

SICAK HAVADA BETON ÜRETİMİ VE UYGULAMADA DİKKAT EDİLECEK HUSUSLAR





SICAK HAVANIN TARİFİ

Sıcak hava, TS 1248 (Anormal Hava Koşullarında Beton Yapım, Döküm ve Bakım Kuralları) standardına göre ard arda 3 günlük hava sıcaklığı ortalamasının $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'nin üzerinde olması durumu olarak ifade edilir.

Sıcak hava koşullarını sadece hava sıcaklığı olarak değilde, aşağıdaki koşulların bir kombinasyonu olarak değerlendirmek gerekir:

- Ortam sıcaklığı
- Beton sıcaklığı
- Nem
- Rüzgar hızı
- Güneş radyasyonu

SICAKLIK, NEM ve RÜZGAR

Yüksek hava sıcaklığı ile birlikte nemsiz ve rüzgarlı hava beton dökümü için en elverişsiz ortamdır.

EN DÜŞÜK, EN YÜKSEK VE İDEAL BETON SICAKLIKLARI

EN DÜŞÜK BETON SICAKLIĞI
5°C

EN YÜKSEK BETON SICAKLIĞI
35°C

İDEAL BETON SICAKLIĞI
15-20°C

TS 13515

2012 yılında yayınlanan TS 13515 standardına göre:

- Olumsuz etkilerinin önlenmesi için herhangi bir tedbir alınmayan durumlarda, kütle betonu haricinde taze betonun sıcaklığı **35°C**'yi aşmamalıdır.
- Hava sıcaklığının + 5°C ile - 3°C arasında olduğu durumlarda, kalıba yerleştirilen betonun sıcaklığı **5°C**'den daha az olmamalıdır.
- Betonun çimento dozajı **240 kg/m³**'den daha düşükse veya düşük hidratasyon ısı çimento kullanıldığı durumlarda beton yerleştirme sıcaklığı **10°C**'nin altına düşmemelidir.
- Hava sıcaklığının - 3°C'nin altında olduğu durumlarda beton sıcaklığı **10°C**'den daha az olmamalıdır.

TS 13515

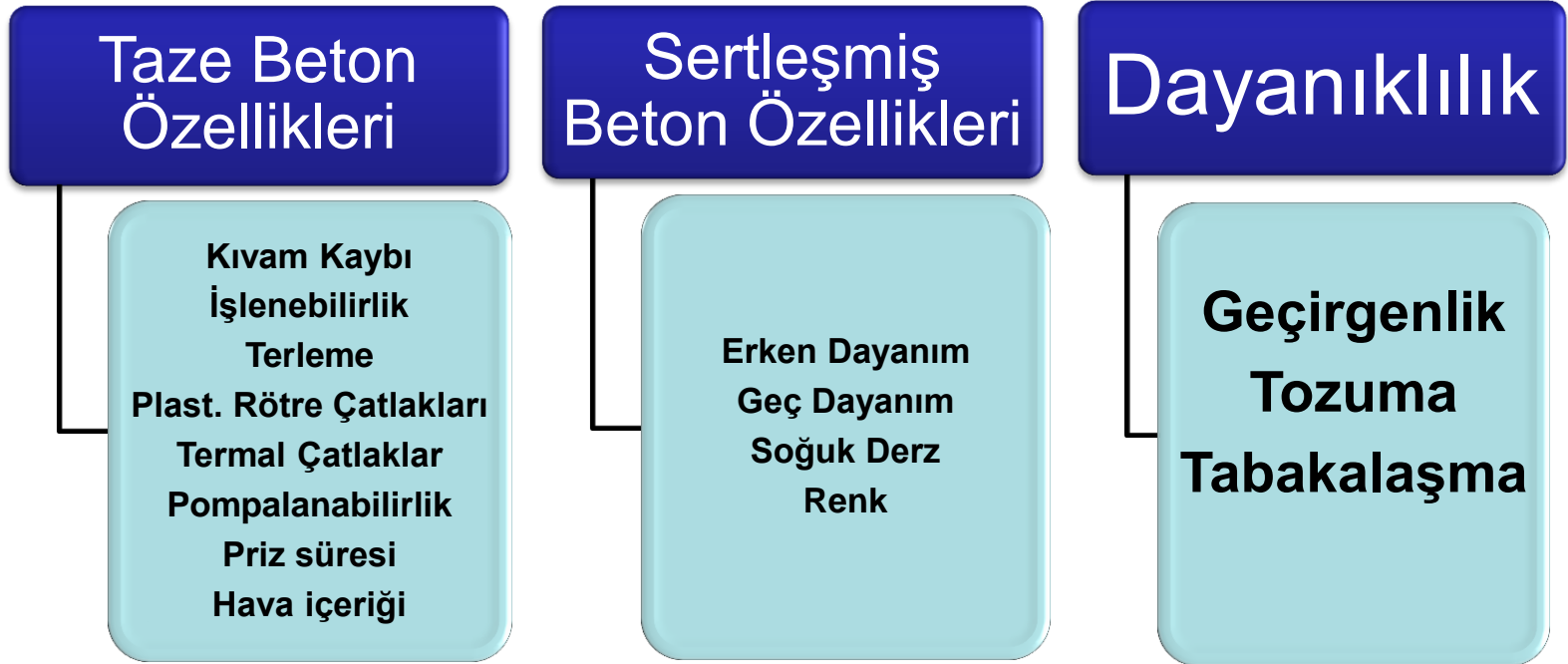
En küçük kesit kalınlığı 90 cm'nin üzerinde olan yekpare yapılar için derzsiz kütle betonunda ve döküm işlemlerinde aşağıdaki önlemler alınmalıdır;

- Kalıba yerleştirilen taze betonun sıcaklığı hiçbir durumda 20°C'nin üzerinde olmamalı,
- Beton tasarımında, kullanılacak çimento dozajı gerekli en az miktar olacak şekilde belirlenmeli,
- Betonun ulaştığı en yüksek sıcaklık değeri ile en düşük sıcaklık değeri arasındaki farkın hiçbir durumda 20°C'yi aşmaması için gerekli tedbirler alınmalı,
- Betonda kullanılacak agreganın sıcaklığının yükselmemesi amacıyla agrega, güneş ışığının doğrudan etkisinden korunmalı ve gerektiğinde soğutulmalı,
- Beton karışım suyu buz ile kısmen ikame edilmelidir.

SICAK HAVANIN BETONA ETKİLERİ

ETKİ	SONUÇ
Hızlı Hidratasyon	a) İşlenebilirlikte azalma b) Geç dayanımda düşüş
İşlenebilirlikte azalma	a) Şantiyede su ekleme b) Yetersiz sıkıştırma
Taze betonda buharlaşma	Yetersiz dayanım(özellikle yüzeyde)

SICAK HAVANIN BETONA ETKİLERİ



TAZE BETONDA YAŞANACAK SORUNLAR

Suyun buharlaşmasını yüksek sıcaklık, rüzgar ve bağıl nem etkiler.

Hava sıcaklığı arttıkça;

- Beton sıcaklığı artar.
- Su ihtiyacı artar.
- Kıvam kaybı artar.
- Priz alma süresi azalır.
- Isıl çatlak oluşumu riski artar.
- Beton yüzeyinde daha fazla plastik rötre çatlakları oluşur.
- Soğuk derz oluşumu riski artar.
- Hava içeriği kontrolü zorlaşır.

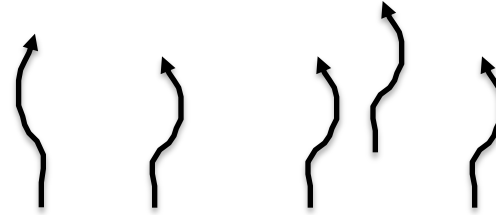
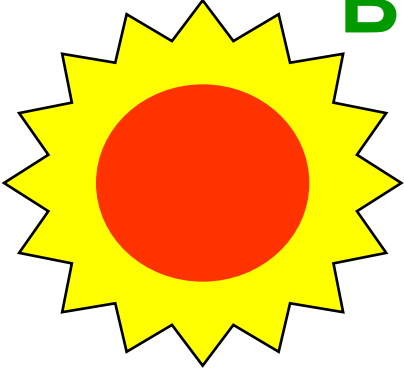
BETONDA TERLEME

Terleme hızı ve süresi sıkıştırma yöntemi, betonun kesitinin ebatı ve beton dizaynına bağlıdır. Terlemede su/çimento oranı en etken özelliktir. Bununla birlikte agregalar , kimyasal katkılar , çimento ve sürüklenmiş hava miktarı terlemeyi etkiler. Aşırı vibrasyon işlemi ile terleme hızı artar. Kalın kesitli elemanlarda terleme daha fazladır. Terleme miktarı az olan betonlarda erken yüzey kuruması görülür.

BETONDA TERLEME

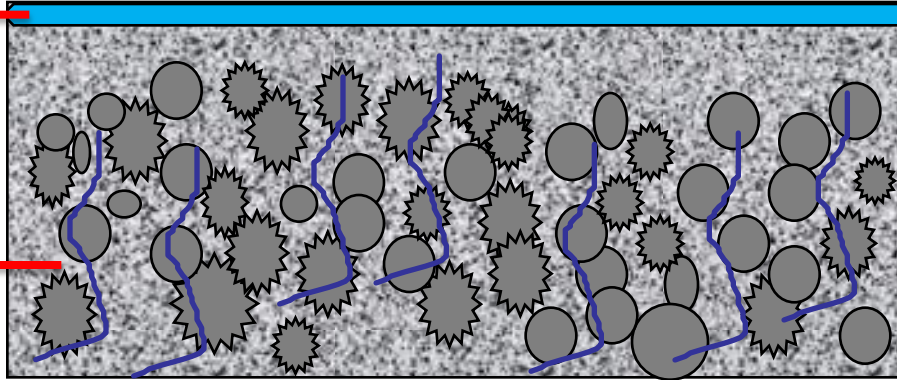
- Yüksek dayanımlı betonlarda ince malzeme içeriği fazla olduğundan terleme az olur.
- Kuru zemine ya da kalıba yerleştirilen betonda terleme az olur.
- Çimento hamuru hacmi az olan betonda terleme az olur.

