



ISSN:1306-3111

e-Journal of New World Sciences Academy  
2011, Volume: 6, Number: 4, Article Number: 1A0214

**ENGINEERING SCIENCES**

Received: May 2011  
Accepted: October 2011  
Series : 1A  
ISSN : 1308-7231  
© 2010 [www.newwsa.com](http://www.newwsa.com)

**Esra Yıldız**  
**Günnur Yavuz**  
**Ülkü S. Yılmaz**  
Selcuk University  
[mimaresra@hotmail.com](mailto:mimaresra@hotmail.com)  
Konya-Turkey

**TARİHİ TAŞ YIĞMA KONUTLARIN GÜÇLENDİRİLMESİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER:  
ÜRGÜP İBRAHİM PAŞA KÖYÜNDEN BİR KONUT ÖRNEĞİ**

**ÖZET**

Ülkemizdeki tarihsel ve kültürel mirasın gelecek nesillere doğru bir şekilde aktarılması, uluslararası koruma ilkeleri ve koruma bilinci doğrultusunda onarılıp güçlendirilmesi ile sağlanabilmektedir. Tarihi yapıların onarım ve güçlendirilmesinde temel ilke, "yapıya müdahalenin" en az seviyede uygulanmasıdır. Tarihi yapıların onarım ve güçlendirilmesi için izlenecek adımlar; (i)yapı taşıyıcı sisteminin ve yapısal hasarların belirlenmesi, (ii)taşıyıcı sistem elemanlarında gözlenen hasar tiplerinin belirlenmesi, (iii)malzeme ve zemin özelliklerinin tespit edilmesi şeklinde sınıflandırılabilir. Bu çalışmada Nevşehir, Ürgüp, İbrahim Paşa Köyü'nde yer alan taş yığma bir konut örneği üzerinden onarım ve güçlendirme çalışmaları ele alınmıştır. Öncelikle yapının tarihsel ve mimari özellikleri ve strüktürel yapısı araştırılmıştır. Yapıda oluşan hasarlara göre onarım ve/veya güçlendirilmesine yönelik öneriler sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Tarihi Yapı, Hasar, Onarım, Güçlendirme,  
Taş Yığma

**THE STRENGTHENING METHODS USING IN STONE MASONRY HISTORICAL BUILDINGS:  
AN EXAMPLE FROM ÜRGÜP İBRAHİM PAŞA VILLAGE**

**ABSTRACT**

The healthy conveyance of historical and cultural heritage to the coming generations can be provided only by restoring and strengthening them in appropriate to international conservation principles under the consciousness of conservation. Performing minimum interference to the structure is the basic principle in restoring and strengthening the historical buildings. The steps to be followed for the restoration and strengthening of the historical buildings can be listed as; (i) the determination of the load-bearing system and the structural damages, (ii) the damage types observed on the members of the load-bearing system of the building, (iii) the determination of the material and soil properties. In this study, the strengthening and restoration studies were taken into consideration over a house sample constructed with stone-masonry in İbrahim Paşa Village of Nevşehir-Ürgüp. First, the historical and architectural properties and the structure of the building were investigated. There were presented suggestions for strengthening the building in the context of the structural damages occurred on the building.

**Keywords:** Historical Building, Damage, Repair, Strengthening,  
Stone Masonry

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Kent kültürünün ve kent kimliğinin önemli bir parçası olan tarihi çevrelerin ve bu çevre içerisinde bulunan tarihi yapıların gelecek kuşaklara aktarılması oldukça önemli bir konudur. Bu kapsamda ele alınan tarihi yapıların korunması ve onarım sürecinde geleneksel yapı malzemeleri ve tekniklerinin yeni teknolojiler ile birlikte kullanılması gerekmektedir. Böylelikle bu yapıların koruma ilkelerine uygun olarak korunmasını sağlamaktadır [1]. Tarihi yapılara yapılacak olan müdahaleler, uluslararası platformda ilk olarak, 1964 yılında "Venedik Tüzüğünde" belirlenmiştir. Tüm dünya ülkelerinin kabul ettiği bu tüzüğe göre; restorasyonu yapılacak olan yapı ile ilgili ayrıntılı bir arkeolojik ve sanat tarihi araştırması yapılarak, yapının farklı dönemlerdeki ekleri korunarak, yapıya eksik parçalar ve bölümler, yanlış anlamaya neden olmayacak ve özgün yapıdan farklı anlaşılacak şekilde birleştirilmeli, mevcut yapıya eklentiler yapılmamalıdır. Restorasyon işlemi geriye dönebilecek ya da gerektiğinde sökülebilecek/ düzeltilebilecek şekilde olmalı, her zaman özgün yapı yöntemleri ve malzeme özellikleri kullanılmalıdır. Günümüzde ICAMOS'un 2003 yılında yaptığı "Mimari Mirasın Analizi, Korunması ve Strüktürel Restorasyonu" için belirlenen ilkelerde, yapının restorasyonu için en az müdahale gerektiren yöntemin seçilmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Mümkün olan yerlerde, yapılan müdahalenin geri döndürülebilir olması (reversible), böylece yeni bilgiler edinildiğinde yapılan müdahalelerin yapıya zarar vermeden kaldırılarak daha uygun olanlarla yer değiştirmesi gerektiği belirtilmektedir. Geriye dönüşü olmayan müdahalelerin, ileride yapılması olası işlemleri engellememesi önemle üzerinde durulan bir noktadır. Tarihi eserlerin onarım ve güçlendirilmesinde önemle vurgulanması gereken hususlar; yapının özgünlüğünün korunması, tarihsel, belgesel, kültürel, estetik, sembolik, kullanım değeri gibi niteliklerinin kaybedilmemesidir. Bu sebeple tarihi yapıların onarım ve güçlendirilmesi; taşıyıcı sistem, temel ve diğer elemanların güçlendirmesi şeklinde üç temel başlıkta toplanabilir. Bu kavramlar açıldığında; kısmi yıkım ve söküm, malzemenin iyileştirilmesi, bölgesel onarım/güçlendirme, üst yapının güçlendirilmesi (kütle ve rijitliğin yapı içindeki dağılımının dengelenmesi, yapı eklentileri arasındaki etkileşimin iyileştirilmesi, yapısal etkileşimin artırılması), temel sisteminin güçlendirilmesi, kemer, tonoz ve kubbe arasındaki etkileşimin artırılması anlaşılmaktadır. Bu bağlamda, tarihi yapılara uygulanacak onarım ve olası güçlendirme yöntemlerinde temel ilke, uygulanacak müdahalenin en az seviyede tutulmasıdır.

