

## Elastik Art-Germe Şeritleriyle, Yığma Yapıların Güçlendirilmesi

Serra Zerrin Korkmaz <sup>a</sup>, Hasan Hüsnü Korkmaz <sup>b</sup>, Ahmet Türer <sup>c</sup>

*a Selçuk Üniversitesi , Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Konya,  
b Selçuk Üniversitesi , Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Konya,  
c Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara.*

**ÖZET:** Bu çalışmada, kırsal yığma yapıların, elastik şeritlerle ard-germe yöntemiyle güçlendirilmesi ve bu kapsamda gerçekleştirilen 1:10 ölçekli sarsma tablası deneylerinin sonuçları tanıtılmış ve tartışılmıştır. Çalışmanın amacı, çeşitli konfigürasyonlarda uygulanmış elastik şeritlerle uygulanan ard-germe yönteminin etkisi ve geçerliliğini araştırmaktır. Gerçek ölçekli (1:1) uygulamada elastik şerit olarak kullanılmış otomobil lastiğinin kullanılması amaçlanmıştır. Otomobil lastiklerinin ücretsiz olarak temin edilebilmesi nedeniyle, düşük gelirli konut sahipleri tarafından uygulanabileceği düşünülmektedir. Önerilen güçlendirme yönteminin geçerliliği basitleştirilmiş bir sarsma tablasında 1:10 ölçekli maket yığma yapıların, artan ivmeler altında test edilmesi ile araştırılmıştır. Deneysel sonuçlarında, yatay şeritlerle yapılan güçlendirmenin dayanımı %70, dikey şeritlerle yapılan güçlendirmenin %40, ve hem yatay hem de dikey şeritlerle yapılan güçlendirmenin %110 artırdığı tespit edilmiştir. Elde edilen test sonuçları ODTU, yapı mekaniği laboratuvarında gerçekleştirilen 1:1 ölçekli deneyler için incelenecek parametrelerin tespitinde ön hazırlık niteliğindedir.

**Anahtar Kelimeler:** Kullanılmış otomobil lastiği, yığma yapı, kırsal, deprem, sarsma tablası.

### Performance Improvement Studies on Masonry Houses Using Elastic Post-Tensioning Straps

**ABSTRACT:** Masonry houses are composed of building blocks with weak inter-binding action which have low tension capacity. Bending and shear forces generate tensile stresses which cannot be well tolerated. Remedies such as externally applied mesh reinforcement and post-tensioning improves post and pre cracking performance, respectively; however cannot prevent damage to the system or loss of post-tensioning after yielding. This paper discusses a research program on earthquake strengthening of masonry houses using elastomeric straps and 1/10 scale dynamic tests on single story rural dwellings. The aim of the study is to assess the use and effectiveness of post tensioning rubber straps at several different configurations. Full scale application is planned to be conducted using scrap automobile tires, which might be used as an effective and economic alternative strengthening technique by poor residents of low cost dwellings. The performance and validity of the proposed strengthening techniques were tested using a simplistic shaking table under increasing sinusoidal frequencies and

accelerations on 1/10 scale rectangular masonry house models. The results show that the overall capacity of models are improved up to 83% by using vertical post-tensioning rubber strips and up to 89% by using vertical and horizontal strips together. The obtained data provides insight and experience to be used for designing full scale shaking table tests.

**Keywords:** Scrap tire, masonry, rural, earthquake, shaking table test, failure sequence.

## GİRİŞ

Az gelişmiş veya gelişmekte olan ülkelerde, kırsal kesimde ve şehirlerin gecekondulu bölgelerinde konutlar, kullanıcıları tarafından, taş, kerpiç, briket veya pişmiş toprak tuğlalardan yığma yapı şeklinde inşa edilmektedir. Bu yapılar deprem gibi yatay yükler altında zayıf dayanım göstermektedir. Son depremlerde İran ve Türkiye’de kırsal kesimde hayat kaybı büyük olmuştur. Özellikle az gelişmiş ülkelerde kırsal kesimde çatı toprak olarak yapılmakta ve her mevsim bu çatılar üzerine yeni torak tabakası serilerek sıkıştırılmakta ve çatı iyice ağırlaşmaktadır. Bu ağır çatının deprem esnasında kullanıcıların üzerine göçmesi büyük felaketlere neden olmaktadır.