BUHARLAŞMA = TERLEME



Buharlaşma

Yüzey suyu

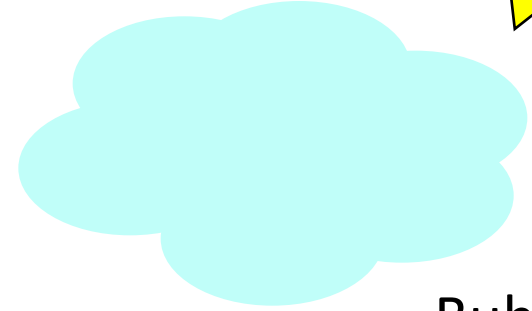
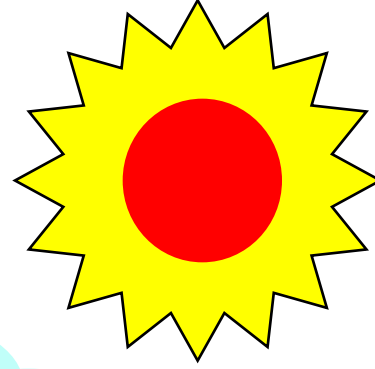


Terleme suyu

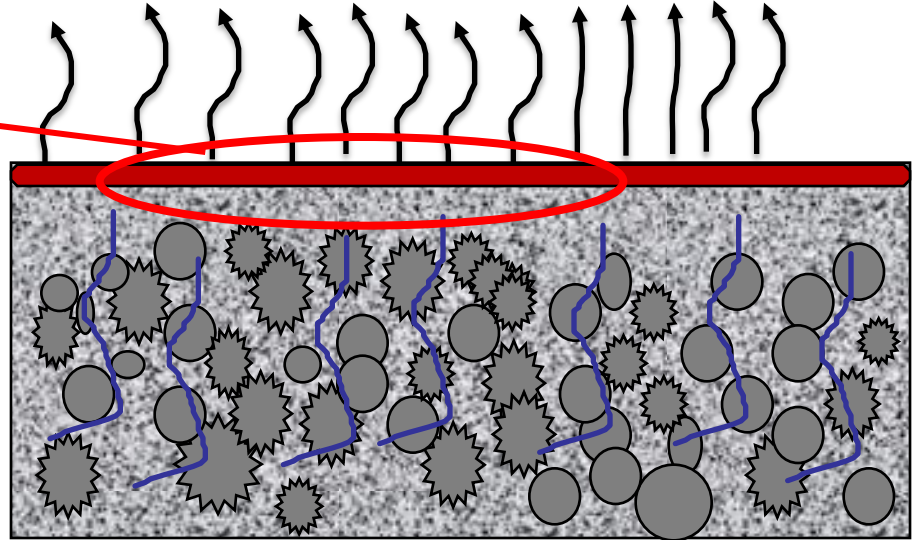


DENGE: Terleme suyu = Buharlaşma

BUHARLAŞMA > TERLEME



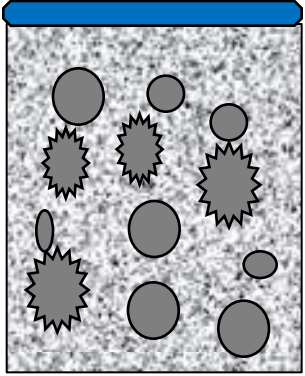
Buharlaşma



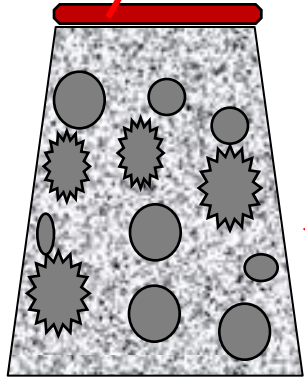
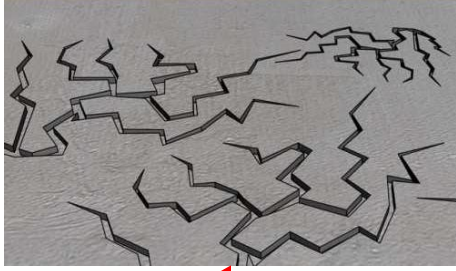
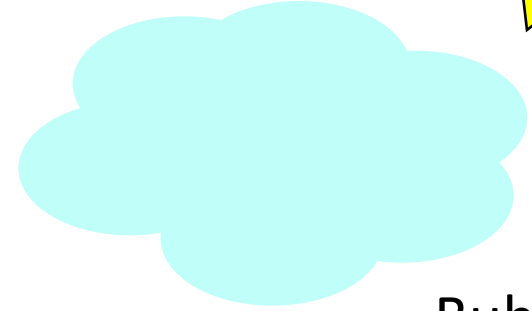
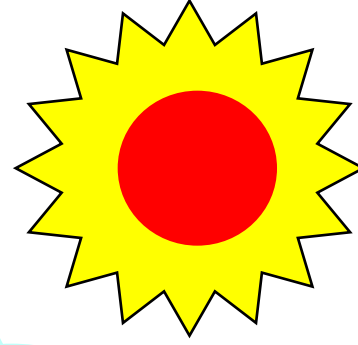
Yüzey suyu yok

