



Dokuz Eylül Üniversitesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü



İNŞ2024 YAPI MALZEMESİ II

BETON KATKILARI

Prof. Dr. Halit YAZICI

<http://halityazici-deu.com>

BETON ÜRETİMİNDE KULLANILAN KİMYASAL KATKILAR



Çimento + Su + Agrega + Hava + Katkı = Beton



%10-15



%5-10



%70-80

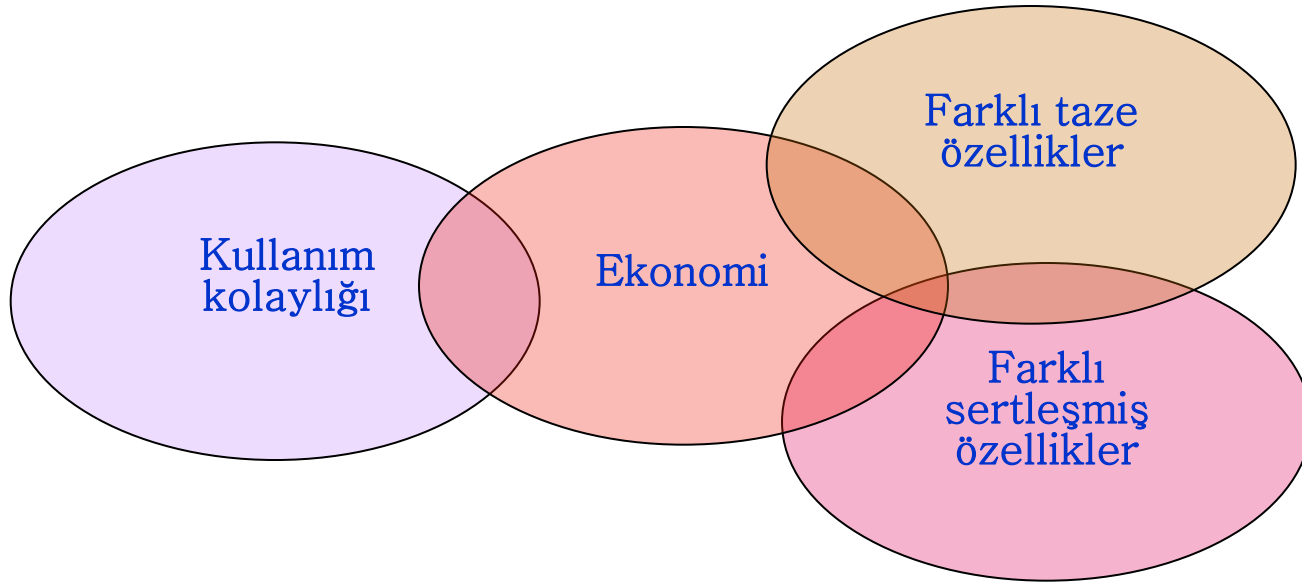
(ağırlıkça)



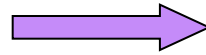
Kimyasal katkılar



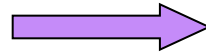
Mineral katkılar



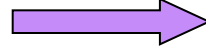
**Katkı kullanılmadan üretimi
mümkün olmayan betonlar**



Çok yüksek dayanımlı beton



Donma çözölmeye dayanıklı beton



Çok akıcı ve aynı zamanda ayrıışmayan beton ...

Eğer beton için hedeflenen özelliklere herhangi bir katkı kullanmadan sadece karışım oranları değiştirilerek ulaşılabiliyorsa katkısız beton daha ekonomiktir.

TS EN 206
tanımı

Beton - Bölüm 1: Özellik, performans, imalât ve uygunluk

Mineral katkı

Betonun bazı özelliklerini iyileştirmek veya betona özel nitelikler kazandırmak amacıyla kullanılan ince öğütülmüş malzeme. Bu standartta inorganik iki tip mineral katkı tarif edilmiştir, bunlar ;

- İnert kabul edilebilir mineral katkıları (Tip I),
- Pozzolanik veya gizli hidrolik (çimento benzeri etki gösteren) mineral katkıları (Tip II).

TS EN 934
tanımı

Kimyasal katkıları - Beton, harç ve şerbet için - Bölüm 2 : Beton katkıları - Tarifler, özellikler, uygunluk, işaretleme ve etiketleme

Kimyasal katkı

Taze ve/veya sertleşmiş beton özelliklerini değiştirmek için karıştırma işlemi sırasında, betona **çimento miktarının ağırlıkça %5'ini geçmemek üzere** eklenen kimyasal maddelerdir.

TS EN 480-1

Performans deneylerinde kullanılacak **şahit beton ve şahit harç** özelliklerini tanımlar

* ASTM C494'teki şahit beton özellikleri farklıdır.

TS EN 934-2

Katkılı betonların şahit harç özellikleri ile karşılaştırmalı performans kriterlerini belirler

Performans kriterlerinin ölçümünde kullanılan deneyler

- TS EN 12350-2: çökme deneyi
- TS EN 12350-5: yayılma deneyi
- TS EN 12350-7: taze betondaki hava miktarı
- TS EN 480-4: taze betonda terleme miktarı
- TS EN 480-2: taze betonda priz süresinin tayini
- TS EN 480-11: sertleşmiş betonda hava boşluğu karakteristikleri
- TS EN 480-5: sertleşmiş betonda kılcal su emme miktarının ölçümü
- TS EN 12390-3: basınç dayanımı

KATKI MADDELERİ

KİMYASAL KATKILAR

- SU AZALTICI
- PRİZ GECİKTİRİCİ
- PRİZ HIZLANDIRICI
- HAVA SÜRÜKLEYİCİ
- KOROZYON ÖNLEYİCİ
- GEÇİRİMSİZLİK
- RENKLENDİRİCİ
- VB.

MİNERAL KATKILAR

DOĞAL PUZOLANLAR

- TRAS
- VOLKANİK TUF
- VOLKANİK CAM
- VB.

YAPAY PUZOLANLAR

- UÇUCU KÜL
- SİLİKA TOZU
- YÜKSEK FIRIN CURUFU
- PIŞMIŞ KİL
- VB.

KATKI MADDELERİ

Günümüzde KATKISIZ BETON ÜRETİMİ ENDER!

DİKKAT EDİLECEK HUSUSLAR:

- **KATKI MADDELERİ İLAÇ DEĞİLDİR.
KÖTÜ HAZIRLANMIŞ BETONU DÜZELTMEZ.**
- **KATKI MADDELERİ HER TİP ÇİMENTO,
AGREGA VE GRANÜLOMETRİ İÇİN AYNI SONUCU VERMEZ.**
- **YAN ETKİLERİNİ ARAŞTIRMAK GEREKİR.**
- **İKİ VEYA DAHA FAZLA KATKININ AYNI BETONDA
BİRBİRLERİ İLE UYUMU KONTROL EDİLMELİDİR.**

Kimyasal katkı kullanımının yararları

- Betonun işlenebilirliğini, su içeriğini arttırmadan arttırmak
- Terleme ve ayrışmayı azaltmak
- Priz süresini ayarlamak (yavaşlatmak veya hızlandırmak)
- Dayanım kazanma hızını erken yaşlarda arttırmak
- Hidratasyon ısı artışını yavaşlatmak
- Yıpraticı dış koşullara karşı dayanıklılığı arttırmak (donma-çözülme vb.)



KİMYASAL KATKILAR

GENELLİKLE SU İÇİNDE ÇÖZÜLEBİLEN ORGANİK VEYA İNORGANİK KİMYASAL MADDELERDİR

ÇİMENTO AĞIRLIĞINA ORANLA DÜŞÜK MİKTARLARDA KULLANILIRLAR (Örneğin %0,1-5)

AŞIRI DOZDA KULLANILDIKLARINDA YAN ETKİLERİ SÖZ KONUSUDUR (priz geciktirme veya hızlandırma, dayanım kaybı, betonun ayrışması, hava sürüklenmesi vb.)