Bu çalışmada, yığma yapıların deprem dayanımının artırılması ile ilgili bir araştırma projesi kapsamında yapılan bir çalışmanın sonuçları verilmiştir. Bu proje, kırsal kesimde yaşayan halkın kendisinin uygulayabileceği ve ucuz malzeme kullanılmasını amaçlayan ve yapının deprem dayanımı artırması hedeflenen bir tekniğin geliştirilmesini içermektedir. Yığma yapı duvarlarını güçlendirme işlemi ard-germe yöntemiyle yapılacak ve bu amaçla kullanılmış otomobil lastikleri kullanılacaktır.

Çalışmada geliştirilen güçlendirme tekniğinin, az gelişmiş ve deprem riski altında olan ülkelerde kullanılabilirliği düşünülmektedir. Ayrıca çevre kirliliği açısından bir problem oluşturan atık oto lastiklerinin kullanılması, bu açıdan da olumlu bir yön oluşturacaktır.

## AMAÇ-KAPSAM

Bu çalışma, yığma yapıların deprem güvenliğinin artırılması ile ilgili bir proje kapsamında gerçekleştirilen araştırmalardan ilkinin oluşturmaktadır [1]. Proje Dünya Bankası ve TUBİTAK tarafından desteklenmektedir. Çalışmanın amaçları:

- Mühendislik hizmeti görmemiş yığma yapıların, sismik performansının artırılması
- Laboratuvar modelleri ve deneyleri ile elastik şeritleriyle güçlendirme tekniğinin geliştirilmesi
- Kullanılmış oto lastiklerinin güçlendirme işleminde kullanılması
- 1:10 ölçekli testlerden elde edilen sonuçların 1:1 ölçekli deneylere ışık tutması olarak sıralanabilir.

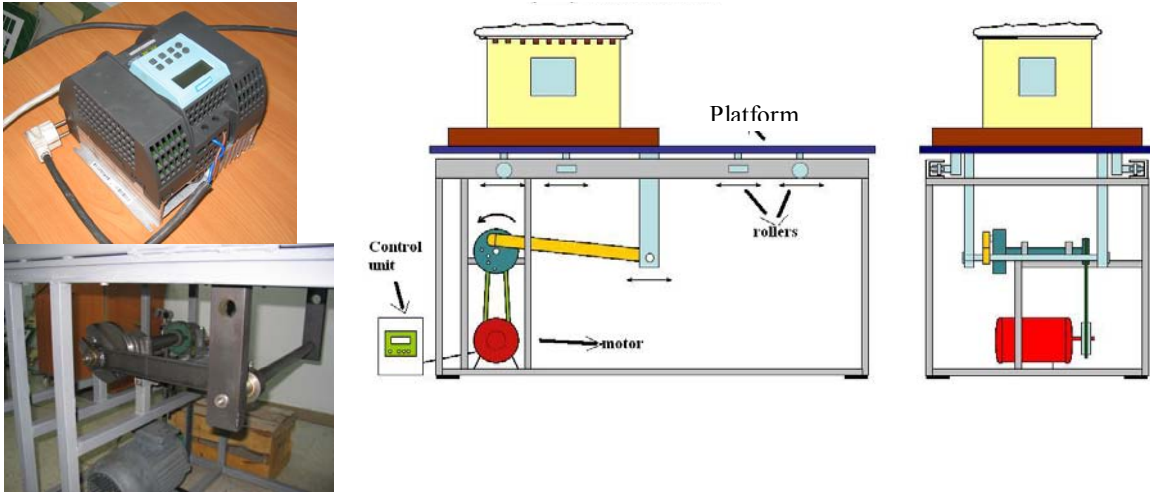
## DENEYSEL ÇALIŞMA

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.

### Sarsma tablasının özellikleri

Sarsma tablası, yatayda bir yönde hareket edebilen bir platform ve buna hareketi veren basit bir elektrik motorundan oluşmaktadır (Şekil 1). 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 boyu değiştirilebilmektedir.



Şekil 1. Basitleştirilmiş 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 göme 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  $\omega$ ; açısal frekanstır. Bu denklemin birinci türevi, platformun zamana bağlı hız (v) denklemini verecektir (denklem 2). Denklem 2'nin türevi ise platformun yatay ivmesini (a) verecektir (Denklem 3).

