

YAPILARDA HASAR

(YPD 202)

Prof. Dr. Gülgün YILMAZ

Arş. Gör. Dr. Seyfettin Umut UMU

Hasar

Yapılardaki hasar ise beş gruba ayrılmıştır :

Hafif Hasar: İnce sıva çatlaklarının meydana gelmesi ve küçük sıva parçalarının dökülmesiyle tanımlanır.

Orta Hasar : Duvarlarda küçük çatlakların meydana gelmesi, oldukça büyük sıva parçalarının dökülmesi, kiremitlerin kayması, bacalarda çatlakların oluşması ve bazı baca parçalarının aşağıya düşmesiyle tanımlanır.

Ağır Hasar : Duvarlarda büyük çatlakların meydana gelmesi ve bacaların yıkılmasıyla tanımlanır.

Yıkıntı : Duvarların yarılması, binaların bazı kısımlarının yıkılması ve derzlerle ayrılmış kısımlarının bağlantısını kaybetmesiyle tanımlanır.

Fazla Yıkıntı : Yapıların tüm olarak yıkılmasıyla tanımlanır.

Hasar

Deprem Etkisindeki Yapılar ve Hasar Durumları

**KÜÇÜK
DEPREMLERDE
M=1-4**

- Yapı şekil değiştirmesi elastik sınırlar içinde kalmalı
- Kılcal sıva çatlakları olabilir
- Yapının bir deprem yaşadığı belli olabilir
- Yapı içindekiler hareket halinde iseler depremi hissedemezler

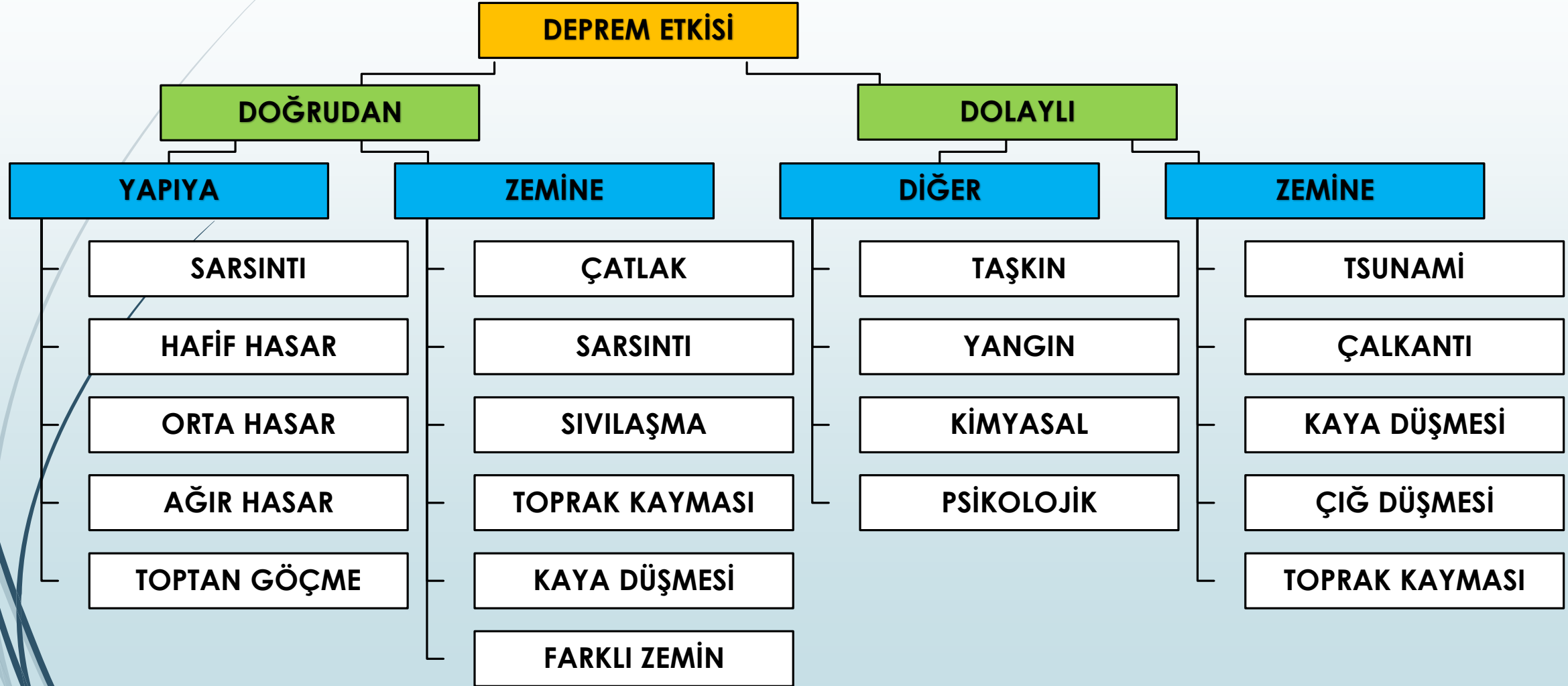
**ORTA
BÜYÜKLÜKTEKİ
DEPREMLERDE
M=5-7**

- Yapı elastik sınırlar ötesine geçebilir
- Kolon ve duvar arası çatlaklar olabilir
- Pencereler tam kapanmayabilir
- Kirişlerin kolonlara yakın kısmında kesme çatlakları olabilir
- Bina içindekiler depremi hissedeler
- Balkon gibi çıkmalarda hasarlar oluşabilir
- Gevrek yüzey kaplamalarında belirtiler olabilir (mermer tipi kaplamalar düşebilir)
- Taşıyıcı sistemde önemsiz onarılabılır hasar olabilir

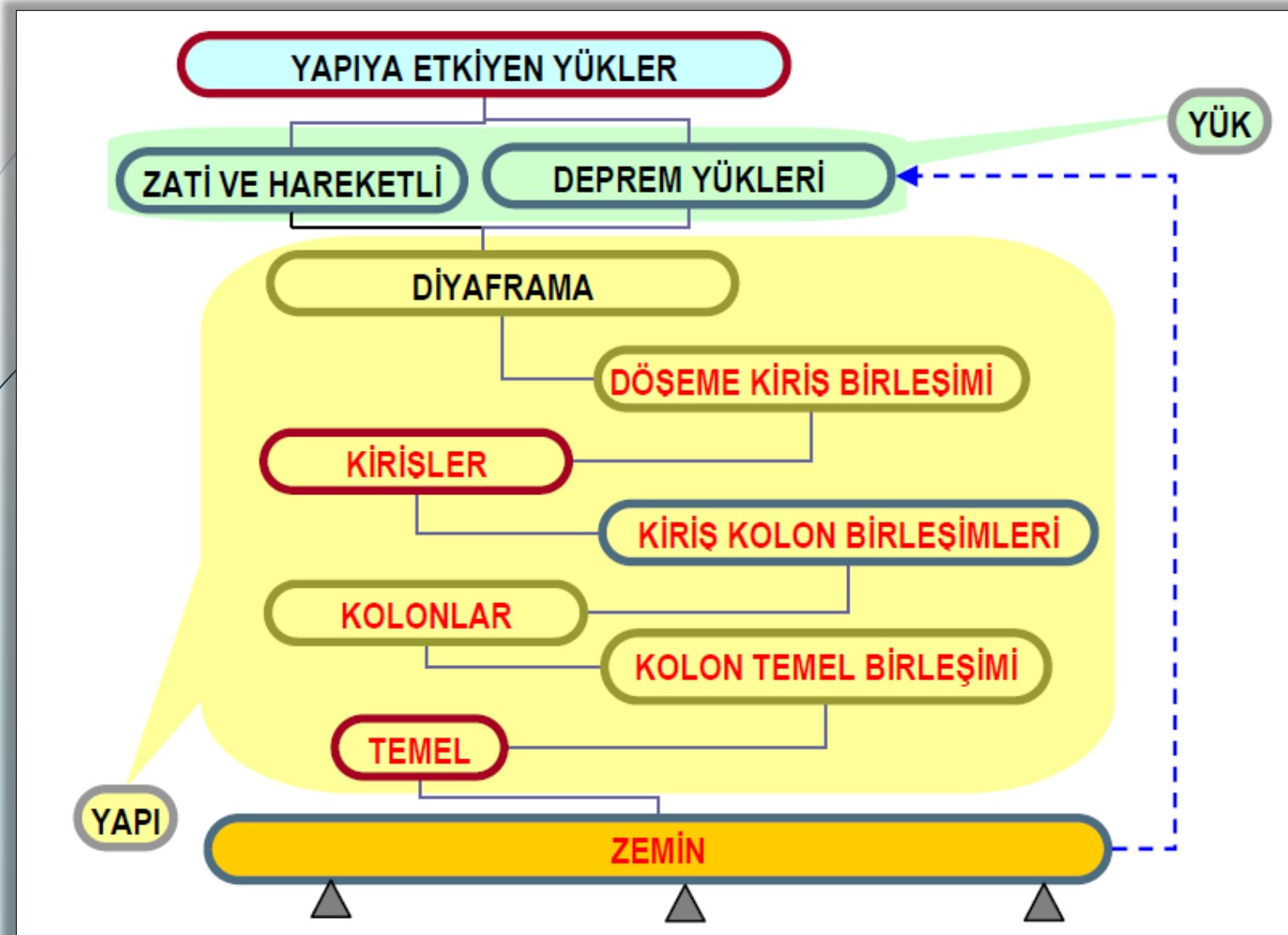
**BÜYÜK
DEPREMLERDE
M=7-8**

- Kirişlerde büyük hasar olabilir
- Kolonlardaki donatılarda burkulma gibi şekil değiştirmeler görülmemeli
- Kolonlar ekseninden max. 2 – 4 sapmalı ve boyu max 1 – 3 cm kısalmalı
- Binada toptan göçme olmamalı
- Can ve mal kaybı olmamalı

Hasar



Hasar



Hasar

BİNALARIN DEPREM HASARLARINI KOLAYLAŞTIRAN NEDENLER

- Bina yapılırken yeraltı suyunu alacak drenajın yapılmaması.
- Bina temeli yakınında yapılan fosseptiklerin temele su bırakması.
- Dökülen betonlarda vibratörün kullanılmaması (gerekli beton sıkıştırmasının yapılmaması)
- Taşıyıcı perdelerin köşelerinde perde uç bölgesinin yapılmaması.
- Kiriş ve kolon demirlerinin ekleme kısımlarının kısa tutulması.
- Betonun işçiliğini kolaylaştırmak için fazla su kullanılması. Kalitesiz beton
- Zemin emniyet gerilmesinin ezberle alınarak proje yapılması.
- Kolon ve kiriş birleşim yerlerinde etriye sıkıştırmasının yapılmaması. Kolon ve kiriş etriye bindirme paylarının kısa tutulması, bağ tellerinin kısa kesilmesi.
- Beton dökülmeden önce kiriş ve kolon diplerinin tozlu, kirli ve talaşlı bırakılması.
- Sıcak havalarda betonun ani su kaybını önlemek için gerekli ölçüde sulamanın yapılmaması. Rötne çatlaklarının oluşması.
- Kiriş olmayan döşemelere taşıyıcı veya bölücü duvarların örülmesi.
- Duvar, kolon ve kirişlerdeki işçilik hatasını örtmek için kalın bir sıva tabakasının oluşturulması.

Hasar

BİNALARIN DEPREM HASARLARINI KOLAYLAŞTIRAN NEDENLER

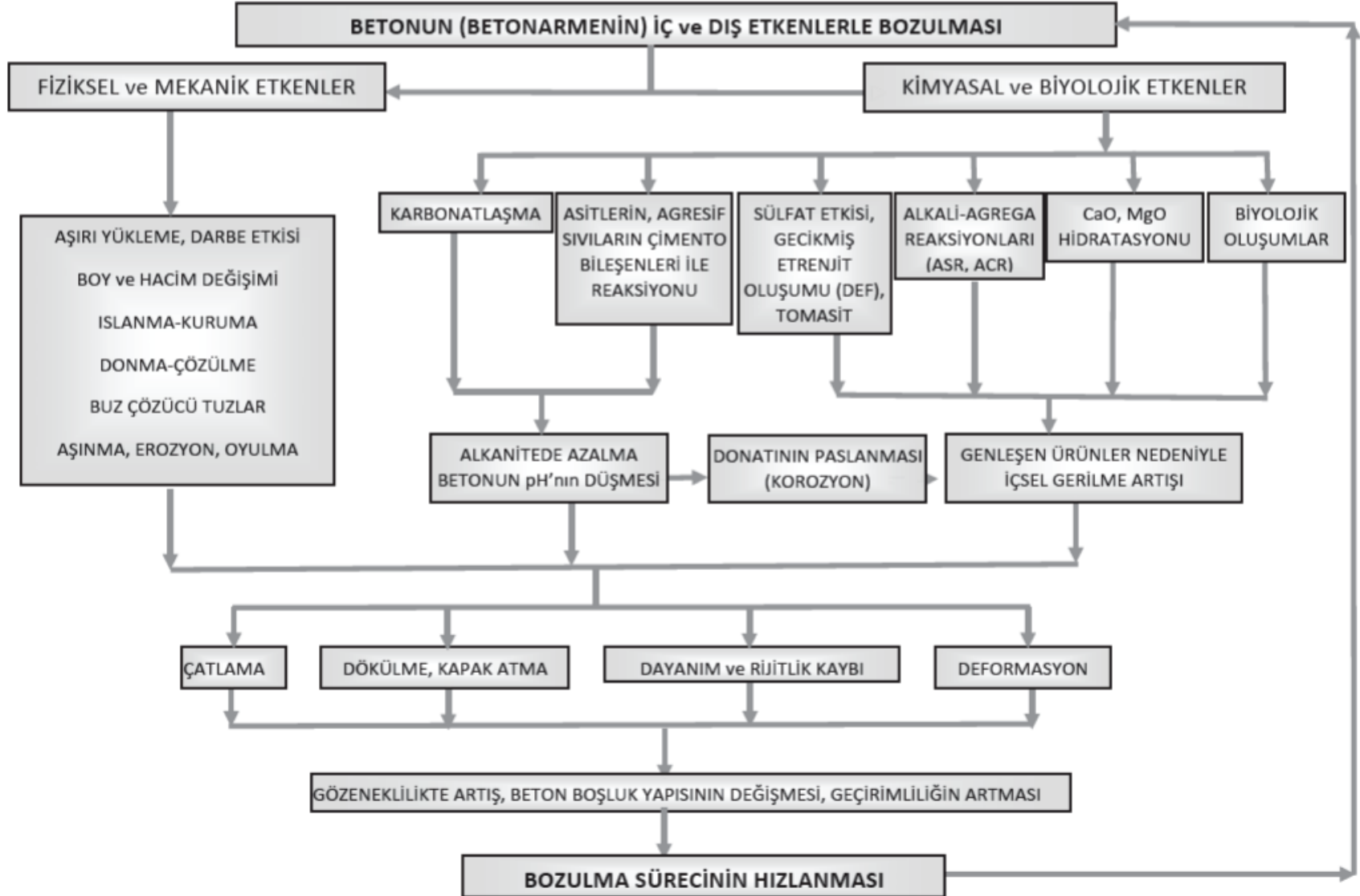
- Midyeli ve micirsız deniz kumunun kullanılması. Kalitesiz agrega
- Çok sulu ve deniz kumuyla dökülen betonun paslanmayı hızlandırması. Oksitlenmeyle ortaya çıkan donatı zayıflamaları ve sıyrılmalar.
- Binaların çatısından gelen suların temele akması.
- Kolon aplike yönlerinin bir üst katlarda değiştirilmesi. Ayrıca tek istikamette tasarımın yapılması. Dizayn yetersizliği
- Beton döküldükten sonra yeteri miktarda ve sürede sulanmaması (özellikle yaz aylarında)
- Yapılmış olan binaların yanlarında yapılacak bina hafriyatlarının temel altına kadar inmesi ve gerekli önlemlerin alınmaması.
- Yapılmış olan veya yapılması gerekli olan kiriş ve kolonların iptal edilmesi. Zayıf ya da yumuşak kat oluşumu
- Kirişsiz balkonların üzerine sonradan duvar örülerek içeri alınması.
- Mevcut binaların bodrum veya zemin katlarının sürekli olarak sulu bırakılması.
- Bodrum veya zemin katlarda kolon ve kirişlerin kırılarak, hatta demirlerinin kesilerek tesisat borularının geçirilmesi veya asılması.

Hasar

BİNALARIN DEPREM HASARLARINI KOLAYLAŞTIRAN NEDENLER

- İnşaat işçilik kalitesinde düşüklük
- Yapıların kesme-çerçeve-sistem çalışma eksikliği
- Döşemelerin rijit diyafram kabulüyle dinamik hesaplarda göz önüne alınmasına ve Modellenmesine rağmen nervürlü döşemelerin rijitliği bir yönde bozması ve nervür kiriş mesnetlerinin moment almaması
- Kolon kiriş birleşim noktalarında oluşan göçmeler (Kuvvetli kolon – zayıf kiriş yada tersi zayıf kolon – kuvvetli kiriş davranışları)
- Perde kolonların kesme göçmeleri (Yetersiz etriye ve sıklaştırma sorunlu, kafa kolon tertibi yok)
- Yakın fay etkisinin (Büyük Hız ve Büyük Periyod Etkisi) şartnamelerde henüz tam şekillenmemiş olması
- Zemin bilgisi eksikliğinin doğurduğu yetersiz temel dizaynları (sıvılaşma, zeminin kesme göçmeleri, farklı oturmalar yada dönmeler ve yamaç etkilerinin tam olarak hesaba katılmaması)

Hasar



Hasar

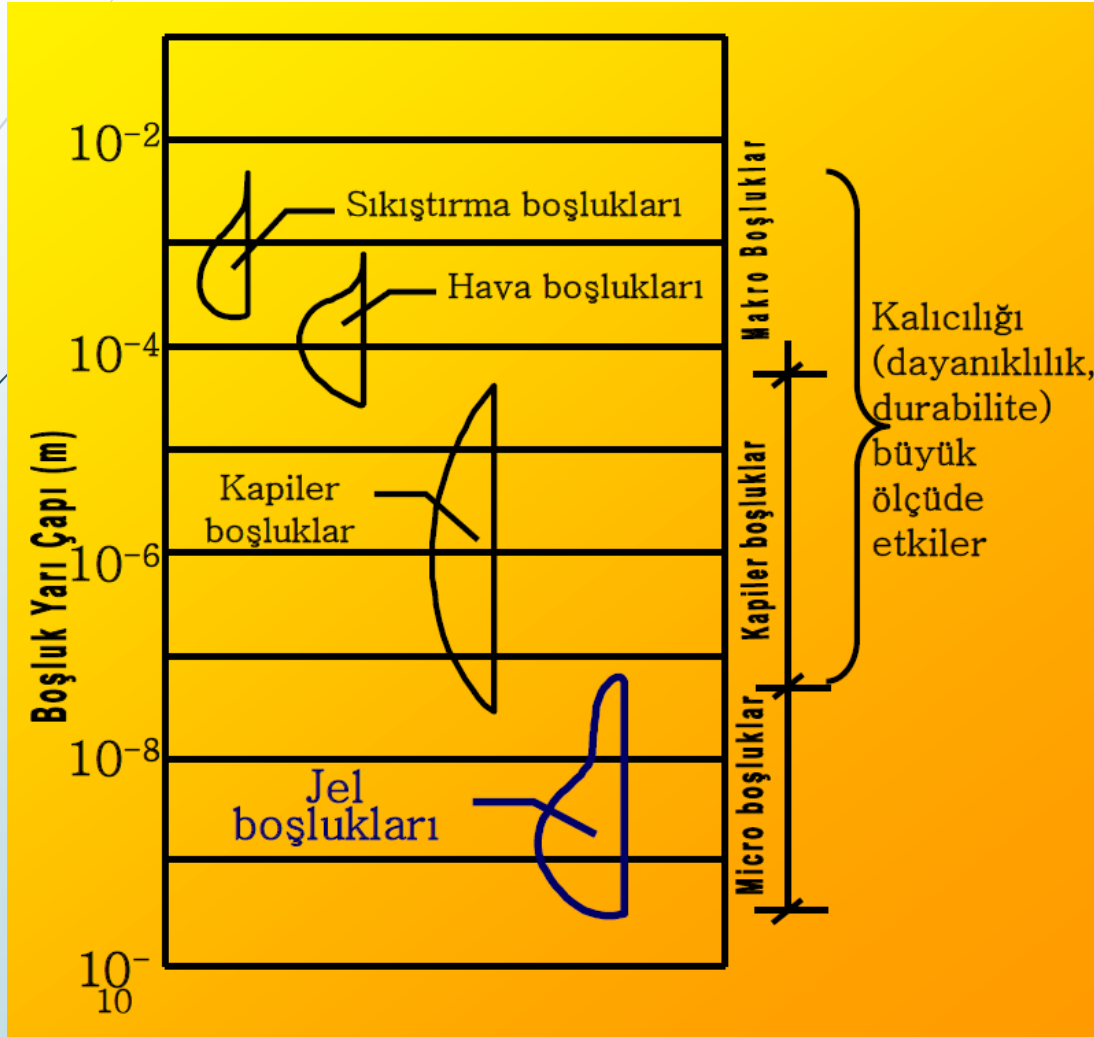
MÜHENDİS - MİMARIN GÖREVİ YAPININ;

İSTENEN DAYANIMDA → BELİRLİ BİR GÜVENLİKLE YÜKLER TAŞINMALI
DAYANIKLI (DURABİLİTE) → KALICI DENECEK KADAR UZUN ÖMÜRLÜ
EKONOMİK → KİT KAYNAKLARIN VERİMLİ KULLANIMI
İŞLEVSEL-FONKSİYONEL → İHTİYACA CEVAP VEREN
GÜZEL- ESTETİK → İNSAN DOĞASI

OLMASINI SAĞLAMAKTIR

Yapı Çatlakları

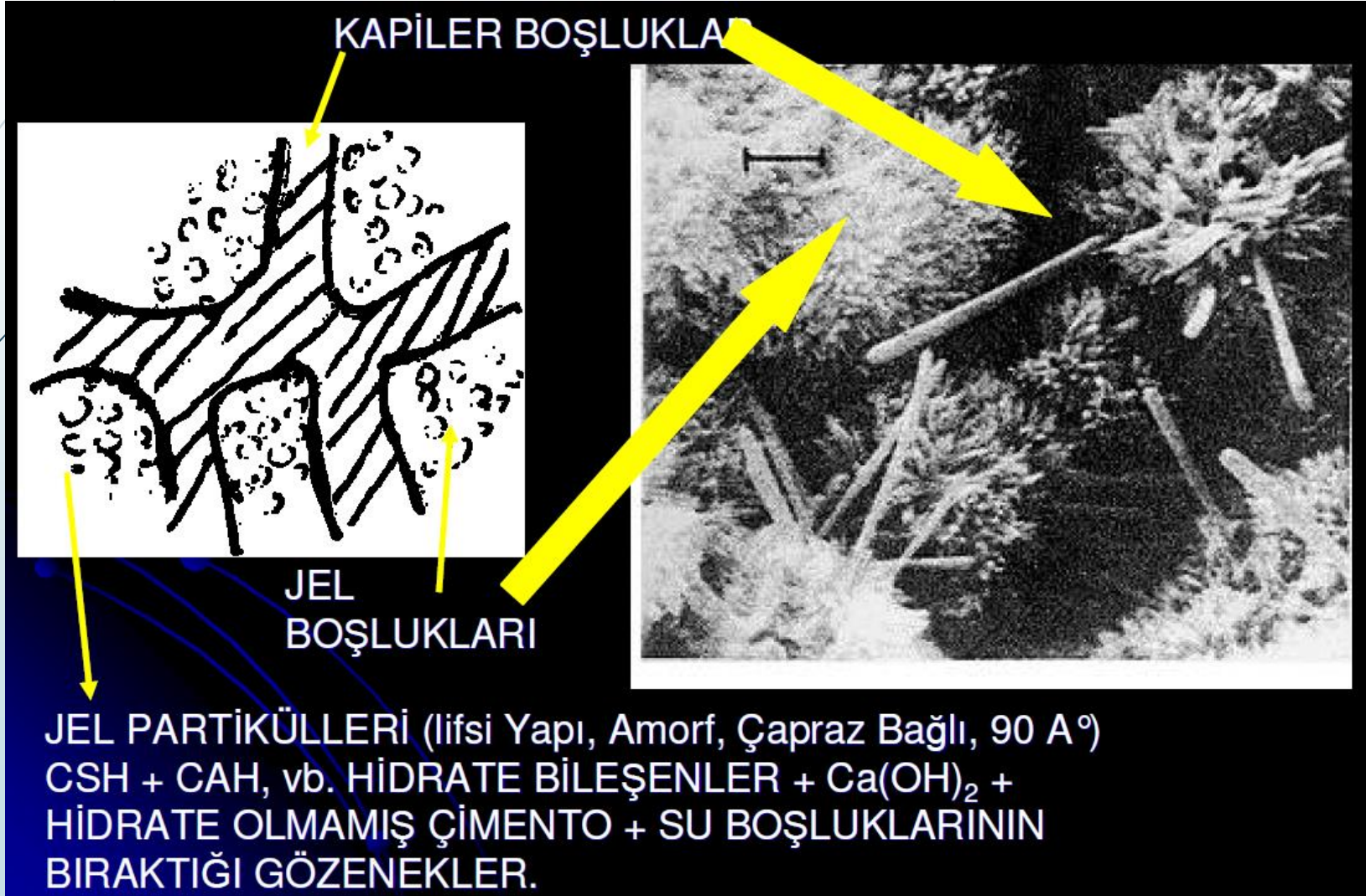
ÇİMENTO HARCI – BOŞLUKLU YAPISI



- SIKIŞTIRMA BOŞLUKLARI
- HAVA BOŞLUKLARI
- KAPİLER BOŞLUKLAR
- JEL BOŞLUKLARI

Yapı Çatlakları

ÇİMENTO HARCI – BOŞLUKLU YAPISI



Yapı Çatlakları

BETONUN GEÇİRİMLİLİĞİ

BETONUN GEÇİRİMLİLİĞİ BÜYÜK ÖLÇÜDE ÇİMENTO HARCINA BAĞLIDIR!

