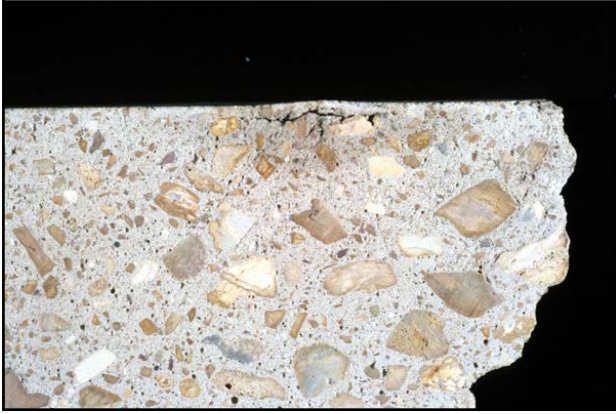


BETONDA GÖRÜLEBİLECEK PROBLEMLER

Yüzey Problemleri
Döküm ve Yerleştirme Problemleri
Betonu Olumsuz Etkileyen Çevresel Etkiler



İnş.Yük.Müh.Yasin Engin

İÇERİK

Giriş	3
A) Beton Yüzey Problemleri	3
Problem 1: Tozuma (Dusting).....	3
Problem 2: Yüzeyde kabarcık oluşumu (Blister)	5
Problem 3: Beton yüzeyinden parça kırılması (Popout).....	6
Problem 4: Beton yüzeyinde renk düzensizliği (Discoloration)	6
Problem 5: Çiçeklenme (Efflorescence)	7
Problem 6: Beton yüzeyinde dökülme (Spalling)	9
Problem 7: Beton yüzey harcında bozulma (Scaling)	10
Problem 8: Plastik Rötire Çatlakları (plastic shrinkage cracks)	10
Problem 9: Soğuk Derz (Cold Joint)	12
Problem 10: Petek Dokusu (Honeycomb).....	13
Problem 11: Tabakalaşma (Delamination)	14
Problem 12: Beton yüzeyinde boşluklar (Bughole).....	15
Problem 13: Beton yüzeyinde kıvrılma (Curling)	16
B) Beton Dökümünde ve Yerleştirilmesinde Yaşanabilecek Problemler	17
Problem 1: Betonda kıvam kaybı.....	17
Problem 2: Beton agregasının donatı arasından geçememesi.....	17
Problem 3: Beton pompasının betonu pompalayamaması	18
Problem 4: Betonun erken priz alması	18
Problem 5: Betonun geç priz alması	19
Problem 6: Ayırışma (Segregasyon)	19
C) Beton olumsuz etkileyen çevresel faktörler.....	20
Sülfat Etkisi.....	20
Karbonatlaşma Etkisi	20
Deniz Suyu Etkisi.....	21
Donma-Çözülme Etkisi.....	21
Yangın	22
EKLER.....	23
EK 1) Su/Çimento Oranın Beton Dayanımına ve Geçirgenliğine Etkisi	23
EK 2.1. Betonda Hava İçeriği	24
EK 2.2. Taze Betonda Terleme (bleeding).....	24
EK 2.3. Buharlaşma hızını artıran faktörler	25
EK 2.4. Taze Beton Yüzeyinin Düzeltilmesi	27
EK 2.5. Alkali-Agrega (Silika) Reaksiyonu	27
KAYNAKLAR	28

BETONDA GÖRÜLECEK PROBLEMLER

Giriş

Betonda içerdği malzemelerden, çevresel koşullardan, uygulama hatalarından kaynaklı çeşitli problemler görülebilir. Aslında betonda kısa, orta ve uzun vadede görülen tüm problemler betonun özelliklerinin tam olarak anlaşılmamasından, kötü işçilikten ve yanlış uygulamalardan kaynaklanmaktadır. Şantiyeye uygun şekil ve koşullarda getirilmeyen, döküm yerinde uygun bir şekilde yerleştirilmeyen, vibratörle sıkıştırılmayan, uygun bitirme işlemine tabi tutulmayan ve gerekli bakım(kür) işlemleri yapılmayan betonda hem dayanım hem de dayanıklılık yönünde problemler görülür. Bu nedenle beton kompozit bir malzeme olması nedeniyle diğer yapı malzemelerine oranla üretim, taşıma ve uygulama safhalarından daha fazla etkilenen bir malzemedir. Betonda istenilen performansın alınması için betonun özellikleri ve bunları etkileyen etkenler iyice bilinmeli, incelenmeli ve buna göre önlemler alınmalıdır.

A) Beton Yüzey Problemleri

Problem 1: Tozuma (Dusting)

Beton yüzeyindeki su/çimeto oranının artması yüzey dayanımını düşürür ve dayanıksız bir tabaka meydana gelir. Aşınmaya karşı güçsüz olan bu tabakada kolayca tozuma meydana gelir. Bu durum daha çok zemin betonlarında ve beton yollarda istenmeyen bir durumdur. Ayrıca çimento tozunun solunması sağlık açısından sakıncalıdır. Resim 1’de zayıf beton yüzeyindeki tozuma görülmektedir.



Resim 1: Beton yüzeyindeki su/çimeto oranının artması yüzey dayanımını düşürür.

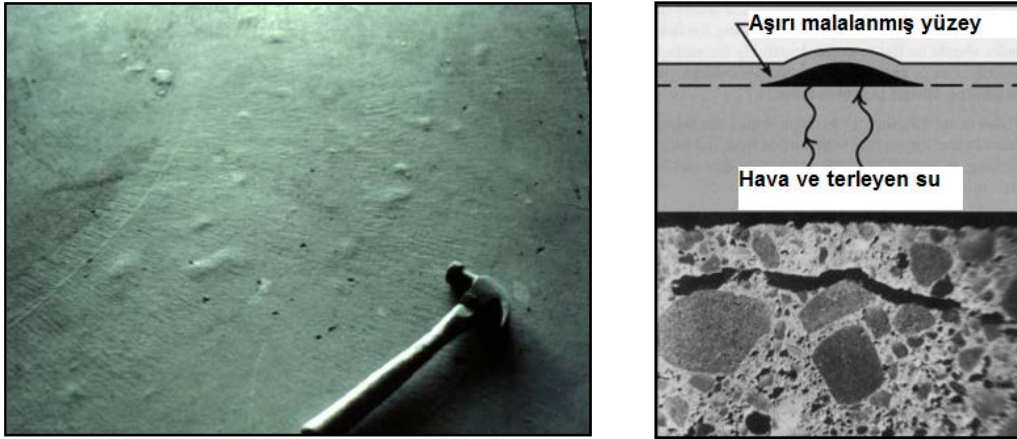
Nedenler:

- a) Betonun terlemesi bitmeden yapılan yüzey bitirme işlemi sonucu beton yüzeyinde terleme suyunun buharlaşmasını engelleyecek bir tabaka oluşur. Bu tabaka terleme suyunu tutarak su/çimento oranının artmasına neden olur. Sonuç olarak da düşük dayanımlı bir beton yüzeyi oluşur.
- b) Su emmesi düşük olan zemin veya polietilen kaplama üzerine beton dökümünde bu problem görülebilir. Bu durum betonun daha fazla terlemesine neden olur.
- c) Hava sıcaklığı beton sıcaklığında yüksekse ve rutubet varsa beton yüzeyinde yoğuşma meydana gelir ve yüzeyde su/çimento oranı artar.
- d) Kapalı alanlarda yetersiz havalandırma terlemeyi yavaşlatır.
- e) Çeşitli araçlardan çıkan karbondioksit gazı karbonatlaşmaya neden olur. Bu da yüzeyin dayanım ve dayanıklılığını düşürür.
- f) Yetersiz kür sonucu beton yüzeyinde zayıf bir tabaka oluşur ve yüzey dayanımı zayıflar.
- g) Taze betonun yağmur, kar veya rüzgardan korunmaması sonucu beton donar ve yüzey dayanımı azalır.

