

## **Kullanılmış Araba Lastiği ile Bina Güçlendirme Antakya Pilot Uygulaması ve Dekoratif Çözümler**

**A. Türer, Ç. Şimşek, M. Gölalınış,  
B. Özden, A. Dilsiz, Ö. Özen**

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

**H. Korkmaz,**

*Selçuk Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Konya*

**ÖZET:** Ülkemiz bina stokunun yaklaşık yarısını oluşturan yığma yapılarda yaşayan düşük gelirli vatandaşlarımıza yönelik, kullanılmış araba lastiği ile ekonomik ve kolay uygulanabilen yapı güçlendirme teknikleri araştırılmış ve geliştirilmiştir. Dünya Bankası DM2003 (SPIM-1451) ve TÜBİTAK (İÇTAG I599/01) projeleri kapsamında yürütülmekte ve geliştirilmekte olan tekniklerin, analitik çalışma ve laboratuvar uygulamaları yapılmış, uygulama aşamasındaki sorunları görmek ve bir kütüphane binasını güçlendirmek için Antakya’da pilot bina uygulaması yapılmıştır. Antakya’nın seçilme nedenleri arasında birinci deprem bölgesi olması, halkın sosyoekonomik durumunun uygunluğu ve yerel yönetim tarafından sağlanan kolaylıklar önemli rol oynamıştır. Antakya Odabaşı belediyesinde bulunan tek katlı bir kütüphane binası, tümüyle yerel olanaklar ve (kolay bulunup işlenen) malzemeler kullanılarak güçlendirilmiştir. Güçlendirmede kullanılan araba lastiklerinin görüntüsü, dekoratif ve düşük maliyetli çözümler getirilerek iyileştirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler :** Yığma Yapı, Güçlendirme, Lastik, Uygulama, Dekoratif

**ABSTRACT:** About half of the building stock in Turkey is masonry type. Economical and easily applied alternative masonry house strengthening techniques using scrap tires are investigated and developed for low income citizens that live in masonry houses. The analytical and laboratory work of the project, which is supported by World Bank DM2003 (SPIM-1451) and TÜBİTAK (İÇTAG I599/01), is carried on by a field application in Antakya, Turkey. The application phase is intended to see and solve problems that might be faced in a real-life application while strengthening an actual library building. Antakya being in the first level of earthquake zone (worst), socioeconomic status of the residents, and local government’s cooperation were among the most significant parameters that led us select Antakya city for pilot application. A single storey library building in Odabasi municipality is strengthened by using totally local resources and (easily found and processed) material. The general view of the scrap tires used for strengthening is improved using decorative and low-cost solutions.

**Key words:** Masonry, Strengthening, Scrap Tire, Field application, Decorative

## Giriş

Antakya’da yapılan pilot bölge uygulamasının amacı, geliştirmekte olduğumuz *araba lastiği kullanarak yığma yapıların deprem performansının artırılması projesinde* elde ettiğimiz olumlu analitik ve deneysel sonuçlara ek olarak uygulama safhasında yaşanması muhtemel problemleri görmek ve bunlara çözümler getirmektir. Ayrıca çalışmalarımızın bir parçası olarak bir adet binayı güçlendirmek de amaçlar arasındadır. Antakya uygulama çalışmasının bir diğer hedefi ise yapılan uygulamanın gezilip görülebilir olması ve uygulamayı düşünen kişilere örnek teşkil etmesidir.

Antakya’da yapılan uygulama çalışması Yard. Doç. Dr. Ahmet TÜRER yürütücülüğünde, Yard. Doç. Dr. Hasan H. KORKMAZ, yüksek lisans ve doktora öğrencileri Abdullah DİLSİZ, Mustafa GÖLALMIŞ, Bayezid ÖZDEN, Önder ÖZEN, Çağdaş ŞİMŞEK ve teknikerler Hasan METİN, Atilla AKAYDIN tarafından oluşan dokuz kişilik bir ekip tarafından 8 gün içinde tamamlanmıştır. İyileştirme çalışmalarında tümüyle yerel malzeme ve imkanlar kullanılmıştır.

