



Araştırma Makalesi / Research Article
2006 İRAN-SİLAKHOR DEPREMİNDE KERPIÇ YIĞMA DUVARLARIN
SİSMİK DAVRANIŞI

Jalal SALEK ZAMANKHANI*, Görün ARUN

¹*Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim dalı, Yıldız-İSTANBUL*

²*Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Yıldız-İSTANBUL*

Geliş/Received: 15.02.2010 Kabul/Accepted: 30.12.2010

ÖZET

Kerpiç geleneksel olarak İran'da kullanılan önemli yapı malzemelerinden biridir. İran'ın geçmiş depremlerinde geleneksel kerpiç yapıların performansı genelde zayıf olmuştur. Bu çalışmada kerpiç duvar fiziksel özelliklerinin deprem davranışları üzerine etkileri ele alınmıştır. Öncelikle Silakhor depreminden etkilenen bazı hasarsız ve hasarlı binalar belirlenmiş ve bu araştırma için özel hazırlanan bilgi formların 43 kerpiç duvarın fiziksel özellikleri ve aldığı hasar ile ilgili bilgiler işlenilmiştir. Elde edilen veriler SPSS bilgisayar yazılımı ile analiz edilmiş, duvar özellikleri ile etkilenebilirlik düzeyi arasındaki bağlantılar araştırılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Yığma yapı, sismik performans, deprem hasarları, kerpiç duvar.

SEISMIC BEHAVIOR OF ADOBE MASONRY WALLS IN 2006 EARTHQUAKE SILAKHOOR, IRAN

ABSTRACT

Adobe has traditionally been the primary construction material in Iran. Performance of traditional adobe construction during numerous earthquakes in Iran has generally been poor. In this research the influence of physical properties of adobe masonry walls on their seismic behavior has been studied. First, some of the undamaged and damaged buildings in Silakhor earthquake were selected and by using the information forms designed for this purpose, entire physical properties of 43 adobe walls and their accurate damage specifications were collected. The analyses done by SPSS software on the collected data, relation between wall properties and vulnerability severity level have been studied.

Keywords: Masonry structures, seismic performance, earthquake damages, adobe wall.

1. GİRİŞ

İran'daki, 2006 genel nüfus sayımında elde edilen istatistikî verilere göre ülkenin kırsal bölgelerindeki konut binalarının yaklaşık %88'i yığma yapıdır [2]. Bu yapılar genelde düşük kaliteli ve depreme dayanıksız şekilde inşa edilmiştir. Bu nedenle orta büyüklükte ya da şiddetli depremler bu tip binalarda ağır hasarlar ve kayıplara yol açmaktadır.

Kerpiç ucuz bir malzemedir ve kolaylıkla elde edilebilir. Bu nedenle İran'ın kırsal bölgelerinde kerpiç yığma yapılar yaygın şekilde görülmektedir. Kerpiç genellikle blok halinde,

* Sorumlu Yazar / Corresponding Author: e-ileti/e-mail: jalal_salek@yahoo.com, tel: (535) 353 35 44
Islamic Azad University, Tabriz Branch, Faculty of Architecture and Art, Architecture Dep., Tabriz-IRAN

binaların taşıyıcı ya da bölme duvarlarında kullanılmaktadır. Harç olarak da kerpiç harcı kullanılmaktadır. Geçmiş depremlerden elde edilen bilgilere göre donatısız kerpiç yapıların deprem performansı genellikle zayıf olmuştur. Ancak bazı örnekler deprem sırasında gerekli dayanımı göstermiş ve sismik davranışı kabul edilebilir düzeyde olmuştur.

Yığma yapıların deprem performansı üzerine yapılan incelemeler, yapının hasar görmesi ya da ayakta kalmasında en etkili yapı elemanının duvar olduğunu göstermektedir. Duvarlar ayakta kaldığı surece bina da ayakta kalabilmektedir.

Bu çalışmada kerpiç yığma duvarların sismik performansında etkili olan duvarın fiziksel özellikleri bir deprem bölgesinde araştırılmıştır. Amaç, duvarda oluşan hasarlar ile bina ve duvar özellikleri arasındaki bağlantıların irdelenmesi ve yapının deprem karşısında dayanımını için önemli etkin parametrelerin tespitidir.