Çözümler:

- a) Yeterli kıvamda ve düşük su/çimento oranına sahip beton en yüksek dayanım, dayanıklılık ve yüzey aşınma direnci sağlayacaktır. Genellikle zemin betonlarında S3 (10-15cm) kıvamının üzerinde beton tercih edilmemelidir.
- b) Plastik kıvamdaki betona terleme suyunu emmesi için çimento serpilmemelidir. Terleme çok fazla oluyorsa karışım dizaynı değiştirilmelidir.
- c) Beton terlemeye devam ederken yüzeyinde bitirme işlemi yapılmamalıdır. Seviyeleme işleminden hemen sonra yüzey düzeltme işlemi tamamlanmalıdır. Yüzey bitirme işlemlerini yaparken yüzeye su serpilmemelidir.
- d) Beton doğrudan geçirimsiz yüzeyler üzerine dökülmemelidir. Böyle zeminler üzerine (10-15cm) sıkıştırılabilir dolgu malzemesi serilebilir.
- e) Beton yüzeyi yeterli sürede etkin bir şekilde küre tabi tutulmalıdır.
- f) Soğuk havalarda beton sıcaklığının 10°C' nin üzerinde olması (TS EN 206-1' e göre beton sıcaklığı en düşük 5°C'dir) tavsiye edilir.
- g) Uygun kimyasal katkıları seçilmelidir.

Problem 2: Yüzeyde kabarma(Blister)



Resim 3-4: Genelde 5-100 mm çaplarında ve 2-5 mm derinliğinde beton yüzeyinde su ve havanın hapis kalması sonucu görülen baloncuk şeklinde kabarmalardır.

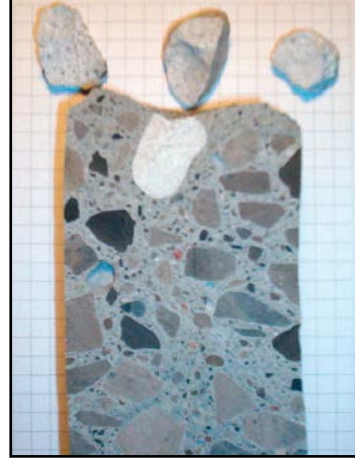
Nedenler:

- Beton içerisindeki su henüz terlemeden ya da beton içindeki hava dışarı çıkmadan beton yüzeyinde bitirme işleminin yapılmasından dolayı meydana gelir. Yüzey betonu henüz zayıf bir haldedir. Kuru ve rüzgarlı hava şartları bu durumu destekler. Beton yüzeyinin hemen altında içi su veya havadan ibaret kabarmalar oluşur. Bu kabarmalar betonun yük taşımaya başlaması ile hasar görür. Bu nedenle bu problem yapım aşamasında farkedilemeyebilir.
- Yetersiz vibrasyon sonucu beton içindeki hava tam olarak dışarı çıkamaz.
- Aşırı vibrasyon sonucu yüzeyde kalın bir harç tabakası oluşur.
- Uygun olmayan araçlarla mala yapmak.
- Erken bitirme işlemi yapmak.
- Fazla hava içeriği olan beton
- Yüksek su/çimento oranında beton kullanmak
- Zemin, betondan soğuk ise betonun üst yüzeyi daha erken priz alır ve hazır görünmüş olacak. Bunun sonucu beton bitirmeye tam hazır değilken bitirme işlemi yapılmaya başlanacaktır.
- Döşeme kalın ebatlı ise betonun terlemesi ve hava kabarcıklarının yüzeye çıkması zaman alır.
- Çimento ve ince malzemesi fazla beton daha bağlı olacağından terleme daha yavaş gerçekleşir.

Çözümler:

- Uygun ve yeterli vibrasyon ve sıkıştırma işlemleri uygulanmalıdır.
- Bitirme işlemi zamanında yapılmalıdır.
- Hava içeriği (maks %3) ve su/çimento oranı düşük beton kullanılmalıdır.
- Beton yüzeyindeki buharlaşma oranı düşürülmelidir.

Problem 3: Beton yüzeyinden parça kırılması (Popout)



Resim 5-6: Yüzeyde kopma: Beton yüzeyinden konik şekillerde parçaların kırılması ve değişik boyutlarda(5mm-5cm) çukur oluşmasıdır. Genelde betonun ilk yıllarında görülür. Ana neden su emmesi yüksek olan agrega ya da beton içinde kömür ve odun gibi istenmeyen maddelerin su emerek şişmesi ve basınçla betonu çatlatmalarıdır. Yapının servis ömrünü negatif etkilemez.

Nedenler:

- a) Dayanıksız ve su emmesi yüksek agrega kullanılması
- b) Donma-çözülme etkisi
- c) Alkali-silika reaksiyonu

Çözümler:

- a) Daha dayanıklı agrega kullanmak
- b) Düşük su/çimento oranıyla beton üretmek
- c) Uygun ve etkili kür metotları uygulamak

Onarım: Sorunlu bölgeler tamir harcı ile onarılır, ancak geniş bir alanda sorun varsa ince bir beton kaplama uygulanabilir.

Problem 4: Beton yüzeyinde renk düzensizliği (Discoloration)



Resim 7-8: Renk düzensizliği-Beton yüzeyinde çeşitli nedenlerden dolayı lekeler, doku ve gölge farkları oluşur.

Nedenler:

- a) Erken yada geç bitirme işlemleri
- b) Polietilen koruma tabakalarının yüzeye teması
- c) Beton içeriğindeki kalsiyum klorür, çimentoda alkali oranı, katkıları
- d) Farklı malalar kullanmak ve her yerde farklı sitille mala işlemi yapmak. Sıkı malalan yerler daha koyu olacaktır. Erken malalanan yerlerde ise daha sonra su/çimento oranı artacağına daha açık gölgeler oluşur.
- e) Farklı zamanlarda dökülen betonda su/çimento oranı farklılığı ya da bileşenlerindeki farklılıklar(mineral katkı kullanılması veya agrega cinsinin değişmesi)
- f) Yanlış kür uygulamaları sonucu yüzeyin farklı yerlerinde hidrasyonun değişken olması
- g) Priz hızlandırmak için kalsiyum klorür kullanılması

Çözümler:

- a) Kimyasal kür malzemesi kullanırken renk bozup bozmayacağı önceden incelenmeli
- b) Beton yüzeyi uygun ve sabit bir şekilde düzeltilip, bitirilmelidir.
- c) Soğuk havalarda kalsiyum klorür içeren katkıları kullanılmamalıdır.
- d) Uzun süre döküm yapılacak işlerde kullanılan malzemenin sabit olması sağlanmalıdır.
- e) Yüksek alkali içeren çimento kullanılmamalı
- f) Farklı malzemelerden oluşan kalıp sistemi kullanılmamalıdır. Farklı su emmeleri sonucu beton görüntüsünde farklılıklar oluşur.
- g) Beton yüzeyinde katkıdan dolayı oluşan renk bozuklukları beton yüzeyi sıcak su ile yıkanarak ve fırçalanarak yok edilebilir. %20-%30'luk diamonyum sitrat çözeltisi kullanarak etkili sonuç alınabilir. Bu çözelti kuru beton yüzeyine 15 dakika uygulanır. Tekrarlamak gerekebilir.
- h) Mala uygulaması ile oluşan renk bozuklukları için boyama yapılır.
- i) Aşınma ve yaşlanma sonucu beton yüzeyindeki renk bozuklukları gittikçe azalır.

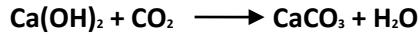
Not: Aşınma ve yaşlanma sonucu beton yüzeyindeki renk bozuklukları zamanla azalacaktır.

Problem 5: Çiçeklenme (Effloresence)

Çimentonun hidrasyonu sonucunda oluşan Ca(OH)_2 (kalsiyum hidroksit)'in ve beton içinde bulunan veya betona dışardan giren bazı tuzların zamanla sertleşmiş beton yüzeyine çıkarak

oluşturduğu beyaz lekeler çiçeklenme olarak adlandırılır. Renkli ve brüt betonlarda estetik açıdan renk kalitesini bozmakla beraber, çiçeklenmenin betonun dayanımına önemli bir etkisi yoktur. Özellikle; yağışlı kış aylarında çiçeklenme daha sık görülür.

Beton içerisinde çok miktarda bulunan ve suda çözünen Ca(OH)_2 çiçeklenme olayında önemli rol oynar. Betona yağış ya da zemin yoluyla giren su, beton içindeki tuzları yüzeye taşıyarak ortaya çıkar.



Yukarıdaki tepkimede görüldüğü gibi suyun yardımıyla yüzeye çıkan Ca(OH)_2 atmosferdeki CO_2 (karbondioksit) ile tepkimeye girerek suda zor çözünen CaCO_3 (kalsiyum karbonat)'ı oluşturur. Böylece, beton yüzeyinde beyaz renkte lekeler oluşur.



