



BETONDA
PERFORMANS – DURABİLİTE
ve KİMYASAL BETON KATKILARI

SUNAN : K.YAŞAR LEVENT
(KİMYA Y. MÜH)

İKSA BETON KATKILARI
ANKARA



BETON VE EKONOMİ

- ÇİMENTO
- AGREGA , KUM
- SU VE KİMYASAL BETON KATKILARI ile hazırlanan BETON;

alternatif diğer yapı malzemeler içerisinde en ucuz olanıdır. Dünyada her yıl yaklaşık 3milyar m³ beton tüketiliyor. Beton yaklaşık 300 kg/m³ çimento dozajında imal edildiğinde ise 900 milyon ton çimentoya tekabül eder.

Çimentonun ton bedeli ise yaklaşık 70 \$ kabul edildiğinde ise ekonomik olarak

63 milyar \$ lık bir büyüklük ortaya çıkar.

Ülkemizde ise üretilip tüketilen çimento miktarı 2005 verilerine göre

42milyon ton ile yaklaşık dünya ortalamasının %5 dir

Bu kadar büyük bir parasal değeri en ekonomik ve etkin kullanmak

teknolojik mühendisliğin görevidir.



Bunun birincil şartı:

PERFORMANS VE DURABİLİTE dir

Performansla taze betonun en ekonomik şartlarda kalıba yerleştirilerek şekil almasını,

Durabilite ile ise sertleşen betonun servis ömrü boyunca hava ve çevre şartlarına, kimyasal etkilere, aşınmaya veya diğer zarar verici etkilere karşı direnç gösterebilme kabiliyetini ifade ediyoruz



KALICI YAPILAR İNŞA ETMEK

- Hiçbir malzeme veya yapı sonsuza kadar dayanıklı olamaz. Malzemenin veya yapının bulunduğu ortam ve çevre şartlarına dayanabilmesi durabiliteyi belirler. Her yapı inşa edilirken önceden ortam ve çevre şartları belirlenmeli ve yapı bulunduğu ortama uygun olarak uzun yıllar dayanabilecek şekilde tasarlanmalıdır.



ORTAM ŞARTLARI

○ Kimyasal Etkiler

- ✓ Özütleme ve Çiçeklenme, (Islanma-Kuruma, Isınma-Soğuma çevrimleri)
- ✓ Sülfat Tesiri, (zemin ve yeraltı suyundaki SO_4 iyonlarının betona penetrasyonu)
- ✓ Alkali-Agrega Reaksiyonu, (Reaktif silis içeren agrega ve alkaliler arasındaki reaksiyon)
- ✓ Karbonasyon, (Sertleşmiş beton üzerine dışardan etki eden asidik bileşikler)
- ✓ Donatının Korozyonu,



ORTAM ŞARTLARI

○ Fiziksel Etkiler

- ✓ Donma-Çözülme, (Devamlı soğuma ve ısınma etkisine maruz betonlar)
- ✓ Islanma ve Kuruma, , (Sürekli olarak ıslanma ve kuruma sonucunda osmotik difüzyon basıncı sonucunda hacim değişimleri)
- ✓ Sıcaklık Değişimleri , (Sıcaklık farkları nedeniyle betonda çimento pastası ve agreganın termal genleşmelerinin farklı olması sonucunda çatlama)
- ✓ Aşınma , (Beton üzerindeki yüklerden dolayı zamanla oluşan kütle kayıpları)



BETONUN HASARA UĞRAMASI

- Kimyasal ve Fiziksel nedenlerden dolayı Agreganın, Çimento Pastasının veya Donatının beton içerisinde ters performans göstermesi;
- Yaygın Hasar Tipleri ;
 - Kavlama/Yapraklanma/Patlamalar
 - Çatlama/Bütünlüğün Bozulması
 - Çiçeklenme/Kabuk Bağlama