DENEME KARIŞIMI İLE OPTİMUM DOZAJ BELİRLENMELİ

BİRDEN ÇOK KATKI BİRARADA KULLANILDIĞINDA UYUMLARI MUTLAKA ARAŞTIRILMALI !!

SINIFLANDIRMA: Kimyasal Katkılar

TS EN 934-2 standardına göre:

- Su azaltıcı / akışkanlaştırıcı katkıları
- Yüksek oranda su azaltıcı / süper akışkanlaştırıcı katkıları
- Su tutucu katkıları
- Hava sürükleyici katkıları
- Priz hızlandırıcı katkıları
- Sertleşmeyi hızlandırıcı katkıları
- Priz geciktirici katkıları
- Su geçirimsizlik katkıları
- Priz geciktirici / su azaltıcı / akışkanlaştırıcı katkıları
- Priz geciktirici / yüksek oranda su azaltıcı / süper akışkanlaştırıcı katkıları
- Priz hızlandırıcı / su azaltıcı / akışkanlaştırıcı katkıları

SINIFLANDIRMA:

ASTM C 494'e göre:

- A: Su azaltıcı / akışkanlaştırıcı katkıları
- B: Priz geciktirici
- C: Priz hızlandırıcı
- D: Su azaltıcı ve priz geciktirici
- E: Su azaltıcı ve priz hızlandırıcı
- F: Yüksek oranda su azaltıcı / süper akışkanlaştırıcı katkıları
- G: Yüksek oranda su azaltıcı ve priz geciktirici

Katkıların sınıflandırılması

- Hem TS EN 934-2 hem de ASTM C494 standardında, su azaltıcı (akışkanlaştırıcı) katkıların aynı kıvam değerine sahip kontrol karışımında kullanılandan en az %5 oranında su azaltması gerekir.
- Yüksek oranda su azaltıcı (süper akışkanlaştırıcı) katkıların ise %12'nin üzerinde su azaltması gereklidir.

Katkıların sınıflandırılması

- Su azaltıcı / akışkanlaştırıcı katkıları için, aynı kıvamdaki karışımlardan alınan örneklerin 7 ve 28 günlük dayanımları da, kontrol örneklerinden en az %10 daha yüksek olmalıdır.
- Yüksek oranda su azaltılan karışımdan alınan örneklerin 7 günlük basınç dayanımı kontrol betonundan %40, 28 günlük basınç dayanımı da %15 daha yüksek olmalıdır.
- Ayrıca akışkanlaştırıcı ve süper akışkanlaştırıcı katkıların taze beton hava içeriğini çok fazla arttırmaması gerekir. (Max. %2)

Etki mekanizmalarına göre sınıflandırma

- Yüzey aktif kimyasallar
 - Çimento taneleri üzerine yapışarak hidrasyon reaksiyonlarını etkiler ve suyun yüzey gerilimini değiştirir. Ör: Hava sürükleyici ve su azaltıcı katkılar
- Priz ayarlayıcı kimyasallar
 - Parçalanıp iyonlarına ayrılır ve çimento – su arasındaki kimyasal reaksiyonları ilk birkaç dakika ile ilk birkaç saate kadarlık süre içinde etkiler. Ör: Priz hızlandırıcı veya geciktirici katkılar

YÜZEY AKTİF KİMYASALLAR

- Yüzey aktif kimyasallar bir ucu hidrofil (suyu çekici), diğer ucu hidrofob (suyu itici) uzun zincirli organik moleküllerdir.
-
- Hidrofil uç COO- veya SO₃- gibi bir veya daha fazla sayıda polar grup içerir.
- Beton üretiminde kullanılan yüzey aktif kimyasallar çoğunlukla polar veya polar olmayan zincirli negatif yüklü katkılardır.
- Polar olmayan zincirli negatif yüklü katkılar hava sürükleyici, polar zincirli katkılar ise su azaltıcı / akışkanlaştırıcı katkıları oluşturur.

Hava Sürükleyici Kimyasal Katkılar

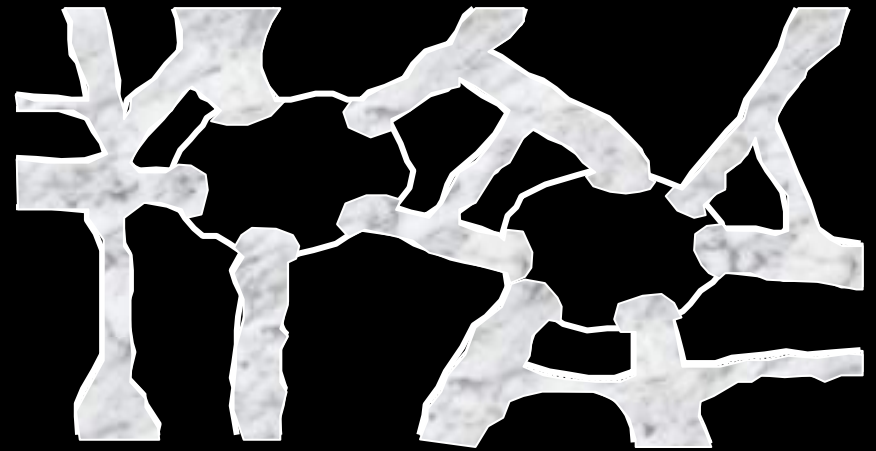
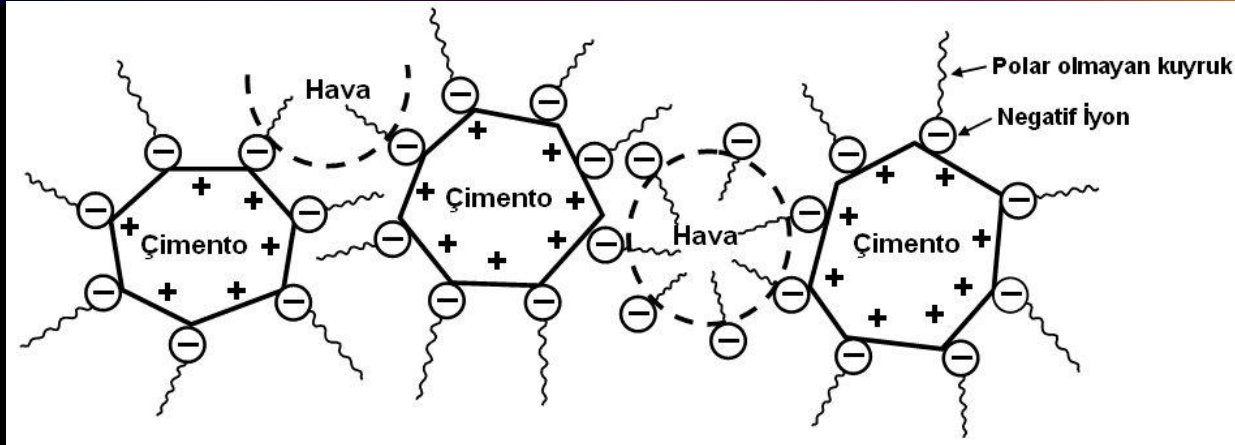
- Reçine tuzları, proteinli maddeler, petrol asitleri, sentetik deterjanlar önemli hava sürükleyici kimyasallardır
- Amaç: beton bünyesinde küçük çaplı küresel yapıda hava kabarcıkları (%4-6) oluşturarak betonun donma çözülme direncinin arttırılması
- HAVA KABARCIKLARI ÇOK KÜÇÜK ÇAPLI ($\sim 50\mu\text{m}$) ve ($\sim 200 - 250\mu\text{m}$)
- Hava kabarcıklarının çapları yanında birbirleri ile olan ortalama mesafe de (aralık faktörü), katkının etkinliği açısından mümkün olduğunca küçük olmalıdır. (Max. 0,2 mm)