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

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

Sonuç ivme-zaman grafiği “sinüs” eğrisi şeklindedir. Elde edilen ivmelerin gerçek prototip (1:1 model) ortamına dönüştürülebilmesi için model oranına (10) bölünmesi gereklidir [2-3].

### Model numunelerin özellikleri

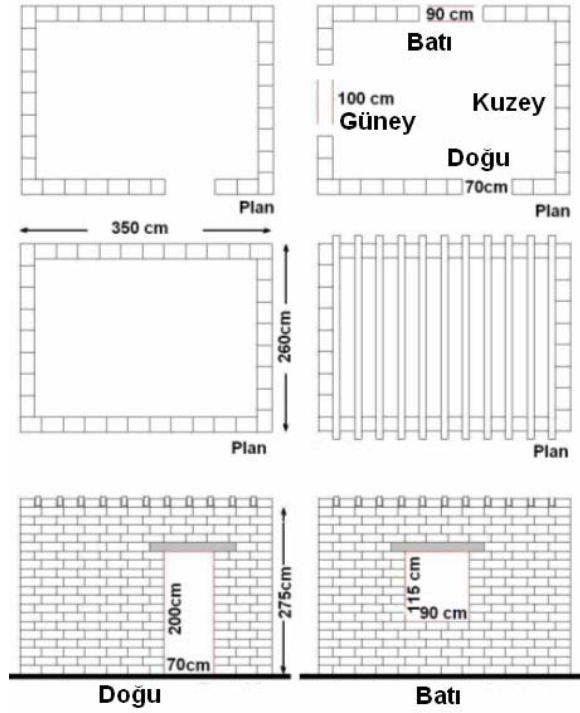
Test edilen numuneler tek katlı bir kırsal kesim yapısının 1:10 ölçekli modelidir. Yapının sadece bir odası modellenmiştir. Bu yaklaşım literatürdeki diğer deneysel çalışmalarla da uyum içindedir [10-11]. Prototip yapı 3x4 m planında ve 3 m yüksekliğindedir (Şekil 2). Modelde kullanılacak tuğlalar, ODTÜ’de yapılacak olan 1:1 ölçekli deneyde kullanılacak olan tuğlaların 1:10 ölçekli modelidir. 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.

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 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<sup>2</sup> karşılık gelmektedir. Duvar dış yüzeyine ince bir tabaka halinde çamurdan sıva uygulanmış ve dış yüzeyi, çatlakları görebilmek için, beyaza boyanmıştır. Model numunenin boyutları ve yapım aşamaları Şekil 2 ve 3 de verilmiştir.



Şekil 2. Numunelerin yapım aşamaları



Şekil 3 Model yapının boyutsal özellikleri

## 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.

### Referans 1-Orijinal Numune (RFO1)

İlk denen numune hiçbir güçlendirme içermeyen ve orijinal yapım detaylarına göre üretilen RFO1 numunesidir. Bu deneyin sonunda çatı yükünün daha da artırılmasına karar verildiği için deney tekrarlanmıştır (RFO2). RFO1 deneyinde sadece bir kamera ile kayıt yapılmıştır. Deney sırasında numunede oluşan çatlaklar ve göçme mekanizması Şekil 4 da verilmiştir.