2. ÇALIŞMA ALANI

Deprem yaşamış bölgeler binaların deprem davranışını ve hasar şekillerini incelemek için en iyi laboratuardır. Hasarsız, hafif hasarlı ve kısmi hasarlı olan yapıların incelenmesi, yapıların sismik davranışı ile ilgili çalışmalar için önemlidir. İran'ın batısında bulunan Silakhor bölgesinde Nisan 2006'da, oldukça büyük bir deprem sonucu birçok yığma yapıda, özellikle kırsal alanlarda ciddi hasar oluşmuştur. Bu kapsamda Darb-e-Astane köyünde, 17 binaya ait 43 kerpiç duvarın deprem performansı incelenmiştir.

3. İNCELEMAYA ALINAN DUVARLARLA İLGİLİ BİLGİ TOPLANMASI

Duvarların deprem davranışında etkili olabilecek özellikleri ile ilgili bilgilerin toplanması ve analizi için özel bir duvar bilgi formu hazırlanmıştır. Bu formda: bölgenin adı, depremin büyüklüğü, incelenen bina ve duvarın numarası, duvarın binadaki konumu, arazi eğimi, duvarın fiziksel boyutları, boşlukların boyutları ve konumu, duvar mesnet türü, duvarın çatıya ve yan duvarlara bağlanma şekli, hasar tipi, hasar yerleri ve hasar oranı ile ilgili bilgiler işlenmiştir.

4. HİPOTEZLER VE VERİ ANALİZLERİ

Önceki çalışmalara dayanarak, duvara ait bazı fiziksel özelliklerin duvarın etkilenebilirliği üzerine etkileri bağlamında bazı hipotezler geliştirilmiştir. Bu hipotezlerin doğrulanması için mevcut veriler SPSS yazılımı ile analiz edilmiştir.

4.1. Duvarın Yatay ve Düşey Narinliği

Yığma kerpiç duvarların deprem performansında en etkili faktörlerden biri duvarın fiziksel boyutlarıdır. Duvarın düşey ve yatay narinliğinin etkilerini incelemek amacı ile bazı hipotezler ve sorular geliştirilmiş, bu bağlamda yapılan analizlerin sonuçları değerlendirilmiştir.

- Duvarın narinlik oranı aldığı hasar oranı ile bağlantılıdır.

Değerlendirilen duvarların yükseklik kalınlık oranı (H_d/W_d) ile hasar oranı ve uzunluk kalınlık oranı (L_d/W_d) ile hasar oranı arasında kurulan regresyon sonuçları, bu parametreler arasında bağlantı olduğunu göstermektedir (Çizelge 1 ve 2).

Çizelge 1. SPSS programında H_d/W_d ile hasar oranı arasında kurulan regresyon sonuçları

ANOVA ^b						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	21.926	1	21.926	24.263	.000 ^a
	Residual	37.051	41	.904		
	Total	58.977	42			

a. Predictors: (Constant), H_d/W_d

b. Dependent Variable: Hasar oranı

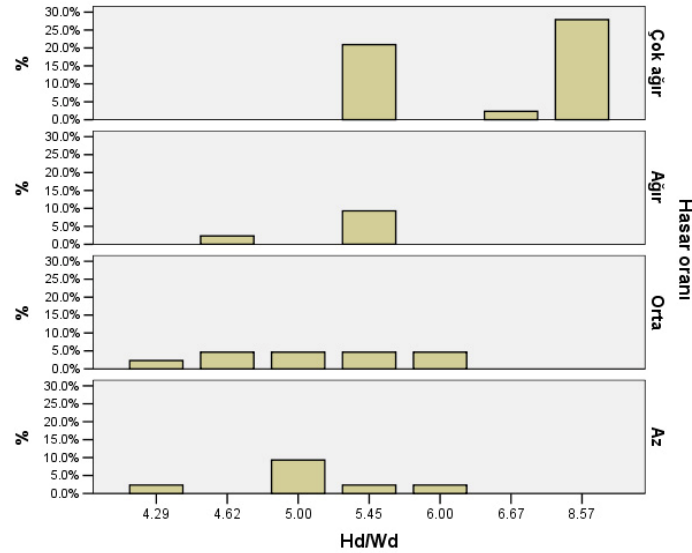
Çizelge 2. SPSS programında L_d/W_d ile hasar oranı arasında kurulan regresyon sonuçları