## Uygulama aşamaları

Uygulama aşamaları aşağıda maddeler halinde açıklanmaktadır:

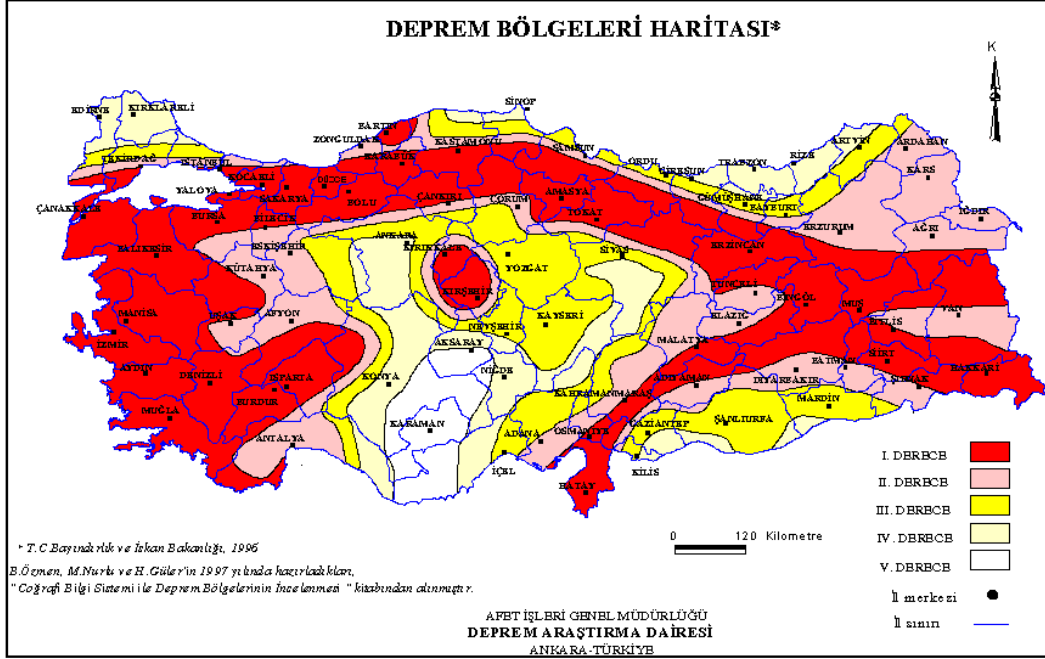
### Ön araştırma ve hazırlık

Uygulama çalışması aşamasından önce bazı hazırlık çalışmaları yapılmıştır. Bu hazırlık çalışmaları, öncelikli olarak analitik çalışmalar ve laboratuvar deneylerini içermektedir. Geliştirilen ve çalıştığı, deneylerle kanıtlanan tekniklerin deneyleri sırasında kullanılan uygulama teknikleri, arazi uygulamasında ne tür aletlerin gerekli olacağını belirlemiştir. Örneğin duvar boşluklarına konulacak olan ahşap takozların hazırlanması, gerdirme işlemi için gereken anahtar ve bunun gibi malzemeler ve bu tekniklerin nasıl uygulanacağı önceden belirlenmiştir.

Hazırlık çalışmalarının bir diğer ayağı ise uygulama çalışmasının hangi ilde yapılacağı ile ilgilidir. Türkiye genelinde en uygun bölgenin tespitine öncelikli olarak *sosyal ve ekonomik* açılardan bakılmıştır. Sosyoloji bölümünden Doç. Dr. Sibel Kalaycıoğlu ve Yard. Doç. Dr. Helga Rittersberger-Tılıç görüşleri doğrultusunda ve *bölgelerin depremselliği* (Şekil 1) incelenerek Antakya, Van, ve İstanbul şehirleri uygulama aşamasında seçilebilecek şehirler olarak belirlendi. Elde edilen verilere göre, Antakya’nın yığma bina sayısının toplam bina sayısına oranı 0.34, yığma binalarda yaşayan kişi sayısının il toplam nüfusuna oranı ise 0.51 olarak belirlenmiştir. Antakya halkının çeşitliliği ve bir arada yaşamaktaki uyumu, Türkiye genelinde bir çalışma başlatırken bölge seçiminde yapılması gereken hassasiyet açısından güzel bir imkan sunmaktaydı. Yerel yönetim ile yaptığımız temaslar sonucunda bize bir pilot bina üzerinde güçlendirme yapmamız için verilen imkan ve iyi niyet karşısında uygulama çalışmasının Antakya’da yapılmasına karar verildi. Yapılan diğer ön hazırlıklar arasında, somun sıkma başlıklarının hazırlanması, çekiç ve matkap/kırma cihazlarının alınması, kiralık bir minibüs ve kalacak yerin ayarlanması sayılabilir.