## 2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

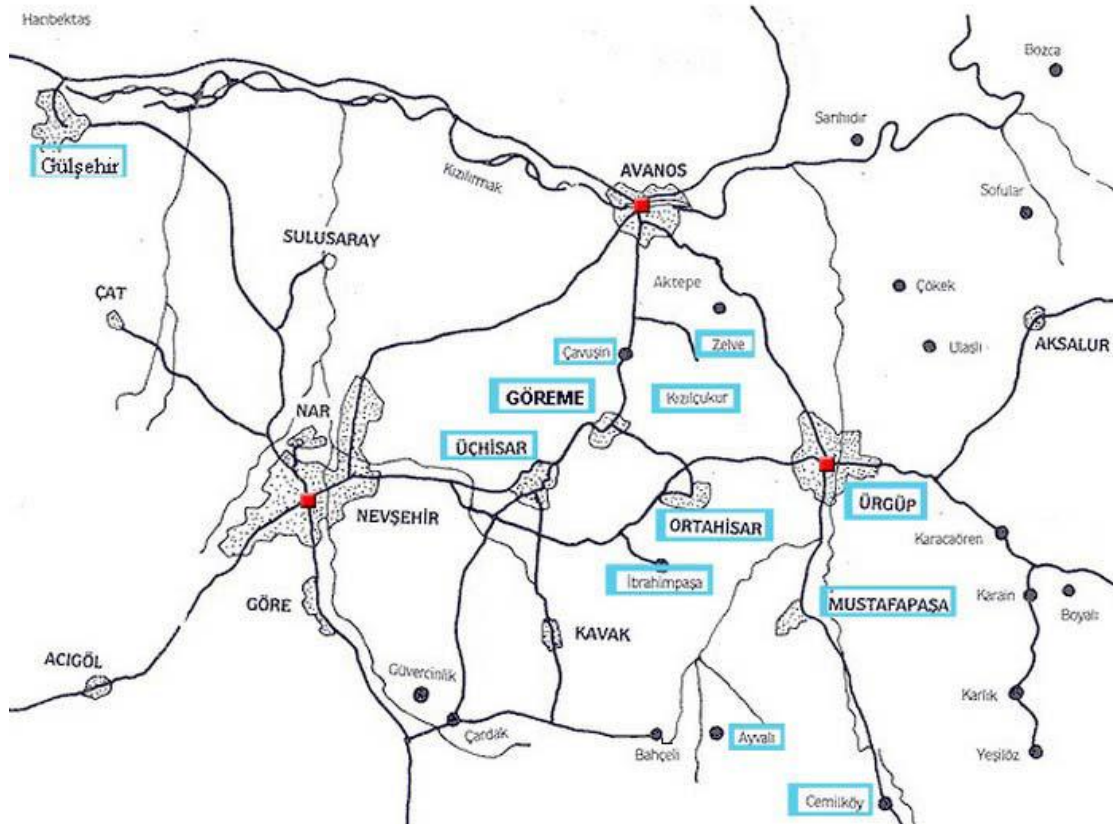
Tarihi yapılar kültürel mirasımızın en önemli öğeleri oldukları için en iyi şekilde korunmalı ve değerlendirilmelidir. Tarihi çevreler geçmiş dönemlerin sosyal, kültürel ve ekonomik yapısını, yaşam biçimi ve felsefesini yansıtan, çevre-yapı, yapı-insan arasındaki ilişkilerin doğruluğu açısından oldukça önemli bir birikimin ifadesidir. Kent kültürünün ve kent kimliğinin önemli bir parçası olan tarihi çevrelerin ve bu çevreler içerisinde bulunan tarihi yapıların gelecek kuşaklara aktarılması en önemli sorumluluklardan biridir. Bu alanlarda yapılan tarihi çevre koruma ve restorasyon çalışmalarında en önemli nokta yapının özgünlüğünün korunması olmaktadır.

Bu çalışmada, tarihi bir çevrenin parçası durumunda olan Nevşehir Ürgüp İbrahim Paşa Köyü'ndeki bir konutun özgünlüğüne zarar vermeden yapılması önerilen onarım ve güçlendirme çalışmaları ele alınmıştır.

### 3. ÜRGÜP İBRAHİM PAŞA KÖYÜNDEN BİR KONUT (A BUILDING FROM ÜRGÜP İBRAHİM PAŞA VILLAGE)

Nevşehir ve çevresi Osmanlı Döneminde özellikle Damat İbrahim Paşa'nın vezir olmasından sonra (1718-1730) bölgedeki en önemli yerleşimler haline gelmiştir [2]. Kapadokya olarak adlandırılan, İç Anadolu Bölgesi'nin geniş sınırlarında yer alan yöre, önemli kültürel ve tarihi değerler taşımaktadır. Ürgüp ve Göreme, İbrahimpaşa, Mustafapaşa, Ayvalı, Şahinefendi, Uçhisar, Ortahisar gibi yerleşimler Kapadokya içindeki zenginliği, en iyi şekilde vurgulamaktadır [3].

Nevşehir-Ürgüp bölgesi yerleşimlerinin tamamına yakını kayadan oyma mağaralarda başlamıştır. Daha sonraları kaya mekanlara yığma yapılar ilave edilmek suretiyle konutlar oluşturulmuştur. Bu şekilde bir mekansal oluşuma sahne olan İbrahimpaşa Köyü, Nevşehir iline bağlı Ürgüp ilçesinin güney batısında yer almaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. İbrahimpaşa Köyü'nün Kapadokya Bölgesi'ndeki konumu ve diğer tarihi bölgelerle olan ilişkisi [3]  
(Figure 1. Location of İbrahimpaşa Village in Cappadocia Region and relation with other regions [3])

İbrahimpaşa Köyü'nde yerleşim oldukça eğimli bir topoğrafya üzerinde, içerisinden geçen Balkan Deresi etrafında kurulmuştur. Kapadokya yöresinin tarihi karakteristik organik doku özelliklerini taşımaktadır. Yerleşimin kuzey batısında tepeden başlayan yapılaşma güney doğuya doğru düzenli bir şekilde, birbirleriyle bağlantılı olarak devam etmekte ve yamaçlardaki yerleşimlerle son bulmaktadır (Şekil 2, 3).



Şekil 2. İbrahimpaşa Köyü (kuzeybatıdaki yerleşim)  
(Figure 2. İbrahimpaşa Village (placement of the northwest))



Şekil 3. İbrahimpaşa Köyü (güney doğudaki yerleşim)  
(Figure 3. İbrahimpaşa Village (placement of the southeast))

### 3.1. Yapının Mimari Özellikleri (Architectural Properties of the Building)

İç Anadolu Bölgesi'nin en önemli merkezlerinden olan Nevşehir, coğrafi konumu, iklimi ve yörede bulunan malzemeden dolayı kendine özgü sivil bir mimari biçimlenişine sahiptir. Çalışma kapsamında ele alınan yapı 19.yy'ın ilk yarısında yapılmış olup, mimari biçimleniş olarak İbrahimpaşa Köyü geleneksel konutlarının genel özelliklerini bütünüyle taşımaktadır (Şekil 4, 5).



Şekil 4. Yapının vadiye bakan güney cephesi  
(Figure 4. South facade of the building overlooking the valley)

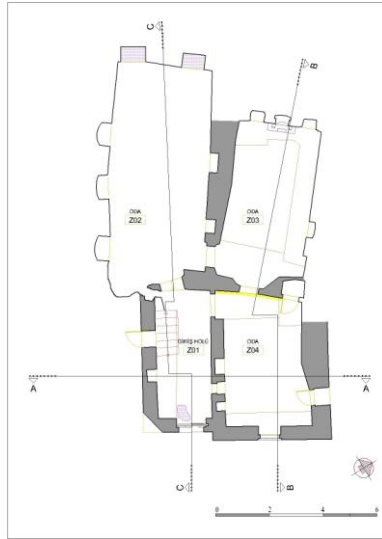


Şekil 5. Yapının doğu cephesi  
(Figure 5. East side of the building)

Üst ölçekten bakıldığında kuzey yönünde yapıya bitişik bir konutun varlığı görülmektedir (Şekil 6). Yapının kuzeyinde bulunan ve bir avlu vasıtası ile bağlantı kurulan bitişikteki bu konutun zamanla bu yapıya ilave olarak yapıldığı düşünülmektedir. Ancak, çalışma kapsamında bu ek yapı ele alınmamıştır. Diğer yandan yapının batısında ise kot farkından dolayı kayalar ve bu kayalara oturan bitişik yapılar vardır.