Resim 9-10: Çiçeklenme, çimentonun hidratasyonu sonucunda oluşan Ca(OH)_2 'in ve beton içerisinde bulunan bazı tuzların zamanla sertleşmiş beton yüzeyine çıkarak oluşturduğu beyaz lekelerdir. Renkli betonlarda estetik açıdan renk kalitesini bozmakla beraber, betonun dayanım gibi performans özelliklerine fazla bir etkisi bulunmamaktadır. Buharlaşma yavaş olacağından kış aylarında çiçeklenme daha sık görülür.

Nedenler:

- Suda çözünen sülfat, nitrat, klor, krom ve molibden gibi tuzları içeren yeraltı suyunun yukarı hareket ederek, temele ya da beton kaplamaya geçmesi;
- Standartlara uygun olmayan malzeme kullanılması;
- Betonun fazla geçirimli olması;
- Yapılarda drenajın yetersiz olması ya da hiç olmaması
- Onarımı yapılmamış çatlaklar

Çözümler:

- Beton üretiminde su/çimento oranı düşük tutulmalı, betonun yerleştirilmesi ve

sıkıştırılması uygun yapılarak betonun geçirimsizliği azaltılmalıdır.

- b) Kullanılan karışım ve kür suyunda ve agregalarda çeşitli tuzların bulunmamasına özen gösterilmelidir.
- c) Beton karışımında, Ca(OH)_2 'i azaltıcı ve betonun geçirimsizliğini ve dayanıklılığını artırıcı özelliği olan puzolanik katkıları kullanılmalıdır.

Onarım:

Onarım için beton yüzeyi tazyikli su ile yıkanır, sert bir fırça ile fırçalanır ya da belirli oranlarda düşük konsantrasyonlu asit çözeltileri kullanılabilir. Bu uygulama için yeterince deneyim ve bilgi gereklidir.

Problem 6: Beton yüzeyinde dökülme (Spalling)



Resim 11-12:Yüzeyde dökülme- Beton yüzeyinin katmanlı bir şekilde dökülmesi yada parçalanmasıdır. Beton kaplamalarda ilk yıllarda daha çok derze yakın yerlerde görülür.

Nedenler:

- a) Donma-çözülme etkisi
- b) Yangın
- c) Kaplamadaki büyük gerilmeler
- d) Kötü işçilik
- e) Kış aylarında tuzlama
- f) Betonun hava içeriğinin çok düşük olması
- g) Yüksek su/çimento oranı
- h) Yetersiz paspayı

Çözümler:

- a) Düşük kıvamda beton kullanmak
- b) Hava sürükleyici katkı kullanmak
- c) İyi kür(en az 7 gün devamlı) uygulaması
- d) İlk yıllarda beton yüzeyinde tuzlama çalışmalarına izin verilmemelidir.
- e) Polipropilen lif kullanımı

Problem 7: Beton yüzey harcında bozulma (Scaling)



Resim 13-14: Beton yüzey harcında bozulma

Nedenler:

- a) Beton içindeki su terlemeden bitirme işlemi yapılırsa daha sonra beton yüzeyinde terleme sonucu su/çimento oranı yüksek bir tabaka oluşur ve bu tabakanın dayanımı zayıf olur.
- b) Bitirme işleminin fazla yapılması sonucu beton yüzeyinde hava içeriği azalır ve bunun sonucu donma-çözölmeye karşı direnç azalır.
- c) Yetersiz kür uygulaması
- d) Düşük hava içerikli betonun donma-çözölmeye karşı dirençsizliği
- e) Tuzlama çalışmaları
- f) Çok düşük hava içerikli beton
- g) Yetersiz drenaj
- h) Anormal hava koşullarında beton dökümü

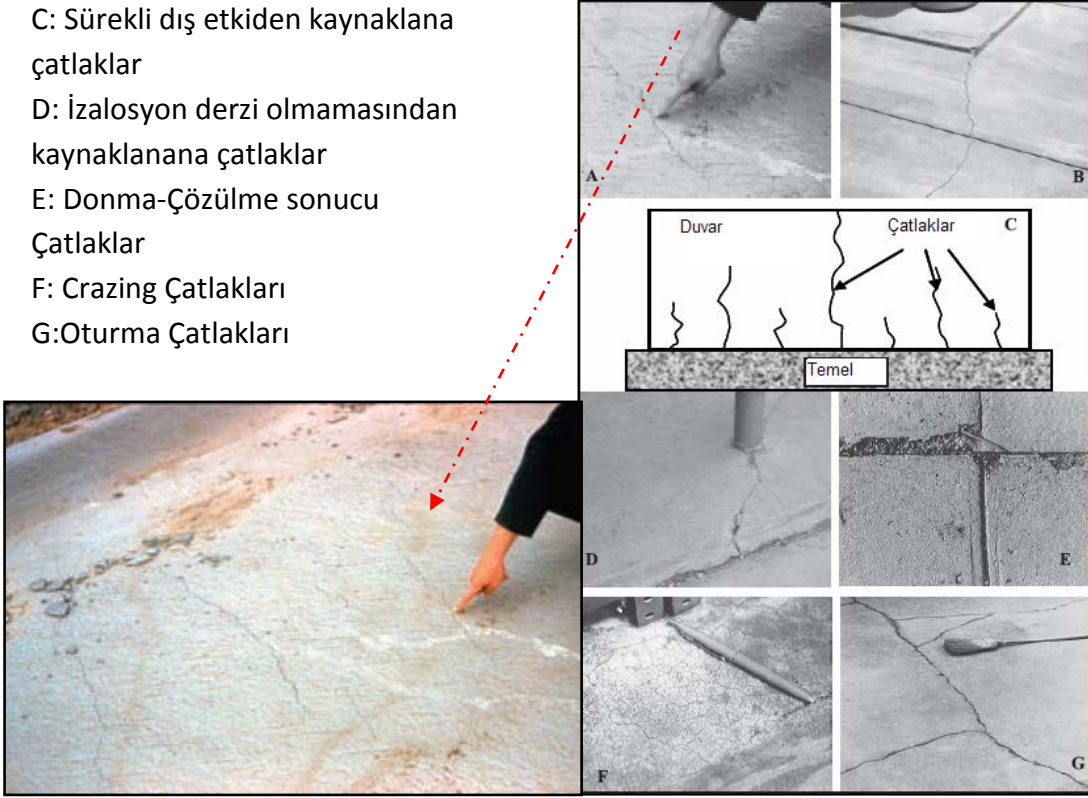
Çözümler:

- a) Hava sürükleyici katkı kullanmak(bu katkı kullanıldığında vibrasyon işlemi belli bir düzeyde yapılmalıdır yoksa istenilen hava boşluğu elde edilemez.)
- b) Betonun ilk yıllarında tuzlama yapılmamalıdır. Amonyum sülfat ve amonyum nitrat içeren tuzlar asla kullanılmamalıdır. Bunun yerine solüsyon kullanılabilir.
- c) Beton yüzeyinde sertleştirici katkı kullanılabilir.
- d) Yağışlı havalarda beton dökölmemelidir.
- e) Zarar gören beton yüzeyleri çimento, latesk ve polimer-çimento modifiye tamir harçları ile düzeltilebilir.

Problem 8: Plastik Rötire Çatlakları (plastic shrinkage cracks)

Betonda görülebilecek genel çatlak tipleri:

- A: Plastik rötre çatlakları
- B: Yanlış derz sonucu çatlama
- C: Sürekli dış etkiden kaynaklı çatlaklar
- D: İzalasyon derzi olmamasından kaynaklı çatlaklar
- E: Donma-Çözülme sonucu Çatlaklar
- F: Crazing Çatlakları
- G: Oturma Çatlakları



Resim 15-A: Plastik rötre çatlakları

Plastik rötre çatlakları, adından belli olduğu gibi beton plastik haldeyken görülen çatlaklardır. Beton yüzeyinin çok hızlı kuruması sonucu betonda hacimsel bir daralma – büzüşme – oluşur. Plastik rötre çatlakları rastgele bir dizilişte olacağı gibi birbirine paralel şekilde de görülebilir. Genelde 25 mm ile 2 m arasında uzunlukta oluşurlar ve en çok 3 mm genişliktedirler.