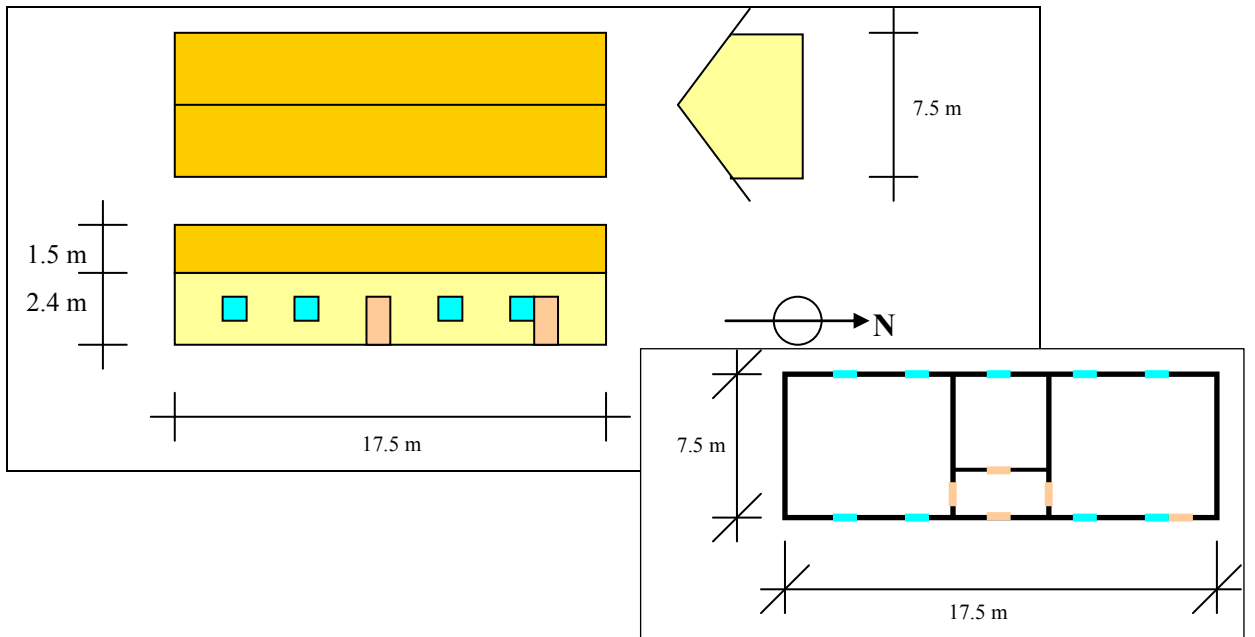
## Güçlendirilecek Olan Binanın Özellikleri ve Güçlendirme Planı

Güçlendirilecek olan bina, Odabaşı Belediyesinde bulunan, eskiden ilkokul olarak kullanılmış ve şimdilerde yerel bir kütüphane ve muhtarlık binası olarak hizmet veren bir yapıdır. Tek katlı ve yığma olarak inşa edilmiş olan yapı 17,5 metre uzunluğunda