- JEL BOŞLUKLARI ÇİMENTO HARCININ ~ %28 (SU MOLEKÜLÜ BOYUTU) TEHLİKESİZ
- KAPİLER BOŞLUKLAR ÇİMENTO HARCININ ~ %40-%50 (AĞ ŞEKLİNDE, PERMEABİLİTE, DONMA ÇÖZÜNME) TEHLİKELİ

BOŞLUKLARIN

- MİKTARI
- TİPİ
- DAĞILIMI
- ÇATLAKLAR



PERMEABİLİTE

- DURABİLİTE
- GÖRÜNÜM
- SAĞLIKLI ORTAM

Yapı Çatlakları

ÇATLAK NEDİR ?

Betonda; sertleşmeden önce, sertleşme esnasında ve sertleştikten sonra

- Fiziksel
- Kimyasal
- Termal
- Yapısal etkenler

sonucunda oluşan önce yüzeyde görülebilen, sebeplere göre çeşitli şekiller ve farklı uzunluk, genişlik ve derinliklerde meydana gelen ayrılmalara çatlak denir.



Yapı Çatlakları

ÇATLAKLARIN GENEL ÖZELLİKLERİ

Yapılardaki hasarların belirtisi fazla sehim, çatlak ve bazen titreşimdir. Genellikle ilk aşamada aşırı sehim göze çarpar. Bazen aşırı sehimden elemanın kendisinde çatlak oluşmaz fakat taşıdığı başka elemanda çatlak oluşur. Çatlama hızla girilen ikinci aşamadır. Çatlak niteliği ile ilgili parametreler vardır. **Birincisi çatlağın yeri, ikincisi genişliği, bir diğeri ise yeni ya da eski oluşudur.**

Çatlağın yerinin önemi şu şekilde anlatılabilir. Çatlaklar önce gevrek elemanlarda oluşur. Çatlak, sehim ve deformasyon o elemanın elastik yük taşıma limitinin üzerinde zorlanmakta olduğunu gösterir. Çatlak taşıyıcı ya da taşıyıcı olmayan elemanlarda olacaktır. Çatlağın olduğu yerde elastik olarak taşınabilen büyük çekme kuvveti etkimektedir. Basınç etkisi altındaki hasar ezilme şeklindedir. Ancak bu etkiye dik yönde yine de çekme kuvvetleri oluştuğundan yine çatlak ve kesme kuvveti vardır. Beton ve yığma kagir yapı malzemesinin basınç dayanımı çekme dayanımının çok üzerinde olduğu için önce çekme çatlakları oluşur.

Yapı Çatlakları

ÇATLAKLARIN GENEL ÖZELLİKLERİ

Taşıyıcı olmayan elemanlardaki çatlak genellikle bu elemanın üzerinde oturduğu ya da taşındığı elemanda **aşırı deformasyon ya da sehim sonucudur**. Eğer bu taşıyıcı elemandaki sehim ve deformasyon daha da artarsa taşıyıcı elemanın kendisinde de çatlama olacaktır. Bu nedenle taşıyıcı elemandaki çatlak her zaman daha ileri bir hasar aşamasıdır ve daha tehlikelidir.

Betonarme taşıyıcı elemandaki çatlak çekme kuvvetleri taşıyan donatının akma birim deformasyonun üzerinde kalıcı deformasyon yaptığı ve uzadığının da bir göstergesidir. Çatlak boyutlarından donatının birim uzaması ve ulaştığı gerilme tahmin edilebilir.

Yapı Çatlakları

ÇATLAKLARIN GENEL ÖZELLİKLERİ

Çatlağın yeni ya da eski oluşu bu olaya yol açan etkinin o anda sürüp sürmediğinin işaretidir. Çatlakta toz, toprak, örümcek ağı, böcek kozası ya da yuvası ve benzeri yabancı maddelerin bulunması ya da çatlağın her iki yüzeyindeki sıva ya da malzemede oksitlenme belirtilerinin bulunması çatlağın eski olduğunu gösterir. Ancak eski bir çatlağın deprem ya da başka nedenlerle yeniden genişlemesi ya da ilerlemesi de sık görülen bir olaydır.

Çatlağın onarılmış olması ve onarımdan sonra yeniden açılması gibi belirtiler çatlağı yaratan etkinin sürdüğünü gösterir. Çatlağın eski ve durmuş olması çatlağa yol açan etkinin bir dengeye ulaştığına ve daha fazla genişlemesini önleyen karşı etkinin oluştuğunun göstergesidir. Örneğin çatlağı kesen donatılar plastik deformasyon yaparak pekleşmiş ve daha yüksek gerilmeler taşımaya başlamıştır.

Yapı Çatlakları

ÇATLAKLARIN GENEL ÖZELLİKLERİ

Çatlakların oluş nedeni eleman üzerindeki görünüşleri, biçimleri, genel gidişleri ve benzeri faktörlere bakılarak değerlendirilir. Bu çatlak biçiminden yola çıkılarak çatlağa sebep olan etmenler teşhis edilip çözümler üretilebilmektedir.

Genel olarak bütün çatlaklar açılır ve kapanır. Zemin oturmaları ile olan çatlaklar zemindeki mevsimlere bağlı kuruma ve ıslanma ile olan hacim ve taşıma gücü değişimlerinden etkilenerek açılıp kapanabilir. Aynı şekilde sıcaklık değişimleri de genleşme çatlakların açılıp kapanmasına yol açar. Yapının normal kullanımının getirdiği hareketli yüklerdeki değişimler de çatlakların açılıp kapanmasına neden olabilir.

Yapı Çatlakları

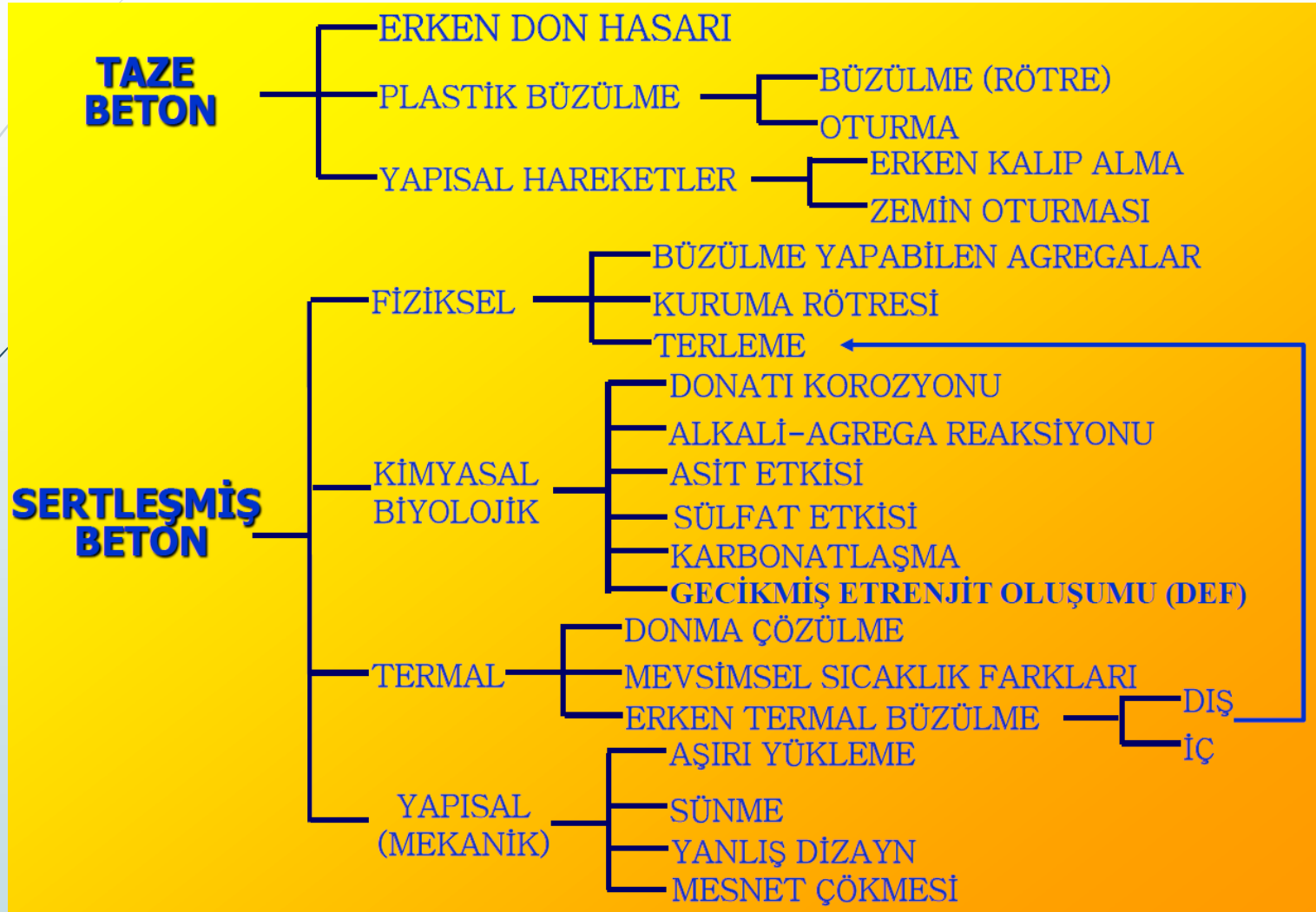
ÇATLAKLARIN SEBEPLERİ

- Dizayn hataları,
- İnşaat esnasında fazla yüklemeler
- Hızlı ve kısa inşaat metotları
- İnşaat malzemelerinin hatalı kullanımı
- Beton karışımını meydana getiren elemanların hatalı seçimi
- Uygun olmayan beton karışım dizaynı
- Üretim ve nakliyedeki hatalar
- Yerleştirme ve sıkıştırmanın iyi yapılmaması
- Zararlı çevre şartlarına karşı betonun korunmaması
- Doğru kür metodunun uygulanmaması

gibi sebepler betonda çatlakların oluşmasına yol açar. Çatlakların oluşmasına tesir eden pek çok faktör esas olarak yapısal ve yapısal olmayan çatlaklar olarak değerlendirilir.

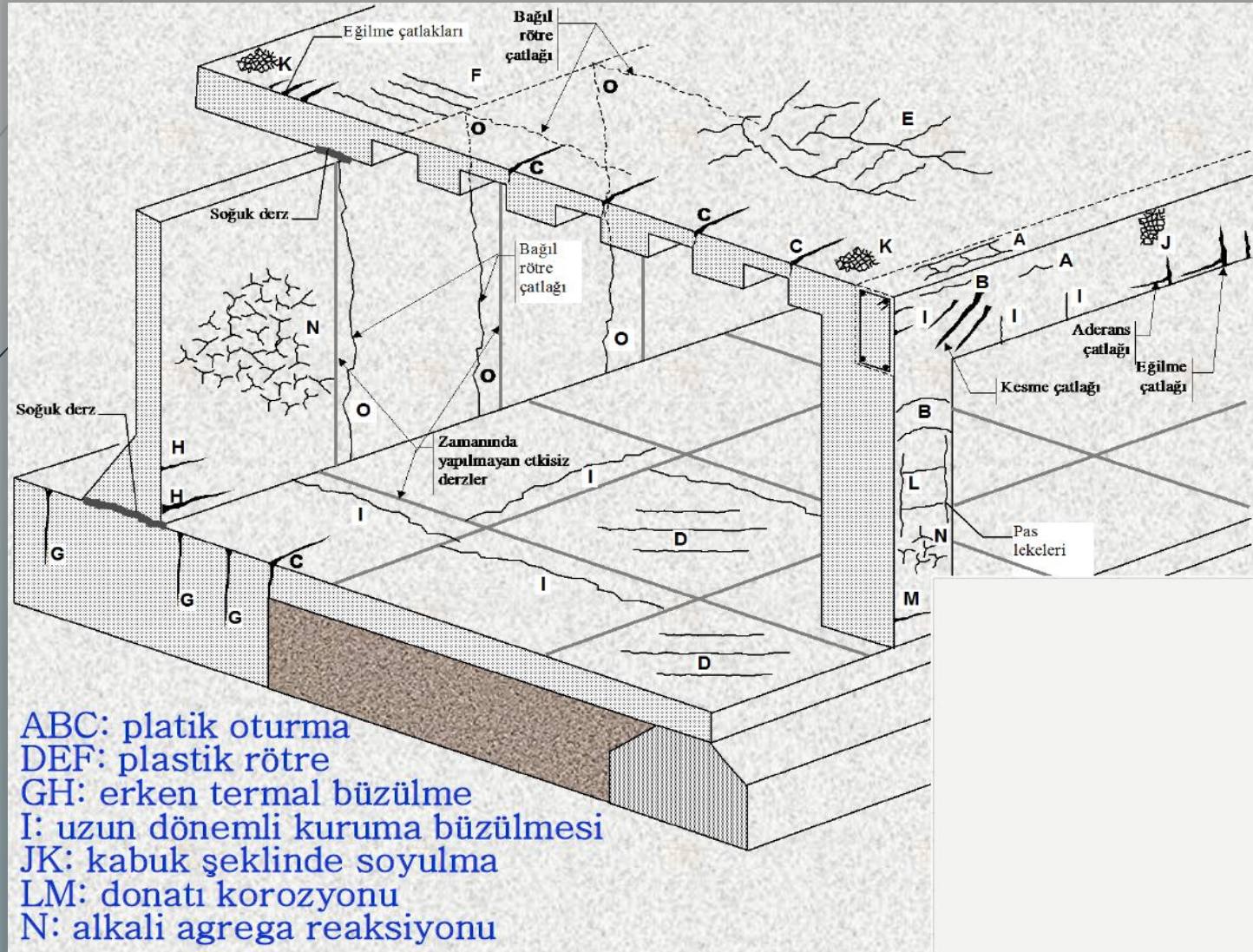
Yapı Çatlakları

GENEL OLARAK ÇATLAK TİPLERİ ve OLUŞUMLARI



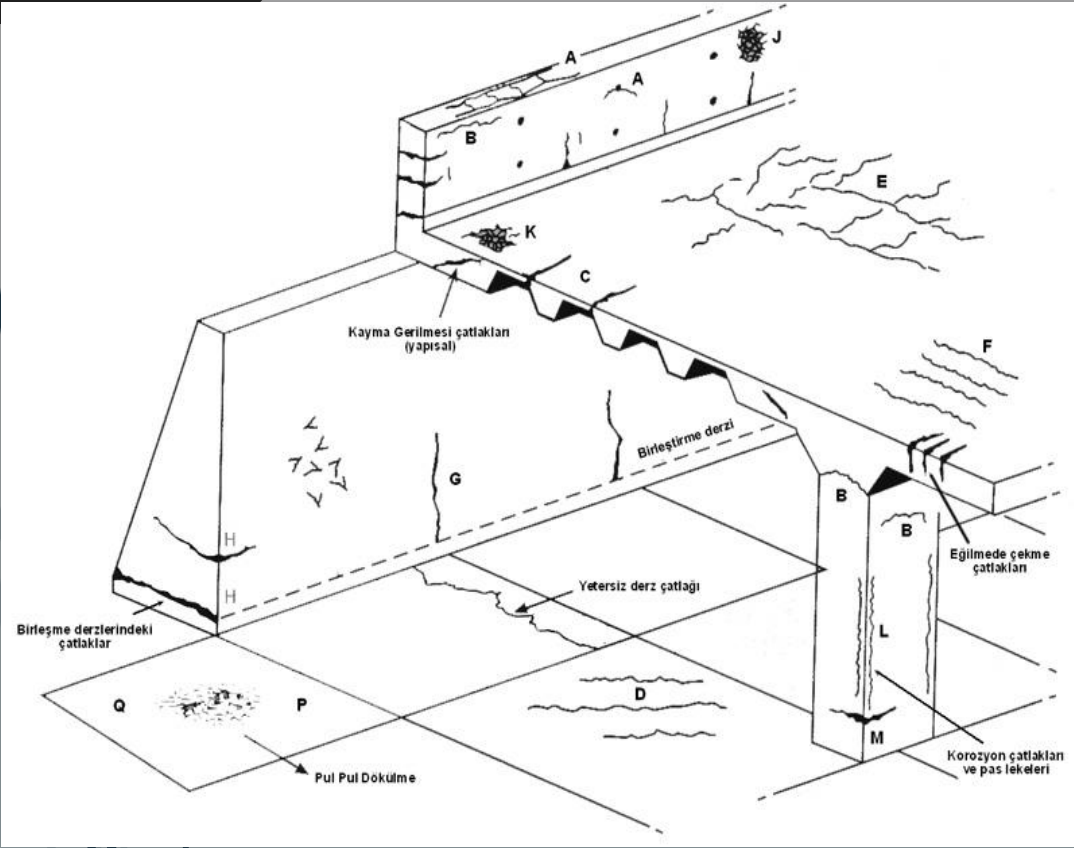
Yapı Çatlakları

GENEL OLARAK ÇATLAK TİPLERİ ve OLUŞUMLARI



- ABC: plastik oturma
- DEF: plastik rötre
- GH: erken termal büzülme
- I: uzun dönemli kuruma büzülmesi
- JK: kabuk şeklinde soyulma
- LM: donatı korozyonu
- N: alkali agrega reaksiyonu

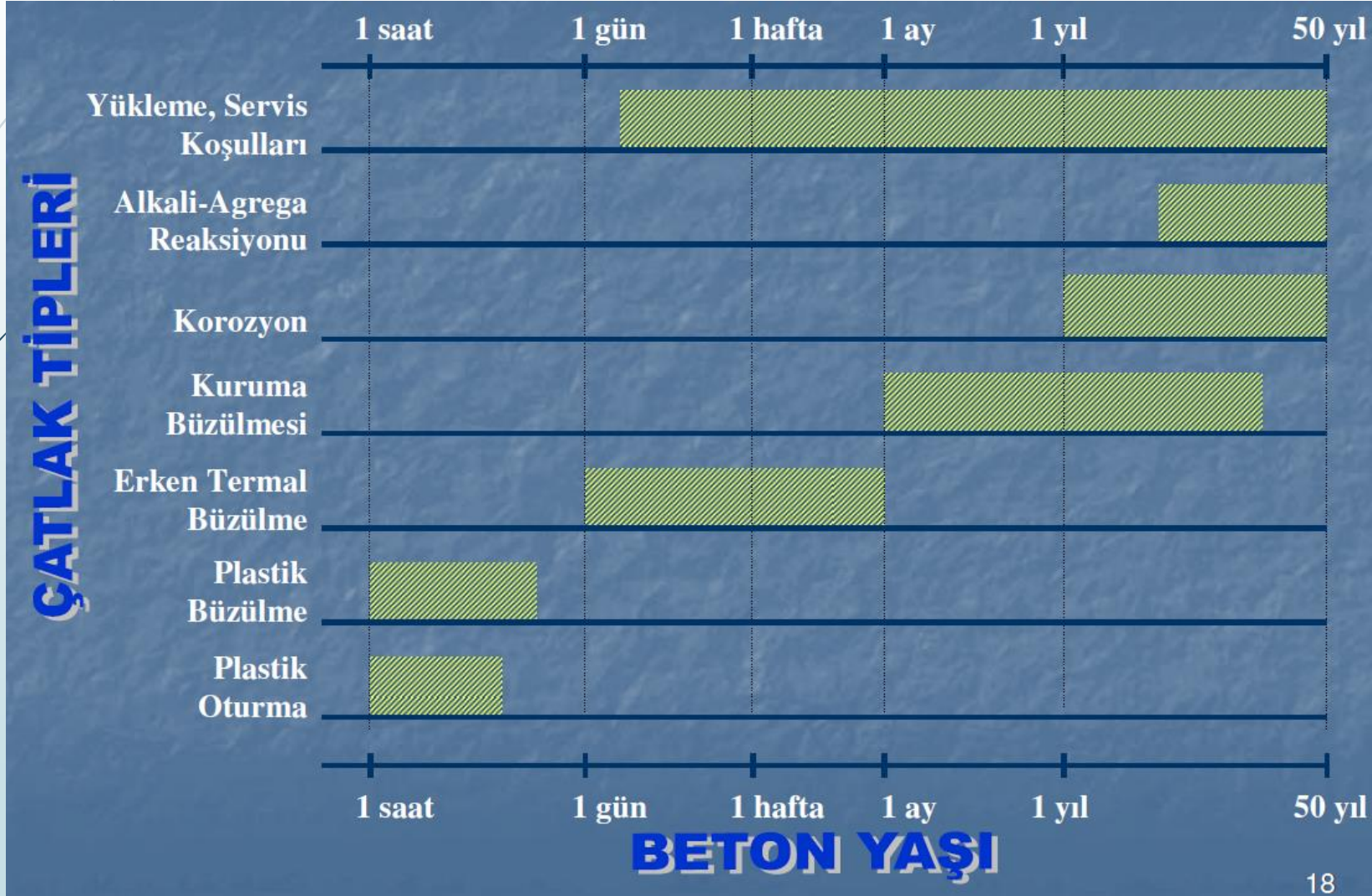
Yapı Çatlakları



Çatlak Tipi	Sembölü	Oluşum Süresi	Oluşma Sıklığı	En Çok Görülen Yer	Asıl Sebep	İkincil Sebepler Etkenler	Alınacak Önlemler	Yorum
Plastik Oturma	A	On dakikadan üç saate kadar	Oldukça sık	Derin kesimler	Aşırı terleme karışım içindeki daha ağır parçaların çökmesi.	Hızlı erken kuruma koşulları, güneş ve rüzgara maruz yerler. Geciktirici katkıları ve çimento özelliklerinden dolayı yavaş priz alma.	Beton hala plastikte tekrar vibratör tutul. Kuru hava koşullarından koruyun. Terlemeyi azaltın. Hava sürükleyicili beton kullanın.	Çatlaklar genellikle zorlamaların doğrultusunda görülür, kesit derinliklerinde değişirler.
	B			Kolonların üstleri				
	C			Dişli ve kaset döşemeler				
Plastik Büzülme	D	Otluz dakikadan altı saate kadar	Çok sık	Yollar ve döşemeler	Güneş, rüzgar gibi hızlı erken kuruma koşulları yüzünden beton yüzeyinden buharlaşan suyun, betonun terlemesinden daha fazla olması ile beton yüzeyinde büzülme. Yukarıdaki gibi, ayrıca yüzeye çok yakın donatı.	Düşük terleme oranı.	Yukarıda yazılanlara ilaveten, erken küri geliştirin (Yüksek nem sağlayın). Betona polypropylene lifler katın. Erken küri uygulayın.	Çatlaklar nadiren elemanın sonuna kadar ilerler veya 1 m'den daha uzun olur. Agrega danelerine ilerlemezler.
	E			Betonarme döşemeler				
	F			Betonarme döşemeler				
Erken Termal Büzülme	G	Bir günden iki veya üç haftaya kadar	Oldukça sık	Kalın duvarlar	Çimento hidratasyonu ile aşırı ısı oluşumu.	Hızlı soğuma. Yetersiz donatı dağılımı. Fazla derz boşluğu.	Düşük ısı çimento kullanılarak ısıyı azaltın veya izolasyon yapın. Donatı dağılımını artırın. Çelik lif donatı katın.	Çatlakların kontrolü ve özellikle kaplama, döşeme ve duvarlarda derz boşluklarının tayini için tasarımcı, betonun termal özelliklerini göz önünde bulundurulmalıdır.
	H			Kalın döşemeler				
Uzun Vadeli Kuruma Büzülmesi	I	Birkaç hafta veya ay	Nadir	İnce döşemeler (ve duvarlar)	Yetersiz derzler yanlış tasarım.	Aşırı büzülme (büzülebilir agrega). Yetersiz küri. Yetersiz donatı dağılımı.	Su muhtevasını azaltın. Küri uygulayın. Donatı dağılımını artırın. Düşük büzülmeli agrega kullanın.	Genellikle temel bir tasarımdan veya inşaat hatasından kaynaklanır.
Yüzeysel İnce Çatlak	J	Bir günden yedi güne kadar bazen daha da geç	Sıkça	Brüt Beton	Geçirimsiz kalıp.	Çimentoca zengin yüzey. Yetersiz küri.	Kalıbın beton temas yüzeyini değiştirin.	Harita çatlakları şeklinde belirir. Genellikle zaman içinde daha iyi görünür. Nadiren estetik bir problemin ötesine taşar.
	K		Çok	Döşemeler	Fazla perdahlama.	Kalıp yakınında aşırı vibrasyon uygulaması	Küri uygulamasını ve perdahlamayı iyileştirin.	
Donatının Korozyonu	L	İki yıldan daha uzun sürede	Eski betonda çoklukla	Kolonlar ve kirişler	Pas payı yetersizlikleri	Uygun beton sınıfı (geçirimsiz). Yetersiz küri. Yetersiz sıkıştırma.	Pas payını artırın. Yüksek beton sınıfı. İyi sıkıştırma. İyi küri. Klorürsüz hızlandırıcı kullanın. Uzmanlarca tamiri mümkün.	Donatı korozyona uğrayıp genişleyerek beton çatlatır. Çatlaklarda genellikle pas lekeleri görülür.
	M			Prekast beton. Donma-çözülme veya deniz tuzlarına maruz betonlar	Aşırı kalsiyum klorür. Klorür geçişleri.			
Alkali Silika Reaksiyonu	N	Beş yıldan daha uzun sürede	Çok nadir	Islak hacimler	Çimentodaki alkaller, suyun varlığı halinde agregadaki reaktif bileşenler ile reaksiyona girip su emen ve genişleyen bir jel oluştururlar.	Çimentodaki alkaller, suyun varlığı halinde agregadaki reaktif bileşenler ile reaksiyona girip su emen ve genişleyen bir jel oluştururlar.	Tamiri mümkün değildir. Ancak görüldüğü kadar önemli değildir. Önlemler konusunda beton üreticisine başvurun.	Çatlaklar harita şeklindedir. Bazen çatlaklardan beyaz bir jel sızar.
Erken Donma Hasarı	P	1-24 saat	oldukça sık	İnce kesitler ve döşemeler	Taze betondaki su donar ve genişler.	Küri ve izolasyon şartlarının yerine getirilmemesi.	Küri sürecinin sonuna kadar betonu +5°C'nin üzerinde tutun. İzolasyon uygulayın.	Donma hasarlı betonda yapısal mukavemet YOKTUR. Değiştirilmelidir.
Donma Çözülme Hasarı	Q	Beton sertleştikten herhangi bir zaman sonra	Oldukça sık	Kaplamalar	Su sertleşmiş betonun yüzeyinden sızarak donar, genişleyerek yüzeyi çatlatır ve ufalar	Uygun olmayan beton sınıfı ve türü. Yetersiz küri.	İyi kalitede, hava sürükleyicili beton kullanın. Yeterli küri uygulayın.	Buz çözücü tuzlar durumu şiddetlendirir.