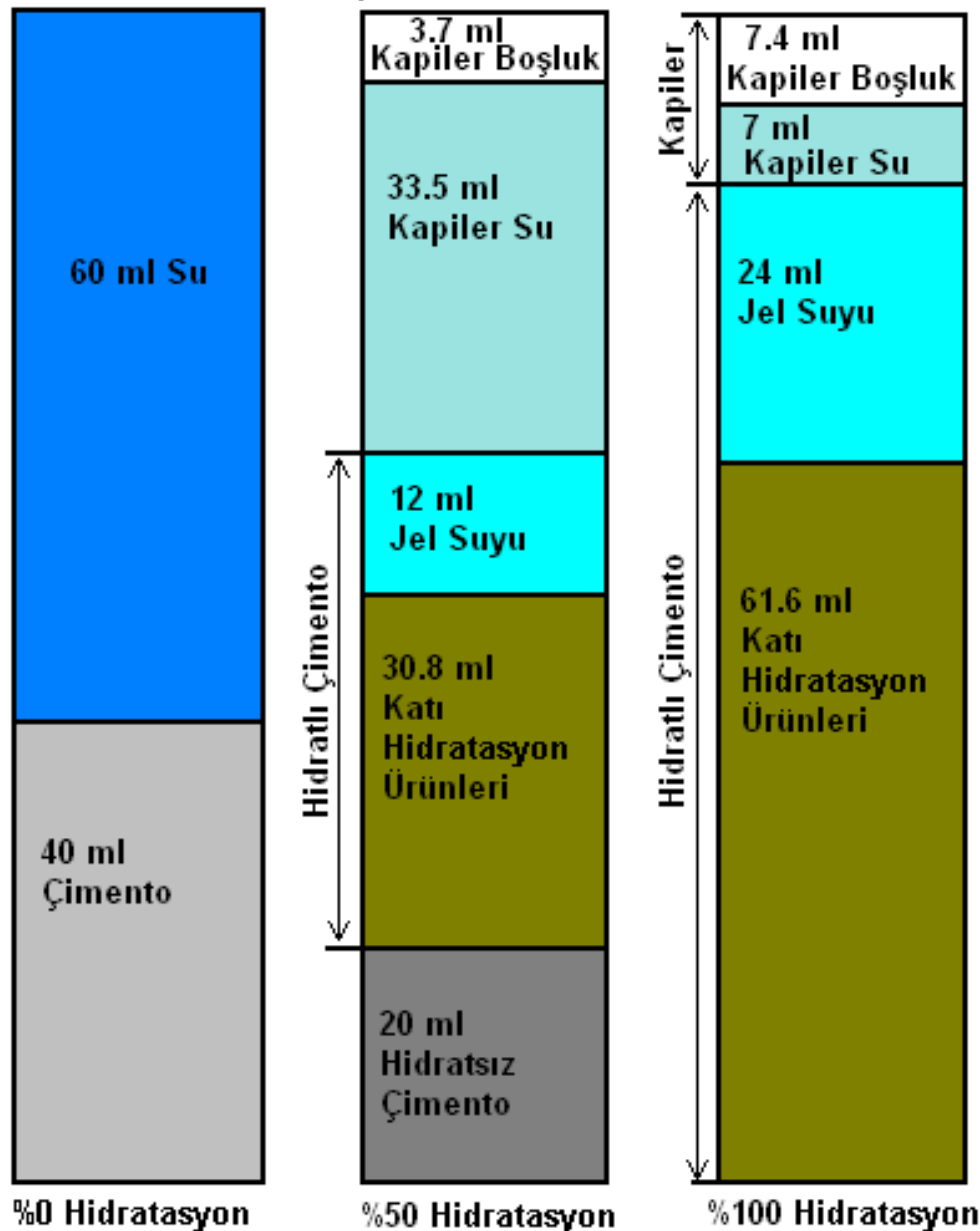


DURABİLİTE FAKTÖRLERİ

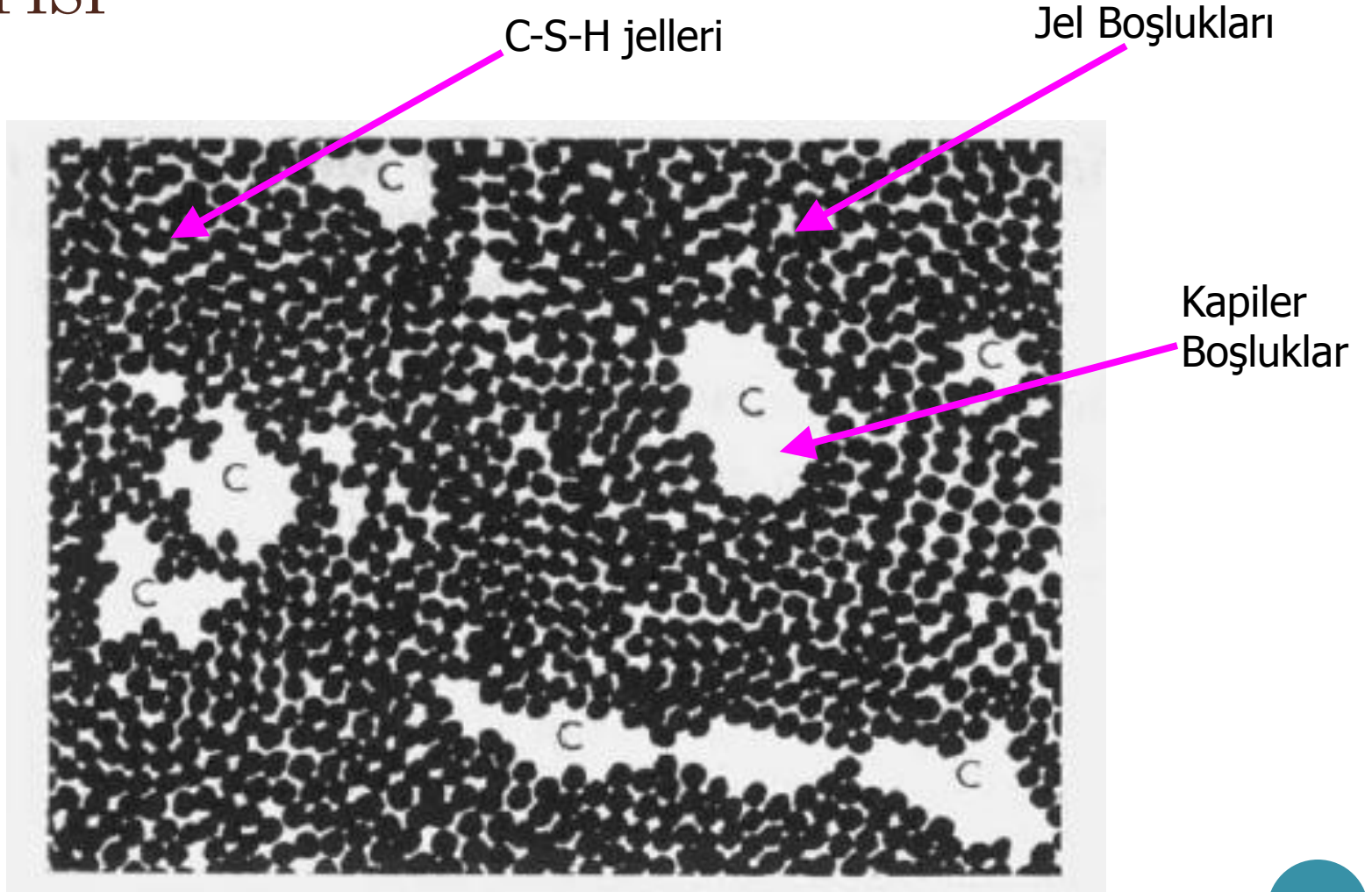
- Durabilite üzerine en etkili ve büyük faktör betonda W/C oranıdır;
- W/C oranı betonun gözenekliliğini ve geçirgenliğini tayin eder,
- Geçirgenlik ise betonun dış etkilere karşı dayanıklılığının bir göstergesidir; betonun durabilitesini artırmak ancak W/C oranını azaltmakla mümkündür.



