



# Yığma Yapılarda Günümüzde Yapılan Hatıl Uygulamaları

Mehmet Selim Ökten<sup>1\*</sup>, Aynur Yüce<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup> Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-4689-767X), [selim.okten@msgsu.edu.tr](mailto:selim.okten@msgsu.edu.tr)

<sup>2</sup> Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-8813-3128), [mim.aynuryuce@gmail.com](mailto:mim.aynuryuce@gmail.com)

(İlk Geliş Tarihi 8 Ağustos 2023 ve Kabul Tarihi 23 Kasım 2023)

(DOI: 10.5281/zenodo.10439985)

**ATIF/REFERENCE:** Ökten, M.S., Yüce, A. (2023). Yığma Yapılarda Günümüzde Yapılan Hatıl Uygulamaları. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (52), 259-271.

## Öz

Yığma yapılarda hatıl kullanımı taşıyıcı sistem bütünlüğünü sağlamak açısından oldukça önemlidir. Depremler sonucunda hasar gören veya zaman içerisinde yok olan taşıyıcı duvarlar içindeki bu elemanlara günümüzde nasıl müdahale edildiği araştırmanın konusunu oluşturmaktadır. Yığma yapılarda yapılan hatıl uygulamalarına tarihi yapıların restorasyon çalışmalarında rastlanıldığı için, uygulama örnekleri geleneksel ve kültürel miras değerleri olan yapılar üzerinden anlatılmıştır. Hatıl uygulamaları sırasında geleneksel malzeme ve yöntemlerin yanında modern malzeme ve yöntemlerin de kullanıldığı üç yapı örnek olarak seçilmiştir. Veriler şantiye gözlemleri, projeler, toplantı notları ve araştırmacıların şantiyedeki uygulamalarından elde edilmiştir. Geleneksel veya modern hatıl uygulamalarının taşıyıcı sisteme yapacağı etki değerlendirme kısmında karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. Tarihi yapıların ihtiyaçları doğrultusunda yapılacak uygun müdahalelerin, bu yapıların gelecek kuşaklara aktarılmasına büyük katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Hatıl, Yığma Yapılar, Güçlendirme.

## Current Applications of Lintels in Masonry Structures

### Abstract

Lintel use in masonry structures is quite important in ensuring the integrity of the structural system. Our research examines the current means of intervention on these elements within the load-bearing walls that are damaged by earthquakes or destroyed over time. Since the lintel applications in masonry structures were found in the restoration works of the historical buildings, the examples of the applications are explained through the structures which have traditional and cultural heritage values. Three buildings were selected as examples where modern materials and methods were used in addition to traditional materials and methods. The data were obtained from site observations, projects, meeting notes, and the researcher's own practices on the site. The effect of traditional or modern lintel applications on the structural system is presented comparatively in the discussion section. It is believed that appropriate interventions in line with the needs of historic buildings will greatly contribute to elongating the lifetime of these buildings.

**Keywords:** Lintel, Masonry Structures, Strengthening.

\* Corresponding Author: [selim.okten@msgsu.edu.tr](mailto:selim.okten@msgsu.edu.tr)

## 1. Giriş

Türkiye’de bulunan tarihi yapılar içinde yığma yapım sistemi önemli bir yer tutmaktadır. Kerpiç, taş veya tuğla blokların üst üste dizilmesiyle oluşan yığma yapım sistemi, bahsedilen malzemelerin kullanıldığı döneme bağlı olarak yerel kaynaklardan temin edilebilmesi veya üretilebilmesi sebebiyle yaygın olarak kullanılmıştır. Kültürel mirasın bir unsuru olan tarihi yapılarda veya sivil mimari örneklerinde de yığma yapım sisteminin ağırlıklı kullanımı bu yapım sistemin önemini korumasını sağlamıştır.

Korunması ve geleceğe aktarılması önemli olan tarihi ve kültürel mirasımız olan yığma yapılar ülkemizde bulunan yoğun sismik hareketlilikten etkilenmekte, yatay ve düşey deprem kuvvetleri sonucunda yapılarda hasar oluşabilmektedir. Bu deprem yükleri altında taşıyıcı yığma duvarların bir bütün olarak çalışmasını sağlayan hatıllar, önemli bir işlev görmektedir. Zaman içinde yok olmuş, atmosferik etkiler veya deprem sonucunda hasar görmüş hatılların onarımı/değiştirilmesi bu yapıların devamlılığını sağlamak için oldukça önemlidir. Bu çalışmada günümüzde yapılan restorasyon uygulamalarında hatılların onarımı ve yenilenmesi sırasında kullanılan geleneksel ve modern yöntemlerden bahsedilmiştir. Ülkemizde yapılan restorasyon uygulamalarından örnekler ile kullanılan yöntemler açıklanmaya çalışılmıştır. Bu yapıların korunması zamanında yapılacak onarım ve güçlendirme müdahaleleriyle mümkündür.

Yığma yapıların önemli bir kısmını oluşturan tarihi yapıların geleceğe aktarılması hususundaki çalışmalar konunun önemi sebebiyle İngiltere, Fransa ve İtalya başta olmak üzere tüm dünyada araştırılmaktadır. Tarihi yığma yapılara uygulanacak müdahalelerin temel prensipleri belirleyen başlıca kaynaklar 1964 yılında kabul edilen “Venedik Tüzüğü” [1] ve Uluslararası Anıtlar ve Sitler Konseyi Türkiye Milli Komitesi’nin (ICOMOS) [2] yayınladığı mimari mirasın korunması ile ilgili bildirgelerdir. Vakıflar Genel Müdürlüğü [3] tarafından yayınlanan Tarihi Yapılar İçin Deprem Risklerinin Yönetimi Kılavuzu kitabında müdahale yöntemleri bölümünde duvarlara çelik gergi ve kubbe kasnağına çelik kuşaklama elemanlarına değinilmiştir. Tanyeli, Osmanlı İnşaat Teknolojisi Tarihi kitabında tarihi yapı malzemelerini detaylı anlatmış ve hatılların işlevine değinmiştir [4]. Ghıga ve diğ. [5] çalışmasında yığma yapıların güçlendirilmesinde kullanım yöntemlerinden ve lif takviyeli polimer çeşitlerinden bahsetmiştir. Valluzzi ve diğ. [6] tarihi yapıların onarımında kullanılan kompozit malzemelerin kullanımının hızla yayılması, doğru kullanımının yapıya katkıları ve restorasyon prensiplerine uygunluğu üzerine çalışmıştır. Quagliarini ve diğ. [7] cam, karbon ve aramid fiberlere alternatif olarak bazalt fiber çubukların özelliklerini laboratuvar ortamında test etmiş ve malzemenin tarihi yapıların güçlendirilmesinde iyi bir alternatif olabileceğini belirtmiştir.