Yapı Çatlakları

ÇATLAK TIPLERİNE GÖRE OLUŞUM ZAMANLARI



Yapı Çatlakları

YAPISAL ÇATLAKLARIN SEBEPLERİ

- Proje tasarımındaki hatalar,
- Tasarımın değişmesi,
- Bilmeden kullanılan fazla yükler,
- İnşaat malzemelerinin hatalı ve eksik kullanılması,
- Hızlı ve çabuk inşaat metodu

yapısal çatlakları meydana getirir ki bunlar kirişlerde mesnetlere yakın yerlerde kesme kuvvetlerinin etkisiyle eğimli, eğilme momentinin yüksek olduğu kesitte düşey eğilme çatlakları oluşur.

Yapı Çatlakları

YAPISAL OLMAYAN ÇATLAKLARIN SEBEPLERİ

Yapısal olmayan çatlaklar esas olarak üç tip çatlaklardır.

- Plastik çatlaklar
 - Plastik büzülme çatlakları
 - Plastik oturma çatlakları
- Isı gerilmeleri çatlakları
- Kuruma büzülmesi çatlakları

Yapı Çatlakları

PLASTİK OTURMA ÇATLAKLARI

Bu tür çatlaklar daha ziyade derin kesitlerde meydana gelir. Karışımdaki hafif tanelerin yukarıya çıkması ve buharlaşma oranına bağlı olarak suyun yüzeyde toplanması terlemeye sebep olur. Bu olay neticesinde plastik oturma çatlakları meydana gelir. Bu çatlaklar birinci gün içerisinde görülür. Elemanların bağlantı yerlerine yakın kısımlarda, kolonların üst kısımlarında ve betonarme çeliği hizalarında düzgün yatay çatlaklar şeklindedir. Karışım suyunun fazla oluşu, uygun olmayan kum granülometrisi, priz geciktirici katkıları önemli sebeplerdir.

Yapı Çatlakları

PLASTİK OTURMA ÇATLAKLARI

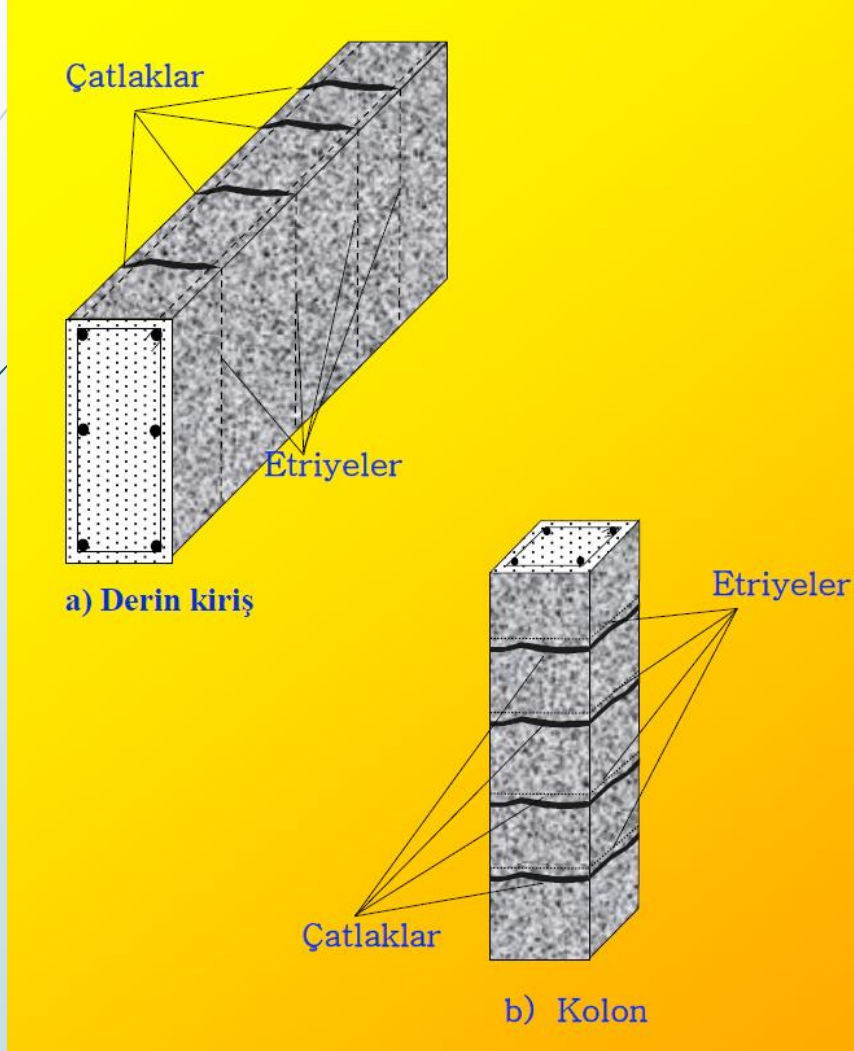


Bu çatlaklar, yeni dökülmüş, pas payı bırakılmamış, gereğinden fazla su ile karıştırılmış betonlarda, boşluklu betonarme elemanlarda, donatının fazla olduğu bölgelerde ve betonun uygun yerleştirilmediği durumlarda, üst yüzeye yakın donatıların hemen üzerinde oluşurlar. Taze betonda iri agrega taneleri dibe doğru çökerken, çimento partiküllerini içeren su yüzeye çıkar. Yüzeye yakın kiriş ve döşeme donatıları bu yer değişimine karşı koyar ve taze beton bu bölgelerde tam olarak oturamaz.

Oturmasını yapamayan beton demir boyunca çatlar. Döşemeler ince olduğu için oturma azdır, pek çatlama görülmez. Kirişler daha derin olduğu için oturma çok olabilir ve demirlerin haritası beton yüzeyine çıkar, çatlaklar donatıların yerini belli eder. Betonun suyu arttıkça oturma artar. Beton iyi yerleştirilmez, sıkılanmaz, vibrasyon uygulanmazsa oturma yine artar. Dolayısıyla çatlama olur. Bu çatlakları önlemenin yolu normal kıvamda (-12 cm çökme) beton kullanıp yüksek kıvamlı aşırı sulu betonlardan kaçınmak ve betona iyi vibrasyon uygulamaktır.

Yapı Çatlakları

PLASTİK OTURMA ÇATLAKLARI

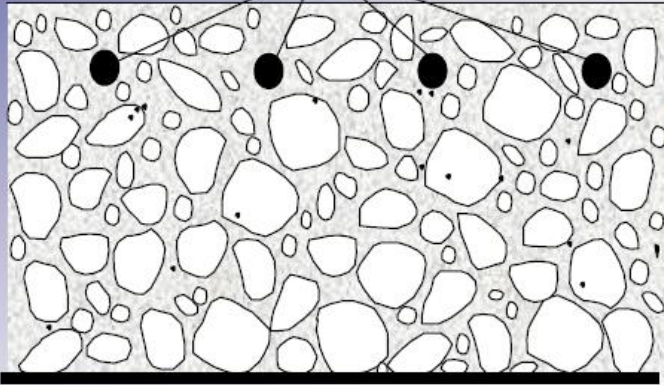


Yapı Çatlakları

PLASTİK OTURMA ÇATLAKLARI

OTURMA ÇATLAKLARI

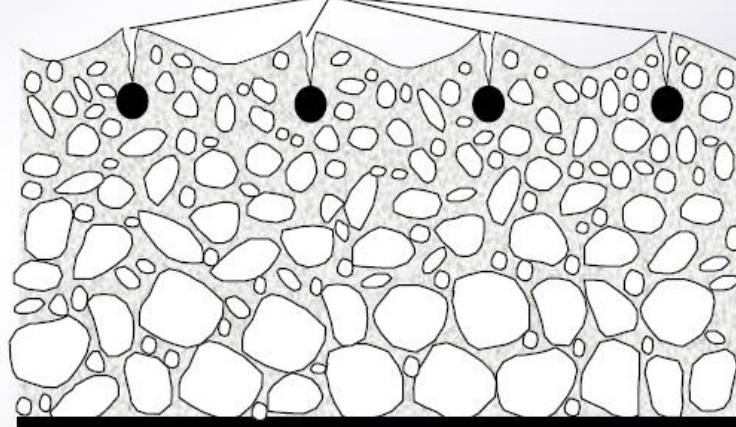
Donatı



OTURMADAN ÖNCE

Su ve
Çimento
Harcı
İri
Agrega

Çatlaklar

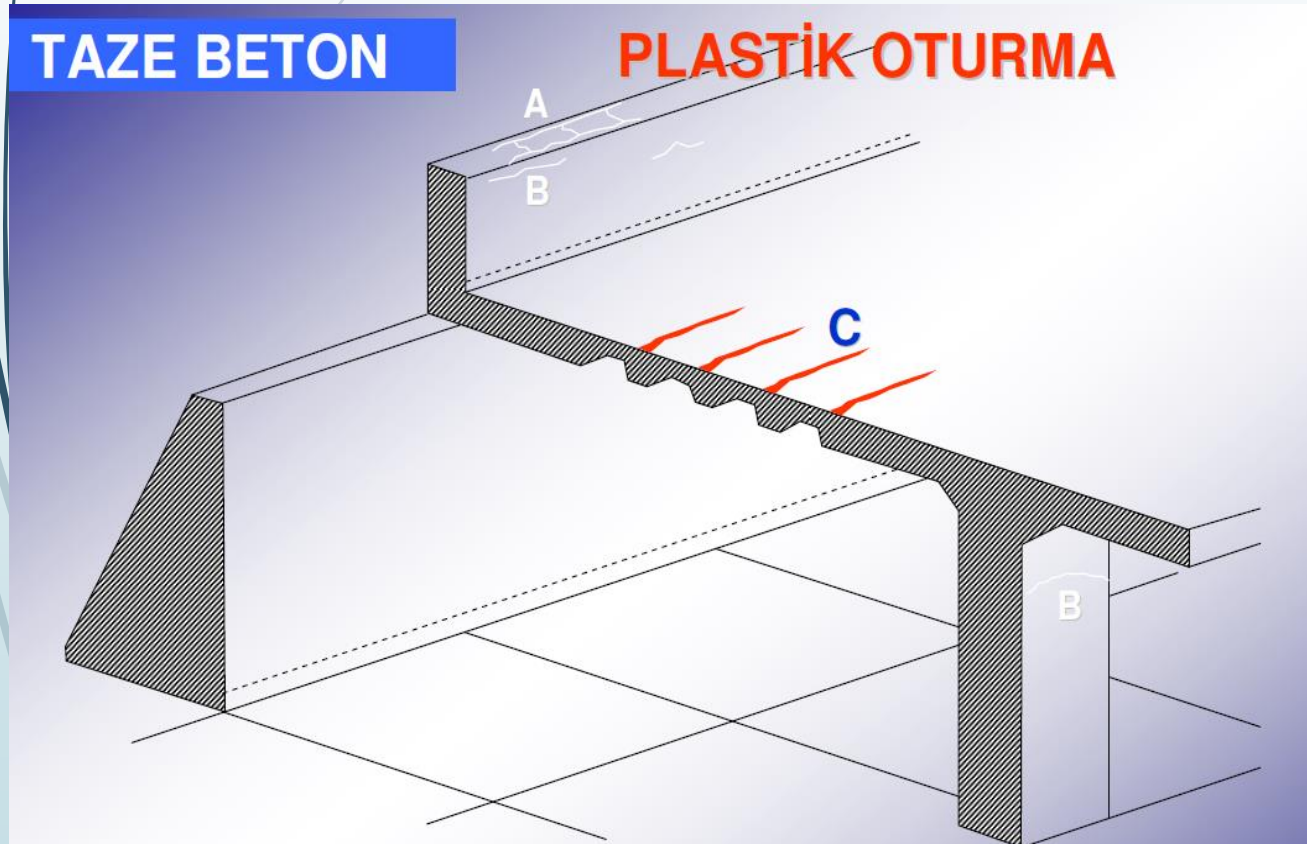


OTURMADAN SONRA

Suyu fazla, granülometrisi bozuk ve iyi sıkıştırılmamış taze betonlarda daha belirgin bir şekilde ortaya çıkar

Yapı Çatlakları

PLASTİK OTURMA ÇATLAKLARI



A BÖLGESİ

Yeri : Donatı üstü ve derin kesitlerde

Nedeni: Aşırı terleme, Erken yaşlarda hızlı kuruma

Önem : Terlemeyi azalt (hava katkısı), yeniden vibrasyon

B BÖLGESİ

Yeri : Üst bölgeler (kemer), Kolon üstleri

Nedeni: Aşırı terleme, Erken yaşlarda hızlı kuruma

Önem : Terlemeyi azalt (hava katkısı), yeniden vibrasyon

C BÖLGESİ

Yeri : Farklı derinlikteki kesit, Asmolen mantar döşeme

Nedeni: Aşırı terleme, Erken yaşlarda hızlı kuruma

Önem : Terlemeyi azalt (hava katkısı), yeniden vibrasyon

Yapı Çatlakları

PLASTİK OTURMA ÇATLAKLARI



Yapı Çatlakları

PLASTİK BÜZÜLME ÇATLAKLARI

Betonun sertleşmesi esnasında ve henüz plastik durumunda iken oluşur. Beton hemen korunmamış ise güneş ışınları tesiri, sıcak ve rüzgarlı hava ve çabuk buharlaşma sebepleri ilk birkaç saat içerisinde eğimli veya düzensiz harita çatlakları şeklinde meydana gelir.

Taze betonun içerisindeki suyun bir miktarı, betonun yerleştirilmiş olduğu kalıplar veya zemin tarafından emilerek kaybolabilmektedir. Ama, asıl su kaybı, betondaki suyun buharlaşmasıyla gerçekleşmektedir. Taze betondaki terleme nedeniyle beton yüzeyinde veya yüzeye yakın kısımlara çıkan suyun hızla buharlaşması sonucunda, beton yüzeyi kuruyarak büzülme göstermektedir. Genellikle taze betonun yerine yerleştirilmesinden sonraki 2-4 saat içerisinde meydana gelir. Betondaki plastiklik henüz tamamen kaybolmamış durumdayken betonun yüzeyinde yer alan bu büzülmeye plastik büzülme denilmektedir.

Yapı Çatlakları

PLASTİK BÜZÜLME ÇATLAKLARI



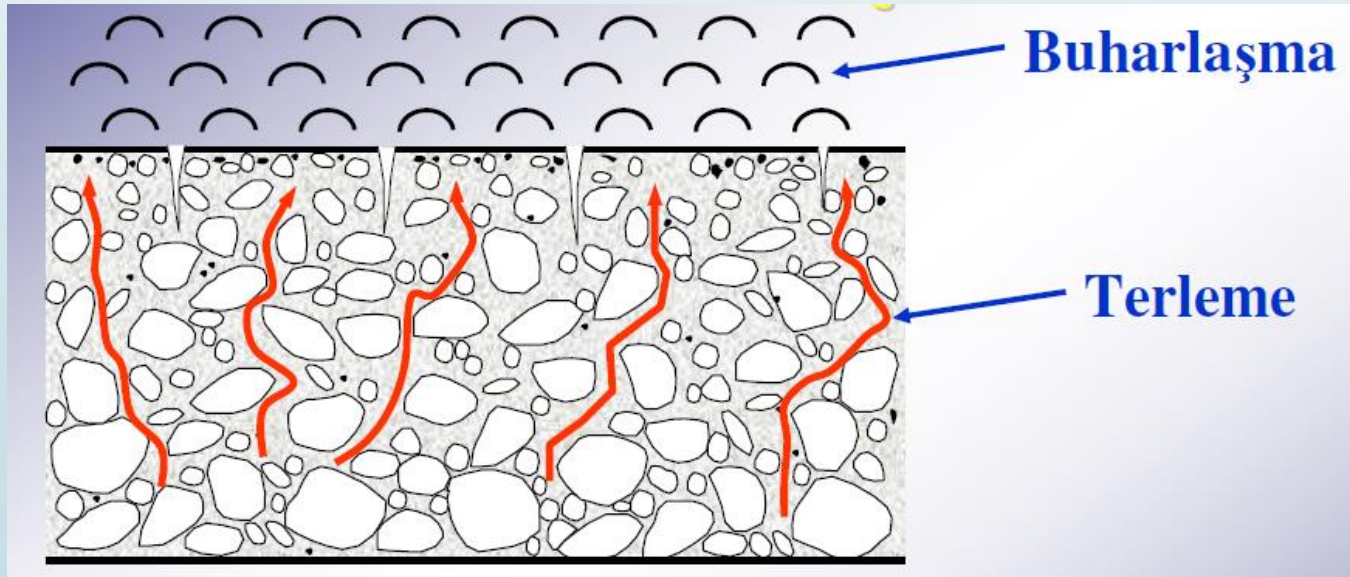
Yapı Çatlakları

PLASTİK BÜZÜLME ÇATLAKLARI

Hazır betonda plastik rötre çatlakları daha fazla!

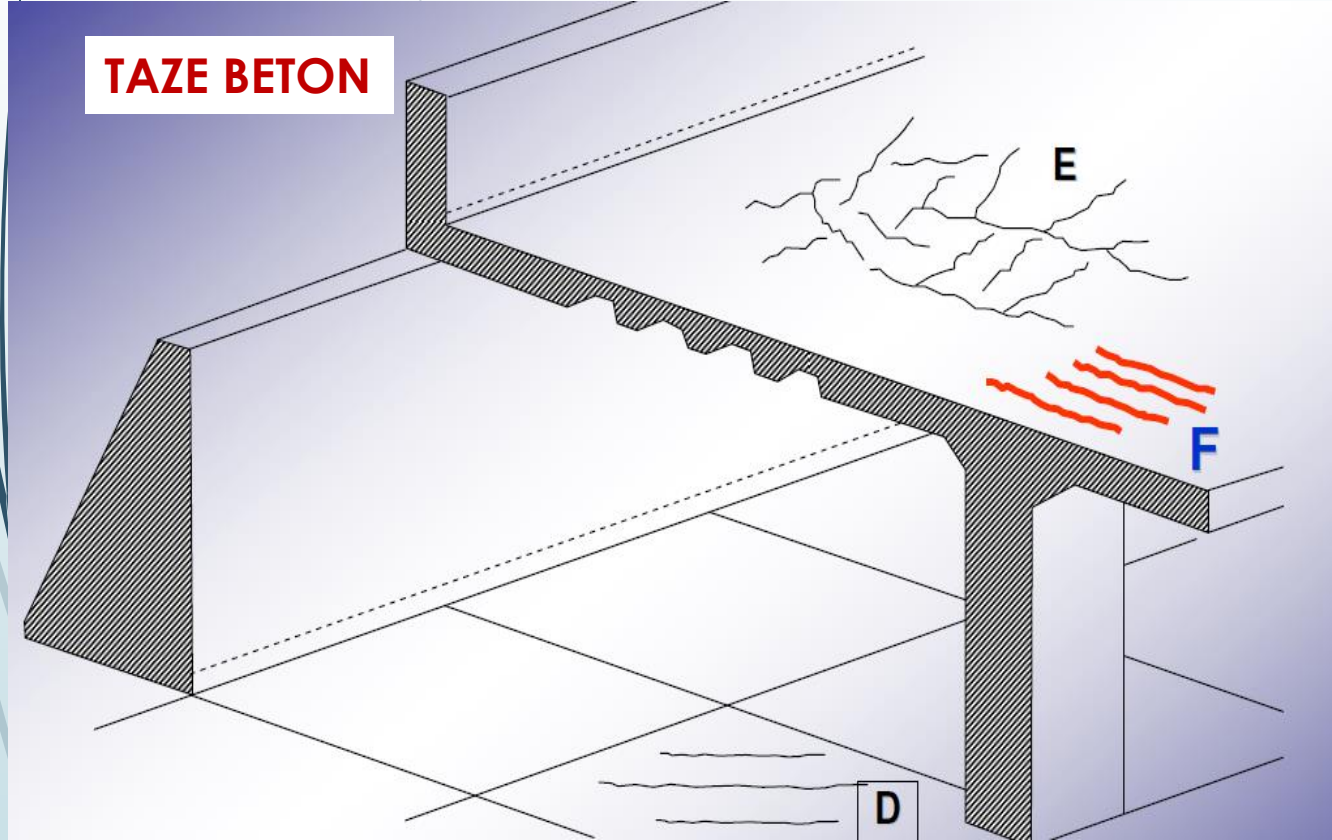
Nedeni – Daha iyi granülometri, daha yüksek çimento dozajı, iyi sıkıştırma, terlemeyi zorlaştırıyor.

Buharlaşma hızına terleme yetişemiyor.



Yapı Çatlakları

PLASTİK BÜZÜLME ÇATLAKLARI



D BÖLGESİ

Yeri : Diyagonal, yollar, döşemeler

Nedeni: Erken yaşlarda hızlı kuruma, az miktarda terleme

Önem : Erken kür koşullarının iyileştirilmesi

E BÖLGESİ

Yeri : Rastgele, Betonarme döşemeler

Nedeni: Erken yaşlarda hızlı kuruma, az miktarda terleme

Önem : Erken kür koşullarının iyileştirilmesi

F BÖLGESİ

Yeri : Donatı Üstü, Betonarme döşemeler

Nedeni: Erken yaşlarda hızlı kuruma, yüzeye yakın donatı, az miktarda terleme

Önem : Erken kür koşullarının iyileştirilmesi

Yapı Çatlakları

BUHARLAŞMA HIZINI ARTTIRAN FAKTÖRLER

- **Hava sıcaklığı:** Hava sıcaklığı arttıkça buharlaşma artar. Sıcaklığın 10°C artması buharlaşmayı yaklaşık 2 kat artırır. Beton havadan daha sıcaksa buharlaşma daha da hızlanır.
- **Havanın rutubeti:** Havadaki rutubet azaldıkça (hava kurudukça) buharlaşma kolaylaşır ve hızlanır. Nispi rutubet %90'dan %50'ye indiğinde buharlaşma iki kat artar.
- **Rüzgarın hızı:** Rüzgar arttıkça buharlaşma hızı artar. Rüzgarın hızı sıfırdan saatte 20 km'ye çıktığında buharlaşma 4 kat artar.
- **Güneş ışınları:** Beton yüzeyi güneş ışınlarına açıksa betonun yüzey sıcaklığı artar ve buharlaşma hızlanır.

Betonun su kuma hızını etkileyen iki temel faktör, betonun doluluğu ve agrega granülometrisidir. Agreganın granülometrisi ne kadar az boşluklu ise betonun mukavemeti o kadar yüksek olur, ama boşluk olmadığından kuma suyunun yukarı çıkması zorlaşır, gecikir; su kuma hızı azalır. Buharlaşma suyunun yerine kuma suyu gelemeyince betonun yüzeyi kurur ve çatlar. Hazır betonda granülometri iyi ayarlandığından su kuma zorlaşır, plastik rötne çatlakları artar.

Yapı Çatlakları

PLASTİK BÜZÜLMİYİ VE BUNA BAĞLI ÇATLAKLARI AZALTMAK İÇİN

- Betonun döküleceği kalıbı ve donatı demirlerini nemlendirerek, kalıp elemanlarının, betonun suyunu emerek kurummasını hızlandırmalarına engel olun. Betonu güneşten (gölgeleik yaparak veya akşam dökerek), sıcaktan (akşam dökerek) ve rüzgardan (rüzgarlık yaparak) koruyun.
- Suyun buharlaşmasını önleyin (ıslak çuval, naylon örtü örterek veya kür maddesi sürerek veya püskürterek)
- Yeterli sayıda ve beceride işçi kullanarak betonu hızlı dökün, mastarlayın ve hemen küre başlayın, en az 3 gün boyunca kürü sürdürün.

Plastik rötne çatlakları 30-45 DK içinde, yani daha betonlama işi tamamlanmadan çok önce başlayabilir. O nedenle betonlama işi devam ederken bitirilen bölümlerde koruma önlemlerinin alınması gerekebilir. Mastarlanılan bölgelere naylon örtülerek, nemli örtü örtülerek, kür maddesi sürülerek bu önlemler peyderpey alınmış olur. Önlem alınmadığı takdirde, beton sıcaklık, rutubet ve rüzgar durumuna göre az veya çok çatlaklar. Bu çatlakları azaltarak asgariye indirmek sizin elinizdedir.

