

SICAK HAVADA BETON DÖKÜMÜ

1. GİRİŞ

Sıcak hava koşulları, hidrolik bağlayıcı çimentolarla yapılan betonların karıştırılması, yerleştirilmesi, bakımı ve betonların özelliklerini etkilemektedir. Bu problemlerin çoğu sıcak havada çimentonun hidratasyon hızının ve betondaki rutubetin buharlaşma hızının artmasından ileri gelmektedir. Çimentonun hidratasyon artışı betonun ısisına, çimentonun kompozisyonuna, inceliğine ve kullanılan katkıya bağlıdır.

Şartnameyi hazırlayanlar yerleştirilen betonun maksimum ısisını belirtmelidirler, çünkü bu değer betonun dayanımı, dayanıklılığı, plastik büzülme çatlamlarının, ısı çatlamların ve kuruma büzülmesinin kontrol edilebilmesi için gereklidir.

1.1. Sıcak Havanın Tanımı

Sıcak hava aşağıda belirtilenlerin bir birleşimidir;

- Yüksek çevre ısisı
- Beton ısisının yüksek olması
- Düşük rutubet
- Rüzgar hızı
- Güneş ısisı

1.2. Sıcak Havada Taze Betonda Oluşabilecek Potansiyel Problemler

- Su ihtiyacının artması
- Çökme kaybının artması ve şantiyede su ekleme zorunluluğunun çıkması
- Priz süresinin azalması, betonun yerleştirilme, sıkıştırılma ve sonlandırılmasında oluşan zorluklar ve soğuk derz oluşma riski
- Plastik büzülme çatlaklarının artma eğilimi
- Betondaki hava miktarının kontrol altında tutulmasının zorlaşması

1.3. Sıcak Havada Sertleşmiş Betonda Oluşabilecek Potansiyel Problemler

- 28 günlük ve daha sonraki beton dayanımları, fazla su ihtiyacı ve yüksek beton ısisı nedeniyle düşmektedir
- Bütün yapının soğuması yada kesitler arasında ısı farkı, kuruma büzülmesinin ve ısı çatlakların artışına neden olmaktadır
- Çatlaklardan dolayı dayanıklılığın azalması
- Yüzey görünüşlerinde büyük farklılıklar olabilmektedir, bunlar ise soğuk derz, renk farklılığı, S/Ç oranının farklı olmasından dolayı farklı hidratasyon ısılarından
- Çatlaklardan dolayı oluşacak beton çeliklerindeki paslanma
- Beton geçirimliliğinin artması

1.4. Problem Doğurabilecek Diğer Faktörler

- Hidratasyon hızı yüksek çimentoların kullanımı
- Yüksek çimento dozajı gerektiren yüksek dayanımlı beton kullanımı
- İnce kesitli betonarme eleman dizaynı: donatı oranının fazla olmasından dolayı yerleştirme ve sıkıştırma zorluğu
- Ekonomik nedenlerden dolayı yüksek sıcaklıklarda işin devamı
- Büzülme azaltıcı çimento kullanılması

1.5. Sıcak Havada Beton Uygulamaları

Önemli olan sıcak havanın beton dökümüne zarar vermemesidir. Bu sebepten dolayı, istenilen kaliteyi sağlayan, ekonomik ve uygulanabilir bir seçim yapılmalıdır. Uygulanacak yöntem, yapının tipi, kullanılacak malzemelerin özellikleri ve yüksek hava koşullarında bölgede yapılan uygulamalar, yüksek beton ısısı, düşük rutubet, rüzgar hızı ve güneş ısısına bağlıdır.

Betonu dökecek personelin daha önce sıcak hava koşullarında aynı tür uygulamayı yapmış olması oldukça önemlidir. Beton dökümüne başlamadan önce yapılacak işler iyi planlanmalı karıştırma, yerleştirme, koruma, kür yöntemleri, ısrının kontrolü ve sıcak havada deneylerinin planlanması sıcak hava koşullarında oldukça önemlidir.

Plastik büzülme için gereken önlemler alınmalıdır, potansiyel ısı kırılma, hacim değişikliği yada çatlaklar kontrol edilmelidir, derzlerden gelen demirler artırılmalı, yada çelik teller eklenmelidir, beton ısısı kontrol altında tutulmalı, çimento miktarı, çimentonun hidratasyon ısısı, çimentonun miktarı ve mineral katkıların özelliklerine dikkat edilmelidir.

