

## **Kullanılmış Araba Lastikleri Kullanarak Yığma Bina Duvarlarının Depreme Karşı Güçlendirme Çalışmaları**

**M. Gölalmiş**

*Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü,  
Ankara, 06531*

**A. Türer**

*Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü,  
Ankara, 06531*

**ÖZET:** Türkiye yapı stokunun yaklaşık %50'si yığma binalardan oluşmaktadır. Bu binalar genellikle mühendislik eğitimi almamış, ev sakinleri tarafından inşa edilmektedir. Bu evler genellikle ağır çatı kütleleri ile kapatılmaktadır ve bu çatılar deprem anında, yığma bina duvarlarının düzlem dışı ve düzlem içi yönündeki duvarların büyük bir kuvvetle itilmesine ve binanın şiddetli bir şekilde yıkılmasına neden olmaktadır. Hali hazırda bulunan güçlendirme teknikleri çoğunlukla karmaşık ve maliyetinin dar gelirli ev sakinleri tarafından karşılanması güçtür. Bu çalışmanın amacı, kullanılmış araba lastiği ile ard-germe uygulayarak, uygulanabilirliği kolay ve maliyeti düşük, yığma ev duvarları için alternatif bir güçlendirme tekniği geliştirmektir.

**Anahtar Kelimeler :** Yığma Ev, Düzlem Dışı, Lastik Çekme Dayanımı, Eğilme Masası

**ABSTRACT:** About half of the building stock in Turkey is masonry type and one fourth of the building stock is one-storey brick type masonry buildings. Especially the rural masonry houses are commonly constructed by their own residents without any engineering knowledge. Traditional masonry houses usually have heavy roofs which generate large lateral forces on walls during an earthquake. Readily available retrofitting techniques are mostly complicated and costly making it not feasible to have uneducated poor residents to strengthen their own houses. The aim of this paper is to disseminate the developed techniques and results of experimental studies conducted on post-tensioning of masonry walls using scrap tires. Usage of scrap tires provides a low-cost and easily applicable alternative technique for masonry house strengthening.

**Keywords:** Masonry, Out-of-plane, Tensile Strength of Scrap Tire, Tilting Table

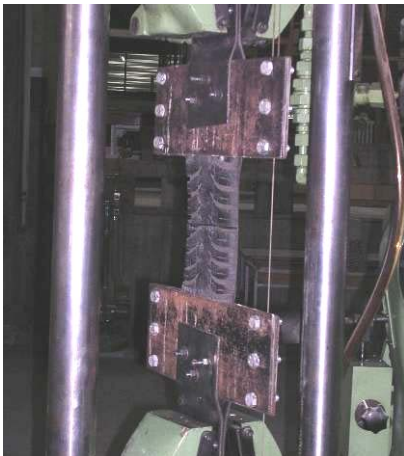
## Giriş

Türkiye'nin bina stokunun yaklaşık % 50'si yığma binalardan oluşmaktadır[1]. Bu binalar genellikle, mühendislik eğitimi almamış ev sahipleri tarafından briket, tuğla, kerpiç ve taş gibi malzemeler kullanılarak inşa edilmektedir. Kışları evlerin içi sıcak, yazları da serin olması amacıyla, bu evlerin üzerleri ağır çatılar ile kapatılmaktadırlar. Bu ağır çatı yükü, deprem anında binanın zayıf yönündeki duvarlarını büyük bir kuvvet ile itilmesine ve yıkılmasına sebep olmaktadır. Mevcut güçlendirme tekniklerinin uygulanabilirliği fakir ev sahipleri tarafından kolayca karşılanabilecek maliyete sahip olmamasının yanında uygulanma açısından da genellikle basit değildir.

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 engellemek veya en azından geciktirmek amaçlanmıştır. Buna ilaveten, bu güçlendirme tekniğinin maliyetinin diğer tekniklere göre daha az olması amaçlanmıştır. Bugüne kadar, güçlendirme malzemesinin özelliklerini görmek amacıyla birçok malzeme çekme deneyleri ve bu güçlendirme tekniğinin uygulanabilirliğini göstermek amacı ile çok sayıda deney yapılmıştır. Bu deneylerin hepsinden olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuçlar aşağıda açıklanmaktadır.