Hava Sürükleyici Kimyasal Katkılar

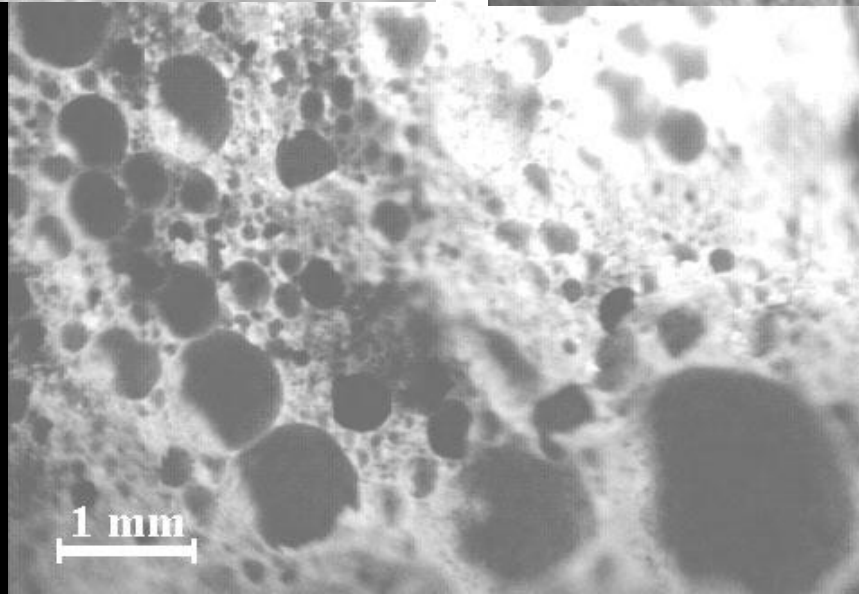
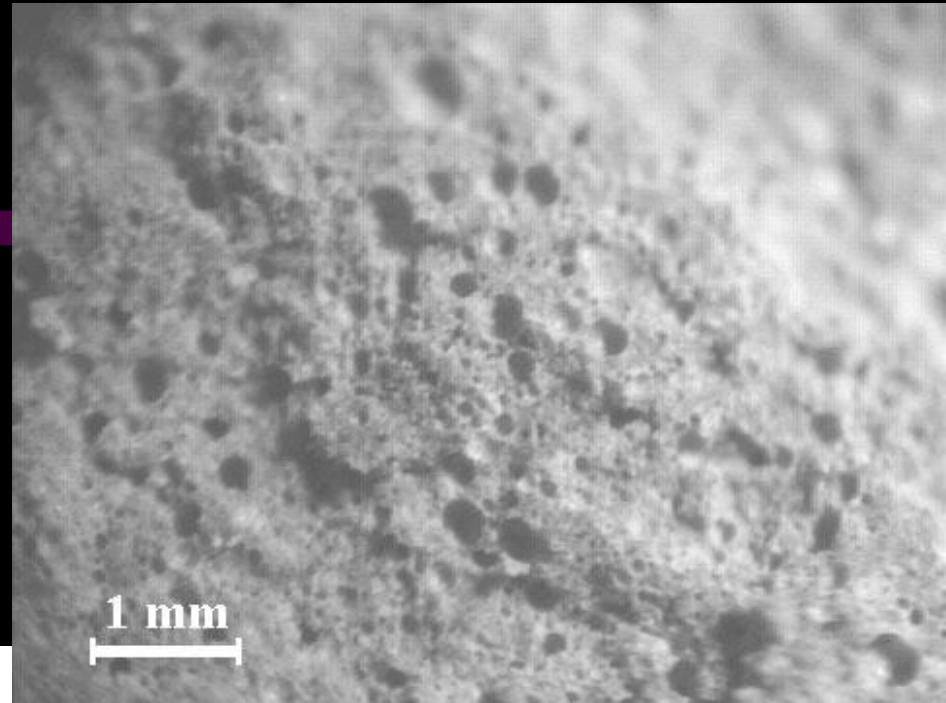
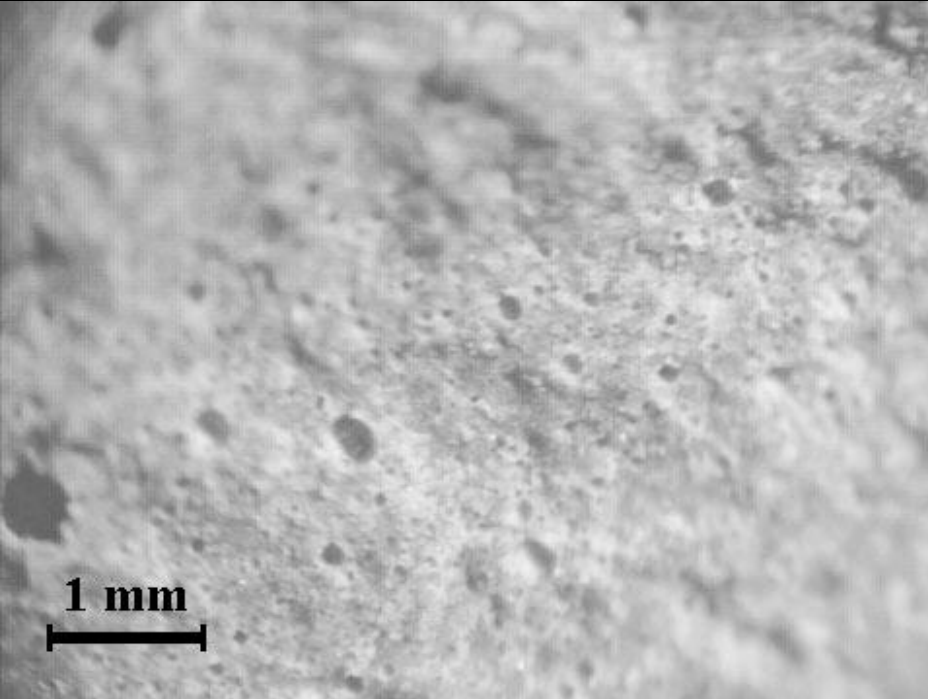
- Hava sürükleyici katkılar taze betonun işlenebilirliğini ve perdahlanabilirliğini kolaylaştırır.
- Ayrışma ve terleme riskini de azaltırlar.
- Kütle betonu ve hafif betonlarda daha az çimento ile aynı işlenebilirliği sağlamak için kullanılabilir.
- Hava sürükleyici katkı kullanılarak hazırlanan betonun 28 günlük dayanımını, kontrol betonunun dayanımının en az %75'i kadar olmalıdır
- Yüksek dozajlarda prizi geciktirir.