ANOVA ^b						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	7.406	1	7.406	5.840	.021 ^a
	Residual	48.194	38	1.268		
	Total	55.600	39			

a. Predictors: (Constant), L_d/W_d

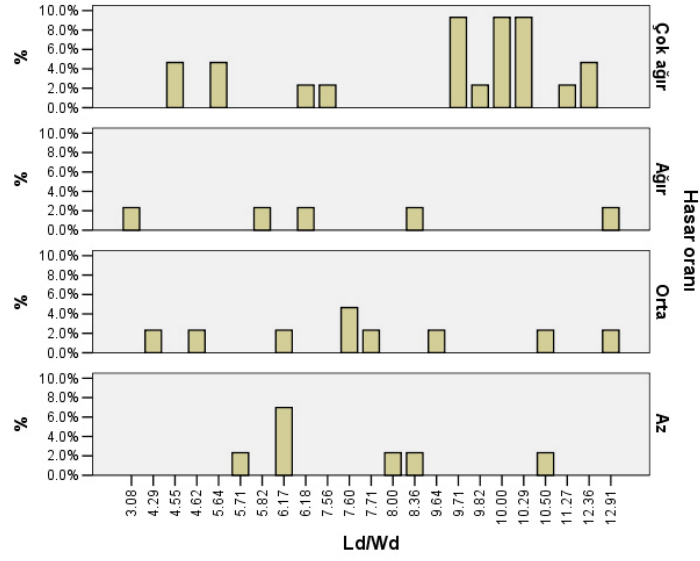
b. Dependent Variable: Hasar oranı

- Duvarda H_d/W_d büyümesi duvardaki hasar oranının artmasında etkilidir.

Şekil 1. H_d/W_d ile hasar oranı arasındaki bağlantıyı gösteren grafik

Şekil 1'de görüldüğü gibi genel olarak H_d/W_d oranı yüksek olan duvarlarda hasar oranı da yüksektir. H_d/W_d oranı küçüldükçe hasar oranı da azalmaktadır. Ancak hasar oranında başka parametrelerin de etkili olması nedeniyle bazı narin duvarlar daha iyi davranmış ya da bazı kalın duvarlar çok hasar görmüş olabilir.

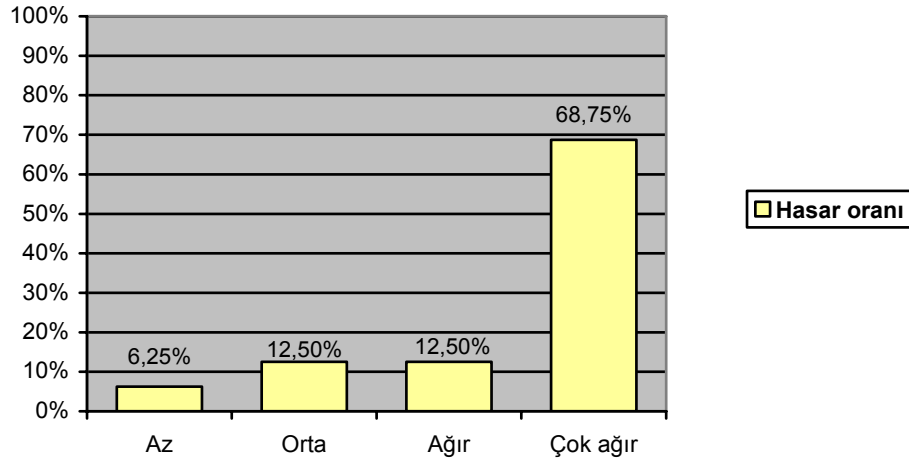
- Duvarda L_d/W_d büyümesi duvardaki hasar oranının artmasında etkilidir.



Şekil 2. L_d/W_d ile hasar oranı arasındaki bağlantıyı gösteren grafik

Şekil 2'de görüldüğü gibi incelenen örneklerde genel olarak L_d/W_d oranı yüksek olan duvarlarda hasar oranı da yüksektir. L_d/W_d oranı azaldıkça hasar oranı da azalmaktadır. Hasar oranının yüksek olmasında başka parametreler de etkili olduğu için bazı uzun duvarlar daha iyi davranmış ya da bazı kısa duvarlar çok hasar görmüş olabilir.