Plastik rötre çatlakları estetik açıdan hoş bir görüntüye neden olmaz. Ayrıca dayanıma direkt bir etkisi olmasada zamanla çatlaklardan beton içine sızacak zararlı maddeler betonun dayanımını olumsuz etkiler.

Nedenler:

- a) Buharlaşma hızının terlemeden fazla olması (bu nedenle beton yüzeyi daha hızlı kurumakta ve büzülmetedir.)
- b) Yetersiz ve yanlış kür uygulaması
- c) Uygun olmayan malzeme kullanımı
- d) Çevre koşulları(çok kuru iklim-sıcaklık farkının yüksek olması)
- e) Uygun olmayan bitirme işlemi
- f) Yüksek su/çimento oranı içeren beton kullanmak

- g) Kalın kesitler
- h) Zeminin uygun olmaması
- i) Yetersiz vibrasyon
- j) Yanlış derz kesimi
- k) Yanlış beton tasarımı ve malzeme seçimi(ince malzeme miktarının fazla olması)

Çözümler:

- a) Zemindeki zayıf tabaka alınmalı ve zemin güçlü olmalıdır. Kışın karlı ve buzlu zemin üzerine beton dökülmemelidir. Kalıplar sağlam yapılmalıdır.
- b) Yüksek kıvam su ile değil katkı ile sağlanmalıdır.
- c) Donma-çözülme döngüsünün çok olduğu bölgelerde hava sürükleyici katkı kullanılmalıdır.
- d) Beton yüzeyi sulu iken bitirme işlemi yapılmamalıdır. Ayrıca beton terlemeden (bleeding) bitirme işlemine kesinlikle başlanmamalıdır.
- e) Yüksek sıcaklık, rüzgar ve düşük nem gibi koşulların olduğu ortamlarda buharlaşma daha hızlı olacaktır. Bu nedenle beton sulanmalı, beton yüzeyini güneş ışıklarından korumak için polietilen örtüler yada ıslatılmış telis bezi ve rüzgar kırıcılar kullanılabilir.
- f) Paspayı olabildiğince geniş bırakılmalıdır.
- g) Polipropilen lif kullanılabilir.
- h) Rötne ve buharlaşmayı azaltıcı kimyasal katkıları kullanılabilir.
- i) Kalıp ve zemin suya doygun hale getirilmelidir.

Problem 9: Soğuk Derz (Cold Joint)



Resim 16-17: Soğuk Derz-Beton dökümü sırasında uygulamadaki gecikme sebebiyle iki tabaka arasında meydana gelen derz veya süreksizliktir.

Nedenler:

Beton dökümünde plansızlık: Alt katmandaki beton priz aldığından daha sonra üzerine dökülen taze beton ile yeterli aderansı sağlayamaz.

- a) Beton dökümü işinin zamanlamasının önceden yapılması ve buna uyulması
- b) Sorunlu durumlarda altta kalacak betonun prizinin gecikmesi için akışkanlaştırıcı katkı yada priz geciktirici katkı kullanılması
- c) Priz alan betonun yüzeyinin pürüzlendirilerek(şerbetin kırılıp agregaların ortaya çıkması) aderansın arttırılması
- d) Ara yüzeyde "lateks" kullanarak aderansın arttırılması

Çözümler:

- e) Beton dökümü işinin zamanlamasının önceden yapılması
- f) Sorunlu durumlarda altta kalacak betonun prizinin gecikmesi için akışkanlaştırıcı katkı yada priz geciktirici katkı kullanılması
- g) Priz alan betonun yüzeyinin pürüzlendirilerek(şerbetin kırılıp agregaların ortaya çıkması) aderansın arttırılması
- h) Ara yüzeyde "lateks" kullanarak aderansın arttırılması

Problem 10:Petek Dokusu (Honeycomb)



Resim 18-19: Petek dokusu- Daha çok perde, kolon-kiriş kesişim bölgelerinde ayrışmadan dolayı oluşan hasardır.

Nedenler:

- a) Yetersiz paspayı ve beton içinde kullanılan agreganın D_{maks} 'ının(en büyük agregata tane çapı) proje şartlarına uygun olmaması (bkz.)
- b) Malzemenin ayrışması
- c) Kötü vibrasyon uygulaması
- d) Kötü agregata gradasyonu
- e) Kolon ve perdelerle kademesiz olarak yüksek mesafeden beton dökümü

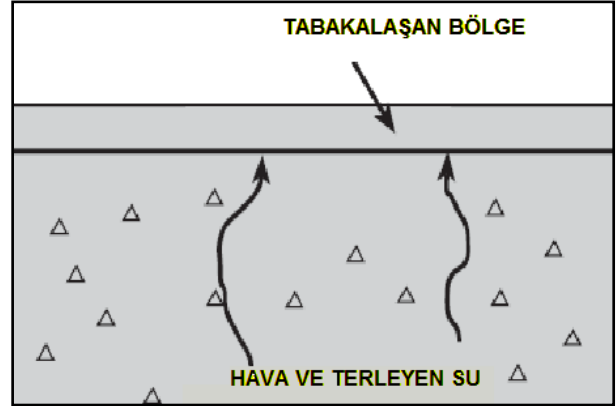
Çözümler:

- a) Uygun vibrasyon uygulaması yapılarak mazeleminin ayrışması engellenmelidir.
- b) Kendiliğinden yerleşen-sıkışan beton kullanılabilir.

- c) Projeye uygun D_{maks} sınıfında ve kıvamında beton kullanılmalıdır.
- d) Kolon ve perdelerde dış vibratör kullanılmalıdır.

Onarım: Tamir harcı kullanarak hasarlı bölge onarılır. Onarım yapılırken bölgenin tamamen temizlenmesine dikkat edilmelidir.

Problem 11: Tabakalaşma (Delamination)



Resim 20-21: Tabakalaşma- Yüzeyin 3-6 mm'lik üst yüzeyinde erken ve kötü bitirme işlemi sonucu oluşan hasardır.

Nedenler:

- a) Betonun terlemesi devam ederken bitirme işlemi yapılması
- b) Hava içeriği yüksek beton kullanımı
- c) Yüksek su/çimento oranı
- d) Döşemenin kalın olması
- e) Yüksek sıcaklık, rüzgar ve düşük nem gibi çevre koşulları
- f) Aşırı derecede sıkıştırma ve vibrasyon uygulama sonu yüzeye çok fazla çimento harcı toplanır. Yüzey zayıflar.

Çözümler:

- a) Soğuk havada priz hızlandırıcı katkı kullanılabilir.
- b) Beton ısıtılabilir .
- c) Gerekli kür uygulanır(yüzey örtüsü kullanılabilir).
- d) Bitirme işlemi zamanında yapılmalıdır.(Beton terlemeden ve hava tahliye olmadan)
- e) Sıcaklığı 4°C'nin altında olan zemine beton yerleştirilmemelidir.
- f) Hava sürükleyici katkı kullanılmamalıdır.

Problem 12: Beton yüzeyinde boşluklar (Bughole)



Resim 22-23: Beton yüzeyinde boşluklar- Çapı 15 mm'yi geçmeyen ve beton yüzeyinde dağınık olarak görülen boşluklardır. Kalıbın üst kısmında daha sık görülür.Yapıya zararları yoktur.