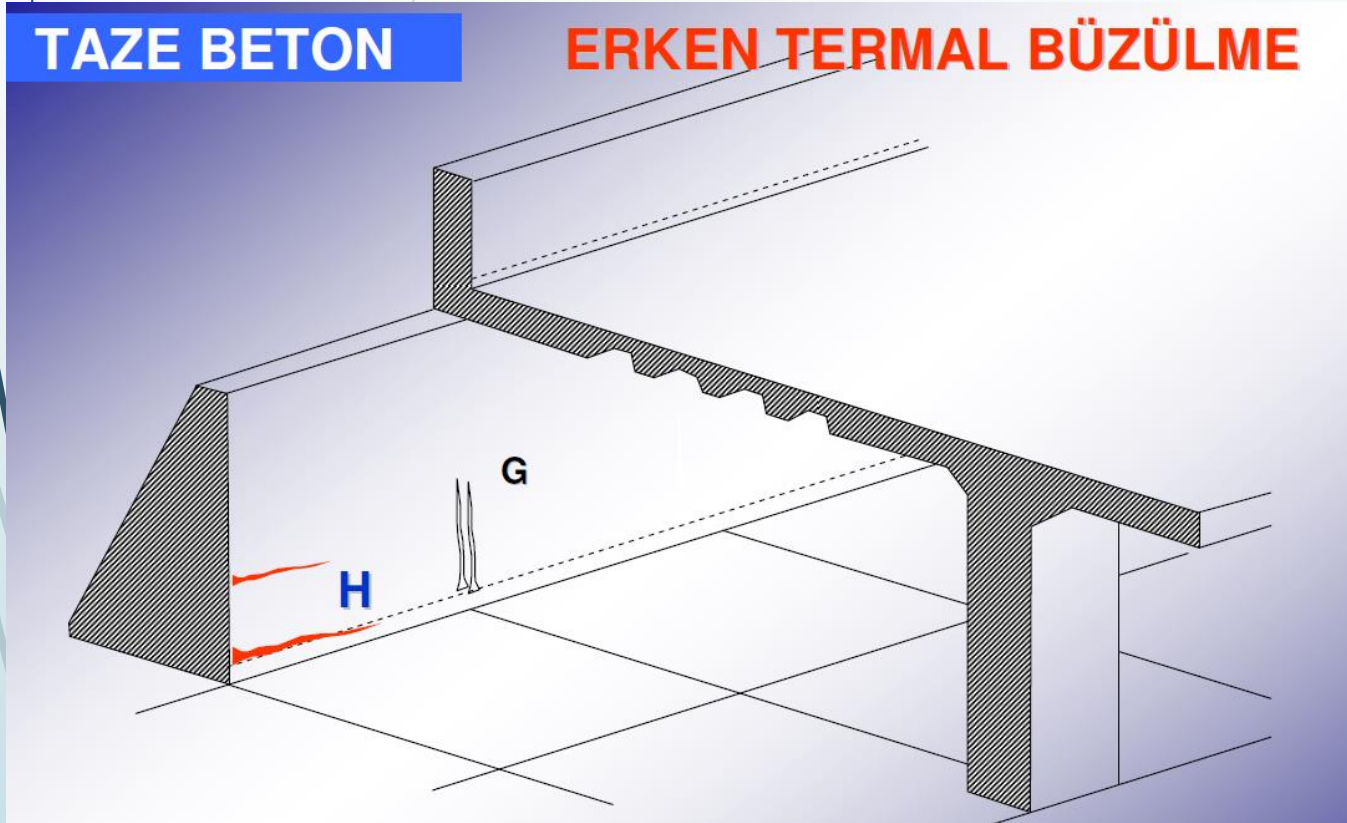
Yapı Çatlakları

ISI GERİLME ÇATLAKLARI – ERKEN TERMAL BÜZÜLME

Çimentonun reaksiyonu dışarıya ısı veren bir reaksiyondur, dökümden sonra ilk 24 saat içerisinde veya biraz daha uzun bir zamanda iç ısı artışı, dışarıya salınan ısıdan daha fazla olur. Dolayısıyla betonun sıcaklığı artar ve genleşme olur. Birkaç gün sonra betonun ısı artışı azalacağından betonda soğuma ve bağlı olarak büzülme olur, çekme gerilmeleri çoğu zaman betonun çekme mukavemetinden veya betonun çekme mukavemetinden veya beton ile çelik arasındaki aderansın mukavemetinden fazla olur ve çatlamlar görülür. Isı büzülmesi çatlaklarına genellikle sertleştikten sonra çabuk soğuma, meydana gelen aşırı ısılar ve aşırı ısı değişimleri ile birlikte uygun olmayan yerleştirme ile birlikte uygun olmayan yerleştirme, sıcak beton, termal genleşmesi fazla olan agrega kullanımı, fazla çimento miktarı, uygun olmayan çimento tipi, geniş ve kalın kesitler, kalıp cinsi, kalıp alma süresi, kalıptan sonra betonun termal izolasyonu iyi yapılmaması gibi sebepler ısı gerilmeleri çatlaklarına sebep olur.

Yapı Çatlakları

ISI GERİLME ÇATLAKLARI – ERKEN TERMAL BÜZÜLME



G BÖLGESİ

Yeri : Dış kısıtlama, Kalın Duvarlar

Nedeni: Aşırı ısı üretimi, hızlı soğuma

Önem : Isıyı azalt, ve/veya izolasyon yapılması

H BÖLGESİ

Yeri : İç kısıtlama, Kalın Döşemeler

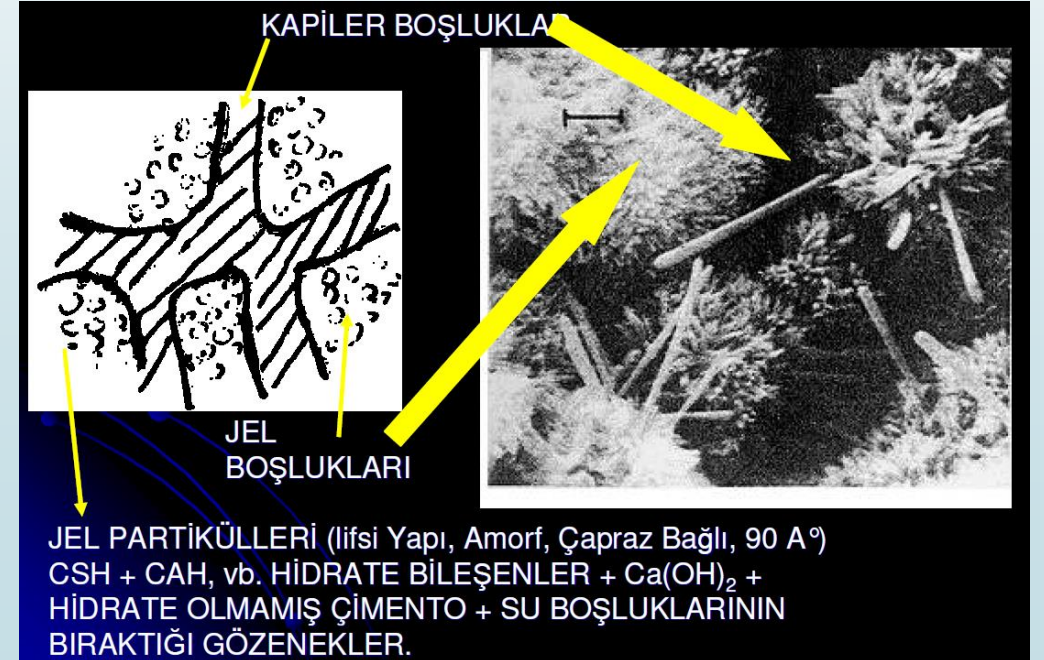
Nedeni: Aşırı sıcaklık farklılıkları, hızlı soğuma

Önem : Isıyı azalt, ve/veya izolasyon yapılması

Yapı Çatlakları

KURUMA BÜZÜLMESİ ÇATLAKLARI

Taze beton kapiler boşluklarında bulunan serbest suyun buharlaşması ile kurur. Kimyasal reaksiyona girmeyen suyun bir bölümü çimento hidratları tarafından emilir ve jel sistemi oluşturur. Kuruma esnasında çimento jelinde büzümle olur. Jelin büzülmesi agreganın hacimsel miktarı ile sınırlıdır ki, bu büzülmenin en büyük etkenlerindedir. Fazla agrega miktarı daha az harç miktarı demektir. Yüksek su/çimento oranı harcın genişmesine sebep olur ki bu da daha fazla büzülme demektir.



Yapı Çatlakları

KURUMA BÜZÜLMESİ ÇATLAKLARI

Netice olarak kuruma büzülmesi; betonun sertleşmesi esnasında suyun fiziksel ve kimyasal olarak kaybolması neticesinde meydana gelen hacim azalmasından dolayı meydana gelir. Isı gerilmelerinde olduğu gibi, betonun şekil değiştirmeleri kısıtlanıyorsa gerilmeler çatlamalara sebebiyet verir. Kuruma büzülme çatlakları üç, dört hafta sonra ve hatta birkaç ay sonra görülürler. Bilindiği gibi beton ve bütün harçlar kuruma esnasında büzülürler ve hemen hemen bütün betonlarda kuruma büzülmelerinin ve termal gerilmelerin sebep olduğu kılcal çatlaklar oluşur. Ancak hemen fark edilmeyen kılcal çatlaklar, kuruma büzülmelerinin etkisi ile sonraki zamanlarda genişler ve oluşan çatlaklar dört hafta sonra %25 oranında olup ve genellikle 6 aylık bir sürede oluşumunu tamamlar.

Yapı Çatlakları

KURUMA BÜZÜLMESİ ÇATLAKLARI

Kuruma büzülme çatlaklarına sebep olan karışımının büzülen kısmı olan çimento harcıdır. Ancak hafif porüz agreganın da betonun büzülmesine bir miktar etkisi vardır. Fakat agreganın büzülmeye olan tesiri harcınkine nazaran çok azdır. Boşluklarında oluşan menüsküsler ve suyun yüzey gerilmesi sebebi ile su kaybeden çimento harcı büzülür. Kısmen dolu boşluklardaki suyun yüzey gerilmesi boşluk çeperlerini içe doğru çeker, beton da bu iç kuvvetlere büzülerek uymaya çalışır.

Çimento harcının büzülme miktarı öncelikle harcı su/çimento oranının bir fonksiyonudur, betonun büzülme miktarı ise ;

- Harcın büzülme miktarına
- Harcın betona olan hacimsel miktarına
- Agreganın sertliğine (elastisite modülüne)
- Harç ile agrega arasındaki aderansa bağlıdır.

Yapı Çatlakları

KURUMA BÜZÜLMESİ ÇATLAKLARI

Kuruma büzülmesi çatlaklarına sebep olan bir önemli faktör de büzülme yeteneği olan agregadır. Normal bir betonda büzülme oranı %0.03 iken büzülebilir agrega ile yapılan betonda büzülme oranı %0.1 olduğu araştırmalar neticesinde görülmüştür. Ayrıca bünyesinde tuz ihtiva eden agregalar da kuruma büzülmesinin artmasına sebep olur. Betonun oluşturduğu her bir malzemenin, ya ayrı ayrı ya da aralarındaki iç hareketlerinin bir neticesi kuruma büzölmelerine sebep olmakla birlikte büzölmeyi etkileyen, **sıcaklık, kür metodu, havadaki bağıl nem oranı ve açık yüzeyin hacmine olan oranı** gibi faktörler de vardır.

Yapı Çatlakları

KURUMA BÜZÜLMESİ ÇATLAKLARI

Fazla su miktarı betondan çabuk buharlaşacağından yüksek bir büzülmeye ve betonun çekme dayanımının düşmesine sebep olacaktır. Dolayısıyla su miktarı uzun süreli kuruma büzülmesine tesir eden faktördür. Çimentonun inceliğinin kuruma büzülmesi çatlaklarına çok az tesiri vardır. Çünkü incelik sayesinde kazanılan erken çekme dayanımı büzülmenin hasarını önler ve böylece denge oluşur. Havadaki bağıl nem oranı azalırca suyun buharlaşma ile kaybı artar, büzülme ve çatlakların oluşmasına tesir eder. Kür uygulamasının esas amacı sistemde bulunan suyun buharlaşma ile kaybolmasını önlemektir. Dolayısıyla kurumadan dolayı meydana gelecek büzülme ve hacim azalması da önlenmiş olur. Ayrıca çekme dayanımı kapasitesine tesir edeceğinden çatlama riskleri azalacaktır.

Yapı Çatlakları

KURUMA BÜZÜLMESİ ÇATLAKLARI

SERTLEŞMİŞ
BETON

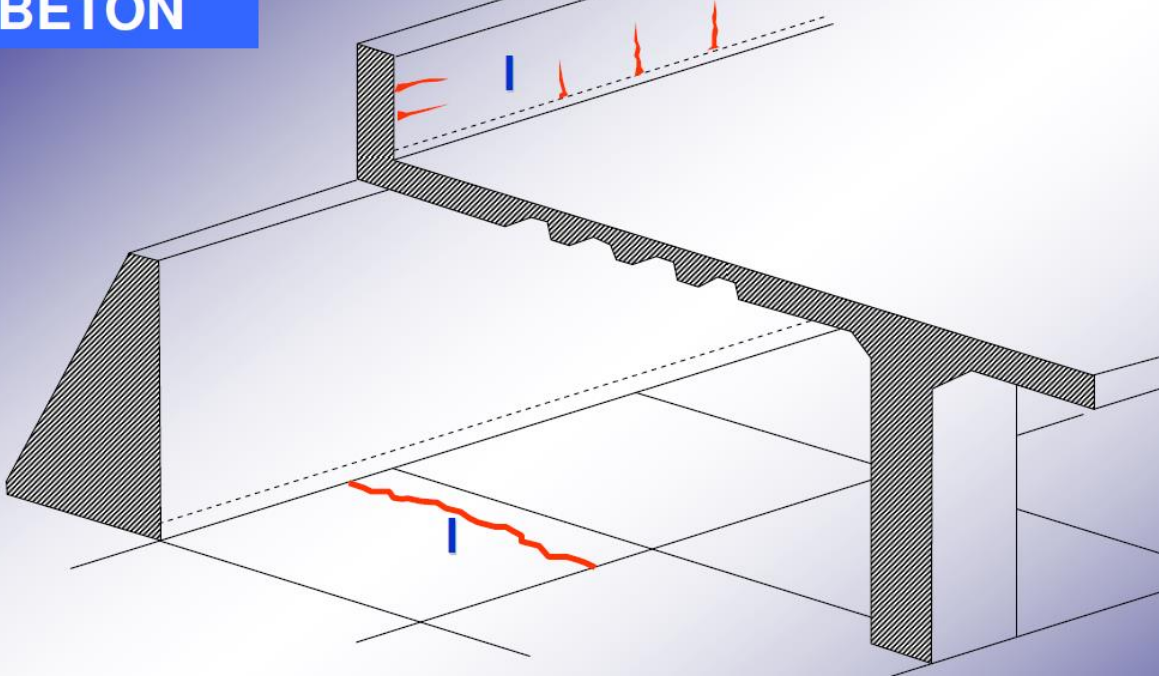
UZUN DÖNEMLİ KURUMA BÜZÜLMESİ

I BÖLGESİ

Yeri : İnce Döşeme ve duvarlar

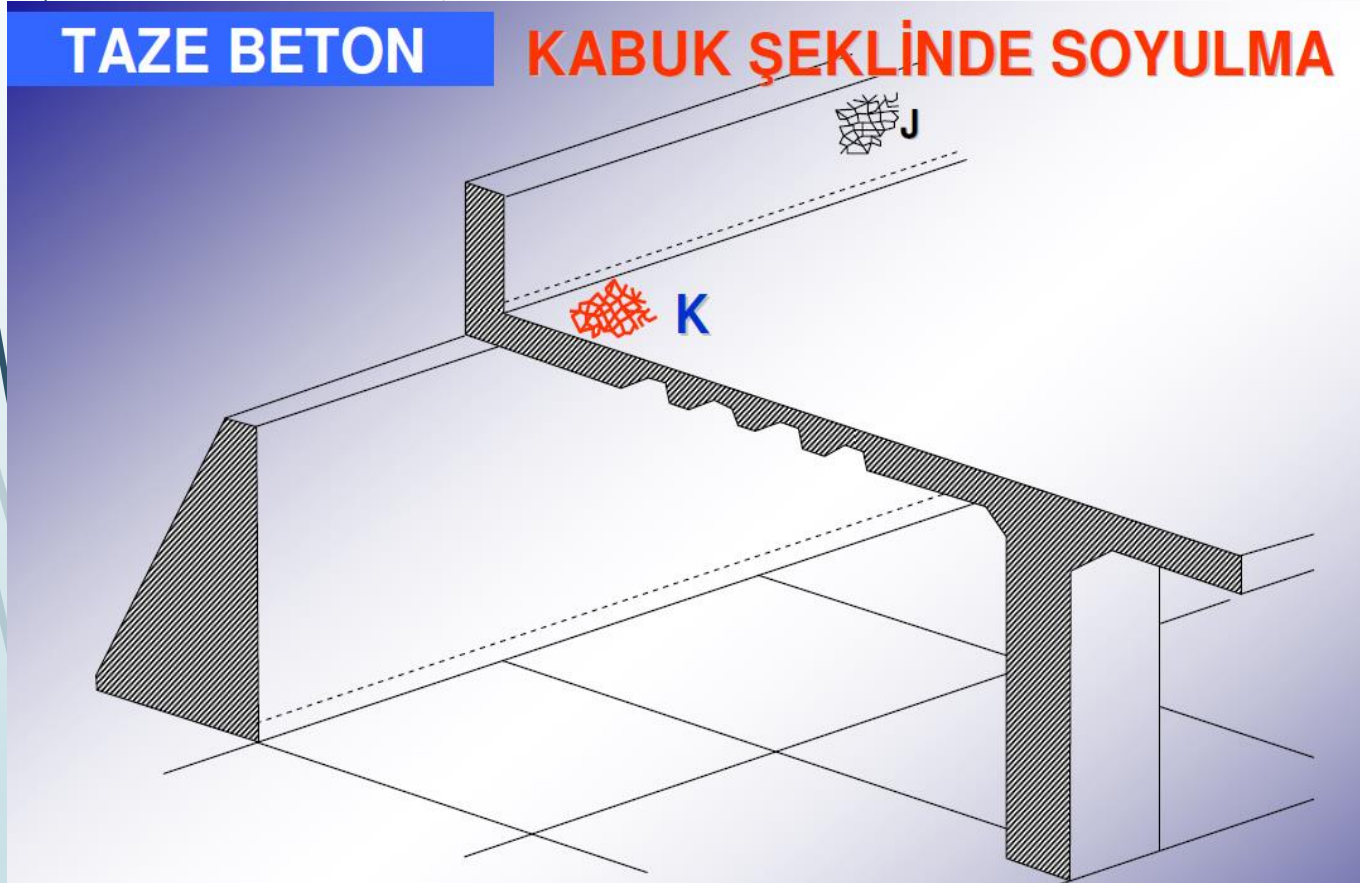
Nedeni: Yetersiz derzler, Aşırı büzülme, yetersiz kür

Önem : Su miktarını azalt, kür koşullarını düzelt



Yapı Çatlakları

KABUK ŞEKLİNDE SOYULMALAR



J BÖLGESİ

Yeri : Kalıp yüzeyi, Pürüzsüz görünümlü beton

Nedeni: Geçirgen olmayan kalıp, zengin karışımlar, kötü kür

Önem : Kür koşullarını ve perdah işlemlerini düzelt

K BÖLGESİ

Yeri : Akışkan beton, döşemeler

Nedeni: Aşırı perdah, zengin karışımlar, kötü kür

Önem : Kür koşullarını ve perdah işlemlerini düzelt

Yapı Çatlakları

BETONDA PERDAHLAMA İŞLEMİ

Beton yüzeyinin perdahlanması işlemi, pürüzsüz bir yüzey görünümü elde etmenin yanı sıra, aşınma dayanımı ve dış etkilere karşı dayanıklılığı yüksek bir beton yüzeyi elde etmek amacı ile yapılır.



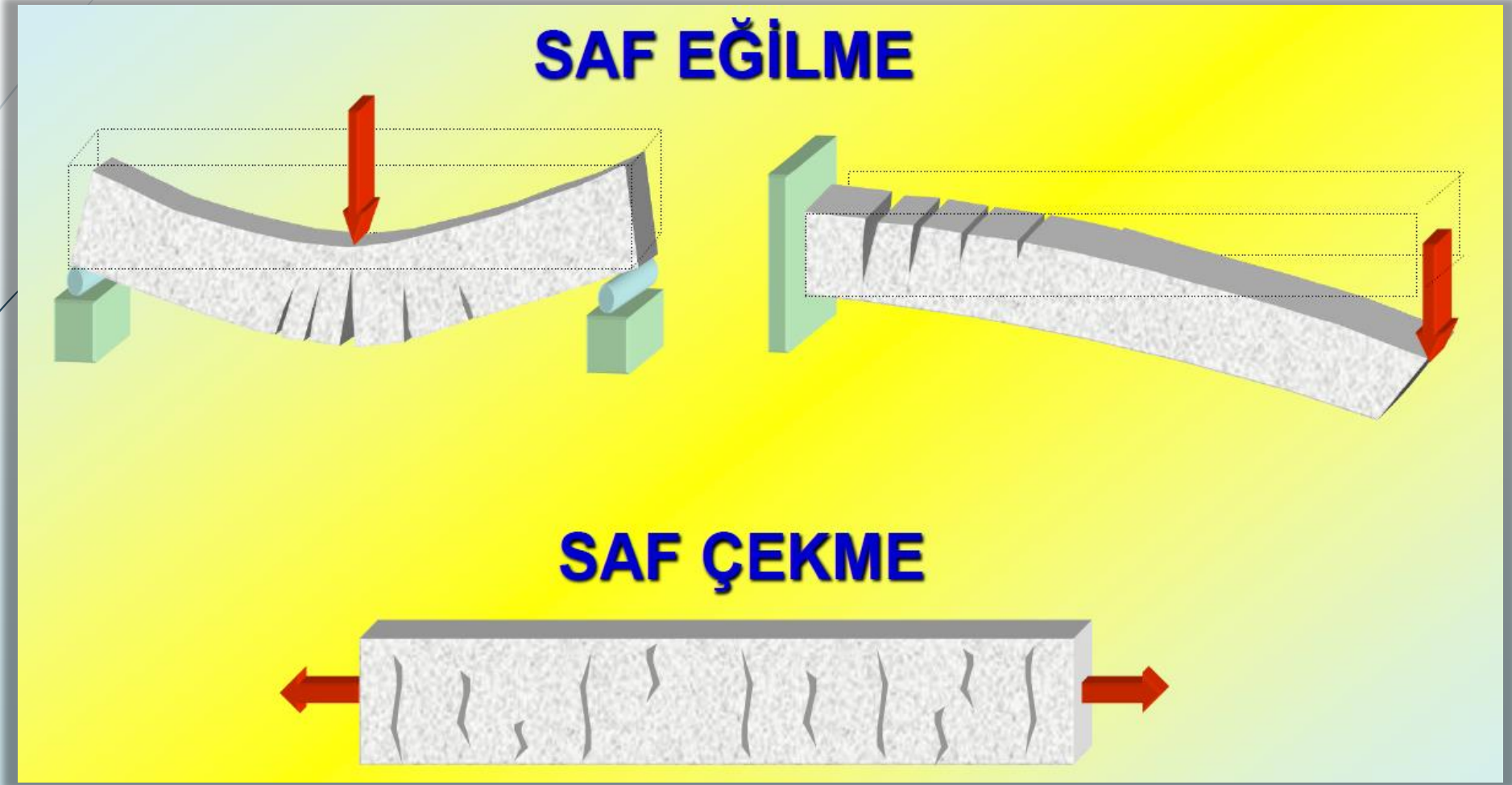
Döşeme, radye temel gibi geniş yüzeyli betonlar döküldükten sonra beton yüzeyin çatlama için en az iki defa mala ile perdah çekilmelidir.

Birinci kat perdah beton taze iken, ikinci kat perdah ise beton priz alırken çekilmelidir.

Hava çok rüzgarlı veya çok sıcak ise üçüncü ve dördüncü kere perdah çekilmelidir.