## 2. Materyal ve Metot

Araştırma kapsamındaki veriler, araştırmacıların katılım sağladığı şantiyelerden elde edilmiştir. Veriler şantiye gözlemleri, projeler, toplantı notları ve araştırmacıların şantiyedeki uygulamalarından elde edilmiştir.

Verilerin elde edildiği projeler restorasyon çalışmalarının yapıldığı üç şantiyeden elde edilmiştir. İstanbul’da yer alan bu yapıların isimleri sırasıyla; Mısır Çarşısı, Şeyh Murad Tekkesi ve Derince Gar Binası’dır.

## 3. Materyal ve Metot

Tarihi ve yığma yapıların deprem esnasındaki davranışında yığma duvarlar içinde yer alan hatılların önemi büyüktür. Bu hatıllar sayesinde yapının taşıyıcı sistem performansı artmaktadır. Birbirine dik istikametteki duvarları bağlayan, deprem hareketi esnasında meydana gelen çekme gerilmelerini karşılayan ve yapının bir bütün olarak deprem kuvvetlerini karşılamasını sağlayan ahşap, metal veya tuğla hatılların zaman içinde kesitleri azalmakta ve kaybolmaktadır. Yığma yapıların onarımları sırasında, yapının performansını koruması için işlevini yerine getiremeyen hatıllar değiştirilmekte veya yeni elemanlar ile takviye edilmektedir. Geleneksel hatıl sistemin kullanılmadığı noktalarda modern malzemeler ile yeni hatıl sistemleri uygulanmaktadır. Geleneksel yığma yapıların onarım ve güçlendirilmeleri sırasında hatıllar, geleneksel veya modern malzemeler ile yenilenmektedir.

### 3.1. Hatılın Tanımı

Hatıl, yatay ve düşey kuvvetler etkisiyle taşların kaymaması, taş duvarın yarılmaması ve devrilmemesi, böylece duvarın stabil olması ve bütünlüğünü koruması amacıyla, duvarın içine belirli yüksekliklerde (en fazla 150 cm’ de bir) yatay olarak, duvar boyunca yerleştirilen, ahşap, tuğla, betonarme vb. malzemelerden yapılan bağlama elemanıdır [8].

### 3.2. Hatıl Çeşitleri

Hatıllar kullanımları bakımından Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018’e [9] göre “yatay hatıllar” ve “düşey hatıllar” olarak ikiye ayrılmaktadır. Yönetmelikte sadece betonarme hatıllardan bahsedilmektedir. Tarihi Yapılarda Deprem Risklerinin Yönetimi Kılavuzu’nda [3] ise ahşap hatıllar da yer almaktadır.

Hatıllar yapıldıkları malzeme bakımından; taş, tuğla, ahşap, demir, çelik, betonarme, lifli polimerler olarak çeşitlendirilebilir. Taş, tuğla, ahşap, demir malzemeyle yapılan hatıllar geleneksel malzeme kullanımına, beton, çelik, lifli polimer gibi malzemelerle uygulanan hatıllar ise modern kullanımlarına örnektir.

### 3.3. Hatılın Kullanım Yerleri

Yığma yapılarda hatıllar, düşey ve yatay yükler karşısında bütünlüğü sağlamak için; duvarlarda, kemer açıklıklarında tonoz ve kubbe eteklerinde, temellerde ve taşıyıcı ayaklarda kullanılabilirlerdir.

Duvarlarda ve temellerde daha çok ahşap, taş duvarlarda tuğla, tuğla duvarlarda taş hatıl kullanılmaktadır. Hatıllar, duvar birleşim ve kesişim noktalarında kullanılarak düşey çatlaklara ve eğilmelere engel olurken duvarın stabilitesini de sağlamaktadır [10] (Şekil 3.3.1, Şekil3.3.2).



Şekil 3.3.1. Ahşap hatıl, Birgi, İzmir (Figure 3.3.1. Timber lintel, Izmir, Birgi)



Şekil 3.3.2. Taş hatıl, St.Jean (Aziz Yahya) Kilisesi, İzmir (Figure 3.3.2. Stone lintel, St.Jean Church Izmir)

Kemer açıklıklarında, üzenği taşı hizasında hem kemerleri birbirine bağlayan hem de kemeri oturduğu duvara veya sütuna mesnetleyen gergiler bulunmaktadır. Böylece kemerlerin bir bütün olarak çalışması sağlanmakta ve mesnet noktalarında oluşan yatay itki karşılanmaktadır (Şekil 3.3.3).



Şekil 3.3.3. Kemerlerde demir hatıl uygulaması, İstanbul (Figure 3.3.3. Application of iron lintel in arches, Istanbul)



Kubbe ve tonoz eteklerinde düşey ve yatay yüklere karşı açılmalarını engellemek için kasnak kısımları ahşap veya metal hatıl elemanlarıyla çevrenmektedir (Şekil 3.3.4).