Aşağıda liste halinde belirtilen önlemler sıcak havada belirtilecek problemleri azaltacaktır.

- Kullanılan beton malzemeleri ve oranları sıcak havada beton dökümüne uygun olmalıdır
- Beton soğutulmalıdır
- Betonun kıvamı, hızlı döküme ve yerleştirilmesine uygun olmalıdır
- Taşıma, yerleştirme, pekiştirme ve perdahlama süresi en aza indirilmelidir
- İş planı yapılırken bütün kötü koşullar dikkate alınmalı, gece yada gündüz hava koşullarına dikkat edilmelidir
- Betonun yerleştirme ve bakım sırasında rutubet kaybetmemesine dikkat edilmelidir

2. SICAK HAVANIN BETONUN ÖZELİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Sıcak havanın betonun üzerine olan zararlı etkisi aşağıda belirtilen önlemler sayesinde azaltılmaktadır. Dayanım, geçirimsizlik, stabilite ve betonun hava şartlarına karşı direnci, aşınma gibi özellikler, malzemelerin özelliği, karışım oranları, betonun ilk ısısı ve betonun yerleştirme ve bakımı sırasındaki nem oranı.

Yüksek ısı altında karıştırılan, yerleştirilen ve bakılan betonların erken dayanımları yüksek fakat 28 gün ve ileri yaşlarda dayanımları düşük olmaktadır.

Sıcak havada beton dökümünde özellikle kurak bölgelerde plastik büzülme çatlakları çok olmaktadır.

Yüksek beton ısısı, yüksek hava ısısı, yüksek rüzgar hızı ve düşük nem, bunlardan birisi veya bunların birleşimi yüzey suyunun hızlı buharlaşmasına yol açmakta ve plastik büzülme çatlaklarını artırmaktadır.

Sıcak havada nemin %80 civarında olduğu durumlarda plastik büzülme çatlağı az olmaktadır.

2.1. Betonun Isısı

- Sabit bir karılma süresinde, belli bir çökme değeri için gerekli olan su miktarı ısı ile artmaktadır.
- Betonda su miktarının artması betonun dayanımının ve dayanıklılığının azalması ve betonun büzülme değerinin artması ile aynı orantılıdır
- Çökme kaybı betonun karıştırılması ve yerleştirilmesini etkilemektedir.
- Kurak bölgelerde plastik büzülme çatlağı önemli bir problemdir
- Büyük kesitli yapılarda, hidratasyon ısının hızı ve iç-dış ısı arasındaki farklılıklar betonun ısıl çatlaklarını etkilemektedir
- Erken bakım betonun zarar ve ziyanı açısından önemlidir

2.2. Çevre Koşulları

Çok fazla değişken olmasından dolayı maksimum çevre ve beton ısısı için bir limit vermek pratik değildir. 24 °C ile 38 °C' arası sıcak havada beton dökümü için iyi koşullardır. Eğer beton dökümü için sıcaklık seçilecekse bu sıcaklık 20 °C ile 30 °C arasında seçilmesi uygun olacaktır.

2.3. Su ihtiyacı

Su betonun bir birleşenidir, taze ve sertleşmiş betonun belirgin özelliklerini büyük ölçüde etkilemektedir. Beton karışımında, yüksek ısıda su kullanıldığı taktirde beton ısının artmasına neden olmaktadır. Beton ısısı arttıkça daha fazla su ihtiyacı doğmaktadır. Ekstra kullanılan su S/Ç oranının artmasına neden olmakta ve buna bağlı olarak betonun dayanım, dayanıklılık, geçirimsizlik gibi özelliklerini etkilemektedir.

Betondaki fazla su ihtiyacı betonun kuruma büzülmesini artırmaktadır. Yüksek oranda büzülme betonun çatlamasına neden olmaktadır. Betonun sertleşmesi sırasındaki ani soğuma betonun çatlama eğilimini artırmaktadır.

Suyun özgül ısısı çimento ve agregaya göre 4 –5 kat daha fazladır, bu sebepten dolayı suyun ısısı beton ısını büyük ölçüde etkilemektedir. Suyun ısını kontrol etmek çimento ve agregaya göre çok daha kolaydır. Fakat su beton karışımında az bir yer tutmaktadır. Soğuk su kullanarak beton ısısı yaklaşık 4.5 °C kadar düşürülebilir. Betonda kullanılacak karma suyu agreganın su muhteviyatına bağlıdır bu sebepten dolayı beton ısısı su kullanılarak ancak 2-2.2 °C derece düşürülebilmektedir.