FARKLI HİDRATASYON DERECELERİNDE ÇİMENTO PASTASINDAKİ BİLEŞENLERİN HACİMSEL ORANLARI



ÇİMENTO PASTASININ BASİTLEŞTİRİLMİŞ YAPISI

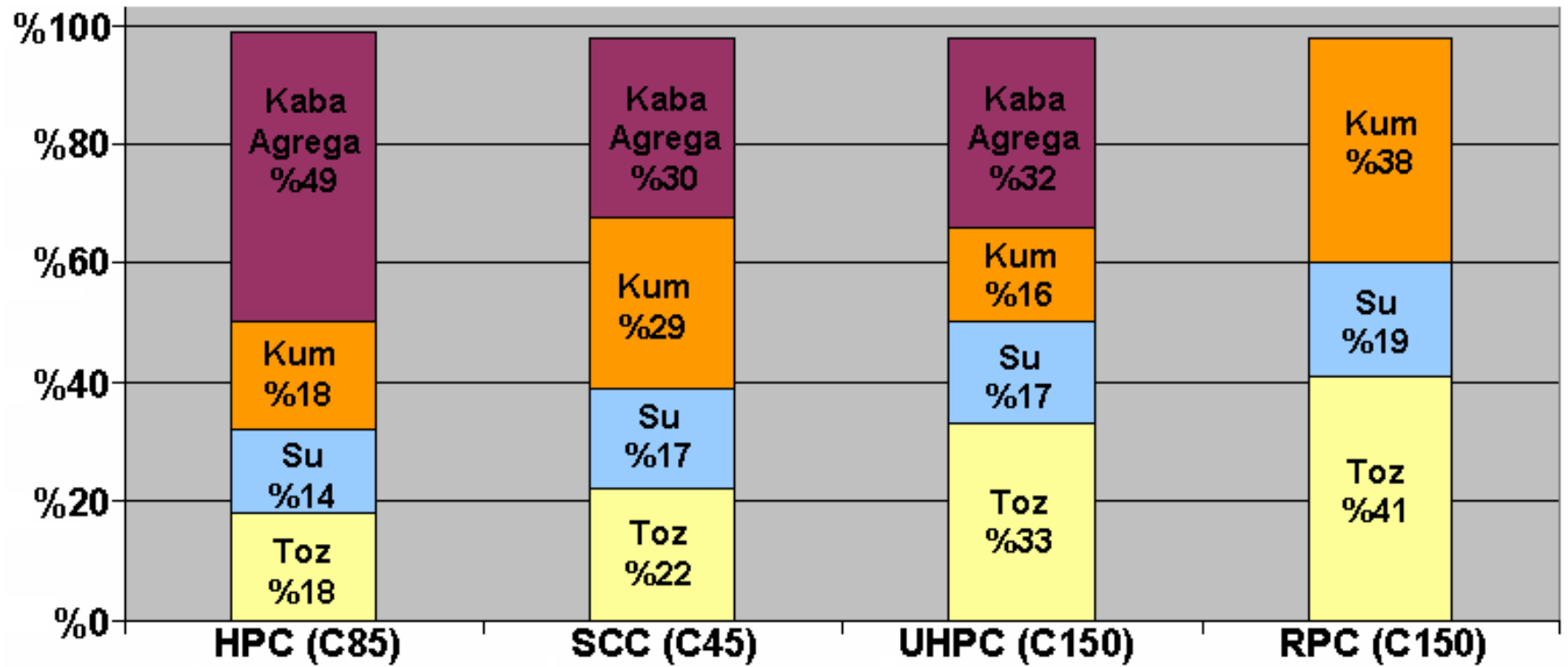


KAPİLER BOŞLUKLAR

- W/C oranı $> 0,38$ ise çimentonun tamamı teorik olarak su ile reaksiyona girecektir. Ancak buna rağmen kapiler boşluklar yine olacaktır.
- Kapiler boşluklar çimento pastası içerisinde ve henüz çimento pastası ürünleri tarafından doldurulmamış hacimlerdir.
- Hidratasyon derecesi arttıkça yani zaman ilerledikçe kapiler boşluklar azalacaktır.



