

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

4.2 DERSTARİHİ YAPILARDA OLUŞAN HASARLAR

Prof.Dr.Nabi YÜZER

Doç.Dr. Dilek EKŞİ AKBULUT

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

TARİHİ YAPILARDA HASARLARA NEDEN OLAN ETKENLER

Tarihi yapılarda; yapının fonksiyonu, yapım tekniği, yörenin şartları ve sonradan gördüğü onarımlara bağlı olarak çeşitli sorunlarla karşılaşılır.

Yüzyıllardır ayakta kalan tarihi yapılar çeşitli nedenlere dayanan bozulmalarla ömürlerini tüketirler. Bu kültürel değerleri gelecek zamanlara taşıyabilmek amacı ile oluşan hasarlar mümkün olduğunca az müdahale ile onarılmalıdır.

Daha önemlisi bu hasarların nedenleri araştırılmalı, kontrol altına alınarak aynı hasarların oluşmasının önüne geçilmelidir.

Bir yapıda koruma ve onarım yapabilmek için öncelikle yapıda oluşan hasarların tespit edilmesi ve bu hasarlara neden olan etkenlerin incelenmesi gerekmektedir.

Hasar nedenleri ve bozulma süreci belirlenmeden yapılacak çalışmalar yanlış olabilir ya da tespitler doğru yapılmadığında yapılan çalışmalar amacına uygun olmayabilir (Ahunbay, 1999).

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

TARİHİ YAPILARDA HASARLARA NEDEN OLAN ETKENLER

Tarihi yapılarda kullanılan harç ve sıvalar, hasar gören en önemli malzemelerdir ve onarımlarında özgün malzemelere uygun yeni harç ve sıva üretebilmek için, orijinal harç ve sıvaların üretiminde kullanılan malzemeler ve zaman içerisinde görmüş oldukları değişimler ile bozulma nedenlerinin bilinmesi gerekir.

Tarihi yapılarda zamana bağlı olarak; doğal afetler, atmosferik etkiler gibi doğal etkenler ve kötü kullanım ve onarım, yangınlar, savaşlar, vandalizm, bayındırlık etkileri, turizm, trafik, hava kirliliği gibi kullanım sürecinde oluşan etkenler sonucunda hasarlar oluşur (Ahunbay, 1999).

Hasarlar, malzeme, yapı bileşeni veya yapı elemanının karakteristik performansını olumsuz yönde etkileyen etken veya etkenler grubudur.

Örneğin, atmosferik etkenler, eleman içindeki malzemelerin birbirine uymamasının neden olduğu etkenler, yapım ve kullanım kusurlarının neden olduğu etkenler gibi (Aköz, 1989).

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

Yapılar servis ömrü süresince bazı etkilere maruz kalırlar:

- **Atmosfer etkiler,**
- **Çevre kirliliği,**
- **Deprem, sel ve yangınlar,**
- **Savaşlar,**
- **Bilinçsiz ve hatalı kullanım,**
- **Telifisi güç hasarlara neden olan hatalı onarım ve güçlendirme.**

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

TARİHİ YAPILARDA HASARLARA NEDEN OLAN ETKENLER

Tarihi Yapılarda Hasarlara Neden Olan Doğal Etkenler

Yapılar uzun yıllar doğanın değişik etkileri altında yıpranır ve sürekli bakımı sağlanamazsa ciddi hasarlar oluşur (Ahunbay, 1999).

Tarihi yapılarda hasarlara neden olan doğal etkenler yapıyı iç ortamdan ve dış ortamdan etkileyerek yapı bileşenlerinde ve malzemelerinde bozulmalara neden olmaktadır.

Bu etkenler yapıya etkiyen mekanik etkiler ve malzemeye etkiyen kimyasal ve biyolojik etkiler olarak ayrılabilir.

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

TARİHİ YAPILARDA HASARLARA NEDEN OLAN ETKENLER

En önemli mekanik etki genellikle depremden kaynaklanır.

Fiziksel, kimyasal ve biyolojik etkiler altında; malzeme özellikleri, kireç harcının yavaş sertleşmesi ya da yavaş iç bozulma gibi malzemenin doğal süreç karakteristiklerine bağlı olarak zaman içinde değişebilir.

Bu doğal etkenler yağmur, zemin suyu, nem gibi ıslanma etkeni, genleşme, büzülme, buzlanma gibi ısısal değişimler ve kirlilik, yüzey tortusu, komşu yapıların konumuna göre rüzgâr hızındaki değişimler gibi mikro-klimatik durumların varlığı ile etkilenir, hızlanır.

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

Hasarlara Örnekler



**Duvarlarda ve mermer
sövelerde yapı hareketlerinden
oluşmuş çatlaklar**

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

Hasarlara Örnekler



Avlu döşeme taşlarında aşınma ve parçalanmalar.



TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

Hasarlara Örnekler



**Mekanik etkiler ile
oluşmuş hasarlar ve
parça atmalar**

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

TARİHİ YAPILARDA HASARLARA NEDEN OLAN ETKENLER

1.Doğal Afetler

Tarihsel süreç içinde yerleşik düzende yaşayan birçok medeniyet ve bu medeniyetlerde üretilen kültürel, mimari, sembolik, dini yapılar; toprak kayması, yanardağ patlaması, sel, tayfun vb. çeşitli afetler ve depremlerin etkisiyle yok olmuşlardır.

Seller özellikle akarsu yanındaki yerleşimlerde sıkça görülen bir afettir. Hızlı ve güçlü akıntılar, seller özellikle köprü ayaklarında hasarlara neden olmaktadır.

Örneğin; Edirne’de Ekmekçioğlu Köprüsü’nün bir bölümü selden yıkılmış, kenti ve anıtları taşkınlardan korumak için DSİ tarafından Tuna nehri boyunca seddeler yapılmıştır (Ahunbay, 1999).

Deprem kuşağı üzerinde bulunan ülkemizde yapılar tarih boyunca deprem etkisiyle yıkılmış, tekrar yapılmışlardır. Ayakta kalabilen tarihi yapılar Türkiye gibi deprem bölgelerinde deprem riski ile karşı karşıyadır, ancak bu yapıların deprem etkisine karşı korunması için belirtilen genel yöntemler dikkate alınmalıdır.

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

TARİHİ YAPILARDA HASARLARA NEDEN OLAN ETKENLER

1.Doğal Afetler

- Tarihi yapıların yapı sistemlerinin depreme dayanıklılıkları kabul edilmelidir çünkü bu yapılar daha önce birçok depreme direnmişlerdir.
- En kıymetli tarihi yapı alanlarından başlanarak deprem riskine göre mikro bölgeler dikkate alınmalı, bunun için tarihi yapıların dokümantasyonları yapılmalı, rölöveleri çıkarılmalı ve belirli bir program içinde düzenli kontrolleri yapılmalıdır.
- Her yapı için gerekli koruma derecesi deprem olasılığına bağlı olarak belirlenmeli, farklı deprem etkileri için alternatif projeler dikkate alınarak değerlendirme yapılmalıdır.
- Depremden dolayı beklenen yer hareketleri; depremin büyüklüğü, oluşum sıklığı, yer hareketlerinin başlangıç noktasının yapıya olan uzaklığının yumuşak zemin üzerine kurulan tarihi yapılar için yapı-zemin etkileşiminin önemli olduğu dikkate alınmalıdır.
- Onarım ve kuvvetlendirmede malzeme ve elemanlar yapıya uyumlu olmalıdır, beton kullanımı sınırlı olmalıdır.

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

TARİHİ YAPILARDA HASARLARA NEDEN OLAN ETKENLER

1.Doğal Afetler

Aynı bölgede bulunan, birbirine benzer biçimde inşa edilmiş tarihi yapıların deprem riski, bu bölgenin dışında ve izole edilmiş bir tek yapının deprem riskinden yüksektir. Bu nedenle aynı bölgede inşa edilmiş bu tür yapıların araştırılması ve incelenmesi önemlidir (Koçak, 1999).

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

Hasarlara Örnekler



**Deprem nedeniyle
önemli bir hasar
görmüş tarihi yapı**

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

Hasarlara Örnekler



Deprem hasarları

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

TARİHİ YAPILARDA HASARLARA NEDEN OLAN ETKENLER

2. Atmosfer Etkisi

Yapının kullanım sürecinde, yapılar doğanın çeşitli atmosfer etkilerine maruz kalır ve yıpranırlar. Sıcaklık değişimi, yağış, rüzgâr, bağıl nem, güneş radyasyonu vb. atmosferik olaylar dış ortamdaki malzemelerin eskimesine neden olurlar (Aköz, 1989).