### Kullanılmış Araba Lastiklerinin Çekme Dayanımı Testleri

İlk önce, kullanılmış araba lastiklerinin çekme dayanım kapasitesini ölçmek amacıyla bir ön hazırlık testi yapıldı. Lastiğin esnek bir malzeme olmasından dolayı, kenarlarından tutturulup gerdirilmesi zor olmaktadır. Bunun için, iki paralel plaka üzerinden lastiği delerek geçen ve lastiği somunlar vasıtasıyla plakalar arasına sıkıştıran bir bağlantı aparatı dizayn edildi ve kullanılmış lastik bandının çekme dayanımı testi yapıldı. Uygulanan çekme lastiğin dayanım kapasitesine ulaşmadan bağlantı bölgesinde bağlantı aparatı üzerindeki cıvatalar bölgesinde oluşan kuvvetler sebebiyle lastik kenarlarından yırtılmak suretiyle yaklaşık 3,5 eksenel yükte tonda koptu. Bu testin fotoğrafları aşağıda Şekil 1'de verilmektedir.



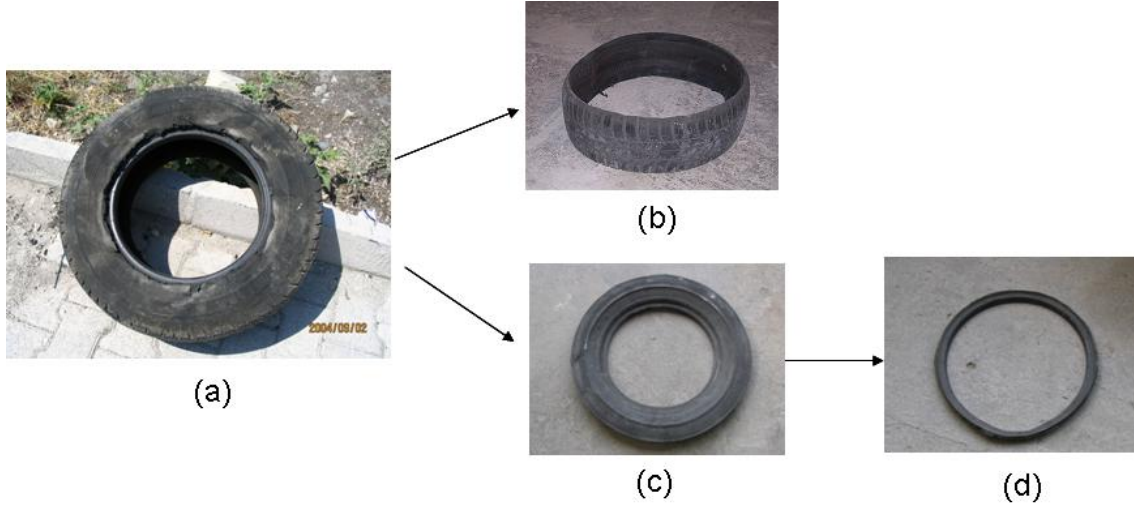
a) Test makinesi



b) Kullanılmış araba lastik bandı

Şekil 1: İlk Çekme Deneyleri

Kullanılmış araba lastik bandı çekme deneyinden sonra, bant kullanma fikrinden vazgeçildi. Onun yerine lastiğin yanaklarını bıçak ile kesilerek, Şekil 2b'deki gibi Kullanılmış Lastik Halkası (KLH) elde edildi. Lastiğin sürekliliği bozulmadan halka şeklinde bırakılarak lastiğin çekme dayanımından daha fazla yararlanmak hedeflendi. Geçen deney sonuçlarına dayanarak, Dr. Ahmet Türer, Burhan Avcı ve Mustafa Gölalmiş tarafından oluşturulan deney düzeneği ODTU İnşaat Mühendisliği Yapı Laboratuvarı'nda hazırlandı ve yükleme makinesine bağlandı (Şekil 3).