Şekil 6. Vaziyet planı  
(Figure 6. The site plan)



Şekil 7. Zemin kat planı  
(Figure 7. Ground floor plan)

Yapı bodrum, zemin (Şekil 7) ve birinci kat olmak üzere 3 kattan oluşan bir şekilde planlanmış, kesme taş ve kayadan oyma bir şekilde karma teknikler kullanılarak yapılmıştır. Yapı dışarıdan ne kadar kesme taştan yapılmış olarak görünüyorsa da içerisinde taş mekanların yanında kaya mekanlar da bulunmaktadır (Şekil 8, 9). Ancak bunların tamamı dıştan algılanamamaktadır.



Şekil 8. Yapının içerisinde yer alan kayadan oyma mekan  
(Figure 8. Space within the building of the rock carving)



Şekil 9. Kayadan oyma mekan ile oda bağlantısı  
(Figure 9. The connection of room with the space of rock carving)

Yapıda bir nevi dış sofalı plan şeması kurgusu bulunmaktadır. Giriş, doğuda yer alan sokak üzerinden verilmiştir. Yapı, zeminde kayaya oyulan arka plandaki 2 adet mekana göre şekillenmiş düzensiz bir plan şemasına sahiptir. Zemin katta kesme taş olarak inşa edilen tavanı sıralı kemerlerden oluşan tonoz şeklinde yapılmış bir adet oda bulunmaktadır. Bu mekandan kuzeydeki ek konutla bağlantının kurulduğu avluya açılan bir kapı bulunmaktadır. Mekanın aydınlanması doğuya açılan bir pencere vasıtası ile sağlanmaktadır.

Zemin katta giriş sofası olarak adlandırabileceğimiz mekanda 1. kata ulaşımı sağlayan taş basamaklı merdiven yer almaktadır (Şekil 10, 11).



Zemin katta  
yer alan oda

Ground floor  
room



Yapının kuzeyinde yer  
alan avlu

The courtyard of  
located in the north  
of the building



Giriş  
sofasında yer  
alan merdiven

Stairs of  
entrance sofa

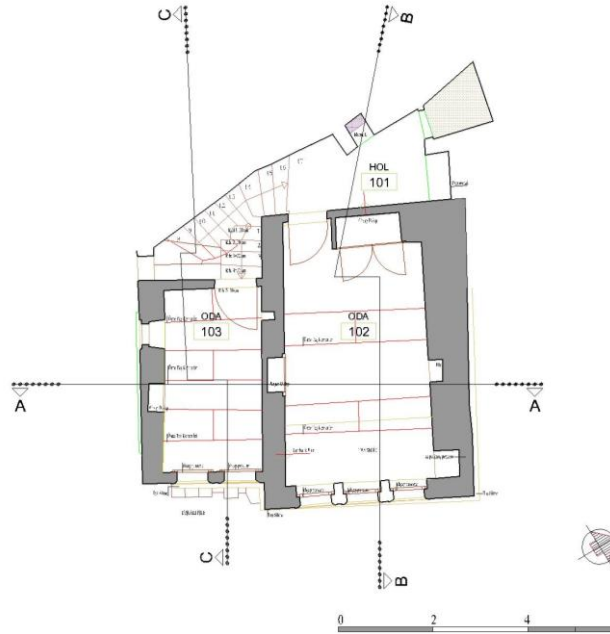


Giriş sofasının  
tavanında yer  
alan sıralı  
kemerli tonoz  
örtü

Sequential  
arched  
vaulting  
situated in the  
ceiling of  
entrance sofa

Şekil 10. Yapıya ait farklı kesitler  
(Figure 10. Different sections of the building)

Yapıda birinci kat, zemin kata göre dışarıya taşırılarak silmeli taş konsol üzerine oturtulmuştur. Hem estetik hem de işlevsel olan taş konsollar silmeli bir şekilde kat aralarında bağlantıyı sağlayan cepheyi anlamlandıran güçlü bir mimari eleman şekline dönüşmüştür. Yapının birinci katında tavanları sıralı kemerli tonoz ile örtülü iki oda yer almaktadır (Şekil 12).



Şekil 11. Birinci kat planı  
(Figure 11. First floor plan)





Şekil 12. Üst katta yer alan mekanlar  
(Figure 12. Upper floor spaces)

### 3.2. Yapım Tekniği ve Malzeme Özellikleri (Construction Technique and Material Properties)

İbrahimpaşa Köyü'nde bol miktarda bulunan ignimbirit taşı, konutların biçimlenmesinde ve süslenmesinde kullanılan en önemli yapı malzemesidir. Kapadokya Bölgesi içerisinde yer alan İbrahimpaşa Köyü yerleşimi, yer altında kayalara oyulan ve onlarla bütünlük sağlayan kesme taştan yığma yapı tekniği kullanılarak yapılan mekanların birlikteliğinden oluşmaktadır. Genel olarak yörede kullanılan yapı malzemeleri taş, kaya, toprak ve ahşaptır. Malzemelerin renk, doku ve nitelikleri doğal çevre ile oldukça uyumludur.

Yapı, kayadan oyma birimlerin önüne ve üstüne taştan yığma tekniği kullanılarak, bodrum + iki katlı bir şekilde karma teknikle yapılmıştır. Yapıda kaya oyma dışında kalan duvarların tamamı kesme taştan olup, kalınlıkları 60-95 cm arasında değişmektedir. Kaya duvarlar, yapıda iki şekilde taşıyıcılık görevi yapmaktadır. Bunlardan biri, tamamı ile kayadan oyulmuş mekanlarda taşıyıcı duvarın kaya olması, ikincisi ise, bağlama kemerli tonoz örtü sistemini taşıyan kaya duvarlardır (Şekil 8, 9, 11). Taş duvarlar, bağlama kemerli tonoz sistemi olarak yer almakta ve böylece açıklık, mesnetler oluşturularak bölünmüş olmaktadır (Şekil 12). Kemer ve tonoz üzengi çizgileri kaya duvarlar üzerine oturmaktadır.

Yapı, kaya ve taş duvarlar üzerine basan kemerlerin desteklediği taş tonoz sisteminden oluşmaktadır. Kemerler kesme taş malzemeden şaşırtmalı derz bindirme tekniğinde örülmüştür. Kemerlerin genişliği 55-65 cm. arasında değişmektedir. Ayrıca kesme taştan yapılmış olan kemerlerin üzengi noktaları kayalar yada taş ayaklar üzerine oturmaktadır. Bunlar beşik ve sivri kemerlerdir. Pencere ve kapılarda kullanılan kemerler ise, basık ve beşik kemer olup, malzemesi kesme taştır.

Merdiven basamakları tek parça halinde kesme taş bloktan oluşmaktadır. Basamaklar dar, rıhtları yüksektir. Duvara bitişik olarak konumlanan merdivenlerin basamakları duvara ankastre olacak şekilde taşıtılmıştır.

Kaya oyma mekanlarda, tavan ve zemin döşemesi kaya olarak bırakılırken, diğer mekanlarda sıralı kemerli tavan döşemesi ve zeminlerde ise taş döşeme kullanılmıştır.