Bu etkilerden en çok ısı, su-nem, güneş ışınımı gibi atmosfer etkileri yapı elemanları ve malzemeleri üzerinde hasara yol açarlar.

Ayrıca zaman içinde yağış, sıcaklık değişimi, nem, rüzgâr vb. atmosfer olaylarının neden olduğu ıslanma-kuruma, donma-çözülme gibi tekrarlı olaylar, çevre kirliliğinin neden olduğu sülfat ve klorür tuzları içeren çözeltilerin eskitici etkileri tarihi yapıya yapılaraya ciddi zararlar vermekte, yapının servis ömrü azalmaktadır.

Dış ortamda kullanılan malzemelerin servis ömrünü tahmin edebilmek, malzemenin maruz kaldığı hasarların etki süreleri ya da miktarlarının bilinmesi ile mümkündür. Dış ortamda kullanılan malzemeler, atmosferik olayların karmaşık etkisinde kalırlar. Olaylar ve bunların etkileri mevsimlere ve bölgelere göre değişir (Aköz, 1989).

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

Hasarlara Örnekler



Atmosfer etkilerinin neden olduğu bozulmalar

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

Atmosferik etkiler: sıcaklık ve nem değişimi, yağmur, kar, rüzgar vb. tekrarlanan olaylardır.

- **Donma-Çözülme**
- **Islanma-Kuruma**
- **Islanma-Kısmi Kuruma**
- **Isınma-Soğuma**
- **Ultraviyole Işınları**

İlk dört etki (tekrarlı etkiler) malzemedede yorulmaya neden olur. Ultraviyole ışınları çoğunlukla organik malzemeleri etkiler.

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

TARİHİ YAPILARDA HASARLARA NEDEN OLAN ETKENLER

Su-Nem ve Sıcaklık Değişimi Kaynaklı Etkenler

Tarihi yapılarda kullanılan harç, sıva gibi malzemeler, mekanik ve fiziksel özellikleri bakımından basınç dayanımı ile denetlenen gevrek ve gözenekli cisimlerdir.

Bu malzemelerin içinde farklı boyutlarda, dağılımı homojen veya heterojen olan, ilişkili veya ilişkisiz boşluklar bulunur. Bu malzemeler gözenekli oluşları nedeni ile su ve gazı geçirirler (Aköz, 2005b).

Atmosfer veya zemin suyu etkisi altında kalan yapılar su ve nem etkisi ile zamanla hasara uğrar. Yapının sudan korunması, o yapının servis ömrünün uzatılması anlamına gelir.

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

TARİHİ YAPILARDA HASARLARA NEDEN OLAN ETKENLER

Su-Nem ve Sıcaklık Değişimi Kaynaklı Etkenler

Canlıların yaşamı için vazgeçilmez bir madde olan suyun doğada aşındırma, çözme, taşıma, gibi etkileri vardır.

Su, gözenekli yapı malzemelerinde, nemlenme, ıslanma, çiçeklenme, erime, çatlama vb. olaylar sonucunda hasarlara ve performans kayıplarına neden olmaktadır.

Su ve oksijenin bir arada bulunduğu ortamlarda kimyasal reaksiyonların gerçekleşmesi ve cisimlerin kimyasal bünyesinin bozulması kaçınılmazdır.

İnsanlık, tarihin ilk çağlarından başlayarak suyun zararlı etkilerini azaltmak, suya dayanıklı ve dayanımı yüksek malzemeler üretmek için çalışmıştır (Aköz, 2005b).

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

Hasarlara Örnekler



Atmosfer etkileri ile hasar oluşumu ve özensiz yenileme



TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

Hasarlara Örnekler

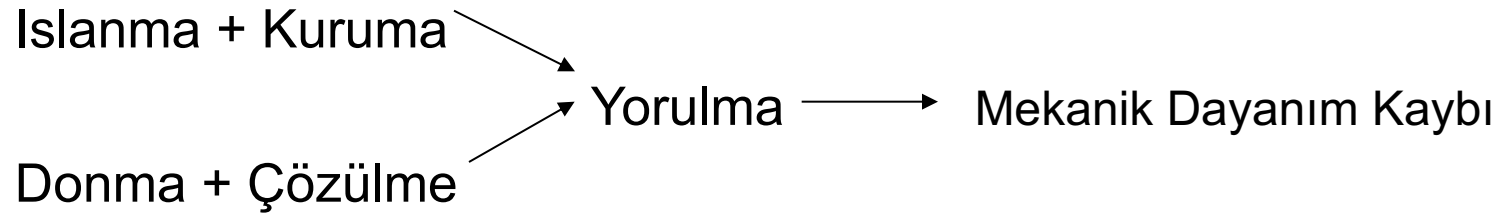


Su ve nem ile doğal taşta bozulma ve yosun oluşumu

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

Yorulma Etkisi

Islanma



TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

2 Atmosfer Etkisi

•İslanma-Kuruma

Dış cephede kullanılan sıvalarda ve çatı kaplamalarında yağmur etkisi ve sıcaklık değişimi nedeni ile tekrarlı ıslanma kuruma sonucu hacim değişimi meydana gelir ve bu hareket harçlarda ve sıvalarda çatlamalara yol açar.

Yağışlar ve sıcaklık değişimlerinin etkisiyle yapı dış kabuğunda oluşan kılcal çatlaklardan içeriye su ve nem sızmakta, içeriye giren su ve nem, yapı malzemeleri ve elemanlarında bozulmalara neden olmaktadır.

Tarihi yapı malzemelerinde su emme; malzemenin su ve su buharı ile ilgili özelliklerine bağlı olarak dayanımların yitirilmesi, parçalanması hatta don etkisi ile dağılma, eriyebilen tuzların yüzeye sürüklenmesi ile çiçeklenmeler, yüzey erozyonları, nem içeriğindeki değişiklikler ile boyutsal hareketler, yüzeysel dekorasyonlarda erime gibi hasarlarla sonuçlanır (Kuzulimanlar, 1995).

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

2 Atmosfer Etkisi Islanma-Kuruma

Sülfatlı suların, yapı malzemelerine zararlı etkisi vardır, bunlar bataklıklarda, sülfatlı zeminlerde bulunurlar. Sülfatlı sularla temas eden kalkerli malzemelerde kısa bir sürede hacim artışı (şişme) oluşur ve parçalanarak harap olurlar.

Bu nedenle karşılaşılan suların kimyasal analizinin yapılması, içlerindeki serbest SO_3 miktarı %0,03'ü aştığında önlem alınması gerekir (Kocataşkın, 2000).

Bünyesinde değişik nitelik ve boyutta boşluklar içeren malzemelerin ıslanması sonucunda oluşan şişme sonrasında her ıslanma olayını bir kuruma devresi izleyeceğinden, cisim emdiği suyu kaybedecek ve kuruyacaktır.

Genellikle cisimlerin su emdiği zamandaki şişme miktarıyla kurduğundaki büzülme miktarı arasında daima bir fark olduğu gözlemlenmiştir. Bu farklılık cismin kurduğunda daha fazla büzüldüğünü göstermektedir.

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

2 Atmosfer Etkisi

•Islanma-Kuruma

Yapılarda özellikle duvarlarda bir yüzeyde kapiler su emme diğer yüzeyde buharlaşma sonucu lekeler, pamuklanmalar, çiçeklenmeler görülebilir.

Bunlar malzeme içinde bulunan çözülen tuzların su ile birlikte taşınarak yüzeye getirilmesi ve burada buharlaşma sonucu geri bırakılmasıdır.

Burada alınması gereken önlem gelen suyun kesilmesi veya içinde eriyici maddeler bulunmayan veya az bulunan maddelerin seçimi ve/veya kapilarite katsayısı küçük olan malzeme seçimidir (Kocataşkın, 2000).

Havadaki nemin yapı elemanının içinde veya yüzeyinde yoğunlaşması ve kapilarite ile yapı içinde yayılması da yapılarda nem oluşmasına neden olur.

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

•Donma-Çözülme

Atmosferin yapı malzemelerine zarar veren en önemli etkisi donma etkisidir.

Sıcaklık azalıp 0°C'nin altına düştüğünde boşluklar içerisine emilmiş bulunan su donarak buz haline geçer.

Bu geçişte bir hacim artması oluşur. Eğer malzeme boşluklarının doyma derecesi %80'in üstünde, çapları 5 mikronun altında ve boyları 2cm üstünde ise o zaman malzeme içinde buz basınçları ve hidrostatik basınç doğarak, çatlama, parçalanma ve dökülmeler oluşur.

