



Dokuz Eylül Üniversitesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü



İNŞ2023 YAPI MALZEMESİ I

ÇEVRE ve KULLANIM KOŞULLARI

Dr. Öğr. Üyesi Çağlar YALÇINKAYA
www.caglaryalcinkaya.com



- ✓ **Malzemenin mekanik özellikleri; 20 °C civarında, yavaş uygulanan bir yük altında (statik yükleme), temiz, kuru ve düzgün kesitli malzeme örnekleri üzerinde saptanmaktadır. Kullanım esnasında bu deney koşullarının bulunamayacağı gayet açıktır. Bu nedenle malzeme, beklenenden farklı davranış gösterebilir. Örneğin, normal laboratuvar koşullarında düktil varsayılan bir metal kullanım sırasında kırılgan hale dönüşebilir.**

SICAKLIK

- Malzemeler genellikle çok düşük ve çok yüksek sıcaklık derecelerinde, normal sıcaklıklar altında beklenenden çok farklı davranışlar gösterebilir. Örneğin, düşük sıcaklıklarda hacim merkezli kübik alaşımların duktilitesi ve enerji yutma kapasitesi düşer. Önemli yapı malzemelerinden çelik bu yapıda olup, 0 °C civarında kırılganlaşma gösterir (Örneğin, yüksek kaliteli bir çeliğin (çekme dayanımı 1050 MPa) +25 °C'de Charpy darbe dayanımı 55 m.N iken, -78 °C'de bu değerin 28 m.N'ye düştüğü bulunmuştur.).

SICAKLIK

- Malzemeler genellikle çok düşük ve çok yüksek sıcaklık derecelerinde, normal sıcaklıklar altında beklenenden çok farklı davranışlar gösterebilir. Örneğin, düşük sıcaklıklarda hacim merkezli kübik alaşımların duktilitesi ve enerji yutma kapasitesi düşer. Önemli yapı malzemelerinden çelik bu yapıda olup, 0 °C civarında kırılganlaşma gösterir (Örneğin, yüksek kaliteli bir çeliğin (çekme dayanımı 1050 MPa) +25 °C'de Charpy darbe dayanımı 55 m.N iken, -78 °C'de bu değerin 28 m.N'ye düştüğü bulunmuştur.).

SICAKLIK

- Tersine, sıcaklık arttıkça çeliğin akma sınırı düşer ve 300 °C 'den sonra bu sınır ortadan kalkar. Çeliğin çekme dayanımı da sıcaklık derecesi arttıkça azalır (Çeliğin 500 °C'deki çekme dayanımı 20 °C'deki dayanımının % 60'ı kadardır). Ayrıca, yüksek sıcaklıklar (yaklaşık 300 °C), çelikte normal sıcaklıkta görülmeyen sünme olayını başlatır. Yeterince yüksek sıcaklıklarda, çok düşük şekil değişimlerinde bile bazı metal ve alaşımlar kırılğan davranış gösterebilir.

SICAKLIK

- Ayrıca, sıcaklığın artması ile atomların daha hızlı titreşmelerinden dolayı malzemenin boyutlarında bir artış (genleşme), tersi durumda sıcaklığın azalması ile de boyutlarda bir azalma (büzülme) olduğu bilinen bir gerçektir. Malzeme yapıda kullanımı esnasında bu tür yüksek sıcaklık değişimlerine maruz kalacaksa sözü edilen boy değişimlerinin izin verilebilen sınırları aşmaması gerekmektedir.

YAPI KOŞULLARI

- Laboratuvar deneylerinde örnekler serbestçe yüklenir, başka bir deyişle, yükleme sırasında örneğin yapacağı deformasyonlar engellenmemiştir. Ancak, yapı içinde aynı malzemedен yapılmış elemanların davranışları kısıtlıdır. Dolayısıyla malzeme iki veya üç eksenli gerilme etkisi altındadır. Oluşan asal gerilmeler nedeniyle malzemeler uygulamada deneylerden farklı davranışlar gösterir. Örneğin, malzemenin gerilme-birim şekil değiştirme davranışı, kırılma yükü değişebilir.

YÜKLEME HIZI

- Malzemelerin kalite kontrol deneyleri belirli bir yükleme hızı veya deformasyon hızı esas alınarak gerçekleştirilir. Düşük birim şekil değiştirme ya da yükleme hızlarında bütün eleman esner ve kopmadan önce daha çok enerji yutar. Yükleme hızının belirli bir değeri aşması halinde esneme, kırılma bölgesinde yoğunlaşır. Böylece elemanın tümü enerji yutmaz, gevrek bir kırılma gerçekleşeceğinden enerji yutma kapasitesi ve toplam uzama azalır. Tersine yükleme süresinin uzaması da malzemenin dayanımını büyük ölçüde olumsuz olarak etkiler.

DALGALANAN GERİLMELER

- Gerilmelerin aralıklı olarak tekrarlı bir şekilde uygulanması malzemenin özelliklerini olumsuz yönde etkileyip, malzemenin kırılma davranışına neden olur. Bu konuya “Periyodik Yükleme ve Yorulma” bölümünde ayrıntılı olarak değinilecektir.

KOROZYON

- Malzemelerin bulunduğu ortam (çevresel koşullar) tarafından kimyasal saldırıya uğrayarak bozulması **korozyon** olarak tanımlanabilir. Korozyon kimyasal reaksiyon sonucu olduğundan, korozyonun meydana gelme hızı bir dereceye kadar sıcaklığa ve tepkimeye girenler ile ürünlerin konsantrasyonuna bağlı olacaktır.

KOROZYON

- Doğada yaygın olarak bulunan demir oksitler, ancak ısı enerjisi verilerek daha yüksek enerji durumundaki demir alaşımı olan çeliğe dönüştürülür. Daha sonra demir, çevre koşullarının etkisi ile paslanarak daha düşük enerjili durumdaki demir oksit haline diğer bir deyişle aslına geri döner.