Yapının çatısında, kenarda parapet taşının yüksekliğini (sırasını) fazla tutarak ön cephede eğimli çatı alınlık modeli veren dam çatı çeşidi kullanılmıştır. Çatıda dam yüzeyi taş kaplamalıdır.

Altıları genellikle tonoz strüktürlü olduğundan çatıda bu tonoz dış bükey bir eğimle kendini göstermektedir.

#### **4. TARİHİ TAŞ YIĞMA YAPILAR İÇİN KULLANILAN ONARIM/GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİ (REPAIR/STRENGTHENING METHODS FOR HISTORICAL STONE MASONRY BUILDINGS)**

Tarihi yapıların ömürlerini belirleyen iki ana etken vardır. Bunlardan ilki, zemin problemleri ve depremlerdir. Çevre ve doğa şartları, insanların neden olduğu hasarlar, yaşam sürecini ikinci derecede etkileyen faktörlerin başında gelmektedir.

Ülkemizdeki tarihi yapıların büyük bir bölümü; depremler, zemin kaynaklı problemler, yangınlar, çevre faktörlerinin oluşturduğu fiziksel ve kimyasal bozulmalar, nedeniyle yıpranmışlardır. Bunun yanında taşıyıcı sistemindeki düzensizlik ve süreksizlikler nedeniyle pek çok tarihi yapıda çatlaklar ve onun sonucu kısmen veya tamamen yıkılma gibi sonuçlar ortaya çıkmıştır. Hasar görmüş tarihi bir yapıyı güçlendirmeden önce, yapının zemin özellikleri, taşıyıcı sistemi, kullanılan malzemeler, yapının tarihi niteliği detaylı olarak incelenmelidir. Bu çalışmaların sonucunda, yapılacak müdahale ve güçlendirmeye karar verilmesi gerekmektedir [4]. Bu bağlamda ele alınan tarihi yığma yapılarda uygulanan onarım ve güçlendirme tekniklerini;

- Sağlamaştırma
    - o Malzeme güçlendirmesi
    - o Taşıyıcı sistem sağlamaştırması,
    - o Zemin sağlamaştırması
  - Bütünleme
  - Yenileme
  - Yeniden yapım,
  - Temizleme
  - Taşıma
- şeklinde sınıflandırmak mümkündür.

Yığma yapıların onarım ve güçlendirilmesinde bu tekniklerden biri yada bir kaç bir arada kullanılmaktadır [5]. Bu kapsamda ele alınabilecek tarihi yapıların onarım ve güçlendirilmesinde sağlamaştırma tekniği; taşıyıcı sistem, temel ve diğer elemanların güçlendirmesi şeklinde üç temel başlıkta toplanabilir. Bu kavramlar açıldığında; kısmi yıkım ve söküm, malzemenin iyileştirilmesi, bölgesel onarım/güçlendirme, üst yapının güçlendirilmesi, temel sisteminin güçlendirilmesi, kemer, tonoz ve kubbe arasındaki etkileşimin artırılması anlaşılmaktadır.

Tarihi yapıların onarımında/güçlendirilmesinde yapının özgün malzemesine ek olarak, yüksek dayanımlı çelik, paslanmaz çelik, epoksi reçinesi, değişik özellikte çimentolar, tamir harçları, lif takviyeli polimerler (LP) gibi kullanılabilen pek çok malzeme bulunmaktadır. Onarım ve güçlendirmede kullanılacak her tür malzemenin kimyasal, fiziksel ve mekanik özelliklerinin yapıda mevcut olan malzeme ile uzun zaman içinde uyumsuzluk oluşturmayacak ve uygulamadan sonra geriye dönüşü mümkün olabilecek özellikte olması gerekir [6].

Tarihi yapıların onarım ve güçlendirilmesi, genel olarak bölgesel onarım, bölgesel güçlendirme ve temel güçlendirme şeklinde gerçekleştirilmektedir.

##### **4.1. Bölgesel Onarım (Regional Repair)**

Bölgesel onarım, bölgesel yerel çatlakların ya da bozulmaların onarımı anlamına gelmektedir. Bu yöntem, yığma duvarlardaki çatlakların onarımı ile tonozlarda ve kubbe eteğindeki radyal çatlakların onarımında kullanılmaktadır. Çatlakların onarım şekli,

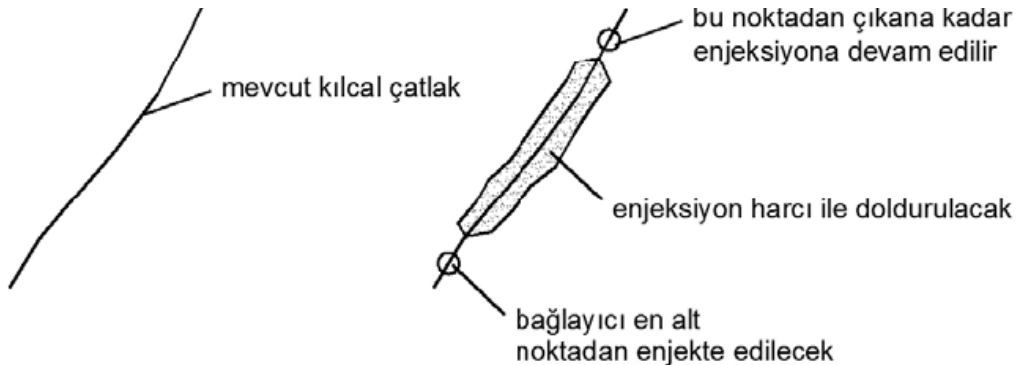
çatlak genişliği ve oluştuğu bölgeye bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Çatlak kenarları arasında çekme gerilmesi aktarılacaksa arada çelik veya lif takviyeli polimer (LP) donatı kullanılabilir [6]. Lif Takviyeli Polimerler; düşük yoğunluklu, uyumlu mekanik özellikte, ağır çevre koşullarına, paslanmaya ve kimyasal maddelere karşı dayanıklı olup hızlı uygulanabilmektedir. Lif takviyeli polimer uygulamalarında yapıların çekme bölgelerine LP çubuklar veya şeritler yerleştirilerek bu bölgelerde özellikle deprem sırasında oluşabilecek yatay kuvvetlere karşı çekme elemanları oluşturulmaktadır [7]. LP uygulamaları, çubuk ve şerit elemanlar olmak üzere iki farklı şekilde uygulanmaktadır.

#### 4.1.1. Çatlakların Onarımı-Kimyasal Ankraj (Repair of Cracks-Chemical Anchorage)

Taş öğelerde meydana gelen en belirgin bozulma, çatlaklardır. Taşlarda meydana gelen çatlakları küçük ve geniş çatlaklar olarak ikiye ayırmak mümkündür.

- **Küçük Çatlakların Onarımı:** 0.2 mm den küçük çatlakların onarımına ihtiyaç yoktur.0.3 mm den büyük 3 mm den küçük çatlakların onarımı için epoksi harcı kullanılabilir [4].
- **Geniş Çatlakların Onarımı:** Çatlak eğer 3 mm den büyük ise grout enjeksiyonu da uygulanabilir; ama çatlaklar 10 mm den büyükse veya duvarı oluşturan taş ya da tuğlalar düşmüşse, daha geniş bir uygulama gerekecektir. Uygulanacak metod bir çeşit duvar güçlendirme yöntemi olarak tanımlanabilir [4]. Bu da bölgesel onarımdan ziyade bölgesel güçlendirme uygulanmasını gerekli kılacaktır.