YÜKSEK DAYANIMLI BETONLAR



KAPİLER BOŞLUK TİPLERİ

- Birbiri ile bağlantılı kapiler boşluklar
 - ✓ Doğrudan çimento pastasının permeabilitesinden sorumlu olan boşluklardır ve dayanıklılıkla ilgilidir.
- Süreksizlik oluşturan kapiler boşluklar
 - ✓ Zamanla hidratasyon ürünlerinin su ile dolu olan kapiler boşlukları tamamen çimento pastası ile doldurulması sonucu geçirgenliğin kapanması



SU VE BETON

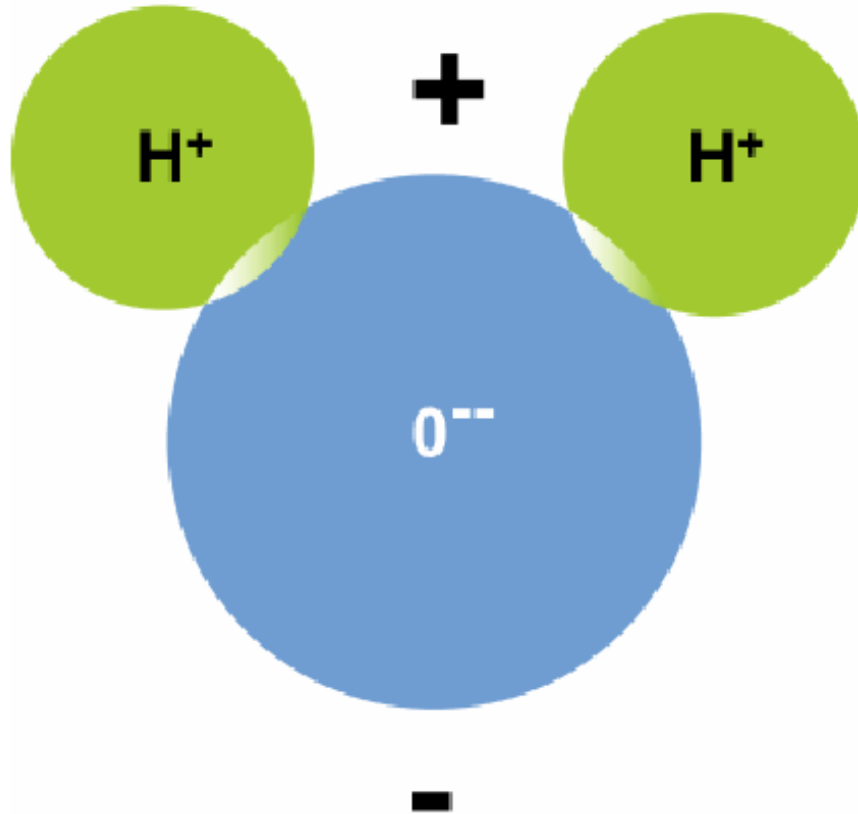
Su, bir çok doğal malzemenin yaratılışına ve yok oluşuna neden olan önemli bir maddedir. Durabilite kriterinde büyük rolü oynayan sudur.

- Bozulmayı başlatan kimyasal işlemlerde
- Bozulmayı başlatan fiziksel işlemlerde önemli rol alır.