HAVA SÜRÜKLEYİCİ

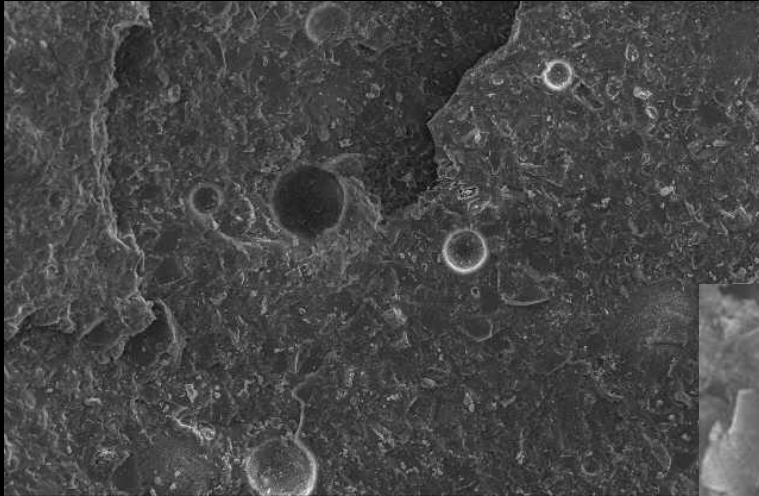
Mekanizma



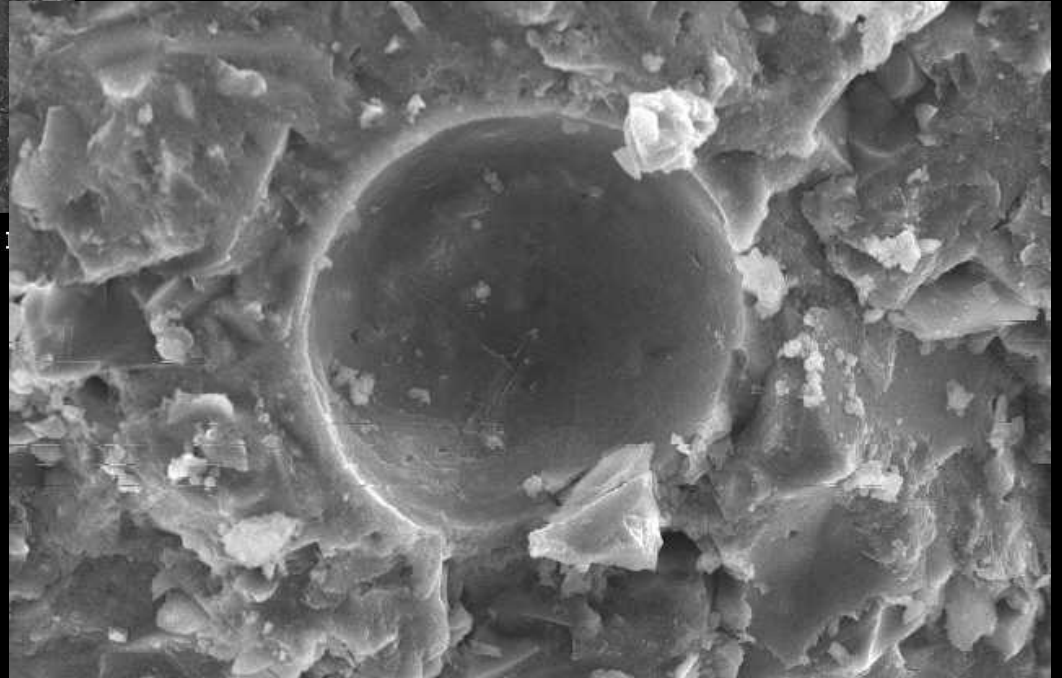
Hava sürüklenme



Hava sürukleme, RPC



20kV X140 100µm 0197 10 45 SEI



20kV X1,000 10µm 0197 11 45 SEI

**Su Azaltıcı / Akışkanlaştırıcı,
Yüksek Oranda Su Azaltıcı / Süperakışkanlaştırıcı Kimyasal Katkılar**

NORMAL AKIŞKANLAŞTIRICILAR ($\%5 \leq \text{SU KESME} < \%12$)

**LİGNOSÜLFONAT TÜREVLERİ ve
HİDROKSİL KARBOKSİLİK ASİT**

Dozaj: $< \%1$ Çimento ağırlığına

SÜPER AKIŞKANLAŞTIRICILAR ($\%12 \leq \text{SU KESME} \leq 20$)

**NAFTALİN ve MELAMİN SÜLFONA FORMALDEHİT
MODİFİYE LİGNOSÜLFONAT**

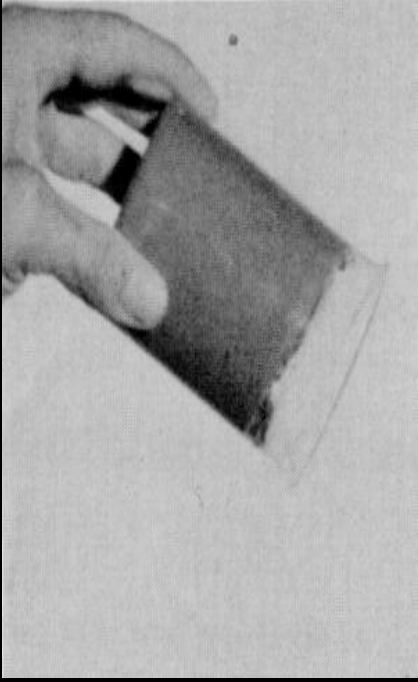
Dozaj: $\% 1-3$ Çimento ağırlığına

HİPER AKIŞKANLAŞTIRICILAR ($\text{SU KESME} > \%20$)

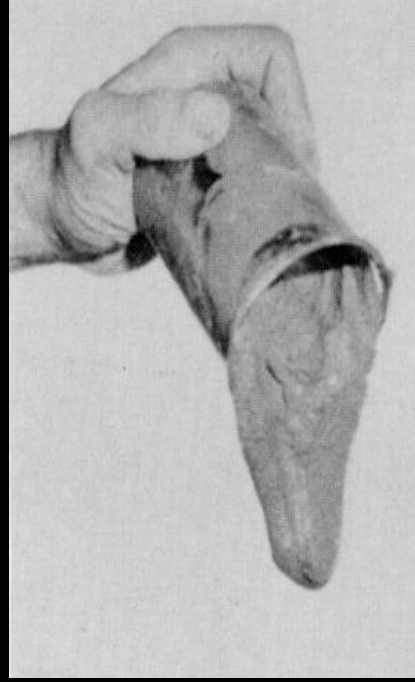
POLİKARBOKSİLİK ASİT

Dozaj: $\% 1-3$ Çimento ağırlığına

ÇİMENTO HAMURU

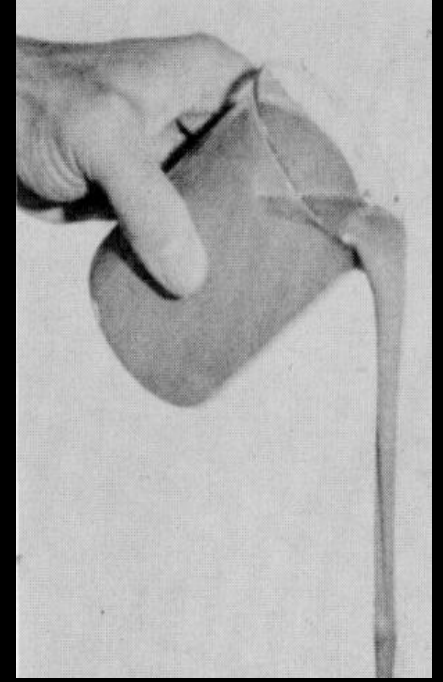


Kimyasal
katkısız



%0,3
Lignosülfonat
bazlı kimyasal
katkı

I.nesil



%0,3 sülfona-
melamin
formaldehit bazlı
kimyasal katkı

II.nesil

AKIŞKANLAŞTIRICILAR - KULLANIM AMAÇLARI

- 1 SU/ÇİMENTO ORANINI AZALTARAK MUKAVEMET ARTIŞI SAĞLAMAK
- 2 BETON KARIŞIM ORANLARINI DEĐİŐTİRMEĐEN İŞLENEBİLİRLİĞİ ARTTIRMAK (örn: KYB)
- 3 SU/ÇİMENTO ORANINI SABİT TUTARAK; SU ve ÇİMENTO MİKTARLARINI AZALTARAK EKONOMİ SAĞLAMAK

Katkısız

Katkılı

DÜŞÜK S/Ç ORANI
YÜKSEK DAYANIM &
DAYANIKLILIK
YÜKSEK BÜZÜLME VE
HİDRATASYON ISISI

Dayanım artırma
amaçlı
(+çimento)

İşlenebilirliği artırma
amaçlı
(+çimento, +su)

KONTROL
BETONU

Dayanım artırma amaçlı
(-su)

Çimento tasarrufu amaçlı
(-çimento, -su)

İşlenebilirliği artırma amaçlı
(karışım oranlarında değişiklik yok)

DÜŞÜK S/Ç ORANI
YÜKSEK DAYANIM &
DAYANIKLILIK

DAYANIM, DAYANIKLILIK &
İŞLENEBİLİRLİK AYNI
DÜŞÜK BÜZÜLME VE
HİDRATASYON ISISI

DAYANIM* &
DAYANIKLILIK AYNI
İŞLENEBİLİRLİKTE
ARTIŞ

AYNI DAYANIMDA &
İŞLENEBİLİRLİKTE ARTIŞ
YÜKSEK BÜZÜLME VE
HİDRATASYON ISISI

Akışkanlaştırıcı veya su azaltıcı katkıların kullanım amaçları

Deney serileri		Çimento dozajı (kg/m ³)	S/Ç	Çökme (mm)	Basınç dayanımı (MPa)	
					7 günlük	28 günlük
A	Kontrol betonu (katkısız)	300	0.62	50	25	37
B	İşlenebilirlik artışı (katkılı)	300	0.62	100	26	38
C	Dayanım artışı (katkılı)	300	0.56	50	34	46
D	Çimento tasarrufu (katkılı)	270	0.62	50	25.5	37.5