Çatlak nedeniyle yük taşıma fonksiyonu azalmış ya da kaybolmuş tarihi değer taşıyan taş vb. yapılarda boşlukların ve büyük oyukların doldurulmasında, duvarların içine enjeksiyon, çatlakların yapıştırılması şeklinde uygulamalar yapılmaktadır (Şekil 13). Parçalanmış ve deforme olmuş taş, kaya vb. kütlelerin stabilizasyonu ve sağlamlaştırılması için en uygun ve doğru çözüm kimyasal enjeksiyon ve ankraj sistemleridir [8]. Tarihi yapılarda çatlakın iki yanağı arasına tuğla ya da taş bloklar yerleştirildikten sonra boşluğun uygun bir harç enjeksiyonu ile doldurulması yeterlidir. İnce çatlakların ve kalın duvarlardaki çatlak ve boşlukların onarımında en uygun yöntem boşluğa duvarda kullanılan özgün malzemeye benzer özellikteki bir harcın enjekte edilmesidir [6].



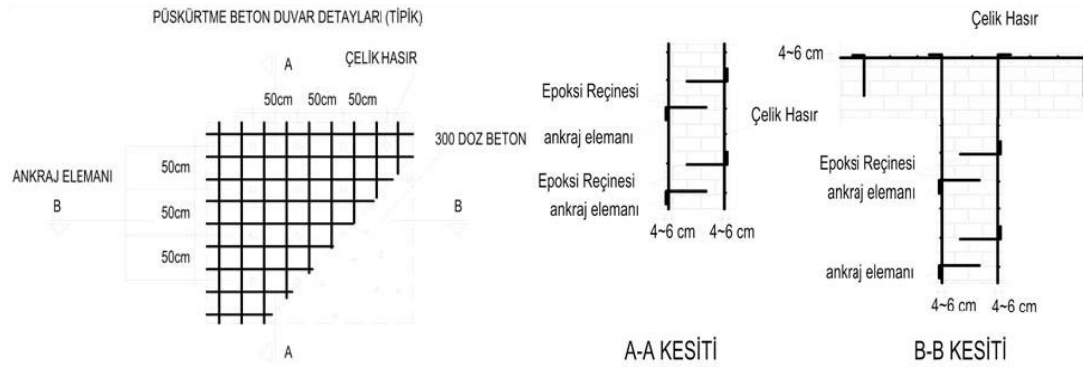
Şekil 13. Çatlakların enjeksiyon yöntemi ile onarımı [6]  
(Figure 13. Repair with injection method of cracks [6])

#### 4.2. Bölgesel Güçlendirme (Regional Strengthening)

Tarihi yapılarda uygulanan bölgesel güçlendirme çalışmalarında, güçlendirilen eleman yalnızca bir bileşendir.

#### 4.2.1. Duvarda Çekme Gerilmelerini Karşılacak Elemanların Kullanılması (Using of Ties in Wall)

Bu uygulama, geniş çatlak olarak tanımlanan, çatlak genişliğinin 10 mm'den büyük olduğu ya da duvarı oluşturan taş veya tuğlaların düşmüş olması durumunda, çatlakların onarımında enjeksiyon yöntemiyle birlikte çekme gerilmelerini alacak elemanlarla yapılmaktadır. Bu amaçla, çatlığa bitişik taş ya da tuğlalar çıkarılarak, dikiş elemanları ya da çelik bağlantı elemanları yerleştirilerek, taş ya da tuğla duvarın boşlukları, uygun bir karışımla düşük basınç altında doldurulur. Bu yöntem duvarın diğer yüzünde de uygulanmalıdır. Önemli ölçüde hasar görmüş duvarların bir ya da iki yüzüne hasır donatı yerleştirildikten sonra yapılacak püskürtme beton uygulaması ile istenilen dayanım elde edilebilmektedir (Şekil 14, [6]).

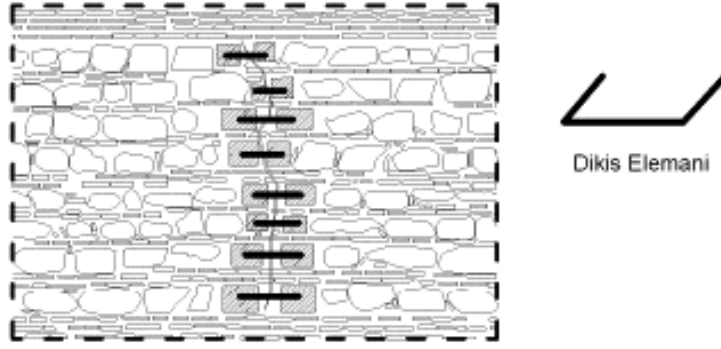


Şekil 14. Püskürtme beton duvar detayları [6]  
(Figure 14. The details of shotcreted concrete wall [6])

Bu yöntemin dışında, taşlarda oluşmuş olan çatlaklara galvanizli tijlerle dikiş atılması da uygulanmaktadır (Şekil 15). Bunun için çatlaklar basınçlı hava ile temizlenmeli ve taşların birbirine basarak yük aktarmasını sağlayacak kimyasal malzeme ile doldurulmalıdır. Çatlak bulunan taşlar yanlarındaki taşlara ankraj edilecek şekilde delinerek açılan yuvalara kartuşlar yerleştirilmelidir. Dairesel kesitli galvanizli tijler döndürülerek kartuşların patlaması ve galvanizli tijlerin sarması sonucu stabilite sağlanabilmektedir [1].

Uygulama başlangıcında çatlaklara doldurulan harç alınmalı ve delgi işlemi sırasında çıkan taş tozu ile kimyasal bağlayıcı karışımı çatlaklara ve derz aralarına doldurulmalıdır. Böylelikle taşların birbirine ankrajı ile yatay yük aktarımı gerçekleştirilmiş olacaktır.

Çatlak onarımlarında (kubbe, kemer, beden duvarı ve rölyeflerde) kullanılması önerilen malzemeler 2 bileşenli kimyasal poliüretan enjeksiyon malzemeleridir. Kullanılacak olan malzemeler 1 dakika içerisinde reaksiyona başlayacak ve 60 dakika sonunda tam prizini almış olacaktır. Priz alan malzeme sert bir köpük meydana getirerek taşıyıcı elemanlara destek olacaktır [1].