Beton ısısı karma suyu yerine buz kullanılarak da düşürülebilmektedir. Buzun kırılıp elenmesi veya kırıntı buzun kullanılması daha iyi sonuç vermektedir.

2.4. Çimentonun Etkisi

Yüksek beton ısısı çimentonun hidratasyonunu artırmaktadır. Bunun sonucu olarak çökme miktarının tutturabilmesi için daha çok su kullanmak gerekmektedir. Betonda kullanılan yüksek miktardaki su betonun basınç dayanımını düşürmekte ve çatlamların artmasına sebep olmaktadır.

Eğer düşük hidratasyon ısısı çimentolar seçilirse bu çimentoların ısı açığa çıkarması yavaş olacağından dolayı maksimum oluşabilecek ısıda düşük olacaktır. Bu sayede ısıl çatlaklar az olacaktır, aynı zamanda soğuma sırasındaki ısıl çatlaklarda azalacaktır. Hidratasyon ısısından dolayı beton ısısının artması betonda kullanılan çimentonun miktarıyla yakından ilgilidir. Bu sebepten dolayı, dayanım ve dayanıklılık için gerekli miktarda çimento kullanılmalı fazla miktarda çimento kullanımından kaçınılmalıdır. Eğer beton erken yaşlarda yüksek dayanım alırsa bu ilk bakım süresinde yüksek ısı açığa çıkarması demektir. Bu betonun yavaş yavaş soğumasını sağlamalı ve ısıl çatlaklardan korunmalıdır.

Çimento genellikle yüksek ısıda teslim edilmektedir. Çimentonun pışmesi yada öğütülmesi sırasında genellikle soğutma işlemi yapılmamaktadır. Çimento beton karışımının yüzde olarak 10 ile 15 arasında yer tutmaktadır. Bu da beton ısısını 0.5 °C ile 4 °C arasında artırabilmektedir. Çimentonun betonda kullanılabilmesi için ısısının maksimum 77 °C olması gerekmektedir. Bu limit yapılacak betonun özelliklerine göre değişebilmektedir. Sıcak hava, çimentoda yalancı priz ve çökme kaybını artırmaktadır.

2.5. Çimentoya Eklenen Mineral Katkılar

Uçucu kül, pozzolan ve yüksek fırın cürufu bu kategoriye girmektedir. Bu tür mineral katkılar portland çimentonun bir kısmı ile yer değiştirilerek kullanılmaktadır. Bu tür mineral katkıların hidratasyon ısısını düşürmesi ve yavaş priz almasından dolayı sıcak havada beton yapılmasını kolaylaştırmaktadır. Yapılan araştırmalarda sıcak havada beton yapımında uçucu kül kullanılması çökme kaybı hızını önemli ölçüde azaltmaktadır.

2.6. Kimyasal Katkılar

Değişik katkılar, yüksek sıcaklık olan bölgelerde kullanılmaktadır, bu katkılar sıcak havanın beton üzerine olan olumsuz etkilerini azaltmaktadır. Bu katkılar sayesinde S/Ç oranı azalmakta betonun priz süresi uzatılmakta ve istenilen basınç dayanımı elde edilmektedir.

Sıcak hava koşullarında priz geciktirici ve su azaltıcı katkılar kullanılmaktadır.

2.7. Agregalar

Agregalar beton hacminin yaklaşık %60-80'ini oluşturduğundan dolayı kullanılan agreganın özellikleri betonun özelliklerini önemli ölçüde etkilemektedir. Sıcak hava koşullarında hazırlanıp kullanılacak betonlarda kullanılacak agregalar için aşağıdaki özelliklere dikkat edilmelidir;

- Agreganın tane dağılımı, şekli ve ince malzeme (filler) miktarı betonun karışım suyu ihtiyacı için oldukça önemlidir. Kırmataş agregaları, nehir agregalarına göre su ihtiyacını artırmakta fakat çatlamaya karşı nehir agregalarına göre daha fazla direnç göstermektedir. Üç yada daha fazla boyut grubundaki agreganın karıştırılarak kullanılması karışım suyu ihtiyacını azaltabilmekte ve böylece belirli bir çökme değeri için işlenebilirliği artırabilmektedir.
- Beton karışımında en fazla kütleyle sahip bileşen olan kaba agreganın sıcaklığındaki değişim beton ısını büyük oranda etkilemektedir. Örneğin, kaba agreganın sıcaklığının 0.8-1.1°C azalması; beton sıcaklığını 0.5 °C azaltmaktadır. Bundan dolayı diğer önlemlerin yanı sıra, beton sıcaklığını uygun değerlere düşürmek amacıyla kaba agreganın soğutulması etkin bir yöntem olarak kullanılabilir.