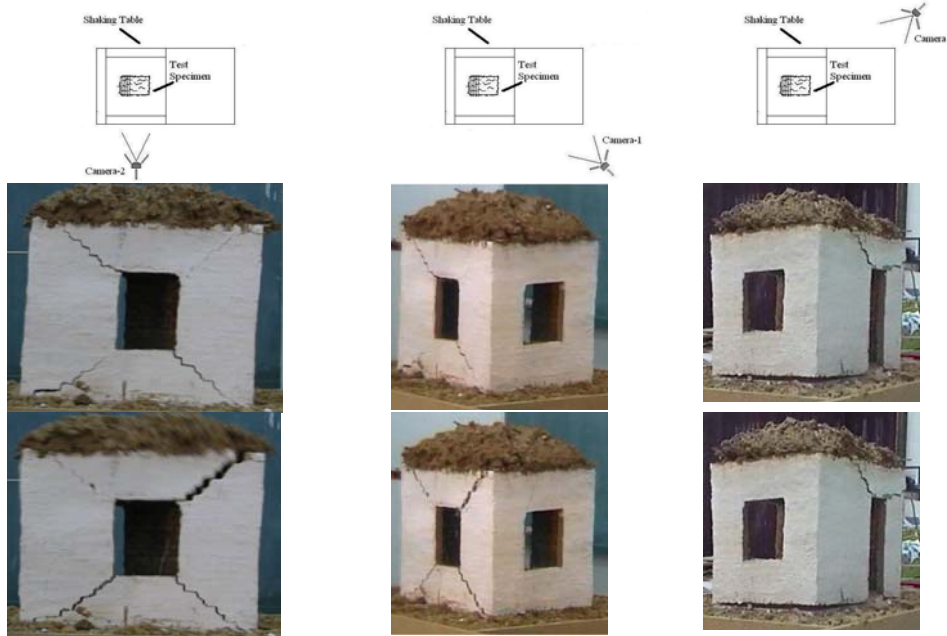
Dinamik hareket kuzey-güney yönünde uygulanmıştır. İlk çatlaklar diyagonal olarak batı yönündeki duvarda pencere altında görülmüştür. Aynı pencerenin üstündeki lento köşesinde diyagonal olarak çatlaklarda başlamıştır. Hareketin yönünü değişmesi ile ilk diyagonal çatlağa dik yönde yeni çatlak oluşmuş ve X çatlağı şeklini almıştır. Bu aşamadan sonra güney yönündeki pencerenin üzerinde bulunan duvar parçası ayrılarak düzlem dışına devrilmiştir. Güney ve batı duvarlarının arsında kalan duvar köşesinin üst parçası ayrılarak duvarların serbest titreşmeye başlamasına neden olmuştur. Bu aşamadan sonra ani olarak yapının ve çatının tamamen göçmesi meydana gelmiştir. Son aşamada uygulanan ivme 0.51g kadardır burada “g” yerçekimi ivmesidir.



Şekil 4. RFO1 numunesinin hasar ve göçme sırası

### Referans 2-Original numune (RFO2)

İkinci referans numunenin (RFO2) çarı yükü RFO1 'den fazladır ve 3 adet kamerayla kayıt edilmiştir (Şekil 8). 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 0.49g kadardır. Şekil 5 da göçme sırası, Şekil 6 'da numunenin deney sonu durumu verilmiştir.







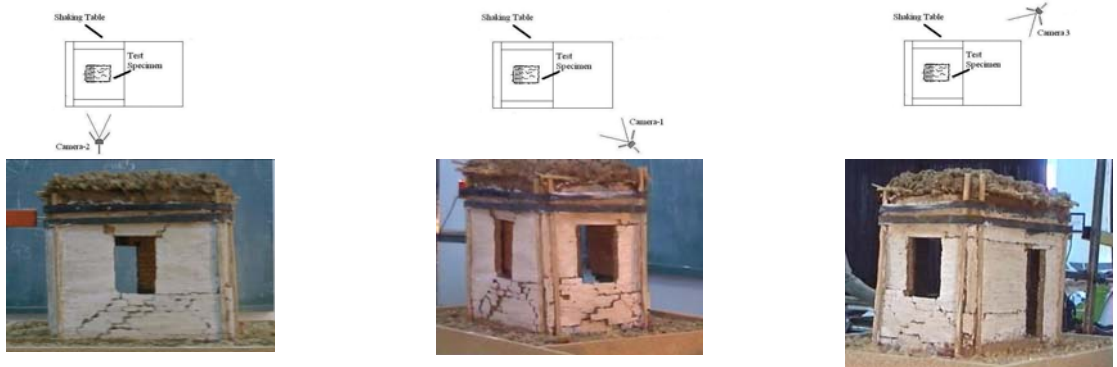
Şekil 5. RFO2 numunesinin hasar ve göçme sırası



Şekil 6. RFO2 numunesinin deney sonrası durumu

### Yatay Elastik şeritlerle güçlendirilmiş numuneler (HSS1-HSS2)

Deney numunesi “HSS1” de yapı çatı seviyesinin hemen altından yatay olarak sargılanmıştır. Bunun için yapının 4 köşelerine 8 adet ahşap hatıl dikey olarak yerleştirilmiştir. Bu hatıllar zemin seviyesinin altına kadar uzatılmış ve bu seviyede de sargılanmıştır (Şekil 7). 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 aşmalarında uygulanan ivmenin artması ile çatlaklar daha geniş bir alana yayılmıştır. Ancak RFO1 ve RFO2 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. Son olarak uygulanan ivme 0.83g kadardır. Çatı göçmemiştir. Şekil 7 de deney sırasında numune oluşan hasar sırası verilmiştir.