Terleme suyu < Buharlaşma

Büzülme oluşur

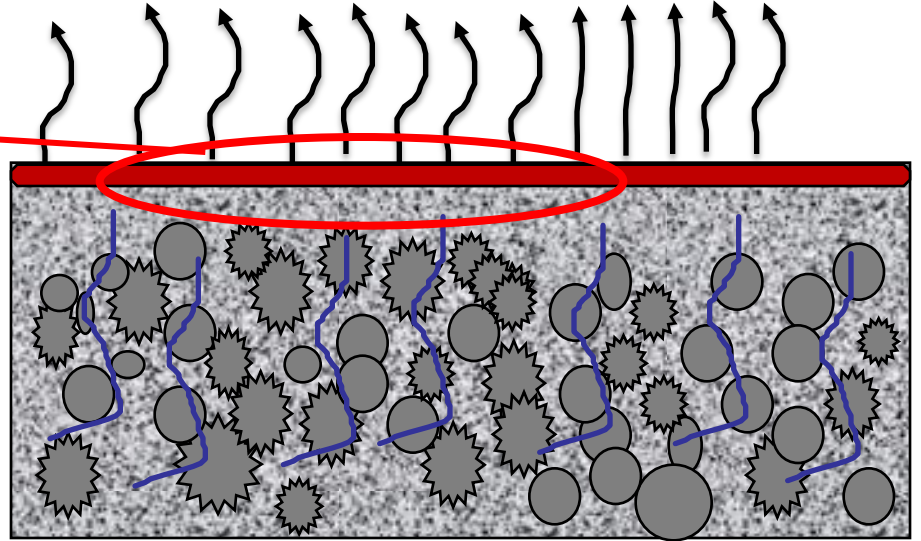


BUHARLAŞMA > TERLEME



Büzülme

Yüzey suyu yok



Buharlaşma

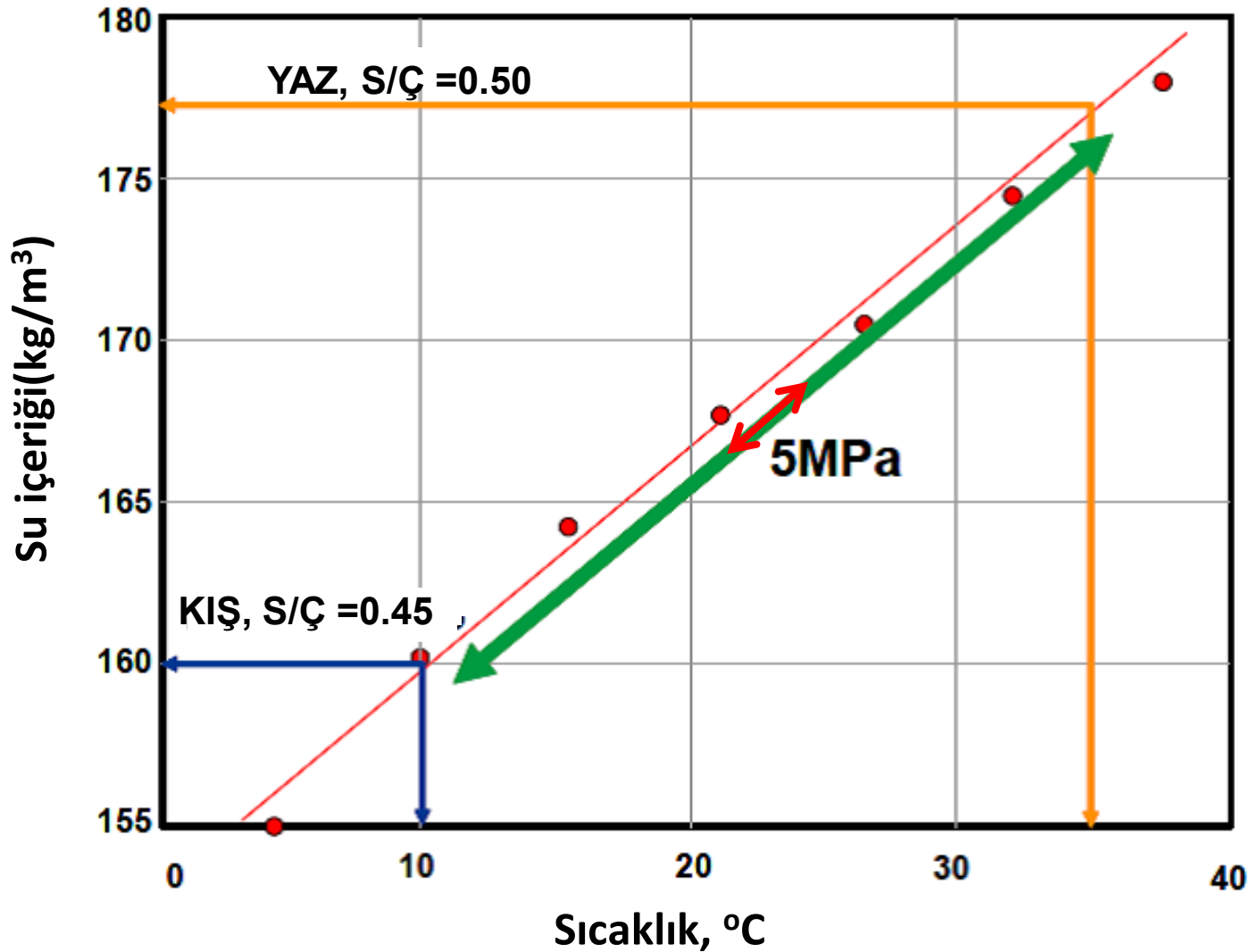
Terleme suyu < Buharlaşma

PLASTİK RÖTRE ÇATLAKLARI

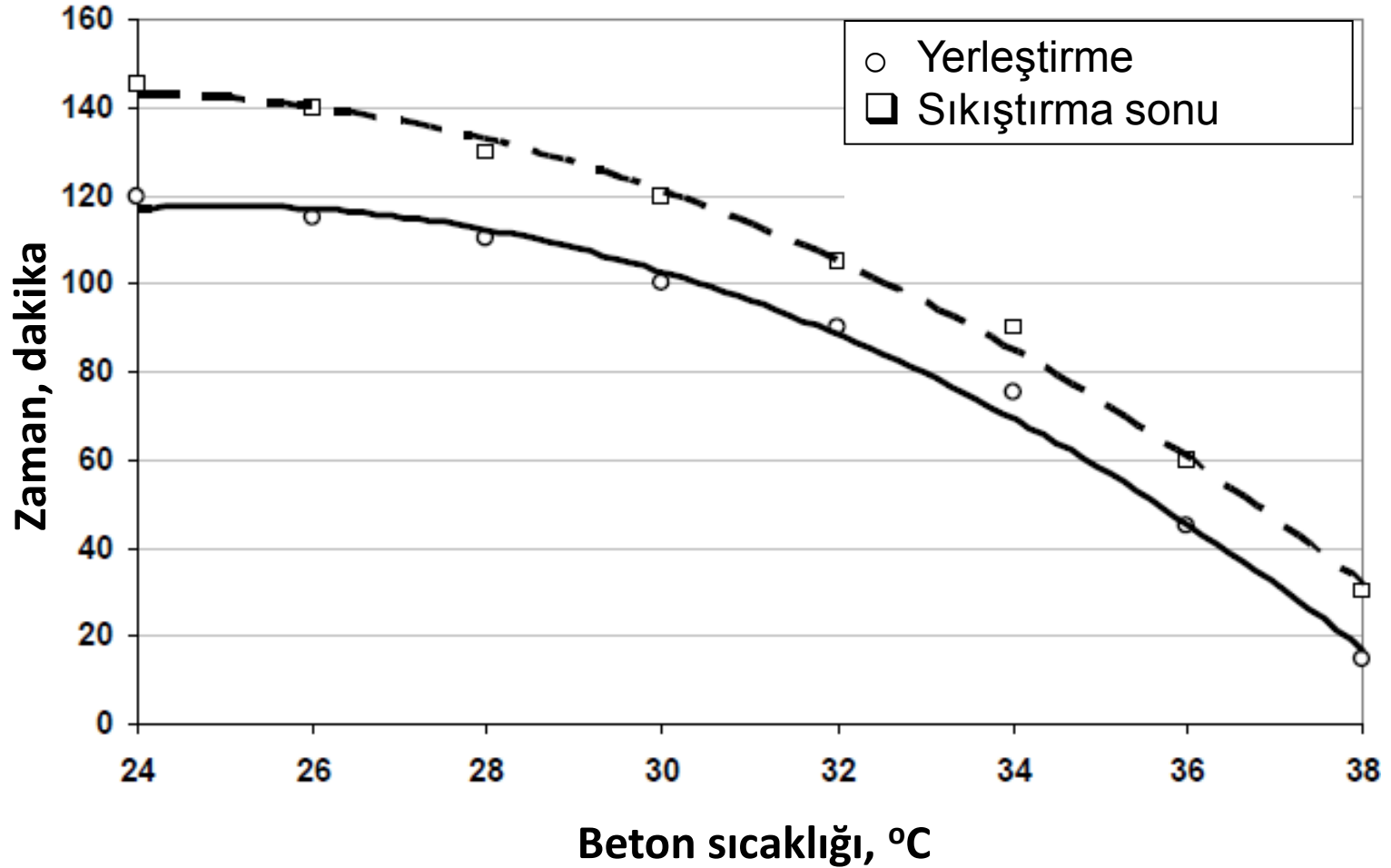
Plastik rötire çatlakları, adından belli olduğu gibi beton plastik haldeyken görülen çatlaklardır. Beton yüzeyinin çok hızlı kuruması sonucu betonda hacimsel bir daralma – büzülme – oluşur. Plastik rötire çatlakları rastgele bir dizilişte olacağı gibi birbirine paralel şekilde de görülebilir. Genelde 25 mm ile 2 m arasında uzunlukta oluşurlar ve en çok 3 mm genişliktedirler. Plastik rötire çatlakları estetik açıdan hoş bir görüntüye neden olmaz. Ayrıca dayanıma direk bir etkisi olmasada zamanla çatlaklardan beton içine sızacak zararlı maddeler betonun dayanımını olumsuz etkiler.



SICAKLIK – SU/ÇİMENTO İLİŞKİSİ

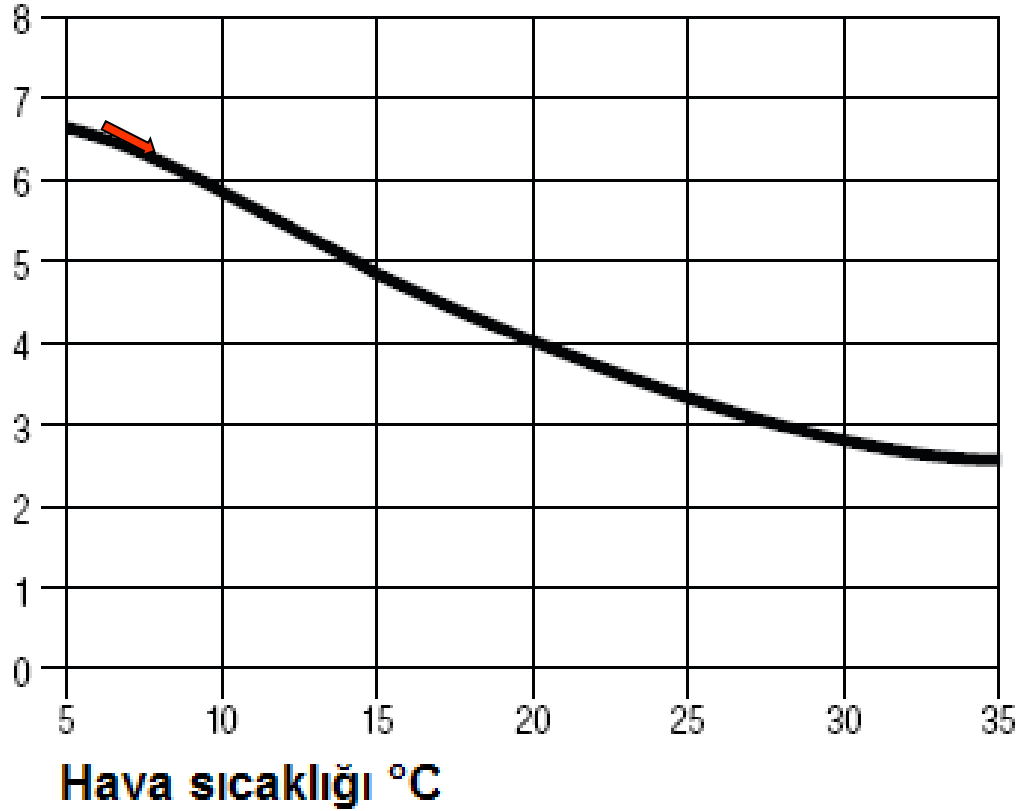


SICAKLIK – TAZE BETON İLİŞKİSİ



HAVA SICAKLIĞI-PRİZ SÜRESİ İLİŞKİSİ

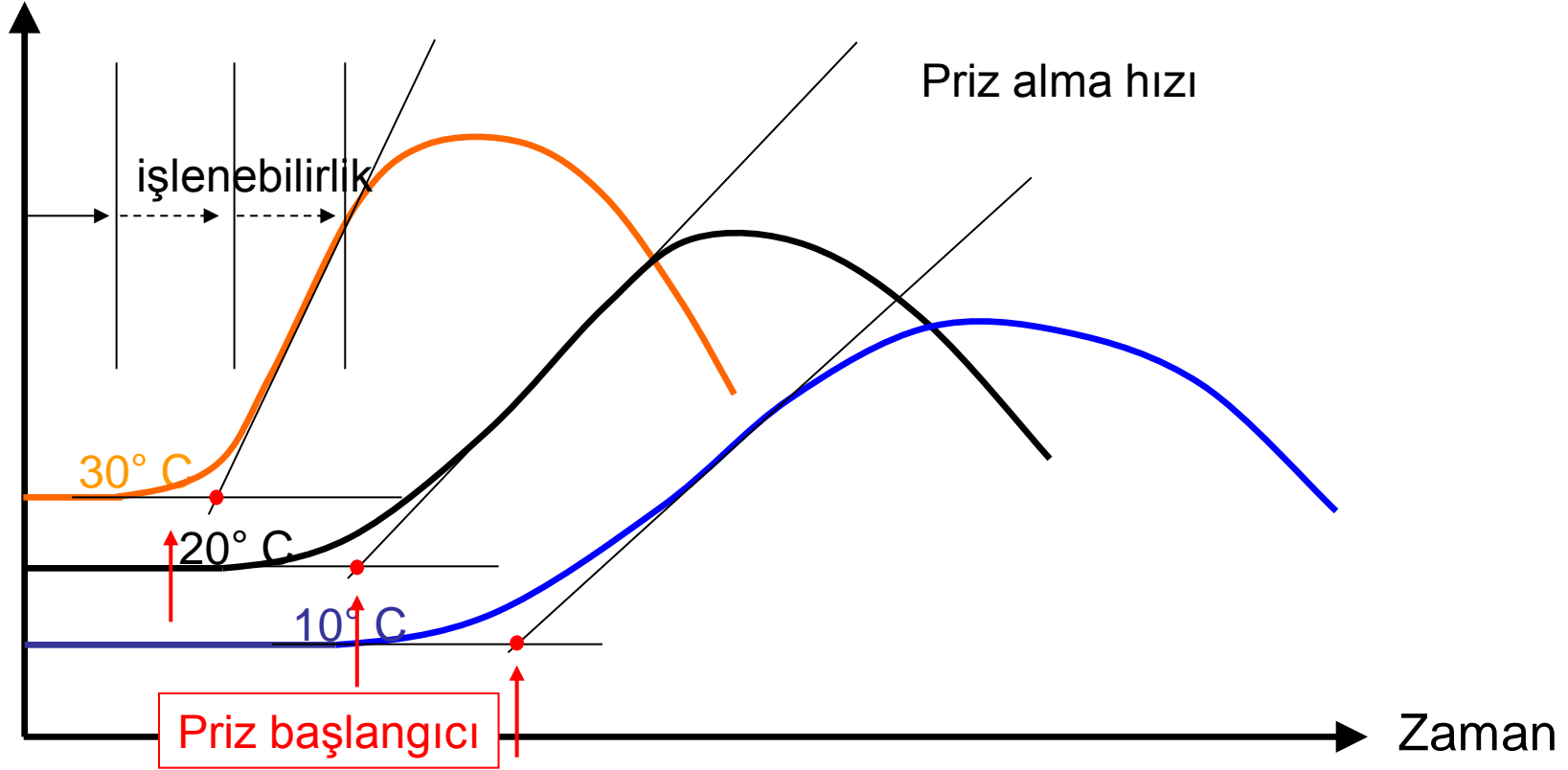
Priz başlangıç zamanı (saat)



5°C ↑ Priz Süresi %25 kısalır.