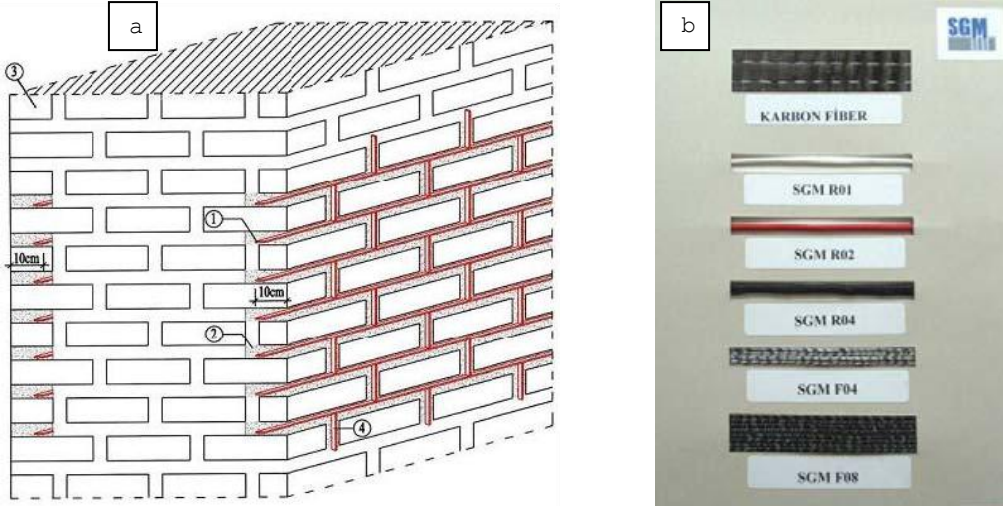


Şekil 15. Geniş duvar çatlaklarında dikiş elemanı ile onarımı [6]  
(Figure 15. Repair with sewing member for wide wall cracks [6])

#### 4.2.2. Lif Takviyeli Polimer (LP) Çubuklar ile Güçlendirme (Strengthening by FRP Bars)

Bu tip güçlendirme, genellikle yığma yapılarda, hasar görmesi muhtemel taşıyıcı duvarlara uygulanmaktadır. Yığma yapıların taşıyıcı özellikleridir. Bu duvarların kesme kapasitesi lif takviyeli polimer sistemlerle artırılabilir. Duvarlardaki hasarı onarmak için, çatlaklar epoksi bazlı yüksek mukavemetli tamir harçlarıyla doldurulur, eğilmeye karşı boyuna, kesmeye karşı enine doğrultuda lifli polimer uygulanabilir [4].

LP çubuk ile güçlendirme uygulamalarında firmaların farklı yaklaşımları bulunmaktadır. Bu yaklaşımlardan birinde duvar derzlerindeki geleneksel harçlar yaklaşık 7~10 cm boşaltılarak, boşalan alana lifli polimer çubuklar yerleştirilmektedir (Şekil 16). Boş kalan derzler yapıda kullanılan özgün harç özelliklerinde veya özgün harçla uyumlu harçla yeniden doldurularak uygulama tamamlanmaktadır. Bu tür uygulamada, yapıdan çıkan harcın tekrar kullanılması uygun değildir [9]. Bazı uygulamalarda ise duvar derzlerinde 2 - 3 cm. derinlikte boşluklar açılarak bu boşluklara özel reçine ya da kireç esaslı harçlar kullanarak LP çubuklar yerleştirilmektedir[9]. LP çubuklar ile duvar yüzeyinde oluşan çekme gerilmeleri karşılanırken sistemin sünekliği de artırılmış olmaktadır. Bu çubuklar 5 - 12 mm. arasında değişen dairesel kesitli ya da 1.4 x 10 mm. ölçülerinde dikdörtgen kesitli olabilmektedir. Duvarlar, kemerler, tonozlar, kubbe ve minareler bu sistemle çeşitli konfigürasyonlarla güçlendirilebilmektedir [7].



Şekil 16. LP çubukların uygulama detayı

(Figure 16. Application detail of FRP strips)

- a) Şematik çizimi b) LP çubuk ve şeritlerinden örnekler [9]  
(a) Schematic drawing b) Samples of FRP bar and strip [9]

#### 4.2.3. LP Sargılar ile Güçlendirme (Strengthening by FRP Laminates)

Bu güçlendirmede, duvarların, kemerlerin, tonozların ve kubbelerin dış yüzeylerinde, uygun doğrultularda LP ile sarılarak mevcut yükler altında ve olabilecek deprem yüklerine karşı taşıma kapasitelerinin ve sistem sünekliğinin artırılması amaçlanır. Ancak bu güçlendirme tekniğinde uygulama detayları çok önemlidir. Özellikle yapıştırma yapılacak alt yüzeylerin titiz bir şekilde hazırlanması gereklidir [10].

#### 4.3. Temel Güçlendirmesi (Strengthening Basic)

Temeller, yapının kendi ağırlığını, kullanım yüklerini, kar, rüzgar ve deprem yüklerini zemine ileten taşıyıcı elemanlardır [11]. Tarihi bir yapıda temel güçlendirmesi yapılmasının en önemli sebebi yapıda zeminden kaynaklanan bir takım hasarların giderilmesidir.

Tarihi yapılarda görülen zemin kaynaklı hasarları; oturmalar, ayrışmalar, kabarma ve şişme, parça kopması, çatlaklar ve kaymalar şeklinde sınıflandırabiliriz. Oturmalar, yeterli zemin kırılması güvenliği altında zemin tabakalarının, farklı büyüklük ve yönde etkiyen kuvvetlerin etkisiyle sıkışması sonucu oluşmaktadır. Yatay kuvvetler de oturmalar neden olabilmektedir. Yapıda oluşan düzgün oturmalar, yapının stabilitesini tehlikeye sokmaz ve hiçbir oturma hasarı oluşturmaz [12]. Ancak yapıda oluşan çatlaklar, yapıda meydana gelen hareketlerin yapı malzemesi üzerinde, beklenen deformasyon sınırını aşması ve nihayetinde bununla alakalı meydana gelen gerilmelerin, malzemenin mukavemet sınırını aşması halinde oluşurlar. Yapının çekme ve kayma gerilmelerine karşı en zayıf olduğu; çekme ve kayma zorlanmalarının maksimum olduğu bölgelerde meydana gelir [4].

Tarihi yapılarda çatlaklara neden olan farklı oturmalar, kendi içerisinde tek taraflı oturma, yapının bel vermesi, yapı altındaki zeminin yanlara kaçması alt başlıklarında incelenebilir. Farklı oturma, yapılarda hasar oluşumuna sebep olan en tehlikeli oturma şeklidir. Yapı temeli altında meydana gelen lokal oturmalar ve temellerin farklı oturması, yapı duvarlarında çatlaklara sebep olmaktadır.

- Tek taraflı oturmalar, bir yapıya ait iki ayrı kısmın ağırlıkları farklı ise ağır kısmın altındaki zeminde daha fazla

sıkışma olacağından bağlantı duvarında kesme çatlakları oluşur. Bu çatlaklar, yapı malzemesinin çekme mukavemeti derecesine göre farklı şekillerde görülür. Çekme mukavemeti düşük ise hemen hemen düşey, büyük olması halinde belli bir eğime sahip olur ve oturmanın fazla olduğu tarafa doğru yükselir.

- Yapının bel vermesi, tarihi bir yapıda basınç, özellikle yapının ortasında etkisini gösterir, bu yüzden homojen bir zeminde maksimum oturma yapının orta kısmında meydana gelir, bu olaya binanın bel vermesi de denilir.
- Yapı altındaki zeminin yanlara kaçması, vadi sırtı ve tepe gibi yerlerde inşa edilmiş yapılarda temel zemininin yanlara kaçmasından dolayı kenar kısımlarda ortaya nazaran daha fazla oturmalar meydana gelir. Kenarlardaki zeminin kaçması üst yapının üst kısımlarında uzama tarzında zorlanmaya neden olacağından düşey yönlü çekme çatlakları oluşur [13].