Şekil 3.3.4. Kubbe altındaki kasnaktaki demir hatıl uygulaması, Hekimoğlu Ali Paşa Camii, İstanbul (Figure 3.3.4. Application of iron lintel in the tensile hoops region of the dome, Hekimoğlu Ali Pasha Mosque, İstanbul)

#### **4. Günümüz Uygulamalarında Kullanılan Hatıl Sistemleri**

Tarihi yapılarda yapılacak müdahalelerin koruma ilkeleri ile uyumlu olması gerekmektedir ve bu noktada rehber olarak ulusal ve uluslararası kılavuzlardan faydalanılmaktadır. Tarihi yığma yapıların onarım/güçlendirme çalışmaları sırasında özgün malzeme ile uyumlu malzeme kullanımına dikkat edilmelidir. Bununla birlikte taşıyıcı sistemin performansının, durabilitenin artırılmasının gerektiği durumlarda modern hatılların kullanımı, taşıyıcı sisteme büyük bir fayda sağlamaktadır. Geleneksel yöntemlerin performans açısından yetersiz kaldığı durumlarda deneysel olarak kanıtlanmış malzeme ve tekniklere başvurulmalıdır.

Yığma yapılar için önemli bir eleman olan hatılların günümüz kullanımına örnek olarak sırasıyla Mısır Çarşısı, Şeyh Murad Tekkesi ve Derince Gar Binası'nda yapılan hatıl uygulamalarından bahsedilmiştir.

##### **4.1. Mısır Çarşısı Restorasyonu Hatıl Sistemleri**

Mısır Çarşısı 17. yy' da Yeni Cami Külliyesi'nin arastası olarak Hatice Turhan Valide Sultan tarafından yaptırılmıştır. Çarşının taşıyıcı duvarlarında moloz taş, almaşık örgü, kesme taş ve tuğla duvarlar kullanılmıştır. Moloz taş duvarlarda ahşap hatıllar almaşık örgü duvarlarda tuğla ve ahşap hatıllar kullanılmıştır. 2013-2018 yıllarında kapsamlı bir restorasyona giren Mısır Çarşısı duvarlarında hatıl kotları belirlenip, geleneksel malzeme kullanılarak ahşap hatıllar değiştirilmiştir. Belirli aralıklarla duvarda çürütmeler yapıp, işlevini yitiren hatıllar temizlenmiştir. Emprenye edilen ahşap elemanlar paslanmaz metal plakalar ile birleştirilmiş, aynı noktalarda duvar içine yerleştirilmiş, sonrasında tuğla örülerek enjeksiyon ile boşluklar doldurulmuştur (Şekil 4.1.1-3).



Şekil 4.1.1. Mısır Çarşısı'nın havadan görünümü, 2018 (Vakıflar 1. Bölge Müdürlüğü) (Figure 4.1.1. Aerial view of Spice Bazaar, 2018)



Şekil 4.1.2. Mısır Çarşısı duvarlarında açılan hatıl kotları ve yeni ahşap hatılların yerleştirilmesi (Figure 4.1.2. Lintel levels on the walls of the Spice Bazaar and replacing timber lintels)



Şekil 4.1.3. Mısır Çarşısı duvarlarında metal plakalarla birleştirilen ahşap hatıllar ve sonrasında tuğla ve enjeksiyon harcı ile boşlukların kapatılması (Figure 4.1.3. Timber lintels joints with metal plates on the walls of the Spice Bazaar and then filling the gaps with bricks and injection mortar)

Mısır Çarşısı'nın Haseki Kapısı üstü odalarının özgün olmayan, betonarme üst örtülerinin geleneksel malzeme ile projeye uygun bir şekilde yeniden yapılması sonucunda üst odalarda zamanla kaybolmuş duvar yeniden üretilmiştir. Yeniden üretilen, taşıyıcı olan duvar, tuğla ile çift cidarlı ve 1 m aralıklarla çift sıralı ve dikey bağlantılı ahşap hatıllar yerleştirilerek örülmüştür. Emprenye edilen meşe hatılların bağlantıları paslanmaz çelik plakalar ile sağlanmıştır (Şekil 4.1.4).



Şekil 4.1.4. Yeni örülen çift cidarlı tuğla duvar ve hatıl uygulaması (Figure 4.1.4. Construction of double-walled brick wall and lintel application)



Haseki Kapısı üstü odalarının betonarme üst örtüleri, tuğla tonoz ve kubbe olarak yeniden yapılırken kasnakları etrafı ahşap hatıllar ile çevrilmiştir. Böylece gelecekteki muhtemel açılmalara karşı önlem alınmıştır (Şekil 4.1.5).



Şekil 4.1.5. Mısır Çarşısı Haseki kapısı üstü odaları kubbe ve tonoz kasnağı çevresine yerleştirilen hatıllar (Figure 4.1.5. Lintels placed around the tensile hoops region of dome and vault in the rooms above the Haseki gate of the Spice Bazaar)

17. yy yapısı olan Mısır Çarşısı'nda geleneksel malzemenin yanında modern malzeme ile güçlendirme yöntemi olarak paslanmaz çelik gergiler kullanılmıştır. Mısır Çarşısı'nın Balıkpazarı Kapısı girişinde yer alan ve restoran olarak kullanılan mekânın dış cephesinde, geçmişte yapılan demir ve kılıçlamalar yeterli gelmemiş ve duvarda ayrılma oluşmuştur. Hasarlı noktalarda taş çürütmesi ve kaplaması yapıldıktan sonra statik projeler doğrultusunda, duvar altı noktadan yapının arka duvarına paslanmaz çelik gergiler ile bağlanmış ve çelik kapaklar ile sabitlenmiştir. Çelik gergiler, çapı 4 cm olan daire kesitli hatılardır. Gergi temas ettiği yüzey ile aderansının daha iyi olması için nervürlü seçilmiştir (Şekil 4.1.6, 4.1.7).