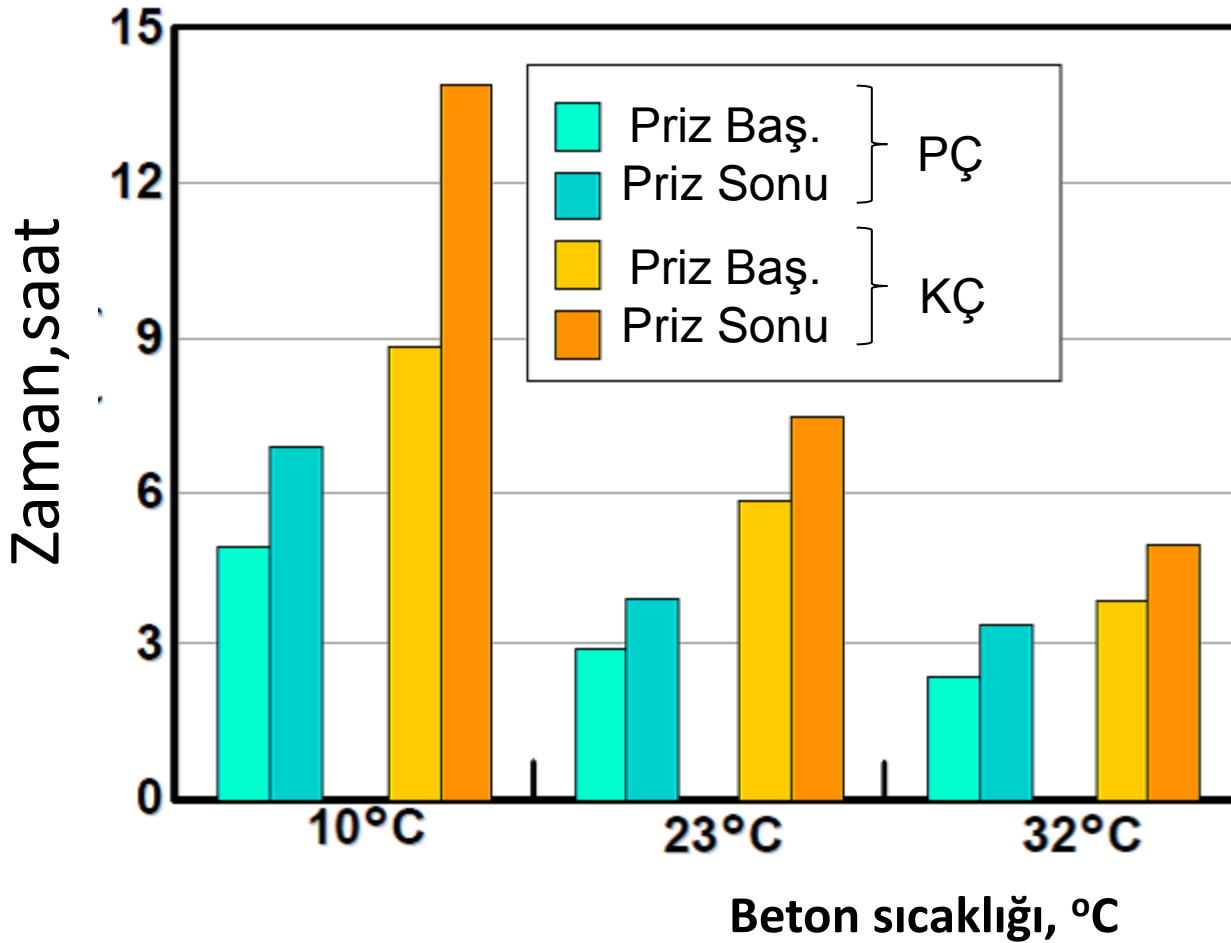
BETON SICAKLIĞI-PRİZ SÜRESİ İLİŞKİSİ

Beton Sıcaklığı



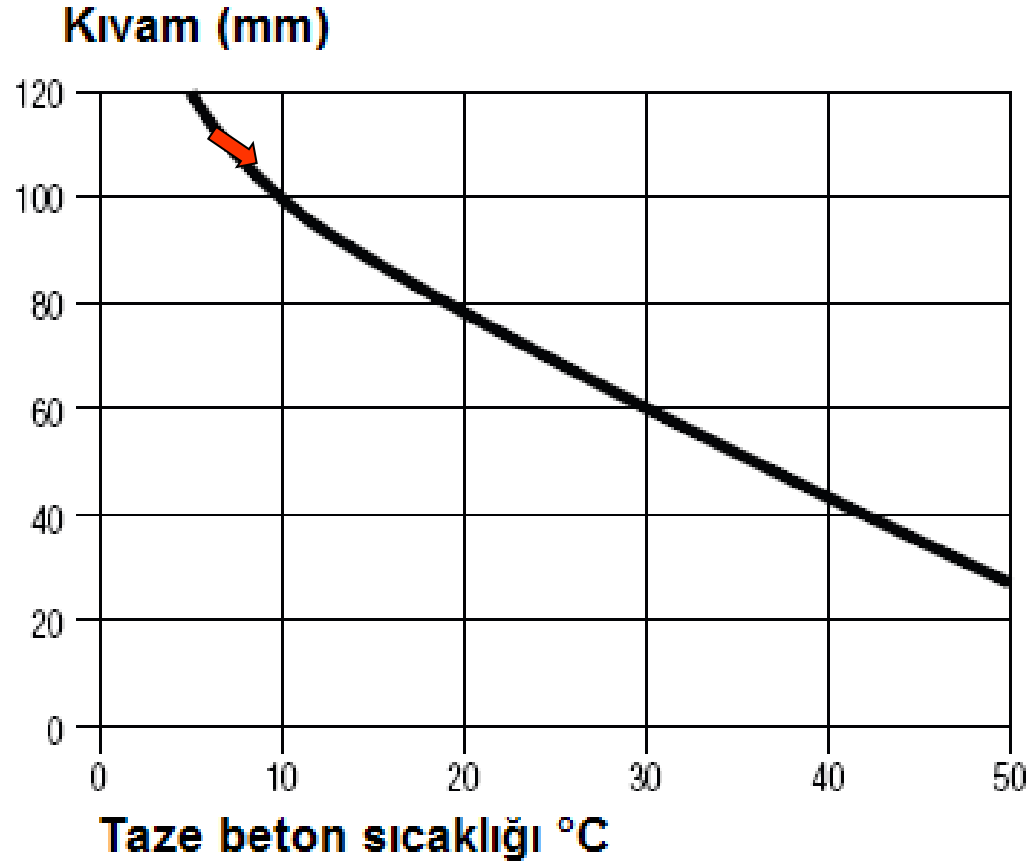
Yüksek sıcaklık → Priz süresinde kısalma → İşlenebilirlikte düşüş

BETON SICAKLIĞI-PRİZ SÜRESİ İLİŞKİSİ

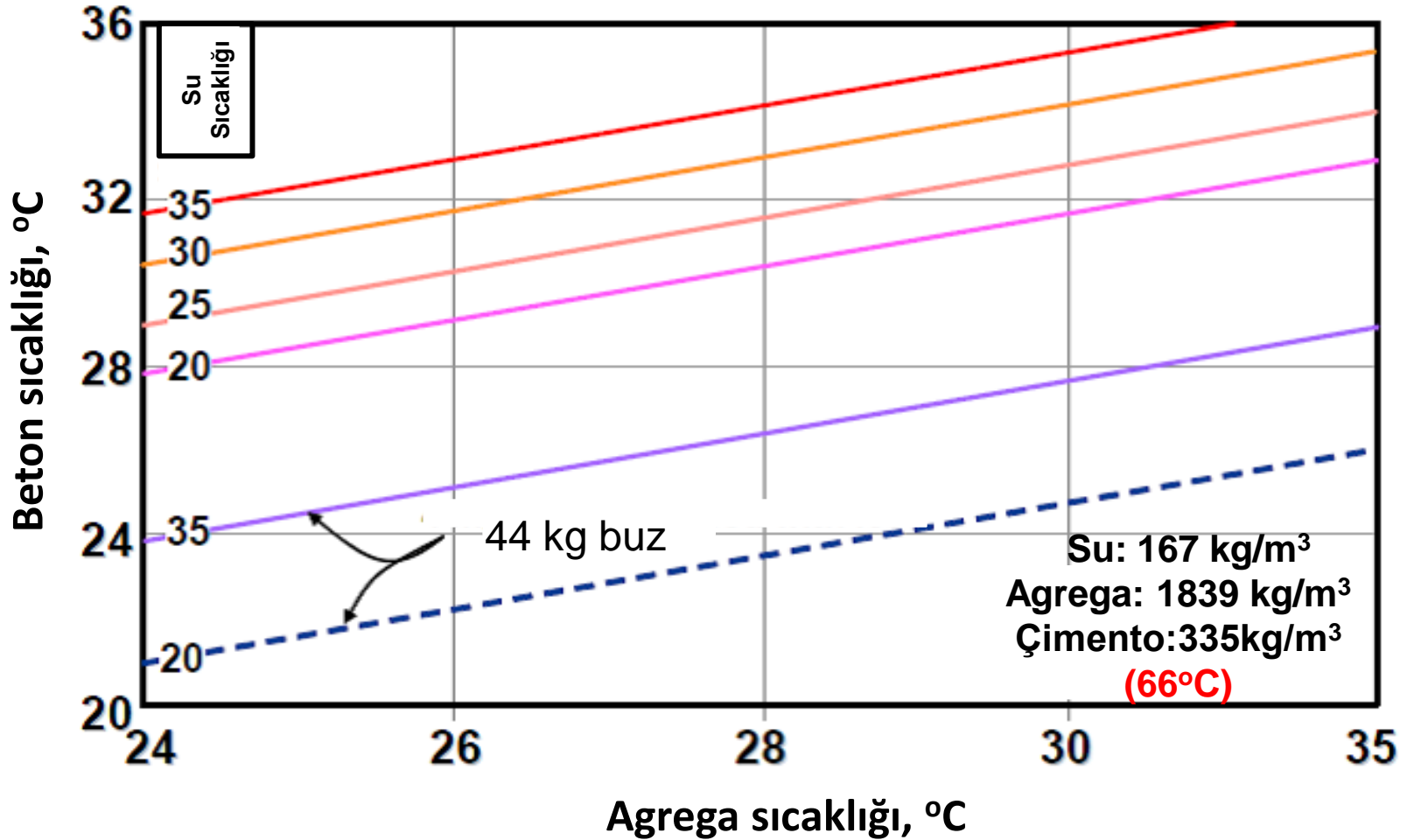


- Priz süresindeki kısalma soğuk derze neden olabilir.
- Yüzeyin hızlı sertleşmesi sonucu terleme yüzeyde tabakalanmaya neden olur.

BETON SICAKLIĞI-KIVAM İLİŞKİSİ



MALZEME SICAKLIĞI – BETON SICAKLIĞI İLİŞKİSİ



KIVAM KAYBININ TELAFİSİ

Şantiyede taze betona, kıvamını artırmak için su eklendiğinde;

- Su/çimento oranı artar.
- Beton dayanımı düşer.
- Geçirgenlik artar.
- Beton yüzey görüntüsü bozulur.
- Dayanıklılık azalır.

YANLIŞ

- Hava sıcaklığı ve taşıma esnasındaki kıvam kaybı hesap edilerek beton üretilmeli.
- Uygun kimyasal katkıları kullanılmalı.

DOĞRU



SERTLEŞMİŞ BETONDA YAŞANACAK SORUNLAR

Suyun buharlaşmasını yüksek sıcaklık, rüzgar ve bağıl nem etkiler.

Hava sıcaklığı arttıkça;

- 28 günlük dayanımlar düşer.
- Kuruma rötresi eğilimi artar.
- Çatlaklardan dolayı dayanıklılık azalır.
- Renk farklılığı ve soğuk derzden dolayı estetik olmayan görüntü oluşur.
- Geçirgenlik artabilir.

SICAKLIK – DAYANIM İLİŞKİSİ

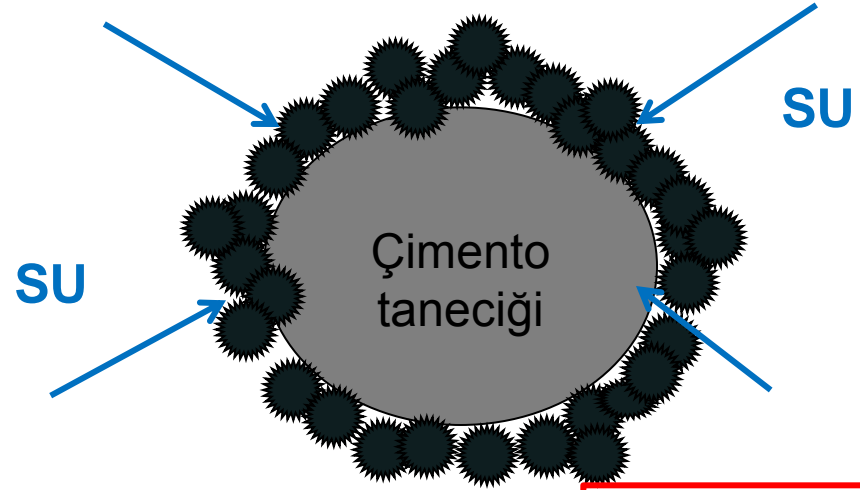
Beton sıcaklığının artması erken dayanımı arttırır. Bunun nedeni hidratasyon reaksiyonunun sıcaklıkla hızlanması ve daha fazla hidratasyon ürünü oluşmasıdır. Betonda erken dayanımı sağlayan C_3S hidratasyonu sıcaklıkla hızlanır ve daha fazla ve daha yoğun C-S-H jeli oluşur. Çimento taneciği etrafında oluşan kalın ve homojen olmayan bu tabaka hidrate olmayan kısma su geçişini engeller. Bu durum da son dayanımlarında istenen düzeyde olmamasına neden olur.

