

## TARİHİ YAPILARDA GÖRÜLEN HASAR TÜRLERİ

*M.Sami DÖNDÜREN<sup>1</sup>, Özlem ŞİŞİK<sup>1</sup>, Atila DEMİRÖZ<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, KONYA

### ÖZET

Tarihi yapılar bir toplumun geçmişini anlatan en önemli kalıntılardır. Yılların yıpratıcı etkilerine ve doğal afetlere maruz kalmış tarihi yapılar, genelde çok büyük sorunların etkisi altında olup, yıkılma ve yok olma riski taşırlar. Tarihi yapıların çoğu basınç gerilmelerine göre yapılmış yığma yapı niteliğindedir. Dolayısıyla yapıların strüktür bileşenlerini, taşıyıcı duvarlar, sütunlar, payandalar, tonozlar ve kubbeler oluşturmaktadır. Zaman içerisinde bu yapılarda kullanılan malzemelerde ve strüktürde çeşitli etkiler sonucunda bazı sorunlar ortaya çıkmaktadır. Bu sebeple, tarihi yapılarda onarım ve güçlendirme faaliyetleri çerçevesinde bir takım uygulamalara gidilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, tarihi yapılarda görülen hasar türleri geniş bir biçimde anlatılacaktır.

**ANAHTAR KELİMELEER:** Tarihi Yapılar, Güçlendirme, Yığma Yapı, Tonoz, Kubbe

### ABSTRACT

Historical buildings are the most important reminders of a society's past. Historical structures that have been exposed to years of aggressive effects and natural disasters are often under the influence of very big problems and carry the risk of destruction and destruction. Most of the historical buildings are of a masonry structure made according to the pressure stresses. Therefore, the structures of the structures constitute the building walls, pillars, columns, vaults and domes. Over time, some problems arise as a result of various effects on the materials and structures used in these structures. For this reason, a number of applications must be carried out within the framework of repair and strengthening activities in historical buildings. In this study, the types of damage seen in historical buildings will be extensively explained.

**KEYWORDS:** Historical buildings, Strengthening, Masonry Structure, Vaults, Domes

### 1. GİRİŞ

Ülkemiz geçmişten günümüze kadar uzanan birçok medeniyetlerin tarihi özelliklerini taşıyan kaleler, surlar, camiler, köprüler, kiliseler gibi birçok tarihi yapıya sahiptir. Tarih öncesi çağlardan günümüze birçok önemli uygarlığın barındığı Anadolu, günümüzde tam olarak ortaya çıkarılmamış medeniyeti ve kavimleri ile dünya tarihine şahitlik etmiştir. Anadolu topraklarında uygarlık izleri bırakan, değişik kültürlerden kalan birçok eser, tarihi miras olarak bırakılmıştır. Bu tarihi mirasa ait yapılar doğal ve doğal olmayan birçok etkenlerden zarar görmekteyiz. Tarihi eserler gelecek nesillere bırakacağımız en önemli mirastır. Bu nedenle tarihi eserleri korumak ve yaşatmak için bu eserlere ait bilgilerinin elde edilmesi gereklidir.

Ülkemizin özellikle deprem kuşağında olması, zemin problemleri, sel baskınları, yangınlar, fiziksel ve kimyasal bozulmalar sonucunda tarihi yapıların bir çoğunluğunun taşıyıcı sistem özelliklerini ve görüntülerini olumsuz yönde etkilediği görülmüştür. Bu nedenle tarihi yapılar iyi durumda değil veya tarihi dokusu yok olmuş durumdadır. Taşıyıcı sistemdeki düzensizlik ve süreksizlikler birçok tarihi yapıda çatlakların oluşmasına neden olmuştur. Çatlaklara ve taşıyıcı sisteme yapılan bilinçsiz ve yanlış tadilat-onarım girişimleri, yapıdaki hasarlar araştırılmadan yapıldığı için olumlu sonuçlar alınmayacaktır. Hasar görmüş tarihi yapıyı güçlendirmeden önce, incelenen yapının geçmiş hikâyesi, inşası ile ilgili bilgiler, önceden hasar, tadilat veya onarım görüp görmediği gibi hususların sorgulanması, yapının oturduğu zemin özellikleri, taşıyıcı sistemi, yapıyı oluşturan taşıyıcı malzemelerin dayanımı, yapının tarihi dokusu incelenerek yapılacak müdahale ve güçlendirmeye karar verilmelidir. Gerekli incelemelerin yapılmadığı zaman sadece koruma niyetiyle başlanılan tadilat ve onarım işleri istenmeyen hasarlara sebebiyet verebilir. Bu nedenle çok geç olmadan maliyet ve ekonomi göz önüne alınarak tarihi yapıların bilinçli bir şekilde korunması ve güçlendirilmesi yapılmalıdır.

Yeni inşa edilen yapıların tasarımında deprem güvenliğine dikkat edilirken, diğer taraftan mevcut tarihi yapılarımızın da deprem performanslarının değerlendirilmesi ve gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir. Tarihi yapıların çoğu basınç prensibiyle yapılmış yığma yapı niteliğindedir. Dolayısıyla bu yapıların strüktür bileşenlerini, taşıyıcı duvarlar, sütunlar, payandalar, tonozlar ve kubbeler oluşturmaktadır. Taşıyıcı elemanlarında da genel olarak doğal taş, kesme taş, moloz taş, tuğla ya da almaşık malzeme kullanılmıştır. Birleşim elemanı olarak bağlayıcı özelliği fazla olan harçlar ve horasan harcı kullanılmıştır. Tarihi yapılarda oluşan çekme kuvvetleri ise ahşap elemanlarla ya da demir kenet, demir gergi elemanları kullanılarak karşılanmaya çalışılmıştır.