Şekil 2 : Ard-Germe malzemelerinin hazırlanışı: (a) Kullanılmış Lastik, (b) KLH, (c) Lastik yanağı (d) LHK



a) Yükleme Makinesi



b) Modifiye edilmiş test düzeneği

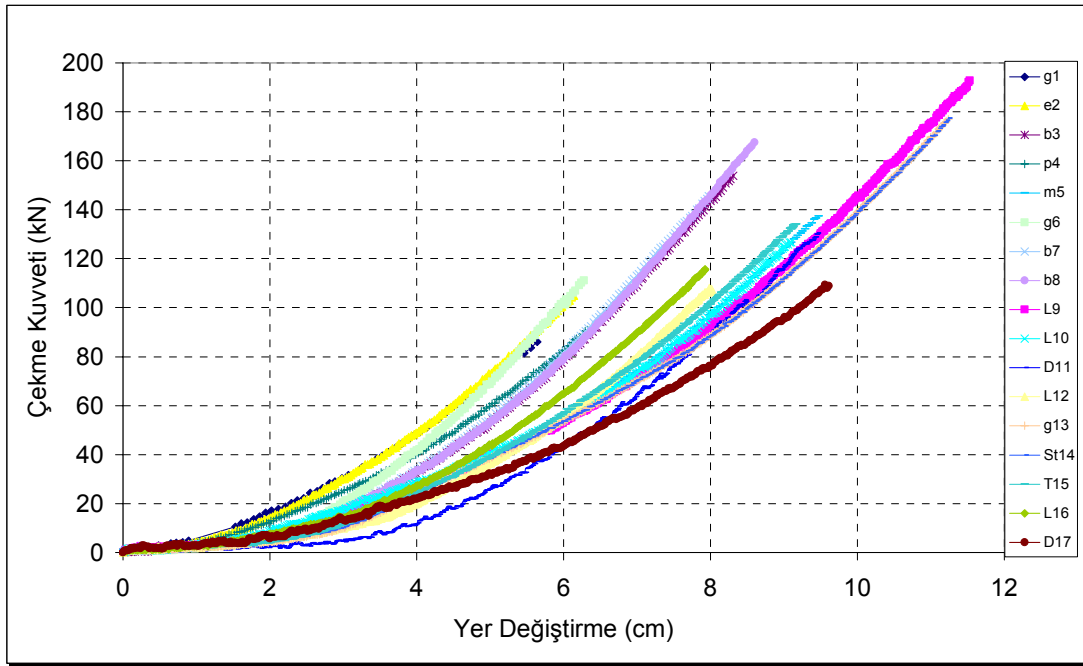


c) Tek Lastik Çekme Testi

Şekil 3 : Test Düzeneği

Toplam on dokuz adet (tek) lastik çekme deneyleri yapıldı. Lastik deneyleri daha sonra bağlantı elemanları ile birbirine bağlanarak çift lastikler için tekrar edildi. Tek olarak denenen lastikler dokuz farklı lastik markasından seçildi. Yapılan deneylere göre, KLH'nin ortalama çekme dayanımı 133 kN (13,55 ton), standart sapması ise 32,1 kN olarak elde edildi. En düşük çekme dayanımı 90 kN, en yüksek çekme dayanımı ise 190 kN olarak ölçüldü (Şekil 4).

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, KLH'ları birbirleriyle birleştirmek amacıyla beş farklı bağlantı deneyleri yapıldı ve aralarından 10 ton çekme dayanımı sahip ve kapasitesine göre maliyeti en uygun olanı seçildi (Şekil 5).



Şekil 4 : KLH çekme deneyleri sonuçları



a) Birleştirilmiş Lastik Çekme testi



b) Bağlantı

Şekil 5 : Lastik Çekme Testleri

KLH çekme deneylerinin ilaveten, Lastik Kenar Halkası (LKH) çekme dayanım deneyleri yapıldı. Ortalama bir LKH'nın çekme dayanım kapasitesi, 54 kN olarak elde edildi.

### **Düzlem-Dışı Yığma Duvar Testleri**

Yığma yapıların toprak damları, yapının genellikle dar yönünde karşılıklı iki paralel duvara mesnetlidir. Bu damlarda bulunan büyük çatı kütlesi deprem anında ataleti sebebiyle duvarların en zayıf olduğu düzlem-dışı yönünde (ve düzlem içi yönde) büyük yanal kuvvetlerin oluşmasına ve çoğunlukla duvarların ve yapının ani yıkılmasına sebep olmaktadır. 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 edildi ve düzlem-dışı yükleme deneyleri yapıldı (Şekil 6).