SICAKLIK – DAYANIM İLİŞKİSİ

SICAK HAVA KOŞULLARI

Hızlı Hidratasyon

- Yüksek erken dayanım
- Geç dayanımda düşüş
- Hızlı kıvam kaybı
- Yüksek hidratasyon ısısı

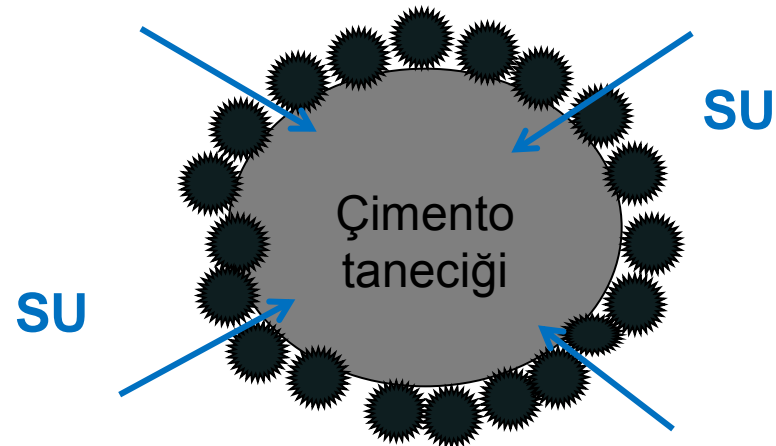


● C-S-H jelleri

NORMAL HAVA KOŞULLARI

Normal Hidratasyon

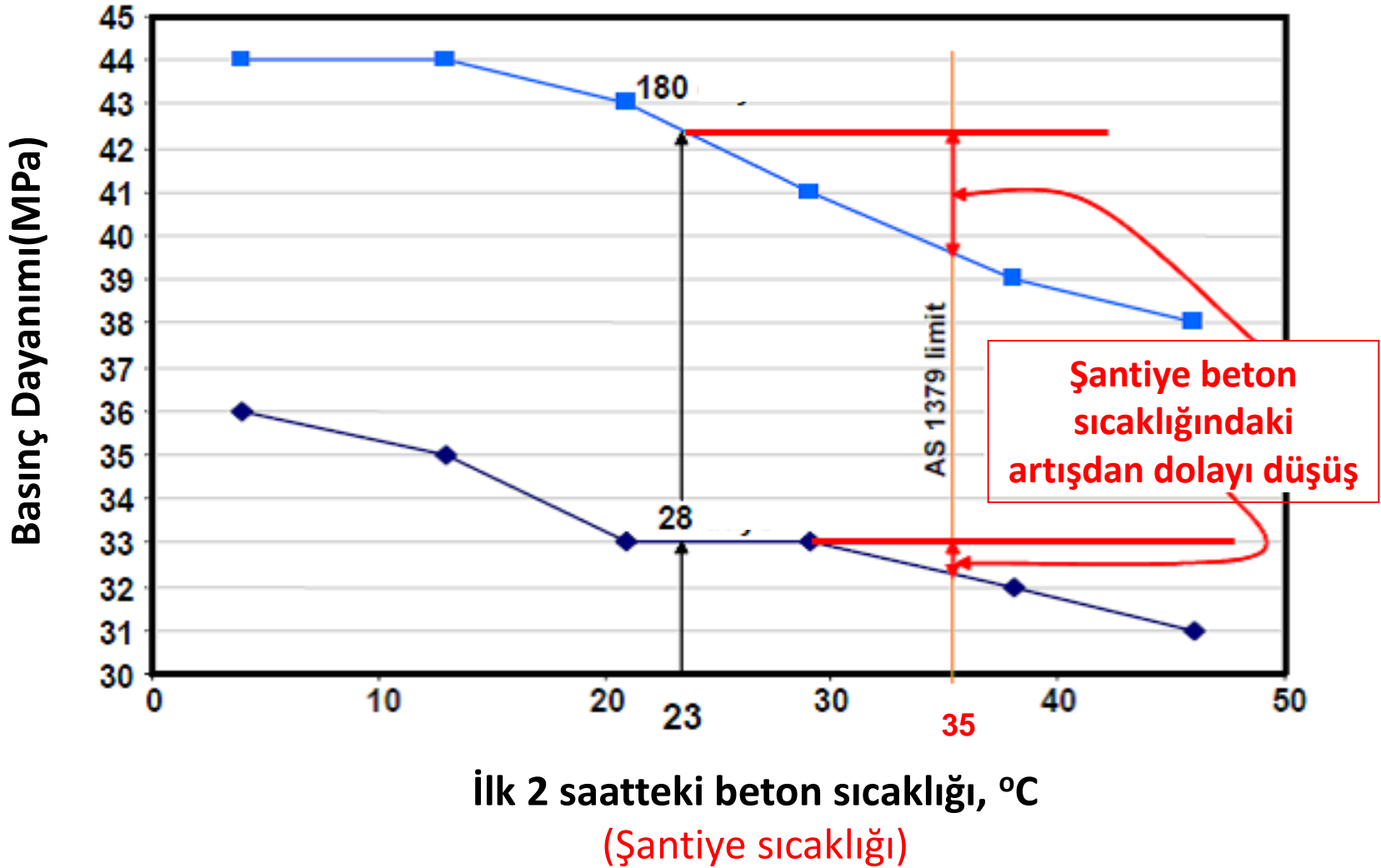
- Normal erken dayanım
- Dayanım kazanımının uzun süre devam etmesi
- Normal hidratasyon ısısı



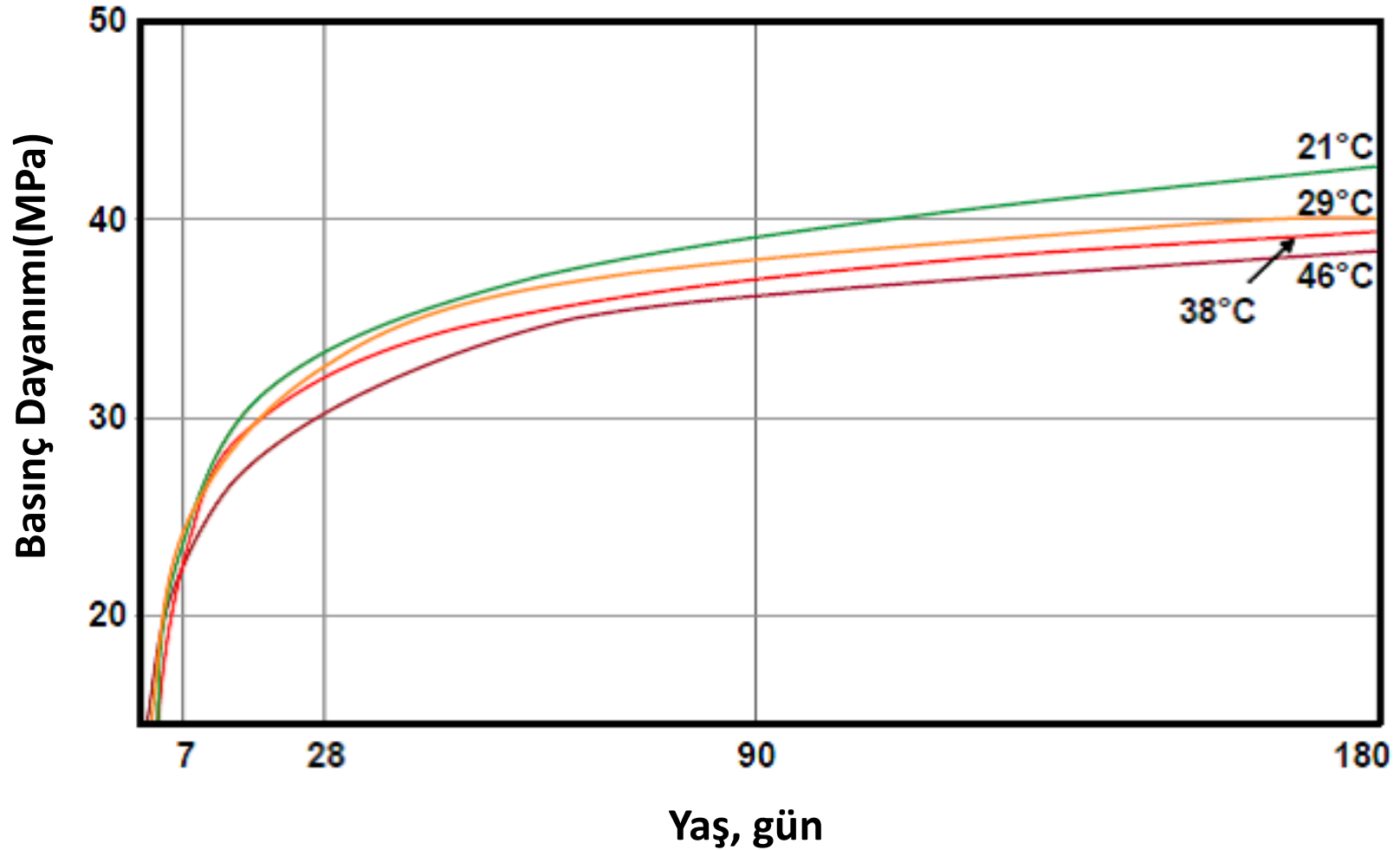
SICAKLIK – DAYANIM İLİŞKİSİ

Beton sıcaklığının artması erken dayanımın aksine geç dayanımı bir miktar düşürür. Bunun nedeni ise erken yaşta sıcaklık nedeniyle oluşan ürünlerin çimento taneciklerinin etrafında çok yoğun ve geçirimi düşük bir tabaka oluşturmasıdır. Oluşan ürünler uniform bir dağılım taşımaz. Bu nedenle çimento tanecikleri tam olarak hidratasyona uğramamış olur. Mikroyapı da ise geçirimsizlik artar.

