m.g yanal yükte), ani bir şekilde çatlayarak yıkılmıştır. Oluşan çatlaklar ve deney sonu numunenin durumu Şekil 4.35 ve Şekil 4.36'da verilmiştir.



Şekil 4.35 Yatay yüke paralel duvarlarda hasar durumu



Şekil 4.36 Yatay yüke dik duvarlarda meydana gelen hasar (Kaynak: A.Türer)

Bu deneyde gözlenen yıkılma şekli ani ve toptan göçme şeklindedir. Eğer yan taraflarda bulunan korkuluklar olmasaydı, bina tamamen göçecek ve tavan kullanıcıların üstüne yıkılacaktı. Çatlak dağılımı ile ilgili olarak da; pencere bulunan ve yatay yüke paralel duvarda çapraz X çatlağı net olarak belirli iken, paralel duvarda köşegene paralel çatlak ve kapı üstünde yoğunlaşan hasar göze çarpmaktadır. Yatay yüke dik duvarlarda ise, düzlem dışı devrilme ve köşelerde hasar ve ayrışmalar tespit edilmiştir.

1/1 ölçekli numune, 1/10 ölçekli numuneden elde edilen hasar ve göçme karakterine paralel bir davranış sergilemiştir. 1/10 ölçekli numune de köşegen boyunca diyagonal X çatlağı, köşe hasarı, ani ve toptan göçme gözlenmiştir (Şekil 4.37).



a) 1/10 ölçekli model



b) 1/1 ölçekli prototip



c) 1/10 ölçekli model



d) 1/1 ölçekli prototip

Şekil 4.37 Model ve prototip deneylerin karşılaştırılması

Denenen ikinci numune ard-germe yöntemi ile güçlendirilmiş ve boyut, kullanılan malzeme ve işçilik bakımlarından birinci numune ile özdeş yapılmaya çalışılmıştır. Şekil 4.38'de düşey sargılamaları yerleştirilmiş numunenin genel görüntüsü verilmiştir.



Şekil 4.38 Düşey sargılamaları yerleştirilmiş numune

Yatay sargılama sadece tavan hizasının hemen altından uygulanmıştır. Tabandan yada yapının ortasından yapılacak bir yatay sargılama kapı ve pencere boşlukları ile çakışacak ve uygulanması imkansız olacaktır. Deprem esnasında köşelerde meydana gelen zorlamalarda en çok çatı seviyesinin hemen altında meydana gelmektedir. Köşelerden lastik şeridinin döndürülebilmesi ve yükün duvara aktarılabilmesi için, yarım silindir şeklindeki ahşap kütüklerden 8 adedi köşelere yerleştirilmiştir (Şekil 4.39).



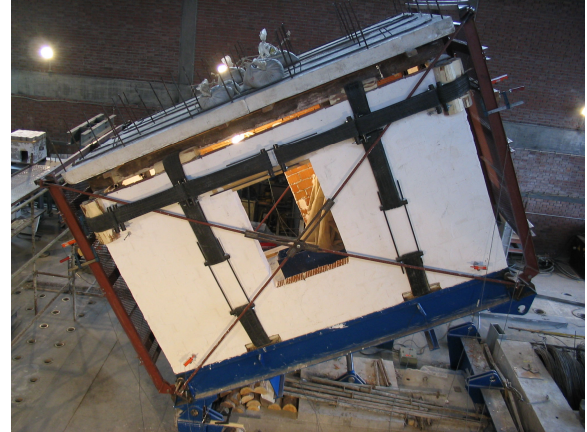
Şekil 4.39 Yatay ve düşey sargılaması yerleştirilmiş numune

Lastiklerin gerdirilmesi işleminde uygulanacak yükün bilinmesi gereklidir. Bu amaçla bir adet “tork-anahtarı” temin edilmiştir. Hedeflenen ard-germe yatay sargılamada 2 ton, düşey sargılamalarda ise 5 tondur. Bu yük değerlerini vermesi için tork-anahtarının kalibrasyonu (ayarlanması) bir deney düzeneği üzerinde yapılmış ve uygulanan yük loadcell-yükölçer ile kaydedilmiştir. Böylelikle tork anahtarı üzerindeki ayarlamalar ile istenilen yük değerinde boşa dönmesi temin edilmiştir. Lastikler sıkılırken hedeflenen yük değerine ulaşıncaya kadar tork-anahtarı boşa dönmekte ve daha fazla gerginlik verilememektedir. Lastik zincirleri gerilmiş ve ard germe uygulanmış numune Şekil 4.40’da görülmektedir.



Şekil 4.40 Yatay ve düşey sargılaması gerdirilmiş numune

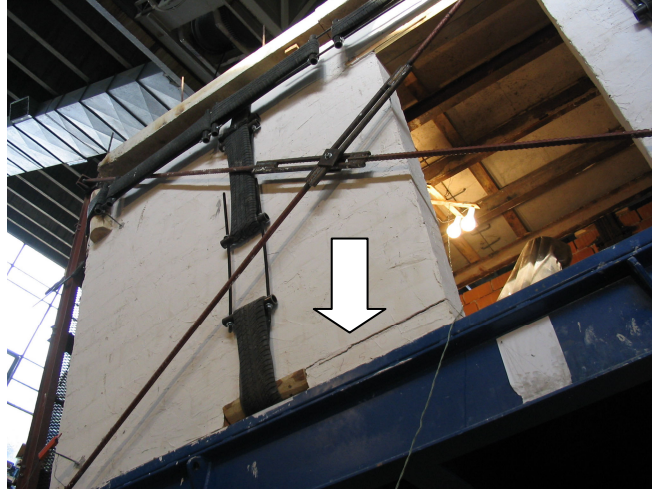
İkinci numunede çatı yükü olarak kum torbalarının kullanılmasında zorluklar yaşandığı için vazgeçilmiş ve bunun yerine eşdeğer betonarme ağırlık imal edilmiş deneyde kullanılan kirişler üzerine oturtulmuştur. Bu iki durumda da, çatı yükü 55 kN olarak belirlenmiştir. Deney numunesinin hazırlanmasından sonra teste başlanmıştır. Bina yaklaşık 34°dereceye (0,56.m.g yanal yük) kadar, eğilmiş ve bu aşamada deney durdurulmuştur (Şekil 4.41).



Şekil 4.41 Yatay ve düşey sargılanmış numunenin deney anı

İkinci deney numunesinde en dikkat çekici çatlaklar yapı tabanında yere paralel ve düşey sargılama için açılan delikleri kesecek şekilde uzanan çatlaktır (Şekil 4.42). Bu çatlaklar yüklemeye paralel her iki duvar altında da oluşmuştur. Diğer önemli

çatlaklar, yüklemeye paralel pencereli duvarda, pencere altında kısmen yayılmış bir alanda dağınık çatlaklardır. Genel olarak yapının kutu olarak davrandığı, rijit cisim ötelenmesi sonucunda bir bütün olarak dönmeye çalışan yapının tabanında görülen çekme çatlaklarının oluştuğu söylenebilir. Hasarın oluşu yavaş gerçekleşmiş, deney sonunda göçme meydana gelmemiş, çatlaklar geniş bir alana yayılmış ve böylelikle daha fazla enerji tüketme imkanı olmuştur.



Şekil 4.42 Düşey sargılama için açılan boşluğu takip eden çatlak

Taşınan yatay yükteki artış ($\sin 34^\circ / \sin 18^\circ$) 1.8 kattır. Bu yönüyle uygulanan güçlendirme yöntemi etkili olmuştur denilebilir. Şekil 4.43'de deney sonunda numunede meydana gelen hasar ve çatlak durumu verilmiştir.