### 2. TARİHİ YAPILARDA HASAR TÜRLERİ

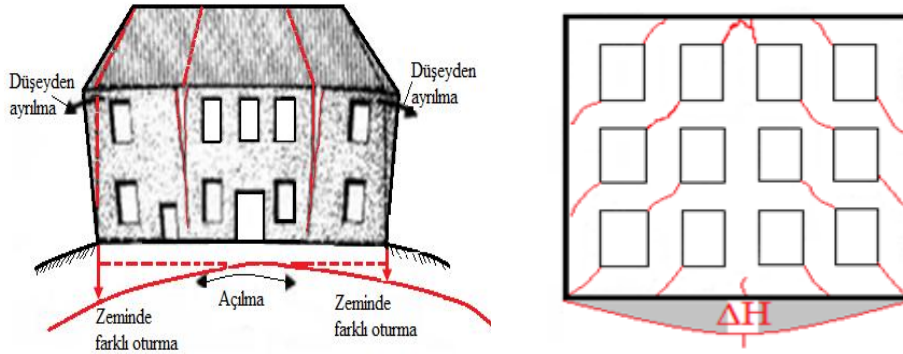
Tarihi binalar ve anıtlar zaman içinde aşınmış ya da doğal afetler sonucunda ağır hasar görmüştür. Tarihi yapıların olası hasar nedenlerinin bilinmesi ve güçlendirilmesi için yapılacak müdahaleden önce, yapının geçmişinin, çatlak ve deformasyonlarının, taşıyıcı elemanların yük taşıma mekanizmasının, malzeme karakteristiklerinin ve mukavemetlerinin, yük dağılımlarının, temel, zemin özelliklerinin, yapım tekniklerinin bağlayıcı elemanlarının strüktürel açıdan aksaklıkları, yapı malzemesindeki sorunlar gibi faktörlerin belirlenmesi gerekir. Bu durumun belirlenmesi, hasar nedenlerinin teşhis edilip araştırılması ve analizlerin yapılması için, uzmanlar arası bir çalışma olmalıdır. Örneğin, taşıyıcı sistem ile ilgili farklı oturma, dönme, ezilme, kayma çatlama, malzemedeki bozulmalar ve yanlış onarımların neden

olduğu hasarların teşhis ve çözümü için birçok mühendislik disiplinlerden yardım alınmalıdır. (Yavuz, 2012)

### 2.1 Zeminden Kaynaklanan Hasarlar

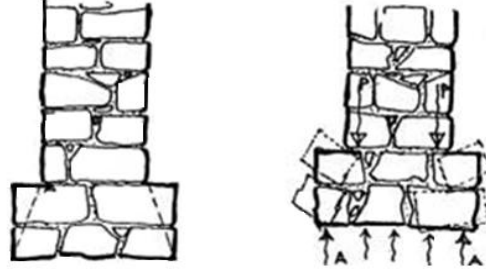
Yapının zemininden kaynaklanan sorunlara bakıldığında bunların genelde temel tasarımından kaynaklandığı görülmektedir. Deprem esnasında yapılarda; sıvılaşma, killi zeminlerde depremin neden olduğu yoğrulma, temel derinliğinin yetersizliğinden kaynaklanan zemin taşıma gücü problemleri, yatay yer değiştirmeler, yüksek yapı narinliği beraberinde taşıma gücü kaybı gibi sorunlar görülmüştür. Yapının üzerine oturduğu zeminin mukavemetinin düşük olması, ya da homojen olmaması zamanla yapıda çatlakların oluşmasına, dönmesine ve de farklı oturmalara neden olabilir. Çatlakların yapıdaki yerlerine, doğrultularına bakılarak hasar nedeninin zeminden kaynaklanıp, kaynaklanmadığı hakkında kabaca fikir edinmek mümkündür. Eğer yapı iki ucundan sağlam zemine oturuyor, ancak arada kalan bölgede zemin gevşekse, cephede kapı ve pencere boşluklarının köşelerinden başlayan ve 45 derece açıyla yanlara doğru gelişen çatlaklar kama görünümündedir. Aşağıda dar, yukarı doğru açılan bir düzen gösterir. Zeminden kaynaklanan hasarların tanınması ve düzeltilmesi zemin mühendislerinin uzmanlık alanına girmektedir ve ayrıntılı zemin incelemesi yapılmalıdır. Oldukça zor ve pahalı bir işlem olan zemin sağlamlaştırma ve ya sağlam zemine inen temel yapımı gibi işlemler gerekebilir. Bir yapının fay hattı üzerinde yer alması ya da oluşumunda çatlaklar bulunan bir kaya üzerinde yapılmış olması da onun bozulma, yok olma riskini arttıran etkenlerdir (Amman, 2012).

Yığma yapılarda oturma hasarının nedeni, çoğunlukla temellerin altındaki özellikle killi zeminlerin taşıma gücünün, su kaçakları sonucu zayıflamasıdır. Yapı temellerinin altında oluşan bölgesel oturmalar, yapı duvarlarında çatlakların oluşmasına neden olmaktadır. Binaların düşeyden ayrılma ve oturma şeması Şekil 1.'de verilmiştir.



Şekil 1. Binaların düşeyden ayrılma ve oturma şeması

Yığma yapıların duvarlarına gelen düşey gerilmeler ile kullanılan temel boyutları karşılaştırılınca, zemine aktarılan gerilmelerin oldukça küçük değerlerde olduğu görülür. Eğer çok sığ temel yapılmamış ise yapının kendi ağırlığından dolayı oturma olasılığı azdır. Yer altı suyunun alçalıp yükselmesi, kanalizasyon kaçakları ve yeraltı su sızıntıları nedeni ile temellerin altına boşalması ya da buradaki killi zeminin kohezyonunun azalması oturma hasarına yol açmaktadır. Bununla birlikte dolgu veya gevşek zemine üzerine yapılmış yığma yapılarda deprem etkisiyle oturmalar daha hızlı bir şekilde oturma gerçekleşerek duvarların göçmesine yol açmaktadır (Şekil 2).