Bu olayın sık tekrarlanması ise malzemenin hasar görmesine neden olur (Kocataşkın, 2000).

Taş, tuğla, kiremit, harçlar ve sıvalar gibi malzemeler gözenekli oluşları nedeni ile su ve gazı geçirirler. Malzemelerin boşluk ve çatlaklarına su emme kapasitelerine bağlı olarak giren su, sıcaklığın 0°C'nin altına düşmesi ile donar ise (genleşme için) hacmin 1/11 oranında artmasından dolayı gerekli boşluk bulamaz ve boşluk cidarlarında yaklaşık 16 MPa mertebesinde dayanılması güç bir basınç oluşur (Gürdal, 2000).

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

•Donma-Çözülme

Bu olay, katı fazda ilave çekme gerilmeleri doğurur. Çekme dayanımı düşük ve gevrek olan bu malzemeler tekrarlı donma çözülme etkisinde hasara uğrarlar. Hasarın engellenmesi, geciktirilmesi ya da en aza indirilmesi için yapı sudan korunmalıdır (Aköz, 2005b).

Özellikle boşluklu kaplama malzemelerinde ve çözünen tuzlar içeren sıva ve harçlarda parçalanma ve bozulmalar daha fazla olur.

Geçirimsiz taşların arasındaki harçlar buharlaşmaya uygun yerler olduğu için su etkilerinden daha fazla etkilenir, yüzeye yakın bölümlerde erozyonlar meydana gelir.

Onarımlarda gözenekli blok malzemenin arası geçirimsiz harçla doldurulursa buharlaşma etkileri blok malzeme yüzeylerinde toplanır ve elemanda daha fazla hasar ortaya çıkar.

Kâgir elemanlarda harçlar su köprülerini oluştururlar, eleman bütününde kalın tabakalar halinde kullanılmış olmaları ve kurumalarıyla daha fazla deformasyona sebep olur, ayrıca nem ve ısı geçişi açısından elemanın homojen bir sistem olarak çalışmasını engeller.

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

•Donma-Çözülme

Yapıya işleyen su, buharlaşırken malzeme bünyesindeki tuzları çözüp buharlaştığı için yüzeye biriktirir ve sıvalara hasar verip duvarı giderek daha fazla yağmurdan etkilenir hale getirir.

Kireç ve horasan harcı ile yapıların inşa edildiği dönemlerde, bent kanal gibi su yapılarında kullanılan harca yumurta akı, zeytinyağı ve kan gibi organik maddelerin katıldığı bilinmektedir.

Protein esaslı bu maddelerin kireç ile suda çözünmeyen kompleks bağlar kurduğu sanılmaktadır.

Böylece yapı malzemelerinin bünyelerine su almaları engellenmeye çalışılmıştır. Ancak yapı malzemeleri nemlendiklerinde bu organik maddeler besin oluşturacağı için bitki ve bakteri gelişimlerinde daha ciddi hasar görecektir (Kuzulimanlar, 1995).

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

2 Atmosfer Etkisi

•Sıcaklık Değişimi ve Yüksek Sıcaklık Etkisi

Sıcaklık, çok değişken olan bir atmosferik etkidir.

Ortamdaki sıcaklık değişimleri nedeniyle elemanda meydana gelen sıcaklık değişimleri malzemelerin farklı genleşmeleri nedeni ile malzemelerde gerilmelerin doğmasına, sıcaklığın düşmesi ile malzemelerdeki suyun gözenekler içinde veya yüzeyde donması sonucu malzemedede, fiziko-kimyasal olayların oluşmasına ve biyolojik ve kimyasal hasarların hızlanmasına neden olur (Aköz, 1989).

Sıcaklık değişimleri, yapı malzemesi, yapı elemanı ve dolayısıyla yapı üzerinde hacimsel ve boyasal uzama ve kısalmalara neden olmaktadır.

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

2 Atmosfer Etkisi

•Sıcaklık Değişimi ve Yüksek Sıcaklık Etkisi

Isıl genleşme, malzemeleri oluşturan atomların sıcaklık artması karşısında yaptığı ısı titreşimlerinin büyümesinden kaynaklanır ve önlenemeyecek nitelikte bir fiziksel olaydır (Toydemir vd., 2000).

Sıcaklıkta meydana gelen ani değişimler, yapı kabuğunda bulunan farklı malzemelerin, birbirileri üzerinde çekme ve basınç kuvvetleri oluştururlar.

Yapılar sürekli olarak sıcaklık değişimi ile karşı karşıya olduklarından özellikle dış cephe ve iç yüzeyde ısısal genleşmeye karşı önlemler alınması gerekir, çünkü ısısal genleşme katsayıları farklı iki ayrı malzemenin yan yana gelmesi ile malzeme içyapısında oluşan gerilmeler sonucu yapıda çatlaklar meydana gelir.

Çatlak oluşumu hasarların başlangıcı ve göstergesidir.

Isı farklılıkları, donma çözülme döngüleriyle malzemeler yorulup yıpranmaktadırlar.

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

2 Atmosfer Etkisi

•Sıcaklık Değişimi ve Yüksek Sıcaklık Etkisi

Özşen vd. tarafından, “Küçük Ayasofya Camisi Taşıyıcı Sistem ve Malzeme Özelliklerinin Araştırılması” konulu proje kapsamında yapılan çalışmada, malzemenin fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacı ile iç ve dış duvarlarda yaz ve kış dönemlerinde yüzey sıcaklığı (T) ve bağıl nem (RH) ölçülmüştür.

Yapılan ölçümler sonucunda dış ortamdaki rüzgâr, yağış ve güneş ışınlarının geliş yönüne bağlı olarak çok değişik değerler elde edilmiştir.

Dış duvarlarda ortalama sıcaklık kış aylarında **11-15°C**, yaz aylarında **13-20 °C**, yüzey nemi ise kış aylarında ortalama **% 20-35**, yaz aylarında **%30-80** olmuştur.

İç duvarlarda ise yüzey sıcaklığı kış aylarında **13-15 °C** iken yaz aylarında **13-17°C** olarak ölçülmüştür. İç duvarlarda ortalama yüzey nemi kış aylarında **%60-100**, yaz aylarında **%38-90** olarak belirlenmiştir. Ölçümlerin yapıldığı günlerde ortalama sıcaklıklar **yaz aylarında 25°C**, **kış aylarında 5 °C**, bağıl nem ise kış ve yaz aylarında ortalama **%80-90** olarak ölçülmüştür (Özşen, vd.,1998).

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

Güneş Etkisi

Güneşten gelen ışınlar görünür ışınlar ve görünmeyen ışınlar olarak ayrılırlar. Güneş bina kabuğunun ısınmasına neden olur.

Bina kabuğu ve yapı içi arasında sıcaklık farkı vardır. Bu ısınma yüzeyin dokusuna ve rengine göre değişir.

Açık renkli yüzeyler gelen ışınları yansıttığı için sıcaklık az, koyu renkler ışınları yuttuğu için sıcaklık fazla olur. Gece ise durum tersine döner. Yüzey sıcaklığı hava sıcaklığının altına düşer.

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

Güneş Etkisi

UV ışınlarının dalga boyları normal ışıktan daha kısadır. Böylece moleküller arası boşluklara girebilir.

Malzeme içine giren ışınlar malzemenin rengini bozar, açılmasına malzemenin yapısının bozulmasına daha az dayanıklı bir malzemeye dönüşmesine neden olur (Gürdal, 2000).

Güneşten gelen ultraviyole ışınları ile gelen alfa parçacıkları organik malzemenin atomlarına çarparak, atomik yapıda bozulmalara yol açar ve malzemenin eskimesine neden olurlar (Kocataşkın, 2000).