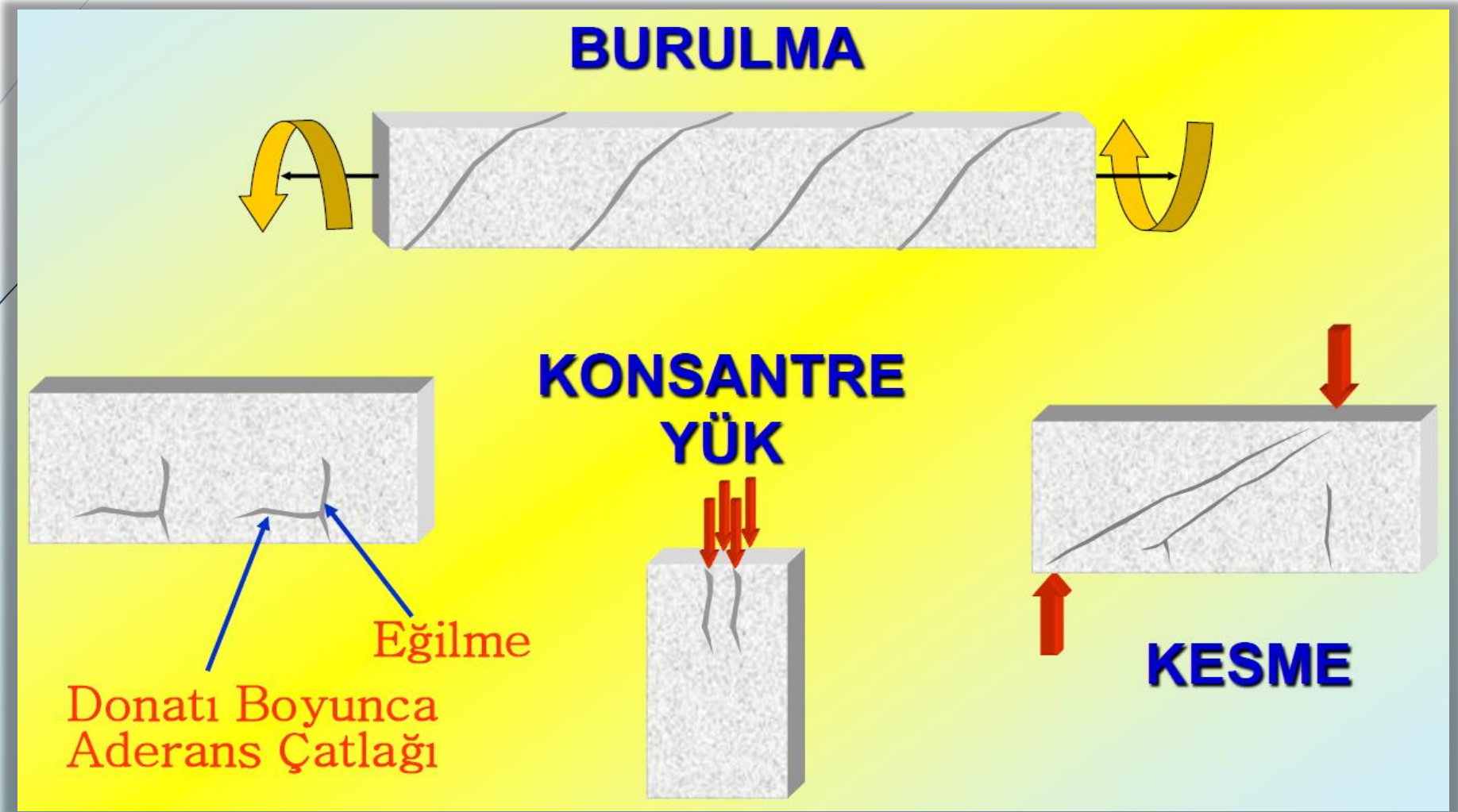
Yapı Çatlakları

YÜKLEME ÇATLAKLARI



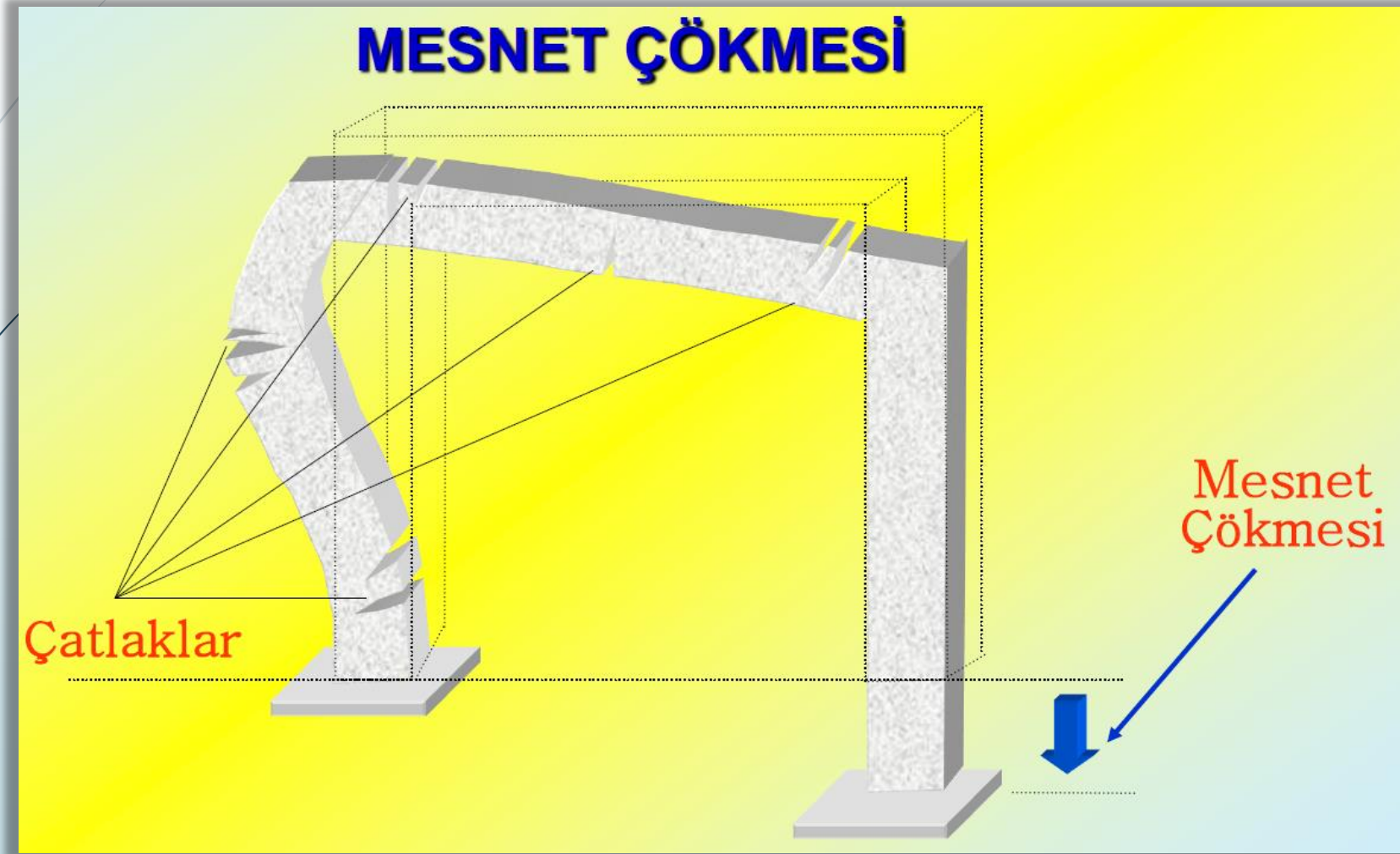
Yapı Çatlakları

YÜKLEME ÇATLAKLARI



Yapı Çatlakları

YÜKLEME ÇATLAKLARI



Betonun Bozulması

BETONUN İÇ VE DIŞ ETKENLERLE BOZULMASI

FİZİKSEL VE MEKANİK

- Donma – Çözülme
- Deniz Suyu Etkisi
- Erozyon, Yüzeysel Aşınma, Oyulma (Trafik, Dalga, Kazıma vb.)
- Yüksek Sıcaklıklar

KİMYASAL VE BİYOLOJİK (Hava, Su, Zemin)

- Asitlerin, Amonyum ve Magnezyum Tuzları ve Saf Suyun Sertleşmiş Çimento ile Reaksiyonu
- Betona Sülfat Saldırısı
- Gecikmiş Etrenjit Oluşumu
- Tomasit Oluşumu
- Alkali - Silika Reaksiyonu
- Alkali – Karbonat Reaksiyonu
- Karbonatlaşma
- Donatı Korozyonu vb.

Betonun Bozulması

FİZİKSEL ETKİLER – DONMA ÇÖZÜLME

TAZE BETON

Hidratasyonun yavaşlaması veya tamamen durması ($<12^{\circ}\text{C}$)

Suyun genişmesi ve betonun hacminde artış

Buzun çözülmesiyle hidratasyonun yeniden başlaması

Çok boşluklu yapı, mekanik özelliklerde ve dayanıklılıkta düşme

BETONUN YENİDEN KARIŞTIRILMASI ve SIKIŞTIRILMASI ŞART !!

SERTLEŞMİŞ BETON

Boşluk suyunun donması

%9 genişleme

Parazit gerilmeler

Çatlak

Tekrar sayısı arttıkça, Parçalanma ve Hasar

Betonun Bozulması

FİZİKSEL ETKİLER – DONMA ÇÖZÜLME

BETONUN DONMA-ÇÖZÜLME DAYANIKLILIĞINI ETKİLEYEN EN ÖNEMLİ ÜÇ FAKTÖR:

- Betonun Boşluk Yapısı
- Betonun Suya Doygunluk Derecesi (Kritik Doygunluk)
- Donmadan Önce Yeterli Basınç Dayanımına Ulaşılması (ÖNERİLEN 50-140 kgf/cm²)

**ÇOK BOŞLUKLU
(BAL PETEĞİ GÖRÜNÜMLÜ)**

ÇOK AZ BOŞLUKLU

KURU BETONLAR

ZARAR GÖRMEZ !!!

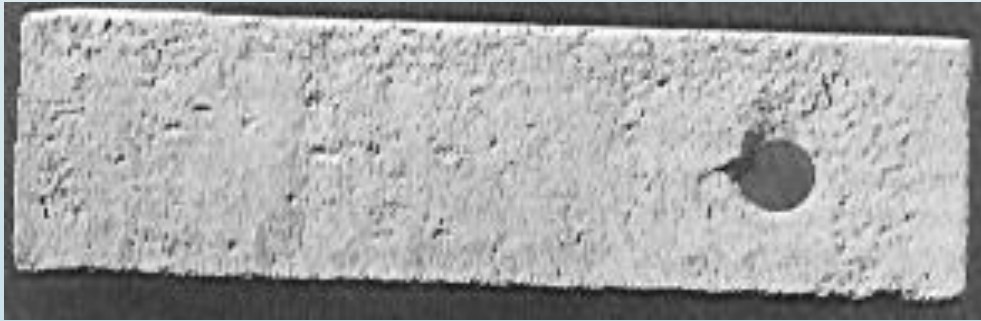
Betonun Bozulması

FİZİKSEL ETKİLER – DONMA ÇÖZÜLME

150 DONMA-ÇÖZÜLME DEVRİNE MARUZ KALMIŞ ÖRNEKLER



Hava katkısız
Yüksek S/Ç oranlı



Hava katkılı
Düşük S/Ç oranlı

Betonun Bozulması

FİZİKSEL ETKİLER – DONMA ÇÖZÜLME

140 DONMA-ÇÖZÜLME DEVRİNE MARUZ KALMIŞ ÖRNEKLER
100x100x100 mm BOYUTLARINDA KÜP BETON NUMUNELERİ



ÇİMENTO
DOZAJI
350 kg/m³

**HAVA KATKILI BETONLARDA DAYANIM KAYBI YOK,
KATKISIZ BETONLAR ELLE BİLE UFALANABİLİYOR**

Betonun Bozulması

FİZİKSEL ETKİLER – DONMA ÇÖZÜLME

HAVA SÜRÜKLEYİCİ KATKILAR NEDİR ?

Tekrarlanan donma – çözülme olayları neticesinde betonun dayanıklılığı bir probleme dönüşmektedir. Beton içerisindeki suyun donarak, hacimce %9 oranında artması ile çimento hamurunun veya agreganın kapiler boşluklarında ozmotik ve hidrolik basınç oluşmaktadır. Hava sürükleyici katkıları, suyun donması sırasında beton içerisinde genişebileceği, birbirinden bağımsız ve mikroskobik boyutlarda hava kabarcıkları oluşturarak donma-çözülme direncini artırır.

Ayrıca, hava sürükleyici katkılarıyla oluşturulan bağımsız hava kabarcıkları, betondaki kılcal kanalları tıkayarak su geçirimsizlik özelliğini iyileştirir.

Betonun Bozulması

FİZİKSEL ETKİLER – DONMA ÇÖZÜLME



UŞAK-EŞME

Betonun Bozulması

FİZİKSEL ETKİLER – DONMA ÇÖZÜLME



OTOYOL BARIYER VE
KÖPRÜLERİNDE DONMA-ÇÖZÜLME
VE KOROZYON HASARI



Betonun Bozulması

FİZİKSEL ETKİLER – DONMA ÇÖZÜLME



Betonun Bozulması

FİZİKSEL ETKİLER – DONMA ÇÖZÜLME



Betonun Bozulması

FİZİKSEL ETKİLER – DONMA ÇÖZÜLME



DÖŞEMEDE DONMA ÇÖZÜLME HASARI

Betonun Bozulması

FİZİKSEL ETKİLER – DONMA ÇÖZÜLME



BUZ ÇÖZÜCÜ TUZLAR

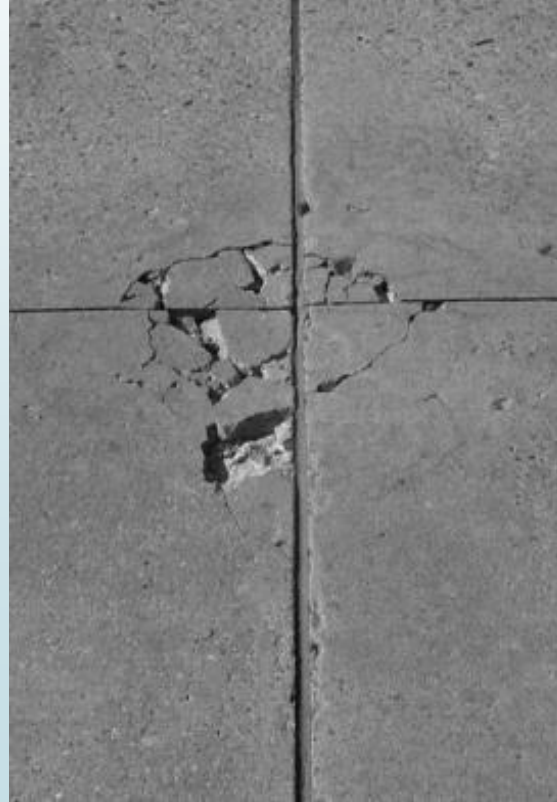
**DONMA – ÇÖZÜLME ETKİSİNİ
ŞİDDETLENDİRİRLER**

**KLORÜRLER
DONATIDA
KOROZYONA YOL
AÇABİLİR !!!**

Betonun Bozulması

FİZİKSEL ETKİLER – DONMA ÇÖZÜLME

ISLANMA KURUMA DESTEKLİ DONMA – ÇÖZÜLME HASARI
DERZ KESİŞİMLERİNDE SUYA DOYGUN BETONDA ÇATLAMA



Betonun Bozulması

FİZİKSEL ETKİLER – DONMA ÇÖZÜLME ÖNLEMLER

❑ DÖKÜM SAATİNİ GÜNÜN DAHA SICAK SAATLERİNE KAYDIRMAK

❑ ERKEN DAYANIM KAZANAN BETON ÜRETMEK

- Hidratasyon Isısı Yüksek Çimento Kullanmak (Eyç52.5, Pç52.5, Pç42.5)
- Daha Yüksek Çimento Dozajı, Daha Düşük S/Ç Oranı
- Katkı Kullanmak (Antifiriz, Priz Hızlandırıcı) Suyun Ve Taze Betonun Donma Sıcaklığını Düşürmek, Hidratasyonu Hızlandırmak CaCl₂ Esaslı ise Max %1
- Yüksek Kür Sıcaklıkları (Buhar Kürü)
- Birkaç Yöntemi Bir Arada Kullanmak

❑ HAVALI BETON ÜRETMEK

Hava Sürükleyici Katkı Maddeleri

(Sodyum Abietat, Linyo Sülfonat, Hayvansal-bitkisel Yağlar, Sentetik Deterjanlar)

Betonun Bozulması

FİZİKSEL ETKİLER – DENİZ SUYU ETKİSİ

Deniz Suyu Etkisi

Fiziksel

- Dalgaların, Suda yüzen parçacıkların Aşındırması
- Islanma – Kuruma
- Donma – Çözülme

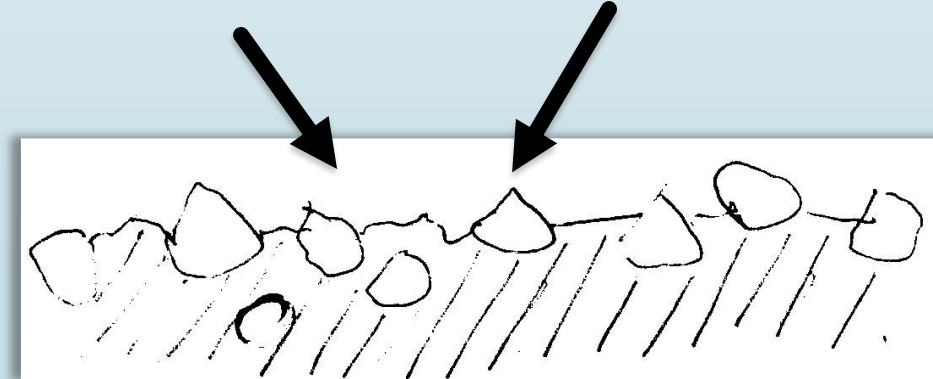
Kimyasal

- Donatı Korozyonu
- Sülfat (Mg_2SO_4)
- Magnezyum İyonları
- Karbonik Asit

EN ÇOK ZARAR
ISLANMA-KURUMA
BÖLGELERİNDE

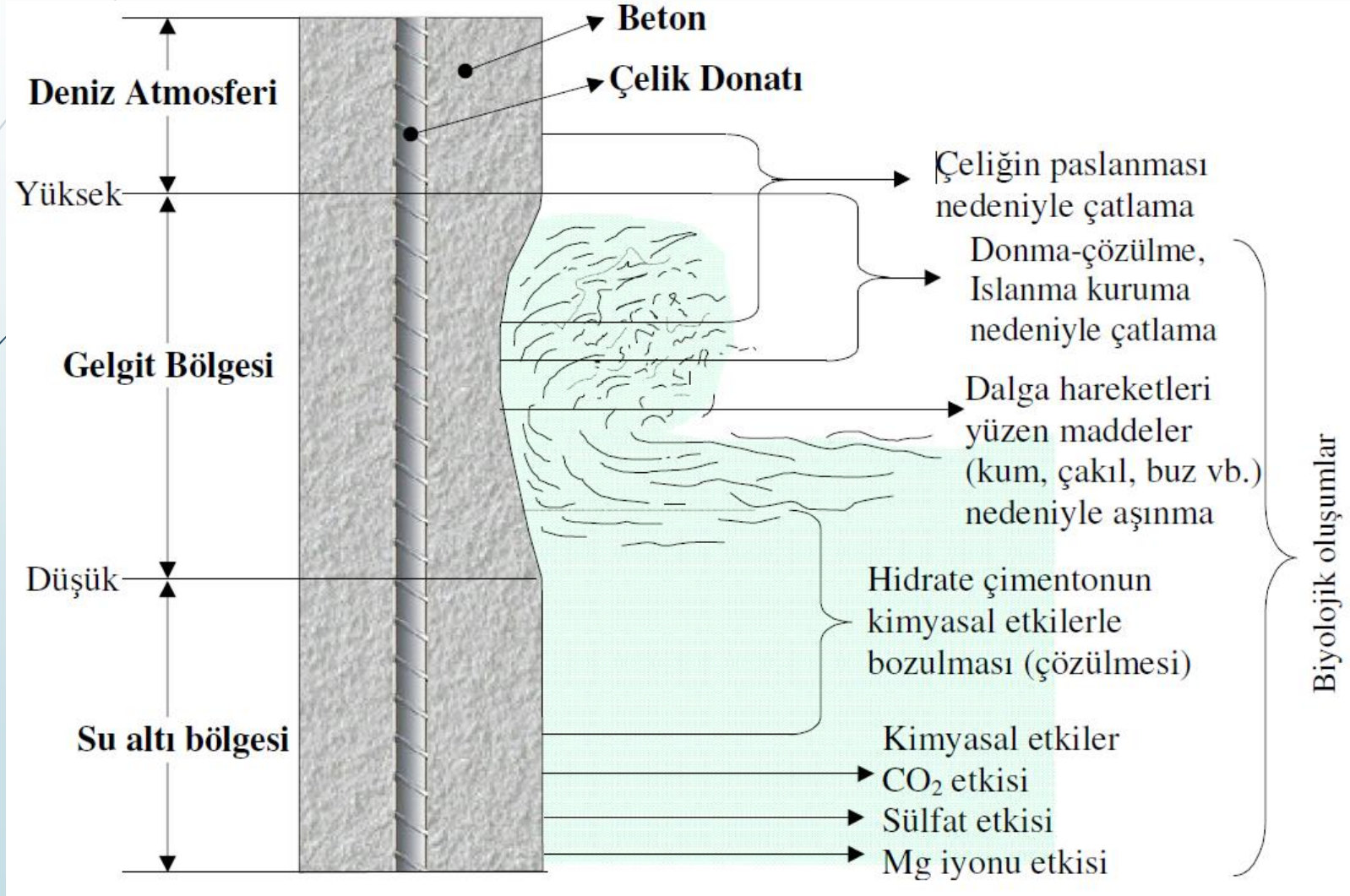
Bozuk
yüzey

Açığa Çıkmış
Agrega



Betonun Bozulması

FİZİKSEL ETKİLER – DENİZ SUYU ETKİSİ



Betonun Bozulması

FİZİKSEL ETKİLER – DENİZ SUYU ETKİSİ



Betonun Bozulması

FİZİKSEL ETKİLER – DENİZ SUYU ETKİSİ



Betonun Bozulması

FİZİKSEL ETKİLER – EROZYON, YÜZEYSEL AŞINMA, OYULMA VB.

Kuru Sürtünme Etkisi
(Araç Ve Yaya Trafiği, İş
Makineleri, Ağır Cisimlerin
Sürüklenmesi)

İçinde Askı Halinde Yüzer
Maddelerin Bulunduğu
Sıvıların Beton Yüzeyini
Çizerek Aşındırması

ABRESİF AŞINMA

EROZYON

ZAMANLA ARTAN
KÜTLE KAYBI

Betonun Bozulması

FİZİKSEL ETKİLER – EROZYON, YÜZEYSEL AŞINMA, OYULMA VB.

Suyun çok yüksek hızlarda akması



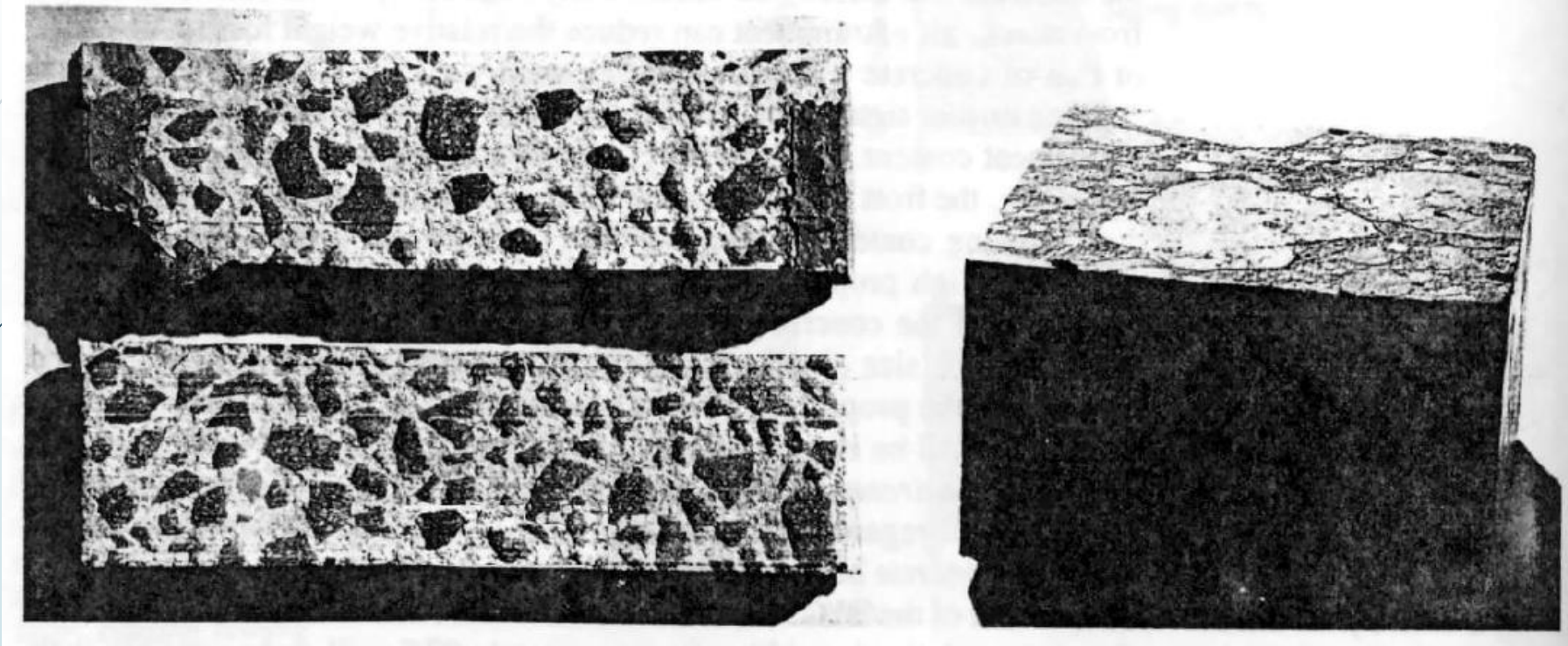
Suyun basıncında ani düşmeler, oluşan hava kabarcıklarının yoğunlaşarak yüzeye hızla çarpması



**OYULMA
(KAVİTASYON)**
ZAMANLA
KÜTLE KAYBI

Betonun Bozulması

FİZİKSEL ETKİLER – EROZYON, YÜZEYSEL AŞINMA, OYULMA VB.



**ÇİVİLİ LASTİKLERİN SÜRTÜNME ETKİSİYLE
OLUŞAN BETON YÜZEYİ**

**AŞINDIRICI DİSK ETKİSİYLE
OLUŞAN BETON YÜZEYİ**

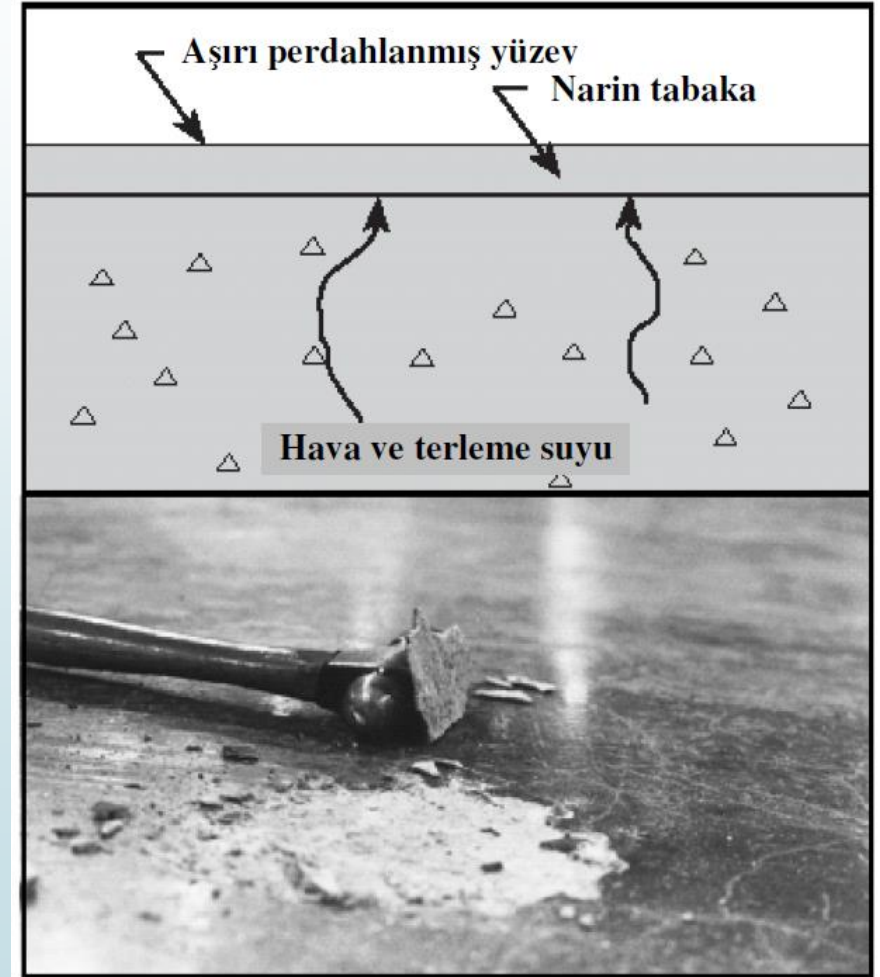
Betonun Bozulması

FİZİKSEL ETKİLER – EROZYON, YÜZEYSEL AŞINMA, OYULMA VB.