Şekil 4.43 Deney sonunda numunede meydana gelen hasar ve çatlak durumu

1/1 ölçekli (prototip) deney numunesi ile 1/10 ölçekli model deney numunesi arasında karşılaştırma yapmak gerekirse; model deneylerde hem yatay hem de düşey sargılama yatay yük taşıma kapasitesini %100 artırmış, prototip numunede ise %80 kadar artırmıştır. Her iki deney sisteminde de güçlendirilmiş numunede hasar yavaş

gelişmiş, deney sonunda toptan göçme gözlenmemiştir. Her iki numunede de hasar pencere altında dağınık çatlaklar olarak göze çarpmaktadır. Her iki numunede de tabanda yatay kesme-çekme çatlakları ve rijit cisim dönmesi-ötelenmesi görülmüştür (Şekil 4.44).



a) 1/10 ölçekli model



b) 1/1 ölçekli prototip



c) 1/10 ölçekli model



d) 1/1 ölçekli prototip



e) 1/10 ölçekli model



f) 1/1 ölçekli prototip

Şekil 4.44 1/10 ölçekli model ve 1/1 ölçekli prototip deneylerin karşılaştırılması

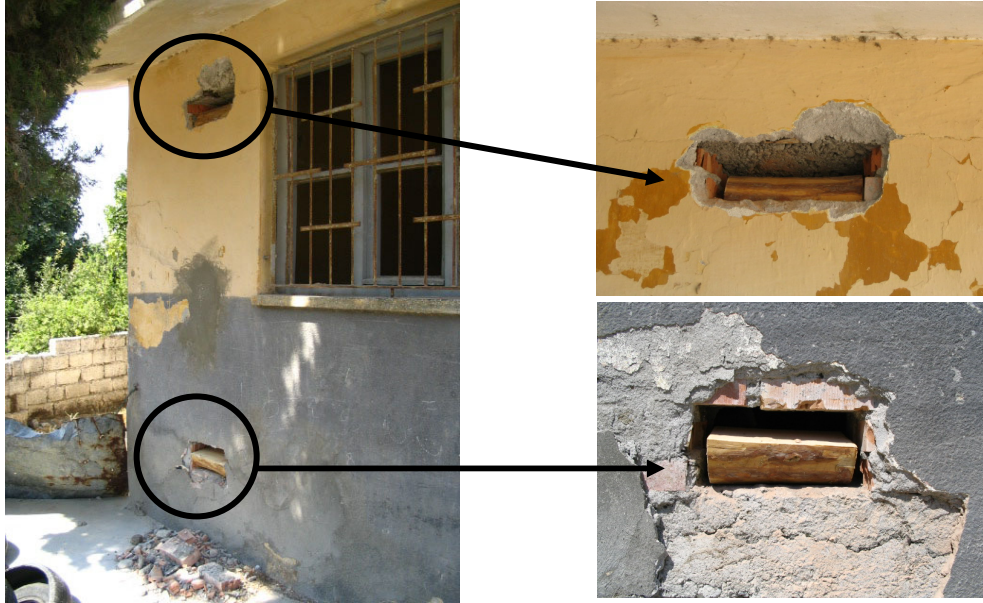
4.5. Güçlendirme Metodunun Uygulama Adımları

Düşey sargılamanın uygulamasının ilk aşaması gerekli delik yerlerinin dolayısıyla ard-germe uygulanacak bölgenin belirlenmesidir. Sargılama bölgesinde tabanda ve tavana yakın yerde iki adet delik açılır. Tavana yakın açılan üst delik mümkünse çatının hemen altından, duvarı en üst noktasında olmalıdır. En altta ise döşeme ile duvar birleşiminin hemen üstünden açılması gereklidir. Delikler çekiç ve keski ile açılabilir gibi, kırıcı makine (hilti) ile de açılabilir (Şekil 4.45). Eğer duvar malzemesi kerpiç ise delik açma işi kolay olacaktır.



Şekil 4.45 Delik yerlerinin belirlenmesi ve deliklerin açılması
(DM2003-1451 Proje Raporu, 2003)

Açılan deliklere yarım silindir şeklindeki kütükler, düz yüzeyleri duvara basacak şekilde yerleştirilir. Bu kütükler, ard-germe gerilmesini duvarın üzerine daha geniş bir alana yayacak ve gerilme yığılmasını ve bölgesel ezilmeyi önleyecektir (Şekil 4.46).



Şekil 4.46 Deliklere yarım daire şeklinde kütüklerin yerleştirilmesi
(DM2003-1451 Proje Raporu, 2003)

Tabanda bulunan kütüğün altından, tavan seviyesinde bulunan kütüğün ise üstünden birer adet lastik halkası geçirilir ve bunların arasında lastik zinciri oluşturacak şekilde diğer lastikler yerleştirilir (Şekil 4.47).



Şekil 4.47 Lastik zincirinin oluşturulması

Düşey lastiklerin içeriden ve dışarıdan kapatılarak daha estetik bir görünüm sağlaması da mümkündür. Estetik ve mimari bakımdan güçlendirme yöntemini düzeltmeye yönelik çabalar Hatay'da 2004 yılı yaz aylarında güçlendirme yöntemi uygulanan örnek bina üzerinde denenmiştir. Yapı içinden lastiklerin saklanması için içeriden alçıpan ile kolon şeklini verecek şekilde kapatma uygulanabilir (Şekil 4.48).

Alçı panel ve duvarların boyanması ile lastiklerin görüntüsü gizlenmektedir (Şekil 4.49).



Şekil 4.48 Düşey sargılamanın içeriden kapatılması
(DM2003-1451 Proje Raporu, 2003)



Şekil 4.49 İçeriden kapatmanın bitirilmesi ve boyanarak hazırlanması
(DM2003-1451 Proje Raporu, 2003)

Dışarıdan kapatma işlemi için ise briket tuğlaların iç kısmı kesilerek “U” şeklinde elemanlar elde edilmiştir. Tuğlanın açık kısmı duvara gelecek şekilde lastiklerin etrafına yerleştirilerek kolon şeklinde bir görünüm elde edilmiştir (Şekil 4.50).



a)



b)



c)

Şekil 4.50 Dışardan kapatmanın uygulanması için briket tuğlaların kesilerek düşey sargının etrafına yerleştirilmesi (DM2003-1451 Proje Raporu, 2003)

Önerilen güçlendirme tekniği tuğla yığma yapılardan daha çok briket ve kerpiç gibi malzemeden üretilmiş ekonomik değeri daha düşük yapılarda uygulanabilir olduğu düşünülmektedir. Bu sistem özellikle taş yığma yapılarda da kullanılabilmesi için farklı uygulama alternatifleri de geliştirilmelidir. Dıştan yatay sargılama dikdörtgen olmayan L,U,T gibi yapı formlarında kullanılması mümkün değildir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Depremler, meydana getirdiği kayıplar ile ülke ekonomisine getirdiği ağır yükün yanı sıra, deprem bilimi ile uğraşan mühendis ve mimarlar için eşsiz bir çalışma alanları sunmaktadır. Deprem sonrası hasar gözlemleri; yapı malzemesi, tasarım, imalat ve kullanımdan kaynaklanan kusurların ne tür yıkımlara sebep olduğunu görmek ve çıkarılacak sonuçlarla ileriye yönelik dersler vermesi açısından önemlidir.

Ülkemizin yer hareketlerinin aktif olarak devam ettiği bir coğrafyada bulunması nedeniyle depremselliği yüksektir. Bunun neticesi olarak ülkemiz, geçmişte olduğu gibi gelecekte de pek çok şiddetli depreme maruz kalacaktır. Ancak bugüne kadar depremler sonrası yapılan gözlemlerde, yapı stokumuzun orta hatta hafif şiddetli depremlere karşı bile dayanıksız olduğu görülmektedir.

Aynı malzeme ile yapılmış olmasına rağmen yıkılan ve yıkılmayan yapı örnekleri bütün depremlerde vardır. Bu nedenle deprem hasarını sadece yapının imal edildiği malzemeye bağlamak yanlıştır. Depreme dayanıklı yapı üretiminde taşıyıcı sistem tasarımı ve imalatı önemli yer tutmaktadır.

Gerçekleştirilen deneyler sonucunda; yapının deney sonunda dayanabildiği maksimum ivme,

- Yatay sargılama ile %70,
- Düşey sargılama ile %40,
- Yatay+düşey sargılama ile %110 kadar arttırmıştır.

Sadece yataya sargılamanın, sadece düşey sargılamadan daha etkili olduğu görülmüştür.