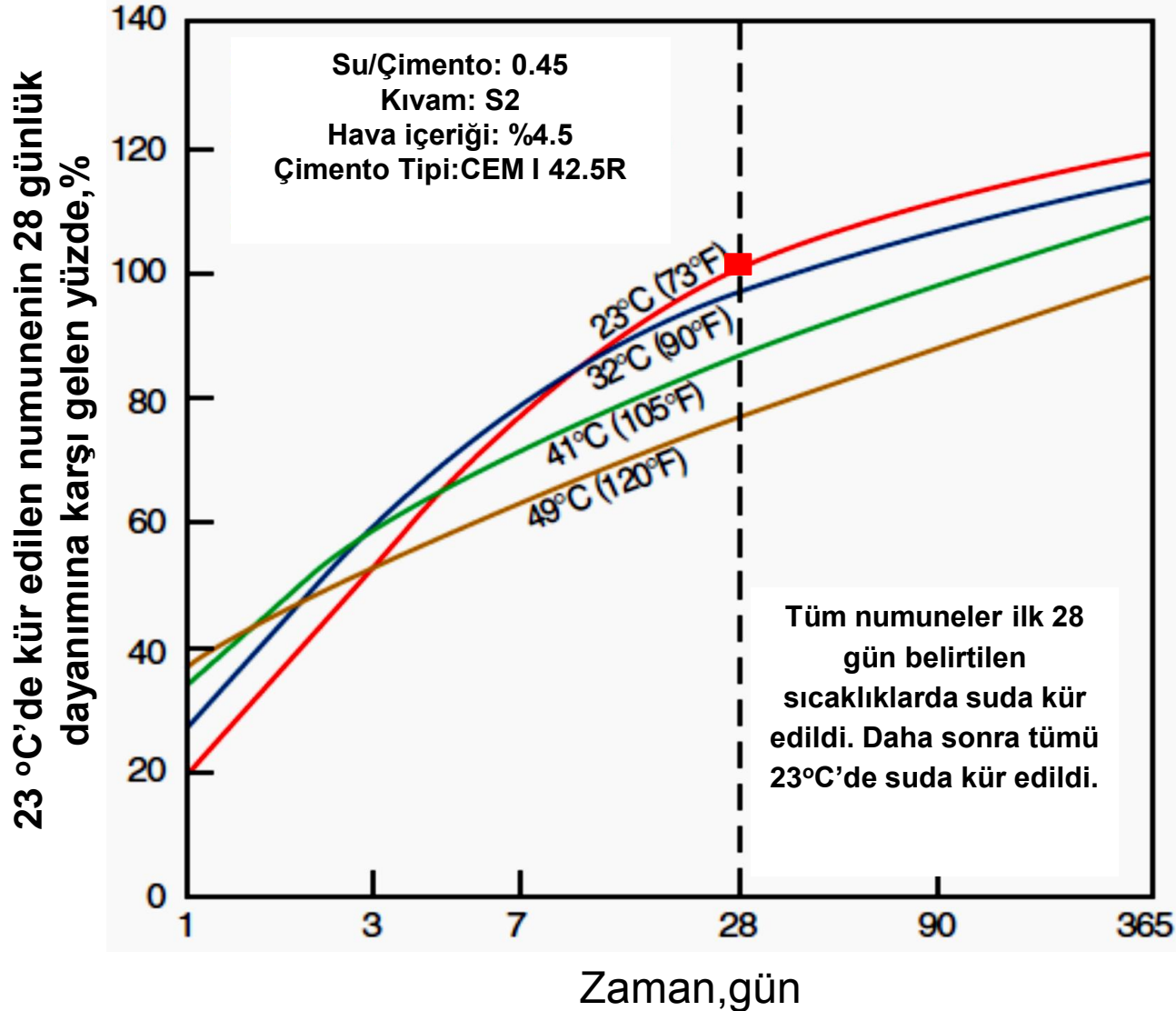
SICAKLIK – BASINÇ DAYANIMI İLİŞKİSİ



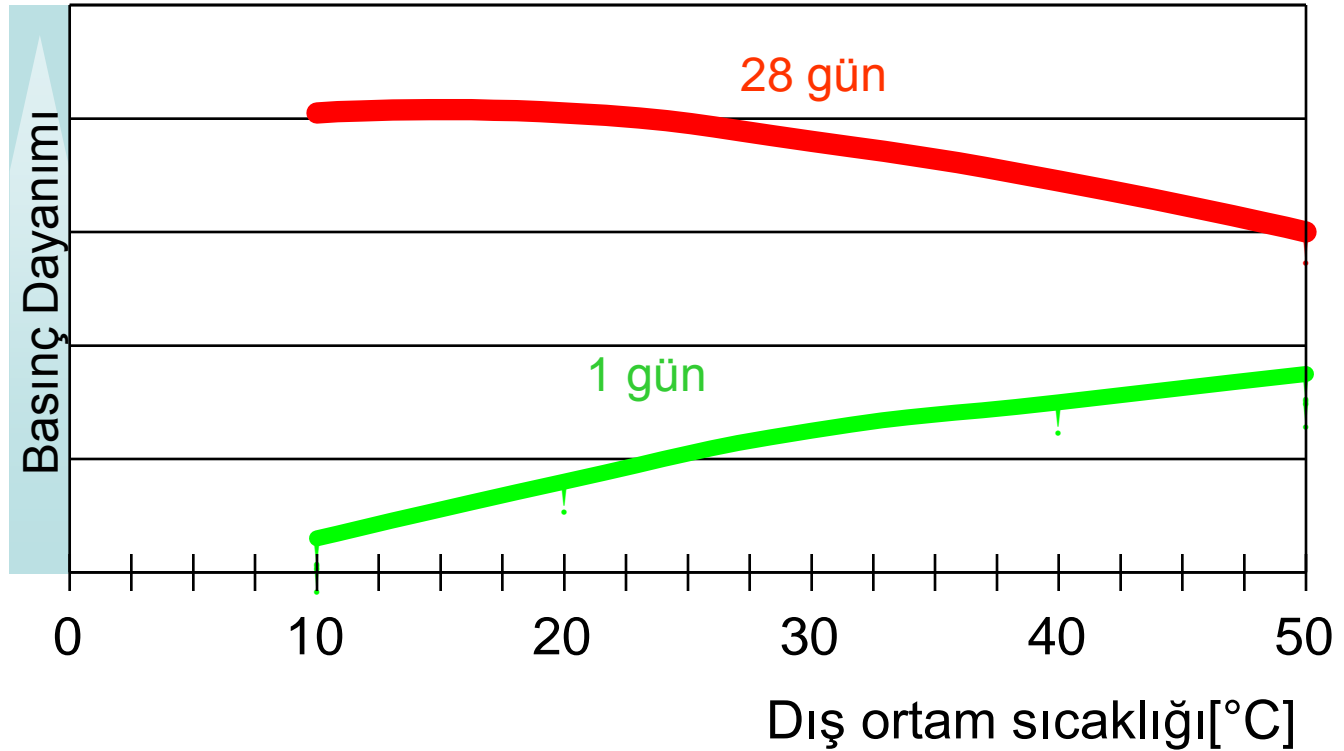
SICAKLIK - YAŞ - DAYANIM İLİŞKİSİ



SICAKLIK – DAYANIM İLİŞKİSİ

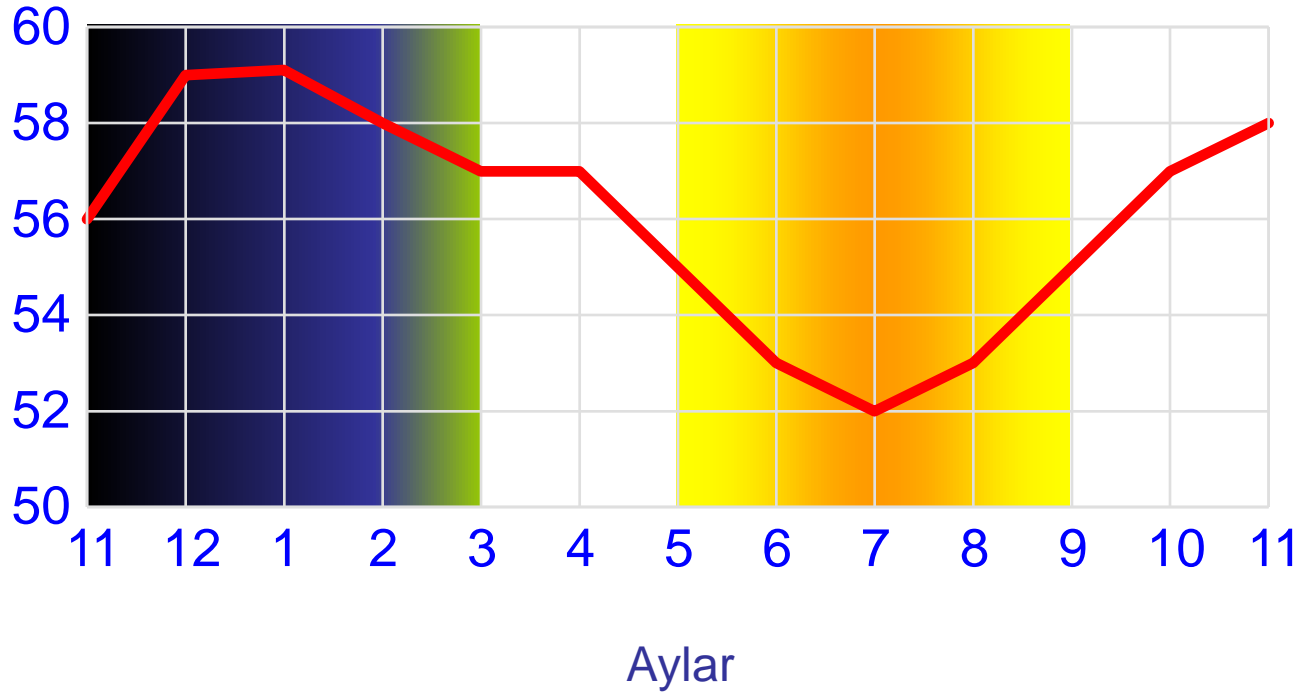


SICAKLIK – DAYANIM İLİŞKİSİ



SICAKLIK – DAYANIM İLİŞKİSİ

28 günlük Basınç Dayanımı [N/mm²]



SORUNLARI TETİKLEYECEK HUSUSLAR

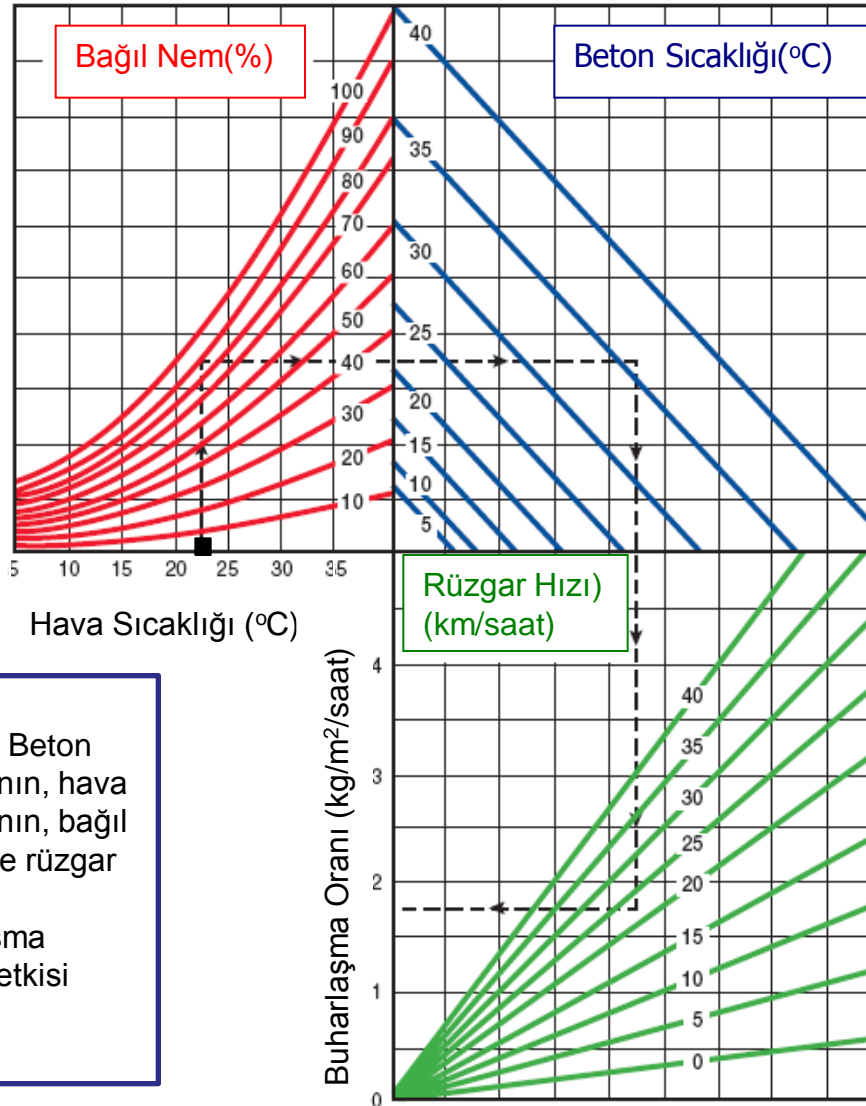
Sıcak havada beton üretimi ve uygulaması esnasında önlemlerin alınması şarttır. Özellikle bazı özellikteki malzemelerin kullanılmaması ve bazı uygulamaların yapılmaması gerekir.