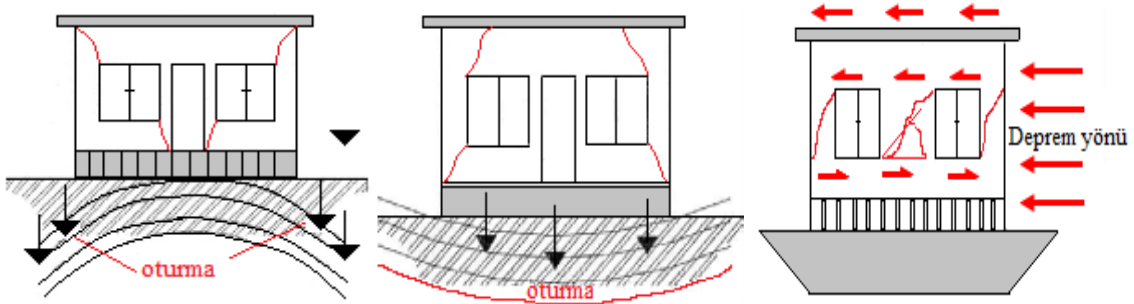


Şekil 2. Temel taşlarının doğru yerleştirilmemesi sonucu oluşan çökme

## 2.2 Taşıyıcı Duvarlarda Oluşan Hasarlar

Taşıyıcı duvarlar, çatı ve döşemelerden gelen düşey ve yatay yükleri taşır. Etkiyen dış yükler yapının çekme kapasitesini aştığında çatlaklar ortaya çıkar. Dış yükler, temel oturmaları, farklı sünme, nem nedeniyle oluşan çökme ya da depremden kaynaklanır. Yapıda oluşan hasarlar yük taşıma kapasitesini, kalıcılığını (durabilite) ve görünüşü etkiler (Arun, 2005). Binaların ilk tasarımından kaynaklı, taşıyıcı sistemde boyutlandırma hataları ciddi hasarlar ortaya çıkabilir. Duvar kesitleri yetersiz ise duvar zamanla bel verir, aynı durum payandalarda da ortaya çıkarsa destek verdiği kemer, tonoz ve kubbede açılmalara, hatta sistemde yıkılmalara neden olabilir. Yapının bel vermesi, 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.

Yapıda meydana gelen strüktürel sorunların olduğunun en büyük göstergeleri kâgir duvarlarda oluşmuş çatlaklardır. Çatlakların boyutları, hareket edip etmedikleri bize yapıda hareketlerin devam edip etmediğine dair ipuçları vermektedir. Kâgir duvarlarda oluşmuş bu çatlaklar üzerinde çeşitli yöntemler ile yapılacak araştırmalar sonunda gerekli bilgilerin edinilmesi mümkün olmaktadır (Düşüt, 2003). Taşıyıcı duvarlarda düşey ve yatay yüklerden kaynaklanan çatlak tipleri Şekil 3’de verilmiştir.



Şekil 3. Taşıyıcı duvarlarda, düşey ve yatay yüklerden kaynaklanan çatlak tipleri

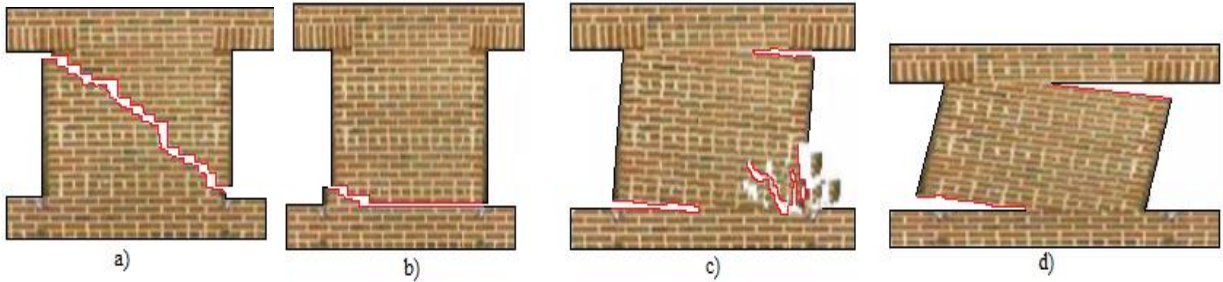
Yığma yapılarda hemen tüm duvarlar taşıyıcı olduğu için, duvarlardaki her türlü hasar doğrudan taşıyıcı sistemi etkiler ve bu açıdan betonarme yapılardaki gibi taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan bölüm hasarı gibi bir ayırım yapılamaz. Yığma yapıların duvarları oturmalara karşı çok duyarlıdır. En küçük temel oturması duvarlarda hemen gözlenir. Bunun nedeni yığma duvarın gevrek malzemeden meydana gelmesi ve bu malzemenin çatlamadan dayanabileceği elastik gerilim ya da yüklerin çok düşük olmasıdır. Dayanımı zayıf bir malzeme olduğu için kolayca hasar görür. Deprem sırasında yığma kâgir yapılarda karşılaşılan başlıca hasarlar.

## Tarihi Yapılarda Görülen Hasar Türleri

Duvarların düzlemi içinde kesme çatlaklarının oluşması, düzlemi dışında devrilmesi, duvarların köşelerden ayrılması ve döşemelerin duvarlardan ayrılıp yıkılmasıdır.