Orijinal detayla üretilen güçlendirilmemiş numunelerde (RN1, RN2, DD) görülen hasar şekilleri, deprem sonrasında kırsal yapılarda gözlenen,

- X çatlakları,
- köşe hasarı,
- duvarın düzlem dışı devrilmesi,
- ani hasar ve göçme oluşumu,
- çatının kullanıcıların üzerine göçmesi,
- derin çatlaklar

oluşumuna benzemektedir. Yapıların yatay yada düşey sargılanması ile yığma yapılarda görülen hasar şekli önemli ölçüde değişmiştir. Derin X çatlakları ile gelen gevrek ve ani göçme yerini daha düzgün dağılımı, daha yavaş ilerleyen ve sünek olarak değerlendirilebilecek bir göçme şekline bırakmıştır. Çatlaklar düşey sargılamadan en az etkilenen bölgeler olan pencerelerin altındaki duvar parçalarında yoğunlaşmıştır. Yatay ve düşey sargılar sayesinde %100'ün üzerinde dayanım artışı elde edilmiştir. Ancak rijit cisim ötelenmesi sonucu elde edilen iyileştirme belirli bir seviyeyi geçememiştir. Bu sorunun düşey sargıların temelini altından geçirilmesi ile çözülebileceği düşünülmekle beraber bu uygulamanın pratikte gerçekleştirilmesi zordur. Ayrıca yer altı sularının lastiklere verebileceği hasarında göz önüne alınması gereklidir.

1/1 ölçekli güçlendirilmiş numunede ise, yatay yük taşıma kapasitesinde %80 lik bir artış gözlenmiş, derin X çatlakları kendini daha yaygın ve kısa çatlaklara bırakmıştır. Düşey sargılamayı geçirmek için tabanda açılan delikler boyunca uzanan yatay kesme çatlakları, sistemin bir bütün olarak rijit cisim ötelemesine maruz kalması olarak yorumlanmıştır. Eğilme masası test düzeneğinin kısıtlamaları nedeniyle erken durdurulan deney, sarsma masası üzerinde yapılsa idi, dayanım artışının 2 kata yakın olması beklenebilirdi. Dayanımdaki artış oranı, yapının davranışı ve hasar şeklinin değişmesi yönüyle her iki deney sisteminin de birbirine benzediği gözlenmiştir.

Çalışmanın deneysel kısmından elde edilen sonuçlar, ekonomik olarak değeri daha düşük olan kırsal konutların depreme karşı, kullanılmış oto lastikleri ile güçlendirilebileceğini göstermektedir.

Projede binanın deprem dayanımını arttıran yöntemin adımları;

- Lastiklerin yanaklarının çıkarılması,

- Uygun bağlantı elemanları ile birbirine eklenerek oluşturulacak “lastik zincirlerinin” yığma duvarlara dikine sarılması ve böylece duvarlara düşeyde ard-germe uygulanması,
- Konutun köşelerinin ayrılmasını geciktirmesi amacıyla çatı seviyesinin hemen altından yatay olarak lastik zincirleri ile de sarılarak yatayda ard-germe uygulanması, olarak sıralanabilir.

Çalışma, disiplinler arası bir araştırma olması nedeniyle önem taşımaktadır. Elde edilen sonuçlara göre, önerilen güçlendirme metoduyla;

- Kullanıcılara deprem esnasında en azından konutu terk edecek kadar zaman tanıyacağı düşünülmektedir. Hedeflenen konut türünün ekonomik değerinin yüksek olmaması nedeniyle, sadece kullanıcı hayatının kurtarılması doğru ve yeterli bir yaklaşım olarak görülmektedir.
- Ayrıca çevre açısından problem teşkil eden atık oto lastiklerinin kullanılması çalışmanın bir diğer olumlu yönü olarak düşünülmektedir.

Lastiklerin duvarlarda oluşturduğu kötü görüntü için dekoratif çözüm alternatifleri uygulanabilir. Kerpiç yapılarda çamur harcı ile sıvanarak yada tuğla yığma yapılarda alçıpan ve benzeri malzemelerle kaplanarak kolon benzeri bir görünüş verilebilir. Dış cephede alçıpan yerine U şeklinde içi boşaltılmış briket yada gazbeton malzemelerin üst üste dizilmesi ile kaplanabilir.

Oto lastiklerinin kullanılması ile oluşabilecek bir diğer sorun da duvarı saran gerilmiş lastiklerde oluşabilecek zamana bağlı yük kaybıdır. Kullanıcının belirli aralıklarla sargılardaki gerginliği kontrol etmesi ve bollaşma olursa birleşim yerlerindeki somunları sıkarak oluşan boşluğu alması gerekmektedir.

Çalışma kapsamında ele alınan güçlendirme sisteminin hayata geçirilmesi ile ilgili muhtemel problemler arasında, teknikle ilgili daha detaylı ve daha fazla sayıda deneysel ve analitik çalışma gereksinimi, uygulama ile ilgili hazırlanması gereken şartname ve uygulama broşürü ihtiyacı sayılabilir. Ayrıca bu güçlendirme yönteminin moloz taşlarla yapılmış, taş yığma yapılarda kullanılamayacağı

değerlendirilmiştir. Kırsal bölgede ve kentlerin gecekondu bölgelerinde yaşayan halkımızın deprem konusunda ve deprem öncesi alınması gereken önlemler konusundaki bilinç eksikliği en büyük problemdir. Bu hususta sorumluluk büyük oranda devlete düşmektedir.

Gelecek çalışmalar için öneriler;

- 1/10 ölçekli deney sisteminin yapının gerçek davranışı hakkında fikir vermesi bakımından yararlı olduğu değerlendirilmiştir. Planlanan gelecek çalışmalarda farklı güçlendirme tekniklerinin de geliştirilen deney düzeneğinde denenebileceği düşünülmektedir. Böylelikle farklı güçlendirme teknikleri arasında karşılaştırma olanağı elde edilecektir. Küçük ölçekli model deneyinin bir diğer avantajı da düşük maliyetle kısa zamanda çok sayıda numunenin üretilip denenebilmesidir.
- Yığma yapılarla ilgili deneysel araştırmalarda çoğunlukla tek katlı ve tek odalı modeller üzerinde çalışılmaktadır. Bundan sonraki araştırmalarda farklı plan tiplerine sahip veya çok katlı yapılar için güçlendirme detaylarının üretilmesi ve deneysel çalışmalarla desteklenmesi mümkündür.

6. KAYNAKLAR

Acun S., Gürdal E., 2003. Yenilenebilir bir Malzeme: Kerpiç ve Alçılı Kerpiç, Türkiye Mühendislik Haberleri, Sayı 427, Ankara.

ABYYHY, 1997. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.

Ahmadizadeh M., Shakib H.,2004. On the December 26, 2003, Southeastern Iran Earthquake in Bam Region, Engineering Structures 26, 1055-1070.

Akıncıtürk N., 2003. Yapı Tasarımında Mimarın Deprem Bilinci , Uludağ Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fak. Yayını, Cilt 8, Sayı 1.

Aköz F., 2005. Yığma Kargir Yapılarda Hasar Tespiti, Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Arttırılması Çalıştayı, 17 Şubat 2005, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.

Altın S., Kuran F., Kara M. E., Anıl Ö., 2005. Yığma Yapıların Rehabilitasyonu İçin Bir Yöntem , Ydga2005 - Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Arttırılması Çalıştayı, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.

Anonim, 1978. Türkiye'deki Kırsal Konutların Depremler Karşısındaki Gözlenen Davranışları Hakkındaki Not , İmar Ve İskan Bakanlığı Deprem Araştırma Enstitüsü Başkanlığı, Ankara.

Anonim, 1990. Kırsal Yapılarda Deprem Hasarlarının Tayini, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.

Anonim, 1993. 13 Mart 1992 Erzincan Depremi , Bayındırlık Ve İskan Bakanlığı, Ankara.

Anonim, 2003. Bingöl Deprem Raporu , ODTÜ İnşaat Mühendisliği Fakültesi, Ankara.

Anonim, Deprem Nedir Nasıl Oluşur , Türkiye Deprem Vakfı, İTÜ. İnş Fak. İstanbul.

Applied Tecnology Council, 1980. The Home Builder's Guide For Earthquake Design , Berkeley, California.

Aran K., 2000. Barınaktan Öte : Anadolu Kır Yapıları, Tepe Mimarlık Kültürü Merkezi, Ankara.

Arıoğlu E.,Anadol K., 1974. Türkiye'de Kırsal Konutların Son Yıllardaki Tahripkar Depremlere Mukabelesi , Deprem Araştırma Bülteni, s:5, Ankara.

Aridland Newslatters, Desert .Architecture for a New Millenium.

Arie S., 2001. Depreme Dayanıklı Kerpiç, Architecture Week Building Department.

Arpacioğlu Ü., 2006. Geçmişten Günümüze Kerpiç Malzeme Üretim Teknikleri ve Güncel Kullanım Olanakları, 3.Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi, İstanbul.