SUYUN YAPISI

Su Molekülü

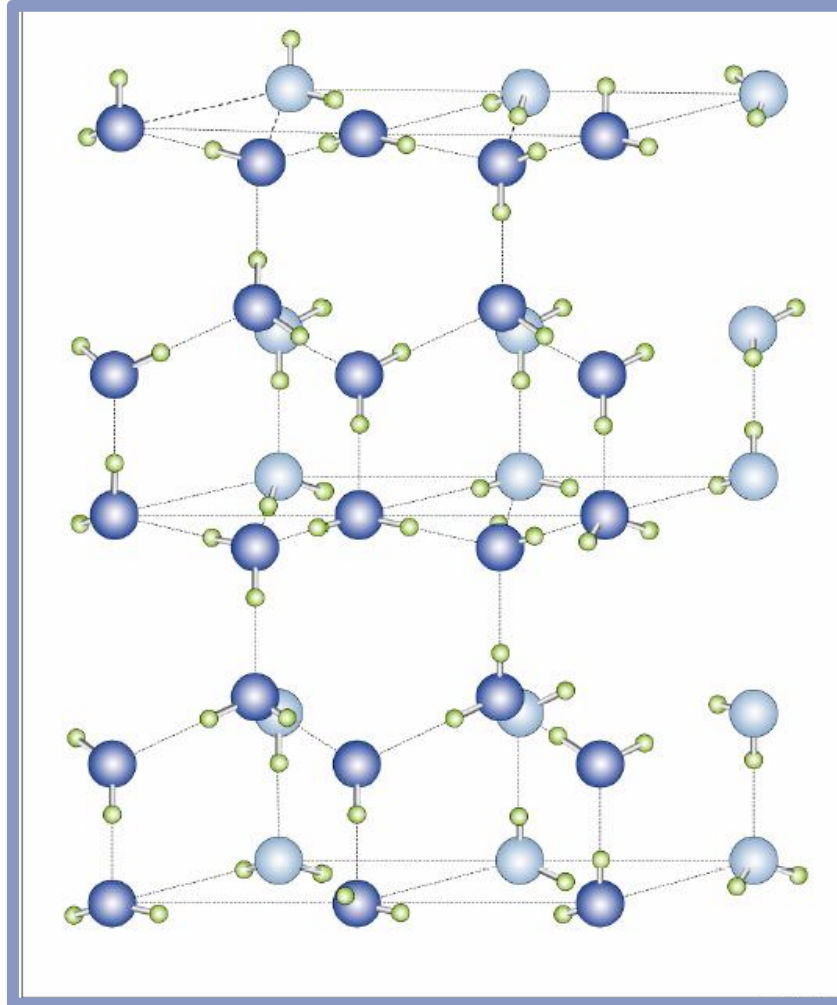


SUYUN BAZI ÖZELLİKLERİ

- Su molekülleri çok küçük boşluklara kolaylıkla penetre olabilir,
- Kuvvetli bir çözücüdür,
- Bir çok asidik ve bazik karakterde iyonları içerisinde taşıma yeteneğine sahiptir,
- Buharlaşma ısısının yüksek olması nedeni ile uzun süre olduğu yerde kalabilir,



SUYUN BUZ HALİ



PERMEABİLİTE=GEÇİRGENLİK

- Permeabilite, boşluklu (poroz, gözenekli) bir yapıya sahip olan katıların içine bir sıvının giriş hızını belirleyen bir özellik olarak tarif edilir.



BETONDA PERMEABİLİTE

- **DARCY KANUNU** : Kararlı akış hali için betonda Permeabilite Katsayısı “K” aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanır;

$$Dq/dt = K (\Delta H A)/(Lv)$$

Dq/dt sıvı akış hızı, v sıvının viskozitesi, ΔH basınç gradienti, A yüzey alanı ve L betonun yüksekliği



SU İŞLEME DERİNLİĞİ TAYİNİ DENEYİ DIN 1048-5 GÖRE KRİTERLER

- Su İşleme Derinliği $D_{\max}$
- $> 50 \text{ mm}$  beton geçirimli
- $> 30 \text{ mm} < 50 \text{ mm}$  beton geçirimsiz
- $< 30 \text{ mm}$  beton korozif ortamlara da geçirimsiz kabul edilir.



PERMEABİLİTE

- Çimento özellikleri
- Agrega özellikleri
- Betonda w/c oranı ve işlenebilirlik
- Betondaki hava kalitesi ve miktarı
- Kür şartları
- Betonun yerleştirilmesi
- Kimyasal ve mineral katkıları

gibi faktörlere yakından bağlıdır.



BETON HASARLARININ FİZİKSEL NEDENLERİ

○ Yüzey Aşınmaları

1. **Aşınma** : Kuru sürtünme sonucu beton yüzeyinde zamanla oluşan bozulmalar,
2. **Erozyon** : Süspansiyon halindeki sıvıların içinde bulunan katı taneciklerinin zamanla beton yüzeyinde yarattığı bozulmalar
3. **Kavitasyon** : Buhar zerreciklerinin oluşumu ve ardından etkisini aniden yitirmesi ve oluşan basınç kaybının neden olduğu beton yüzeyinden kopmalar.



AŞINMA - EROZYON

- Betonda hasar önce yüzeyden başlar ve bu nedenle beton yüzeyinin bitirilme işlemlerine özel itina gösterilmelidir.
- Beton yüzeylerde zayıf şerbet tabakasının oluşumu önlenmelidir.
- Yüzey sertleştirici kullanımı