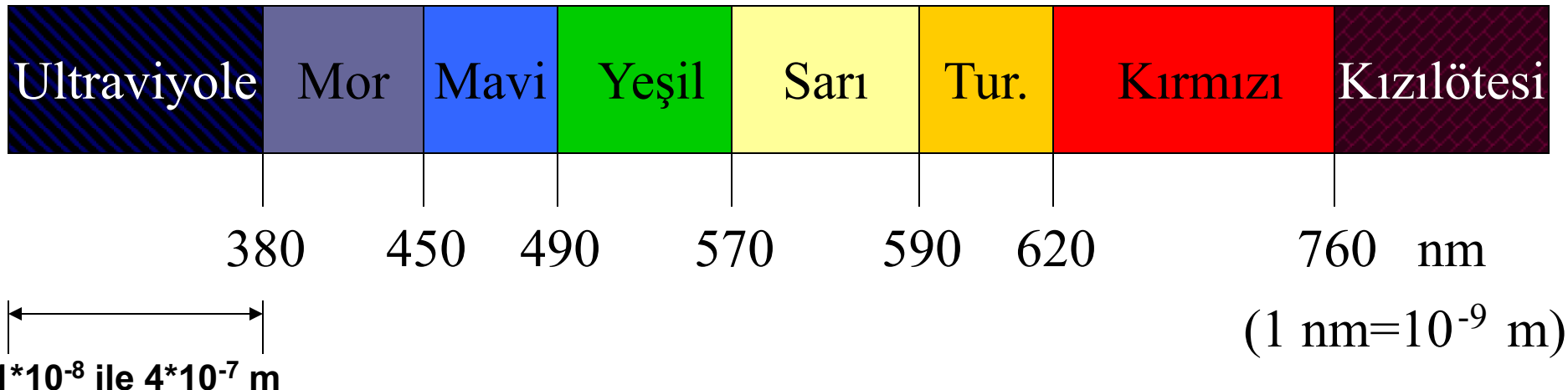
TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

UV Etkisi

Elektro manyetik dalgaların dalga boyları geniş bir spektruma yayılır.

- Ultraviyole ışığın dalga boyu $1 \cdot 10^{-8}$ ile $4 \cdot 10^{-7}$ m arasındadır.
- Elektro manyetik dalgaların enerjileri, dalga boyu küçüldükçe artar.

Işınım Tayfı



TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

UV Etkisi

- Organik malzemeler esas olarak karbon ve hidrojen atomlarından oluşur.
- **C-H arasındaki bağı koparmak için gerekli olan enerji : $0,725 \cdot 10^{-18}$ J/bağ**

- $E = h\nu = hc/\lambda$

$$\lambda = \frac{(6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Js})(30 \cdot 10^{10} \text{ cm/san})}{0,725 \cdot 10^{-18} \text{ J}} = 2,74 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

Bu değer UV ışığının alanına dahildir ($1 \cdot 10^{-8}$ - $4 \cdot 10^{-7}$ m).
Bu dalga boyundaki ışınlar bağları kolaylıkla koparır.

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

Rüzgar Etkisi

Rüzgârlar küçümsenmeyecek bir taşıma ve aynı zamanda taşıdıkları malzemeyi yapı cephelerine çarparak aşındırma gücüne sahiptirler.

Zayıf bağlayıcı kaplamalarda etkisi kısa sürede görülen rüzgâr gücünün, daha çok taş yapılı malzeme ile kaplı yapılarda, Mısır'da olduğu gibi, uzun süreler sonucunda zararlı aşındırıcı etkisi görülmektedir (Gürdal, 2000).

Rüzgârın taşıyarak getirdiği ve çatılara, duvar oyuklarına, boşalmış derzlere yerleştirdiği tohumların gelişmesi ile birçok bakımsız binanın cephesinde, üstünde incir, aylandız gibi ağaçların kök salıp geliştiğini görmekteyiz (Ahunbay, 1999).

Rüzgâr, özellikle deniz tuzu ve kumlarla birlikte etkidiğinde hızlı ve ciddi yüzey aşınmalarına neden olabilmektedir.

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

Bitkiler / Hayvanlar

Tarihi yapılarda hasar oluşturan biyolojik kökenli etkenler; bitki kökleri, alg ve likenler, mantarlar, bakteriler ile insan eliyle yapılan hasarlar olarak sıralanabilir.

Yapıyı iç ve dış ortamdan etkileyen su ve nem, iç ortamda kirliliğe ve bazı bakterilerin üremesine yol açmaktadır. Bu bakteriler, insanlar üzerinde çeşitli hastalıklara, yapılarda ise görüntü kirliliğine neden olmaktadır (Coşgun vd., 2002).

Pencere kenarları, çatılar ve kat silmelerinde özellikle akıntısı ters yönde olan çıkıntılarda tozlar birikir ve çeşitli sebepler ile bunlar nemlenir, buralara önce yosunlar ve likenler yerleşir.

Çok küçük boyutta olan bu bitkiler sonraları yüzeydeki topraktan cepheye geçerek çatlakların ilerlemesine neden olur, küçük tohumlu bitkiler yerleşir. Bu bitkilerin kökleri binaya zarar verir. Bu kökler, yapıda gerilmeler oluşturur. Bunu önlemek için temizlik ve sürekli bakım gerekir (Gürdal, 2000).

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

Bitkiler / Hayvanlar

Kuşlar, böcekler ve farelerin de tarihi yapı ve anıtlara zararlı etkileri bulunmaktadır.

Martılar avlarını çatılarda yemekte ve bu sırada kurşun çatı örtüsünü delerek yapının su almasına neden olmaktadır.

Güvercinler, camilerin camlarını kırarak içeri girmekte, minare boşluklarında yuva yaparak içeride büyük miktarda gübre, çöp toplanmasına yol açmaktadırlar.

Ayrıca liken ve mikroorganizmalar taşların üzerine yerleşerek bozulmalara neden olmaktadır (Ahunbay, 1999).

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

Tasarım ve Yapım Hataları

Yapının tasarımından uygulama sürecine kadar yapılan hatalar nedeni ile yapıda hasarlar oluşmaktadır.

Bunlar; yapının zemin özelliklerine uygun olarak tasarlanmamış olması, strüktür tasarımındaki hatalar, hatalı malzeme kullanımı, kötü işçilik ve hatalı detay uygulamaları olarak sınıflanabilir.

Tasarım aşamasında yapıyı etkileyebilecek tüm etmenlerin göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

Tasarımı etkileyecek iklimsel veriler, mekanik etmenler, kullanıcı gereksinimleri, ekonomik etmenlerin bilinmesi, analiz edilmesi sağlıklı yapılar oluşturmada zorunludur. Bununla birlikte tasarımcının malzeme bilgisinin yeterliliği yapı elemanları ve yapıda meydana gelebilecek bozulmaları azaltacaktır (Coşgun vd., 2002).

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

Tasarım ve Yapım Hataları

Yapının taşıyıcı sisteminde ilk tasarımdan gelen boyutlandırma hataları varsa örneğin; duvar, ayak, payanda gibi düşey yükleri karşılayacak kesitlerde yapılmamışlarsa ciddi hasarlar ortaya çıkabilir.

Taşıyıcı sistemi hatalı tasarlanmış olan yapıların belki en görkemlisi Ayasofya'dır.

İlk tasarımında şimdiki kubbesinden çok alçak bir yelken tonozla örtülen bina 31m açıklığında bir kubbeyi destekleyecek payanda düzenine sahip olmadığı ve çok hızlı inşa edildiği için kubbenin itkisiyle yan duvarlarda açılmalar olmuş ve kubbe geçirdiği ilk deprem sonrasında çökmüştür (Ahunbay, 1999).

Uygulamadan kaynaklanan hatalar çoğunlukla, uygulayıcının yetersizliği ve mesleki denetimin etkin şekilde yapılmamasından kaynaklanmaktadır.

Yapım sırasında denetime verilecek önemle niteliksiz malzeme ve işçilikten kaynaklanabilecek sorunların da engellenmesi mümkündür (Coşgun vd., 2002).

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

Tasarım ve Yapım Hataları

İlk tasarım hatalarını düzeltmek bazen çok zor olabilir, hasarlar sürekli bakım ile giderilmeye çalışılır.

Görünüş açısından bir sorun olmadığı durumlarda daha uygun bir malzeme kullanımına gidilebilir: örneğin demir mil ve kenetleri paslanmaz çelik ya da titanium ile yenilemek uygun bir çözüm olabilir (Ahunbay, 1999).

Yığma yapıyı oluşturan doğal taş, tuğla, kerpiç, harç gibi malzemelerin basınç dayanımı yüksek, çekme dayanımı düşüktür.

Basınç ve çekme etkisinde deformasyon yeteneği çok düşük olan bu malzemeler, gevrek oluşları nedeni ile deprem kuvvetlerinden veya zeminde meydana gelen değişikliklerden doğan çekme gerilmelerini karşılayamazlar.

Bunun sonucu olarak; yığma yapıların duvar, ayak, sütun, kubbe ve tonoz gibi taşıyıcı elemanlarında çatlaklar ve hasarlar oluşur. (Aköz, 2005a).