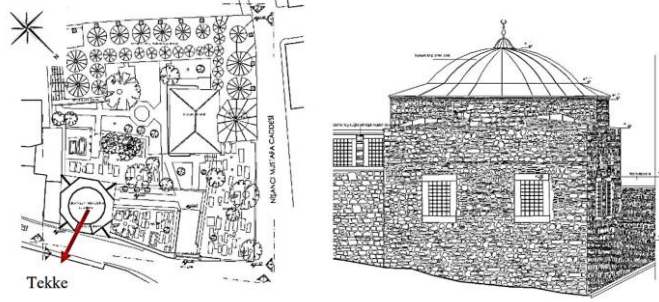
Şekil 4.1.6. Mısır Çarşısı Balıkpazarı Kapısı üstü odalarının paslanmaz çelik gergiler ile güçlendirilmesi (Figure 4.1.6. Strengthening of the rooms above the Spice Bazaar's Balıkpazarı Gate with stainless steel tension rods)



Şekil 4.1.7. Mısır Çarşısı Balıkpazarı Kapısı üstü odalarının paslanmaz çelik gergilerin cepheden görünüşü (Figure 4.1.7. Front view of the stainless steel tension rods of the rooms above the Spice Bazaar Balıkpazarı Gate)

## 4.2. Şeyh Murad Tekkesi Restorasyonu Hatıl Sistemleri

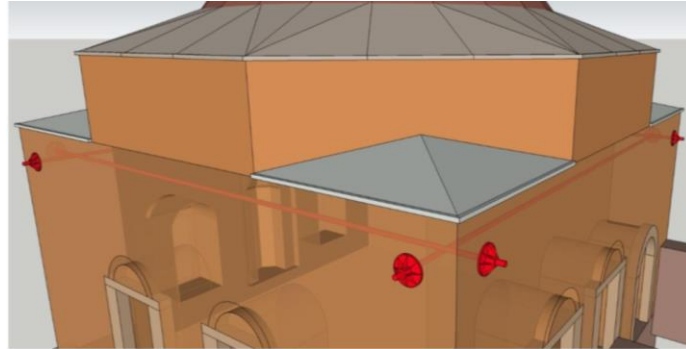
1640 yılında Semerkant'ta doğan Şeyh Murad Hazretleri 1742 yılında İstanbul'a geldiğinde, bu tekke kendisine tahsis edilmiştir [11]. Tekkenin boyutları 9.5 m x 9.5 m kare plan şemasına sahiptir ve kubbe örtüsü sekizgen kasnak üzerine oturtulmuştur.



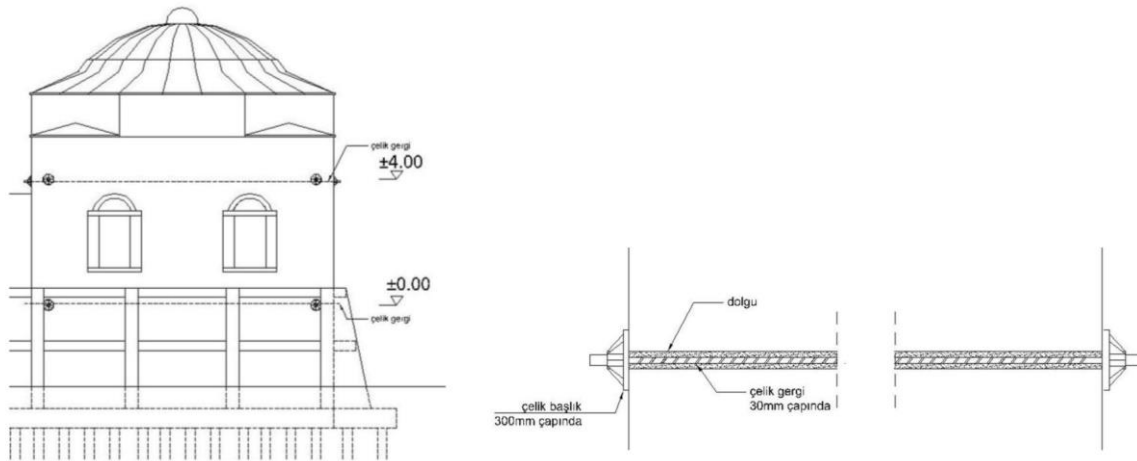
Şekil 4.2.1. Şeyh Murad Tekkesi vaziyet planı ve kot farkını gösteren görünüş (Figure 4.2.1. Sheikh Murad Lodge layout plan and view showing the elevation difference)

İncelemeler sonucunda yapının batı ve kuzey cephelerindeki taşıyıcı duvarlarını ve kubbesini kuzey-güney doğrultusunda kesen, yarık mertebesinde geniş bir çatlak bulunmuştur. Bu hasar, yapının çatlağa dik istikamette hareket ettiğini göstermiştir. İstanbul'daki sismik hareketliliğin yüksek olması ve yapının yaşı düşünüldüğünde yığma yapılarda çatlak oluşumu beklenen bir husustur. Ancak gerek zemin etüdü raporundan gerekse yeraltı radarı ölçüm raporundan yapının bulunduğu zemin ile ilgili bir problem olduğu anlaşılmıştır. Altında galeri boşlukları olan, zaman içerisinde yağmur suyu ve kanalizasyon hatlarının değişmesi veya hasar görmesiyle yer altı su seviyesi değişebilen, dolgu zemin üzerine oturan tekke yapısının temellerinde, oturma veya dönme olması düşünülmüştür. Zeminde meydana gelen hareket sonucu, külliye içinde tekkenin arkasında kalan diğer yapılarda da çatlak olduğu gözlemlenmiştir.

Yapının taşıyıcı duvarlarının depreme karşı bir bütün olarak çalışması için duvarları birbirine bağlayan ve deprem esnasında oluşan çekme gerilmelerini karşılayan çelik gergilerden faydalanılmıştır. Çelik gergiler iki ayrı kotta olmak üzere duvarların içine yerleştirilmiştir (Şekil 4.2.2-4). Ayrıca yapının kubbe kasnağındaki çekme gerilmelerini karşılaması ve açılmayı önlemek için karbon elyaf kumaş ile kuşaklama yapılmıştır (Şekil 4.2.5).