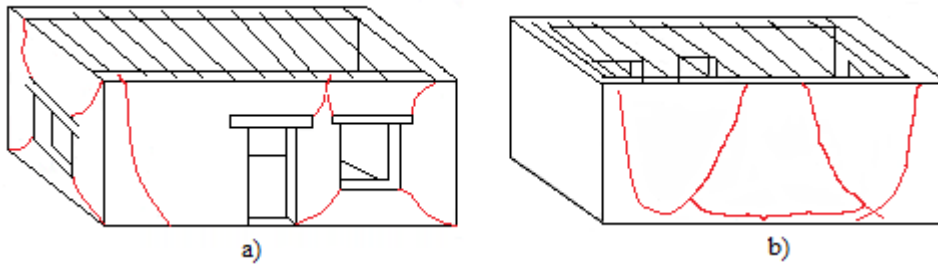
Duvarın düzlemi doğrultusundaki yer değiştirmeler genellikle yapı stabilitesini tehlikeye sokmaz. Çatlaklar oluşurken duvar düzlemi doğrultusundaki sürtünme çatlakları sınırlar. Duvarın düzlemi doğrultusunda etkiyen kuvvetler altında çatlaklar büyür. Pencere ve kapı boşluğu bulunmayan duvarlarda diyagonal çatlaklar oluşur. Yapı titreşimine neden olan kuvvetler çatlakları oluşturdukça yapıdaki dinamik karakteristikler değişir, doğal frekans azalır ve yer değiştirmeler artar. Yanal hareket devam ettikçe düşey yük ve sürtünme etkisiyle çatlaklar birbirini kesip duvar yüzeyinde bağımsız duvar blokları oluşturur ve çatlaklar doğrultusundaki hareket artar. Titreşim periyodu uzayan kagir yapının rijitliği azalır. İnce duvarlarda, diyagonal çatlakların oluşturduğu bloklar kayıp duvar dışına düşebilir.(Arun, 2005)

Şekil 4’de yatay derzlere paralel yükler altında yığma duvarlarda kırılma biçimleri gösterilmektedir. Harç dayanımı tuğla dayanımından yüksek tuğlaları da kesen çatlaklar (Şekil 4.a), harç dayanımı tuğla dayanımından küçük derzlerden geçen çatlaklar (kayma) (Şekil 4.b), duvar topuklarındaki ezilmeler (Şekil 4.c), taşıyıcı duvarların döşemelerden ayrılarak sallanması (Şekil 4.d) gösterilmektedir.



Şekil 4. Yatay derzlere paralel yükler altında yığma duvarlarda kırılma biçimleri (Ülker, 2016)

Çatlaklar gerilme yoğunluğu yüksek olan bölgelerde meydana gelir. Kapı ve pencere kenarındaki çatlaklar duvar düzlemine dik eğilme ya da düzlemi doğrultusunda oluşan kayma gerilmeleri nedeniyle oluşur. Duvarların birleşim yerlerinden düşey ya da diyagonal çatlaklar şeklinde ayrılması, duvarın düzlemine dik ve düzlemi doğrultusundaki kuvvetlerin birleşik bir fonksiyonudur. (Şekil 5.a) Kapı ve pencere boşluğu olmayan uzun duvarlarda duvar düzlemine dik kuvvetler alt bölgede yatay çatlaklar ile duvar birleşimlerinde düşey ya da diyagonal çatlaklar oluşturur. (Şekil 5.b) (Mahrebel, 2006)



**Şekil 5.** Taşıyıcı duvarlarda düşey ve yatay yüklerden kaynaklanan çatlak tipleri  
(Mahrebel, 2006)

Yığma yapının yıkılmasına yol açabilecek en büyük tehlike, duvarın düzlemi dışına doğru yer değiştirmeleridir. Çatlama duvarların düzlemine dik kuvvetlere karşı stabilitesinde duvar kalınlığı ve narinliği (yükseklik/kalınlık) önemlidir.

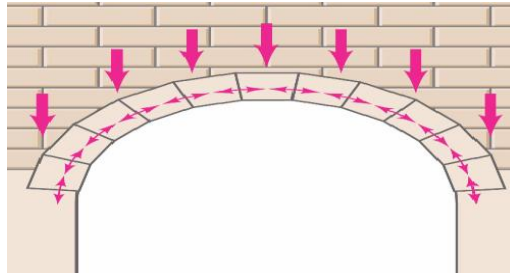
$\lambda$ : Narinliğine (yükseklik/kalınlık) bağlı duvar kalınlığı  
 $\lambda < 6$  ise kalın,  
 $\lambda = 6 - 8$  ise orta,  
 $\lambda > 8$  ise ince,

olarak belirlenir.

Duvar yüksekliği tabandaki duvar kalınlığının 8 katını geçmediği yapıların depremlerde iyi davrandığı gözlemlenmiştir. Ayrıca duvar üstünde duvarları bağlayacak bir kiriş düzenlemek ya da üst kat döşemesi ya da çatı sisteminde yapılacak eklerle (konsol) ek düşey yük sağlamak, sistemin düzlemine dik etkiyen yüklere karşı stabilitesini artırır.(Arun, 2005)

### 2.3 Kubbe, Kemer ve Tonozlarda Oluşan Hasarlar

Yığma duvarlar basınç dayanımları olmasına karşın, donatı içermediklerinden çekme kuvvetleri altında herhangi bir dayanım göstermezler ve hasara uğrarlar. Bu nedenle eğilme etkisinde çalışacak döşeme, çatı vb. elemanlar kemer, kubbe ve tonoz gibi eğrisel elemanlar olarak tasarlanırlar. Ancak simetrik olmayan yüklemeler, farklı oturmalar ve deprem etkileri taşıyıcı elemanlarda çekme gerilmelerinin artışına ve yoğunlaşmasına neden olur. Çekme gerilmelerinin yoğunlaştığı yerlerde çekme gerilmelerine dik doğrultularda çatlaklar oluşur. Böylece yük aktarımının sürekliliği kaybolur ve bölgesel göçmeler/çatlamalar ve dökümler gözlenir. Özellikle taşıyıcı elemanda meydana gelecek oturma ve dönmeler oldukça tehlikelidir. Bu nedenle oluşan hasarlar kalıcı olmakla birlikte yapının o bölgede tamamen göçmesine neden olabilir (Çelik, 2016). Şekil 6'da kâgir kemerlerde yük aktarma diyagramı verilmiştir.