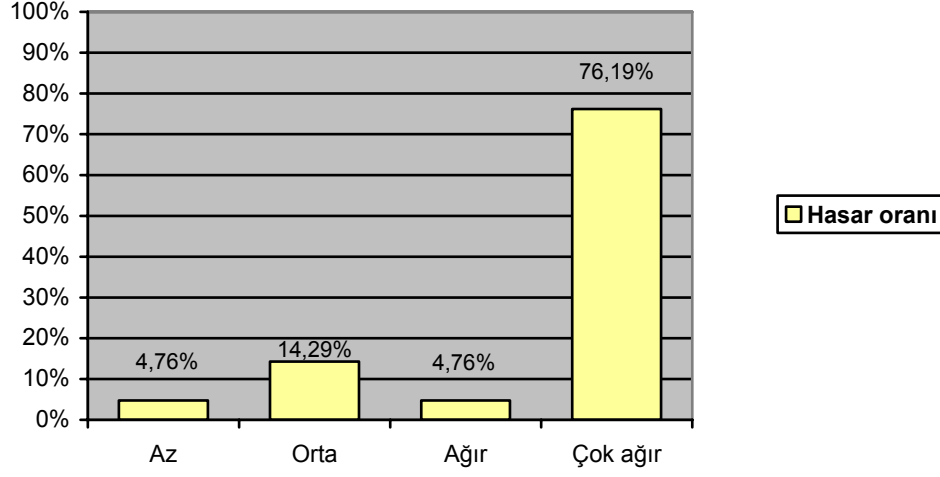
- $H_d/W_d > 5$ olan duvarlarda genelde hasar oranı yüksektir.



Şekil 3. $H_d/W_d > 5$ olan duvarlardaki Hasar oranı

Şekil 3’de görüldüğü gibi incelenen örneklerde $H_d/W_d > 5$ olan duvarlar genelde çok ağır hasar görmüştür. Bu da duvarın düşey narinliğinin belirli bir orandan az olmaması gerektiğini göstermektedir.

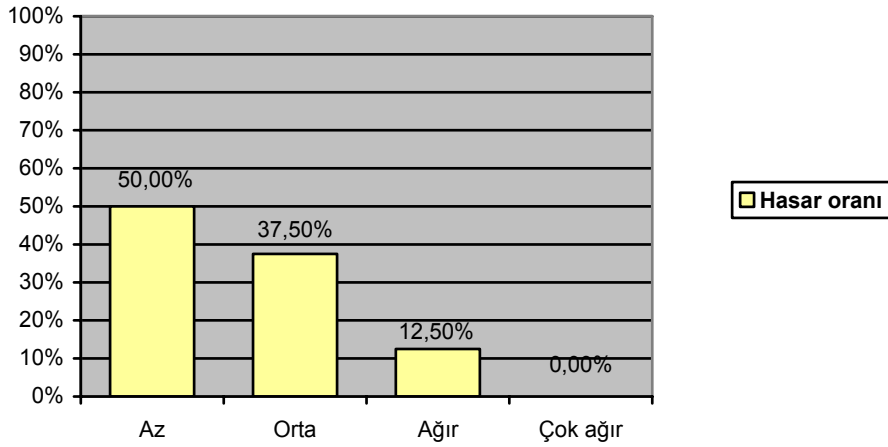
- $L_d/W_d > 9$ olan duvarlarda genelde hasar oranı yüksektir.



Şekil 4. $L_d/W_d > 9$ olan duvarlardaki Hasar oranı

Şekil 4’de görüldüğü gibi incelenen örneklerde $L_d/W_d > 9$ olan duvarlar genelde çok ağır hasar görmüştür. Yani yatay narinliği belirli bir orandan fazla olan duvarlar büyük hasar riski taşımaktadır.

- $H_d \leq 3$ m, $L_d \leq 5$ m ve $W_d \geq 60$ cm olan duvarlarda genelde ağır ve çok ağır hasarlar görülmemektedir.