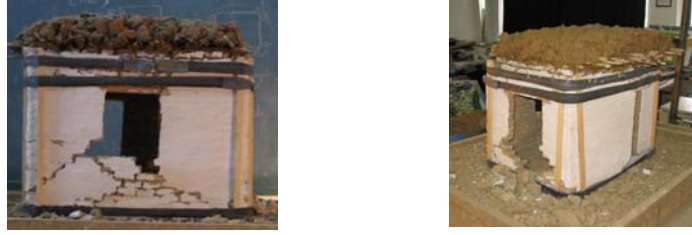
Şekil 7. HSS1 numunesinin hasar ve göçme sırası

Gerçek uygulamada art-germe lastiklerinde oluşabilecek gerilme kayıplarının etkisini görmek için, daha esnek (yumuşak) lastikler kullanılarak HSS2 numunesi hazırlanmıştır. Bu deney numunesinin imali sırasında uygulanan ard-germe kuvveti HSS1 den azdır.

Hem batı hem de güney duvarlarında pencere altında diyagonal çatlak başlamıştır. Ayrıca kapı ve pencereler üstündeki duvar parçalarında hasar gözlenmiştir. Genel olarak çatlaklar düzlemde harekete maruz batı duvarında pencere altında düzgün dağılmıştır. Deney sonunda güney penceresinin altındaki duvar parçası düzlem dışına devrilerek dağılmıştır. Hasarın ve davranışın genel karakteri HSS1 deneyinde gözlenenle aynıdır. Çatlaklar daha az derin, düzgün dağılmış, oluşumu daha yavaş ve deney sonunda çatı göçmesi gözlenmemiştir. Deney sonunda uygulanan ivme 0.82g kadardır. Şekil 8 de HSS2 deneyinin hasar ve çatlak oluşum sıralaması verilmiştir.







Şekil 8. HSS2 numunesinin hasar ve göçme sırası

### Düşey elastik şeritlerle ard-germe uygulanması (VSS)

Elastik şeritlerin art-germe işleminde kullanılmasının diğer bir yolu olarak düşünülen düşey ard-germe VSS 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. 3 m uzunluğundaki duvarlarda (güney ve kuzey) 3'er adet, 4 m uzunluğundaki pencere duvarında (batı) 4, kapılı duvarda (doğu) 3 adet sargılama uygulanması öngörülmüştür.

Batı duvarında zemin seviyesinin hemen üstünde meydana gelen yatay çatlakların 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 RFO1'e göre daha az derinlikte olmuş ve hasar daha uzun bir zaman aralığına yayılmıştır. Çatı göçmesi gözlenmemiştir. Deney sonunda uygulanan ivme 0.68g'dir. Şekil 9'da VSS numunesinin hasar mekanizması verilmiştir.