Tuğla duvarların deneyleri üç aşamada gerçekleştirildi; birinci aşamada duvara herhangi bir ard-germe kuvveti verilmedi, ikinci ve üçüncü aşamalarda ise, duvarın üzerine 50 kN ve 100 kN'luk ard-germe kuvvetleri araba lastikleri kullanılarak uygulandı. Bu deneylerden elde edilen sonuçlara göre, ard-germe uygulanan duvarın zayıf yöndeki yanal yük dayanım artışı, ard-germe uygulanmayan duvara göre yaklaşık 10 kat arttıği ölçülmüştür.

Briket duvarlarda ise iki aşamada zayıf yön yanal kuvvet dayanım deneyleri yapıldı. Birinci aşamada tuğla duvarlar gibi herhangi bir ard-germe kuvveti duvarın üzerine etki ettirilmedi. İkinci aşamada ise, briket malzemenin tuğlaya göre daha zayıf olması sebebiyle 30 kN'luk bir ard-germe kuvveti araba lastikleri kullanılarak uygulandı. Deney sonuçlarına göre, araba lastikleri ile uygulanan ard-germe neticesinde, briket duvarların zayıf yönlerindeki yanal yük dayanımları yaklaşık 5,5 kat artmıştır.

Bu iki deneyde de, çatlak oluşumları ilk önce eğilme kuvvetinin en büyük değerde olduğu kısımda meydana gelmiştir. Bazı deneylerde eğilme çatlağının oluşmasını takiben mesnet bölgesine yakın diyagonal çatlaklar oluşmuştur. Bu çatlaklar ard-germe kuvvetinin duvarın enine dağılması ve mesnet bölgesinin şerit duvarda çok küçülmesi sebebiyle oluşmuştur..



a) Tuğla Duvar



b) Briket Duvar

Şekil 6: Zayıf yön deneyleri

## Birebir Ölçekli Yığma Ev Kaldırma Masası Deneyleri

Önerilen güçlendirme tekniğinin, birebir ölçekli bir ev üzerindeki etkisini görmek amacıyla, Dr. Türer ve B. Özden tarafından ve 3m genişliğinde, 4 m uzunluğunda, iki tarafa eğilebilen ve yer çekimi ivmesini kullanarak 3m x 4m taban alanına sahip yapıları test etme yetisine sahip 70 ton kapasiteli bir eğilme masası tasarlandı. Binanın üzerine gelen yük, eğilme masası açısı ayarlanarak,  $m \cdot g \cdot \sin(\alpha)$  fonksiyonu ile ayarlandı. Eğilme masası kullanılarak bir adet 3m\*4m\*3m boyutlarında tek odalı yığma ev test edilmiştir. Aynı malzeme ve boyutlarda inşa edilen ikinci ev kullanılmış lastikler ile güçlendirildikten sonra test tekrarlanmıştır. Birinci durumda çatı yükü gerçek hayattaki çatı yüklerini taklit etmesi için kum dolu çuvallar ile sağlanmıştır. İkincisinde ise, kum torbaların kullanılması zorluklar yarattığı için aynı ağırlıktaki betonarme ağırlık, birinci deneyde kullanılan kirişler üzerine oturtulmuştur. Bu iki durumda da, çatı yükü 55 kN olarak belirlenmiştir. Daha sonra oluşabilecek bir yıkımın çevreye vereceği zararı önlemek amacıyla, binanın düzlem-dışı yönlerindeki duvarları çelik emniyet ağları ile kapatılmış ve kaldırma masasına çapraz uzun çelik çubuklar ile bağlanmıştır. Bu çelik kafes, binaya dokunmamakta ve binanın dayanımına bir katkısı bulunmamaktadır.