Şekil 4.2.2. Çelik hatılların yapı modelindeki durumu (Figure 4.2.2. The view of steel lintels in the building model)



Şekil 4.2.3. +0.00m ve +4.00 m kotundaki paslanmaz çelik gergiler ve detayları (Figure 4.2.3 Stainless steel tension rods and their details at +0.00m and +4.00 m elevation)





Şekil 4.2.4. İki yönde yapılan gergilerin durumu (Figure 4.2.4. The application of the tension rods in two orthogonal directions)



Şekil 4.2.5. Kubbe kasnağına uygulanan karbon elyaf kuşaklama (Figure 4.2.5. Carbon fiber reinforced polymer application in tension region of the dome)

### **4.3. İzmit Derince Gar Binası Restorasyonu Hatıl Uygulamaları**

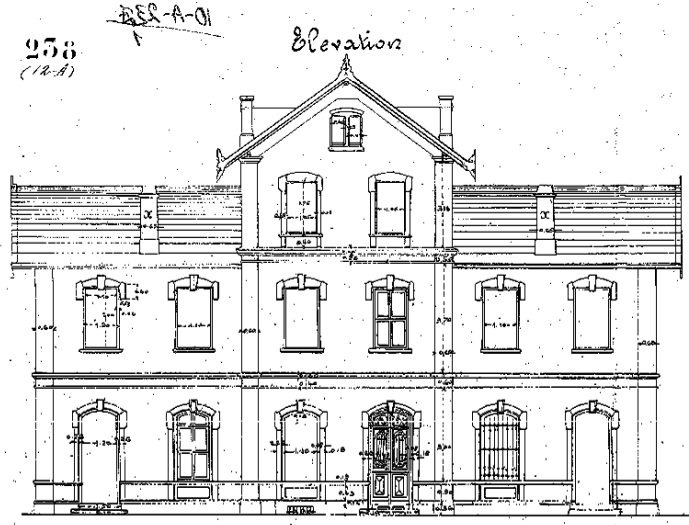
İzmit Derince Gar Binası, 1873 yılında Almanlar tarafından Gebze-İzmit demiryolu projesi kapsamında yapılmıştır. II. Grup eski eser tescilli eser olan yapı, planda yaklaşık 12.0mx21.0m ölçülerinde olup yığma sistemle inşa edilmiş iki katlı bir binadır.

Yapı; kısmi bodrum kat, zemin (giriş katı) kat ve bir normal kattan (birinci kat) oluşmaktadır (Şekil 4.3.1). Yapının üç katlı olarak inşa edildiğini gösteren bir çizim de bulunmaktadır (Şekil 4.3.2).



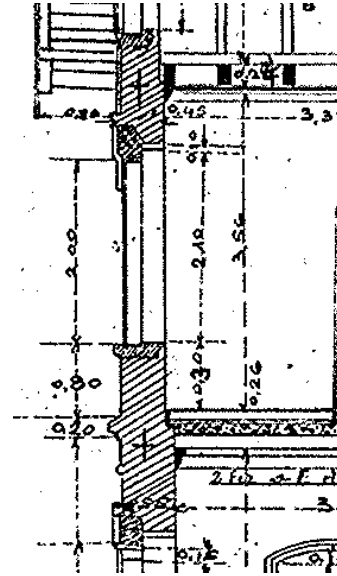
Şekil 4.3.1. Yapının ön cepheden görünüşü (Figure 4.3.1. Front view of the building)





Şekil 4.3.2. Üç katlı çizim (Figure 4.3.2. Drawing three-story building)

Bu çizimlerde taşıyıcı duvarları döşeme hizalarında birbirine bağlayan ve pik demir çubuk olduğu düşünülen, artı şeklinde çizilmiş gergiler görülmektedir (Şekil 4.3.3). Yapının çatısı 1960'lı yıllarda yangın geçirmiştir. Bunun sonucunda birinci katta tavan kotunda taşıyıcı duvarları birbirine bağlayan ve pik gergi olduğu varsayılan hatıl ısı etkisiyle zarar görmüştür. Yapı onarılırken üçüncü kat kaldırılmış fakat ikinci katta taşıyıcı duvarları tavan kotunda birbirine bağlayan bir yatay hatıl oluşturulmamıştır. Yatay hatılın olmaması sebebiyle taşıyıcı duvarlar dönem içinde meydana gelen deprem yüklerine karşı bir bütünlük gösterememiştir.



Şekil 4.3.3. “+” şeklinde çizilen gergiler (Figure 4.3.3. Tension rods drawn as “+”)

Yapıda taşıyıcı sistem müdahalesi olarak mümkün olduğunca birinci kat döşeme kotuna yakın olan ve taşıyıcı duvarları birbirine bağlayan bir kuşaklama oluşturulması kararı alınmıştır. Bunun için taşıyıcı duvarlara zarar vermeden kolay ve hızlı uygulanabilir olan, mukavim, korozyona dayanıklı, yapının dış görünüşünü bozmayan bir güçlendirme tekniği olan lifli polimer uygulaması tercih edilmiştir. Lifli polimerle yapılan uygulamalar bu ihtiyaçları karşılamakta olup son yıllarda bütün dünyada tarihi yapıların güçlendirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Çok ince tabakalarla büyük gerilmelere karşı koyabilen bu malzemenin, hafif olması ve korozyona uğramaması tercih edilmesindeki diğer bir faktördür.