KATKI MADDELERİ

$S/\text{Ç} = 0,40$

$S/T = 0,29$



%1,9 katkı ilavesi
(toz ağırlığı)



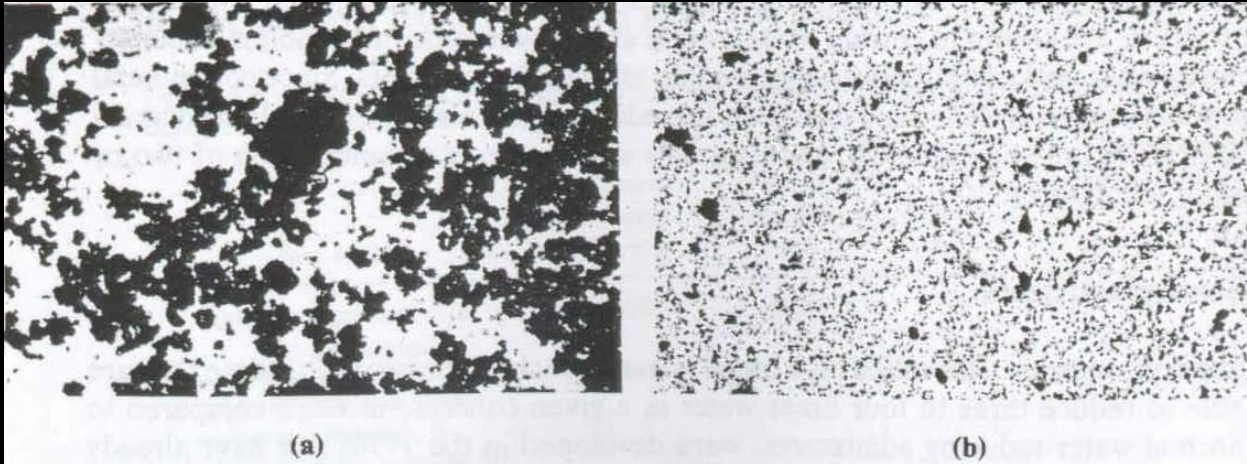
AKIŞKANLAŞTIRICILAR - mekanizma

AKTİF YÜZEYLİ MOLEKÜLLERDİR (SURFAKTAN)