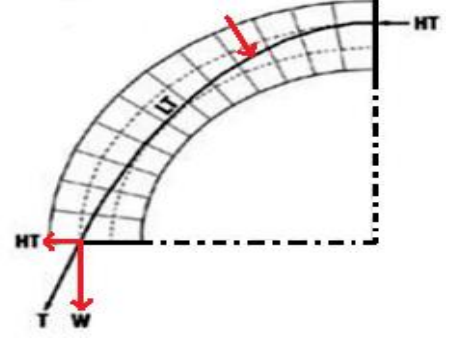


**Şekil 6.** Kâgir kemerlerde yük aktarma diyagramı

Kemerin statik özellikleri geçtikleri açıklığa ve kemer yüksekliğine bağlı olarak değişir. Kemerin orta çizgisine teğet olarak düşünülen tepki kuvvetleri yatay ve düşey iki bileşene ayrılır. Yatay bileşen kemer yüksekliği ile ters orantılı olarak değişirken düşey bileşen değişmez. Kemer yüksekliği arttıkça yatay itki kuvveti azalır. Basık kemerlerin uçlarda dengelenmesi bu nedenle zordur. Basık kemerlerin uçtaki itki kuvvetini dengelemek için germe (çekme elemanları) kullanılır. Ya da yatay itki kuvveti ağır blok temellerle veya öngerilmeli kenar kirişleriyle karşılanabilir (Şekil 7).

## Tarihi Yapılarda Görülen Hasar Türleri

HT: Kemer, tonoz ve kubbelerdeki yatay itki  
LT: Kemer taşların davranışını temsil eden itki çizgisi  
W: Strüktür üzerindeki tüm sabit ve hareketli yüklerin ağırlığı  
T: Yatay itki ve düşey yükün bileşke kuvveti olan itki



Şekil 7. Kemerde itki çizgisinin yeri

Yer çekimi kuvvetleri, kalın kemerlerde iç halka ve dış halka arasında, duvar boşluğu çevresinde çatlaklar oluşturabilir. Yükün artmasıyla ezilme ve parça kopma ortaya çıkar. Şekil 8’de yerçekimin kemerlerde oluşturduğu çatlak tipleri örneklendirilmiştir.



Şekil 8. Yerçekimin etkisiyle kemerlerde oluşan çatlaklar

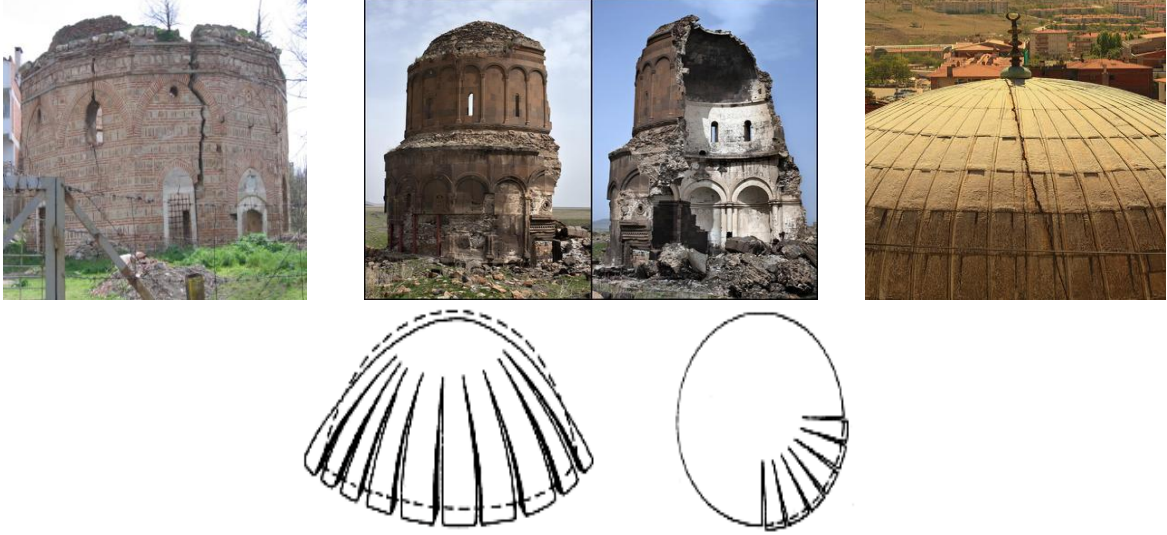
Bünyesinde çekme gerilmeleri olan tonoz ve kubbelerde, çekme bölgesindeki kalınlaştırma (ağırlık) azaldığında çekme bölgesi aktif hale gelir ve mesnetleri dışa doğru iterek tonozlarda mesnetlere paralel, kubbelerde mesnetlere dik çatlaklar oluşturur. (Şekil 9)



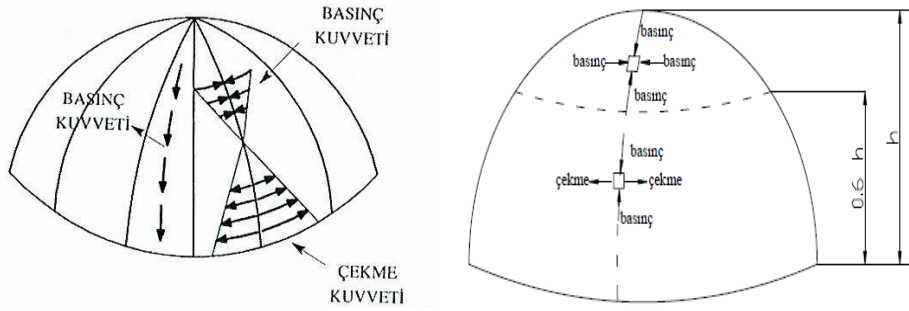
Şekil 9. Yerçekimin tonoz ve kubbelerde oluşturduğu çatlak tipleri