- Hidratasyon hızı yüksek çimentolar
- Genleşen çimentolar
- Yüksek dayanımlı betonlar(çimento dozajı yüksek)
- Sık donatılı ve ince kesitli beton elemanlar

BETON SICAKLIğI

Beton sıcaklığının **15°C - 20°C** arasında olması idealdir; ama bu durum her zaman sağlanamamaktadır. Beton sıcaklığı TS EN 206-1 standardına göre en düşük **5 °C** olmalıdır. Beton sıcaklığının bu standardda st limiti olmasa da **32 °C** 'nin (ASTM C 94) stnde olmaması idealdir. Genel olarak bir saatte beton yüzeyinin 1m²'lik alanından buharlaşan su miktarı 1kg'dan fazla ise gerekli önlemler alınmalıdır.

SICAK HAVADA BETON DÖKÜMÜ



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.

Grafik : Beton sıcaklığının, hava sıcaklığının, bağıl nemim ve rüzgar hızının buharlaşma oranına etkisi

SICAK HAVADA BETON DÖKÜMÜ

Buharlaşan su oranı aşağıdaki formül ile de hesaplanabilir:

- $E = 5([T_c + 18]^{2.5} - r[T_h + 18]^{2.5}) \times (V + 4) \times 10^{-6}$
- $E = 1 \text{ m}^2$ '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

SICAK HAVADA BETON DÖKÜMÜ

Yapılan araştırmalar sonucu ilk 24 saat 38 °C'de kür edilen beton numunelerinin 28 günlük dayanımlarının normal duruma göre %10-15 daha düşük çıktığı tespit edilmiştir(ACI 306R).

MALZEME SICAKLIKLARININ ETKİSİ

Malzeme	Kütle, kg m	Özgül ısı, kJ/kg c	1°C değişim için gerekli ısı enerjisi	Başlangıç sıcaklığı, °C T	Malzemede ki toplam ısı enerjisi Q
	1	2	3 (1x2)	4	5 (3x4)
Çimento	335	0.92	308	66	20,328
Su	123	4.184	515	27	13,905
Agrega	1839	0.92	1692	27	45,684
Toplam	2297		2515		79,917

Yukarıdaki tabloya göre beton sıcaklığı ısı enerjisi formülüne göre 31.8 °C 'dir.

($Q=m.c.\Delta T$) Bir derecelik düşüş için yapılması gerekenler:

Çimento sıcaklığı, $2515/308=8.2$ °C , düşürülmelidir veya;

Su sıcaklığı, $2515/515=4.9$ °C , düşürülmelidir veya;

Agrega sıcaklığı, $2515/1692=1.5$ °C düşürülmelidir.

BUZUN BETON SICAKLIĞINA ETKİSİ

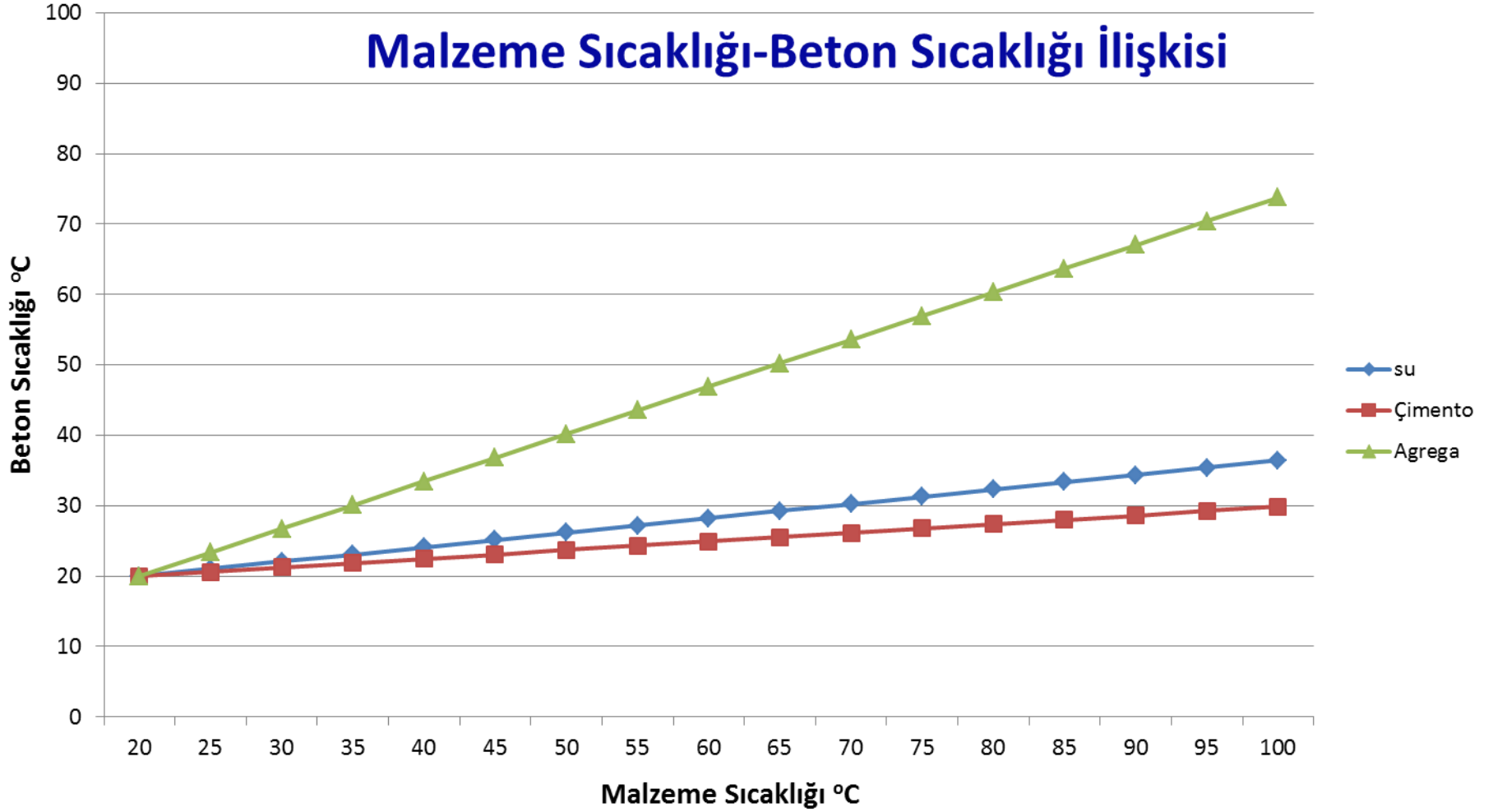
Malzeme	Kütle, kg m	Özgül ısı, kJ/kg c	1°C değişim için gerekli ısı enerjisi	Başlangıç sıcaklığı, °C T	Malzemedeki toplam ısı enerjisi Q
	1	2	3 (1x2)	4	5 (3x4)
Çimento	335	0.92	308	66	20,328
Su	123	4.184	515	27	13,905
Agrega	1839	0.92	1692	27	45,684
Buz	44	4.184	184	0	0
Toplam	2341		2699		79,917- <i>buzun ergime enerjisi</i> (44kgx 335kJ/kg)= <i>65,177</i>



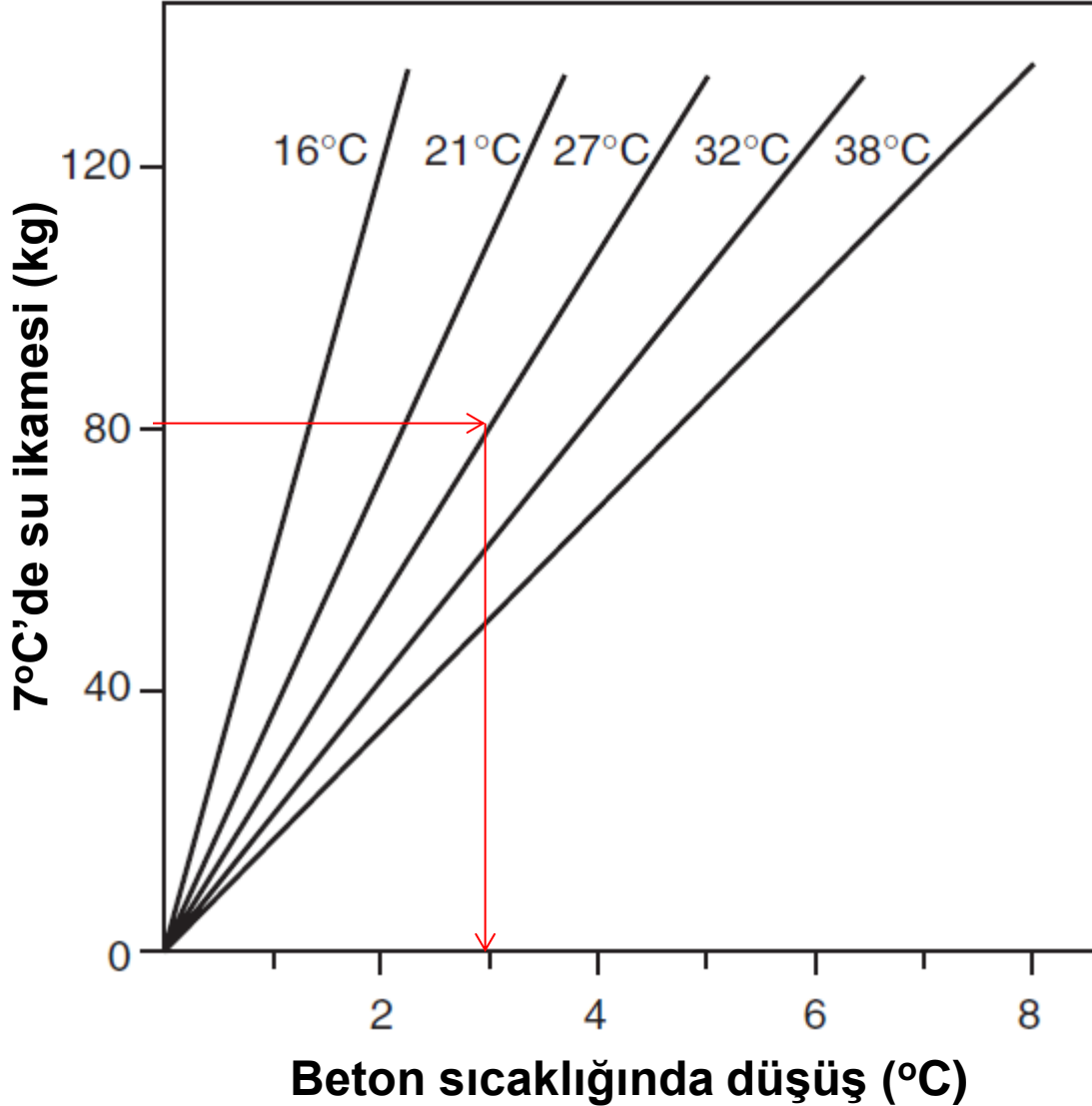
Yukarıdaki tabloya göre 31.8 °C olan beton sıcaklığı 44 kg buz eklendikten sonra 24.1 °C olmuştur.
Beton sıcaklığı: $(79,917 - 44 \times 335) / 2699 = 24.1 \text{ °C}$



Malzeme Sıcaklığı-Beton Sıcaklığı İlişkisi



CHILLER SOĞUTMA SİSTEMİ



Chiller soğutma ile 7°C'de temin edilen su, 27°C'de ki normal karışım suyunun 80kg'ı ile ikame edildiğinde beton sıcaklığı 3°C düşmektedir.