Şekil 1: Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası

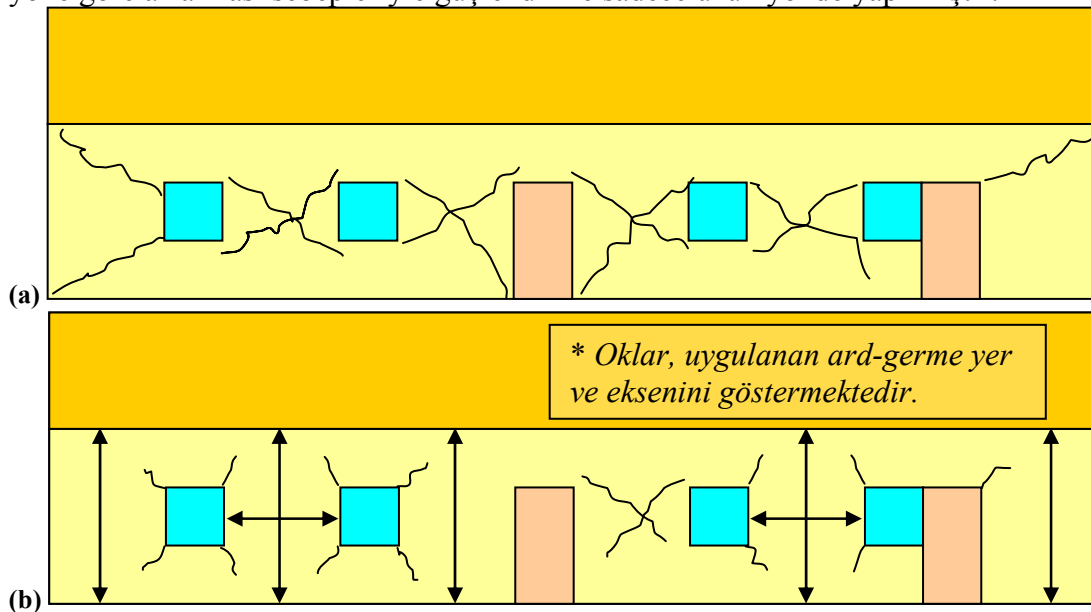
ve 7,5 metre eninde olup toplam üç ana oda ve bir giriş holünden oluşmaktadır. Binanın kısa yönündeki duvarlar sürekliyen, uzun yönündeki duvarlarda ön ve arka cephede 5'er adet pencere bulunmaktadır. Yapının ön yüzünde açılmış 2 adet kapı bulunmaktadır. Çatı eğimli ve tümüyle betonarmedir.



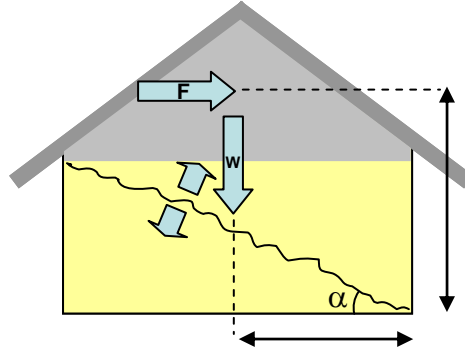
Şekil 2: Uygulama Binası Plan ve Boyutları

Yapının her iki yönünde ve kuvvetli yönünde bulunan duvar alanları incelendiğinde, kapı ve pencere boşluklarının sebep olduğu zayıflama sebebiyle binanın uzun yönde daha zayıf olduğuna karar verildi. Çatının hemen altında devam eden betonarme kirişlerin pencere seviyesinin hemen üst kotundan başlayarak çepeçevre devam etmesi sebebiyle, bu binada enine yönde gerdirme uygulanmamasına karar verildi. Enine yönde sargılama, çoğunlukla, çatının duvarlardan ikisine oturduğu ve bütün duvarları bir arada tutan bir plak etkisi yaratamadığı durumlarda (örneğin toprak dam) uygulanması gereken bir yöntemdir. Betonarme çatı ve kiriş ikilisi duvarların üst kotunu bir arada tutma görevini yerine getireceği için enine sargılama yapılmamıştır. Pencereler arasında bulunan bölgelerin perde duvar benzeri bir davranış göstereceği öngörülmüş (Şekil 3a) ve bu bölgelere uygulanacak ard-germe vasıtasıyla çekme ve kesme kuvvetlerine karşı dayanımın artırılması planlanmıştır. Duvarın en zayıf olacağı bu bölgelere uygulanan ard-germe kuvveti, çatlak oluşumunu çatı kirişi seviyesinde duvar ile sürekli kenetlenen bağlantı seviyesine öteleyerek (Şekil 3b) dayanımı ve deprem davranışını iyileştirecektir. Yapının uzun yöndeki gevrekliği azalırken daha sünek bir davranışa kavuşacağı öngörülmüştür. Uzun yöndeki duvarların düzlem dışı dayanımları artacaktır.