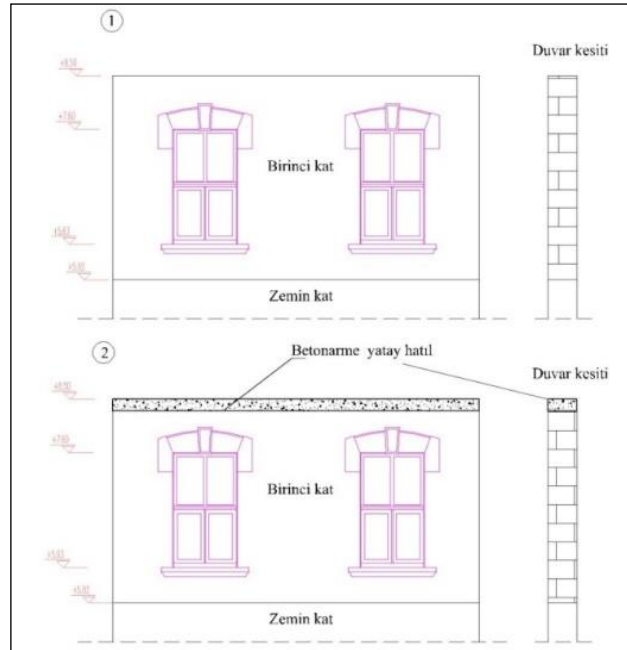
Yapıda çatlamış ve hasar görmüş taşıyıcı duvarlar enjeksiyon ile güçlendirilmiştir. Çatlak bulunan duvarlar, sıva raspasından sonra kâğır malzemeye uygun tamir harçları ile onarılmıştır. Daha sonra yapı, birinci kat parapet hizası ve zemin kat pencere üstünden iki bölgede olmak üzere karbon elyaf (CFRP) bantlarla sarılarak kuşaklanmıştır. Bu bantlar sırasıyla 40cm ve 30cm genişliğinde olmak üzere 3 kat yapılmıştır (Şekil 4.3.4).



Şekil 4.3.4. CFRP kuşaklama (Figure 4.3.4. CFRP application)

CFRP kuşaklama işlemi projede belirtilen detaylarla taşıyıcı duvarların içinden ve dışından yapılmış, kuşaklama 60cm ara ile birbirlerine ankrajlanmıştır. Uygulamadan önce bölgedeki sıva kaldırılıp yüzey temizlenmiştir. CFRP bantların epoksi ile yüzeye yapıştırılmasından sonra uygulama yapılan bölge tekrar sıvanmıştır. Böylece yapının dış görünüşü bozulmamıştır.

Çatının yeniden inşası sırasında, birinci kattaki bütün taşıyıcı duvarlar, tavan kotunda taşıyıcı duvar genişliğince betonarme yatay hatıllarla birbirlerine bağlanmıştır (Şekil 4.3.5). Bu sistem, taşıyıcı duvarları en üst kotta birbirine bağlayan yatay hatıl işlevi görmektedir.



Şekil 4.3.5. Betonarme yatay hatıl oluşturulması (Figure 4.3.5. Application of reinforced concrete lintels)

## 5. Değerlendirme

Hatıllar yığma yapıların, temel yapı elemanlarından birini oluşturmakta ve yapıya birçok yarar sağlamaktadır. Yatay ve düşey yükler karşısında yapının sürekliliğini sağlayarak sistemi monolitik çalıştırmaktadır. Hatıllar, duvarlarda oturmaları ve açılmaları önlemek ve duvarların homojenliğini arttırmaktadır. Yapılarda stabiliteyi sağlayarak gelen yükleri dağıtmaktadır [12]. Duvarların birleşim ve kesişim noktalarında kullanılarak düşey çatlaklara ve eğilmelere engel olmaktadır [10]. Belirli aralıklarla yerleştirilen hatıllar duvarlarda bir ara yüz oluşturarak, yatay deprem yüklerinin oluşturacağı çatlakların ilerlemesini, duvarın dağılıp hem yatay hem de düşey yük taşıma gücünü kaybetmesini önlemektedir [13]. Çift cidarlı veya kalın duvarlarda duvarın iki yüzünü birbirine

bağlanmasını sağlarken aynı zamanda iki cidar arasındaki dolgunun prizini alması geç olduğu için duvarın düzlem dışına doğru eğilmesini engellemektedir [3, 4].

Günümüz yığma yapıların çoğunluğunu geleneksel ve kültürel miras değeri olan yapılar oluşturmaktadır. Özellikle depremler karşısında, taşıyıcı sistem problemleri yaşayan yığma yapılar çeşitli yöntemler ile onarılmakta ve güçlendirilmektedir. Günümüz hatıl uygulamalarında ahşap, tuğla, taş gibi geleneksel malzemeler kullanıldığı gibi geleneksel malzemelerin uygulanmasının mümkün olmadığı durumlarda da modern malzemeler ile yeni hatıl sistemleri uygulanmaktadır.

Ahşap hatılların çürümesi ve yok olması durumunda hatıl yerleri duvar yüzeyine yakınsa ahşap hatıl yerleri açılarak, yeni ahşap elemanlar metal plakalar ile birleştirilerek yerlerine yerleştirilmektedir. Metal plakalı birleşimlerin doğru yapılması ile ahşap, kesit kaybetmeden daha etkili ve sağlıklı bir şekilde çekme kuvvetlerini aktarabilmektedir. Ahşap hatılların kullanılmasının mümkün olmadığı ya da korozyona uğramış ve mukavemetini kaybetmiş demir hatılların değiştirilmesi durumunda ise paslanmaz çelik hatıllar kullanılmaktadır. Taşıyıcı sistem performansının artırılmasının gerektiği durumlarda da yapıyı güçlendirmek için ilave çelik hatıl uygulamaları yapılmaktadır. Gelişen delme teknolojisi ve karot makineleri ile duvar uzunluğu boyunca çelik gergilerin yerleştirilebileceği boşluklar açılabilir. Uygulama yapılacak yapının ağır hasarlı olması durumunda, delme işlemi sırasında oluşacak titreşimlerin yapıya daha da zarar vermesini önlemek için uygulama öncesinde taşıyıcı sistem duvarlarına enjeksiyon yapılması önerilmektedir. Modern delme araçlarının kullanılması sırasında, makinenin çalışma alanına dikkat edilmelidir. Gergi elemanlarının kapakları estetik açıdan farklı alternatifler de sunmaktadır (Şekil 5.1).