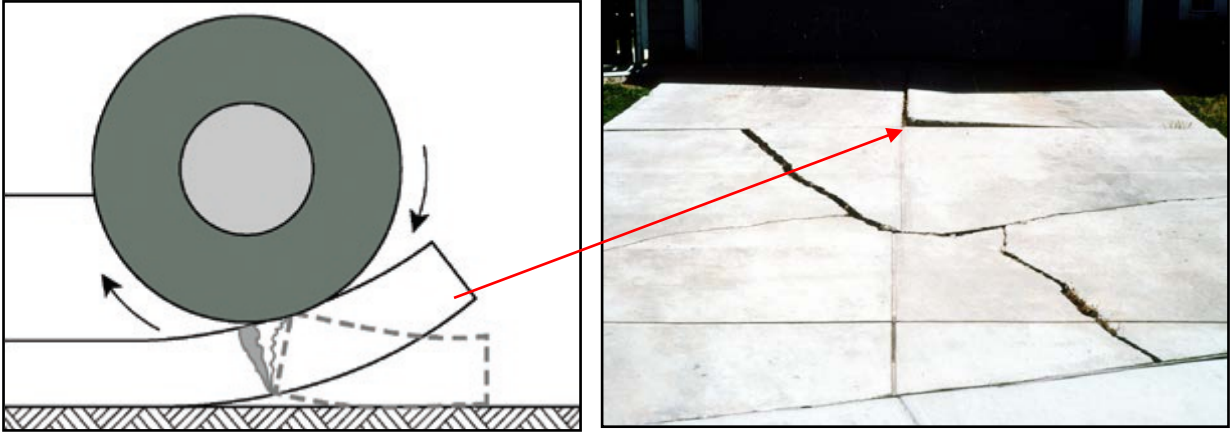
Nedenler:

- a) Kötü vibrasyon uygulaması
- b) Geçirgenliği düşük kalıplar (çelik ya dapolimer karışımı tahta): Bu tür kalıplar beton içindeki havanın tahliyesini engellemekte ve yüzeyde sıkışan hava boşluk oluşturmaktadır.
- c) Kötü beton tasarımı: Sıkıştırma ve vibrasyon uygulamalarına iyi vcevap vermeyen betonun yüzeyinde hava boşlukları daha rahat oluşur.
- d) Erken kalıp sökümü ve yanlış kalıp yağı kullanımı

Çözümler:

- a) Uygun vibrasyon uygulaması: Her katmanda vibrasyon uygulaması yapılmalı ve katman üzerine dökümlerde alttaki katman tekrar vibrasyona tabi tutulmalıdır.
- b) Geçirgen kalıplar: Geçirgen olmayan kalıplarda daha fazla vibrasyon gerekmektedir.
- c) Kendiliğinden yerleşen beton kullanılabilir.
- d) Boşluklar polimer ile geliştirilmiş ince harç ile doldurulur.

Problem 13: Beton yüzeyinde kıvrılma(Curling)



Resim 24-25: Beton kaplamasının özellikle uç ve köşelerinin nemden ve ısı farkından dolayı kıvrılma oluşabilir. Betonun üst kısmı alt tabakadan daha kuru ve soğuk olacağından daha fazla büzülür ve yukarı doğru kıvrılır.

Nedenler:

- a) Genleşme derzlerinin yeterli mesafede kesilmemesi.
- b) Kaplamanın demir donatısız olması
- c) Kaplamanın ince olması
- d) Beton kaplamanın alt ve üst kısımlarında nem ve sıcaklığın farklı olması ve bu nedenle farklı genleşmeleri

Çözümler:

- a) Derz aralıkları daha sık olmalı
- b) Su/çimento oranı düşük beton tercih edilmeli
- c) Beton içerisinde iri agrega miktarının artırılması ve ince malzeme oranının azaltılması faydalıdır.
- d) Donatılı beton tercih edilmeli ya da beton kaplama kalınlığı ince olmamalı
- e) Taze beton sıcaklığı kontrol edilmelidir.
- f) Rötore azaltıcı kimyasal katkı kullanılabilir.

B) Beton Dökümünde ve Yerleştirilmesinde Yaşanabilecek Problemler

Problem 1: Betonda kıvam kaybı

Nedenler:

- a) Yüksek sıcaklık, rüzgar ve düşük nem sonucu daha hızlı buharlaşma
- b) Uzun yol ve yüksek devirde taşıma
- c) Malzeme su emmesinin yanlış hesaplanması ve değerlendirilmesi
- d) Santralde yanlış nem düzeltme yapılması
- e) Beton içeriğinde ince malzemenin fazla miktarda kullanılması

Çözüm:

- a) Şantiyede akışkanlaştırıcı katkı kullanmak
- b) Santralde hava ve yol koşullarına göre su düzeltmesi yapmak
- c) Betonun uygun devirde taşımak
- d) Kalıpların önceden suya doymun hale getirilmesi

Problem 2: Beton agregasının donatı arasından geçememesi

Nedenler:

- a) Projeye uygun olmayan büyüklükte agrega kullanımı
- b) Beton kıvamının düşük olması

Çözüm:

- a) Beton sipariş edilirken projeye uygun D_{maks} 'lı beton istenmeli
- b) Sık donatılı yerlerde daha ince malzemeli(kendiliğinden yerleşen beton-brüt beton) tercih edilmeli.
- c) Betonun iyi sıkıştırılması için vibratör kullanılmalıdır.

NOT: TS EN 206-1 Standardına göre beton içerisindeki agrega sınıflandırması en büyük agrega tane boyutuna göre yapılmaktadır. Bu nedenlerle projelerinizde TS 500' e uygun agrega kullanmalısınız. TS 500'e göre en büyük agrega büyüklüğü:

- Kalıp genişliğinin 1/5'inden,
- Döşeme kalınlığının 1/3'ünden,
- İki donatı çubuğu arasının 3/4'ünden,
- Beton örtüsünden(paspayı) büyük olamaz.

Problem 3: Beton pompasının betonu pompalayamaması

Nedenler:

- a) Pompanın periyodik bakımının yapılmaması ve uygun kurulmaması
- b) Aşırı derecede iri ya da ince malzeme kullanılması
- c) Çok düşük kıvamda beton pompalanması
- d) Kullanılan iri malzemenin ebatının büyük olması
- e) Plansız işten dolayı mikserlerin şantiyede bekleyip betonun kıvam kaybetmesi

Çözüm:

- a) Betonun pompalanacak kıvamda olması sağlanmalı. Bunun için şantiyede kimyasal katkı kullanılabilir.
- b) Aracın pompalama standardı incelenmeli ve boru çapının ne büyüklükte agrega için uygun olduğu tespit edilmelidir.
- c) Brüt beton ya da kendiliğinden yerleşen beton daha rahat pompalanır. Ayrıca uçucu küllü ve yuvarlak agregalı betonun pompalanması daha rahattır.
- d) Beton kütlesinin daha rahat hareket etmesi için önceden “çimento+kum+su” karışımdan oluşan harç(şerbet) ile pompalama yapılır.
- e) Pompa boruları keskin dönüş ve bükülme göstermeyecek şekilde kurulmalıdır.

Not: Betonun kıvamını arttırmak için şantiyede asla su eklenmemelidir. Bu uygulama kıvama arttırmasına rağmen betonun dayanımına ve dayanıklılığına son derece zarar verir.

Problem 4: Betonun erken priz alması

Nedenler:

- a) Yüksek sıcaklık
- b) Yüksek oranda çimento miktarı
- c) Düşük su/çimento oranı
- d) Yüksek erken dayanımlı çimento kullanılması
- e) Beton malzemelerinin fazla sıcak olması
- f) Çimentonun sıcak olması (75°C den yüksek olmamalı)

Çözüm:

- a) Priz geciktirici katkı kullanılması
- b) Agreganın soğutulması-suyun buzlu bir şekilde kullanılması
- c) Çimento dozajının bir miktar (dayanım ve dayanıklılığı sağlayacak şekilde) azaltılması
- d) Araçların şantiyede uzun süre beklememesi önceden koordineli bir şekilde müşteri ile anlaşmak.

Problem 5: Betonun geç priz alması

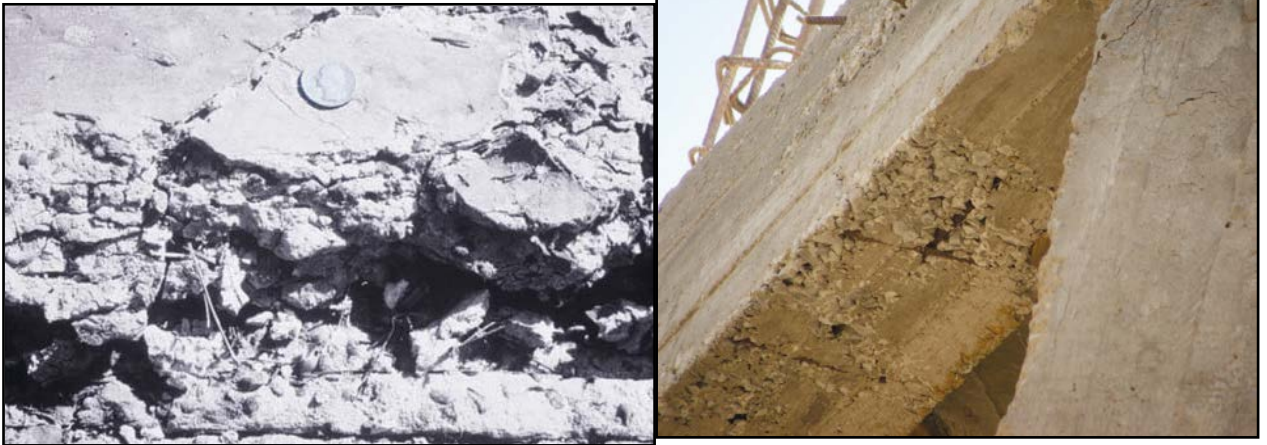
Nedenler:

- a) Aşırı soğuk hava(üst üste 3 gün ortalama hava sıcaklığının 5°C'nin altında olması)
- b) Düşük miktarda çimento kullanmak
- c) Malzemelerin soğuk olması
- d) Aşırı miktarda katkı kullanımı
- e) Aşırı vibrasyon

Çözüm:

- a) Malzemenin ısıtılması
- b) Priz hızlandırıcı katkı kullanılması
- c) Çimento dozajının bir miktar arttırılması
- d) Uygun kür(tünel kalıplarda ısıtma-yapının dış ortamdan izole edilmesi)

Problem 6: Ayrışma (Segregasyon)



Resim 26-27: Ayrışma sonucu beton görünümü

Nedenler:

- a) Az ya da gereğinde fazla vibrasyon uygulaması
- b) Betonun kalıba yüksekten dökülmesi
- c) Betonun taşınmasındaki hatalar
- d) Malzemelerin uygun tarzda karıştırılmaması
- e) İri agrega miktarının çok fazla olması
- f) İşlenebilirliği az beton kullanımı
- g) İri ve ince agreganın özgül ağırlıklarının çok farklı olması
- h) İnce agrega veya çimento gibi ince malzemelerin az olması

Çözümler:

- a) Uygun vibrasyon uygulaması
- b) Projeye uygun beton siparişı
- c) Yeterli paspayı bırakılması
- d) Kendiliğinden yerleşen beton kullanılabilir

Onarım: Tamir harcı ile boşluklar doldurulur.

C) Betonlu olumsuz etkileyen çevresel faktörler

Sülfat Etkisi

Doğal sularda ya da atık sularda belli bir miktarda sülfat bulunabilir. Özellikle yeraltı sularında sülfat iyonlarının miktarı yüksek seviyede olabilir. Sülfat iyonları betona geçerek çimentonun hidratasyonu ile elde edilen kalsiyum hidroksit ve kalsiyum alüminat hidratlarla reaksiyona girerek, alçı ve etrenjit oluşumuna neden olur. Bunlarda genişliyerek çatlamalara neden olur. Bu etkiyi azaltmak için C₃A(trikalsiyum alüminat) miktarı az olan (en çok %5) çimento kullanılabilir. Bu tür çimentolara sülfata dayanıklı çimentolardır. Ayrıca; betonda çeşitli puzolanlar ve granüle yüksek fırın cürufu kullanılabilir.



Resim 28-29: Sülfat etkisi sonucu beton görünümü

Karbonatlaşma Etkisi

Hidratasyon sonucu oluşan kalsiyum hidroksit ile havadaki CO₂ reaksiyona girerek kalsiyum karbonat oluşturur. Bunun sonucu pH değeri 12-13'den 8-9'a düşen betonun bazı özellikleri zayıflar. Böylece beton içindeki donatıların paslanması kolaylaşır.

Karbonatlaşmayı azaltmak için betonun geçirimsiz olması gerekir. Geçirimsizlik düşük su/çimento oranı, iyi gradasyon, uygun vibrasyon ve kür uygulaması ile sağlanabilir. Ayrıca paspayını olabildiğince arttırmak gerekmektedir.



Resim 30-31: Karbonatlaşma etkisi sonucu beton görünümü

Deniz Suyu Etkisi

Deniz suyu betondan çok donatılar için zararlıdır. Donatının paslanması sonucu donatıda hacimce artma görülür ve buda iç gerilemelere nedne olur. Donatının taşıma kapasitesi azaldığı gibi betonda oluşan çatlaklar betonun dış koşullara karşı direncini azaltır.

Donma-Çözülme Etkisi

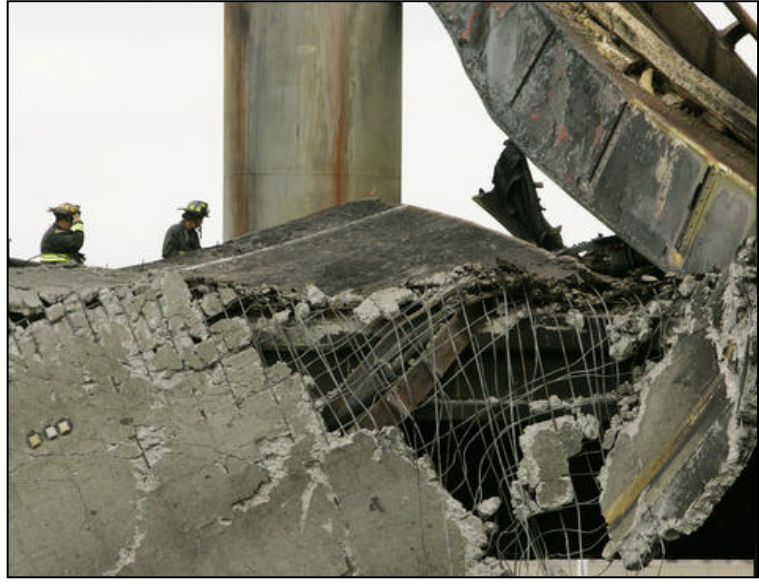
Betonun suya doymun olduğu veya doygunluk derecesine yakın olduğu durumlarda tekrarlı donma-çözülme altında önemli bir dezavantajı ortaya çıkar. Böyle bir ortamda beton kısa bir sürede dağılabilir. Dolayısıyla, donma-çözülme etkisi, gerekli önlem alınmadığı taktirde, betonun yol kaplamaları, barajlar, temeller gibi yerlerde kullanılmasını güçleştirir.

Bilindiği gibi, su donduğunda hacimce genişir. Betonda gözeneklerde ve kılcal boşluklarda bulunan su da donduğunda genişerek bu boşlukların ve gözeneklerin duvarlarına gerilmeler uygular ve mikroçatlaklar oluşmasına neden olur. Hava sürükleyici katkıları kullanıldığında betonda meydana gelen, birbirinden bağımsız hava kabarcıkları bu içsel gerilmelere karşı bir tür yastık vazifesi görür. Su hava kabarcıklarına doğru hareket ederek bunların bir kısmını doldurur ve genişleme sırasında tamamı dolu olmadığından içsel gerilmeler meydana gelmez. Hava sürükleyici katkıları, karışım işlemi sırasında betonda yaklaşık 0.2mm boyutlarında birbirinden bağımsız hava kabarcıkları oluştururlar. Bu hava kabarcıkları priz tamamlandıktan sonra da beton içinde kararlı bir yapıda kalırlar. Betonun donma-çözülme direncini artırmak için hacimce %4-8 hava içermesi önerilir.



Resim 32-33: Donma-Çözülme etkisi sonucu betonun görünümü

Yangın



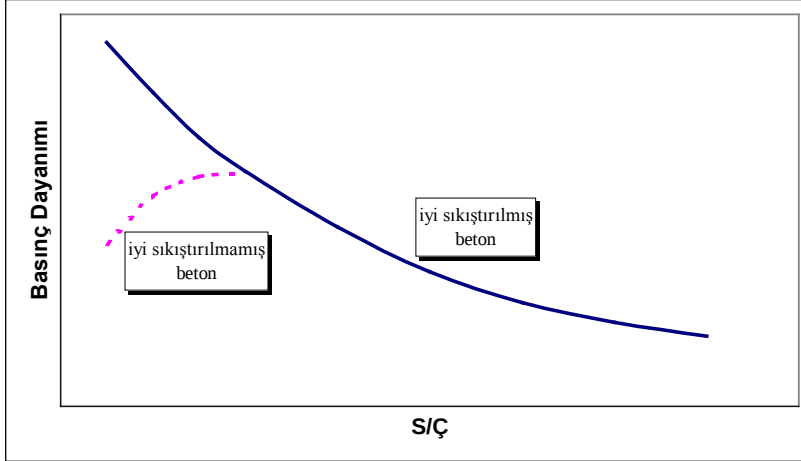
Resim 34-35: Yangın dayanım testi sonucu betonun görünümü

Beton içerisinde bulunan hidrate çimento tanecikleri ısı etkisiyle dehidrate olur ve beton dayanımı düşer. Agregalarda ısı etkisiyle deforme olurlar, ancak çimento tanecikleri kadar hassas değildirler. Portland çimentosunun dayanabildiği sıcaklık 200-300oC arasındır. Geçirimi çok düşük olan betonlarda ısı etkisiyle genişleyen ve buharlaşmak isteyen su molekülleri yeterli alan bulamadıkları için yüksek sıcaklıkta ani genişleme sonucu betonun içten patlamasına neden olurlar. Özellikle tünel yangınlarından bu durum gözlemlenmektedir. Bu nedenle düşük geçirimli betonlarda polietilen elyaf gibi betonun geçirimini düşüren ve daha düşük ısılarda eriyip beton içind kanallar açabilen malzemeler kullanılmalıdır.