KOROZYON

- Metallerin korozyonu, yarattığı dolaylı rahatsızlıkların yanı sıra, her zaman malzeme israfına ve ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Yaklaşık olarak her yıl üretilen demir miktarının % 25'i kadar demirin korozyon nedeniyle kullanılamaz hale geldiği sanılmaktadır

KOROZYON

- Metallerin korozyonu, yarattığı dolaylı rahatsızlıkların yanı sıra, her zaman malzeme israfına ve ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Yaklaşık olarak her yıl üretilen demir miktarının % 25'i kadar demirin korozyon nedeniyle kullanılamaz hale geldiği sanılmaktadır

KOROZYON

- İki tip kimyasal etkilenme vardır:
- 1) Doğrudan kimyasal etkilenme,
- 2) Elektro-kimyasal etkilenme.

KOROZYON

- Doğrudan kimyasal etkilenmede bir elektron akımı (cereyan) yoktur. Bu tip etkilenmede metallerin yüzeyinde eş dağılımlı oksijen reaksiyonu oluşur. Doğrudan korozyon sonucu metal üzerinde oluşan yapışık korozyon tabakasının kalınlığı, yaklaşık olarak, oluşma zamanının kare kökü ile orantılıdır.

KOROZYON

- Bu tip etkilenmeye en iyi örnek, bakır çatı kaplamalarında görülen korozyon olayıdır. Özellikle endüstriyel bölgelerin atmosferlerinde bulunan oksijen, nem, sülfür oksitleri, çatı kaplaması üzerinde yeşil renkli, erimeyen bakır sülfat örtüsü oluşturur.

KOROZYON

- Elektrokimyasal etkilenmede ise belirgin anot bölgelerinden katot bölgelerine önemli bir elektron akımı vardır. İyon hareketi ile bir elektrik akımı doğar ve korozyon yerel olarak oluşur. Pillerin oluşması ile metal zamanla harap olur.

METALLERİN ELEKTRO-KİMYASAL KOROZYONU

BİRİBİRİNİ TAMAMLAYAN ve EŞZAMANLI GELİŞEN İKİ ELEKTRO-KİMYASAL REAKSİYON

OKSİDASYON (ANOT)



- ELEKTRON KAYBEDEN ÇELİĞİN İYONA DÖNÜŞMESİ
- KÜTLE KAYBI

REDÜKSİYON (KATOT)



- ELEKTRONLARIN BAŞKA BİR ORTAMDA HARCANMASI, HİDROKSİT İYONLARININ OLUŞMASI
- KORUNUR

ELEKTRONLARIN KATODA, HİDROKSİT(OH)⁻ İYONLARININ ANOTA TAŞINMASI ŞART

AYNI ÇELİK ÜZERİNDE;

ANOT ve KATOT BİRİBİRİNE ÇOK YAKIN (MİKRO ELEMAN) BİRİBİRNDEN UZAKTA (MAKRO ELEMAN) OLABİLİR

METALLERİN ELEKTRO-KİMYASAL KOROZYONU

BETON BOŞLUK SUYU: ELEKTRON ve İYON İLETEN ORTAM
ÇELİK ELEKTRON İLETEN ORTAM



ANOT ve KATOT BAĞLANTISI KURULUR



GALVANİ PİLİ OLUŞUMU

NEM,

O₂ KONSANTRASYONU,

TUZ KONSANTRASYONU,

PAS PAYI TABAKASI ve GEÇİRİMLİLİĞİ

BETON İÇİNDE BÖLGE BÖLGE
DEĞİŞKEN



AYNI ÇELİĞİN FARKLI
BÖLGELERİ ANOT ve KATOT
REAKSİYONU GÖSTEREBİLİR

Yükseltgenme tepkimesi		Elektrot gerilimi E°, volt (25 °C'de standart hidrojen elektroduna göre)
Au	→ Au ³⁺ + 3e ⁻	+1,498
Pt	→ Pt ²⁺ + 2e ⁻	+1,200
Ag	→ Ag ⁺ + e ⁻	+0,799
2Hg	→ Hg ₂ ²⁺ + 2e ⁻	+0,788
Fe ⁺²	→ Fe ³⁺ + e ⁻	+0,771
Cu	→ Cu ²⁺ + 2e ⁻	+0,337
Sn ⁺²	→ Sn ⁴⁺ + 2e ⁻	+0,150
H ₂	→ 2H ⁺ + 2e ⁻	0,000
Pb	→ Pb ²⁺ + 2e ⁻	-0,126
Sn	→ Sn ²⁺ + 2e ⁻	-0,136
Ni	→ Ni ²⁺ + 2e ⁻	-0,250
Co	→ Co ²⁺ + 2e ⁻	-0,277
Cd	→ Cd ²⁺ + 2e ⁻	-0,403
Fe	→ Fe ²⁺ + 2e ⁻	-0,440
Cr	→ Cr ³⁺ + 3e ⁻	-0,744
Zn	→ Zn ²⁺ + 2e ⁻	-0,763
Al	→ Al ³⁺ + 3e ⁻	-1,662
Mg	→ Mg ²⁺ + 2e ⁻	-2,363
Na	→ Na ⁺ + e ⁻	-2,714

Her metalin hidrojen elektrotuna göre ölçülen bir elektrot potansiyeli vardır. Bunlar sıralanacak olursa Tablo da bazı metal iyonları için görülen elektromotif kuvvet serisi elde edilir.

↑
Daha katodik (korozyona eğilim daha az)

↓
Daha anodik (korozyona eğilim daha fazla)

KOROZYON

- Voltaj sırası listesi iki temiz metal yüzeyinden hangisinin anot olacağını gösterir.
- Bu seride anot tarafındaki metal, katot tarafındakine kıyasla anot reaksiyonuna uğrar, katot tarafındaki ise korunur. Kimyasal bileşik şeklindeki korozyon ürünü kütleden ayrılır ve yenisi oluşursa tahribat sürekli olur. Demir'in korozyonu bu türdür.