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

Tasarım ve Yapım Hataları

Küçük Ayasofya Camisi'ndeki yapılan araştırmalara göre yapı elemanlarındaki çatlakların oluşumu temeldeki farklı oturma probleminden kaynaklanmaktadır.

Zemin hareketinin temel nedenlerinden biri, toprağın taşıma kapasitesini etkileyen yeraltı suyunun yer değiştirmesidir.

Yeraltı suyunun yer değiştirmesinden kaynaklanan farklı çökme tren titreşimlerinin dinamik etkileri ile birleştirildiğinde bozulmayı hızlandırmaktadır. Ayrıca zemin suyu seviyesinin 4,0m derinde olması da önemlidir.

Zemin suyu seviyesinin yüksek olması, olası depremlerde zemin sıvılaşmasını başlatabilir (Özşen vd., 1995).

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

•Yanlış Malzeme Seçimi

Geleneksel mimarlığımız taş, kerpiç, tuğla, ahşap gibi doğal kökenli malzemelerden oluşmaktadır.

Kullanılan malzemelerin iyi nitelikli olmaması, yapıların bozulmalarını hızlandırmaktadır.

Kâgir yapılarda ana malzemeyi birleştiren harcın niteliği de binanın dayanımını etkileyen önemli bir etkidir.

Çamur ya da zayıf bir kireç harcı ile örülen duvarlarda bozulan harç çözülerek yapının dağılmasına neden olur (Ahunbay, 1999).

Günümüzde özgün malzemelere uygun olmayan harç ve sıvaların kullanılması sonucunda yapılarda restorasyon sonucunda pek çok sorun oluşmaktadır.

Onarımda kullanılan harç ve sıvalarda genelde bağlayıcı olarak yüksek oranda portland çimentosu kullanılmaktadır.

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

•Yanlış Malzeme Seçimi

Portland çimentosu su ile kolaylıkla reaksiyona girerek işlenebilirliği kolay, priz süresi kısa olan plastik bir karışım oluşturmaktadır. Ancak portland çimentosu;

- Yapı malzemelerine suda çözülebilir tuzlar yüklediği için özgün malzemelerin dolayısıyla tarihi yapıların bozulma ve yıpranmasını hızlandırır.

- Çimento harç ve sıvaların yoğunluğu ve ısı iletkenlik katsayıları yüksek olduğu için yoğuşmaya yol açarak eski eserin rutubetinde artışlara neden olur.

- Çimento harç ve sıva ürünlerinin gözenekleri çok küçük olduğundan yapının içerdiği veya herhangi bir yolla oluşan suyun buharlaşması zorlaşır. Böylece hem düşük sıcaklıkta, hem de yüksek sıcaklıkta gerilim oluşacağı için onarım sıvalarının yapıdan kolayca kopmasına yol açar veya yapının rutubetinde artışlar olur (Güleç, 1992).

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

•Yanlış Malzeme Seçimi

Eski ile yeninin fiziksel özelliklerindeki çelişkiler çimento-kirecin veya sentetik reçinelerin karışımlarının bağlayıcı olarak kullanılması ile giderilmeye çalışılmıştır.

Sentetik katkı maddelerinin nasıl bir alternatif oluşturdukları sorunu vardır.

Organik katkı maddelerinin ise öteki yapı malzemeleri ile teması durumunda, iklimsel ve biyolojik bozulmalar durumunda, sonuçlarını kontrol etmek zordur ve biyolojik organizmaların üremesi büyük olasılıktır.

Bu biyolojik bozulmalar karınca, sinek, böcekler, mikroorganizmalar, likenlerle ortaya çıkabilir.

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

Yapının Kullanım Süreci İçinde Oluşan Hasarlar

Yapılarda kullanım sürecinde oluşan hasarları, insanların neden oldukları yapının kullanım sürecinde yapılan hatalardan kaynaklanan hasarlar olarak ele almak mümkündür. Örneğin; yapının işlevi dışında ve hatalı kullanımı, trafik etkisi, yangınlar, savaşlar gibi etkiler bu kapsamda sayılabilir.

•Kötü Kullanım

Tarihi yapılara kullanıcılar tarafından yapılan amaçlı veya amaçsız yerinden sökme, yerinde tahrip etme, yüzeyleri herhangi bir biçimde kazıma, yüzeylere yazı yazma ve afiş yapıştırma, terk etme veya bilinçsiz onarım gibi eylemler ile önemli hasarlar verilmektedir.

Kentlerin plansız gelişmesi, yeni yolların açılması, barajların yapımı, yeni yapılan binaların kat yükseklikleri ve tarihi yapıya olan mesafeleri gibi birçok planlama (bayındırlık) hatası yüzünden de tarihi yapılarda hasarlar oluşmaktadır.

Ayrıca tarihi yapıların turizm amaçlı gezilmesi, yoğun ziyaretçi toplulukları strüktürde yorucu, malzemede ise aşındırıcı hasarlara yol açmaktadır.

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

•Trafik-Titreşim

Tarihi kentlerin insan ve at arabası trafiğine göre düzenlemiş olan sokak dokusunun araba, kamyon, tren vb. ağır taşıt trafiğine açılması bu yollar çevresindeki yapılarda, titreşimler ve temellere yapılan baskı nedeni ile hasarlar oluşturmaktadır (Ahunbay, 1999).

İstanbul Kara Surları üzerinde yer alan Yedikule Kapısı, Topkapı Sarayında Bab-ı Hümayun taşıt trafiğinden zarar gören geçitlerdir.

Küçük Ayasofya Camii'ndeki tren titreşimlerinin yapıya etkisi araştırılmış, tren yolunun hizmet süresi de dikkate alındığında tren titreşimlerinin ancak ısı ve nem değişimi etkisindeki malzemelerde çatlakların başlaması ya da oluşmuş çatlakların büyümesinde etkili olabileceği belirlenmiştir.

Ayrıca ağır yapıya mesnet olan zemin gerilmelerindeki zayıflamalar tren titreşimlerinin etkisi ile temelde farklı oturmalar oluşturabilir (Özşen vd., 1995).

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

•Savaşlar

Uygar insanların barış isteklerine karşın, savaşlar hâla günlük yaşantımızda önemli bir yer almaktadır.

I. Dünya Savaşı sırasında Avrupa'da birçok tarihi kentler ve yapılar harabeye dönmüş, bir kısmı tümüyle yok olmuş bir kısmı ise onarılabilmıştır.

Uzun yıllar süren ve günümüzde de devam eden Ortadoğu savaşları sırasında Beyrut, Bağdat gibi çok önemli tarihi kentler yok olmuş ve hâla günümüzde yok olmaktadır.

Tarihi yapılar ayrıca Vandalizm yani kasıtlı olarak tahrip etmek, yıkmak olarak tanımlanan eylemler sonucunda da yok olmaktadır.

Bir düşüncenin simgesi veya hatırlanmak istenmeyen bir egemenliğin izi olarak değerlendirilen anıtlar, bir devlet politikası veya halk tarafından bilinçli olarak yıkılmaktadır.

Örneğin; Bosna'da Osmanlı dönemi izlerini taşıyan camiler yok edilmektedir (Ahunbay, 1999).

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

Hasarlara Örnekler



Savaş hasarı

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

Hasarlara Örnekler



Savaş hasarı

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

Yapının Kullanım Süreci İçinde Oluşan Hasarlar

•Yangınlar

Yangın etkisiyle malzemenin kimyasal yapısında meydana gelen değişimler ise molekül yapısının bozulması ve karbonlaşma olayıdır.

İnorganik grupta yer alan taş, beton gibi malzemelerin bünyesinde bulunan CaCO_3 , CaSO_4 , Ca(OH)_2 ve organik bileşiklerden ahşap, plastik gibi malzemelerin içinde bulunan C, H_2 , N_2 , S_2 gibi element ve bileşikler, yangın anında kimyasal bir değişime uğrayarak, malzemenin molekül yapısının bozulmasına yol açar. Bu arada CO_2 , CO, SO_2 , SO_3 gibi birtakım zararlı gazlar oluşur.

Malzemede molekül yapısının değişimi genelde kristal suyunun kaybolmasıdır.

Malzemenin ısı iletkenlik katsayısı ısının içyapıda süratle iletilmesi sonucunu ortaya çıkaracağından, meydana gelecek deformasyonlarda önemli bir etken olur. Isısal deformasyonlar ve erime sonucu malzemede parçalanma ve büyük oranda değişimler görülür (Kocataşkın, 2000).