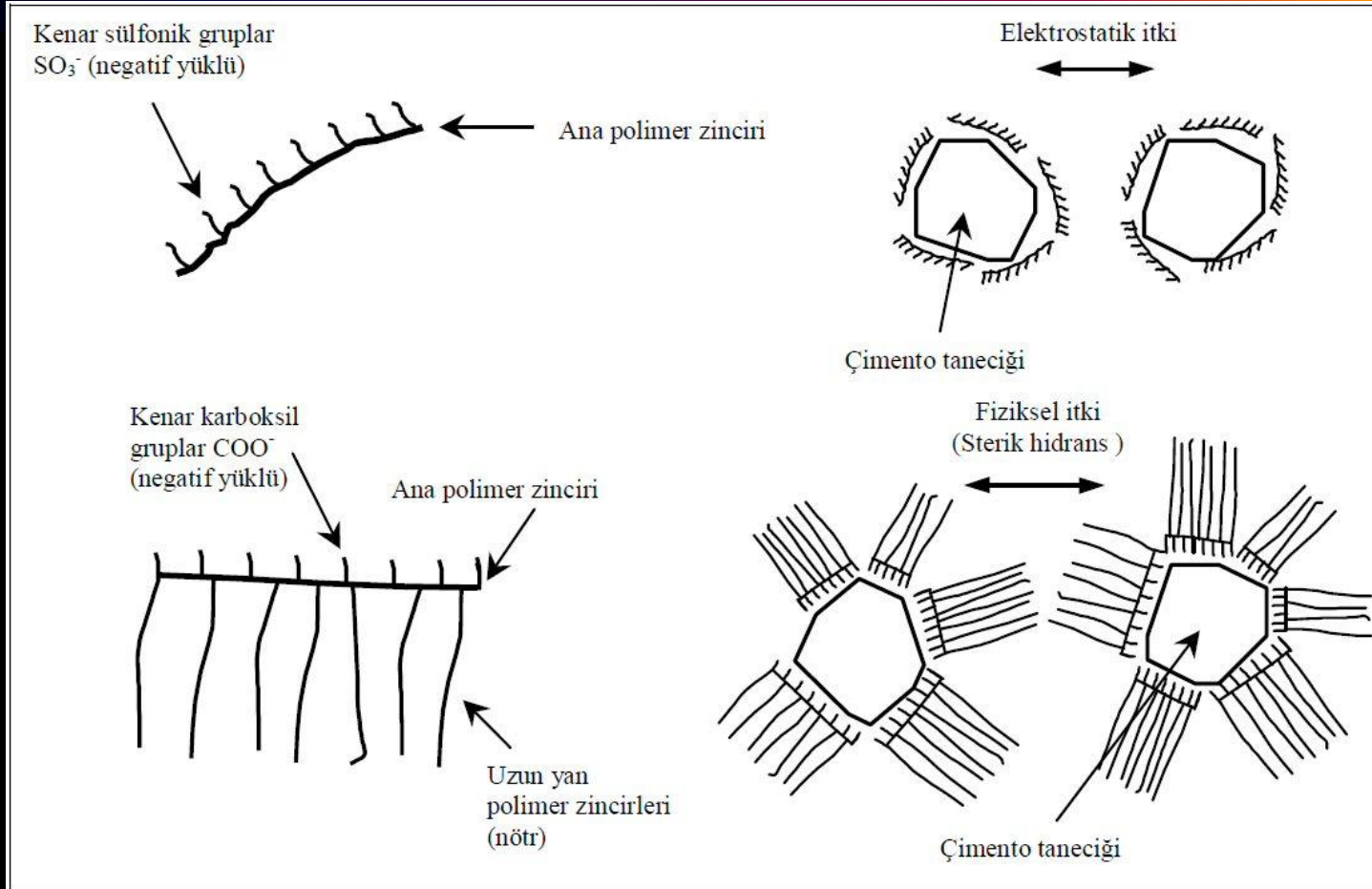
SUYUN YÜZEY GERİLİMİNİ DÜŐÜREREK ISLATMA GÜCÜNÜ ARTIRIRLAR

ÇİMENTO PARTİKÜLLERİNİ HİDROFİL HALE DÖNÜŐTÜRÜRLER

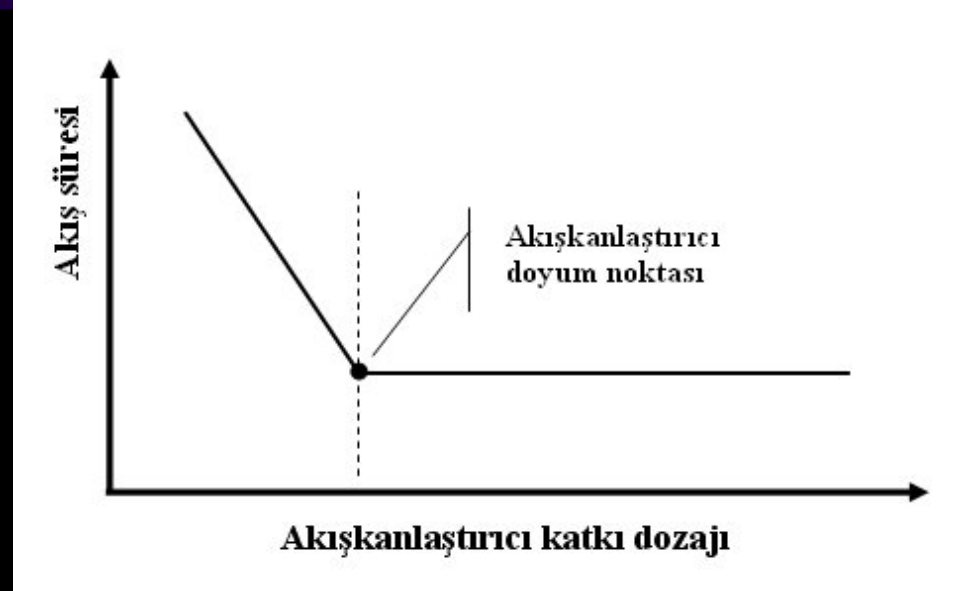
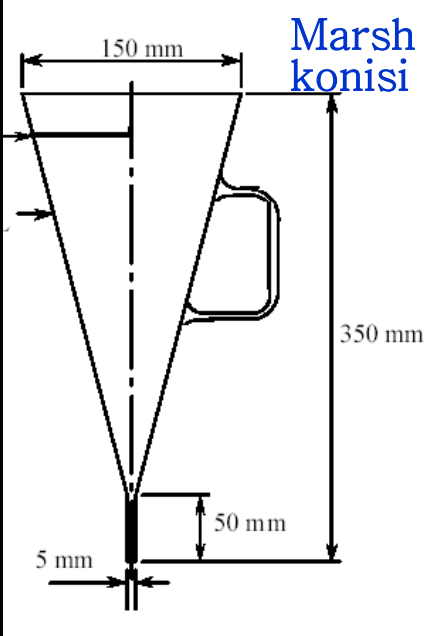
ÇİMENTO PARTİKÜLLERİNİN TOPAKLAŐMASINI (FLOKÜLEŐMESİNİ) ENGELLEYEREK HOMOJEN BİR DAĞILIM (DİSPERSİYON) SAĞLARLAR



Elektrostatik ve fiziksel itki modelleri



Doygunluk Noktası

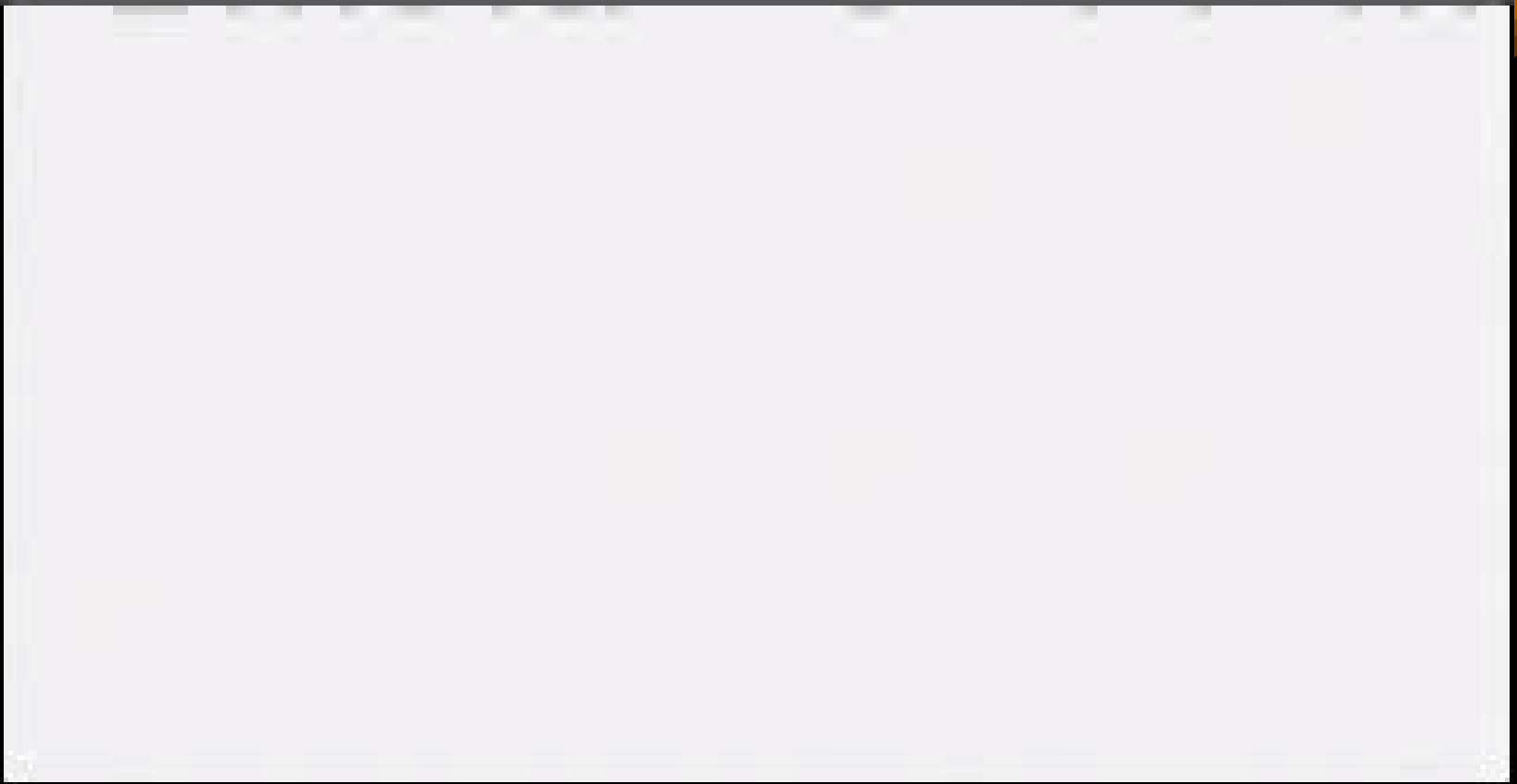


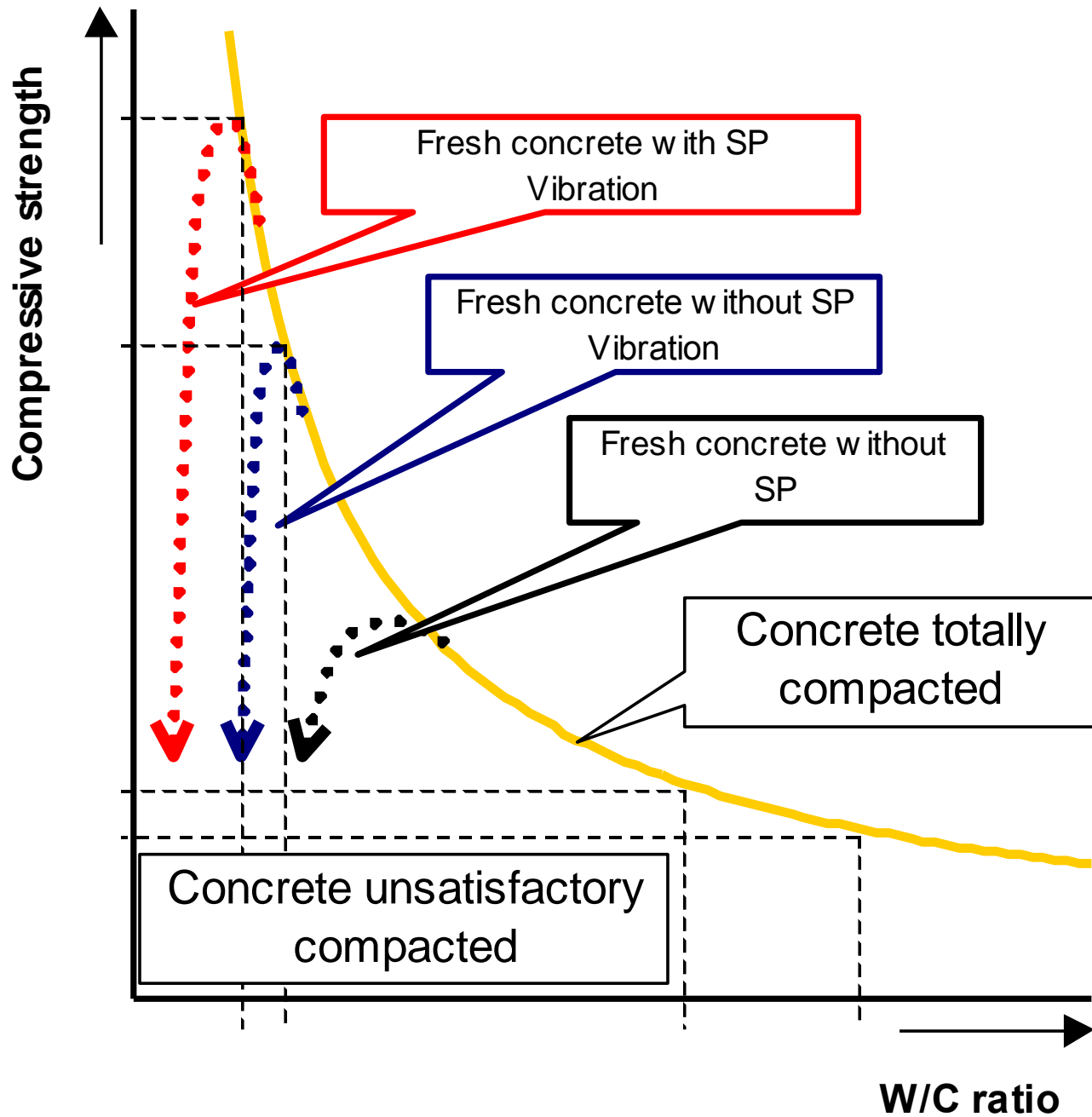
- Doygunluk noktasını aşan dozajda katkı ilavesi çimento hamurunun viskozitesinin aşırı düşmesine yol açar, hamur katı parçacıkları süspansiyonda tutamaz ve beton stabilitesini kaybederek ayrışır.