Şekil 9. VSS numunesinin hasar ve göçme sırası

## Yatay ve düşey sargularla güçlendirilmiş numuneler (VHSS1-VHSS2)

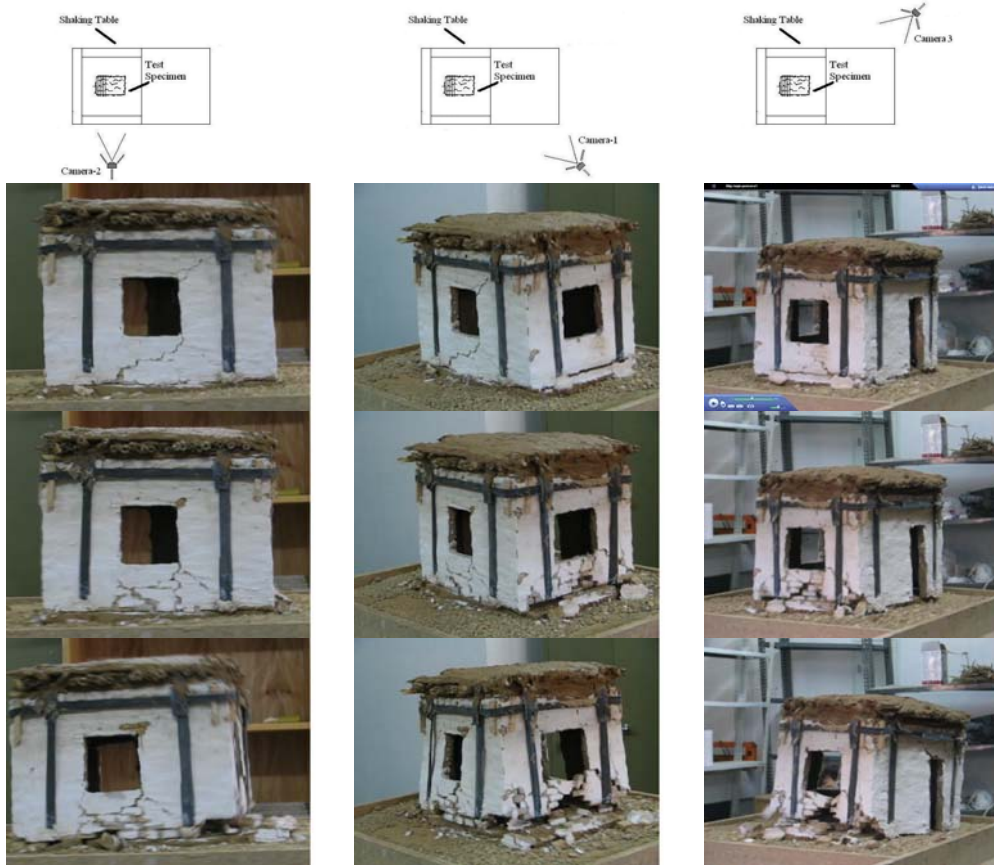
VSS1 numunesinde VSS ve HSS2 numunelerinde uygulanan güçlendirme tekniklerinin her ikisi birden uygulanmıştır. Numune hem yatay hem de düşey yönlerde sargılanmıştır. Köşelere düşey olarak konulan ahşap hatıllar temel seviyesine kadar uzatılmıştır. Oluşan ilk önemli çatlak binanın tabanında zemin seviyesinin 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. Deneyin son aşamasında uygulanan ivme 1.08g kadardır. Şekil 10'da VHSS1 numunesinde oluşan hasar sıralaması verilmiştir.



Şekil 10. VHSS1 numunesinin hasar ve göçme sırası

VHSS1 deneyinden tatmin edici sonuç elde edilmesinden sonra, köşelere konulan düşey ahşap hatılların sadece lastik genişliğinden biraz uzun olması durumunda dayanımdaki değişimi incelemek amacıyla VHSS2 numunesi üretilmiştir. Böylelikle düşey ahşap hatılın getirdiği ek maliyet ortadan kaldırılacaktır. Deneyden edinilen hasar

dağılımı Şekil 11 'de verilmiştir. Bu numunede dinamik yükler altında meydana gelen hasar dağılımı VHSS1 numunesine benzer şekildedir. Deney sonunda uygulanan maksimum ivme 1.03g kadardır. Ancak bu numunede tabanda meydana gelen çatlak sonucu yapı rijit cisim ötelenmesine ve dönmesine maruz kalmıştır. Bu hareket düşey ahşap hatılların zemin altına uzatılmaması sonucu olduğu düşünülmüştür. Ancak gözlenen nispeten daha sünek davranış deprem açısından olumlu bulunmuştur. Düşey ve yatay sargılarla elde edilen kapasite artışı, rijit cisim ötelenmesi sonucu belirli bir sınır geçememiştir.