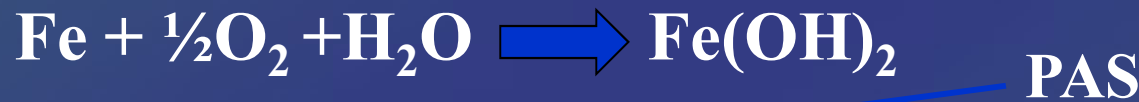
ÇELİK DONATININ KOROZYONU



ASLINA DÖNME OLAYI

- **ATMOSFERİK KOROZYON**
- **ELEKTROLİTİK KOROZYON**
- **KLORÜR KOROZYONU**
- **TEMAS KOROZYONU**
- **HİDROJEN KIRILGANLAŞMASI**

ATMOSFERİK KOROZYON



PAS

KOROZYON HIZI (HAVA NEMİNE BAĞLI)

Temiz atmosfer koşullarında

4-6 $\mu\text{m}/\text{yıl}$

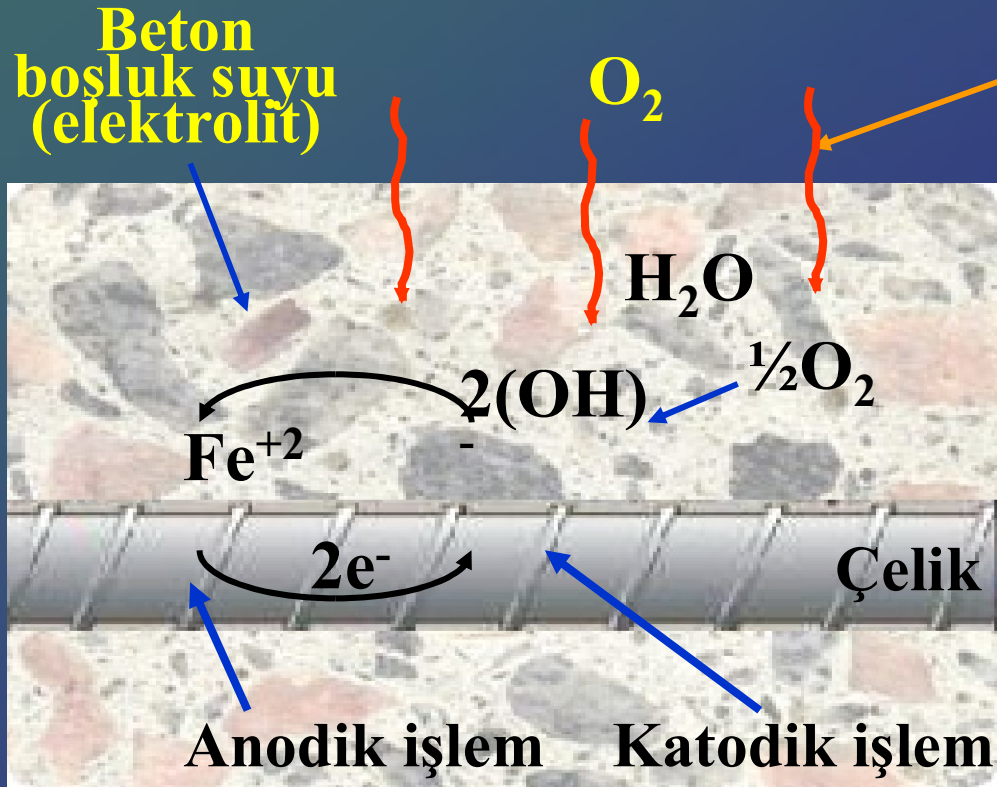
Zararlı Kirli Atmosferik Koşullarda

100-1000 $\mu\text{m}/\text{yıl}$

PAS TABAKASI TEL FIRÇA İLE SÖKÜLEMİYORSA ZARARSIZ

PUL PUL DÖKÜLME; ÇAP ÖLÇÜMÜ, ÇEKME DENEYİ ve TEMİZLEME ŞART

ÇELİK DONATININ KOROZYONU



Paspayından oksijen difüzyonu

ANOT REAKSİYONU



KATOT REAKSİYONU



KOROZYON

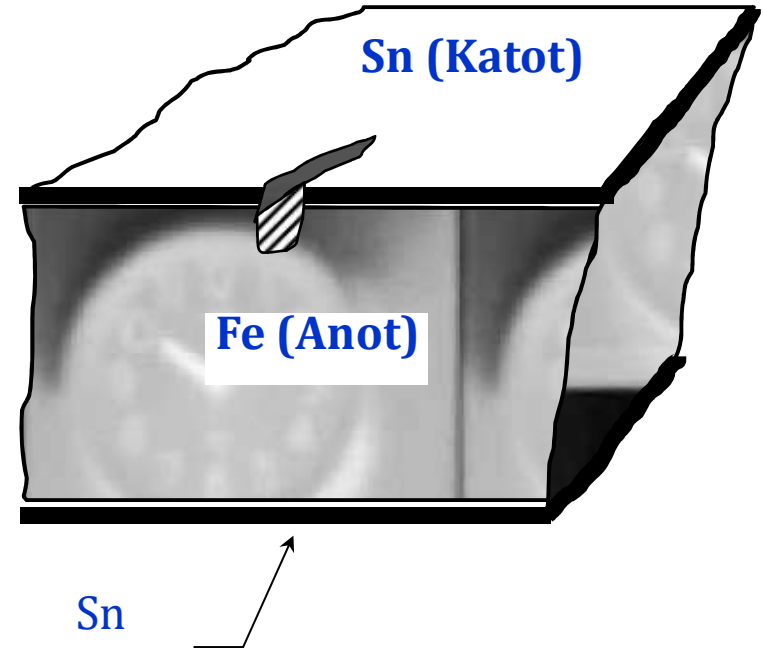
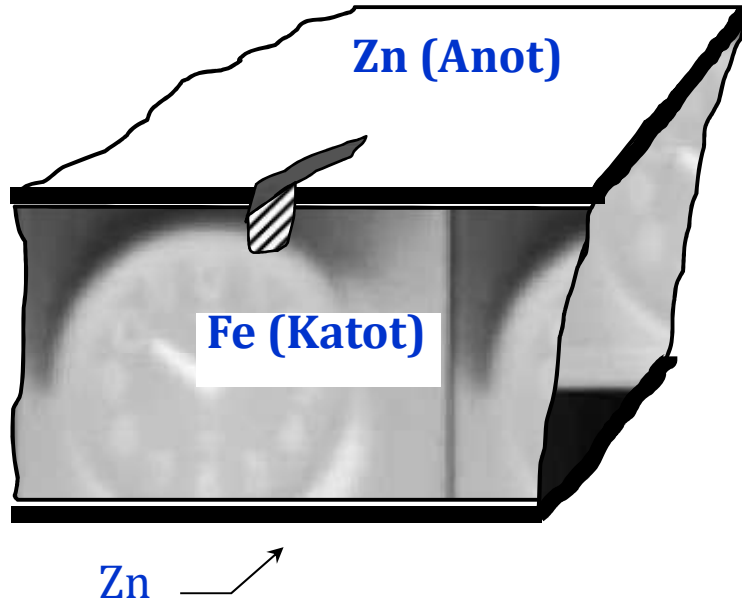