AKIŞKANLAŞTIRICILAR



Lafarge video





AKIŞKANLAŞTIRICILAR

ÇEŐİTLİ YAN ETKİLERİ SÖZ KONUSUDUR

AŞIRI DOZDA KULLANIMLARI TERLEME-KUSMAYA
YOL AÇABİLİR

HIZLI ÇÖKME KAYBI GÖRÜLEBİLİR

PRİZ GECİKTİRME, PRİZ ALMAMA veya
PRİZ HIZLANDIRMA GÖRÜLEBİLİR

PRİZ DÜZENLEYİCİ KATKILAR

- TS EN 934-2 standardına göre
 - priz hızlandırıcılar
 - priz geciktiriciler

Priz hızlandırıcılar — ACI 212

- Perdah işlemine geçiş süresini kısaltmak,
- Koruyucu kür malzemelerinin beton yüzeyine uygulanma süresini kısaltmak,
- Erken dayanım kazanma hızını arttırmak, böylece erken kalıp alarak yapıyı servise daha erken sokmak,
- Hidrolik basıncın kalıplara etki süresini kısaltmak,
- Özellikle tünel vb. yapıların kaplama işlerinde, püskürtme beton uygulamalarında betonun çok hızlı priz almasını sağlamak.

Priz hızlandırıcılar



SUDA ÇÖZÜLEBİLEN
ORGANİK veya İNORGANİK
TUZLARDIR

KALSİYUM FORMAT, KALSİYUM ASETAT, NİTRATLAR,
LAKTİK ASİT, FORMALDEHİD, **KLORÜRLER** vb.



Püskürtme beton
uygulamaları



* Antifriz
katkılarının
kullanımı

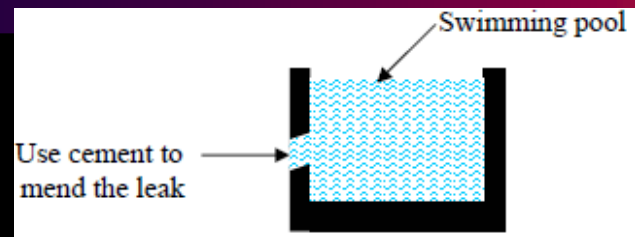
Soğuk havada beton
dökümü uygulamaları





Hızlı imalatın önemli ve kritik olduğu durumlar

Boşlukları tıkama ve basınçlı suyun kaçışını engelleme



Betonda priz hızlandırıcıların kullanımı



Highway tunnel construction



Subway tunnel construction



High-speed railway tunnel



Mine development system



Excavated slope reinforcement construction



Waterway tunnel construction



underground storage facilities



construction of swimming pool and pond

Acil onarımlarda hızlı dayanım kazanma amacıyla (köprü, viyadük)

Yan etki korozyon!!!

Priz geciktiriciler — ACI 212

- Sıcak havanın priz hızlandırıcı etkisini azaltıp, yüzey perdah işlemine fırsat vermek
- İşlenebilirlik kaybını azaltmak
- Soğuk derz oluşumunu engellemek

PRIZ GECİKTİRİCİLER

LİNYOSÜLFONİK ASİT, HİDROKSİL-KARBOKSİLİK ASİT,
ŞEKER, FOSFAT, BORAT, ÇİNKO vb.