Şekil 5.1. Zeyrek Camii, İstanbul (Figure 5.1. Zeyrek Mosque, Istanbul)




Lifli polimerlerin hatıl olarak duvarlarda veya kubbe kasnaklarında kullanımları da günümüzde oldukça yaygındır. Çekme kuvvetini karşılayan lifli polimer hatıllarda yığma duvar bünyesine uygun harç ve lif seçimi yapılmalıdır. Yapının homojenliğinde ya da rijitliğinde değişiklikler oluşturabilecek malzeme seçiminden kaçınılmalıdır. Bununla birlikte özellikle epoksi ile birlikte kullanılan lifli polimerlerin uygulaması hassas bir yüzey hazırlığı gerektirmekte ve ortam şartlarından etkilenmektedir. Uygulama öncesinde uygulanan yüzeyin temiz olması, uygulama sonrasında da lifli polimer katmanının üzerinin muhakkak kapatılması gereklidir. Son yıllarda epoksi yerine kireç esaslı harçların kullanımı özgün malzeme uygulamasına daha yakın olduğu için yaygınlaşmaktadır.

Betonarmenin hatıl olarak kullanımı yığma yapıların onarım ve güçlendirme uygulamalarının ilk örneklerinde kullanılmıştır. Betonarmenin üst kotlarda yoğun olarak kullanımının masif bir kütle etkisi ile yapıyı fazla rijitleştirdiği ve bu etkinin depremde hasara sebebiyet verebileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Çalışma kapsamındaki ilk örnek olan Mısır Çarşısı hatıl uygulamalarında, yapının mevcut hatılları özgün malzemesine uygun olarak yenilenmiştir. Yapının Balıkpazarı kapısı cephesinde düşey deplasman görülmesi sonucu yapının cephesinin arka duvarlara bağlanması ve mevcut performansının artırılması için yapının duvarlarına paslanmaz çelik hatıllar yerleştirilmiştir. Şeyh Murat Tekkesi örneğinde de birbirinden ayrılan duvarları tutmak için paslanmaz çelik hatıl uygulamaları yapılmıştır. İlk iki örnekte yapının taşıyıcı duvarlarının depreme karşı bir bütün olarak çalışması için duvarları birbirine bağlayan ve deprem esnasında oluşan çekme gerilmelerini karşılayan çelik gergilerden faydalanılmıştır. Çelik gergiler iki ayrı kotta olmak üzere duvarların içine yerleştirilmiştir. Derince Gar Binasında ise yapının zemin kat pencere üstü ve birinci kat pencere alt kotunda hafif ve çekme mukavemeti yüksek olan karbon fiber malzeme ile kuşaklama yapılmıştır. Yapının sıvalı olan duvar yüzeyleri, lifli polimerin siva altında kalarak uygulamanın cephede görünmemesini ve yapının estetik bütünlüğünü bozmamasını mümkün kılmıştır. Ayrıca yapı üst kotundan betonarme yatay hatıl ile bağlanarak duvarda yaşanabilecek ayrılmaların önüne geçilmek istenmiştir. Bahsedilen bu örneklerde yapıyı güçlendirmek ve geleceğe aktarmak için uygulanan hatıl müdahalelerinin geri döndürülebilir olması da önemlidir (Tablo 5.1, Tablo 5.2).



Tablo 5.1. Yapı örneklerinin karşılaştırılmalı değerlendirmesi (Table 5.1. Comparative evaluation of building examples.)

GENEL DEĞERLENDİRME						YAPIDA KULLANILAN TAKVİYE HATILAR				KISA DEĞERLENDİRME
YAPININ ADI	Görsel	Yapım Yılı	Strüktür Bilgisi	Mevcut Durum	Mevcut Kullanılan Hatıllar	Ahşap Hatıl	Beton Hatıl	Çelik Hatıl	FRP Hatıl	
Mısır Çarşısı		1665	Tuğla tonoz ve kubbeli, moloz taş, kesme taş karışık almalı örgülü L palanlı 2 katlı kârgir sistem.	Bakımsızlık, kullanıcı tahribatları ve depremlerden etkilenmiş	Ahşap hatıl ve demir kılıçlar	✓		✓		Yapının özelliğini yitirmiş özgün ahşap hatılları yenilenmiştir. Mevcut performansın artırılması gerekli noktalarda paslanmaz çelik miller takviye olarak eklenmiştir.
Şeyh Murad Tekkesi		17. yy ortaları	9.5m x 9.5m planında tek kubbeli (tuğla) tek katlı moloz taş duvar örgülü kârgir sistem.	Depremler ve alt yapı çalışmaları	Ahşap hatıl			✓	✓	Zemin problemlerine engel olmak için temel güçlendirilmesi yapılmış. Zemin seviyesinde betonarme temel ve payanda kullanılırken üst kotlarda çelik gergi, kubbe kasnağında FRP uygulamaları ile yapının mevcut performansı artırılmıştır.
İzmit Derince Gar Binası		1873	12.0m x 21.0m ölçülerinde, iki katlı yığma sistemle inşa edilmiştir.	Deprem hasarları	Metal hatıl (Demir gergiler)		✓		✓	Deprem hasarı almış yapı zemin kat pencere üstü ve birinci kat pencere altı hizasından karbon elyaf ile kuşaklanmıştır. Böylece yapının kritik kısımları yapının dış görünüşünü etkilemeyecek şekilde güvenli hale getirilmiştir. Duvarların üst kısmında da betonarme hatıl ile yapı duvarları birbirine bağlanmıştır.