Arun G., 2005. Yığma Kargir Yapı Davranışı, Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Arttırılması Çalıştayı, 17 Şubat 2005, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.

Aydın D., Çınar K., 2005. Using Earth and Flora As a Building Material in Konya Plain Rural Settlements-Adobe&Grassy Earth, International Conferance, Living in Earthen Cities-Kerpic'05, İTÜ, İstanbul.

Atabey E., 2000. Deprem, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü Eğitim Serisi-34, Ankara, http://www.mta.gov.tr/mta_web/kutuphane/egitseri/34.pdf

Aytun A., 1982. Kırsal Konutların Deprem Dayanımı , Konut Kurultayı, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası.

Bayraktar A., 2005. Tarihi Yığma Yapıların Depreme Karşı Güçlendirilmesi, Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Arttırılması Çalıştayı, 17 Şubat 2005, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.

Bayülke N-a., 2001. Depremlerde Hasar Gören Yapıların Onarım Ve Güçlendirilmesi , Tmmob İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi, Yayın No:15, İzmir.

Bayülke N-b., 2001. Ahşap Yapılar Ve Deprem , Türkiye Mühendislik Haberleri, Sayı:414, Yıl, 46, 2001-4.

Bayülke N., 1984. Doğu Anadolu'daki Kırsal Konutların Deprem Davranışları Ve 30 Ekim 1983 Horasan Depreminde Gözlenmiş Hasar, Kuzeydoğu Anadolu I. Ulusal Deprem Sempozyumu, Erzurum.

Bayülke N., 1983. Building Types İn Bolu, West Turkey And Their Probable Eartquake Damage, A comprehensive study on earthquake disasters in turkey in view of seismic risk Reduction, Hokkaido University, Sapporo, Japonya.

Bayülke N., 1988. Tek Katlı Yapıların Sarsma Tablası Deneyleri , Deprem Araştırma Bülteni, Yıl 15, Sayı 60. Ankara.

Bayülke N-a, 1978. Tuğla Yığma Yapıların Depremlerdeki Davranışları , Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni, Yıl 6, Sayı 22, Ankara.

Bayülke N-b., 1978. Tek Katlı Yapıların Sarsma Tablası Deneyleri , Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni, Sayı:60, Ankara.

BBAİGM. Bayındırlık Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Afişler, Ankara

Benedetti D., Carydis P., Pez, 1998. Shaking table tests on 24 simple masonry buildings, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 27,67-90.

Cobancaoglu T., 2001. Himis” Construction System İn Traditional Turkish Wooden Houses, *Historical Constructions*, P.B. Lourenço, P. Roca (Eds.), Guimarães.

Coburn A., 1986. Analysis Of Earthquake Damage And Proposals For Strengthening Stone Masonry Buildings İn Eastern Anatolia, *Ortadoğu Ve Akdeniz Sismik Bölgelerinde Düşük Dayanımlı ve Kerpiç Yığma Yapılar Kongresi*, ODTÜ, Ankara.

Delgado M.C.J., Guerrero I.C., 2006. Earth building in Spain, *Construction and Building Materials*, 20, 9, 679-690.

DİE, 2001. Bina Sayımı 2000 , T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü, Ankara.

Dikmen, N., Özkan S. T., 2004. Türkiye’de Kırsal Alanlarda Kullanılan Yapı Malzemeleri, Yapım Sistemleri Ve Bu Sistemlerin Deprem Karşısındaki Davranışları , 2. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi, İstanbul.

Dilsiz A., Türer A., 2005. Türkiye’de Yığma Binalar İçin Deprem Risk Haritası Oluşturulması, YDGA, Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Arttırılması Çalıştay, 17 Şubat 2005, ODTÜ, Ankara.

DM2003, Proje No 1451. Sonuç Raporu, World Bank DM2003, SPIM-1451 Project, “Seismic Performance Improvementt of Masonry Houses Using Scrap Tires”, FINAL Report, <http://www.spim.metu.edu.tr/>

Endem N., Boysan A., Yurdaçalış T., 1984. Deprem Ve Türkiye’deki Kırsal Konutlarda Yarattığı Hasarlar , Türkiye Rotary Klüpleri, İstanbul.

Erdoğan T.Y., Tuncer E R., 1984. Kerpiç Üretiminde Killi Bir Zeminin İncelenmesi Ve Bazı Katkı Maddelerinin Kerpiç Üretiminde Kullanabilirliği , Kuzey Doğu Anadolu I. Ulusal Deprem Sempozyumu.

FEMA 232, 1998. Home builder’s guide to seismic residant construction, Federal emergency management agency, ABD.

Gökçe M. V., 2002. Yapıların Deprem Etkisi Altında Strüktürel Davranış Biçimleri Ve Depreme Dayanıklı Yapılarda Mimari Tasarım İlkeleri Üzerine Bir Araştırma , Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği ABD., Niğde.

Gölmüş M., 2005. Kullanılmış Araba Lastikleri Kullanarak Yığma Bina Duvarlarının Depreme Karşı Güçlendirme Çalışmaları , Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Gölmüş M., Türer A., 2005. Kullanılmış Araba Lastikleri Kullanarak Yığma Bina Duvarlarının Depreme Karşı Güçlendirme Çalışmaları , Ydga2005 - Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Arttırılması Çalıştayı, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.

Graham C. W., Burt, R., 2001. Soil Block Home Construction , Btec Sustainable Buildings Iıı Conference, Santa Fe, New Mexico.

Gülkan P., 1984. Depreme Dayanıklı Bina tasarımında Mimari Unsurlar, Kuzey Doğu Anadolu I. Ulusal Deprem Sempozyumu.

Gülkan P., Sucuoğlu H., 1988. Kırsal Yapılarda Deprem Hasarlarının Tayini , Deprem Araştırma Bülteni, S:62, Ankara.

Houben, H., Guillaud H., 1994. Earth Construction : A Comprehensive Guide , Intermediate Technology Publications, London.

Hugres R., 2000. Hımış Construction İn Turkey, Eartquake Safe And Lessons To Be Learned From Traditional Construction-International Conferance, İstanbul-Turkey.

IAEE, 2005. Guidelines For Earthquake Resistant Non-Engineered Construction, International Assosication For Earthquake Engineering, [http://www.nicee.org/IAEE_English.Php]

Jagadish K.S., 2002. Containment Reinforcemnt For Earthquake Resistant Masonry , Proceedings Of The National Workshop On Alternative Building Methods

Jingqian X., Quansheng H., 1986. Model Test Of Brick Masonry Building Strengthened With R.C. Tie Columns , Ortadoğu Ve Akdeniz Sismik Bölgelerinde Düşük Dayanımlı Ve Kerpiç Yığma Yapılar Kongresi, ODTÜ, Ankara.

Kafescioğlu R., 1949. Orta Anadolu'da Köy Evlerinin Yapısı, İTÜ. Mimarlık Fakültesi Yeterlilik Çalışması, İstanbul.

Kalafat D., 2000. Odak Mekanizması Çözüm Yöntemleri, Deprem Araştırma Bülteni, Yıl:27, Sayı:83, Ankara.

Kanıt R, Erdal M, Işık N, Can Ö, Yener M.K., Serimer G, Uğur L.O., Atımtay E., 2005. Düzlen Dışı Yüklene Yığma Yapıların Deneysel Davranışı , Ydga2005 - Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Arttırılması Çalıştayı, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.

Karamanderesi İ. H., 2000. Alaşehir Depremi Fotoğrafları, Deprem Araştırma Bülteni, Yıl:27, Sayı:83, Ankara.

Karaşin A., Karaesmen E., 2005. 1 Mayıs Bingöl Depreminde Meydana Gelen Yığma Yapı Hasarları, Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Arttırılması Çalıştayı, 17 Şubat 2005, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.

Kasapoğlu K. E., 2005. Özel Şekil, Hafif Yapı Malzemeleri İle Yapılmış Depreme Dayanıklı Yığma Ev, Ydga2005 - Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Arttırılması Çalıştayı, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.

Keightley W. O., 1986. Performance Of Lightly Reinforced Masonry Houses On The Roorke Shock Table , Ortadoğu Ve Akdeniz Sismik Bölgelerinde Düşük Dayanımlı Ve Kerpiç Yığma Yapılar Kongresi, ODTÜ, Ankara.

Koçu N., Korkmaz S. Z., 2004. Kerpiç Malzeme ile Üretilen Yapılarda Deprem Etkilerinin Tespiti, TMMOB İstanbul Büyükkent Şubesi, 2. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi, 6-8 Ekim 2004, İstanbul.