Yapıda oluşan bu çatlakların giderilebilmesi amacıyla yapılan temel güçlendirmesi, temel zemininin veya temelin iyileştirilmesi olarak ikiye ayrılabilir. Bu işlem yapılırken, üst yapıda farklı oturmalar ve dolayısıyla yeni oturma çatlaklarının oluşmasına izin verilmemelidir. Taşıyıcı temelin güçlendirilmesi için, mevcut temel genişliğinin artırılarak yeterli hale getirilmesi yada, mevcut yapıdan gelen yüklerin sağlam zemin tabakalarına farklı yöntemlerle aktarılması yöntemleri uygulanabilmektedir.

Temel güçlendirmesinde mevcut binanın taşıyıcı duvarlarının altına yerleştirilecek olan kazıklar, yapısal yüklerin daha derindeki zemin tabakalarına iletilmesi ve oluşabilecek temel oturmasının önlenmesinde kullanılmaktadır. Bu kazıklar betonarme kesitlerden oluşabilmektedir ve belirli aralıklarla duvar altına yerleştirilmektedir.

## **5. ÜRGÜP İBRAHİM PAŞA KÖYÜNDEN KONUTA UYGULANAN GÜÇLENDİRME YÖNTEMİ (STRENGTHENING METHOD APPLICATED TO A BUILDING FROM URGUP İBRAHİMPAŞA VILLAGE)**

Bu çalışmada ele alınan konut örneği, karma yapı tekniğiyle inşa edilmiş, kaya temele oturan taş yığma taşıyıcı sisteme sahip bir yapıdır. Yığma duvarda kullanılan taş malzemesi Nevşehir civarında mevcut olan ignimbirit taşıdır. İgnimbirit taşı bir volkanik agrega türü olup bu özelliğinden dolayı hafif ve boşluklu bir yapıya sahiptir. Boşluklu yapısı nedeniyle de çevresel koşullardan büyük ölçüde etkilenen bir yapı malzemesidir. Bu taş, taşıma gücü ve basınç dayanımı yüksek; çekme dayanımı zayıf olan bir malzeme olduğundan dolayı, yalnız basınç kuvveti alan kemerler, tonozlar ve basınç yüklerini alan duvarlarda kullanılmıştır. Genel olarak, yapıda kullanılan bu taşta, özellikle genleşme çatlaklarına da rastlanmaktadır. Bu durum; çekme gerilmelerinin, malzemenin çekme mukavemetini geçmesi halinde meydana gelmiştir. Ayrıca dış etkenlerden (sıcaklık değişimleri, rüzgar, su...) kaynaklanan çatlaklar, aşınmalar ve bozulmalar gözlemlenmektedir. Buna ilaveten duvarlarda oluşan çatlakların birçoğu oturma çatlağı olarak tanımlayabileceğimiz türden, yapının iki farklı zemin üzerinde yer almasından kaynaklanmaktadır.

### **5.1. Yapıdaki Hasarların Belirlenmesi (Determination of the Building Damages)**

Bu konut örneğinde, yapıda tonoz yüzeylerinde, duvarlarda pencerelerin üst ve alt bölgelerinde bulunan çatlaklar ve yapının temelinin kaya ve toprak olmak üzere iki farklı zemin tipi üzerinde bulunması nedeniyle tek taraflı oturmadan meydana gelen çatlaklar gözlenmiştir. Taş yığma duvarların çoğu kaya üstüne oturtulduğu için

bina taşıyıcı sisteminde çok büyük hasarlar gözlenmemiş, muhtemelen iklim değişikliğine bağlı olarak (rüzgar etkisi, donma-çözülme olayları gibi) taşıyıcı taş yığma duvarda bölgesel çatlaklar da oluşmuştur. Şekil 17'de binaya ait röleve çizimleri verilmiştir. Bu çizimlerde, yapıda oluşan çatlaklar açık bir şekilde görülmektedir.



Şekil 17. Yapıya ait görünüşler ve kesitler  
(Figure 17. General views and sections of the building)



## 5.2. Yapı için Kullanılacak Olan Onarım/Güçlendirme Yöntemleri (Using Repair/Strengthening Methods for the Building)

Yapının bulunduğu arazinin eğimli yapısı, zeminin volkanik tüf olması ve temelin iki farklı(kaya ve volkanik tüf) zemine oturmasından dolayı yapıda düşey yönde oturma çatlakları oluşmuştur. Bu sebeple, ilk olarak temel güçlendirmesi yapılmalı, daha sonra yapı üzerindeki çatlakların onarım ve/veya güçlendirmesine geçilmelidir. Burada temel güçlendirme yöntemi olarak kazıklarla yapıdaki yüklerin sağlam kaya zemine aktarılması önerilebilir veya yumuşak zemindeki mevcut temelin radyeleştirilip, kaya zemine ankraj çubuklarıyla bağlanması ve böylece üst yapıdan gelen yüklerin sağlam zemine aktarılabilmesi düşünülmektedir.

Yığma duvarlar yıpranma, çatlak oluşumu vb. birçok deformasyona yatkındır [14]. Bu sebeple üst yapının onarım ve güçlendirilmesi için seçilen yöntemler yığma duvarların özellikleri paralelinde enjeksiyon, dikiş ve LP uygulaması'dır. Binada oluşan kılcal çatlakların giderilmesinde enjeksiyon yöntemi, yarık ve açılmış derzlerin doldurulmasında ise enjeksiyon ve dikişle onarım yöntemi birlikte uygulanmalıdır. Bunun yanı sıra, çok büyük boşluklara sahip geniş duvar çatlaklarında boşluğun öncelikle düzeltilip duvarla aynı malzemeden taşla doldurulması, mevcut ve yeni taşın bir arada çalışması için harca ilave olarak dıştan LP yapıştırılarak güçlendirilmesi önerilebilir.

Gözlemlenen çatlaklar için önerilen yöntemler onarım ve bölgesel güçlendirme olarak isimlendirilebilir. Şekil 18.a'da görülen hasarlara epoksi enjeksiyonu uygulanması yöntemi çekme gerilmelerini alacak elemanlarla birlikte yapılmalıdır. Bu amaçla, çatlağa bitişik taş ya da tuğlalar çıkarılıp, araya çelik bağlantı elemanları yerleştirilmesi ve aşağı kısımda görülen tuğla duvar boşluğunun taş malzemesinden elde edilmiş bir harçla düşük basınç altında doldurulması en uygun ve tarihsel dokuyu bozmayacak bir yöntem olarak önerilmiştir. Özellikle geniş çatlaklar doldurulduktan sonra üzerine dıştan lif takviyeli polimer (LP) kompozit sargılar epoksi ile yapıştırılarak kapatılabilir. Bu işlem sonucunda hem çatlak yüksek dayanımlı epoksi ile doldurulmakta, aynı zamanda güçlendirme malzemesinin lif yönlerinin çatlağa dik yerleştirilmesiyle çatlaklar arasındaki çekme gerilmesinin alınmasını sağlayacak işlem gerçekleştirilmiş olmaktadır (Şekil 18.b). Kompozit malzemelerin en büyük dezavantajı ise maliyetinin yüksek olmasıdır. Bu nedenle, Şekil 18.b'de pencere üstü kemerinde görülen geniş düşey çatlak, epoksi ile dıştan LP sargı uygulaması ile yapılacak bölgesel güçlendirme yerine, epoksi enjeksiyonuyla doldurulduktan sonra dikiş yöntemiyle iki ucundan birbirine bağlanarak çekme gerilmelerinin bu elemanlarla alınması daha ekonomik bir şekilde sağlanabilecektir. Bu kısmın uzunluğu çok fazla olmadığı için ve LP kompozit malzemesinin çok ekonomik olmamasından dolayı dıştan LP sargısı yapıştırılmasıyla bölgesel güçlendirmeye gerek olmadığı düşünülmektedir. Burada sadece üst yapının bölgesel güçlendirmesiyle ilgili yapılabilecek uygulamalar hakkında önerilerde bulunulmuştur.