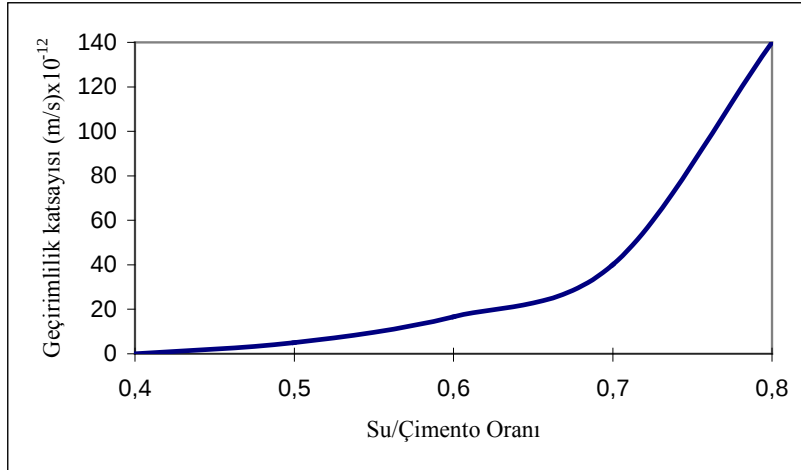
EKLER

EK 1) Su/Çimento Oranın Beton Dayanımına ve Geçirgenliğine Etkisi

Tablo 1: S/Ç oranının iyi sıkıştırılmış ve sıkıştırılmamış betonun dayanımına etkisi

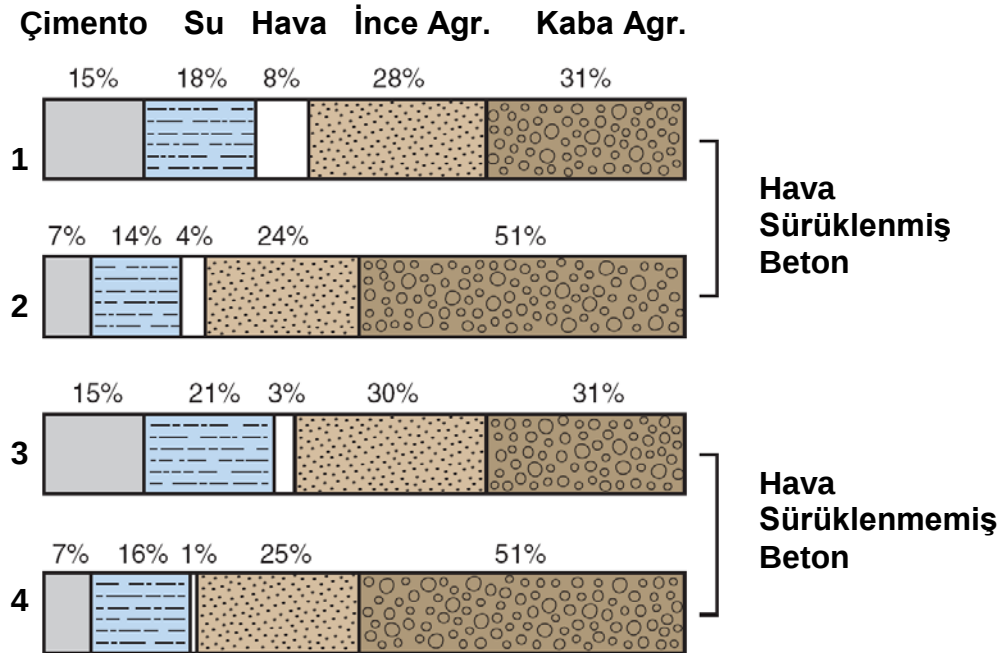


Tablo 2: S/Ç oranının beton geçirgenliğine etkisi



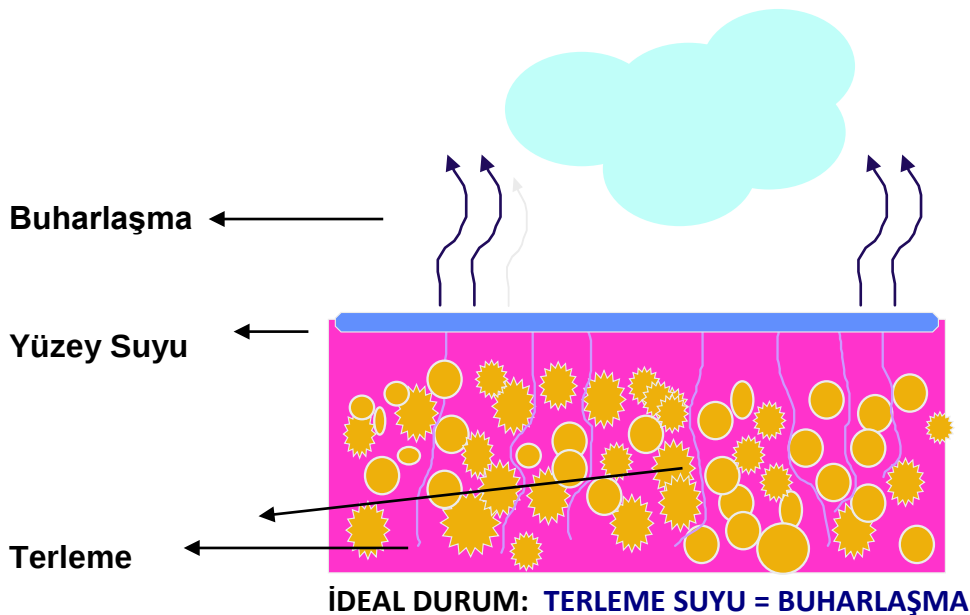
EK 2.1.Betonda Hava İçeriği

Hava sürüklenmemiş betonda hava muhtevası genel olarak %0.5-3 arasındadır. Hava sürükleyici katkı kullanıldığı takdirde bu değer %4-8 mertebesine çıkmaktadır.



EK 2.2.Taze Betonda Terleme (bleeding)

Terleme hızı ve süresi sıkıştırma yöntemi, betonun derinliği ve beton dizaynına bağlıdır. Betonda genelde su/çimento oranı etken iken agregalar , kimyasal katkılar , çimento ve sürüklenmiş hava miktarı terlemeyi etkiler. Artan vibrasyon ile terleme hızı artar. Derin elemanlarda terleme daha fazladır. Terleme miktarı az olan betonlarda erken yüzey kuruması görülür.



Terlemeyi Azaltacak Faktörler:

- 1) Kullanılan çimentonun inceliğinin yüksek olması
- 2) Çimento içindeki C₃S ve C₃A gibi hızlı hidratason yapan anabileşenlerin fazla olması
- 3) İnce öğütülmüş mineral katkıların kullanılması
- 4) Düşük su/çimento oranı
- 5) Hava sürükleyici katkı kullanılması
- 6) Tabak derinliğinin az olması

EK 2.3.Buharlaşma hızını artıran 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 %5'e indiğinde buharlaşma beş kat artar.

Rüzgarın Hızı: Rüzgar arttıkça buharlaşma hızı artar. Rüzgarın hızı sıfırdan saatte 20 km 'ye çıktığında buharlaşma 4 kat artar.

Güneş Işınları: Beton yüzeyi güneş ışınlarına açıksa betonun yüzey sıcaklığı artar ve buharlaşma hızlanır.