Korkmaz S. Z., Koçu N., Türer A., Korkmaz H. H.; Earthquake Damage Characteristics of Earthen-Adobe Houses, International Conferance, Living in Earthen Cities-Kerpic'05, İTÜ, İstanbul.

Langenbach R. Gülkan P., 2004. The Earthquake Resistance Of Traditional Timber And Masonry Dwellings In Turkey , 13th World Conference On Earthquake Engineering, Vancouver, B.C., Canada.

Langenbach R., 2003. Crosswalls instead of shearwalls, Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 26-30 Mayıs, İstanbul.

Leslie J., 1986. Think Before Built, İnşaa Etmeden Önce Düşün, Ortadoğu Ve Akdeniz Sismik Bölgelerinde Düşük Dayanımlı Ve Kerpiç Yığma Yapılar Kongresi, ODTÜ, Ankara.

Luis Zegarra, Angel San Bartolomé, Daniel Quiun, and Gladys Villa Garcia, 2000. Mevcut Yığma Yapıların Güçlendirilmesi ,

Makarios T., Demosthenous M., 2006. Seismic response of traditional buildings of Iefkas Island, Gereece , Engineering Structures, 28, 2, 264-278.

Mertol A., Mertol H. C., 2002. Deprem Mühendisliği Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Ankara.

Orhon A. V., 2003. Çok Katlı Konut Yapılarında Takviyeli Yığma Yapının Türkiye Koşullarına Uygulanabilirliği Açısından Bir Model Önerisi , Doktora Tezi, Dokuz Eylül Ün., İzmir.

Özen Ö.G., Türer A., 2005. Güçlendirme Alternatiflerinin Doğrusal Olmayan Analitik Yöntemlerle İrdelenmesi, YDGA, Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Arttırılması Çalıştayı, 17 Şubat 2005, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.

Özmen B., 2000. 17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi Depreminin Hasar Durumu (Rakamsal Verilerle), Türkiye Deprem Vakfı, İstanbul.

Paquette J., Bruneau M., Brzev S., 2004. Seismic Testing of Repaired Unreinforced Masonry Building Having Flexible Diaphragm, Journal of Structural engineering, October, 130:10

Parsamanesh A.R., 1993. Deprem Bölgesindeki Doğu Anadolu Köy Evlerinin Plansal Ve Yapısal Islahı Üzerine Bir Çalışma , Doktora Tezi, MSÜ Fen Bil. Enstitüsü, İstanbul.

Press F., Siever R., 1999. Understanding Earth , W.H. Freeman And Company.

Scawthorn C., 1986. Strengthening Of Low-Strength Masonry Buildings Analytical And Shaking Table Test Results , Ortadoğu Ve Akdeniz Sismik Bölgelerinde Düşük Dayanımlı Ve Kerpiç Yığma Yapılar Kongresi, ODTÜ, Ankara.

Sofronie R. A., Crisan R., Toanchina M., 2003. Retrofitting The Masonry of Cultural Heritage Buildings, Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 26-30 Mayıs, İstanbul.

Spence R.J.S., Bayülke N., Coburn A.W., Erdik M.O., 1986. Earthquake Loss Reduction İn Rural Housing İn Eastern Turkey, The Design Of A Low Cost Shaking Table , Ortadoğu Ve Akdeniz Sismik Bölgelerinde Düşük Dayanımlı Ve Kerpiç Yığma Yapılar Kongresi, ODTÜ, Ankara.

Şengezer B. S., 1994. Deprem Afet Etkilerinin Azaltılmasında Arazi Kullanım Planlarının Rolü, Yapı Dergisi, Eylül, Sayı:154, İstanbul.

Şimşek Ç., 2005. Kırsaldaki Yığma Yapılar Ve Deprem Güvenliklerinin Sağlanmasındaki Sosyal Ve Kurumsal Etmenler, YDGA, Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Arttırılması Çalıştayı, 17 Şubat 2005, ODTÜ, Ankara.

Tolles E L, Krawinkler H., 1986. Performance Evaluation Of Adobe Houses Through Small-Scale Model Tests Of Shake Tables , Ortadoğu ve Akdeniz Sismik Bölgelerinde Düşük Dayanımlı ve Kerpiç Yığma Yapılar Kongresi, ODTÜ, Ankara.

Tomazevic M., 1986. Reduction Of Vulnerabilityof Buildings İn Old Urban And Rural Nuclei , Ortadoğu ve Akdeniz Sismik Bölgelerinde Düşük Dayanımlı ve Kerpiç Yığma Yapılar Kongresi, ODTÜ, Ankara.

Torrealva D., 1986. AField And Labrotory Tested Tecnique For Retrofitting Adobe Houses in Seismic Areas, Ortadoğu ve Akdeniz Sismik Bölgelerinde Düşük Dayanımlı ve Kerpiç Yığma Yapılar Kongresi, ODTÜ, Ankara.

TS 2514, 1977. Kerpiç Bloklar Ve Yapım Kuralları, Ankara.

TS 2515, 1985. Kerpiç Yapıların Yapım Kuralları , Ankara

Tüysüz O., 2002. Deprem Ve Türkiye , Deprem Bölgelerinde Yapı Üretimi Sempozyumu, TMMOB Mimarlar Odası İstanbul Büyükşehir Şubesi, İstanbul (http://www.eies.itu.edu.tr/Deprem/deprem_turkiye.doc).

Wasti S. T., 1999. Deprem Açısından Mühendislik Hizmeti Görmemiş Binaların Güçlendirilmesi , Deprem Semineri I, Eskişehir.

Web iletisi 1: 2007. <http://www.dask.gov.tr>

Web iletisi 2: 2003. [<http://www.koeri.boun.edu.tr/Sismo/Xmercalli.Htm>]

Web iletisi 3: 2005. [<http://www.depren.gov.tr/Depren.Htm>]

Web iletisi 4: 2005. [<http://www.sayisalgrafikcom.tr/Depren/>].

Web iletisi 5: 2005. [<http://www.guclendir.com/html/S1.Htm>]

Web iletisi 6: 2005. [<http://www.die.gov.tr>]

Web iletisi 7: 2005. [<http://www.usgs.gov>]

Web iletisi 8: 2005. [<http://www.benkold.com/depren/>]

Weldelibanos F., 1993. A Survey Of Earthquake Mitigation Strategies And Building Principles For Small Traditional Dwellings, Yüksek Lisans Tezi, McGill Üniversitesi, Montreal, Kanada

William S. Ginell, E. Leroy Tolles, 2000. Seismic Stabilization Of Historic Adobe Structures, Journal Of The American Institute For Conservation, Vol. 39, Article 12.

Wolfskill L. A., Dunlap W., Gallaway B. Handbook For Building Homes Of Earth , Texas Transport Institute Bulletin, No:21, Texas, ABD.

Yenigül SB., 2005. The Effects Of Migration On Urban, G Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, 18(2), 273-288.

Yarar R., 1985. Türkiye'deki Kırsal Yapılarda Hasar Türleri , Contemporary Rural Housing İn Seismic Areas.

Zegarra L., Bartolome A.S., Quiun D., Garcia G.V., 2000. Reinforcement Of Existing Adobe Houses, Aridland Newslatters, Desert Architecture for a New Millenium.