Şekil 11. VHSS2 numunesinin hasar ve göçme sırası

## TARTIŞMA VE SONUÇLAR

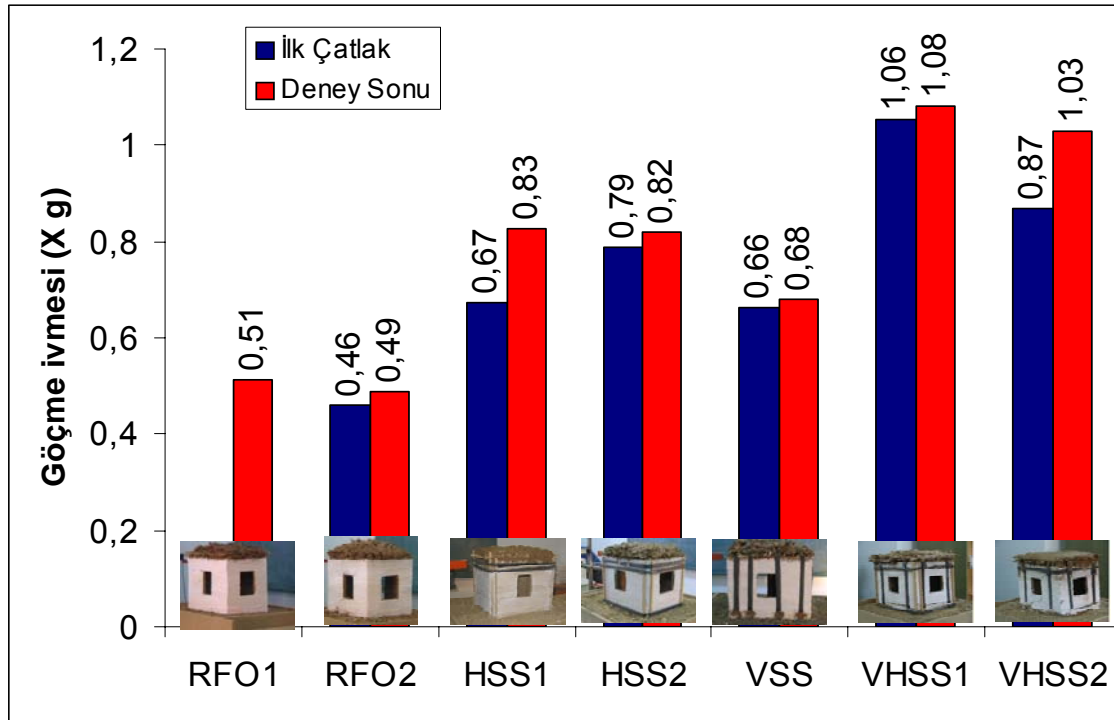
1:10 ölçekli sarsma tablası sonuçları prototip oranına çevrilerek Şekil 11'de sunulmuştur. Bu şekilde uygulanan maksimum ivmeler, yerçekimi ivmesinin katı olarak verilmiştir.

Yapının yatay sargılanması, dayanımı %70, düşey sargılama %40, yatay+düşey sargılama %110 kadar artırmaktadır. Sadece yataya sargılama, sadece düşey sargılamadan daha etkilidir.

Orijinal detayla üretilen güçlendirilmemiş numunelerde görülen hasar şekli, deprem sonrasında kırsal yapılarda görülen; 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 'lere varan dayanım artışı elde edilmiştir. Ancak rijit cisim ötelenmesi sonucu elde edilen iyileştirme belirli bir seviyeyi geçememiştir. Bu sorun, düşey sargıların temelin altından geçirilmesi ile çözülebileceği düşünülmekle beraber bu uygulama pratikte zordur. Ayrıca yer altı sularının lastiklere verebileceği hasarında göz önüne alınması gereklidir.

Elde edilen sonuçlara göre, 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.



Şekil 11. Deney sonu ivmelerinin karşılaştırılması

## REFERANSLAR

- [1] Korkmaz SZ., Improvement of Earthquake Resistance of Rural Houses. Yürütülmekte Olan Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- [2] Jingqian X., Quansheng H. Model test of brick masonry building strengthened with R.C. tie columns. Middle East and Mediterranean Regional Conference on Earthen and Low-Strength Masonry Buildings in Seismic Areas, Ankara; 1986, TURKEY.
- [3] Tolles E L, Krawinkler H. Performance Evaluation of Adobe Houses through Small-Scale Model Tests of Shake Tables. Middle East and Mediterranean Regional Conference on Earthen and Low-Strength Masonry Buildings in Seismic Areas, Ankara; 1986, TURKEY.