- Korozyona neden olan galvanik pili türleri farklıdır. Bileşim pilleri, gerilme pilleri ve konsantrasyon pilleri olmak üzere üç pil türü vardır. Bunların oluşumunu engelleyecek önlemler alınarak korozyon olayı önlenabilir.



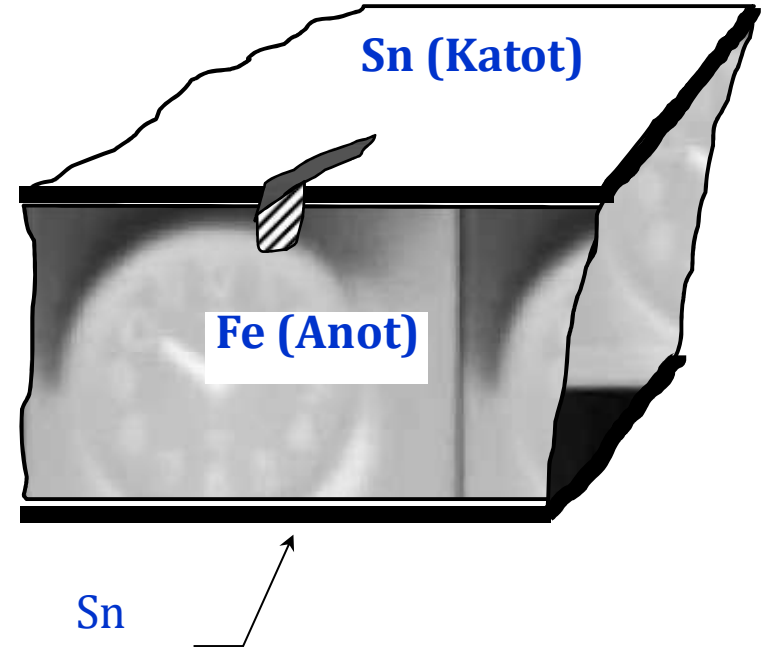
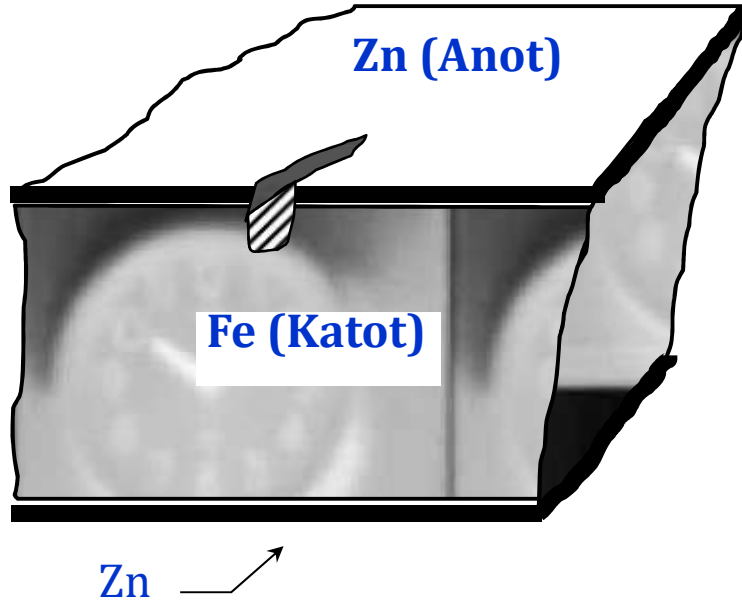
KOROZYON

- a) **Bileşim pilleri** : İki farklı türde metal arasında bir galvanik elemanı oluşturabilir. İki metalden hangisinin katot hangisinin anot olacağı voltaj sırası listesinden bulunabilir.





- Örneğin Şekil 'de görülen galvanizli saçıki çinko demire kıyasla anot tarafındadır. Galvaniz tabakası çizilerek demir açığa çıksa bile çinko tarafından bir süre korunur. Ancak çinko zamanla korozyona uğrayarak demir saç paslanmaya başlar.



- Şekil 'de görülen kalaylı saçta kalay demiri tamamen örttüğü sürece korozyondan korur. Korozyona dayanıklı olan kalay tabakası çizildiği takdirde, demir kalaya kıyasla anot tarafında olduğundan kısa sürede paslanır.