7. EKLER

EK-A

LİTERATÜRDE BULUNAN GÜÇLENDİRME VE DENEY TEKNİKLERİ İLE İLGİLİ GÖRSEL MALZEMELER

EK-A.1. Zegarra ve diğ., (2000) Çalışmasından



Toprak duvarların içine yatayda ve düşeyde ahşap elemanlar yada kamış -bambu donatılar yerleştirilmesi



a) Güçlendirilmemiş model



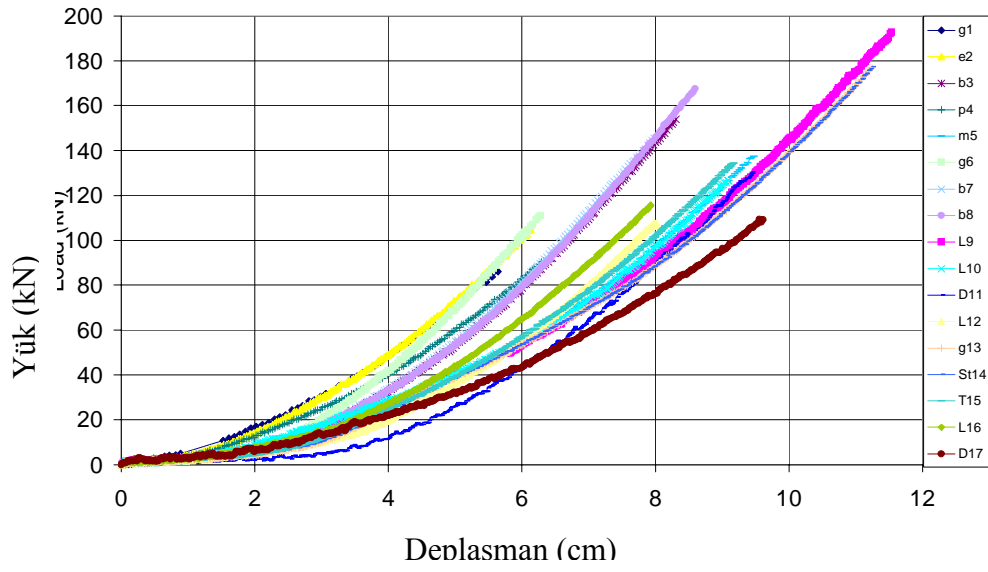
b) Güçlendirilmiş model

Peru'da eğilme masası deneyinde 1/1 ölçekli orijinal ve güçlendirilmiş numunelerin deney sonu görüntüleri

EK-A.2. Gölalmış (2005) Çalışmasından



Lastik çekme deneyi ve yükleme düzeneği



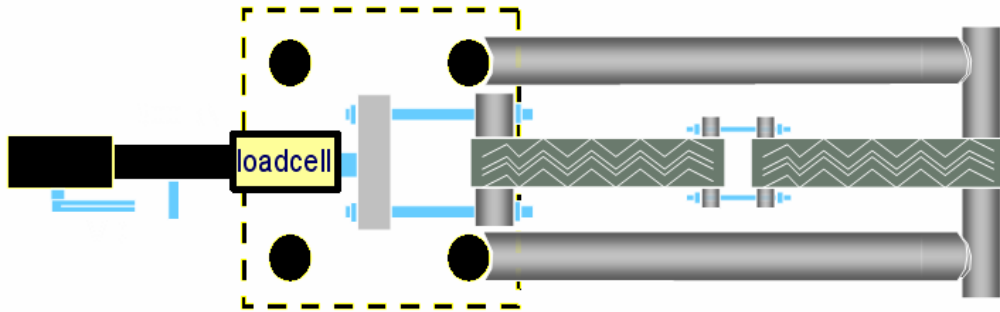
Oto lastik halkalarının çekme deney sonuçları