Tablo 5.2. Hatılların karşılaştırılmalı değerlendirmesi (Table 5.2. Comparative evaluation of lintels)

HATILARIN KARŞILAŞTIRILMALI DEĞERLENDİRİLMESİ		
Ahşap Hatıl	Metal Hatıl	FRP Hatıl
Geleneksel olduğu için uygulanması güvenli ve kolaydır.	Yapının performansı artırılmak istendiğinde paslanmaz malzeme ile modern bir uygulama sunmaktadır.	Yapı dayanımını arttırmak için sıvalı yüzeylerde kullanılmaktadır.
Yüzeğe yakın noktalarda olanların değiştirilmesi mümkün olurken çok derinlerde bulunan eski hatılların sağlıklı değiştirilmesi zordur.	Teknolojinin gelişimi ile 40 m derinlikler karot makineleriyle kolayca geçilmekte ve bu da kesintisiz uzun hatıllara olanak sağlamaktadır.	FRP uygulamaları yapının hasar durumuna göre kat kat uygulanmaktadır. Uygulama katları maliyetini artırırken son yıllarda malzemenin yaygınlaşması malzemenin maliyetini düşürmektedir.
Güçlendirilmede değiştirilen ahşapların bağlantıları paslanmaz ya da galvaniz metal plakalar ile sağlıklı birleştirilmesi bütünsel çalışması bakımından önemlidir.	Metal gergi yerlerinin delinebilmesi için suyla delme işlemi uygulanmaktadır. Bu da fresk ya da mozaik gibi özel bezemeli duvarların sudan ve titreşimden etkilenmemesi için uygulamada ayrıca özen gerektirmektedir.	FRP malzemelerin uygulaması kolaydır ancak hassas oldukları için uygulama koşullarına çok dikkat edilmeli ve uygulama işçiliğine özen gösterilmelidir.
Ahşap hatıllar genellikle yapı içinde kullanıldığı için cephede estetik kaygılar yaşanmamaktadır.	Metal gergilerin cephede mesnet elemanlarının bulunması bu elemanların yapı cephesinde estetik görünümü önemli kılmaktadır.	FRP lerin sıva altında kalmaları dolayısı ile cephede estetik bir kaygı oluşturmaması büyük avantaj sağlamaktadır.

## 6. Sonuç

Hatıllar, yığma yapıları taşıyıcı sistem bakımından sağlamlaştırırken, deprem yüklerinin oluşturacağı hasarların ilerlemesini de engellemektedir. Basınca çalışan yığma duvarlar, kullanılan hatıllar ile süneklik kazanarak üzerine gelen çekme kuvvetlerini karşılamaktadır, böylece yatay yükler karşısında taşıma gücü artmaktadır.

Yığma yapılarda, yapının bütünlük içinde çalışmasını sağlayan hatıllar geleneksel ve modern malzeme kullanımları ile anlatılmıştır. Günümüz hatıl uygulamalarına, daha çok geleneksel ve kültürel miras yapılarının onarım ve güçlendirilmesi sırasında karşılaşılmaktadır. Ülkemizde kültürel miras değerimiz olan tarihi yığma yapıların onarımlarında Venedik Tüzüğü ve ICOMOS gibi uluslararası koruma bildirelerinden faydalanılmaktadır. Koruma ilkeleri kapsamında, tarihi yığma yapılarda olabildiğince özgün malzeme kullanılması, zorunlu durumlarda da modern malzeme ve yöntemlerin kullanılması beklenmektedir. Ayrıca tarihi yapıya edilecek müdahalenin geri döndürülebilir olmasına özen gösterilmelidir. Bu doğrultuda, özgün hatıl sistemine müdahale edilemediği veya yığma yapının performans seviyesinde artış gerektiği durumlarda modern hatıllar tercih edilmektedir. Taşıyıcı sistem performansı açısından modern hatılların kullanımı daha etkili iken, bu uygulamalar hassas ve özenli bir işçilik gerektirmektedir.

Yığma yapıların taşıyıcı sisteminin önemli bir parçası olan hatılların kullanımına ve doğru uygulanmasına dikkat edilmelidir. Doğru uygulanan hatıllar yapının performansını büyük ölçüde arttıracaktır. Kültürel miras olan tarihi yapıların gelecek kuşaklara aktarılması bu yapılara zamanında ve yerinde yapılacak müdahaleler ile mümkün olacaktır.

## **Kaynakça**

- [1] Venedik Tüzüğü (1664).
- [2] ICOMOS (2013). Türkiye Mimari Mirası Koruma Bildirgesi.
- [3] V. G. Müdürlüğü, Tarihi Yapılar İçin Deprem Risklerinin Yönetimi Kılavuzu. İstanbul, 2017.
- [4] Tanyeli, G. (2018) Hiçbir Üstâd Böyle Kâr Etmemiştir: Osmanlı İnşaat Teknolojisi Tarihi. İstanbul.
- [5] Ghiga, D. A., Tăranu, N., Ențuc, I.-S., Ungureanu, D., & Scutaru, M. C. (2018). Modern Strengthening Techniques For Masonry Structures. Buletinul Institutului Politehnic Din Iași. 64(68).
- [6] Valuzzi, M.R. (2005) "Requirements for the Choice of Mortar and Grouts for Consolidation of Three-Leaf Stone Masonry Walls", RILEM Workshop on Repair Mortars for Historic Masonry. 26-28 January 2005, Delft, p.382-397.
- [7] Quagliarini, E., Monni, F., Lenci, S., & Bondioli, F. (2012). "Tensile characterization of basalt fiber rods and ropes: A first contribution." Construction and Building Materials. Volume 34, 372–380.
- [8] Gür, N. V., Deniz, Ö. Ş., Ekinci S. (2012). Kâgir Yığma Duvarlarda Taşıyıcı Malzeme Ve Bileşenler, 6. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, 12 – 13 Nisan 2012, Uludağ Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi - Görükle Kampüsü – Bursa.
- [9] Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (2018).
- [10] Kara, H. G. (2009). Tarihi Yığma Yapıların Taşıyıcı Sistemleri, Güvenliğinin İncelenmesi, Onarımı Ve Güçlendirilmesi, (Y.Lisans tezi). İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [11] Torun, A.S. (2010), Şeyh Muhammed Murad-ı Buhâri Tekkesi Hazinesi Üzerine Bir Değerlendirme, Vakıflar Dergisi, sayı: 34, İstanbul, s. 125-161.
- [12] Oymael, S., Ö., Kıran Çakır, Ö., H. Sallı Bideci., (2011). Geleneksel Mimari Uygulamaların Yorumlanması, 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), Elazığ, Turkey.
- [13] Bayülke, N., (2011) Yığma Yapıların Deprem Davranışı ve Güvenliği.