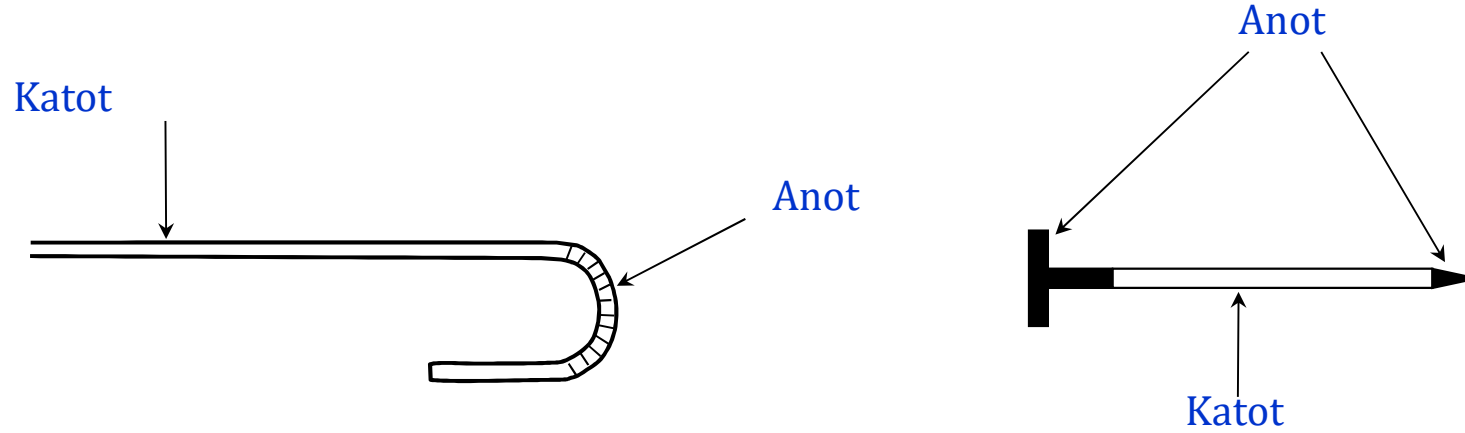
KOROYON

- Elektrokimyasal korozyon olayına yapı malzemelerinde sık sık rastlanabilir. Örneğin, çatılarda alüminyum ve bakır levhalar birbirleriyle temas edecek şekilde konursa, çukurlarda birikebilecek suyun iletkenliği ile bir pil oluşur ve daha az asal olan alüminyum levhalar delinir. Bu olaya **temas korozyonu** denir.



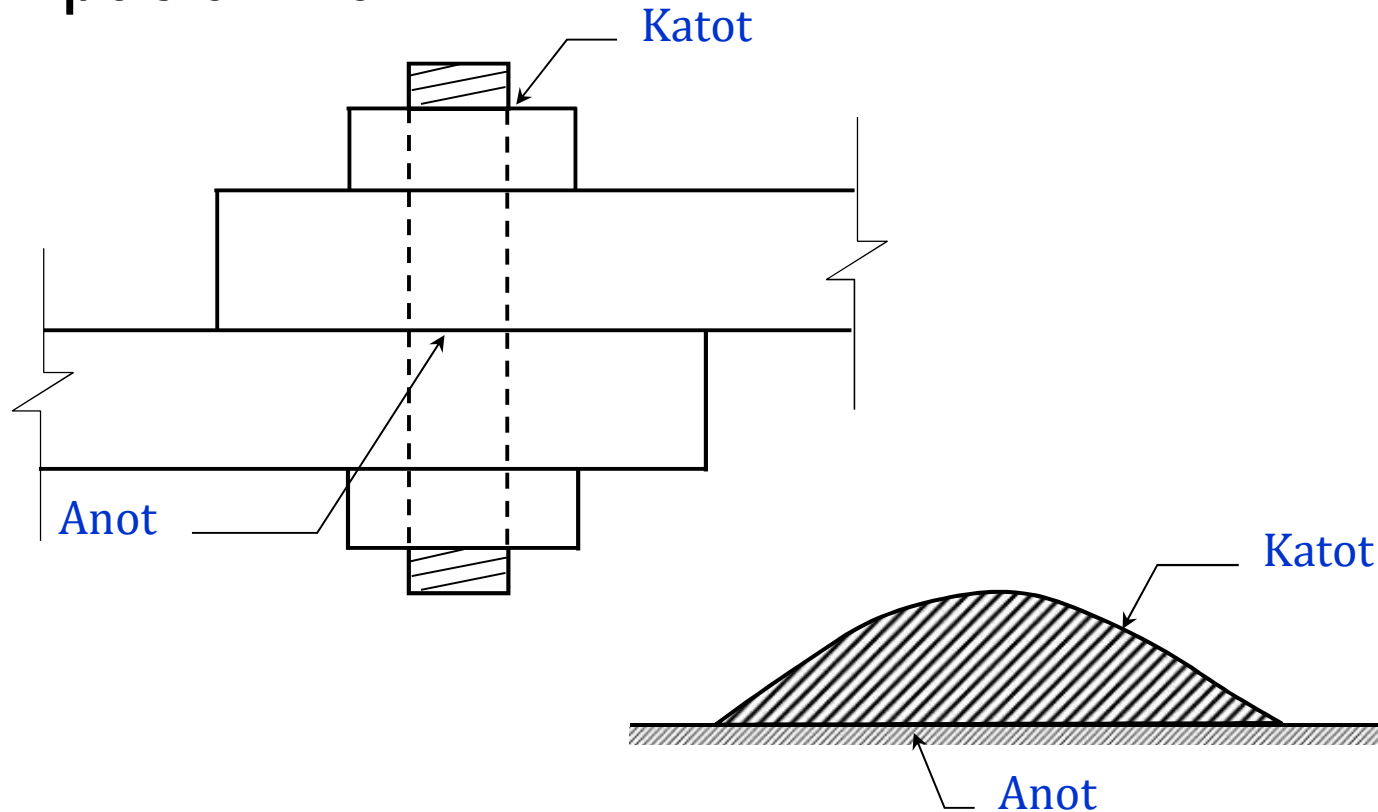


- **B) Gerilme Pilleri :** Gerilme etkisindeki atomlar en düşük enerjili denge konumundan ayrıldıklarından gerilmesiz bölgelere göre daha yüksek enerjiye sahiptirler. Bu nedenle gerilme etkisindeki atomların elektrolit potansiyelleri daha büyüktür ve anot reaksiyonu gösterirler.