a) Bağlantı elemanı

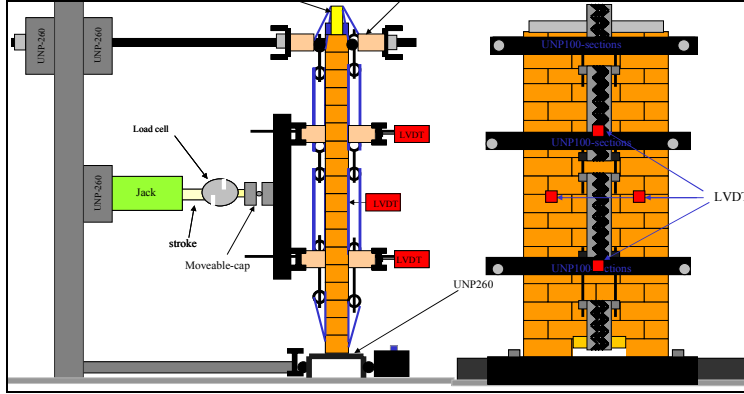


b) Lastikler arasında bağlantı elemanı



c) Deney düzeneği

Geliştirilen bağlantı elemanı ve denenmesi

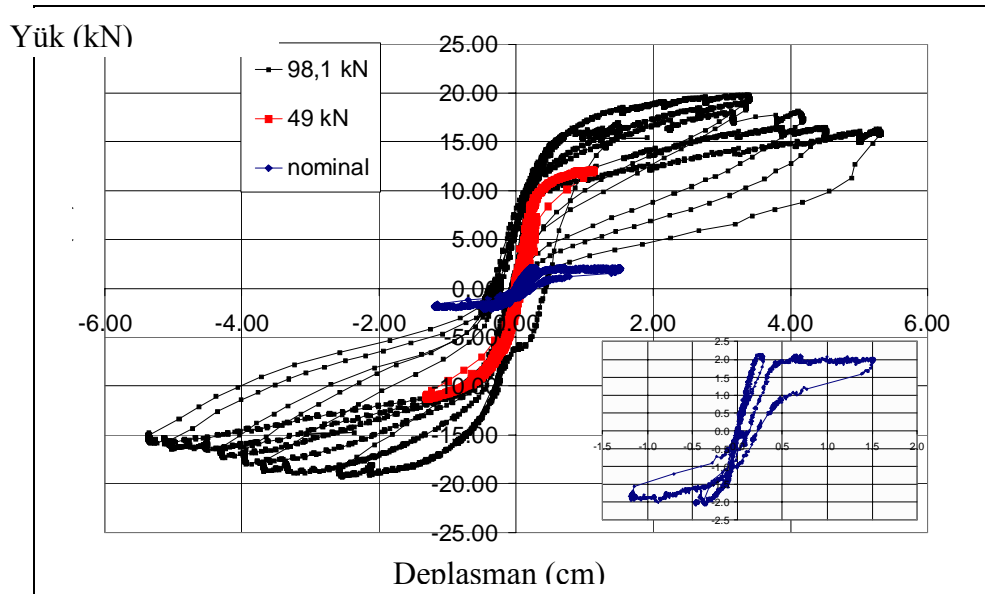


a) Deney düzeneği

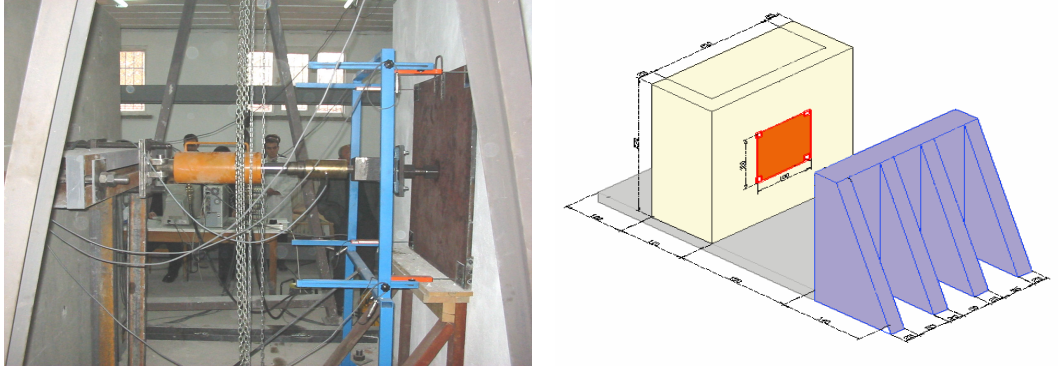


b) Deneyde yükleme anı

Düzlem dışı duvar eğilme deneyi



Düzlem dışı duvar eğilme deneyi sonuçları

EK-A.3. Kanit ve diğ (2005) Çalışmasından

Deney düzeneği ve yükleme durumu



Deney sonrası çatlak durumu

EK-A.4. Kasapoğlu (2005) Çalışmasından

Duvar örgüsü



Deney numunesi

EK-B

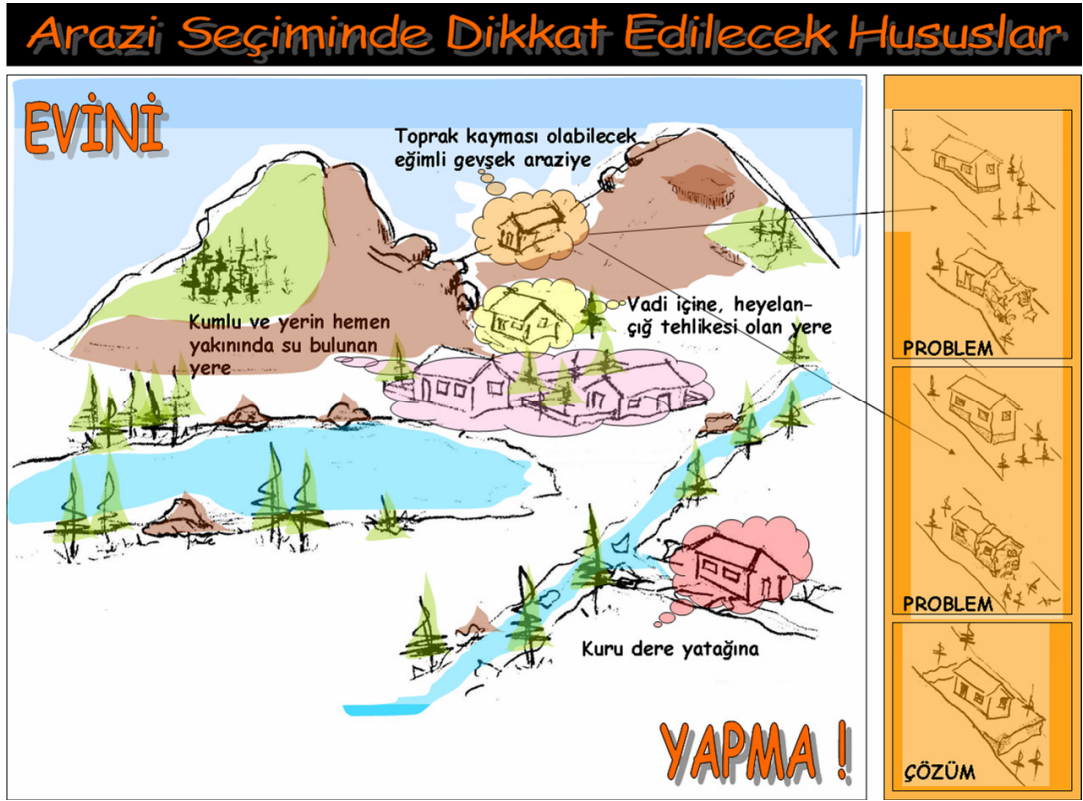
**KONU İLE İLGİLİ
TABLOLAR**

Magnitüd-Şiddet İlişkisi (Web İletisi 1)

Magnitüd	Şiddet	Açıklama
1-3	I	Hemen hemen hiç hissedilmez
3 - 3.9	II	Özellikle üst katlardaki bazı insanlar tarafından hissedilebilir
	III	Binalarda bulunanlar, özellikle üst katlarda yaşayanlar açıkça hissederler. Birçok insan sarsıntının deprem olduğunu farkedemez. Duran araçlar hafifçe sallanır. Sarsıntı, büyükçe bir kamyonun geçişi sırasındaki sarsıntıyı andırır. Başlama ve bitişi insanlar tarafından hissedilebilir
4 - 4.9	IV	Gündüz vakti binalarda bulunan hemen herkes tarafından hissedilir, dışarda bulunanların çok azı sarsıntıyı hisseder. Gece vakti bazılarını uykudan uyandırır. Tabaklar, pencereler ve kapılar sarsıntının etkisi ile titreşime geçer; duvarlardan çatlıyormuşçasına sesler gelir. Büyük bir tırın binaya çarpmasına benzer bir etki uyandırır. Duran araçlar görünür bir şekilde sallanır
	V	Hemen hemen herkes tarafından hissedilir ve gece vakti çoğu insanı uykusundan uyandırır. Bazı pencereler ve tabaklar kırılır. Dengesiz nesnelere devrilir. Sarkaçlı saatler durabilir
5 - 5.9	VI	Herkes tarafından hissedilir ve korku verir. Bazı ağır mobilyalar hareket eder; sıvalarda dökülmeler gözlenir. Genel olarak hafif hasarla sonuçlanır
	VII	Dizaynı ve inşaatı çok iyi olan yapılarda gözardı edilebilecek bir hasarara yol açarken; iyi inşa edilmiş sıradan binalarda hafif ya da orta ölçüde hasar gözlenir; kötü malzeme kullanılmış ya da kötü dizayn edilmiş binalarda önemli ölçüde hasara neden olur. Bazı bacalar yıkılır
6 - 6.9	VIII	Özel olarak dizayn edilmiş binalarda hafif hasar; normal yapılarda orta hasar zayıf binalarda ise oldukça büyük hasara yol açar. Bacalar devrilir, üst üste yerleştirilmiş malzemeler devrilir, duvar ve kolonlar yıkılır. Ağır mobilyalar devrilir
	IX	Özel olarak dizayn edilmiş binalarda orta ölçekte hasar oluşurken; iyi dizayn edilmiş kafes yapılar ekseninden kayar. Normal binalarda büyük hasar oluşur ve yer yer yıkılmalar gözlenir. Binalar temellerinden kayarlar
7 veya daha büyük	X	İyi inşa edilmiş ahşap yapılardan bazıları yıkılırken; taş ve kafes yapıların büyük bir çoğunluğu temelleriyle birlikte yıkılır. Demiryolları eğilir
	XI	Birkaç yapı (özellikle taş) dışında tüm binalar ve köprüler yıkılır. Demiryolları büyük oranda eğilir ve bükülür
	XII	Bütün binalar yerle bir olur. Ufuk çizgisi oynak bir yüzeye dönüşür. Nesnelere havada uçar

EK-C

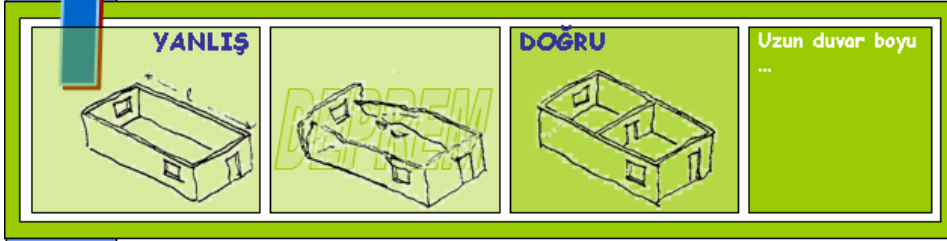
**KONU İLE İLGİLİ HAZIRLANAN
POSTER ÇALIŞMALARI**



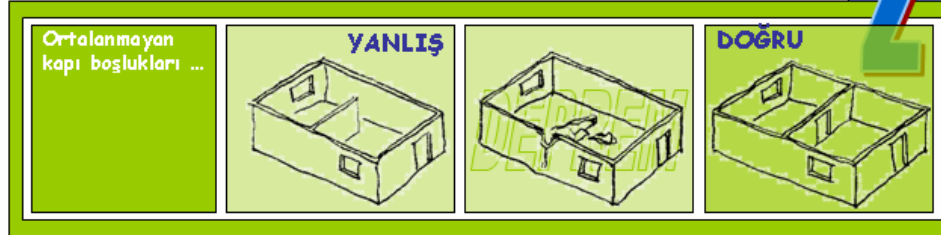
Arazi seçiminde dikkat edilecek hususlar hakkında
 2003 Dünya Bankası Pazaryeri Geliştirme Programı,
 Yığma Yapıların Deprem Davranışlarını Geliştirme Projesi
 kapsamında bilginin yayılmasına yönelik hazırlanan poster çalışmasıdır.