Yapının kısa yönde bulunan sürekli duvar alanı  $7,5 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \times (1 + 0,7 + 0,7 + 1)$  için, toplam  $5,1 \text{ m}^2$  olarak hesaplanmıştır. Açılan deliklerde harç ve tuğlanın sürekli ve dolu olduğu görülmektedir. Harcın yaklaşık  $4 \text{ MPa}$  dayanımda olduğu ve kesme dayanımının da yaklaşık  $1,6 \text{ MPa}$  olacağı varsayılır ise,  $5,1 \text{ m}^2$  alanın doğrusal sınırlar içinde  $8,16 \times 10^6$  Newton yada 831 ton kesme kuvvetine dayanabileceği hesaplanır. Kapasiteyi çekme kuvvetleri belirleyeceği ve  $\sigma_t = 0,4 \text{ MPa}$  varsayılırsa kapasite  $F = \sigma_t * A * \tan(\alpha)$  yani yaklaşık olarak 70 ton kapasite bulunur. Yerçekimi ivmesinin %50'si kadar ( $0,5g$ ) bir yanıl ivme etki etse ve çatının kalınlığı  $12 \text{ cm}$  olarak alınsa,  $18,2 \text{ m}^3$  çatı betonu için yaklaşık 50 ton kütle ve 25 ton yanıl yük bulunur ki bu, 70 ton kapasiteye göre çok düşüktür (çatının uyguladığı düşey yük ek emniyet sağlar). Binanın kısa yönünde oluşacak kesme çatlağının çekme kuvveti ile açılması ve binanın alt köşesi etrafında kutu olarak dönmesi ihtimaline karşı, çok yüksek olmayan çatı kütle merkezi (yaklaşık 4 metre yükseklikte) ve binanın eninin yarısının (yaklaşık 3,75 metre) merteye olarak yakın olması (Şekil 4), en azından  $0,9 \text{ g}$  yanıl yüke dayanabileceğinin işaretlerini vermektedir. Bu sebeple kısa yönün depremde doğrusal sınırlar içinde kalacağı ve yıkılmayacağı varsayılmıştır. Yapının uzun yönünde duvarlarda kapı ve pencere boşlukları bulunması, köşelerde gerilim odakları oluşması ve uzun yön net alanın kısa yöne göre az olması sebepleriyle güçlendirme sadece uzun yönde yapılmıştır.



Şekil 3: Uygulama Öncesi ve Sonrasında Öngörülen Çatlama Mekanizması



Şekil 4: Yapının güçlü yönde olası çatlama mekanizması

### Kullanılmış Araba Lastiklerinin Temin Edilmesi ve Kesilerek Hazırlanması

Antakya’da yeni araba lastiklerini satan birçok işyeri bulunmuştur. Bu işyerlerinden araçlarına lastik alan müşterilere ait kullanılmış ya da patlak durumda olan lastikler stoklanmakta ve uygun bir zamanda bunların toplu olarak atılması gerekmektedir. Görüştüğümüz işyerlerinde atıl olarak bekleyen çok sayıda lastik bulunmuştur (Şekil 5). Bu lastiklerden, güneşte çok beklememiş ve genel görünümü iyi olanları seçildikten sonra, kamyonete konularak uygulama sahasına getirilmiştir.



Şekil 5: Kullanılmış Araba Lastiklerinin Temin Edilmesi

Araba lastiklerinin yan yüzeyleri keskin bir bıçak kullanılarak çıkartılmıştır. Araba lastiklerinde bulunan çelik hasır, sadece lastiğin yerle temas ettiği yüzeyde bulunmakta ve yan yüzeylerde bulunmamaktadır. Böylelikle yan yüzeylerin bıçakla kesilmesi seri ve hızlı bir şekilde gerçekleşmekte ve “lastik halkaları” elde edilmektedir (Şekil 6).