Kâgir kubbelerde hasar genellikle çekme bölgesinde oluşmaktadır. Kubbe eteği bölgesindeki çekme kuvvetleri bu bölgede düşey çatlaklara neden olabilmektedir. Bir kemerin düşey aksı çevresinde döndürülmesiyle oluşan kubbede düşey yükler, kilit taşından başlayarak komşu taşlara aktarılıp kubbenin tabanına kadar iletilir. Taşlara düşey olarak etkiyen ağırlık kuvveti, komşu taşlara çapraz olarak iletilir. Böylece kubbe tabanında toplanan yükün yatay ve düşey iki bileşeni ortaya çıkar. Kubbede hasara genellikle bu yatay kuvvet sebep olur. Şekil 10 ‘da kubbe hasar örnekleri verilmiştir.

## Tarihi Yapılarda Görülen Hasar Türleri



Şekil 10. Deprem, hava koşulları, yer çekimi, zemin v.b durumlar sonucu kubelerde oluşan hasarlar



Şekil 11. Kubelerde yük taşıma mekanizması (Sesigür, 2007).

Yükün düşey bileşeni, kubbeyi taşıyan kemer, duvar vs elemanlara aktarılırken, yatay kuvvette payandalar ve gergilerle karşılanarak kubbenin açılması önlenir. Kubbede açılmaya sebep olan yatay kuvvet kalın beden duvarlarıyla karşılanabileceği gibi ağırlık kuleleri yardımıyla kuvvetin aşağıya doğru yönlendirilmesiyle daha ince duvarlarla da taşınabilir. Bu yatay kuvvet, kubbeye mesnetlik yapan ve kubbenin açılmasını önleyen kasnak kısmında yatay doğrultuda çekme, düşey doğrultuda kayma gerilmeleri oluşturur. Kasnağın kubbeden gelen yükleri taşıyamaması neticesinde kubbede çekme gerilmeleri oluşur. Kubbelere basınç altında çalışan elemanlardır, kubbede oluşabilecek çekme kuvveti düşeyde çatlak oluşumuna dolayısıyla kubbenin hasar görmesine sebep olur (Aköz, 2008). Şekil 11’de kubelerde yük taşıma mekanizması gösterilmektedir.

### 2.4 Diğer Hasar Türleri

Yapı malzemeleri, uzun yıllar boyunca iklimlere göre değişen çeşitli atmosfer etkilerine maruz kalırlar. Atmosfer etkileri, yapıların özellikle dış çevreye açık olan çatı, dış duvar ve cephelerinde kullanılan malzemeler üzerinde önemli sorunlara yol açarlar. Bu etkiler, suyun hareketi, ıslanma-kuruma, sıcaklık değişimleri, donma-erime, rüzgâr, yağmur ve bunlarla taşınan çeşitli tuzlardır.(Şekil 12)



## Tarihi Yapılarda Görülen Hasar Türleri



**Şekil 12.** Atmosferin etkisiyle taşlarda oluşan bozulma örnekleri

İklim koşulları yapı üzerinde önemli hasarlara neden olabilmektedir. Özellikle gece-gündüz ısı farklılıklarının çok büyük olduğu karasal iklimlerde yapının taşıyıcı yığma elemanlarının içerisinde yer alabilecek beton, ahşap ya da metal parçalar (gergi, hatıl, kilit vs.) ısı genleşme farklılıkları nedeniyle yığma elemanda çatlaklar oluşmasına neden olabilirler. Donma-çözülme etkileri nedeni ile yığma yapılarda kullanılan doğal taşlar zaman içinde asit yağmurları vb. çevresel etkiler nedeni ile erozyona uğrayarak ciddi oranda zarar görürler. Bununla birlikte emici yapılarından dolayı atmosferdeki kirlilikten etkilenirler ve zamanla karararak estetik görünümelerini kaybederler. Genellikle taş yüzeylerinin doğrudan yağmur suyu ile yıkanmayan bölümlerinde hava kirliliği sonucu kabuk meydana gelir. Bu kabuk, yapılarda kalın ve genellikle koyu gri-siyah renkli oluşur.(Şekil 13)



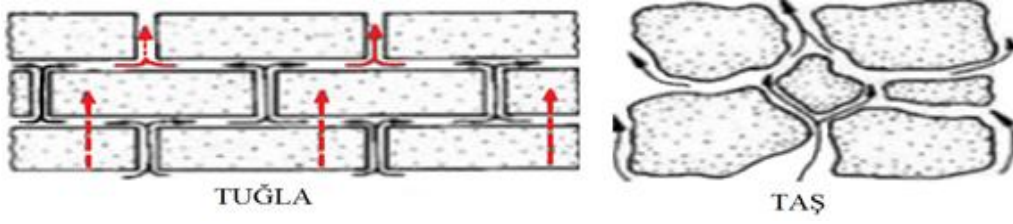
**Şekil 13.** Siyah kabuk oluşumuna örnekler

Suyun, kapilarite ile bina içindeki hareketi de yapı malzemelerinde hasara neden olmaktadır. Zeminden yükselen nem taşıyıcı sisteme gelen yükü fazlaştırdığı gibi, ayrıca içinde taşıdığı tuzların duvar yüzeyinde buharlaşması sonucu çiçeklenmelere, duvarın fiziksel ve kimyasal yapısını bozucu etkilere neden olabilmektedir. Yağmur sularının bozulan bir çatı kaplaması veya deresinden dolayı binadan hızla uzaklaştırılmaması, yosun ve otların gelişmesine uygun ortamı hazırlar. Bozuk olan ayırntı çevresinde yosunlar yerleşir, ahşap çatı ve döşemelerde mantarlar gelişir. Ciddi hasarların başlangıcı olabilecek bu bozulmaların sürekli bakımla giderilmesi gerekir (Mahrebel, 2006).