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

Yapının Kullanım Süreci İçinde Oluşan Hasarlar

•Yangınlar

Ülkemizde olduğu gibi yurtdışında da çok sayıda tarihi yapı yangın nedeniyle hasar görmüştür.

Ülkemizdeki tarihi yapılar, çoğunlukla ahşap, taş ve ahşapla taş bir arada kullanılarak yapılmıştır.

Çok sayıda yalı ve köşk tamamen ahşap, camiler, kışlalar, medreseler taş, saraylar ve birçok tarihi yapı taşıyıcı kısımları yığma veya taş, iç kısmı bağdadi olarak inşa edilmiştir.

Zamanla mukavemetleri zayıflayan ve haşereler tarafından zarara uğratılan ahşap yapılar yangına en çok duyarlı yapılar arasında bulunmaktadır.

Genellikle tarihi yapılardaki yangınlar, ısıtma ve aydınlatma sistemlerinden kaynaklanmakta veya restorasyon çalışmaları sırasında yapılan hatalardan meydana gelmektedir (Kılıç, 2003).

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

Hasarlara Örnekler



Yangın hasarı

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

Hava Kirliliği

Şehir atmosferi içine evlerin ve fabrikaların bacalarından, otomobillerin eksozlarından, vapor ve tren bacalarından çok miktarda CO_2 ve SO_3 gazı karışmaktadır.

Bu gazlar yağmurlu ve sisli havalarda H_2CO_3 ve H_2SO_4 şeklinde asit haline gelerek özellikle yapıların dış kaplamalarında kullanılan malzemelere zarar verirler.

Hava kirliliğinin ve asidik yağmurların, tüm yapılarda olduğu gibi tarihi yapılarda da hasara yol açtığı bilinmektedir.

Duman, toz, kükürt dioksit ile otomobillerden çıkan zararlı gazlar rüzgâr yardımıyla tarihi eserler üzerinde birikerek kirli bir tabaka meydana getirir.

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

Hava Kirliliği

Dış ortamlarda bulunan tarihi ve kültürel eserlerin hava kirliliğinden etkilenmesi doğrudan hava şartlarına ve malzemelerin dayanıklılığına bağlı olup, duman parçacıkları isli bir tabaka oluşturur ve suyun etkisi ile tarihi eserlerin bozulmasını hızlandırır. (Koçu, 1995).

Güleç'in doktora çalışması kapsamında incelediği Tahtakale hamamı ve Esekapi Medresesi'nde hava kirliliği sonucu özellikle beyaz sıva yüzeyinde siyah kabuk oluşumları ve yapraklanmalar şeklinde bozulmalar tespit edilmiştir (Güleç, 1991).

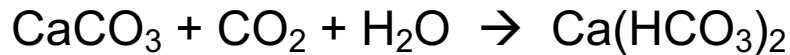
Tüm dünya için sorun olan hava kirliliğinin hasarlarını azaltmak için çalışmalar yapılmakta; ısıtma sistemleri, trafik araçlarında kullanılan enerji kaynakları değiştirilmekte, sanayinin kirletici etkisi denetlenmeye çalışılmaktadır (Ahunbay, 1999).

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

Hava Kirliliği

Tarihi yapılarımızda çoğunlukla kireç taşlarının (CaCO_3) kullanıldığını görüyoruz.

CO_2 ve SO_2 , endüstri bölgelerinde rastlanan iki temel kirletici gazdır. Su buharı ile tepkimeleri sonucu, sırasıyla karbonik asit (H_2CO_3), sülfüröz asit (H_2SO_3) ve sülfirik asit (H_2SO_4) ortaya çıkar. Bu asitlerin CaCO_3 ile tepkimeleri ise çözelti halinde rastlanan kalsiyum bikarbonat ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$) ile suda daha kolay çözünen kalsiyum sülfat (CaSO_4) tuzlarını ortaya çıkarır.



TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

Hasarlara Örnekler



**Atmosfer etkilerinin ve hava
kirliliğinin neden olduğu
bozulmalar**



TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

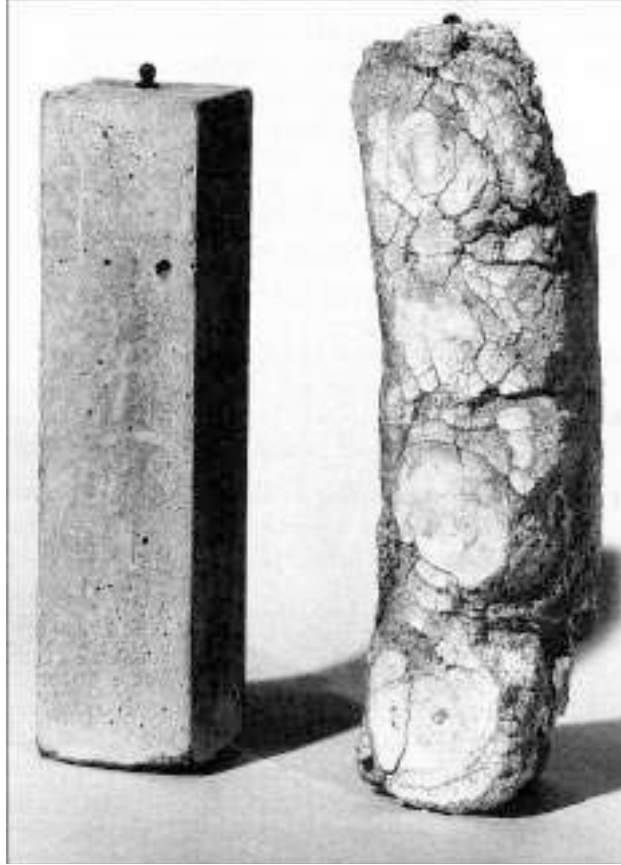
Hasarlara Örnekler



**Demir parmaklıklarda ve
kenetlerde korozyon hasarları**

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

Kimyasal Etki



Sülfat Etkisi

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ



Donma-Çözülme Hasarı

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

KOROZYON

Metallerin, bulunduğu ortam içinde, kimyasal veya elektro-kimyasal reaksiyonlar sonucu bozulması.

Korozyon nedeni ile metal veya alaşımın fiziksel, kimyasal, mekanik veya elektriksel özelliğinin istenmeyen değişikliklere uğraması önemli maddi kayıplara yol açar.

Türkiye'deki korozyon kayıpları GSMH'nin %4.36'sına eşittir.

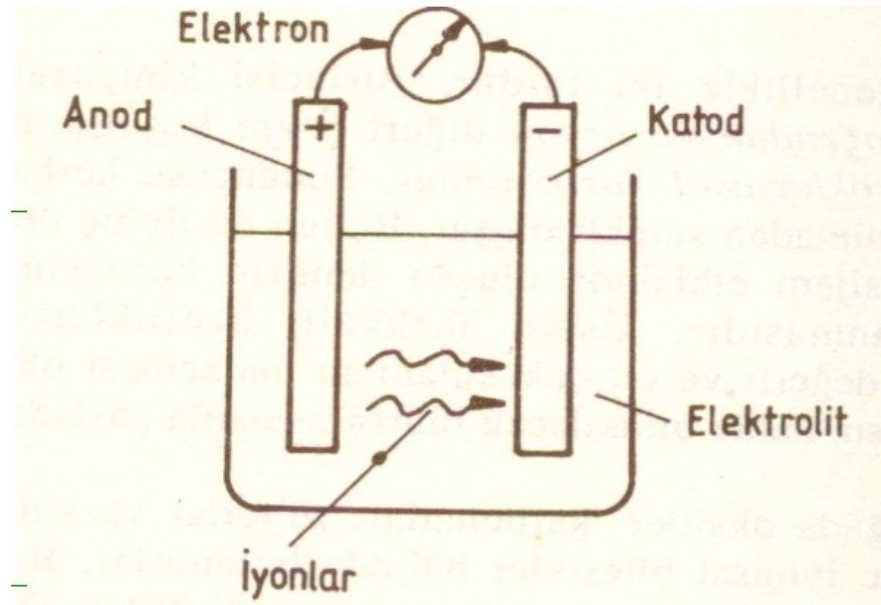
Ar-Ge Harcamaları GSMH'nin (~ 150 milyar dolar) ~ %0,64'ü kadar (2000)

Ar-Ge Harcamaları GSMH'nin (~ 360 milyar dolar) ~ %0,79'u kadar (2005)

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

KOROZYON

1. Yarı hücre potansiyelleri farklı iki metal (anot ve katot)
2. Elektrolitik ortam (örneğin deniz suyu)
3. Elektrik iletken



Elektro-kimyasal korozyon (Onaran, 2000)