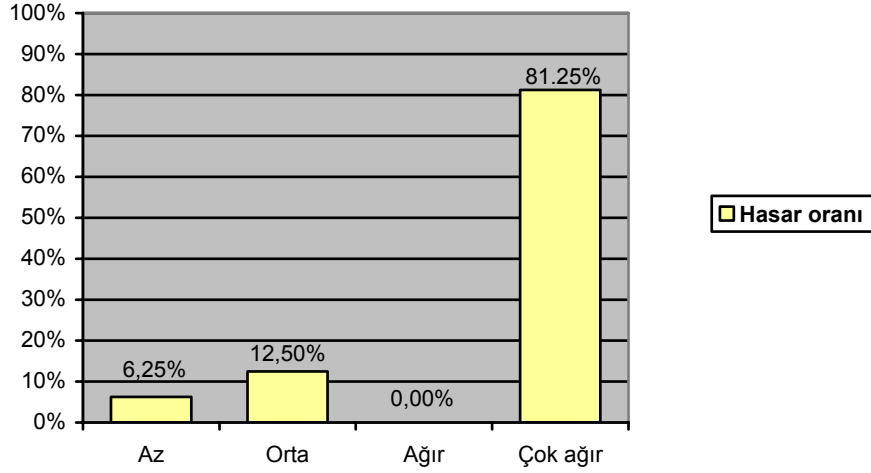


Şekil 5. $H_d \leq 3$ m, $L_d \leq 5$ m ve $W_d \geq 60$ cm olan duvarlardaki Hasar oranı

Şekil 5'de görüldüğü gibi incelenen örneklerde $H_d \leq 3m$, $L_d \leq 5m$ ve $W_d \geq 60cm$ olan duvarlar genelde ağır hasar görmemiştir. Bu şartlarda olan ve ağır hasar görmüş duvarların özellikleri incelendiğinde, bu duvarlardaki hasarın duvar ile mesnet arasındaki bağlantı biçiminin ayrı olmasından kaynaklandığı görülmektedir.

- Genelde bir kat yüksekliğindeki $W_d < 50cm$ olan duvarlar yüksek oranda hasar görmüştür.

Örnek duvarların verileri üzerine yapılan değerlendirme sonuçlarına göre $W_d < 50cm$ olan duvarların çoğu çok ağır hasar görmüştür (Şekil 6). İncelenen yapılarda kalınlığı 50cm' den küçük olan kerpiç duvarlar genelde kiriş taşımayan duvarlardır.



Şekil 6. $W_d < 50cm$ olan duvarlardaki Hasar oranı

4.2. Duvar Bağlantıları

Yığma kerpiç duvarların deprem performansını etkileyen bir diğer önemli faktör duvarın döşeme, çatı ve yan duvarlarla bağlantı biçimidir. İncelenen binalarda duvarlar arasında ve duvarlar ile çatı arasında iyi bağlantı biçimleri görülmemektedir. Bu da birçok binada hasara yol açmaktadır. Duvarın döşeme, çatı ve diğer düşey elemanlar ile bağlantı biçiminin hasar oranı üzerinde oluşturduğu etkiyi incelemek için bazı varsayımlar ve sorular oluşturulmuş ve bunlarla ilgili istatistikî sonuçlar elde edilmiştir.

- Tek doğrultulu kirişlerin duvar üzerine oturması duvarın deprem performansında etkilidir.

Değerlendirilen kerpiç duvarlarda, tek doğrultulu kirişin duvar üzerine oturması ile oluşan hasar oranı arasında kurulan regresyon sonuçları bu iki parametre arasında bağlantı olduğunu göstermektedir (Çizelge 3).

Çizelge 3. SPSS programında tek doğrultulu kirişin duvar üzerine oturması ile hasar oranı arasında kurulan regresyon sonuçları