- Eğilmiş veya burulmuş metallerde plastik şekil değişimi bölgeleri anot reaksiyonu gösterirler. Şekil 5.2’de görülen çubuğun eğilme bölgesinde korozyon daha şiddetli oluşur. Benzer şekilde soğuk burulmuş donatı çelikleri, sıcak haddelenmiş çelik çubuklara kıyasla daha hızlı paslanır.

- **C) Konsantrasyon Pilleri :** Elektrolitin konsantrasyonu elektrot potansiyelini etkiler. Konsantrasyonun yüksek olduğu bölgeler katot, düşük olduğu bölgeler anot reaksiyonu gösterir. Kapalı yerlerde oksijen azdır. Bu bölgeler oksijeni fazla olan açık bölgelere kıyasla daha şiddetli paslanırlar.



Korozyondan Korunma Yöntemleri

KOROZYON DENETİMİ VE ÖNLENMESİ

Malzeme seçimi:

- Metalik malzemeler
- Metalik olmayan malzemeler

Kaplama:

- Metalik kaplamalar
- İnorganik kaplamalar
- Organik kaplamalar

Tasarım:

- Aşırı gerilmelerden kaçınmak
- Farklı metallerin temasından kaçınmak
- Girintilerden kaçınmak
- Havayı uzaklaştırmak

Elektriksel koruma:

- Katodik koruma
- Anodik koruma

Ortam şartlarını düzeltme:

- Sıcaklığı düşürmek
- Ortamdaki sıvının hızını azaltmak
- Oksijeni ortamdan uzaklaştırmak
- Çözeltinin konsantrasyonunu düşürmek
- Korozyon önleyiciler kullanmak

Malzeme Seçimi

- Çevre koşullarına uygun malzeme seçilirken, daha önceki deneyimler göz önüne alınmalıdır. Korozyona karşı dayanıklı bir malzeme, daha uzun süreli olarak ve daha az bakım gerektirerek kullanılacağından, satış fiyatı fazla olmasına karşın, sonuçta ucuz bir malzemeye kıyasla daha ekonomik bir malzeme olabilir.

1. Metalik malzemeler

- Saf metaller yerine alaşımlarının kullanılması bir çok halde korozyona karşı dayanıklılığı arttırmaktadır. Benzer şekilde bir alaşım olan çeliğe az miktarlarda krom, nikel, bakır, fosfor gibi elementlerin katılması korozyona karşı dayanıklılığı büyük ölçüde yükseltmektedir.

Metalik olmayan malzemeler

- Polimer malzemelerin, metal ve alaşımlara kıyasla daha düşük dayanımda oldukları, korozyona dayanıklılık nedeniyle tercih edildikleri yerler sınırlıdır.

Kaplamalar

- **Organik Kaplamalar**
- **En çok kullanılan korozyona karşı korunma yöntemidir. En önemli organik kaplamalar; boyalar, cilalar, zift, yağ ve plastik kökenli malzemelerdir. Bazılarında (boya gibi) inorganik maddeler bulunmasına karşın, organik kökenli bileşenleri daha fazla olduğundan organik kaplama olarak sınıflandırılırlar. Organik kaplamalar yüksek sıcaklıklarda eriyebilmeleri nedeniyle dikkatle kullanılmalıdır.**

İnorganik Kaplamalar

- Genellikle seramik, çinko (galvanize etmek), kalay, emaye ve çimento gibi maddeler ile kaplanan malzemelerin korozyona dayanıklılıkları büyük ölçüde artar. Isıya ve aşınmaya karşı organik kaplamalardan çok daha fazla dayanıklıdır. Ancak sert olmalarına karşın darbeye dayanıklı olmadıklarından kırılabilirler.