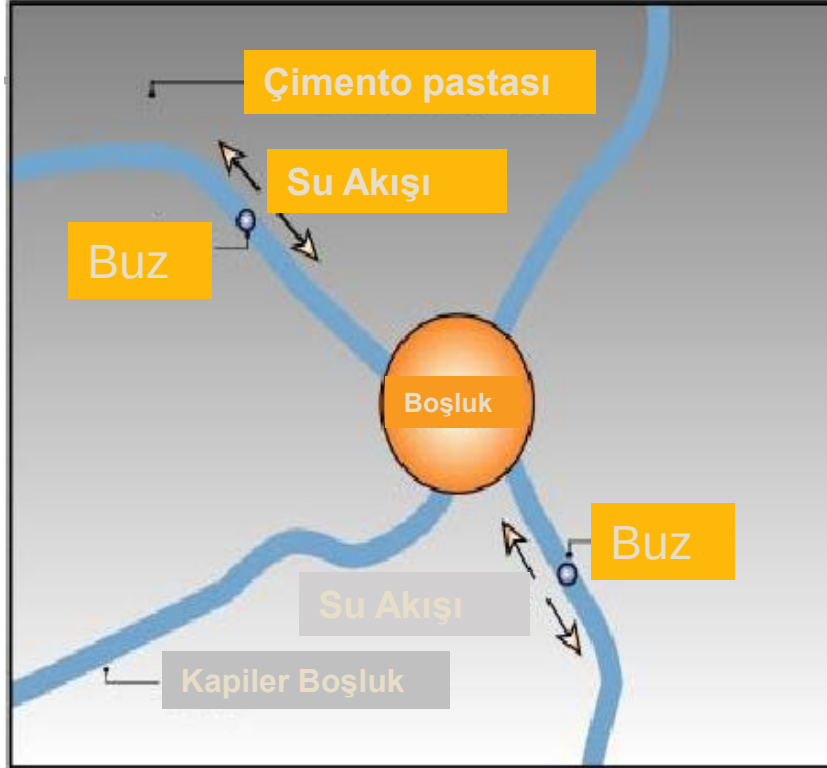
BETONDA DON ETKİSİ

- Su donduğunda hacminde %9'luk bir artış meydana gelir. Suyun donduğu ortam içerisinde suyun genleşebileceği kadar bir boşluk yoksa beton bu genleşmeyi önleyemez ve hasara uğrar. Betonun hasara uğraması hidrolik basınç nedeniyledir.

Hidrolik basınç a) Buz oluşum hızına, b) betonun permeabilitesine ve c) hemen yandaki boşluk mesafesine bağlıdır.



BETONDA DON HASARI

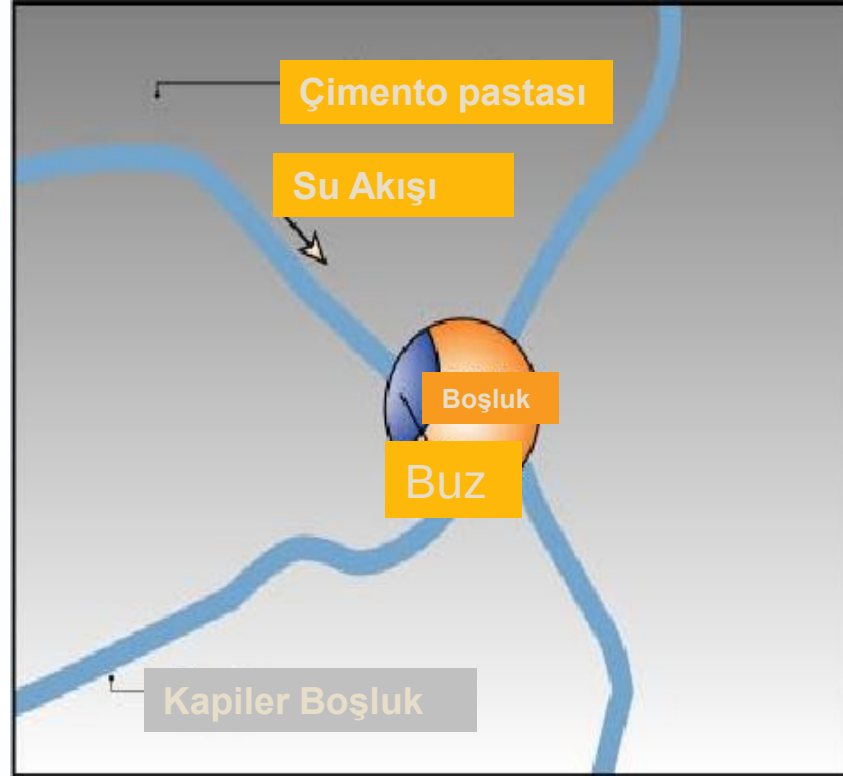


Sıvı suyun buz haline dönüşmesi ile %9'luk bir hacim genişlemesi meydana gelir. Bu oluşum küçük bir kapiler boşlukta meydana gelirse buz kristali çimento pastasına hidrolik basınç oluşumu sonucunda zarar verecektir.



DON HASARINI ÖNLEME

Betonda hava sürükleyici katkıları kullanmak suretiyle oluşturulan hava boşlukları hidrolik basıncın düşürülmesi ve betonda don hasarını önlemenin en iyi ve etkili yoludur.



BETONA HAVA SÜRÜKLENMESİ

- Hizmet ömrü süresince Donma-Çözülme etkilerine maruz kalacak olan bir beton yapısında mutlak surette **Hava Sürükleyici** katkı kullanmak gereklidir. Genelde hava sürükleyiciler yalnız başına kullanılmadığından bir **su azaltıcı/akışkanlaştırıcı** (Normal veya Süper) ile birlikte kullanmak ekstra avantajlar sağlamaktadır.



BETONA SÜRÜKLENEN HAVA MİKTARI VE ÖNEMİ

- Betona sürüklenen toplam hava içeriğinin fazlaca bir önemi yoktur. Ancak, 0,1 ile 0,2 mm'lik Boşluk Faktörü'nün önemi büyüktür. Bu boşluk faktörü çimento pastasının her noktasında aynı olmalıdır.. Betonda Boşluk Sayısı da önemlidir. Birim hacimdeki çimento pastası içerisindeki boşluk sayısı ne kadar yüksekse beton da o kadar fazla donma-çözülme çevrimine dayanabilecektir.