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

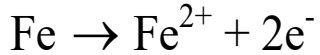
Elektrod potansiyelleri (Van Vlack, 1980)

Anot Reaksiyonu	Elektrod Potansiyel (V)
$\text{Au} \rightarrow \text{Au}^{3+} + 3\text{e}^-$	+1.50
$\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{e}^-$	+0.77
$\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^-$	+0.34
$\text{H}_2 \rightarrow 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$	0.000
$\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$	-0.44
$\text{Cr} \rightarrow \text{Cr}^{2+} + 2\text{e}^-$	-0.74
$\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$	-0.76
$\text{Al} \rightarrow \text{Al}^{3+} + 3\text{e}^-$	-1.66
$\text{Mg} \rightarrow \text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^-$	-2.36

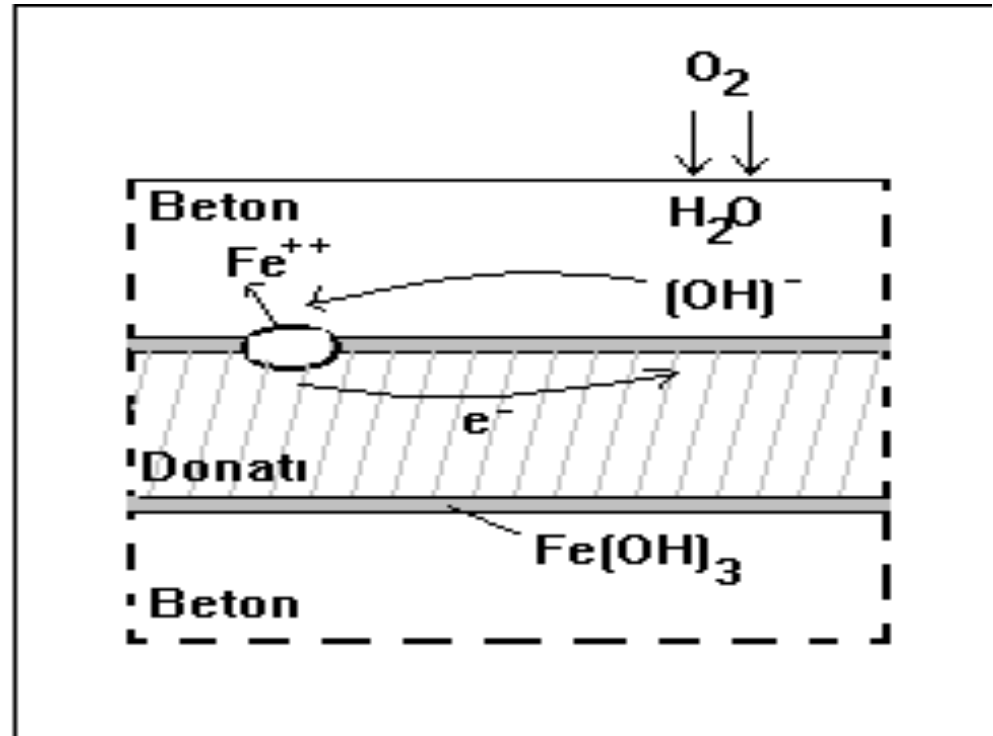
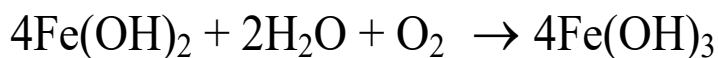
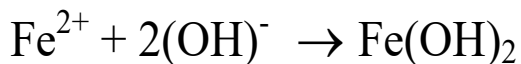
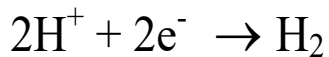
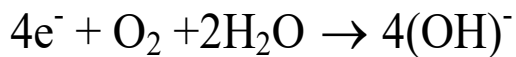
TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

DONATI KOROZYONU

Anot reaksiyonları,

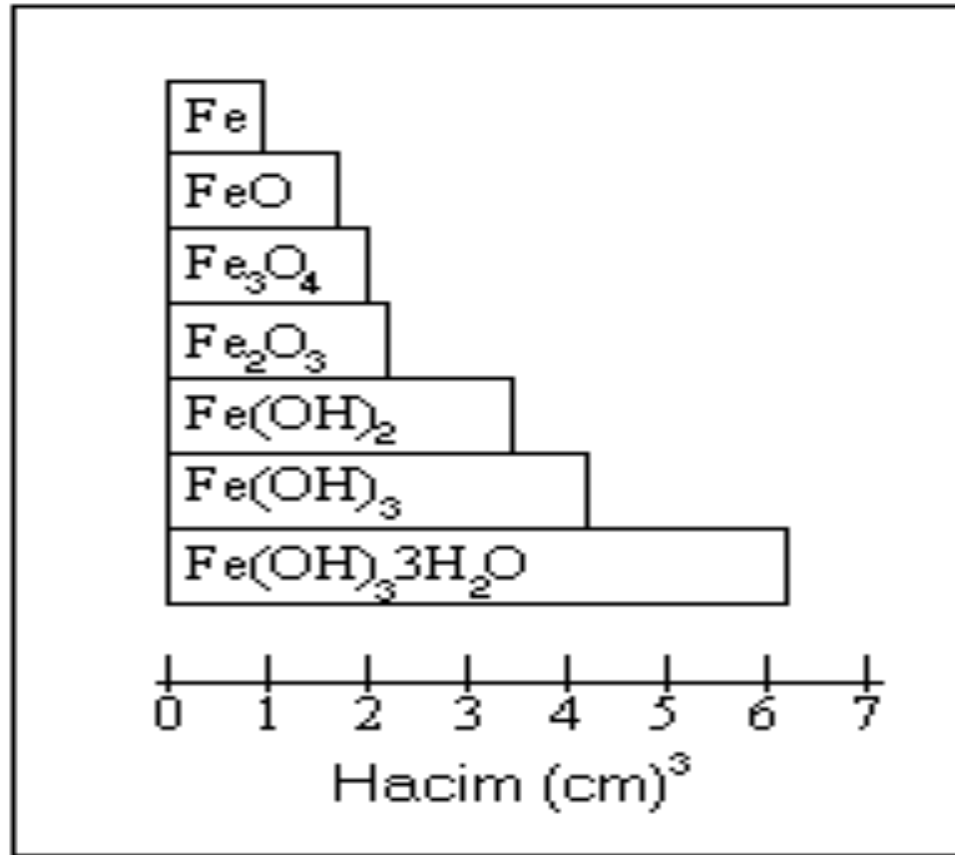


Katot reaksiyonları,



TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

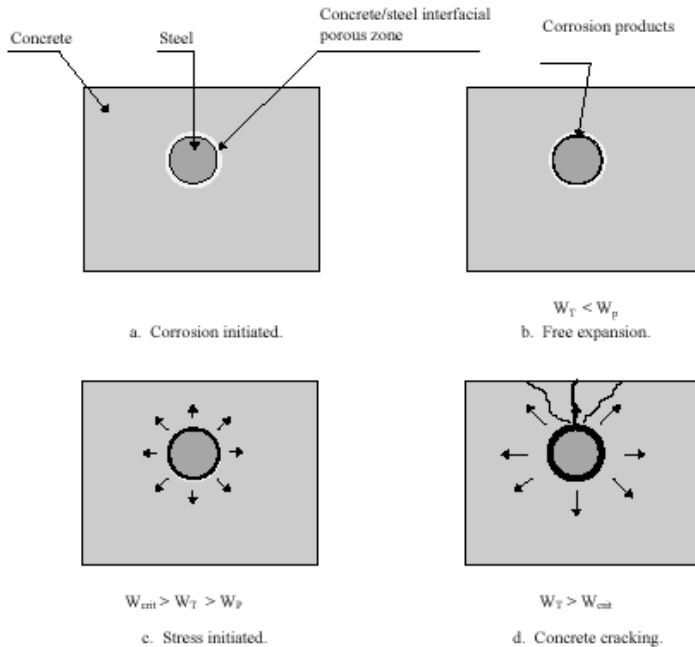
} Atmosfer etkisinde kalan demir yüzeyinde oluşan demiroksit tabakası %600'e varan hacim artışına neden olur.