AŞINMA ETKİSİNE
DİRENÇSİZ
YÜZEYLER

AŞIRI PERDAH
ETKİSİ



Tabakalanmış Beton

Betonun Bozulması

FİZİKSEL ETKİLER – EROZYON, YÜZEYSEL AŞINMA, OYULMA VB.



**SUYUN HIZLA AKTIĞI SU
YAPILARINDA**



**SUYUN BASINCINDA ANİ
DÜŞMELER, OLUŞAN HAVA
KABARCIKLARININ
YOĞUNLAŞARAK YÜZEYE
HIZLA ÇARPMASI**



KÜTLE KAYBI

BİR BARAJ DOLUSAVAĞINDA OYULMA HASARI

Betonun Bozulması

FİZİKSEL ETKİLER – EROZYON, YÜZEYSEL AŞINMA, OYULMA VB.



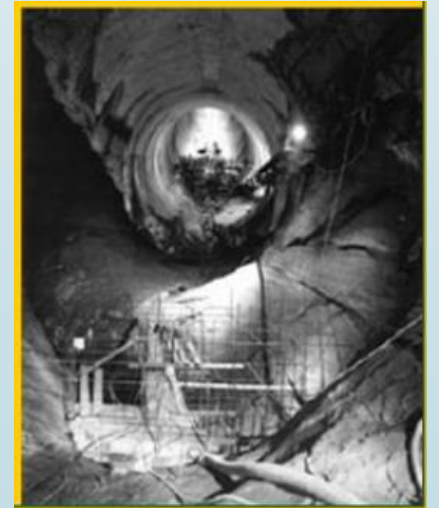
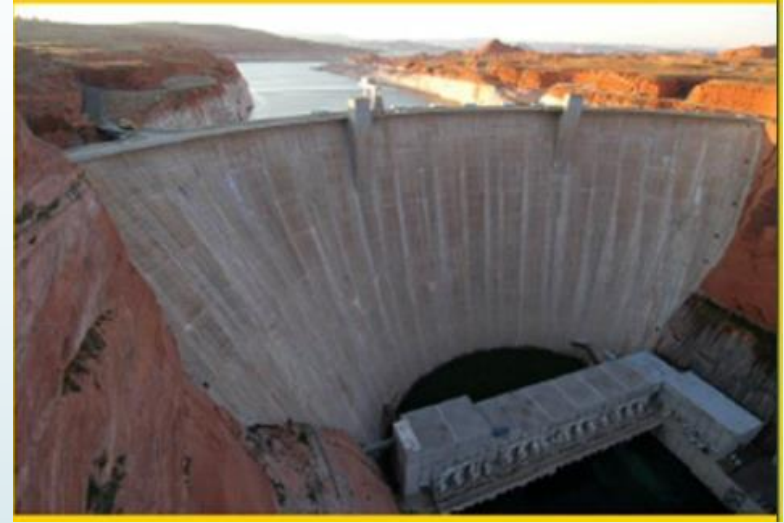
*Kavitasyon hasarı
Karun Barajı, Iran*

15.2m çaplı Arizona Hoover Barajı dipsavağı kavitasyon hasarı. Hasar derinliği 13.7m.



Betonun Bozulması

FİZİKSEL ETKİLER – EROZYON, YÜZEYSEL AŞINMA, OYULMA VB.



*Kavitasyon hasarı
Glen Kanyon Barajı,
1983 dolusavakta
hasar*

Betonun Bozulması

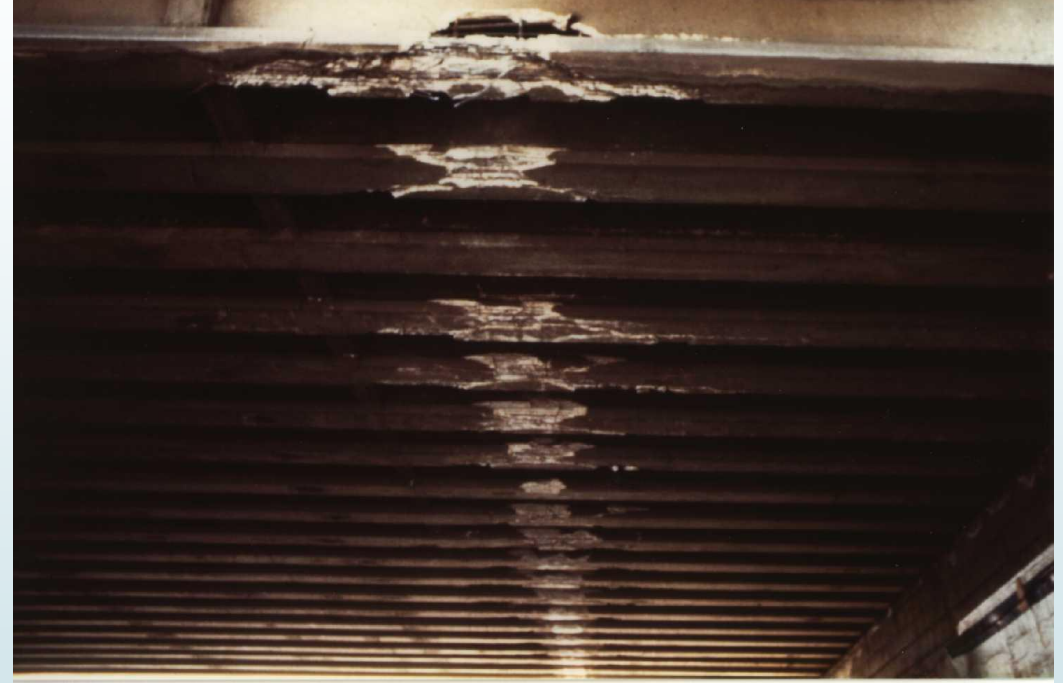
FİZİKSEL ETKİLER – EROZYON, YÜZEYSEL AŞINMA, OYULMA VB.



**11 YIL FABRİKA İÇİ YOĞUN FORKLİFT TRAFİĞİNE MARUZ KALMIŞ
BETONARME DÖŞEME**

Betonun Bozulması

FİZİKSEL ETKİLER – EROZYON, YÜZEYSEL AŞINMA, OYULMA VB.



ARAÇLARIN ÇARPMASI - DARBE

Betonun Bozulması

FİZİKSEL ETKİLER – EROZYON, YÜZEYSEL AŞINMA, OYULMA VB. ÖNLEMLER

- C30 ve üzerindeki beton sınıfının kullanımı (çok şiddetli etki durumunda C40 ve üzeri),
- Taze betonda segregasyon ve terlemenin önlenmesi,
- Düşük su/çimento oranı ve aşınmaya dayanıklı agrega kullanımı,
- Zamanında ve düzgün perdahlama işlemi,
- Eksiksiz ve zamanında kür,
- Yüzey bölgesinde aşınmaya dayanıklı özel agrega (kuvars, korundum vb.) veya çelik lif kullanımı,
- Özel beton üretimi (Polimer emdirilmiş beton veya vakumlu beton)

Betonun Bozulması

FİZİKSEL ETKİLER – YÜKSEK SICAKLIK



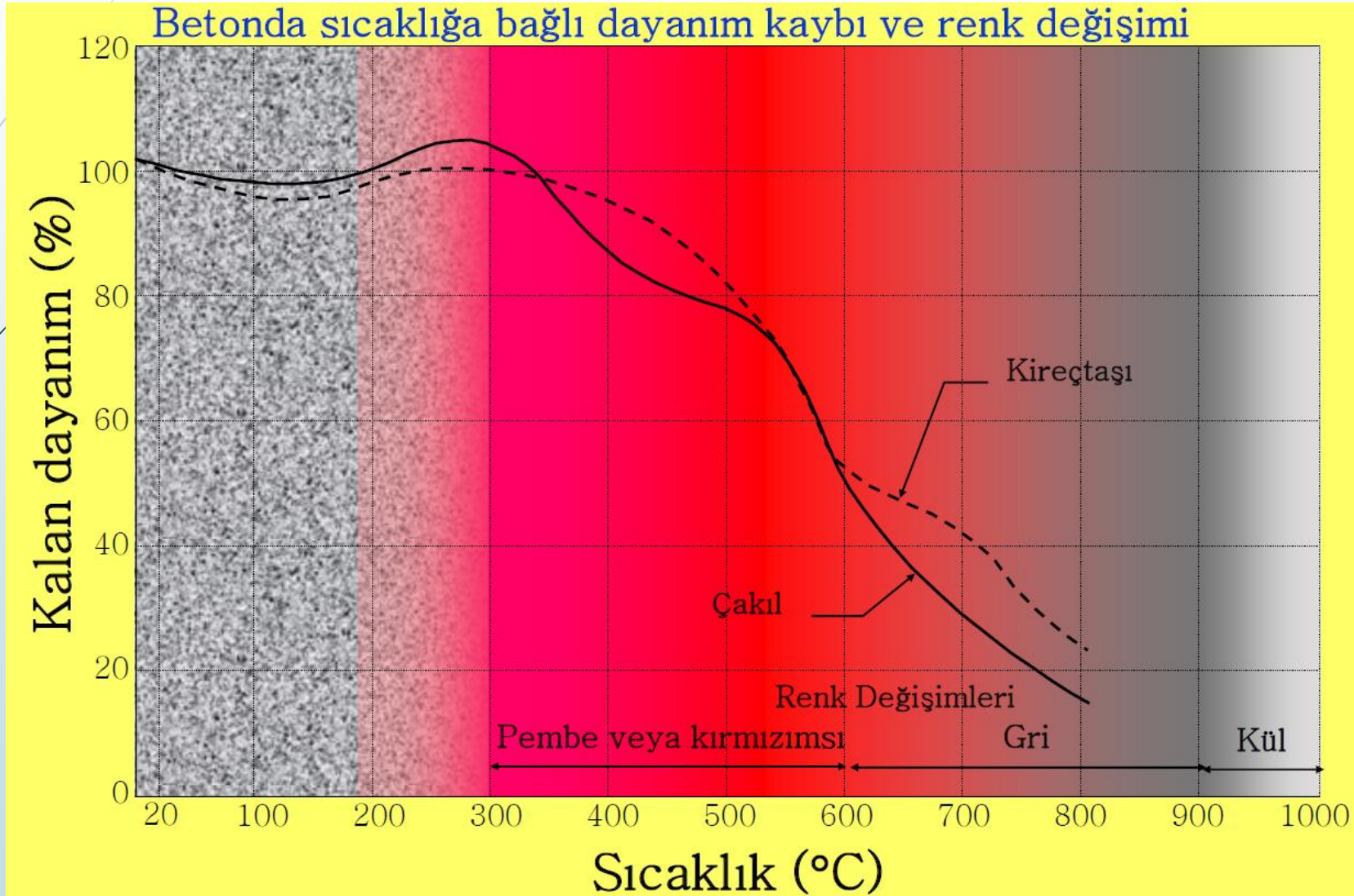
Betonun Bozulması

FİZİKSEL ETKİLER – YÜKSEK SICAKLIK

- 1-2 SAAT Max.250°C'ye KADAR FAZLA SORUN YOK !
- 100~150°C KILCAL BOŞLUKLARDAKİ SUYUN BUHARLAŞMASI
- 150~200°C BÜZÜLME, KILCAL ÇATLAK OLUŞUMU ÇEKME DAYANIMINDA DÜŞÜŞ-PEMBEMİSİ RENK
- ~300°C ALUMİNLİ ve DEMİR OKSİTLİ BİLEŞENLERDE BÜNYE SUYU KAYBI-BASINÇ DAYANIMINDA DÜŞÜŞ-KOYU PEMBEMİSİ-KIRMIZIMSİ RENK
- ~400°C **Ca(OH)₂ → CaO** %30 HACİM AZALMASI
(İTFAİYE SU SIKINCA DURUM TERSİNE DÖNER)
- 400~600°C CSH YAPISININ TAHRİBİ - GRİ-BEYAZ RENK DAYANIMDA %80'E VARAN AZALMALAR

Betonun Bozulması

FİZİKSEL ETKİLER – YÜKSEK SICAKLIK



Betonun Bozulması

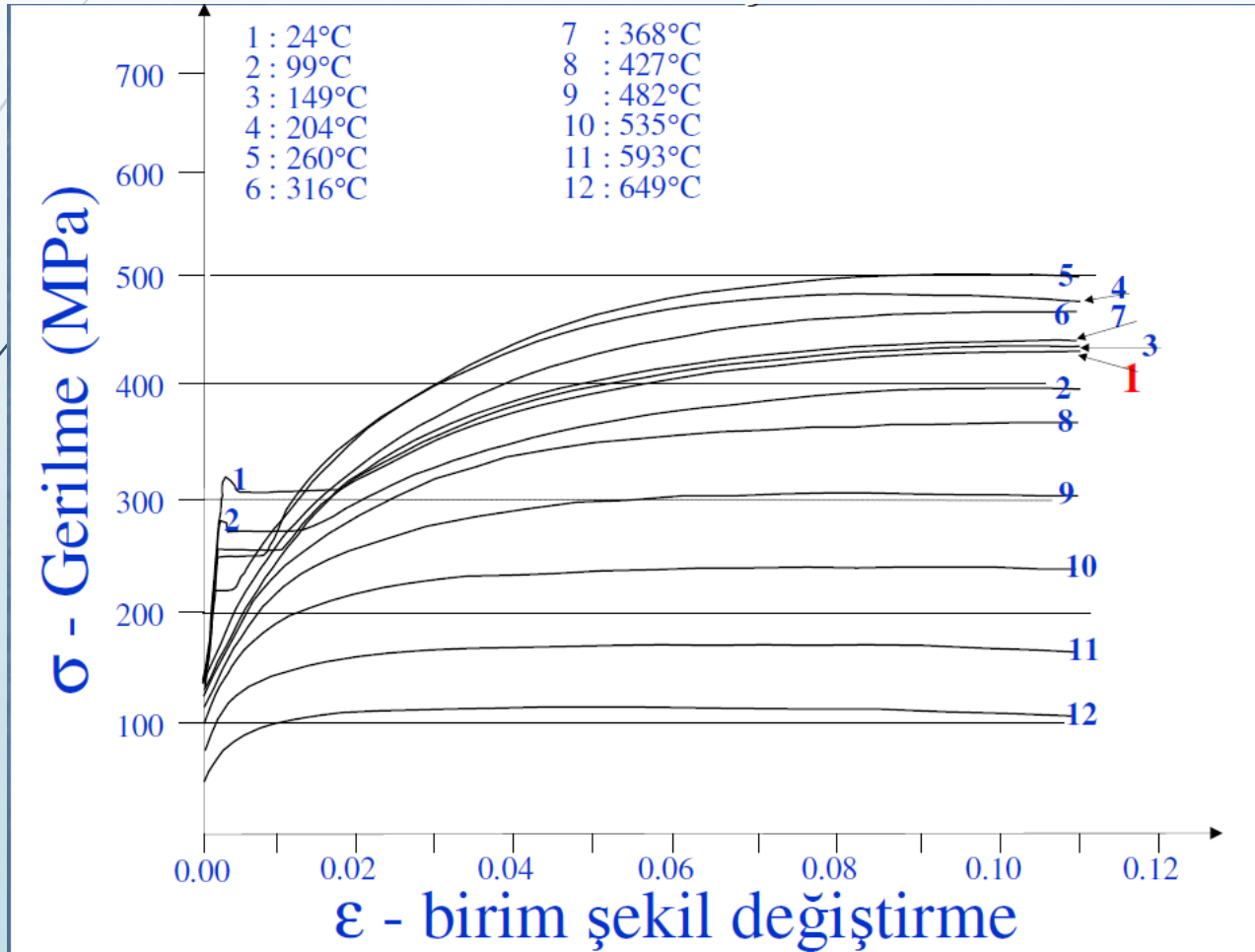
FİZİKSEL ETKİLER – YÜKSEK SICAKLIK – ÖNLEMLER

- Mineral katkı kullanımı
 - Uçucu kül +
 - Yüksek fırın cürufu +
 - Silis dumanının yüksek sıcaklık dayanıklılığına katkısı yok !! -
- Termal olarak stabil agrega kullanımı Kalker kökenli agregalar silis kökenlilere kıyasla daha iyi
- Yeterli pas payı kalınlığının sağlanması (Binaların yangından korunmasına ilişkin yönetmeliğe göre minimum 4 cm)

Betonarme ve ön gerilmeli betondan mamul taşıyıcı sistem elemanlarında TS 4065 standardına uyulur. Çok katlı ve özellikle yatay yangın bölmeli binalarda, sistem bir bütün olarak incelenir, eleman genleşmelerinin kısıtlandığı durumlarda doğan ek zorlamalar göz önünde tutulur. Betonarme veya betonarme-çelik kompozit elemanların yangına karşı 2 saat dayanıklı olabilmesi için, içindeki çelik profil veya donatının en dışta kalan kısımlarının (pas payı) en az 4 cm. kalınlığında beton ile kaplanmış olması gerekmektedir.

Betonun Bozulması

FİZİKSEL ETKİLER – YÜKSEK SICAKLIK – ÖNLEMLER ÇELİĞİN SICAKLIĞA DAYANIMI



Çevreye yangın yayma tehlikesi olmayan ve yangın sırasında içindeki yanıcı maddeler çelik elemanlarında 540°C üzerinde bir sıcaklık artışına sebep olmayacak bütün çelik yapılar, çelikte yangına karşı herhangi bir önlem alınmaksızın yangına karşı dayanıklı kabul edilir. Bunun dışında kalan çelik yapılarda, çeliğin sıcaktan uygun şekilde yalıtılması gerekir. Yalıtım, yangına dayanıklı püskürtme sıva ile sıvama, yangına dayanıklı boya ile boyama, yangına dayanıklı malzemeler ile çevreyi sarma, kutuya alma ve kütleli yalıtım şeklinde yapılabilir.

Betonun Bozulması

KİMYASAL VE BİYOLOJİK ETKİLER – SÜLFAT ETKİSİ

Sülfat saldırısının mekanizmasını incelediğimizde; Sertleşmiş betonun yapısında bulunan CH (kalsiyum hidroksit) deniz suyu/yeraltı suyunun yapısında bulunan sodyum sülfatlarla reaksiyona girer ve kalsiyum sülfat oluşturur Çimentonun yapısında yer alan C_3A fazı su ve etrenjitin etkisi ile mono sülfata dönüşmektedir Mono sülfat ile birleşen kalsiyum sülfat sertleşmiş betonda genleşmeye sebep olur

Betonun Bozulması

KİMYASAL VE BİYOLOJİK ETKİLER – SÜLFAT ETKİSİ

Sülfat saldırısı adı verilen ve sertleşmiş betonda zararlı genleşmelere yol açan reaksiyonun temel 3 sebebi vardır;

- Çimentonun içerisinde yer alan C_3A fazı
- Yer altı suyu ya da deniz suyu kaynaklı sülfat
- Betonun yapısında yer alan çimento hidratasyonunun ürünü CH (kalsiyum hidroksit)

BETONDA SÜLFAT SALDIRISI KAYNAKLI GENLEŞMEYİ DURDURMAK İÇİN BU 3 ETMENDEN BİRİ ÖNLENMELİDİR!!

Betonun Bozulması

KİMYASAL VE BİYOLOJİK ETKİLER – SÜLFAT ETKİSİ

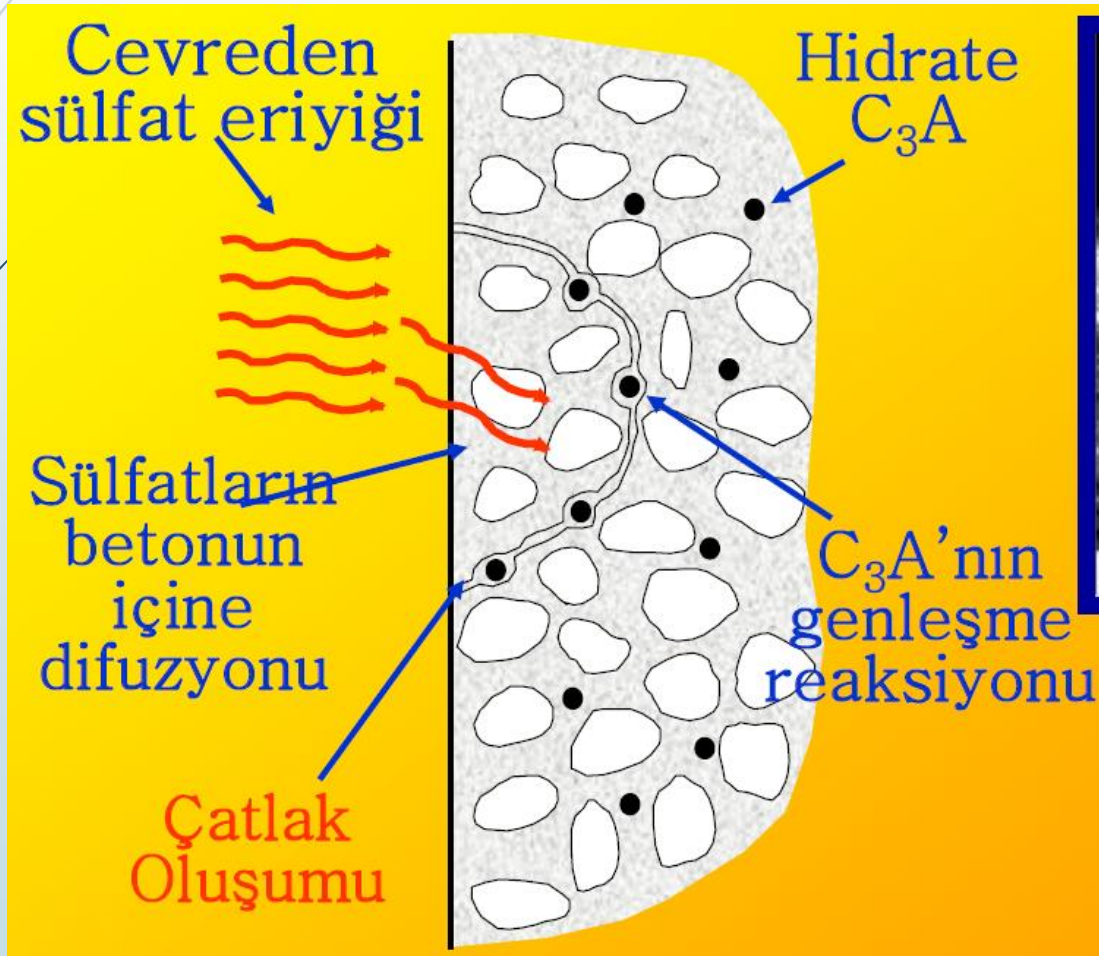
Sülfat saldırısının beton üzerindeki olumsuz etkileri:

- Betonun geçirimsizliğini olumsuz yönde etkilemekte ve boşluklu bir yapıya neden olmaktadır
- Beton dış yüzeyinde derin çatlaklar oluşturmakta, pas payına zarar vererek donatının korozyona uğramasına neden olmaktadır
- Beton mukavemetini düşürmektedir
- Estetik sorunlara neden olmaktadır

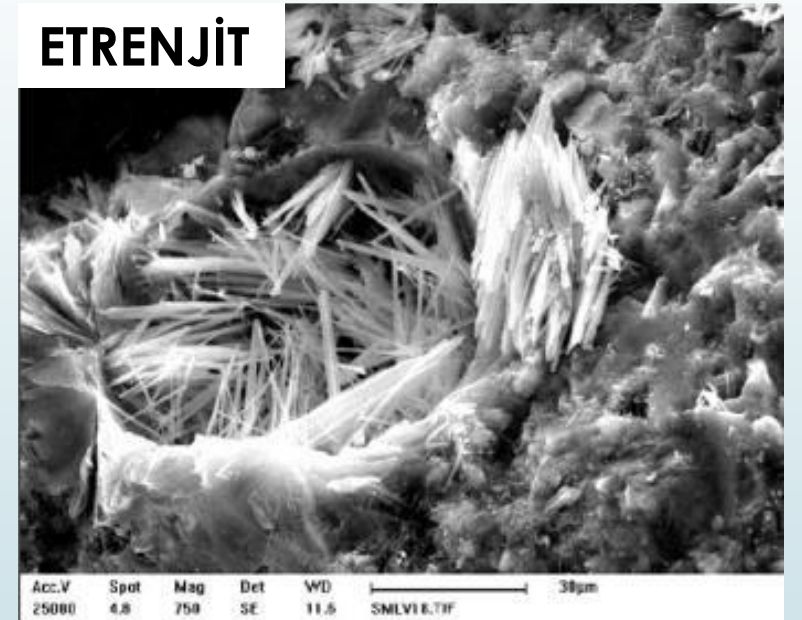
Betonun Bozulması

KİMYASAL VE BİYOLOJİK ETKİLER – SÜLFAT ETKİSİ

KATI KURU TUZLAR ZARARSIZ! NEMLİ ORTAMDA ZARARLI



ETRENJİT



Betonun Bozulması

KİMYASAL VE BİYOLOJİK ETKİLER – SÜLFAT ETKİSİ

SÜLFAT KAYNAKLARI:

- TOPRAKTAN (YÜZEYİNDE BEYAZ BİRİKİNTİLER OLAN, ÇALILIK DIŞINDA BİTKİ YETİŞMEYEN ARAZİLER ŞÜPHELİ)
- ÇİMENTODAN (KATILAN ALÇITAŞI, $SO_3 \leq 3$ OLMALI)
- DENİZ SUYU, YERALTI SUYU



Betonun Bozulması

KİMYASAL VE BİYOLOJİK ETKİLER – SÜLFAT ETKİSİ



Betonun Bozulması

KİMYASAL VE BİYOLOJİK ETKİLER – SÜLFAT ETKİSİ



Betonun Bozulması

KİMYASAL VE BİYOLOJİK ETKİLER – SÜLFAT ETKİSİ

HASARSIZ



HASARLI



BELİRTİLERİ

- BEYAZ LEKELER
- KÖŞE ve KENARLARDA BAŞLAYAN ÇATLAKLAR
- PULLANMA – DÖKÜLME
- UFALANMA - YUMUŞAMA

Betonun Bozulması

KİMYASAL VE BİYOLOJİK ETKİLER – SÜLFAT ETKİSİ



DENİZLİ İLİ SARAYKÖY İLÇESİ SÜLFATLI SU (900 mg/l) AKAN
TAŞ DUVARDA HARÇLARIN DAĞILMASI

Betonun Bozulması

KİMYASAL VE BİYOLOJİK ETKİLER – SÜLFAT ETKİSİ ÖNLEMLER

- BETONUN GEÇİRİMSİZLİĞİ SAĞLANMALI
- DÜŞÜK C_3A İÇERİKLİ ÇİMENTO KULLANILMALI (trikalsiyum alüminat)
 - $C_3A \leq \%8$ SÜLFATA ORTA DERECEDE DAYANIKLI ÇİMENTO
 - $C_3A \leq \%5$ SÜLFATA YÜKSEK DERECEDE DAYANIKLI ÇİMENTO
- KİRECİN ($Ca(OH)_2$) PUZOLANLARLA TESPİTİ FAYDALI
- GEREĞİNDE BETON İZOLE EDİLMELİ

C_3A , yani kalsiyum alüminat (trikalsiyum alüminat) çimentonun kimyasal dayanıklılığında en önemli rolü oynar. Sertleştikten sonra bu bileşen en düşük dayanıma sahiptir, hidratasyon sırasında büyük ısı çıkarır ve asıl önemlisi kalsiyum sülfatla, yani alçı veya alçıtaşı ile birleşerek çok büyük hacimli bir tuz (Etrenjit veya Candlot tuzu) oluşturur. Bu tuz kristalleşmiş, yani hidrate olmuş C_3A durumunda da oluşur ve asıl kötüsü de budur. Zira bu yüksek dereceli genleşme betonu patlatır, tahrip eder. Sülfatlı ortamlarda kalacak çimentolarda, C_3A miktarı düşük çimento seçmek zorunludur.