BETONU DON ETKİSİNDEN KORUMAK İÇİN NE KADAR HAVA SÜRÜKLEMELERİ GEREKİR

Agrega En Büyük tane Çapı, inç	Hava İçeriği, %
3/8	7.5
1/2	7
3/4	6
1	6
2	5
3	4.5

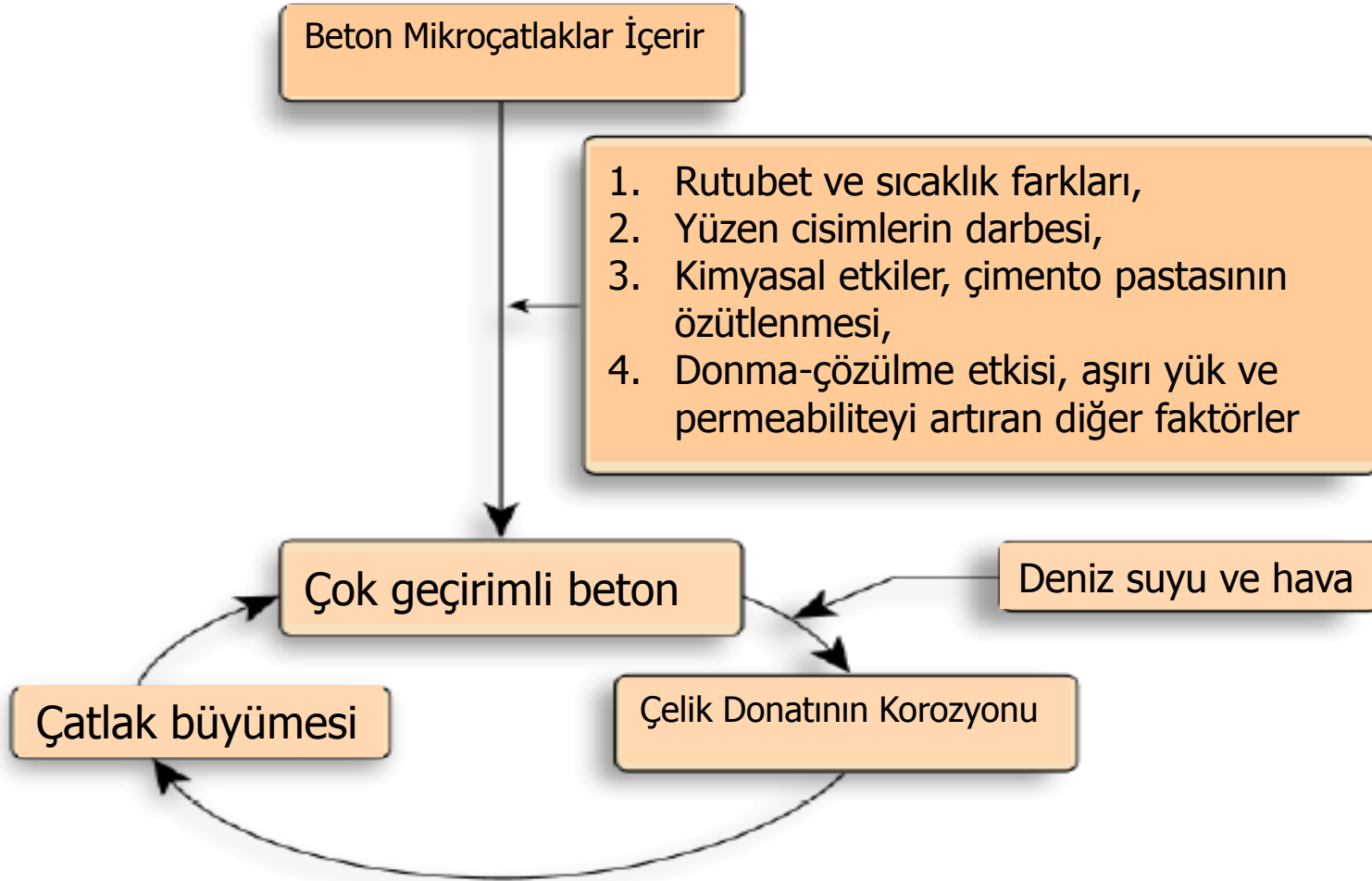
Betonda agrega en büyük tane çapı arttıkça çimento pastası miktarı azalacağından daha az hava sürüklenmesi yeterlidir.

BETONDA HAVA SÜRÜKLENMESİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

- **Katkının cinsi,**
- **Diğer tip kimyasal katkı,**
- **Agrega en büyük tane çapı,**
- **İnce agregada içindeki daha ince kısım,**
- **Mineral katkıları,**
- **Betonun işlenebilirliği,**
- **Betonun kohezyonu,**
- **Yetersiz veya fazla karıştırma,**
- **Uzun süre nakliye edilmesi.**



ÇATLAMA-KOROZYON-ÇATLAMA DÖNGÜSÜ



BETONDA DONATI KOROZYONU

Corrosion of Reinforced Concrete



BETONUN KARBONASYONU

- Atmosferde sınır değerin üzerinde CO₂ bulunan ortamlarda rutubetli beton içerisine diffüze olan bu gaz beton içerisindeki kireci çözer ve olay uzun süre devam ettiğinde betonu gözenekli hale getirir. Bu durum betonun çevre etkilerine daha az dayanıklı hale gelmesine yol açar. Beton yüzeyinde beyazlanmalar meydana gelir.