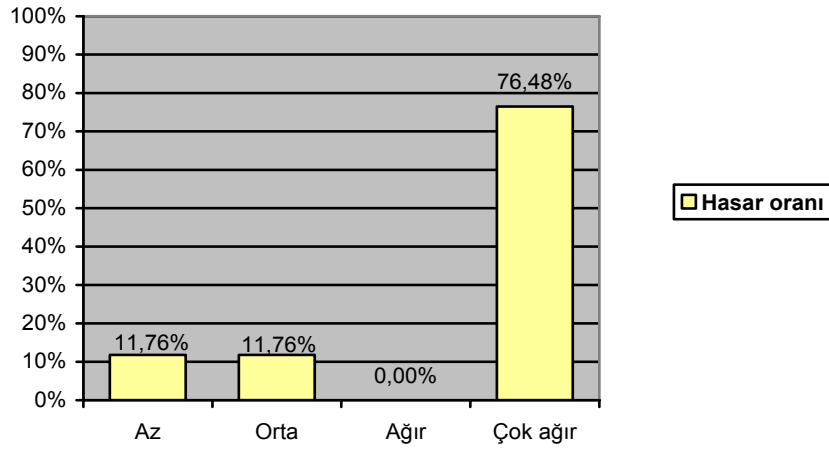
ANOVA ^b						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	7.743	1	7.743	6.148	.018 ^a
	Residual	47.857	38	1.259		
	Total	55.600	39			

a. Predictors: (Constant), Kiriş

b. Dependent Variable: Hasar oranı

- Kiriş taşımayan duvarlar depremde daha çok hasar görmüştür.

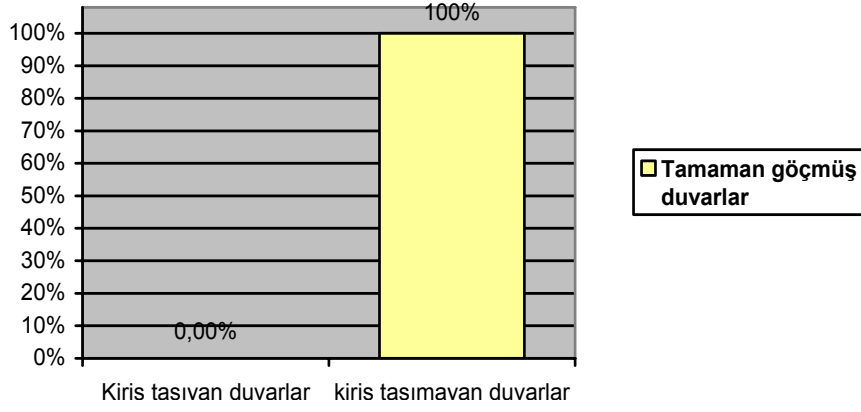
İncelenen örneklerde yapılan değerlendirmelere göre kiriş taşımayan duvarların %76'sı çok ağır hasar görmüştür (Şekil 7). Bunun nedenlerinden biri kirişlerin oturmadığı duvarların daha narın yapılmasıdır. Diğer önemli neden ise bu tip duvarlarda çatı ve duvar arasındaki bağlantının çok zayıf olmasıdır.



Şekil 7. Kiriş taşımayan duvarlardaki hasar oranı

- Tamamen göçmüş duvarlar genelde kiriş taşımayan duvarlardır.

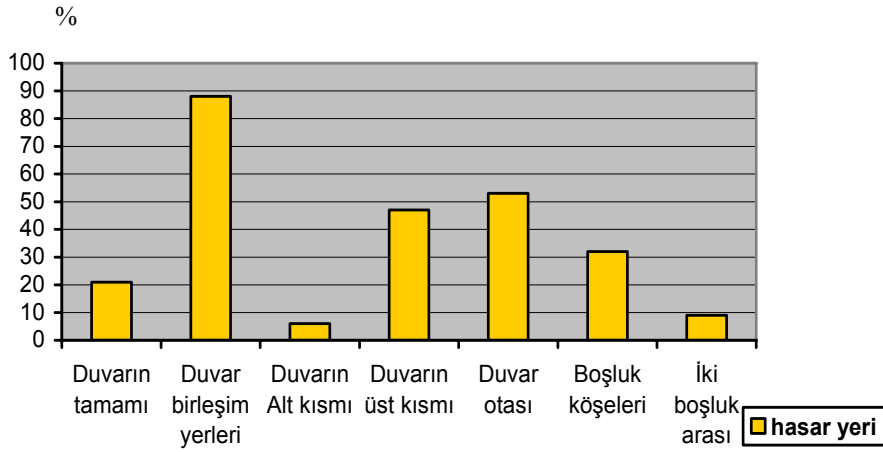
Yapılan inceleme sonuçlarını gösteren şekil 8'de görüldüğü gibi tamamen göçmüş duvarların %100'ü kiriş taşımayan ve ana taşıyıcı olmayan duvarlardır. Yani üzerine kiriş oturan duvarların hiçbiri tamamen göçmemiştir.