Birinci deneyde, ard-germenin uygulanmadığı modelde, bina yaklaşık 18° derecede ( $0.31 \cdot m \cdot g$  yanal yükte), ana duvarlarda ve zayıf duvarlarda büyük çatlaklar oluşmasını takiben aniden ve şiddetli bir biçimde yıkıldı. Oluşan çatlakların dağılımı Şekil 7’de görülmektedir.



a) Ana duvarlar üzerinde oluşan çapraz çatlakların dağılımı



b) Zayıf duvarlar üzerinde oluşan çapraz çatlakların dağılımı

Şekil 7: Yığma Bina Duvar Çatlakları

İkinci deneyde ise, yeniden örülen yığma bina, kullanılmış araba lastikleri ile yatay yönde 20 kN ve düşey yönlerde 50 kN ard-germe kuvvetleri uygulayarak güçlendirilmiştir. Daha sonra, bina yaklaşık 34° dereceye (0,56\*m\*g yanal yük) kadar, yüklenmesine rağmen, sadece pencere altlarında oluşan ve temel seviyesinde devam eden, ilk deneye göre çok küçük seri çatlaklar oluştuğu görülmüştür (Şekil 8a). Bina başlangıçtaki konumuna geri getirildiği zaman, bina duvarları üzerindeki çatlaklar, lastiklerin üzerlerinde bulunan çekme kuvvetlerinin etkisiyle kapanmıştır (Şekil 8b).



a) 34° derecede oluşan çatlaklar



b) Deney sonrası bina ve deney ekibi

Şekil 8: Güçlendirilmiş yığma bina deneyi

## Sonuçlar

Teoride ve betonarme elemanlar için sıkça kullanılmakta olan ard-germe tekniğinin yığma bina duvarını güçlendirmede beklenen olumlu etkisi, düzlem dışı şerit yığma duvar (tuğla ve briket için) ve eğilme masası deneyleri ile deneysel olarak kanıtlanmıştır.

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.

KLH zincirleri ile güçlendirilmiş birebir ölçekli eğilme masası deneyinde, güçlendirmemiş eğilme masası deneyine göre yaklaşık %80'lik bir dayanım artışı gözlemlenmiştir. Yapı daha sünek bir hal almış, enerji sönümlenme kapasitesi artmıştır. Enine çatlaklar gözlenmemiş, çatlaklar pencere altlarında ve temel seviyesinde oluşmuştur.

Kullanılmış araba lastiklerinden elde edilen lastik halkalarının (KLH) ortalama kopma dayanımı 133 kN (13,55 ton), standart sapması ise 32,1 kN (3,27 ton) olarak elde edilmiştir. En düşük çekme dayanımı 90 kN, en yüksek çekme dayanımı ise 190 kN olarak ölçülmüştür. Araba lastiklerinin viskoelastik davranışı ile sünme etkisine karşın araştırmalar devam etmekte olup, bu etkiyi en aza indirmek için lastikler üzerine yüklenecek gerilme kuvveti 24,5 kN (2,5 ton) mertebesinde tutulabilir. Lastikler üzerindeki kuvvet, somunlarda bulunan tork kuvveti kontrol edilerek (eğer yükte azalma varsa) her yıl yaz aylarında gerdirilerek kuvvetin sürekliliği sağlanabilir.

KLH vasıtasıyla ard-germe uygulanan tuğla ve briket duvarların ve birebir ölçekli binanın, enerji sönümlenme ve süneklik kapasitelerinde artışlar gözlenmiştir.

Lastik gibi esnek malzemelerin düzlem dışı duvarların güçlendirilmelerinde kullanılmaları, doğrusal olmayan bölgedeki deformasyonların dahi esnek olarak geri dönmesine imkan sağlamaktadır.

Bu çalışma sonuçlarına göre, Kullanılmış Araba Lastiği Halkaları (KLH'ler) ile yığma yapı duvarlarına uygulanacak ard-germe tekniği, halihazırda bulunan ve geliştirilmekte olan diğer (çelik hasır ve FRP gibi) tekniklere bir alternatif oluşturmaktadır. Deprem riski yüksek bölgelerde oturan ve gelir düzeyi düşük ailelerin yığma binalarında kendilerinin uygulayabileceği düşük maliyetli ve uygulaması basit bir güçlendirme tekniği oluşturulmaya çalışılmıştır. Kullanılmış lastiklerin yığma yapı güçlendirilmesinde kullanılmak üzere geri dönüşümü, hem çevreye atılan atıkların azaltılması hem de milli servet açısından olumlu etkiler oluşturacaktır.

## **Referanslar**

[1] BİNA SAYIMI, 2000. T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü, Ankara