ALKALİ-SİLİKA REAKSİYONU NASIL MEYDANA GELİR

- Beton imalâtında kullanmak istediğimiz agrega belirli bir miktar reaktif silis içeriyorsa,
- Kullanmak istediğimiz çimento içerisinde Na_2O olarak %0,6'dan daha fazla Alkali varsa,
- Betonun bağıl nemi en az %75-85 civarında ise

Alkali-silika reaksiyonu oluşumu kaçınılmazdır.



ALKALİ-SİLİKA REAKSİYONUNUN BASİT KİMYASI



Reaktif
Silis
Minerali
içeren
agrega

Çimentodan
gelen
Sodyum ve
Potasyum

Rutubetli
Ortam

Alkali Silika Jeli

Fazla miktarlarda su
emme kapasitesine
sahip ve hacim
genleşmesi
neticesinde betonda
geri dönüşü olmayan
hasara yol açar.



ALKALİ-SİLİKA REAKSİYONUNA ÖRNEKLER



ALKALI-SİLİKA REAKSİYONU



ALKALİ-SİLİKA REAKSİYONUNA ÖRNEKLER



ÖNLEMLER

- Betonda mutlaka çimentoya ilave olarak uygun bir puzolan ikamesi veya katkılı çimento kullanmak
- Alkali-silika reaksiyonu kaçınılmaz ise Lityumlu bileşikler (katkılar) kullanmak oldukça etkilidir
- Betonun su ile olan ilişkisini ortadan kaldırmak



BETONDA SÜLFAT ETKİSİ

- Zemin betonlarında temas suyu çok önemlidir. Özellikle zeminde ve yeraltı suyunda anhidrit veya sülfat varsa beton ona göre imal edilmelidir. Betonda su/çim. oranına dikkat edilmeli ve kullanılan çimentonun cinsi özel olarak seçilmelidir.



SÜLFAT TESİRİNİN ORJİNİ

- Zeminde toprak içinde %0,1 civarındaki sülfat konsantrasyonu betona bir miktar zarar verebilmektedir. %0,5'den fazla olduğunda ise çok ciddi boyutlarda betonu hasara uğratmaktadır.
- Bir çok toprak içinde jips formasyonunda sülfat vardır;
- Yer altı sularında bulunan sülfat ise magnezyum ve alkali sülfatlardır



SÜLFAT ETKİSİNİN OLUŞUMU İÇİN ÜÇ ŞART GEREKLİDİR

- Betonun geçirgen olması
- Zeminde veya yer altı suyunda yeterli miktarda sülfat iyonu
- Ortamda suyun veya rutubetin olması



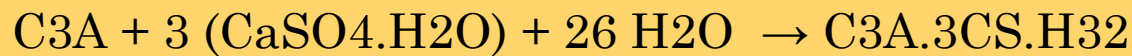
KİMYASAL REAKSİYONLAR

- Çimento pastası içerisinde bulunan Kalsiyum Hidroksit ve Alüminat esaslı bileşikler sülfat tesirine karşı daha zayıftırlar. Bu nedenle çimento seçimine özellikle dikkat edilmelidir. C_3A içeriği düşük çimento veya puzolan (mineral katkıları) içeren çimentolar tercih edilmelidir. Puzolanlar özellikle Cüruf, Uçucu kül gibi malzemeler çimentoda hidratasyon sonucu oluşan kireci bağladığından sülfat etkisinden koruma sağlar.



KİMYASAL REAKSİYONLAR

Beton henüz taze iken oluşan erken **Etrinjit** bileşeni betona zarar vermez . Aksine betonun dormant periyodu dediğimiz işlenebilirlik süresini düzenler . Beton sertleştikten sonra meydana gelirse betonda büyük hasarlara yol açar.



Dış etki ile oluşan jips gecikmiş etrinjit reaksiyonunu tetikleyerek betonun çözülmesine ve dağılmasına neden olur



ÖNLEMLER

- Düşük W/C oranlı (0,45-0,55) betonlar yapılmalı,
- Çimento dozajı en az 300 kg/m³ olmalı,
- İstenilen işlenebilirliği sağlamak için akışkanlaştırıcı katkı kullanılmalı,
- Beton kalitesi en az C30 olmalı,
- Mutlaka Sülfata Dayanıklı Çimento (SDÇ) kullanılmalı,
- Düşük C₃A oranlı (%5) çimento veya çimento ile birlikte uygun bir puzolan kullanılmalıdır.



SONUÇLAR

- Betonda karışım oranları ve hidrasyon derecesi etkinin ne olduğuna bakmadan önemli rol oynarlar; (W/C, Çimento)
- Betonun geçirgenliği ve gözenekliliği betonun durabilitesi hakkında bilgi verir.
- Kimyasal ve fiziksel tesirler betonu geri dönüşümü olmayan büyük hasarlara uğratırlar



TAVSİYELER

- Betonun döküleceği yere göre standartlara uygun Çimento, Agregas, Su ve Kimyasal veya Mineral katkıların seçimi,
- W/C oranının mümkünse 0,50'den düşük seçilmesi (Kimyasal katkı ile),
- Betona uygun şekilde kür uygulanması
- Donma-Çözülme etkisi varsa mutlaka Hava Sürükleyici + Su Azaltıcı/Akışkanlaştırıcı katkı maddelerinin kullanılması.