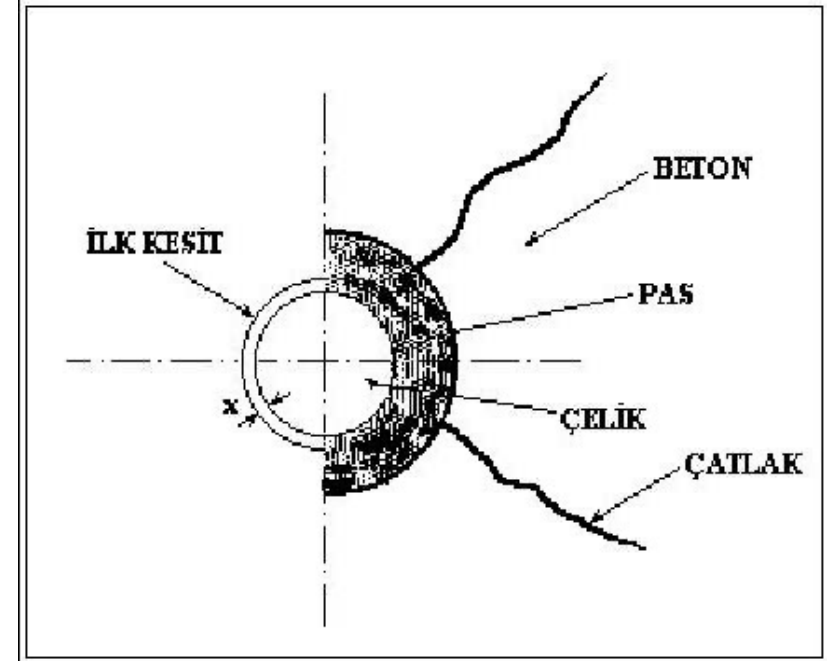
Demiroksitlerinde meydana gelen hacim artışları (Mehta, 1986)

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

- } Bu hacim artışı betonarme elemanlarda, donatıda meydana gelirse, betonun çatlamasına ve parça atmasına neden olur.



(Zemaitis, J., 1998)

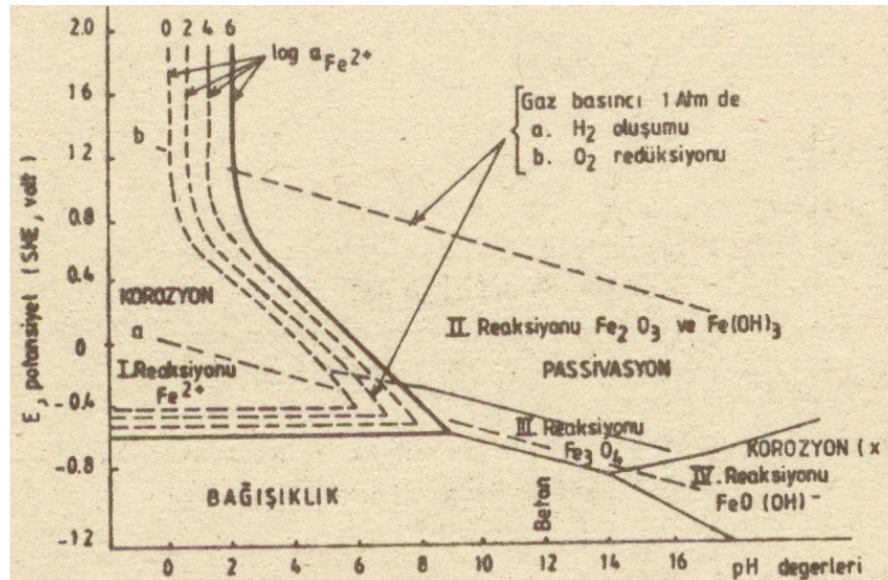


(Andrade vd., 1993)

Korozyon ürününün meydana getirdiği hacim artışı

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

- } Beton, alkalinitesi yüksek bir ortamdır [$\text{Ca}(\text{OH})_2$] ve içindeki çelik yüzeyinde kararlı, koruyucu bir oksit tabakası oluşturarak anodik akım yoğunluğunun kısıtlanmasına yardımcı olur.
- } Bu olaya alkali pasivasyonu adı verilir.



Fe-H₂O Sisteminde pH ve elektropotansiyel arasında denge diyagramı (Akman, 1992)

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

Karbonatlaşma

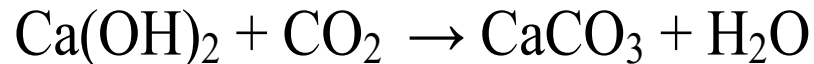
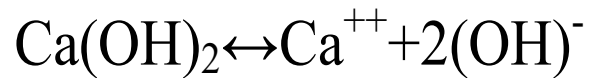
- Betonun alkalitesi, büyük ölçüde, çimentonun hidratasyonundan kaynaklanan ve gözenek suyu içinde çözünmüş halde bulunan kalsiyum hidroksit (Ca(OH)_2) tarafından sağlanır.
- Karbonatlaşma, çimento pastasının alkali bileşenleri ile atmosferdeki karbondioksit (CO_2) gazı arasında meydana gelen reaksiyon sonucunda betonun nötralize olması olayıdır. Bu olay;

Betonun **12-13** değerinde olan pH derecesini düşürür ve donatının paslanmasına yol açar,

Betonarme elemanların servis ömürlerini belirleyen önemli faktörlerden birisidir.

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

- Karbonatlaşma olayında, havanın karbondioksiti, karbonatlaşmamış bölgedeki boşluk suyunda çözünür, bikarbonata (karbonikasite) dönüşür.



TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

- Boşluk suyunda çözünen bir diğer madde Ca(OH)_2 'tir, ayrışan Ca(OH)_2 , karbonik asit (H_2CO_3) ile reaksiyona girerek kararlı haldeki CaCO_3 'a ve suya dönüşür.
- Karbonatlaşmadan önce ortamın 12.6 olan pH değeri, karbonatlaşmadan sonra 8.3'e kadar düşer.
- Alkalın pasivasyon ortadan kalkar ve donatıda karbonatlaşma nedeniyle korozyon başlar.

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

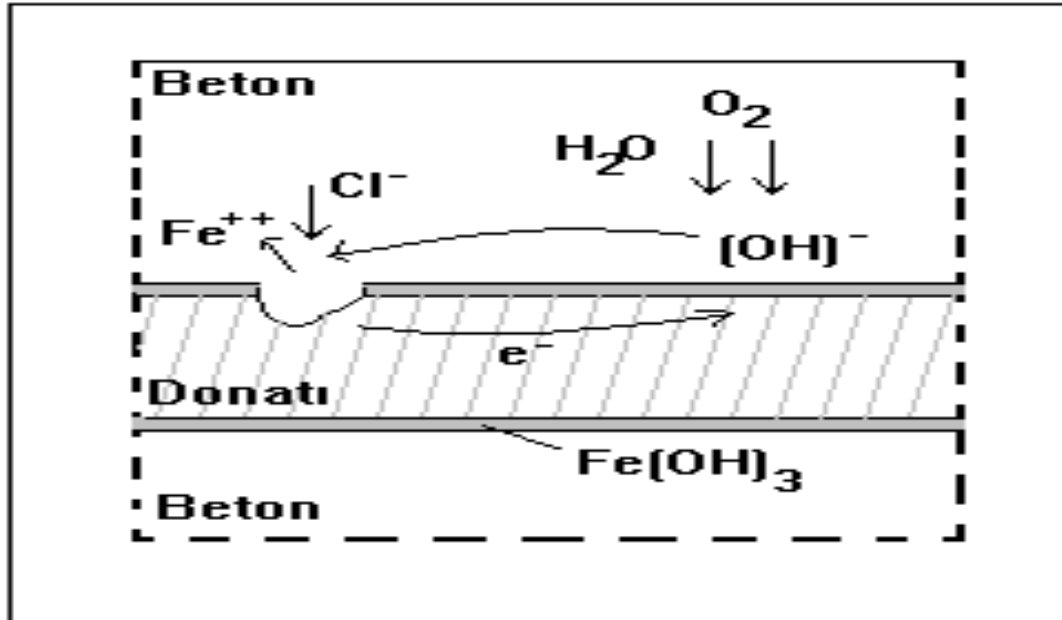


Karbonatlaşmaya bağlı korozyon hasarı

TARİHİ YAPILARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ

KLORÜR ETKİSİ

- } Alkalin ortamda bulunan ve koruyucu oksit tabakasının depasivasyonuna neden olan en önemli etken Cl^- iyonlarıdır.
- } Ayrıca çelik çevresinde klorür iyonları var ise, pH'ın 11'in üzerinde olması durumunda bile, çukurcuk korozyonu oluşur .



Klorürün varlığında elektro-kimyasal korozyon (Neville ve Brooks, 1987)