SICAK HAVALARDA BETON DÖKÜMÜNDE

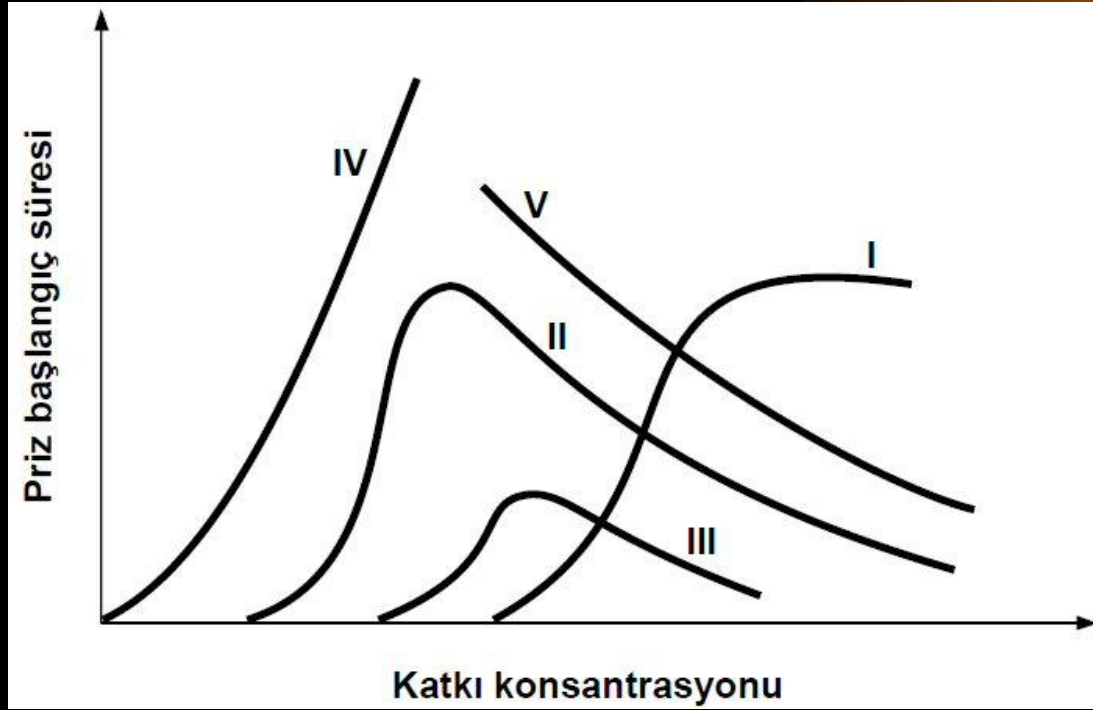
BÜYÜK HACİMLİ İŞLERDE SOĞUK DERZ
OLUŞMAMASI İÇİN

UZUN TAŞIMA MESAFELERİNDE

KALIP DEFORMASYONLARINDAN KAYNAKLANAN
ÇATLAKLARIN ÖNLENMESİ İÇİN



Kimyasal katkı dozajının priz başlangıç süresine etkisi



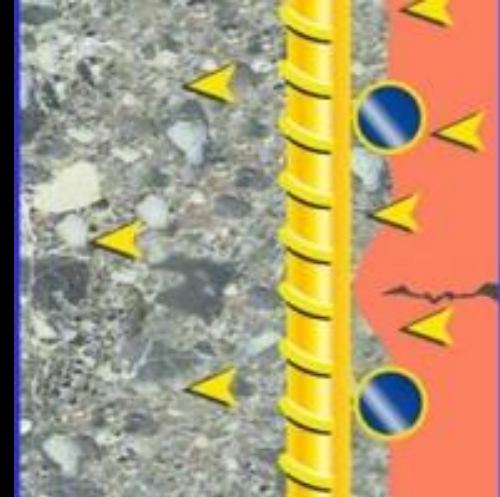
I. $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, II: CaCl_2 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, III: K_2CO_3 , NaCO_3 , Na_2SiO_3 , IV: glukonatlar, liginosülfonatlar, şekerler, fosforik, borik, oksalik ve hidroflorik asitlerin sodyum tuzları, V: formik asit tuzları ve triethanolamin

DİĞER KİMYASAL KATKILAR

KOROZYON ÖNLEYİCİ (İNHİBİTÖR)

Sodyum ve potasyum benzoat, potasyum kromat, sodyum ve kalsiyum nitrit vb.

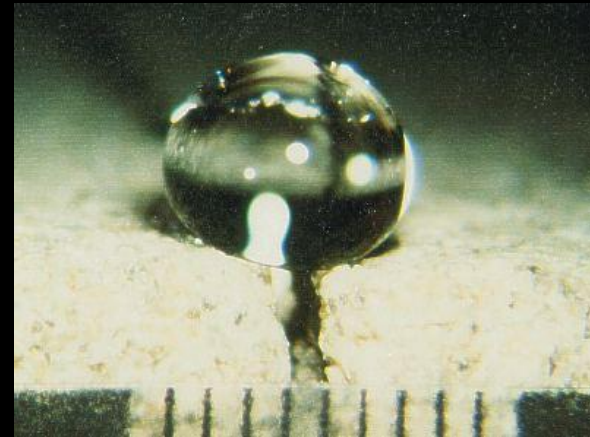
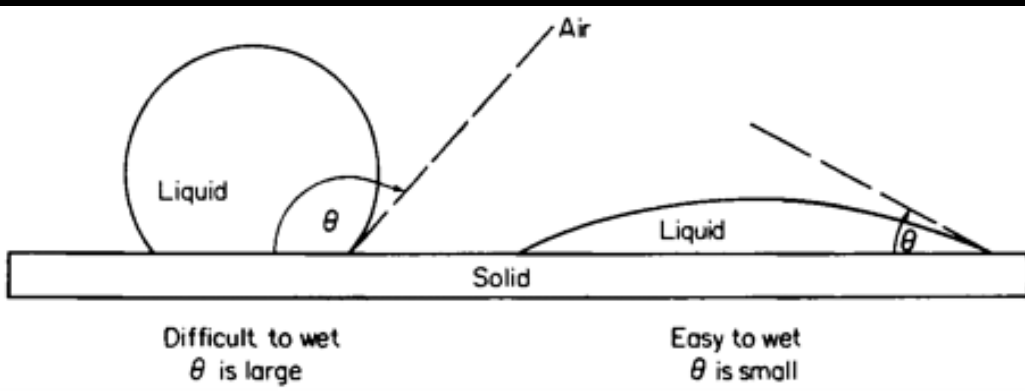
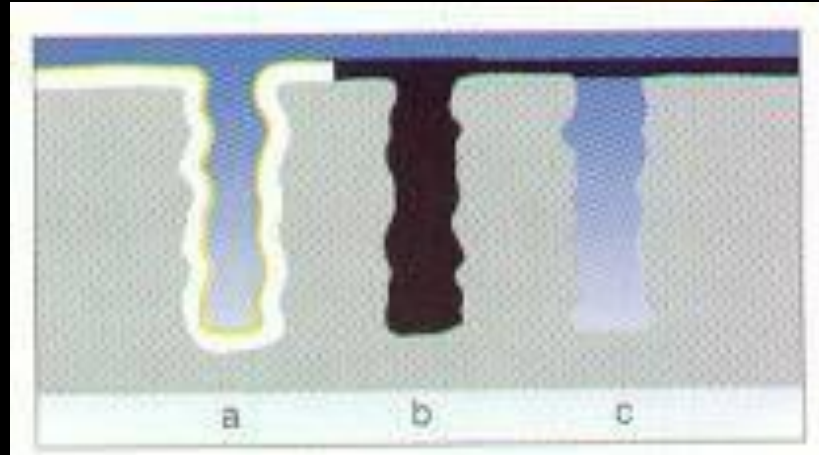
Korozyon önleyiciler çimento ağırlığının yaklaşık %1-10'u arasında kullanılır. Karışım suyuna ilave edilebildiği gibi doğrudan donatılar üzerine çimento hamuru ile karıştırılarak sürmek şeklinde de uygulanabilir



SU GEÇİRİMSİZLİK KATKILARI (su itici)

SABUN TÜREVLERİ, BÜTİL STEARATLAR, MİNERAL YAĞ, ASFALT EMÜLSİYONLARI VE KATBEK ASFATLARI GİBİ, BAZI PETROL ÜRÜNLERİ

1. Boşluklarda hidrofobik kaplayıcı görevi yaparak veya
2. Boşlukların içini doldurarak etki ederler



GEÇİRİMSİZLİK SAĞLAYAN KATKILAR



GEÇİRİMSİZLİK SAĞLAYAN KATKILAR



GEÇİRİMSİZLİK SAĞLAYAN KATKILAR



RENKLENDİRİCİLER



Metal oksitleri, organo metalik kompleksleri, öğütülmüş karbon gibi malzemeler pigment olarak kullanılabilir.

DİĞER KİMYASAL KATKILAR

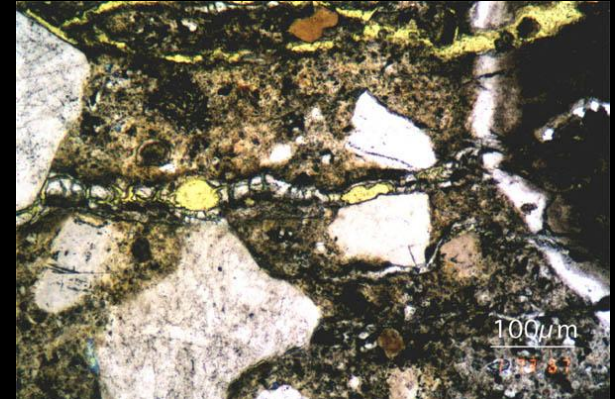
SU TUTUCU VEYA VİSKOZİTE ARTTIRICI KATKILAR (VAK)

DOĞAL POLİMERLER, YARI SENTETİK POLİMERLER, SENTETİK POLİMERLER

su altı beton dökümü uygulamalarında, beton üretiminde ayrışma ve terleme önleyici, pompalanmayı kolaylaştırıcı, beton üretiminde nem ve agrega gradasyon kusurlarının etkisini azaltıcı olarak kullanılır.

ALKALİ-SİLİKA REAKSİYONU (ASR) ÖNLEYİCİ

fosfat ve nitrat anyonları ile kalsiyum, magnezyum, lityum ve baryum katyonları



DİĞER KİMYASAL KATKILAR

- **Antifriz Katkıları**
- **Anti Bakteriyel Katkıları**
- **Genleşme Yaratıcı Katkıları**
- **Aderans Arttırıcı Katkıları**



Dokuz Eylül Üniversitesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü



İNŞ2024 YAPI MALZEMESİ II

BETON KATKILARI

Prof. Dr. Halit YAZICI

<http://halityazici-deu.com>