Şekil 18. Mevcut yapıdaki hasarlara uygulanabilecek onarım ve bölgesel güçlendirme yöntemleri

(Figure 18. Repair and regional strengthening methods to be applied to damages of existing building)

Onarım ve bölgesel güçlendirme sürecinde izlenmesi önerilen yol ise şu şekilde sıralanabilir:

- Zeminin sağlamlaştırılması veya temelin güçlendirilmesi,
- Çatlak, yarık ve açılmış olan derzlerin mekanik olarak temizlenmesi
- Temizlenen derzlere basınçlı hava tutulması ve derzlerin içine reçine enjeksiyonu yapılması
- Dikiş yöntemi ile birbirine bağlanacak olan taşların uygun şekilde delinmesi
- Dübellerin yapıştırılması için kartuşların yerleştirilmesi
- Uygun boyutlardaki galvaniz çelik tijlerin ankrajı
- Açılmış olan boşlukların onarımı

## 6. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Tarihi yapıların güçlendirilmesinde kullanılan yöntemlerin seçimindeki en önemli nokta yapının özgünlüğünün zedelenmeden gerekli müdahalelerin yapılabilmesidir [5]. Tarihi taş bir yapı olarak incelenen konutta taş, tonoz, duvar ve temel elemanları arasında birçok nedene bağlı oluşan yarık-açıklık ve boşluklar taşların birbirine yük aktarmasını önlemektedir. Yapının taşıyıcı duvarlarında temel hasar olarak oturma çatlaklarına rastlanmıştır. Bu nedenle, mevcut çatlakların ilerlememesi ve uygulanan bölgesel onarım ve güçlendirme yöntemlerinin faydalı olabilmesi için öncelikle taşıyıcı sistemden gelen yükün sağlam kaya zemine aktarılması gerekmektedir. Zemindeki oturmaya ilave olarak taşların arasına giren yağmur suyu, zemin suyu gibi özellikle kış aylarında donma ve çözülme süreçlerinin taş duvar elemanlarında hasarı artırdığı düşünülmektedir.

Örnek yapıda; taş elemanlar arasındaki boşluklara, çatlaklara ve yarıklara uygun kimyasal reçinelerin enjeksiyonu, temel zeminindeki

farklılıklar ve boşluklu zayıf bölgeler için poliüretan ve silikat esaslı enjeksiyon reçineleri uygulanması önerilmektedir. Taşların gece gündüz arası ısı farkından dolayı genleşmesi nedeniyle daha fazla çatlaması, çatlaklara su sızarak çatlakları genişletmesi, çatlaklardaki suyun donması halinde çatlakların büyümesini önlemek amacıyla dikiş yöntemi kullanılmalıdır. Böylece, taşın orjinal basınç mukavemetine yakın bir mukavemette bir takviye ile kesitin daraltılması, ana çatlak ve yakındaki kılcal çatlakların kapatılarak dikiş yöntemiyle çatlakların büyümesinin önlenmesi sağlanabilir.

#### **NOT (NOTICE)**

Çalışmada kullanılan rölöve çizimleri 2006-2007 bahar yarıyılında Gazi Üniversitesi FBE Mimarlık Anabilim Dalı Tarihi Yapı Çözümleme Lisansüstü Dersi öğrencileri tarafından yapılmıştır.

#### **NOT (NOTICE)**

Bu makale, 28-30 Eylül 2011 tarihleri arasında Elazığ Fırat Üniversitesinde "International Participated Construction Congress" IPCC11'de sözlü sunum olarak sunulmuştur.

#### **KAYNAKLAR (REFERENCES)**

1. Yeğin, M., (2008). Geleneksel Yapıların Restorasyonunda Malzeme, Teknoloji ve Tekniklerin Araştırılması Geliştirilmesi, Üniversite-Sanayi İşbirliği Merkezleri Platformu (USİMP) Üniversite Sanayi İşbirliği Ulusal Kongresi, 26 - 27 Haziran 2008, Adana.  
[http://www.yapi.com.tr/V\\_Images/arastirma/restorasyon\\_mustafayegin.pdf](http://www.yapi.com.tr/V_Images/arastirma/restorasyon_mustafayegin.pdf)
2. Pekak, S., (2009). Kappadokia Bölgesi Osmanlı Dönemi Kiliseleri: Örnekler, Sorunlar, Öneriler, METU JFA, S. 249-277, 2009/2, Ankara.
3. Demir, Ü., (2006). Nevşehir İli, İbrahimpaşa (Papayanni) Köyü, Hacı Mahmut Ağa Konağı Restorasyon Önerisi, Gazi Üniversitesi, FBE Mimarlık Anabilim Dalı, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
4. Mahrebel, H.A., (2006). Tarihi Yapılarda Taşıyıcı Sistem Özellikleri, Hasarlar, Onarım Ve Güçlendirme Teknikleri, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
5. Branco, M. ve Guerreiro, M.L., (2011). Seismic Rehabilitation Of Historical Masonry Buildings, article in press, Engineering Structures, Doi:10.16/J.Engstruct.2011.01.033, [www.elsevier.com/locate/Engstruct](http://www.elsevier.com/locate/Engstruct)
6. Sesigür, H., Çelik, O.C. ve Çılı F., (2007). Tarihi Yapılarda Taşıyıcı Bileşenler, Hasar Biçimleri, Onarım ve Güçlendirme, İMO İstanbul Bülten, sayı: 89, sayfa: 10-21.
7. Aydın, E.Ö., Fahjan, Y.M. ve Çömlekçioğlu, R., (2007). Deprem Bölgelerindeki Tarihi Kâgir Yapıların Güçlendirilmesinde Kullanılan Yeni Teknikler, International Earthquake Symposium Kocaeli 2007, 22-26 October 2007, Kocaeli.
8. Kasapgil, M.E., (2007). Eski Eserlerde, Yığma Duvarların, Kubbelerin, Tonozların ve Temellerin Enjeksiyon Reçineleri ve Ankraj Sistemleriyle Güçlendirilmesi, Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu-1, 215-218.
9. Bayraktar, A., (2006). Tarihi Yapıların Analitik İncelenmesi ve Sismik Güçlendirme Metodları, Beta Basım, İstanbul.
10. Tarihi Yapı Güçlendirme Rehberi, 2007, BASF The Chemical Company Ürün Kataloğu.

11. Bayülke, N., (1992). Yığma Yapılar, T.C. İmar ve İskan Bakanlığı Deprem Araştırma Enstitüsü, Ankara.
12. Köseoğlu, S., (1986). Temeller Statiği ve Konstrüksiyonu II Yüzeysel Temeller, Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul.
13. Namlı, M., (2001). Tarihi Yapıların Temel Sistemleri ve Temel Takviyesi Yöntemleri, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, İstanbul.
14. Tumialan, J.G., Micelli, F., and Nanni, A., (2001). Strengthening of Masonry Structures with FRP Composites, Proceedings of the 2001 Structures Congress and Exposition, held in Washington, D.C., May 21-23.