Şekil 8. Tamamen göçmüş duvarlardaki kiriş durumu

- Kerpiç duvarlarda en çok hasar köşelerde yani duvarın diğer duvarlar ile birleştiği noktalarda oluşmaktadır.

Elde edilen istatistiklere göre tamamen göçmüş duvarlar hariç, duvarların %88'inde duvar birleşim yerinde hasar oluşmuştur. Bu da kerpiç binalardaki köşe bağlantılarının ne kadar zayıf olduğunu göstermektedir. Birçok duvarda, özellikle üzerine kiriş oturan ve kendine dik mesnetlenen duvarların narin olması durumunda, duvarın orta bölgesi önemli bir hasar almaz iken birleşim yerleri ciddi hasarlar görmüş, duvarda kısmi göçmeler oluşmuştur. Ancak duvarın ve kendine dik mesnetlenen duvarların kalın olduğu durumlarda birleşim yerindeki hasarlar yüksek oranda değildir (Şekil 9).



Şekil 9. Duvarların hasar yerine göre istatistikleri

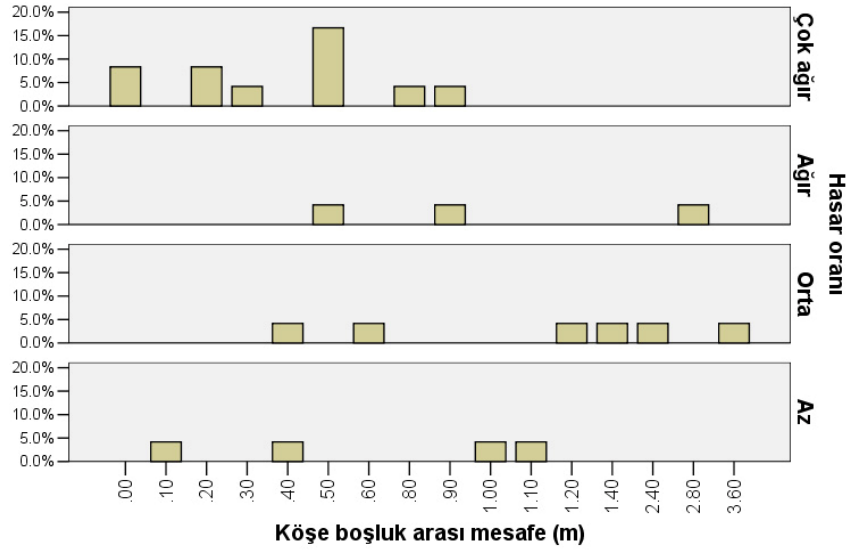
Duvar birleşim yerlerinden sonra, %47 oranla duvar üstü ve %53 oranla duvar ortası en çok hasar alan duvar bölgeleri olmuştur.

4.3. Duvar Boşlukları

Yığma duvarların deprem performansını etkileyen bir diğer önemli faktör duvarda bulunan boşlukların miktarı ve duvardaki yeridir. Duvar boşluklarının duvar yüzeyindeki oranı arttıkça duvarın deprem performansı olumsuz etkilenmektedir. Ancak değerlendirilen boşluklu duvarlarda genelde boşluğun duvar yüzeyine oranı küçüktür ($S_b/S_d < 0.3$). Genellikle kerpiç binalardaki boşluklar küçüktür. Boşlukların birbirine ya da duvar köşelerine yakın olması da duvardaki hasar oranını yükseltebilir.

- Köşe ve boşluk arasındaki mesafe 100cm'den az olan duvarlarda hasar oranı yüksektir.

Boşluğu olan duvarlar üzerine yapılan inceleme sonuçlarına göre köşe ve boşluk arasındaki mesafenin 100cm'den küçük olduğu duvarlarda hasar oranı daha yüksektir (Şekil 10).