Betonun Bozulması

KİMYASAL VE BİYOLOJİK ETKİLER – GECİKMIŞ ETRENJİT OLUŞUMU

GEO; dışarıdan sülfat girişi olmaksızın, sertleşmiş betonda zaman içinde çeşitli nedenlerden dolayı etrenjit meydana gelmesi



Betonun Bozulması

KİMYASAL VE BİYOLOJİK ETKİLER – GECİKMiŞ ETRENJİT OLUŞUMU

YÜKSEK SO_3 İÇERİĞİ (%2 –5)
DÜŞÜK SO_3 ERİYEBİLİRLİĞİ
YÜKSEK KÜR SICAKLIĞI (90 °C)



HİDRATASYONUN İLK DAKİKALARINDAKİ
ETRENJİT OLUŞUMUNUN ENGELLENMESİ



AÇIK HAVADA SÜREKLİ
ISLANMA-KURUMA



SERTLEŞMİŞ BETONDA
ETRENJİT OLUŞUMU



GENLEŞME



ÇATLAKLAR

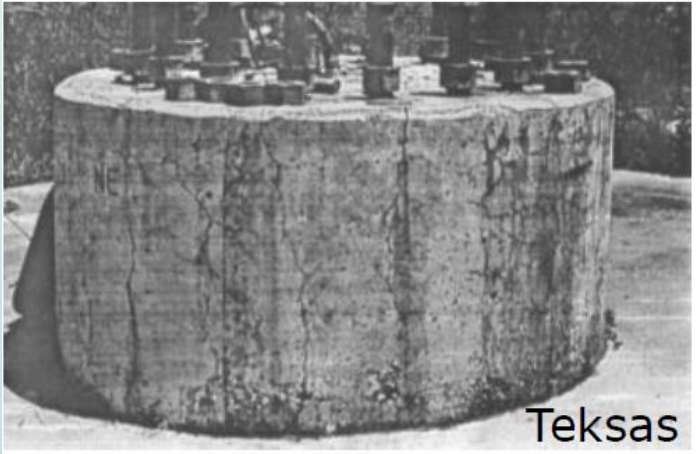


Betonun Bozulması

KİMYASAL VE BİYOLOJİK ETKİLER – GECİKMIŞ ETRENJİT OLUŞUMU



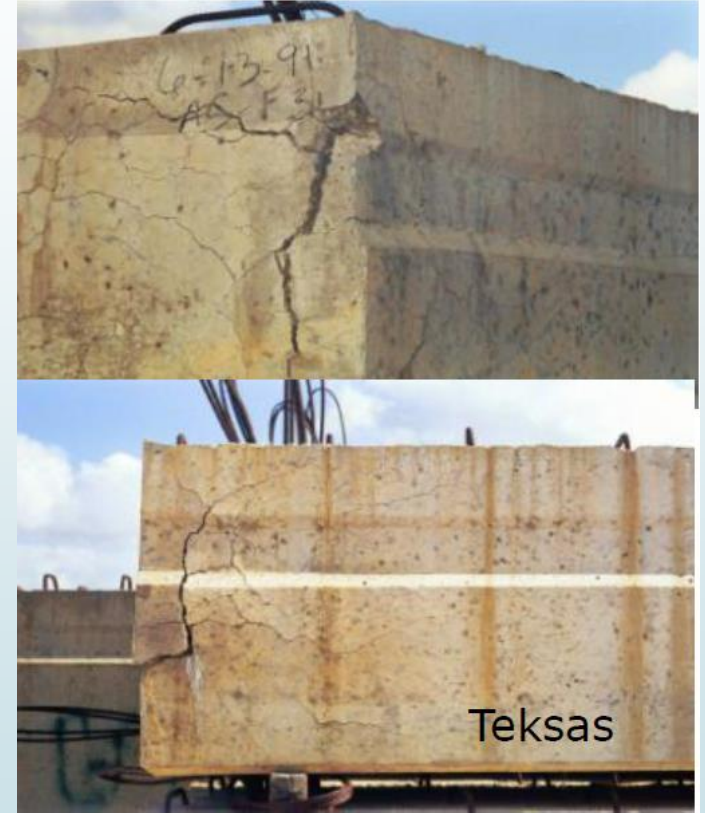
8 yıllık otopark
merdiveni prefabrik
panel elemanı



aydınlatma
direği temeli
ASR+GEO Buhar
kürü yok

Betonun Bozulması

KİMYASAL VE BİYOLOJİK ETKİLER – GECİKMIŞ ETRENJİT OLUŞUMU



Öngerilmeli köprü
kirişleri ASR+ GEO
(Üretimden 1 yıl sonra)

Betonun Bozulması

KİMYASAL VE BİYOLOJİK ETKİLER – GECİKMIŞ ETRENJİT OLUŞUMU



SHANGHAI JINMAO BUILDING

Binanın yüksekliği: 440 m

Temel betonu sınıfı: C50

Temel yüksekliği: 4 m

Betonun yerleştirilmesinden 40 saat

sonra ölçülen sıcaklık : **97 °C**

Beton sülfalüminat bazlı
genleşen kimyasal katkı içeriyor

DEF riski !!!

Betonun Bozulması

KİMYASAL VE BİYOLOJİK ETKİLER – GECİKMİŞ ETRENJİT OLUŞUMU ÖNLEMLER

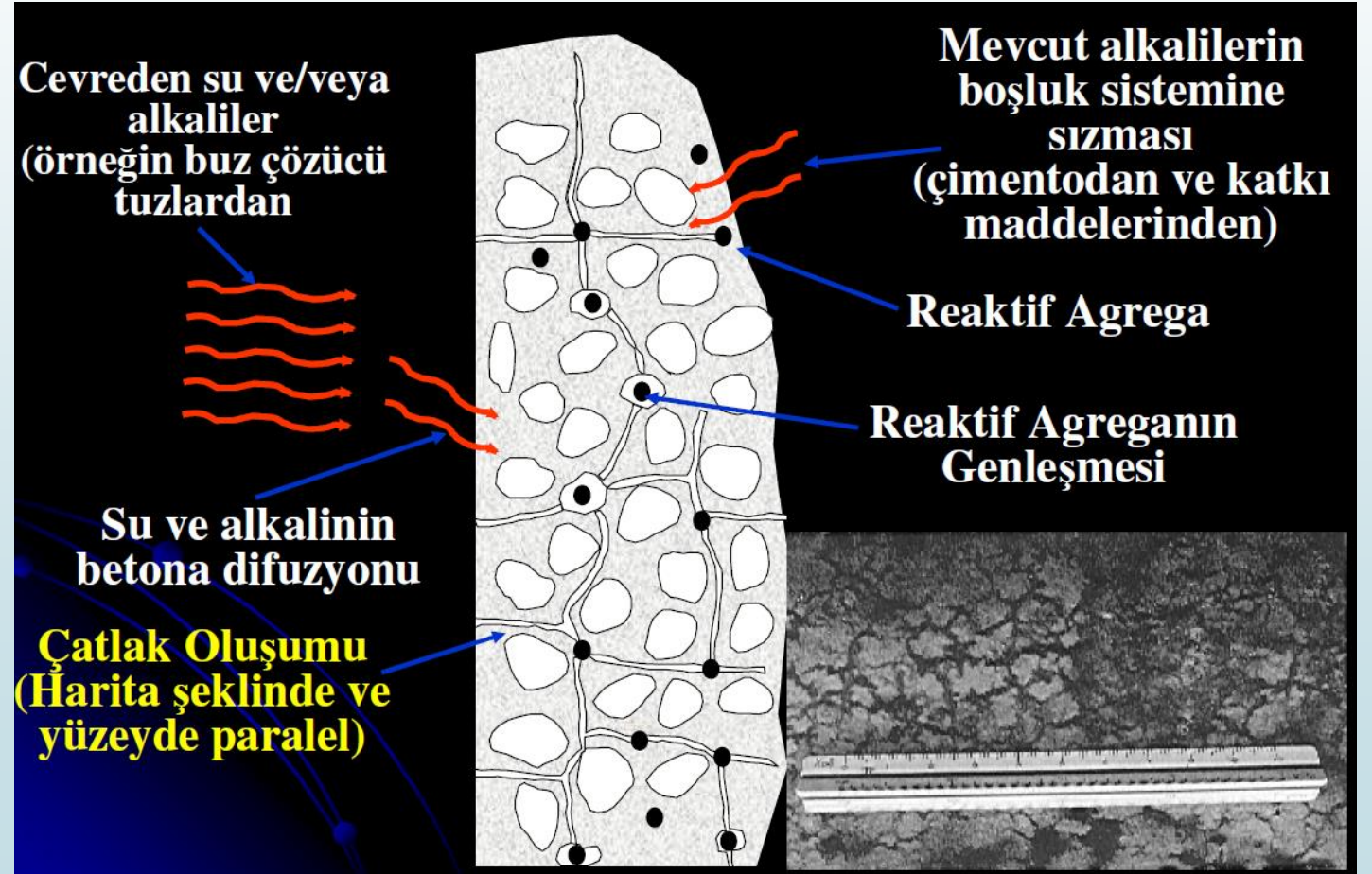
- Çimento Klinkerinin Sülfat İçeriği Düşük Olmalı
- Kür Sıcaklığı Çok Yüksek Olmamalı
- Düşük Hidratasyon Isılı Çimento Kullanılmalı
- Puzolanik Madde Kullanmak Suretiyle Sülfat Miktarını Azaltmak
- Su İle Temas Kesilmeli
- Hava Sürükleyici Katkı Kullanımı
- Diğer Reaksiyonlardan Kaynaklanan Mikroçatlakların Oluşumunun Engellenmesi

Betonun Bozulması

KİMYASAL VE BİYOLOJİK ETKİLER – ALKALİ AGREGA REAKTİVİTESİ

ASR : Alkali Silis Reaktivitesi

ACR : Alkali Karbonat Reaktivitesi



Betonun Bozulması

KİMYASAL VE BİYOLOJİK ETKİLER – ALKALİ AGREGA REAKTİVİTESİ

ASR

- ASR betonun servis ömrünün ilk yıllarında kılcal çatlaklar biçiminde kendini göstermekte, betonda önemli sorunlara yol açmaktadır
- ASR beton içerisindeki birçok girdinin birbirleri ile etkileşimi sonucu ortaya çıkar
- Temel sebebi nemli bir ortamda çimentonun içerisindeki alkaliler ile agregadan gelen silisli malzemenin reaksiyon vermesidir
- Bu reaksiyon sonucu ortaya çıkan jel sınırsız su emme kapasitesine sahiptir, betonda zararlı genleşmelere sebep olur

Betonun Bozulması

KİMYASAL VE BİYOLOJİK ETKİLER – ALKALİ AGREGA REAKTİVİTESİ

3 KOŞUL BİR ARADA BULUNMALI

- **ÇİMENTODA ALKALİ OKSİT DEĞERİ**
($\text{Na}_2\text{O} + 0.658 \text{K}_2\text{O}$) > %0.6
- **AGREGADA AKTİF SİLİS BULUNMALI**
(OPAL, TRİDİMİT, KRİSTOBALLİT, VOLKANİK CAM, RİYOLİT, ANDEZİT ve TÜFLERİ)
- **SU ve SICAKLIK**

ACR



YILLAR SONRA JEL OLUŞUMU
(SODYUM + POTASYUM + KALSİYUM SİLİKAT)



HACİM GENLEŞMESİ



AĞ ŞEKLİNDE ÇATLAKLAR

Betonun Bozulması

KİMYASAL VE BİYOLOJİK ETKİLER – ALKALİ AGREGA REAKTİVİTESİ

SERTLEŞMİŞ
BETON

ALKALİ-AGREGA REAKSİYONU

N

N BÖLGESİ

Yeri : Nemli Bölgeler

Nedeni: Reaktif Agregat + yüksek alkali değerli çimento

Önem : Nedenlerin ortadan kaldırılması

Betonun Bozulması

KİMYASAL VE BİYOLOJİK ETKİLER – ALKALİ AGREGA REAKTİVİTESİ



ASR Hasarına Uğramış Köprü Ayağı (İzmir)

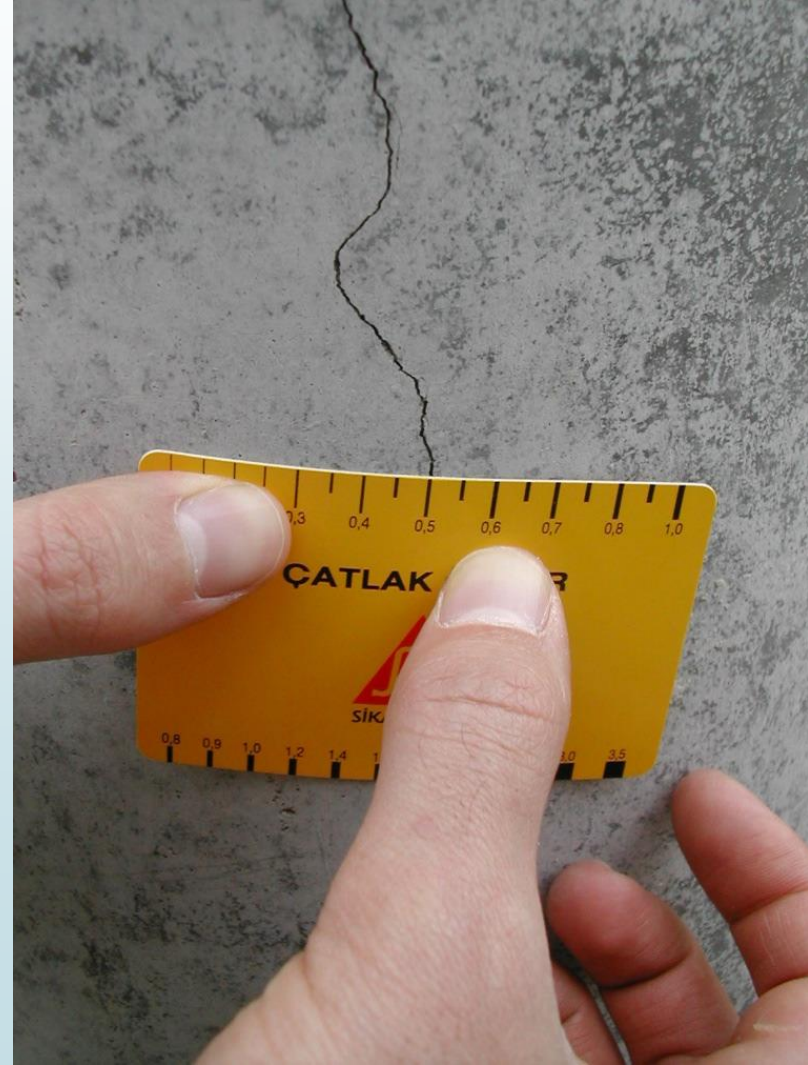


Betonun Bozulması

KİMYASAL VE BİYOLOJİK ETKİLER – ALKALİ AGREGA REAKTİVİTESİ

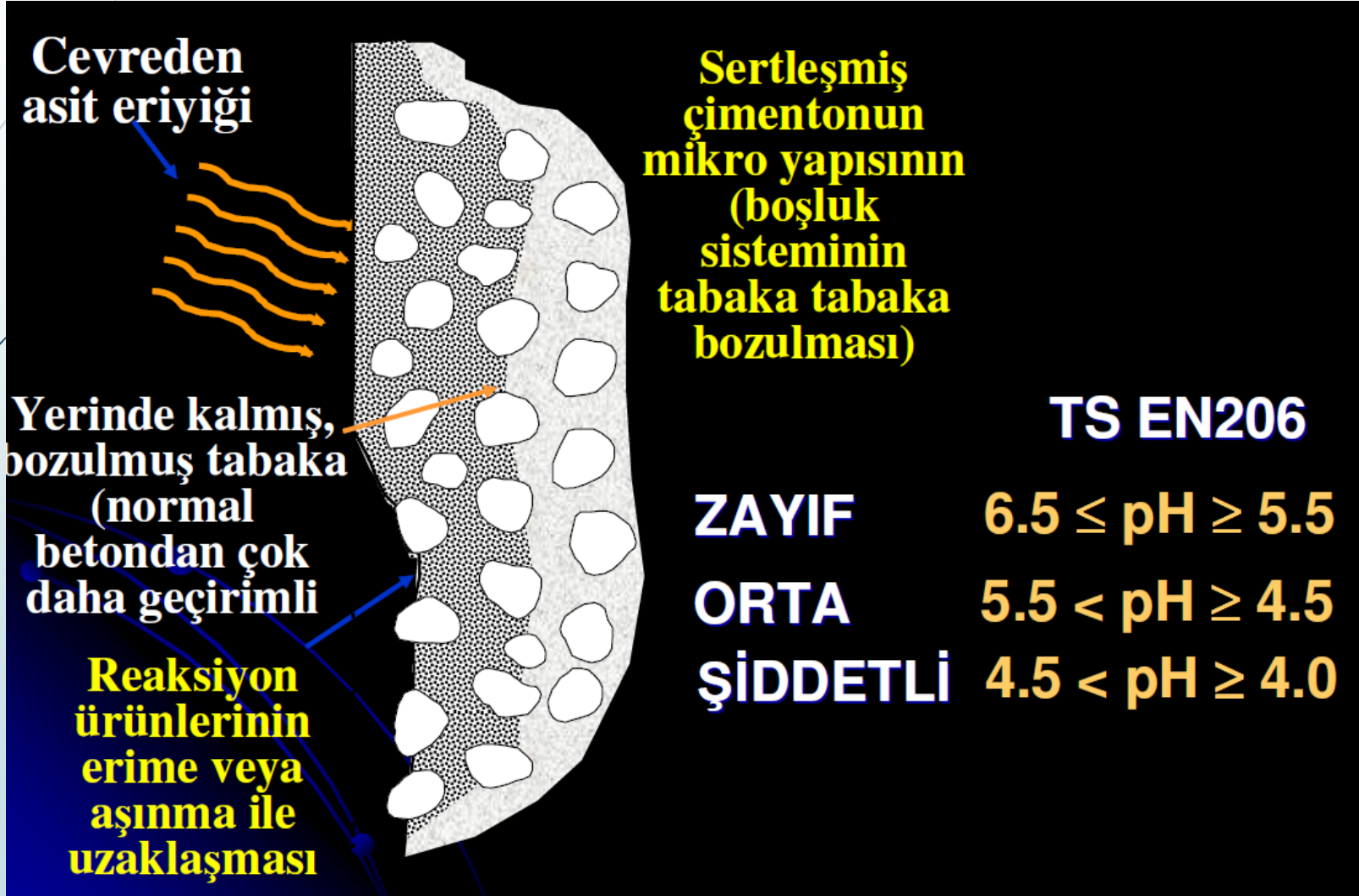


ASR HASARI



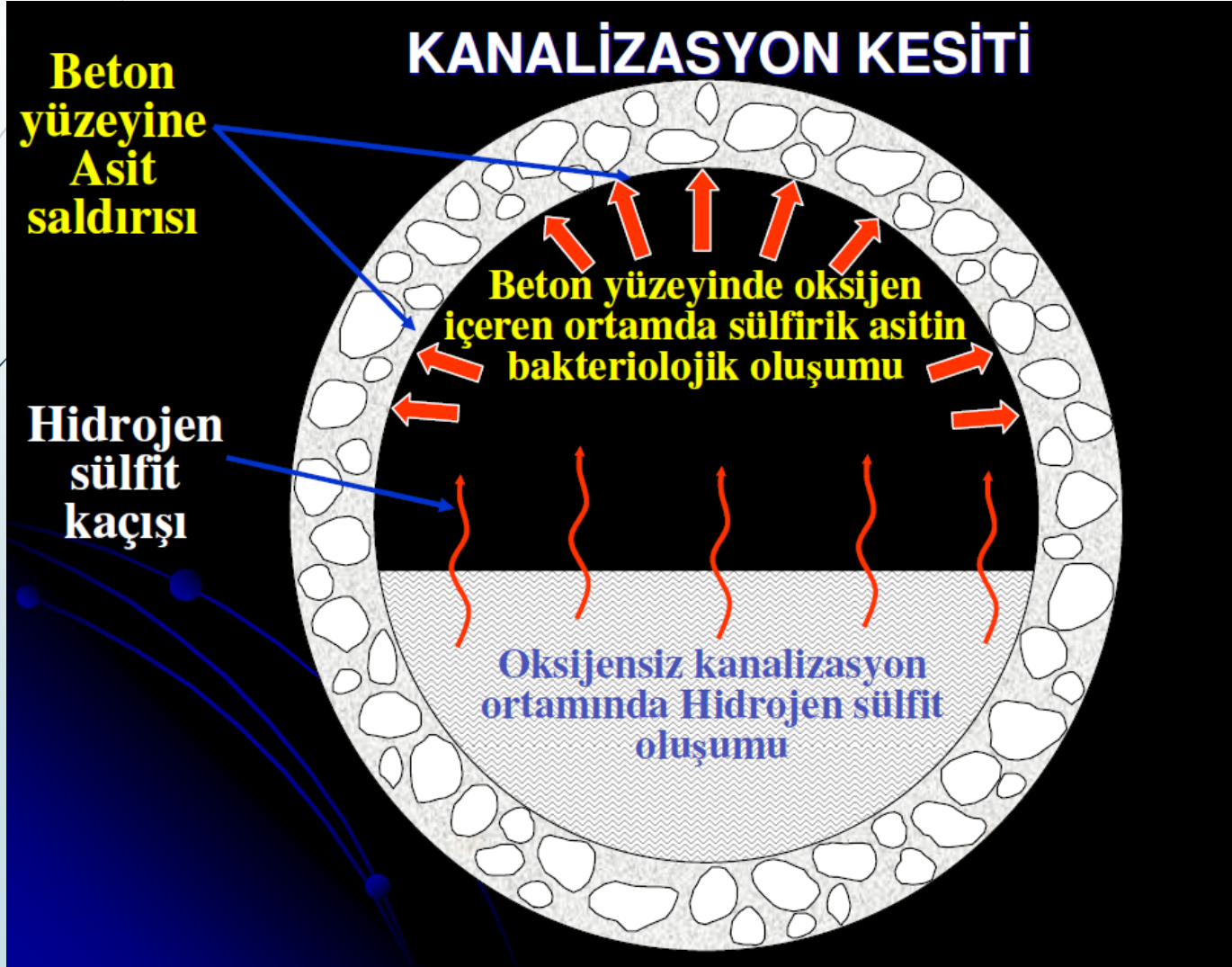
Betonun Bozulması

KİMYASAL VE BİYOLOJİK ETKİLER – ASİT ETKİSİ



Betonun Bozulması

KİMYASAL VE BİYOLOJİK ETKİLER – ASİT ETKİSİ



Betonun Bozulması

KİMYASAL VE BİYOLOJİK ETKİLER – ASİT ETKİSİ

Kanalizasyon Borularında Aşınma Süreci:

- H_2S gazı kanalizasyon sularında açığa çıkar.
- Bu gaz nem ile birlikte boru yüzeyine tutularak absorbe edilir.
- H_2S oksidasyona uğrar ve H_2SO_4 – sülfirik aside dönüşür.
- Çimento yüzeyinden asit atakları başlar.
- Yüzey aşınmaları ve delinmeler oluşmaya başlar.

Betonun Bozulması

KİMYASAL VE BİYOLOJİK ETKİLER – TOMASİT SALDIRISI

Özellikle İskandinav ülkeleri, İngiltere ve Kuzey Amerika'da köprü ve tünel yapılarında görülür.

Tomasit normal koşullar altında ender görülen bir sülfat etkisi ürünüdür. Tomasit oluşumunda düşük sıcaklıklar CO_2 'nin sudaki çözünürlüğünü arttırdığından olumlu etki yapmaktadır. Ancak son yıllarda yapılan araştırmalar, tomasitin normal sıcaklıklarda daha yavaş da olsa meydana geldiğini göstermiştir.