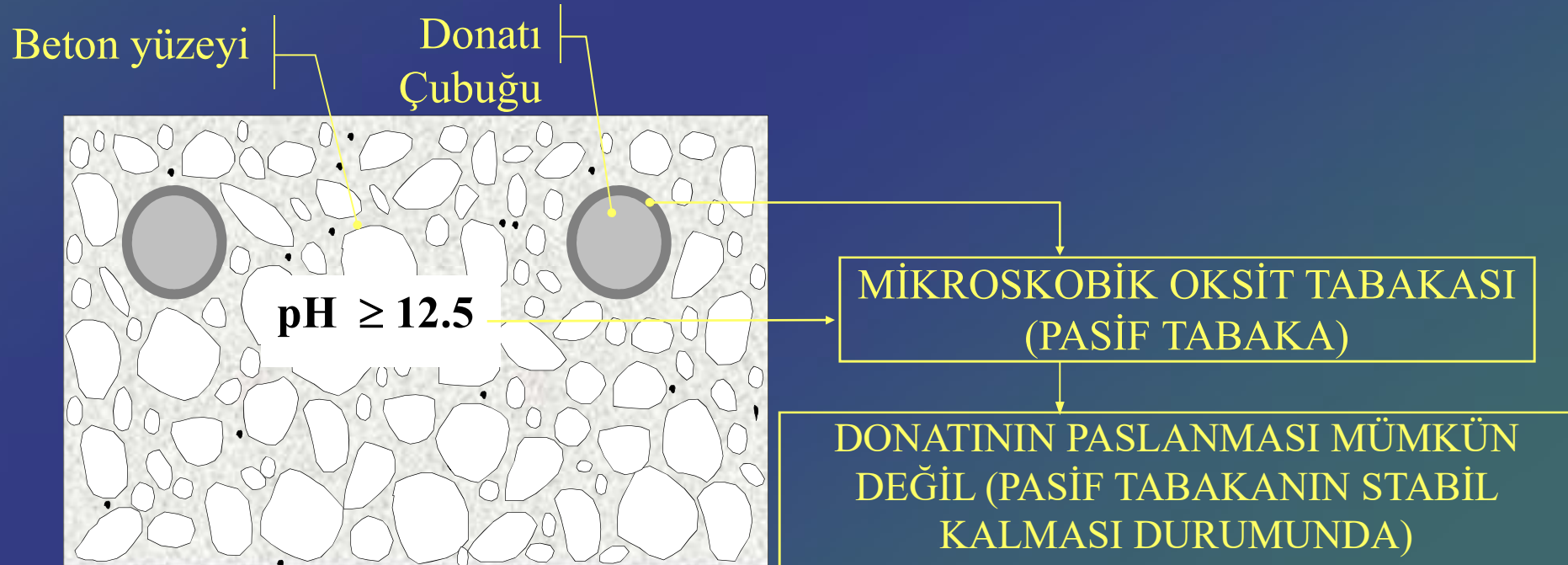
BETONUN ÇELİĞİ KOROZYONDAN KORUMASI

■ FİZİKSEL KORUMA

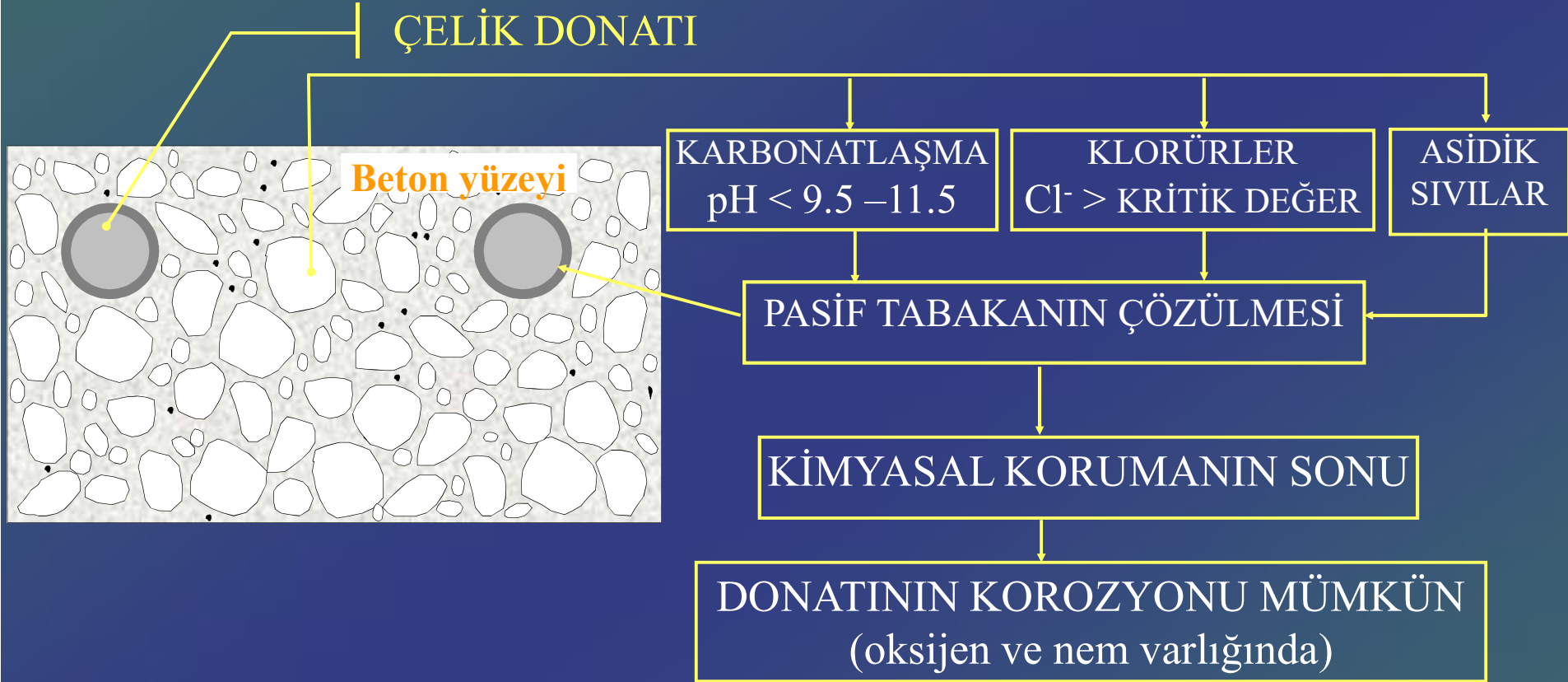
ZARARLI MADDELERİN, SUYUN KOLAYCA ÇELİĞE ULAŞMASININ ENGELLENMESİ (BETONUN GEÇİRİMSİZLİĞİNE ve PAS PAYI TABAKASI KALINLIĞINA BAĞLI)

■ KİMYASAL KORUMA

BETONUN ÇELİĞE YÜKSEK DERECEDEN ALKALİ BİR ORTAM SUNMASI ($\text{pH} \cong 12.6 - 13.5$) (PASSİVİZASYON)