Şekil 10. Değişik köşe ve boşluk arası mesafeleri olan duvarlardaki hasar oranı

5. KERPIÇ DUVARLAR ÜZERİNE YAPILAN ÇALIŞMA VE İNCELEME SONUÇLARI

Yapılan incelemeler yığma yapıların ayakta kalmasında en etkili yapı elemanın duvar olduğunu göstermektedir. Örnek duvarlar üzerine yapılan inceleme sonuçları şöyledir:

- Kerpiç duvar narinliği ile sismik etkilenebilirliği birbiri ile bağlantılıdır. Narinlik arttıkça hasar riski de artmaktadır.
- Yükseklik kalınlık oranı 5'den büyük olan duvarlar daha çok hasar görmüştür.
- Uzunluk kalınlık oranı 9'dan büyük olan duvarlar daha çok hasar görmüştür.
- Yükseklik kalınlık oranı 5 ya da 5'den küçük ve uzunluk kalınlık oranı 9 ya da 9'dan küçük olan duvarlarda ağır ve çok ağır hasar oluşmamıştır.
- Bir kat yüksekliğinde ve kalınlığı 50 cm'den küçük olan duvarlar genelde yüksek oranda hasar görmüştür.
- Kiriş taşıyan duvarlar deprem sırasında daha iyi davranmıştır.

- Tamamen göçmüş duvarların hepsi, üzerinde kiriş oturmayan duvarlardır. Bu tip duvarlar genelde düzlemine dik gelen kuvvetler etkisiyle duvarın düzlem dışı hareket nedeniyle devrilmiştir.
- Birleşen duvarlar arasındaki bağlantının zayıf olması nedeniyle kerpiç yapılarda en çok hasar duvar birleşim yerlerinde oluşmuştur. Birçok binada bu bölgelerde oluşan hasarın oranı yüksektir.
- 60cm ya da fazla kalınlıklı duvar ile en az 50cm kalınlıklı duvarların birleşim yerleri daha iyi performans göstermiştir.
- Mevcut kerpiç binalarda genelde duvardaki boşluk doluluk oranı duvarın deprem davranışını olumsuz etkilemeyecek kadar küçüktür.
- Boşluk ve köşe arasındaki mesafenin 100 cm'den az olduğu duvarlarda, boşluk duvarın deprem performansını olumsuz etkilemektedir.
- Genelde bina köşelerinde oluşan duvar birleşim hasarları binanın orta kısımlarında oluşan duvar birleşim hasarlarından daha ağırdır. Yani "T" ya da "+" şeklindeki duvar birleşimleri "L" şeklindeki birleşimlerden daha iyi performans göstermiştir.
- Kerpiç duvarlarda duvarın orta bölgeleri de çok hasar görmektedir. Duvarın çok ağır olması bunun en önemli nedenidir.

Kerpiç duvarlarda çok görülen bir başka hasar, duvarın üst kısmı ve çatıya bağlandığı yerdedir. Bu hasar kirişlerin oturmadığı duvarlarda daha ağır şekilde görülmektedir. Bunun asıl nedeni duvar ve çatı arasında iyi bir bağlantının olmamasıdır. Bu hasar, üzerine kiriş oturan duvarlarda ağır çatıdan kaynaklanan yatay kesme çatlağı şeklindedir.

KAYNAKLAR / REFERENCES

- [1] Salek Zamankhani, J., İran'ın Deprem bölgesi olan "Doğu Azerbaycan" ilindeki köy evlerinin biçimsel ve yapısal yönlerden irdelenmesi ve ıslahı üzerine bir çalışma, Doktora tezi, Mimarlık Fakültesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, 2010.
- [2] SCI, Statistical Centre of Iran (2007), Housing Statistics Internet. Available from: <http://www.sci.org.ir> [Erişim tarihi: Haziran 20, 2007].
- [3] IIEES, International Institute of Earthquake Engineering and Seismology (2007), Silakhor Earthquake Internet. Available from: <http://www.iiees.ac.ir> [Erişim tarihi: Mart 11, 2007].
- [4] Moghadam, A.S., "Visual Report on 2006 SilaKhor Earthquake", International Institute of Earthquake Engineering and Seismology, Tehran, (2006), 51-75.
- [5] Naeim, F., Maheri, M.R., Mehraïn, M., "Performance of Adobe Residential Buildings in the 2003 Bam, Iran, Earthquake", Earthquake Engineering Research Institute, Earthquake Spectra, Volume 21, No. S1, 337-344, 2005.