Yapı malzemelerine su, yağmur suyu halinde yapının çatı, dış cephe bölümlerinden girerek olumsuz etki yapmaktadır. Bu etki doğrudan suya maruz kalan taş yüzeylerinin ıslanması ve suyun içeri girmesidir. Taşın alabileceğinden fazla suyu emmesi yani doygun hale gelmesi, bozulmasına, zayıflamasına ve zamanla işlevini yitirmesine neden olur. Diğer

## Tarihi Yapılarda Görülen Hasar Türleri

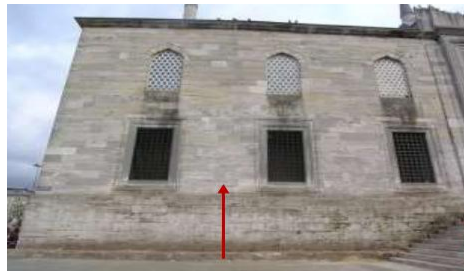
bir etki ise yapıya çatlak veya delikten suyun içeri sızmasıdır. Fark edilemediği zaman ilerleyerek ciddi sorunlara yol açmaktadır. Duvar örgüsündeki suyun hareketi Şekil 14’de verilmiştir.



Şekil 14. Duvar içerisinde suyun hareketi

Islanma-Kuruma, gözenekli bir yapı malzemesinin yüzeyi tarafından emilen suyun, malzemenin içindeki hareketidir. Su, öncelikle küçük boyutlu gözenekler tarafından emilir. Bu gözenekler birleşerek kanallar oluştururlar. Kanallar, emebilecekleri kadar suyla dolduktan yani doyduktan sonra, suyu büyük boyutlu gözeneklere ulaştırırlar. Bu iletim işlemi, malzeme tümüyle suya doyana kadar devam eder. Tüm gözenekleri suya doyan malzeme, ıslanma sürecini tamamlamış demektir. İkinci aşamada, suyun ters yöndeki hareketi başlar. Suyun yüzeye doğru hareket ederek, buhar halinde malzemeyi terk etmesine de kuruma denir. Islanma-kuruma çevriminin hızı ve tekrarlama sıklığı, hava sıcaklığı, rüzgâr, bağıl nem gibi atmosfer koşullarına ve gözeneklerin boyut, şekil ve dağılımına bağlıdır. Islanma kolay ve hızlı, kuruma ise zor ve daha yavaş bir süreçtir. Bu doğal çevrim süreci, malzemenin bozulmasını ve yaşlanmasını hızlandırıcı etki yapar. Suyun buhar halinde malzemeye ulaşması, içyapısında yoğunlaşmaya bağlı olarak çeşitli bozulmalara yol açar. Sıcaklık ve bağıl nemin fazla oluşu, bu hareketi hızlandırır.

Kılcallık, yer altı sularının, yapı temellerinden başlayarak yukarı doğru yükselmesine denir. Suyun kılcal hareketi, önlem alınmadığı zaman özellikle gözenekli taşlarda daha hızlı ve zarar vericidir. Suyun ilerleyişi, malzemenin bünyesindeki çok küçük boyutlu gözeneklerin birleşmesinden doğan çekim kuvveti ile gerçekleşir. Şekil 15’de İstanbul’da bulunan Yeni Caminde yer altı sularının yükselişinin yapıya verdiği hasar gösterilmektedir.



Şekil 15. Yer altı sularının yapı temellerinden başlayarak yükselmesi ile oluşan bozulma (Yeni Cami, İst)

Rutubet, yapının tümünü olumsuz etkileyebilen bir hasar nedenidir. Yalnızca taşın yapısını değil, tüm kâgir elemanların ve sıvanın da çözülüp dağılmasına, hatta bazı yapı elemanlarının işlevlerini yitirmesine yol açabilir. Özellikle yeterince havalanamayan iç mekânlarda, kötü koku, duvar yüzeylerinde ıslaklık, renklenme, çiçeklenme, tuzlanma ve hatta yosun oluşumu, rutubetin varlığına işaret eder (Şekil.16) (Anonim, 2013).

## Tarihi Yapılarda Görülen Hasar Türleri



Şekil 16. Tarihi eserlerde rutubet etkisi

Yosun oluşumu, sürekli rutubet ortamında gelişen biyolojik bozulmadır. Temelden yükselen suyun ya da çevre koşullarının etkisiyle, duvarların zemine yakın bölgelerinde görülmektedir. Kara yosunları, yağmur alan dönemlerde yumuşak ve yeşil, yaz aylarında sert ve sarı renktedirler. (Şekil.17). Yosunlar yüzeyi kaplayarak duvar örgüsünün nefes almasını engellediği için sakıncalıdır.



Şekil 17. Taş yüzeylerinde ya da derzlerinde meydana gelen yosun oluşumları

Tarihi yapıların uzun bir süre bakımsız kalması, terk edilmesi ve tahrip gibi eylemlerle insanlar tarafından hasar görmelerine hatta yok olmalarına neden olmaktadır. (Şekil 18.) Bu eserlerin kötü kullanımı yapının harap olma sürecini hızlandıran önemli bir etkidir. Tarihi yapılarda bilinçsizce yapılan değişiklikler, taşıyıcı sistem düzeninde aşırı yükleme veya süreksizliklere neden olmaktadır (Mahrebel, 2006).