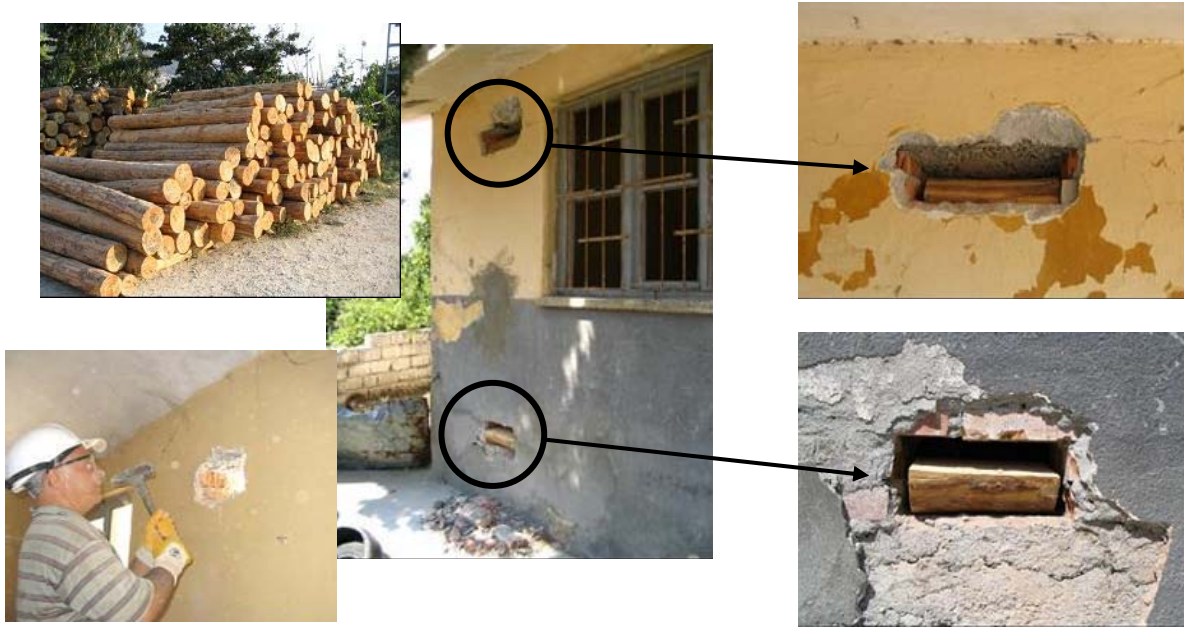


Şekil 6: Araba Lastiklerinin Bıçakla Kesilerek Hazırlanması



## Gerdirme Boşluklarının Açılması, Takoz Hazırlanması ve Yerleştirilmesi

Duvarda, duvarın mümkün olan en üst ve en alt kotundan yaklaşık duvar kalınlığının (20cm) iki katı genişliğinde (40cm) ve duvar kalınlığının 3/2'si derinliğinde (30cm) delikler açıldı. Açılan bu deliğe uygun takozlar tomruklardan delik genişliği ve derinliğine uygun olarak kestirildi (Şekil 7). Açılan deliklerden önce araba lastikleri geçirildi. Araba lastiğinden gelen yükün duvara düzgün ve yayılı olarak aktarılması için kullanılacak olan ahşap takozların duvar ile temas edecekleri yüzeylerde kullanılmak üzere çimento-kireç harcı hazırlandı. Duvar yüzeyine ya da takoz yüzeyine uygun miktarda harç tatbik edildikten sonra takozlar yerlerine yerleştirildi. Takozlar yerleştikten sonra geriye kalan boşluklar yine harç ile kapatıldı.



Şekil 7: Delik Açılması ve Takozların Yerleştirilmesi.

## Bağlantı Elemanlarının Hazırlanması ve Ard-Germe Kuvvetinin Uygulanması

Kullanılmış araba lastiklerinin yanakları çıkartılarak elde edilen lastik halkaları, birbirlerine *bağlantı elemanları* ile bağlanarak “lastik zincirleri” elde edilmektedir. Bağlantı elemanları, birbirine bağlantılı iki çelik borudan oluşmaktadır. Aralarında net 21 cm aralık kalacak şekilde 13mm çaplı olarak açılan deliklerden (Şekil 8) karşılıklı olarak geçirilecek somun-cıvata ve gijonlar vasıtasıyla lastik halkaları birbirine bağlanmakta ve gerdirme işlemi uygulanmaktadır. Pilot uygulamada zamandan tasarruf için matkap ucu için hazırlanan adaptör vasıtasıyla somunlar hızlı bir şekilde sıkılarak boşluğu alınmış (Şekil 9), gerdirme yükü ayarı tork-anahtarı ile yapılmıştır. Gerdirme işlemi, somunlar elle sıkılarak yapılabildiği için krik, hidrolik pompa vb gibi pahalı malzeme gerektirmemekte, bağlantı ve gerdirme işlemi tümüyle basit bir işlem olan somunların sıkılması ile gerçekleşmektedir. Lastiklere uygulanacak gerdirme yükünü belirleyen somun burma kuvvetinin belirlenmesi için laboratuvarında somunlara ne kadar yük uygulandığında ne kadar eksenel yüke karşılık geldiği ölçülerek hesaplanmış ve eksenel yük, burulma kuvvetinin doğrusal bir fonksiyonu tanımlanmıştır. Bir lastik bağlantı elemanı üzerine etki eden toplam eksenel yük (Y ton), uygulanan burulma-tork'un (X kg.m) fonksiyonu olarak Denklem 1 ile hesaplanmaktadır.

$$Y = 0.6641 X + 0.0407 \text{ (}\phi 16\text{'lik gijon, \#24'lük somun için)*}$$
$$Y = 0.5383 X + 0.9317 \text{ (}\phi 12\text{'lik gijon, \#19'luk somun için)*}$$

(1)

\*Not: Bu değerler,  $3 \text{ kg.m} \leq X \leq 7 \text{ kg.m}$ , için geçerlidir.