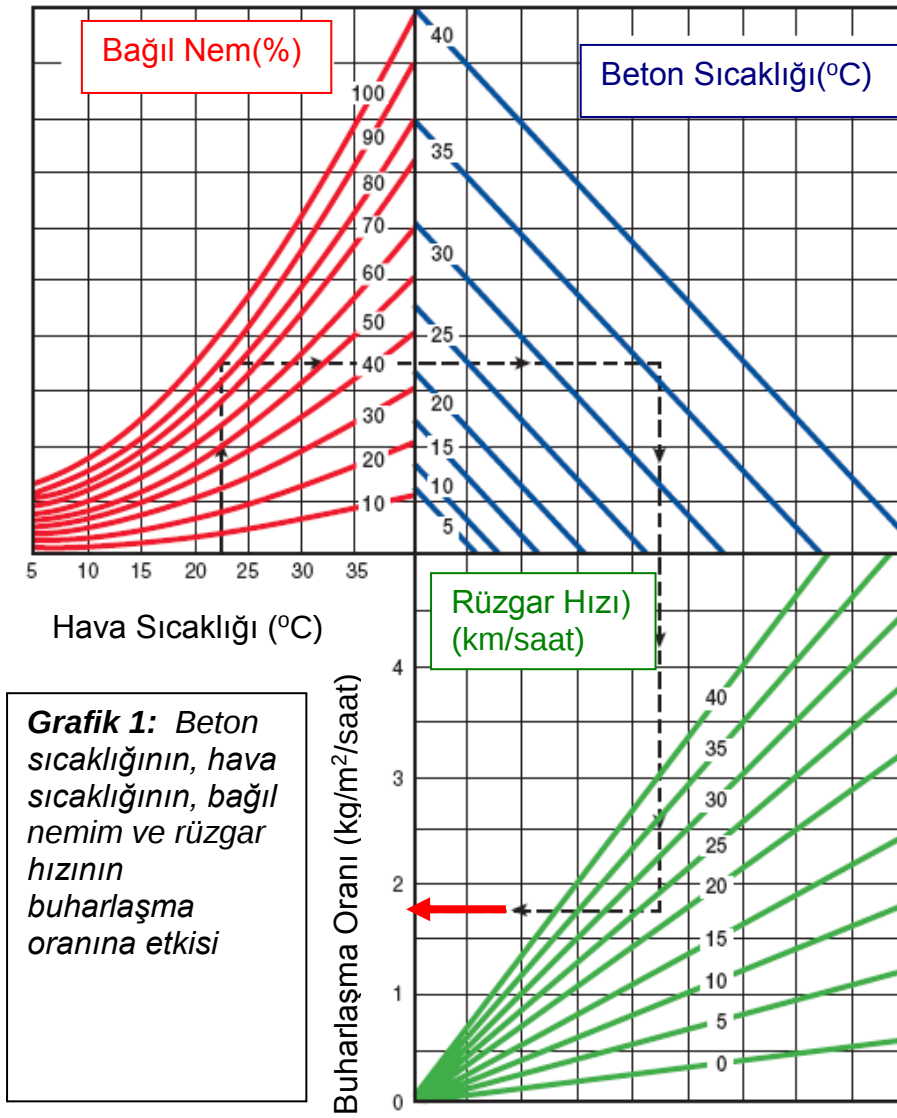
Betonun su kuma hızını etkileyen iki temel faktör, Betonun Doluluğu ve Agreganın Granülometrisi'dir. Agreganın granülometrisi ne kadar az boşluklu ise betonun mukavemeti o kadar yüksek olur, ama boşluk olmadığından kuma suyunun yukarı çıkması zorlaşır, gecikir; su kuma hızı azalır. Buharlaşma suyunun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

Plastik rötreyi ve buna bağlı çatlakları azaltmak için alınacak önlemler şunlardır:

- Beton döküleceği kalıbı ve donatı demirlerini nemlendirerek, kalıp elemanlarının, betonun suyunu emerek kurumasını hızlandırmalarına engel olun.
- Betonu güneşten (gölge 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, masterlayın ve hemen küre başlayın, en az 3 gün boyunca kürü sürdürün.

Plastik rötreye çatlakları yarım saat - kırk beş dakika içinde, yani daha betonlama işi tamamlanmadan çok önce başlayabilir. O nedenle betonlama işi devam ederken bitirilen bölümlerde koruma önlemlerinin alınması gerekebilir. Masterlanılan 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 çatlar. Bu çatlakları azaltarak asgariye indirmek sizin elinizdedir.



Örnek: Hava sıcaklığı 23 °C, bağıl nem % 90, beton sıcaklığı 36 °C ve rüzgar hızı 28 km/saat iken bir saatte 1 m²'deki buharlaşma miktarı 1.8 kg'dır.

Buharlaşan su oranı aşağıdaki formül ile de hesaplanabilir:

$$E = 5[(T_c + 18)^{2.5} - r(T_h + 18)^{2.5}] \times (V + 4) \times 10^{-6}$$

E = 1 m²'den bir saatte buharlaşan su miktarı oranı

r = % bağıl nem

T_h = Hava sıcaklığı derece

T_c = Beton sıcaklığı, °C

V = Rüzgar hızı, km/saat

EK 2.4.Taze Beton Yüzeyinin Düzeltilmesi

İlk düzeltme işlemine beton kalıba dökülüp, sıkıştırıldıktan hemen sonra başlanır. Uygun yüzdürme ve malalama işlemleri ile ilk düzeltmenin hemen ardında son düzeltme işlemi yapılır. Son düzeltmeye başlamak için taze betondaki terlemenin büyük ölçüde bitmesi ve beton yüzeyinde serbest su kalmaması(beton yüzeyi parlamamalı) gerekir. Beton yüzeyinin sertliğinin bir insan yükünü taşıyabilecek (en fazla 5 mm iz) kadar olmalıdır. Yüzeyde bulunan su üzerine kuru çimento serpiştirilme ile yüzey kurutulması yapılmamalıdır, çünkü yüzeyde çatlak oluşuma neden olunacaktır.



Resim 36-37: Beton yüzeyinde düzleme ve bitirme işlemleri

EK 2.5. Alkali-Agrega(Silika) Reaksiyonu



Resim 38-39: Alkali-silika reaksiyonu sonucu betonun görünümü

Amorf silisli yapıya sahip opal, çakmak taşı gibi agregalarla çimento alkali oksitler (Na_2O ve K_2O) reaksiyona girerek alkali-silika jeli adı verilen bir ürün meydana getirirler. Alkali-silika jeli

çok yüksek su emme kapasitesine sahiptir. Gerek beton içinden gerekse atmosferden emdiği rutubetle sürekli genişir. Amorf silisli agregalarla alkali oksitlerin reaksiyonu çok yavaş gelişir. Çoğu zaman, uzun yıllar boyunca reaksiyon sonucunda genişmeler içsel gerilmelere ve betonda çatlamlara yol açar. Alkali-silika reaksiyonunun olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak için betonda ya söz konusu zararlı agregaları kullanmamak veya alkali miktarı düşük çimento kullanmak gerekir. Ayrıca, puzolan içeren çimentolar da bu etkiyi azaltmakta yararlı olur.

KAYNAKLAR

1. Troubleshooting Concrete Problems, ACI(American Concrete Institute) Seminar Course Manual/SCM-17(87)
2. <http://www.reuse.org/solutions/waterproofing.htm>
3. <http://www.glaciernw.com>
4. <http://www.vseal.com/surfacedefects/surfacedefects.php>
5. http://www.oneidagroup.com/concrete_problems.htm
6. Concrete in Practice(Concrete in Practice 2-3-4-13-18-20-23), NRMCA
7. Guide for Concrete Floor and Slab Construction, ACI 302.1R
8. Guide for Conducting a Visual Inspection of Concrete in Service- ACI 201.1R-08
9. Concrete Troubleshooting – Diagnosing What Went Wrong and Why, Michelle L.Wilson-Portland Cement Association
10. Concrete Construction Troubleshooting Tips, Ready Mixed Concrete Association of Ontario
11. Concrete Slab Surface Defects: Causes, Prevention, Repair , Portland Cement Association
12. Her Yönüyle Beton, THBB Yayını
13. Beton Yapı Hasarları Onarım ve Korunması ve Sıcak İklimlerde Beton; Necat Cilason, Necdet Aksoy,İstanbul 2000
14. Sorular ve Yanıtlarıyla Beton, S.T.Erdoğan,T.Erdoğan,THBB Yayını
15. Her Yönüyle Beton

Resimler Portland Cemen Association (PCA-www.cement.org) izni ile kullanılmıştır. (photo courtesy of PCA)