Şekil 18. İnsanların ateş yakmak, yazı yazmak suretiyle tarihi eserlerde yaptığı tahribat örnekleri

Savaşlar, tarihi eserler için en büyük hasar ve tahribat nedenidir. Dünyamızın ortak mirası olan bu nadide eserler, uluslararası savaş hukuku kurallarına göre, tarihi eserlere zarar vermek suç olduğu halde artık savaş etiği kalmadığı için, bombalanmak, yakılmak, yıkılmak suretiyle yok edilmektedir. (Şekil 19)

## Tarihi Yapılarda Görülen Hasar Türleri



**Şekil 19.** Savaşta tahrip olmuş tarihi eser örnekleri

Aniden ortaya çıkan deprem, toprak kayması, sel, tayfun, yanardağ patlaması gibi doğa olayları tarihi çevrelerin, anıtların ve yapı malzemelerinin hasar görmesine neden olur. Deprem kuşağı üzerinde bulunan ülkemizde, tarih boyunca anıtlar yer sarsıntılarında hasar görmüş, yıkılmış, tekrar yapılmıştır. Seller, özellikle akarsu kenarındaki tarihi yerleşkelerin uğradığı bir hasardır. Edirne, Amasya gibi tarihi kentlerimizde anıtlar yüzyıllar boyunca, bahar dönemlerinde sel taşkınlarına maruz kalmışlardır. Yanardağ patlamaları da can ve mal kaybına yol açan, etrafındaki yerleşkelerdeki yaşamı tümüyle yok eden, önemli bir doğal afettir (Şekil 20). Trafik titreşimleri, malzemeyi zayıflatarak birleşim yerlerinin yer yer açılmasına ve egzoz gazları taş yüzeylerin kararmasına, taş bloklarda kavlanma ve de yapraklanmalara neden olmaktadır (Şekil 21).



**Şekil 20.** Deprem ve sel baskını sonucu oluşan hasar örnekleri



**Şekil 21.** Trafik titreşimleri

## 3.SONUÇ

Tarihi yapıların deprem davranışı, yatay ve düşey yük taşıma düzenleri, duvarlarında oluşan yatay ve düşey gerilmelerin hesabı ve daha birçok konu inşaat mühendisliği eğitiminde yeterince yer bulamamaktadır. Mevcut tarihi eserlerin doğal çevre

## Tarihi Yapılarda Görülen Hasar Türleri

şartlarından korunması için çatı ve cephe sistemlerinin doğru olarak, uzmanları tarafından yapılması gerekir. Bu konuda, mimarların ve mimarlık firmalarının daha aktif olarak görev alması, tarihi yapıların deprem dayanımını değerlendirme ve kaderlerini belirleme konusunda statik kriterleri, mimari çalışmaların gölgesinde bırakmaktadır. Tarihi eser restorasyonu, tarihi yapının karakteristik bir davranış olarak ortaya net bir şekilde konulamıyor olması, bu konuda hazırlanan çalışmaların ortak noktada birleşip bir genelleme oluşturamama gibi askıda kalan sorunlar yüzünden sağlıklı bir şekilde yapılıyor denilemez. Anıtsal değeri olmayan yapılarla hiç uğraşmayıp onları daha dayanıklı betonarme yapılarla yenilemek kolay ve daha güvenli görünen bir çözüm olabilir. Ancak, anıtsal değeri olan tarihi yapılar için bu yapıların davranışı ve güçlendirme yöntemlerini bilmek zorunluluğu inşaat mühendisinin yapıları daha iyi tanımasını ve çalışmasını gerektirmektedir. Tarihi yapıların aslına sadık kalarak, en az müdahaleyle çözülmesi gereken statik problemler, yeni yöntemlerin geliştirilmesini gerektirmektedir. Aksi halde sadece temizleme ve onarma çalışmaları ile tarihi binalar uzun süre ayakta tutulamaz. Tarihi yapıların zemin problemleri, sel baskınları, yangınlar, fiziksel ve kimyasal bozulmalar sonucunda tarihi yapıların bir çoğunluğunun taşıyıcı sistem özelliklerini ve görüntülerini olumsuz yönde etkilediği görülmüştür. Çatı ve dış cephelerinde su-nem etkisi, yüzey suları, zeminden kapilarite yoluyla yükselen sular, çatı, saçak ve oluklarda su-nem ile ilgili gerekli detayların çözülemeyişi, ıslanmaya karşı yeterli önlemlerin alınmaması, donma-çözülme etkileri ve hava kirliliği etkileşimi, bakımsızlık, ilgisizlik ve kötü kullanım nedeniyle bozulmaların oluştuğu bu çalışmada görülmüştür.

### KAYNAKLAR

- Aköz. A. H.,** 2008, Deprem Etkisi Altındaki Tarihi Yığma Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. İTÜ, İstanbul.
- Amman. B.,** 2012, Tarihi Yapıların Hasar Onarım Tespiti ve Restorasyon Çalışmaları Manisa. Celal Bayar Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi
- Anonim 2013,** Taş Bozulmalarını Teşhis Etme, İnşaat Teknolojisi, Milli Eğitim Bakanlığı
- Arun. G.,** 2005, Yığma Kagir Yapı Davranışı Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Arttırılması Çalıştayı. ODTÜ. Ankara.
- Çelik, O. C.,** 2016, Tarihi Yapı Onarım ve Güçlendirme Rehberi, BASF.
- Mahrebel, H. A.,** 2006, Tarihi Yapılarda Taşıyıcı Sistem Özellikleri Hasarlar, Onarım ve Güçlendirme Teknikleri, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, İstanbul.
- Sesigür, H., Çelik, O., ve Çılı, F.,** 2007, Tarihi yapılarda taşıyıcı bileşenler, hasar biçimleri, onarım ve güçlendirme, İMO İstanbul Bulteni, 89, 10-21.
- Yavuz. U. C.,** 2012, Tarihi Yapılarda Statik Güçlendirme Teknikleri. Ankara. Kültür ve Turizm Bakanlığı Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü, Ankara.