1

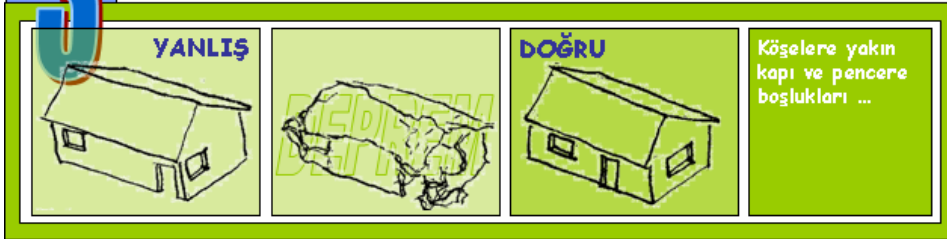
Bina Yapımında Dikkat Edilecek Hususlar



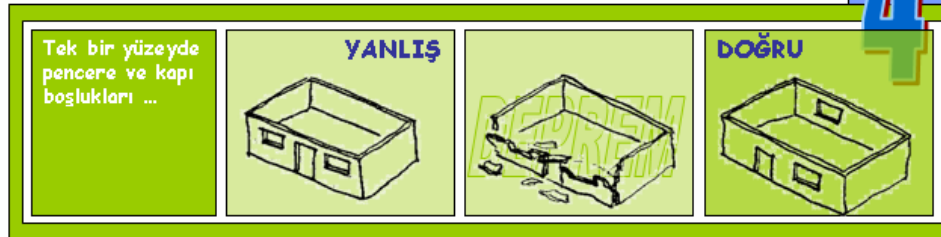
2



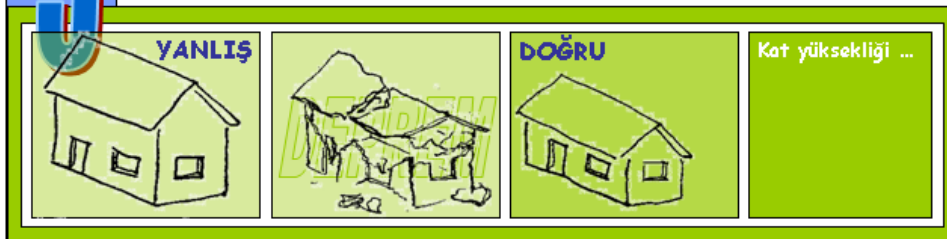
3



4



5

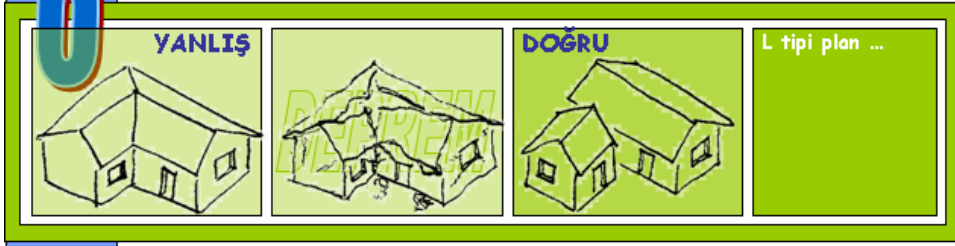


a)

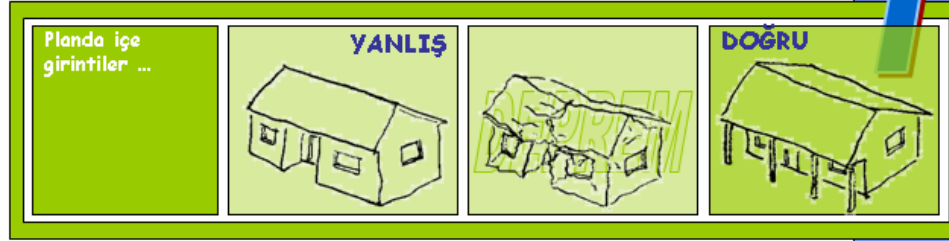
Bina yapımında mimari unsurlarla ilgili
2003 Dünya Bankası Pazaryeri Geliştirme Programı,
Yığma Yapıların Deprem Davranışlarını Geliştirme Projesi
kapsamında bilginin yayılmasına yönelik hazırlanan poster çalışmalarındır

6

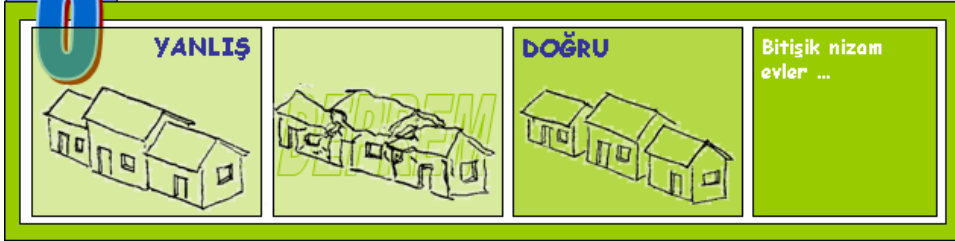
Bina Yapımında Dikkat Edilecek Hususlar



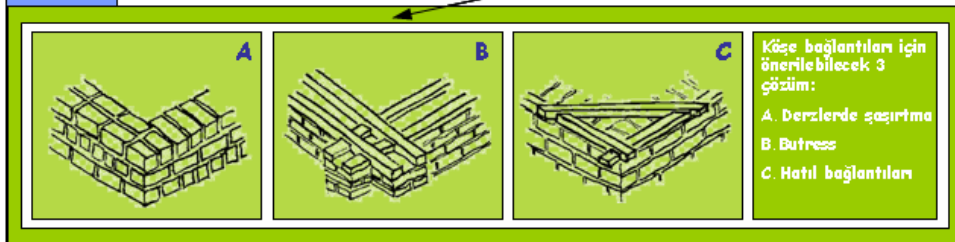
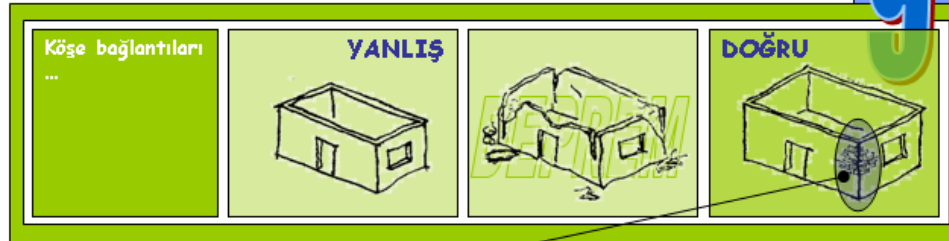
7



8



9



b)

Bina yapımında mimari unsurlarla ilgili
2003 Dünya Bankası Pazaryeri Geliştirme Programı,
Yığma Yapıların Deprem Davranışlarını Geliştirme Projesi
kapsamında bilginin yayılmasına yönelik hazırlanan poster çalışmalarıdır.

ÖZGEÇMİŞ

1976 yılında Ankara’da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Konya’da tamamladı. Lisans eğitimine Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümünde 1993 yılında başladı, 1997 yılında tamamlayarak “Mimar” unvanını aldı. Yüksek lisans eğitimini S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsünde 2001 yılında “Tek Aile Evlerinde Tasarıma Katılımın Kullanıcı Memnuniyetine Etkisinin İncelenmesi” başlıklı çalışmasıyla tamamlayarak “Yüksek Mimar” unvanını aldı. Aynı yıl doktora programına başladı.

1997 yılından itibaren 2 yıl süre ile Mepaş Proje Ltd. Şti. bürosunda serbest olarak görev yaptı. 1999 yılından itibaren Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak çalışmakta olup evli ve bir çocuk annesidir.

Bilimsel Çalışmalarından Seçmeler:

- Dicle AYDIN, S. Zerrin KORKMAZ, “Mimarlık Eğitim Sürecinde Deprem Yeri Nedir, Ne Olmalıdır?”, Mimarlık ve Eğitim Kurultayı-2, İstanbul, 10-12 Aralık 2003
- Nazım KOÇU, S. Zerrin KORKMAZ; “Yapılarda Enerji Tasarrufuna Yönelik Isı Yalıtımlı Detay Tasarımının Araştırılması”, II. Ulusal Ege Enerji Sempozyumu ve Sergisi, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, 26-29 Mayıs 2004
- Nazım KOÇU, S. Zerrin KORKMAZ; “Kerpiç Malzeme ile Üretilen Yapılarda Deprem Etkilerinin Tespiti”, TMMOB İstanbul Büyükşehir Şubesi, 2. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi, İstanbul, 6-8 Ekim 2004
- S. Zerrin KORKMAZ, H. Hüsnü KORKMAZ, Ahmet TÜRER; “Yığma Yapılar ve Küçük Ölçekli Sarsma Tablası Testleri”, Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Arttırılması Çalıştayı, ODTÜ, Ankara, 17 Şubat 2005
- S. Zerrin KORKMAZ, H. Hüsnü KORKMAZ, Ahmet TÜRER; “Kırsal Kesim Konutların Kullanılmış Araba Lastiği İle Ard-Germe Uygulayarak Güçlendirilmesi”, Poster Sunumu, Kocaeli Deprem Kongresi, Kocaeli, 23-25 Mart 2005
- S. Zerrin KORKMAZ, Nazım KOÇU, Ahmet TÜRER, H. Hüsnü KORKMAZ; “Earthquake Damage Characteristics of Earthen-Adobe Houses”, International Conference, Living in Earthen Cities-Kerpic’05, İTÜ, İstanbul, paper code 51, ss:46-53, 6-7 Haziran 2005