Somunu sıkmakta kullanılan anahtarın kol uzunluğunu 1 metreye çıkartmak için takılacak borunun ucuna bir el kantarı takılır.  $\phi 12$  mm gijon üzerine takılan #19 somunu sıkamak için el kantarından 3 kg yük okunduğunda toplam burulma kuvveti 3 kg.m olur ve bu da 2,5 ton ard-germe yüküne karşılık gelir. Duvarın her iki tarafından yapılacak olan bu işlem sonucunda duvara toplam 5 ton eksenel yük uygulanmış olur.



Şekil 8: Lastik Bağlantı Elemanlarının Borudan Kesilip Delik Açılarak Hazırlanması



Şekil 9: Lastiklerin Gijon ve Somun Vasıtasıyla Gerdirilmesi

### Dekoratif Çözümler - Lastiklerin Kaplanması

Lastiklerin ev içine koku yapması ihtimaline karşı 1,2m x 2,5m boyutlarında olan alçıpanlar, maket bıçağı ile kesilerek çabuk donan alçı ile duvara kutu şeklinde monte edilmiştir. Duvarın dış tarafında bulunan lastikleri korumak ve kolon benzeri bir görüntü vermek amacı ile U şeklindeki briketler ile örülerek kapatılmıştır. Briketler, fabrikasında üretildikten hemen sonra, sertleşmeden iç tarafı boşaltılarak U şekli verilmiştir (Şekil 10). Alçıpan ve briketler düşük maliyetli ve kolay bulunabilir olmalarının yanı sıra basit aletler kullanarak herkesin uygulayabileceği sistemlerdir.

Dekoratif çözümler güçlendirme maliyetinin bir parçası olmamakla beraber yine de hesaplıdır. Briketin tanesi yaklaşık 20 yeni kuruşa (2004 yılı fiyatları) ve alçıpan panoların tanesi (2 kolon kaplayabilmektedir) yaklaşık 7 YTL'ye satın alınmıştır.



Şekil 10: Dekoratif Çözümler

## Sonuçlar

Kullanılmış araba lastikleri ile laboratuvarında geliştirilen güçlendirme teknikleri gerçek bir yığma bina üzerinde uygulanmıştır. Uygulanma aşamasında kullanılan tüm malzemeler yerel olarak temin edilmiş ve hazırlanmıştır. Binanın güçlendirmesi yaklaşık 1,5 YTL/m<sup>2</sup> maliyet ile gerçekleştirilebilmektedir. Hazırlık ve uygulama süresi 9 kişilik bir ekip için 1 ila 2 hafta sayılabilir. Lastiklerin uzun süreli performansı halen araştırılmakla beraber, ard-germe gücünde olası azalmalara karşı, kaplamalar açılarak lastik halkalara ek gerdirme uygulamak mümkündür.

## Teşekkürler

Yazarlar, projenin ve uygulamanın gerçekleşmesini sağlayan Dünya Bankası DM2003 (#1451) ve TÜBİTAK (İÇTAG-I599/01) kurumlara teşekkür ederler. Ayrıca arazi uygulaması sırasında üstün destek ve yardımları ile projenin gerçekleşmesindeki katkıları sebebiyle değerli teknik ekibimiz Hasan Metin ve Atilla Akaydın'a çok teşekkür ederler. Uygulama aşamasında sağladıkları imkanlar ve destek için Antakya Odabaşı belediyesi başkanı Süleyman Ocak ve Kemal Kadioğlu'na, Muhtar bey Sayın Ezer'e, kütüphane görevlisi Demet hanım'a, Zahi Ekmekçioğlu'na, Antakya İnşaat Mühendisleri Odası başkanı Cihat Mazmanoğlu ve tüm oda çalışanlarına, sağlık ocağı müdürüne, Mustafa Kemal Üniversitesi öğretim üyeleri ve misafirhanesine derin teşekkürlerimizi sunarız.