- İç veya dış sülfat kaynağı
- İç veya dış karbonat kaynağı (Öğütülmüş Kalker İçeren Çimentolar)
- Su
- Düşük sıcaklık ($<15^\circ\text{C}$)
- CSH (Kalsiyum silikat hidrat) yapısının bozulması
- Betonda yumuşama

Betonun Bozulması

KİMYASAL VE BİYOLOJİK ETKİLER – TOMASİT SALDIRISI

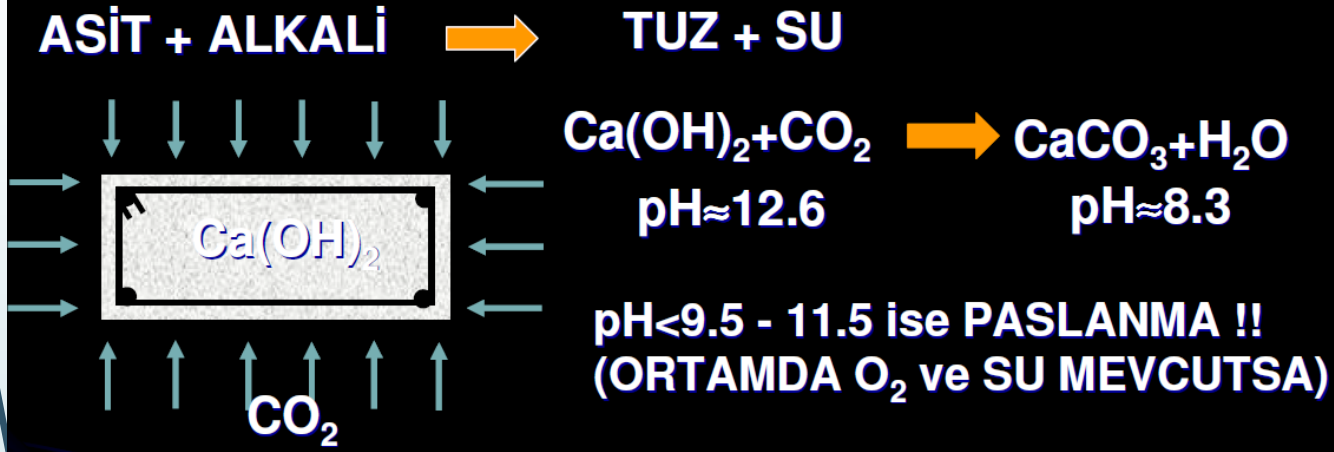


Fig. 4. Deterioration in the tunnel drainage channels.



Betonun Bozulması

KİMYASAL VE BİYOLOJİK ETKİLER – KARBONATLAŞMA



$$C = K\sqrt{t}$$

C = KARBONATLAŞMA DERİNLİĞİ (mm)
K = KARBONATLAŞMA KATSAYISI (mm/yıl^{0.5})
t = ZAMAN (yıl)

**DÜŞÜK DAYANIMLI
BETON S/Ç>0.6**



K >3-4 mm/yıl^{0.5} OLMAKTA



**15 YILDA 15 mm KARBONATLAŞMA
DERİNLİĞİ MÜMKÜN**

Betonun Bozulması

KİMYASAL VE BİYOLOJİK ETKİLER – KARBONATLAŞMA

- Çimento hidratasyon ürünleri özellikle (Kalsiyum Hidroksit) zamanla havadaki ve yağmur sularındaki karbondioksit ile birleşir ve nötr bir tuz olan kalsiyum karbonata dönüşür.
- Bu tuzlar beton porlarında karbonat çökeltileri oluşturur.
- Betonun alkali yapısı (pH=12,5) donatıların korozyonuna engel olur; fakat karbonatlaşma bu özelliğin yitirilmesine neden olur.
- Bu durum beton yapı elemanları servis ömrünü negatif etkiler.

Betonun Bozulması

KİMYASAL VE BİYOLOJİK ETKİLER – KARBONATLAŞMA

- Göz ile kontrolde, betonda açık griden koyu turuncuya kadar var olan renk değişiklikleri karbonatlaşma göstergesidir.
- Optik mikroskopta ise kalsit kristallerinin varlığı ve kalsiyum hidroksit, etrinjit, hidrate olmamış çimento taneciklerinin yokluğu ile anlaşılır. Karbonatlaşmış kısımda boşluklu yapı ise değişmeden ya da azalmış olarak gözlemlenir.

Betonun Bozulması

KİMYASAL VE BİYOLOJİK ETKİLER – KARBONATLAŞMA

KARBONATLAMIŞ
BETON



BETON YÜZEYİNDE SERTLEŞME



BETON TABANCASI (ÇEKİCİ)
DENEYİNDE ÇOK
BÜYÜK YANILGILAR !!!

BETON YAŞI 25 YIL



BETON TABANCASI İLE $f_{ck} = 16.9 \text{ MPa} !!$
KAROT İLE $f_{ck} = 4.8 \text{ Mpa}$

BETON YAŞI 50 GÜN



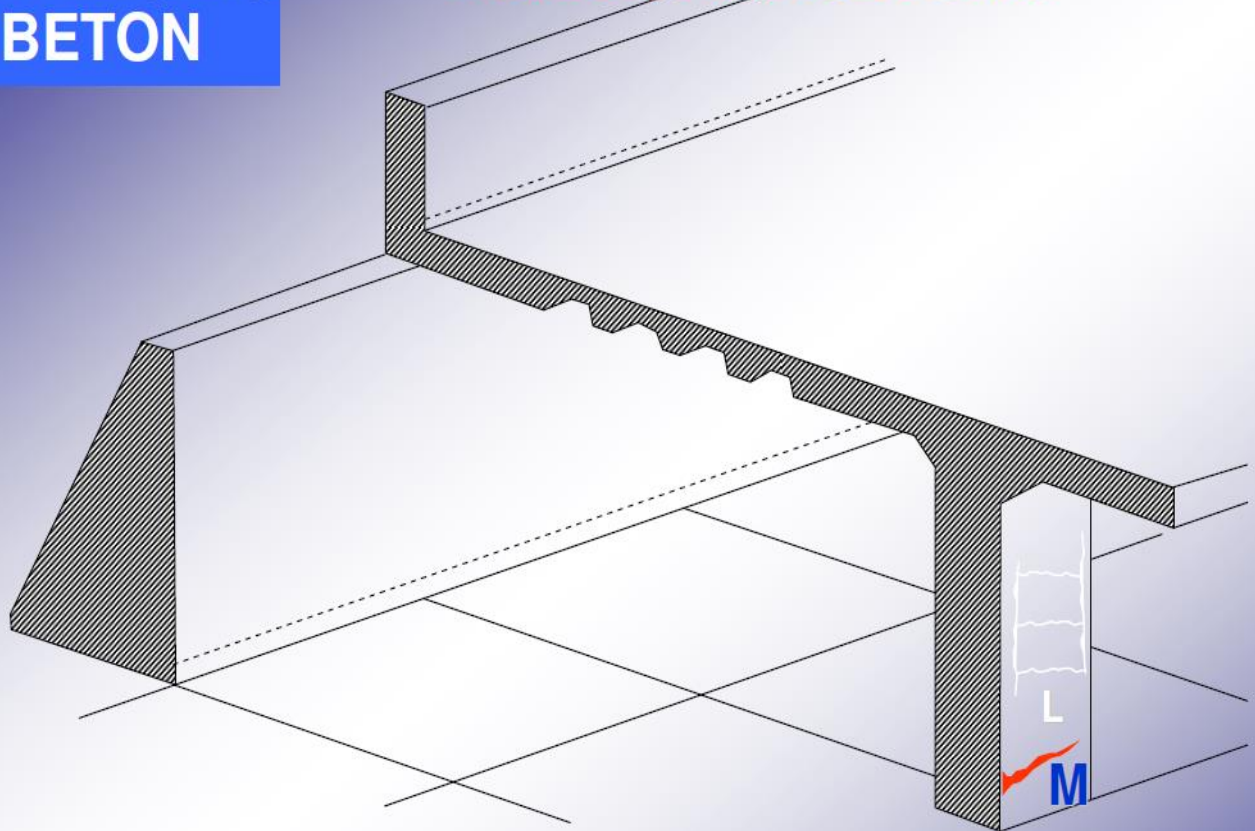
BETON TABANCASI İLE $f_{ck} = 25.1 \text{ MPa}$
KAROT İLE $f_{ck} = 18.0 \text{ MPa}$

Betonun Bozulması

KİMYASAL VE BİYOLOJİK ETKİLER – DONATIDA KOROZYON

SERTLEŞMİŞ
BETON

DONATI KOROZYONU



L ve M BÖLGESİ

Yeri : Betonarme elemanlar

Nedeni: Düşük kaliteli beton, yetersiz pas payı, karbonatlaşma, klorür iyonları, Deniz ortamı

Önlem : Nedenlerin ortadan kaldırılması

Betonun Bozulması

KİMYASAL VE BİYOLOJİK ETKİLER – DONATIDA KOROZYON

Halk dilinde paslanma olarak bilinen korozyon, elektro kimyasal etkilerin sonucunda malzemedede oluşan kütle kaybıdır. Beton ilk döküldüğünde, donatıyı sararak paslanmaya karşı korur. Beton içindeki yüksek alkali ortamı, donatı çeliğine sıkıca yapışır ve bir film oluşturarak korozyonun önüne geçer. Ancak zamanla titreşim, sarsıntı gibi etmenler, mekanik yorgunluk ve dış ortam şartlarından dolayı betonda mikroskopik çatlaklar oluşur ve giderek büyüyerek rutubet, dış ortamdaki korozif madde ve gazlar, CO₂, havadaki baca ve ekzos gazlarının sızmasına neden olur. Bu sızıntılar ve oksijenin korozif etkisi gibi nedenlerden dolayı donatı paslanır, kesiti azalır ve mukavemeti düşer. Betonu oluşturan bileşenler de zaman zaman tepkimeye yol açar. Bu gibi iç korozyon olayları da donatının paslanmasına neden olabilir. Oluşan paslanma, demirin hacmini artırarak, betonda çatlamalara neden olabilir. Korozyon özellikle rutubetin etkili olduğu dış cephelerde, çatı altlarında, bodrum katlarında, köprü, viyadük, baraj gibi su yapılarında, denize yakın yerlerde, baca ve ekzos gazlarının yoğun olduğu yerlerde, endüstriyel kirlenmenin yaşandığı bölgelerde ve tuzlu deniz kumunun kullanıldığı yapılarda görülür.

Betonun Bozulması

KİMYASAL VE BİYOLOJİK ETKİLER – DONATIDA KOROZYON

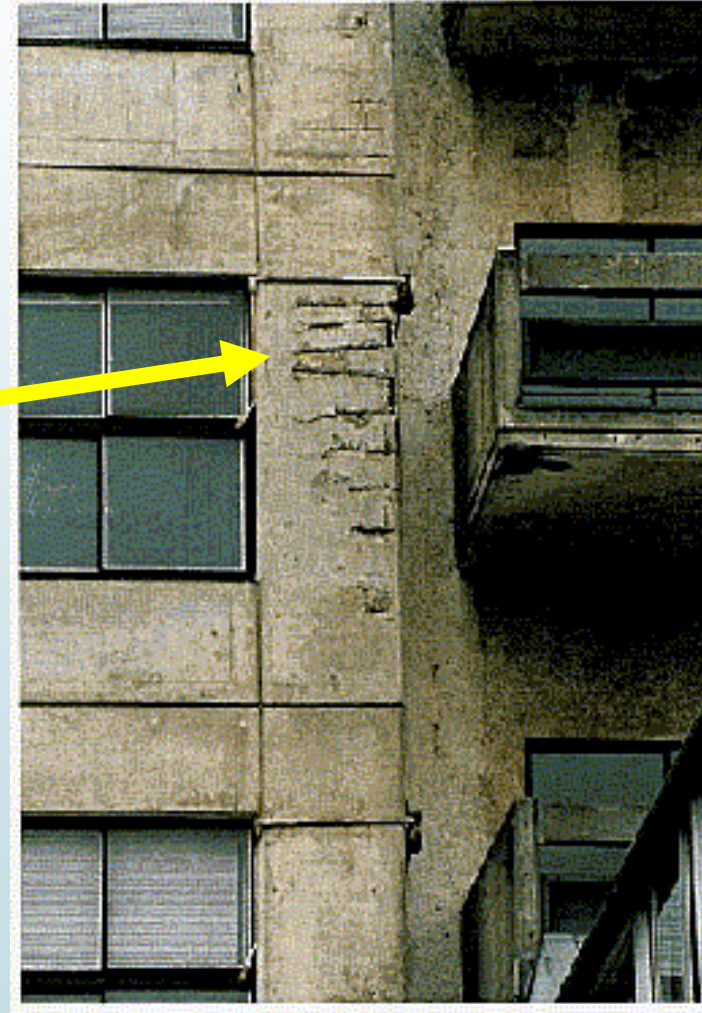
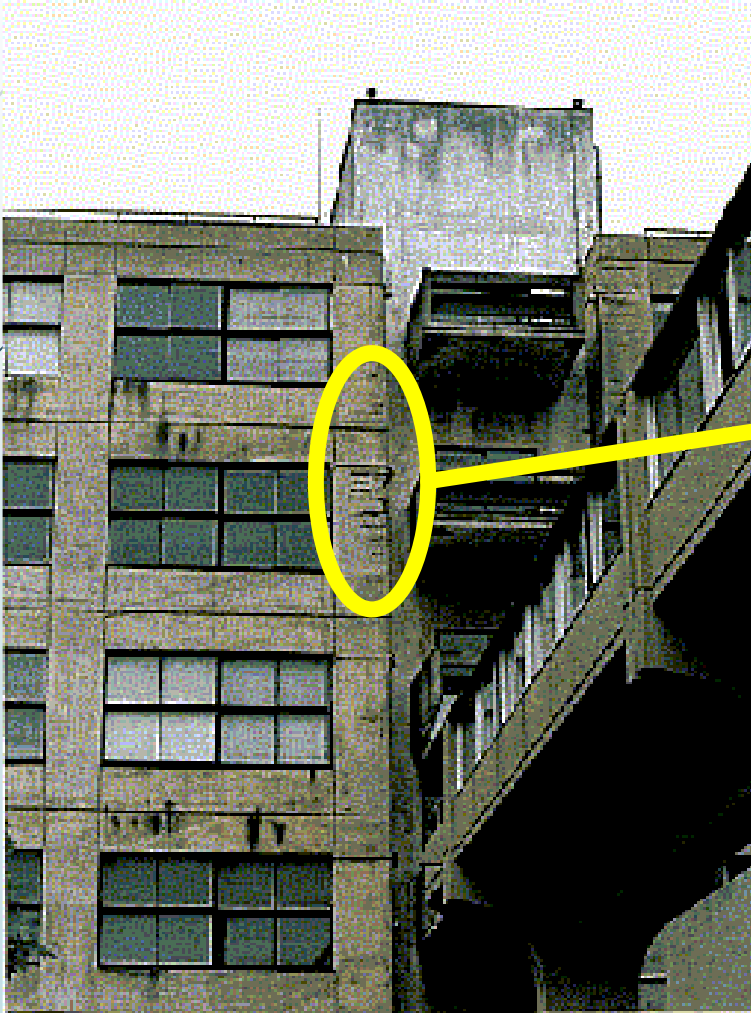
Korozyonun Hızı Nelere Bağlıdır?

Çelik genellikle oksijen ve suyun bulunduğu her ortamda korozyona uğramaktadır. Korozyonun hızı ortam şartlarına göre değişir.

- suyun hızı, alkalitesi ya da asitliğine,
- metallerin hareketiyle sıcaklık ya da havalandırmadaki artışa,
- bazı bakterilere veya diğer etkili bazı faktörlere bağlı olarak artabilmektedir.
- Maddenin saf olmaması da korozyonu hızlandıran etkenlerdendir.
- Koruyucu tabakaların kullanılması ise korozyonu geciktirir.

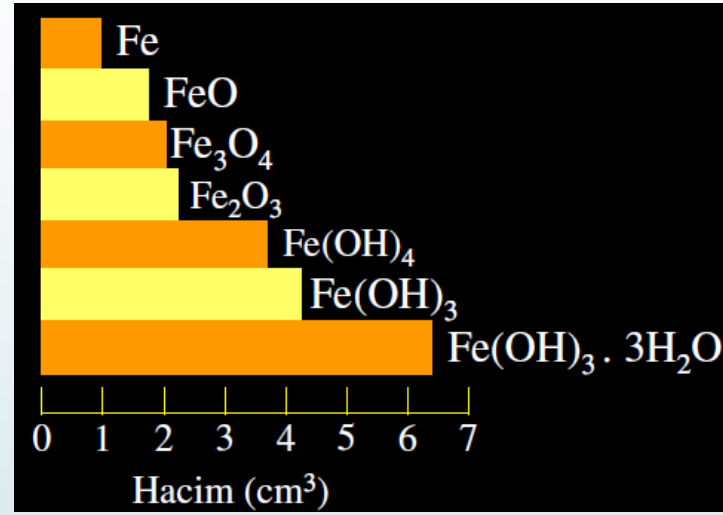
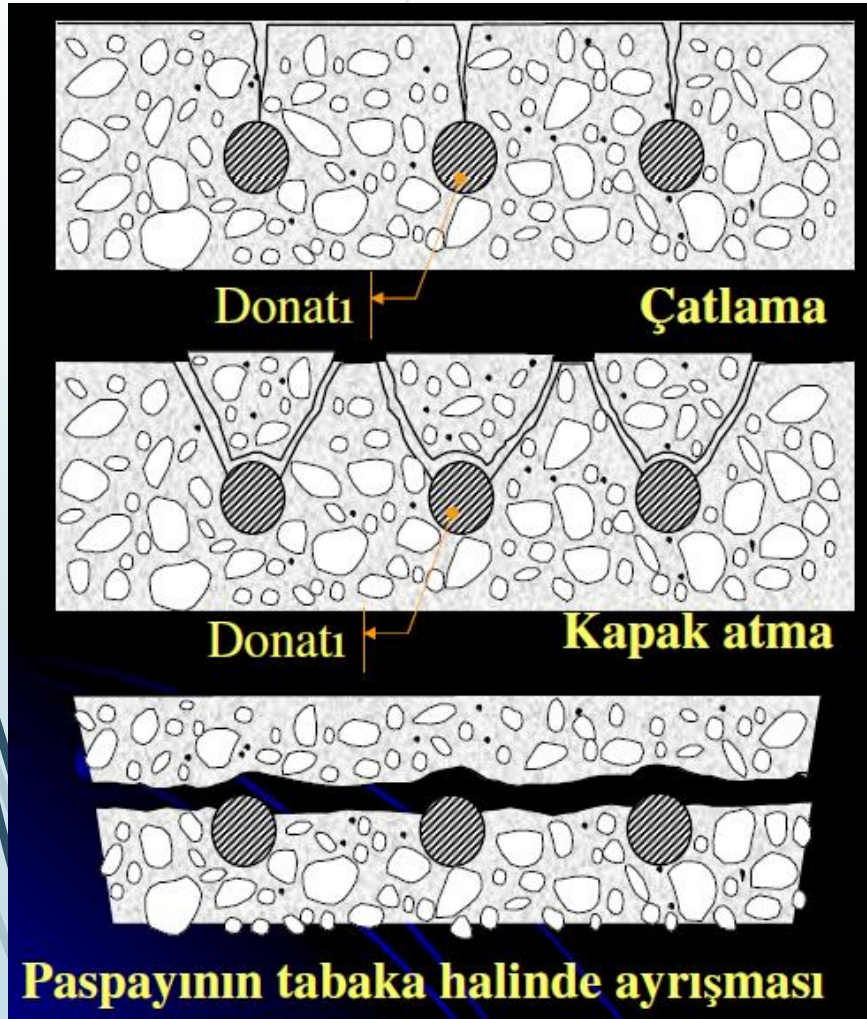
Betonun Bozulması

KİMYASAL VE BİYOLOJİK ETKİLER – DONATIDA KORROZYON



Betonun Bozulması

KİMYASAL VE BİYOLOJİK ETKİLER – DONATIDA KOROZYON



**KOROZYON
ÜRÜNLERİ**



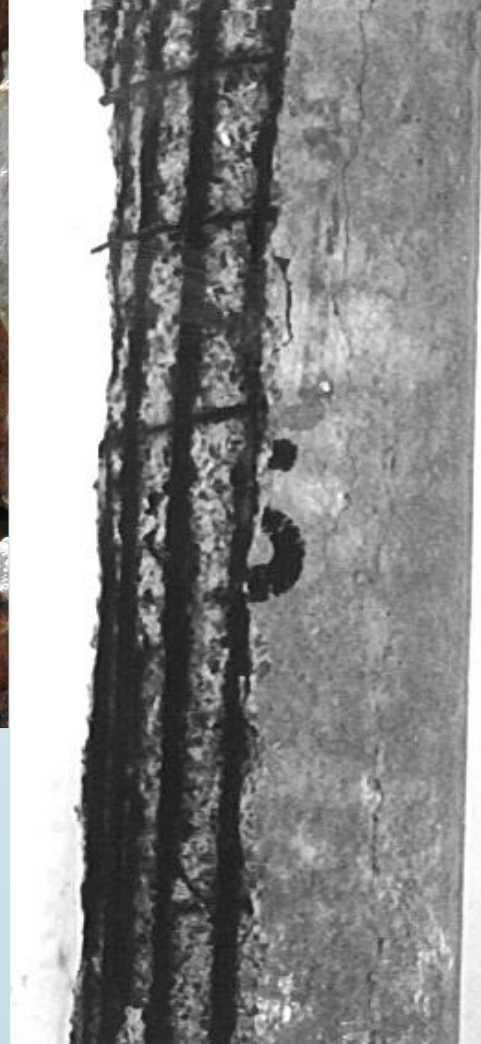
**~6 KAT HACİM
ARTIŞI**



**OLUŞAN GENLEŞME
NEDENİYLE BETONDA
HASAR**

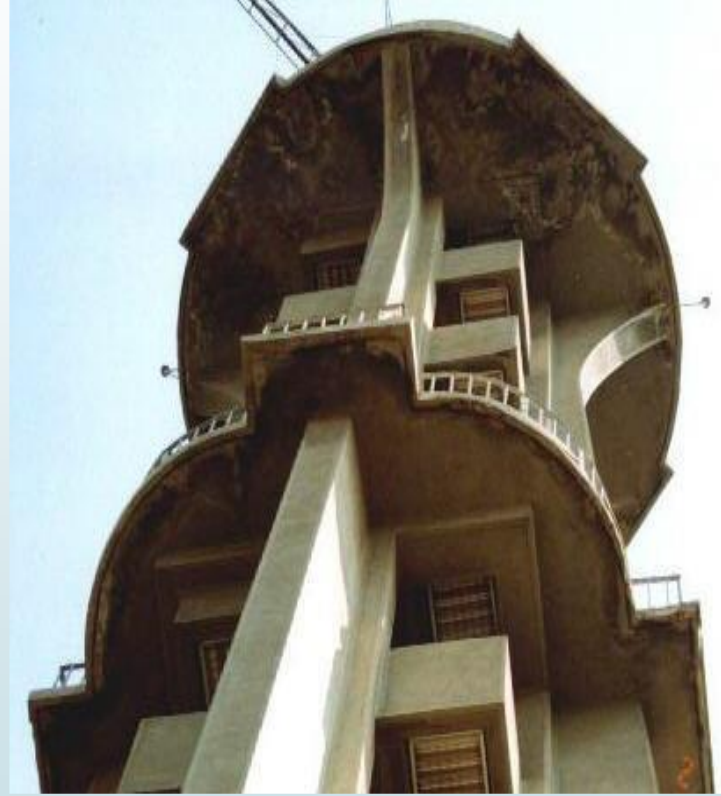
Betonun Bozulması

KİMYASAL VE BİYOLOJİK ETKİLER – DONATIDA KORROZYON



Betonun Bozulması

KİMYASAL VE BİYOLOJİK ETKİLER – DONATIDA KORROZYON



Betonun Bozulması

KİMYASAL VE BİYOLOJİK ETKİLER – DONATIDA KORROZYON



Betonun Bozulması

KİMYASAL VE BİYOLOJİK ETKİLER – DONATIDA KOROZYON



**GEÇİRİMLİ, YETERSİZ
KALINLIKTA PAS PAYI
TABAKASI**



**FİZİKSEL ve KİMYASAL
KORUMA YETERSİZ
KOROZYONUN KISA SÜREDE
GÖRÜLMESİ MUHTEMEL**

Betonun Bozulması

KİMYASAL VE BİYOLOJİK ETKİLER – ÇİÇEKLENME

KİREÇLİ BİLEŞENLERİN BETON DIŞINA SIZMASI (CaCO_3 , CaSO_4)



TUZ BİRİKİMİ (Deniz kumu kullanılan yerler)

Beton boşlukları içinde bulunan suyun, kapiler boşluklar arasından hareket ederek beton yüzeyine ulaşması ve orada buharlaşarak içinde bulunan tuzların kristal halinde yüzeyde toplanmasıdır. Beyaz renkteki leke ve akıntılardır. Yüzeye çıkmasıyla bunların daha önce betonda işgal ettikleri yerlerin boşluk olarak kalmasına neden olması dolayısıyla, dayanıklılık açısından da önem arzeder. Boşluk suyu içinde bulunan kalsiyum hidroksit yüzeyde hava içinde bulunan karbon dioksit ile birleşerek kalsiyum karbonat oluşturur. Bunun sonucu olarak yüzeyde beyaz -gri renkli tuzların oluşturduğu çiçeklenme denilen olay meydana gelir.

Betonun Bozulması

KİMYASAL VE BİYOLOJİK ETKİLER – ÇİÇEKLENME



Betonun Bozulması

KİMYASAL VE BİYOLOJİK ETKİLER – BİYOLOJİK ETKİLER

BAZI BİTKİLER, AĞAÇ KÖKLERİ



BAZI TÜR DENİZ YOSUNLARI,
MİKROORGANİZMALAR



BİYOLOJİK, KİMYASAL
OLUŞUMLAR



ASİT ETKİSİ



BETON YÜZEYİNDEN İTİBAREN
TABAKA TABAKA BOZULMA