BETONUN ÇELİĞİ KOROZYONDAN KORUMASI



GEÇİRİMLİ, YETERSİZ KALINLIKTAKİ PAS PAYI TABAKASI



FİZİKSEL ve KİMYASAL KORUMA YETERSİZ
KOROZYONUN KISA SÜREDE GÖRÜLMESİ MUHTEMEL



DENİZ SUYU ETKİSİ

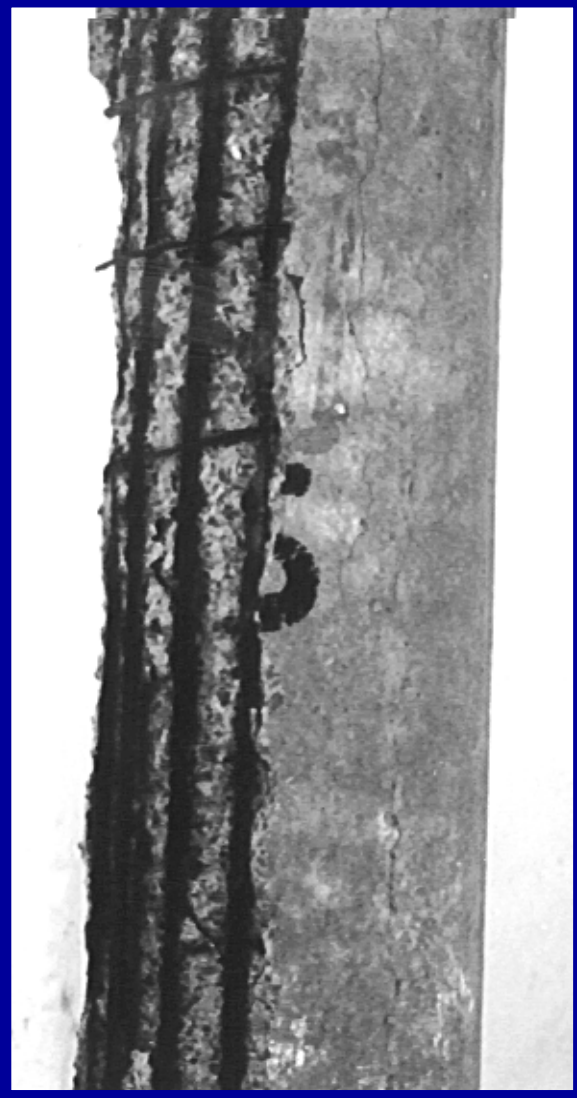
TUZLA İSKELESİ





ÇELİK DONATININ KOROZYONU

İzmir'de korozyon hasarına uğramış elektrik direkleri



ÇELİK DONATININ KOROZYONU





15 YILDA

$\phi 16$ DONATI



$\phi 11-12$

ÇEŞMEALTI'NDA
YAZLIK KONUT
DENİZE ~15m



ÇELİK DONATININ KOROZYONU



Metalik Kaplamalar

- Bu tip kaplamalar, korozyona karşı dayanıklılığı arttırmak için ve/veya güzel görünüm sağlamak amacıyla kullanılır. Kaplamalar ısısal, mekanik ve elektrokimyasal yöntemlerle korunması istenen yüzeyin üzerine uygulanır. Kaplama malzemesi korunması istenen yüzeye kıyasla anodik olmalıdır. Örneğin, demire kalay kaplama yapılmak istenirse, kalay demire kıyasla daha asal olduğundan, kaplama tabakasının gözeneksiz olması gerekir. Aksi takdirde iğne deliği gibi bir gözenekten korozyon hızla gelişebilir. Bu nedenle açılan konserve kutuları hava ile temas edince hızla kararır ve paslanır. Ancak, demirden daha az asal olan, 1 mm kalınlığında çinko ile kaplanan çeliğin endüstri bölgesi olmayan yerlerde 250 yıl dayandığı görülmüştür.



Metalik Kaplamalar

- Yapılarda en çok kullanılan metalik kaplama türleri, çelik üzerinde çinko, alüminyum, nikel ve krom kaplamalardır. Metalik kaplama genellikle sıcak daldırma veya püskürtme yöntemleriyle yapılır. Kaplama, yöntem ne olursa olsun, yeterince kalın, üniform ve gözeneksiz olmalıdır ve alt tabakaya yeterince yapışmalıdır.

Elektriksel Koruma

- 1. Katodik Koruma
- Normal olarak korozyona uğrayacak metale ters akım verilerek katodik hale dönüştürülebilir. Örneğin yeraltı çelik kablolarına bir bataryanın eksi kutbu bağlanacak olursa elektron kaybı önlenir, katoda dönüşen çelik hat en alt düzeyde paslanır.



1. Katodik Koruma

- Malzeme kendisinden daha az asal olan bir metale bağlanarak da korunabilir. Örneğin, yeraltı kablo boruları paralel çinko çubuk veya tele bağlanarak korunabilir. Gemi gövdelerine, su tankerlerine korozyondan korumak için çinko veya magnezyum çubukları bağlanır. Çubuklar daha az asal olduğundan anot, gövde ise katot olur. Böylece gövde yerine çubuklar korozyona uğrarlar. Bu çubuklar belirli sürelerde değiştirilerek korunması istenen yüzeyin sağlam kalması temin edilir.



2. Anodik Koruma

- Nispeten yeni bir yöntem olup dıştan verilen bir anodik akımın etkisiyle metal veya alaşımın yüzeyinde koruyucu bir film oluşturarak korozyon ortamındaki reaksiyon hızını düşürme esasına dayanır. Ancak bu koruma için karmaşık bir donanıma ve yüksek donanım maliyetine ihtiyaç vardır.





Dokuz Eylül Üniversitesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü



İNŞ2023 YAPI MALZEMESİ I

ÇEVRE ve KULLANIM KOŞULLARI

Dr. Öğr. Üyesi Çağlar YALÇINKAYA
www.caglaryalcinkaya.com