BETON ÜRETİMİNDE ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Agregada gölgede stoklanmalıdır.(direk soğutulması pratik ve ekonomik değildir).
- Agregalara, düzenli olarak su püskürtülerek sıcaklıkları düşürülebilir.
- Su, yalıtımı olan beyaz renkli tanklarda ve mümkün ise yer altında saklanmalıdır. Su, 1° C'ye kadar soğutulabilir(chiller).
- Karışım suyuna buz katılabilir ya da su sıvı nitrojen ile soğutulabilir.
- Çimento sıcaklığı kontrol edilmelidir.
- Hidratasyon ısısı düşük veya katkılı çimento tercih edilebilir.
- Çimento dozajı kontrollü olarak dayanım ve dayanıklılık kriterlerini sağlayacak şekilde bir miktar azaltılabilir.
- Taşıma esnasında kaybolacak olan su hesaplanıp reçete ona göre revize edilmelidir.
- Akışkanlaştırıcı ve priz geciktirici kimyasal katkıları kullanılmalıdır.
- Agreganın su emmesi doğru tespit edilip karışım dizaynı buna göre hazırlanmalıdır.



BETON TAŞINIRKEN ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Hazır beton gitmesi gereken yere zamanında gitmelidir.
- Mikser devri yüksek olmamalıdır.
- Teslim yerine en kısa mesafeden gidilmelidir.
- Kuru sistem tercih edilebilir.

BETON DÖKÜLMEDEN ÖNCE ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Beton dökülecek zemin ıslatılıp suya doygun hale getirilir. Bu sayede taze betondaki suyun zemince emilmesi engellenir.
- Kalıplar ve donatılar nemlendirilir.
- Aşırı rüzgar var ise döküm yeri etrafına rüzgar kırıcı yerleştirilebilir.
- Gölge kullanarak beton güneş ışığından korunabilir.
- Tüm işçiler ve gerekli ekipmanlar beton dökümü için hazır olmalıdır.
- Gün içinde sıcaklığın azaldığı saatlerde beton dökümü yapılmalıdır.



BETON DÖKÜMÜNDE ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Beton sıcaklığı sürekli olarak kontrol edilmelidir.
- Aşırı vibrasyon yapılmamalıdır.
- Döküm en kısa sürede gerçekleştirilmelidir.
- Bitirme işlemi yüzeyde terleyen su kalmayınca hemen yapılmalıdır.

MÜMKÜNSE GÜN İÇİ SICAKLIĞIN EN DÜŞÜK OLDUĞU SAATLERDE BETON DÖKÜMÜ
YAPILMALIDIR.

BETON DÖKÜMÜNDEN SONRA ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

Beton sertleşmeye başlar başlamaz su ile kür edilmelidir. Kür süresi en az 4-7 gün olmalıdır. Beton yüzeyi devamlı nemli kalacak şekilde farklı metotlar ile kür yapılabilir.



BETONUN BAKIMI&KÜRÜ

SORU: Öğlen saatlerinde betonun sulanması uygun mudur?

BETONUN BAKIMI&KÜRÜ

SORU: Öğlen saatlerinde betonun sulanması uygun mudur?

CEVAP: Öğlen saatlerin güneş ışınların en etkili olduğu saatlerdi. Beton hem hava sıcaklığında hem güneş radyasyonundan etkilenir ve en yüksek sıcaklığına ulaşır. Su ile temas halinde betonda bir nevi şok tesiri görülür. Ani sıcaklık değişimi termal gerilmelere ve dolayısıyla çatlak oluşumuna neden olur.

SU İLE KÜR YAPILMASI



Sürekli olarak beton yüzeyine su püskürtülmesi mükemmel bir su ile kür yoludur. Eğer bu işlem aralıklarla yapılıyorsa beton yüzeyinin kuru kalmamasına dikkat gösterilmelidir. Hortumla beton yüzeyine saçılan su betonun yüzeyde oluşacak çatlamları yok edecek kadar azaltır. Bu sistemin tek dezavantajı maliyetidir. Sistemin uygun işlemesi için yeterli miktarda su ve tecrübeli uygulamacı gerekmektedir.

SU İLE KÜR YAPILMASI

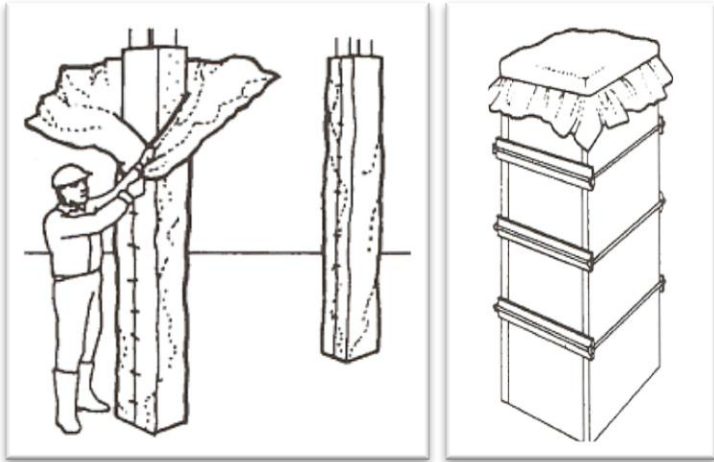


Telis bezi veya diğer su tutucu örtüler genelde kullanılır. Yüzeyde hasar oluşumunu engellemek için beton sertleşir sertleşmez su tutucu örtüler serilmelidir. Özellikle döşeme köşelerinde dah dikkatli ve özenli olunmalıdır. Örtülerin sürekli nemli olmaları sağlanmalıdır.

ÖRTÜ İLE KÜR YAPILMASI



Polietilen örtüler yatay elemanlarda kalıplar sökülüldükten sonra en geç yarım saat içinde ve döşemelerde beton yeteri sertliği kazanır kazanmaz uygulanmalıdır. Beton üzerindeki suyun buharlaşması beklenmeli ancak beton kurumadan önce başlanmalıdır. Eğer beton baskı beton gibi ya da desenli yol ise örtüler hafif bir iskelet üzerine yerleştirilmelidir. Bu sayede beton yüzeyi bozulmamış olur. Bu tarz bir kürde polietilen örtüler yerleştirilmeden önce betondaki suyun terleyip buharlaşmasını beklemeye gerek yoktur. Kür uygulaması beton yerleştirildiğinde başlanabilir. Düşey elemanlarda kalıplar söküldükten en çok yarım saat içerisinde polietilen örtüler kullanılmalıdır. Döşemelerde ise beton yeteri sertliğe ulaşınca uygulama başlanmalıdır. Kolon ve perde duvar gibi düşey elemanlarda kalıp belli bir miktarda koruma yapar. Ancak özellikle kolon başları ve duvarların üst tarafları dış ortamla temas ettiğinden ek bir koruma gerektirir. Kolonun dış ortamla temas eden bölgesi polietilen örtü ile kaplanır.

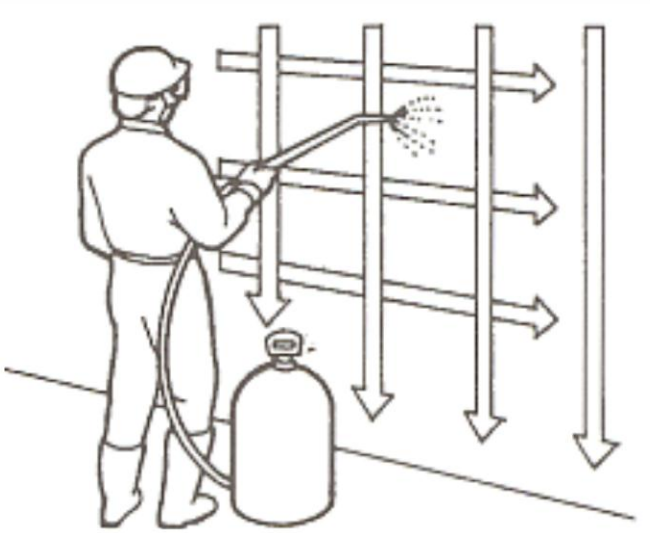


KİMYASAL MADDE İLE KÜR YAPILMASI



Yandaki şekilde görüldüğü gibi uygulanan kimyasal kür malzemeleri işin cinsine göre farklılık gösterir. Beyaz veya alüminyum renginden olan kimyasal katkıları beton yüzeyinde sürekli bir zar tabakası oluşturur. Bu tabaka buharlaşmayı çok düşük seviyelere indirir gibi özellikle sıcak mevsimlerde beton yol gibi uygulamalarda güneş ışınlarının beton yüzeyinde kırılmasını ve yansımalarını sağlar. Süper(%90 verim) ve normal(%75 verim) olarak iki türdür. Yapılarda daha çok normal, geniş yüzeye sahip betonlarda(yol) süper derecede kimyasal katkıları kullanılır. Kimyasal kür malzemeleri zararlı değildirler, ancak yine de içme suyu depolanacak yapılarda onay alınmalıdır.

KİMYASAL MADDE İLE KÜR YAPILMASI



Kimyasal kür malzemesi asla kuru yüzeye uygulanmamalıdır. Aksi takdirde sıvı bileşik beton tarafından emilebilir. Döşemelerde terleyen su buharlaşmadan uygulamaya geçilmelidir. Ancak beton yüzeyi çok sulu ise spreyleme yapılmamalıdır. Çünkü malzeme suyun üzerinde çalışmamaktadır. Burada yüzeydeki parlama biter bitmez uygulamaya geçilmelidir.



Spreyleme yaparken kişisel koruyucu ekipman kullanmak zorunludur. Tensel (deri-göz) temastan kesinlikle kaçınılmalıdır. Malzemenin bulunduğu kap kullanmadan önce çalkalanmalıdır. Pigmentli bir malzeme ise pigmentler kabın dibine çökmüş olabilir. Sprey mesafesi yüzeyden 30-50 cm olmalıdır. Ancak rüzgar var ise daha yakından yapılabilir. Rüzgarlı hava koşullarında, düşey elemanlarda en iyisi spreyleme değil silindir fırça kullanmaktır.