2.8. Karışım Oranları

Beton karışımında kullanılacak malzemelerin ve karışım oranlarının belirlenmesinde bileşenlerin sıcak hava koşullarında beton performansına etkileri göz önünde bulundurulmalıdır.

- Karışımındaki çimento dozajı gerekli dayanım ve dayanıklılığı sağlayacak şekilde mümkün olduğu kadar az tutulmalıdır.
- Karışımında uçucu kül yada yüksek fırın cürufu gibi mineral katkı maddelerinin kullanılması, priz süresinin geciktirilmesi ve hidrasyon ısısından kaynaklanan sıcaklık artışının azaltılmasında yararlı olabilmektedir.
- Su azaltıcı kimyasal katkı maddelerinin kullanımı, sıcak hava koşullarından dolayı artış gösterecek su ihtiyacının düşürülerek basınç dayanımı kaybının önlenmesinde kullanılabilir. Ayrıca yüksek oranda su azaltıcı ve priz geciktirici katkı maddelerinin kullanımı, sıcak hava koşullarındaki uzun beton taşıma sürelerinde sorun oluşturabilecek çökme kaybının önlenmesinde kullanılabilir.

3. ÜRETİM ve SEVKİYAT

Sıcak hava koşullarında, proje gereksinimlerini karşılayacak hız ve kalitede beton elde edilmesinde üretim imkanları ve üretim süreci büyük önem taşımaktadır. Üretimin ve sevkiyatın kontrolü sağlanmalıdır. Beton santrali ve sevkiyat üniteleri iyi işletim koşullarına sahip olmalıdırlar. Üretim ve sevkiyat ünitelerinde meydana gelebilecek arızalar sıcak hava koşullarında daha ciddi sorunlar ve sonuçlar doğurabilmektedir. Sıcak hava koşullarında beton dökümünde gündüz saatleri yerine mümkünse sabah erken saatleri, akşam saatleri veya gece saatleri seçilmelidir. Gece döküm sırasında kalite kontrolü ve iş güvenliği unsurlarına (özellikle yeterli aydınlatma) önem verilmelidir.

3.1. Beton Sıcaklığının Ayarlanması

Sıcak hava koşullarında kaliteli bir beton elde edebilmek için karışım oranları, üretim, dağıtım, yerleştirme ve kür konularında gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir. Bu önlemlerin bir parçası olarak; beton sıcaklığı mümkün olduğu kadar düşük tutulmaya çalışılmalıdır. Beton karışımında kullanılacak çimentonun sıcaklığının düşürülmesi, karışım suyunun sıcaklığının düşürülmesi veya agreganın sıcaklığının düşürülmesi betonun sıcaklığını düşürmek için kullanılan yöntemlerden bazılarıdır. Tipik bir beton karışımının sıcaklığını 0.5 °C düşürebilmek için;

çimentonun sıcaklığını 4 °C düşürmek veya karışım suyunun sıcaklığını 2 °C düşürmek veya agrega sıcaklığını 1 °C düşürmek gerekmektedir.

Agrega beton hacminin çok büyük bir bölümünü oluşturduğundan agrega sıcaklığındaki düşüş beton sıcaklığını düşüren en önemli faktör olmaktadır. Bundan dolayı, agrega sıcaklığını olabildiğince düşük tutulması büyük önem taşımaktadır. İnce ve kaba agreganın gölge bir ortamda depolanması, kaba agreganın su serpilerek az miktarda ıslatılması agrega sıcaklığının düşürülmesinde etkili olmaktadır. Kaba agreganın soğuk su serpiştirilerek hafifçe ıslatılması hem direkt olarak agregayı soğutmakta hem de bu su buharlaşırken agregayı soğutmaya devam etmektedir. Ancak, bu durumda agregadaki nem değişimi betonun çökme değerinde değişimlere yol açabilmektedir. Yerüstü su depoları doğrudan güneş ışığından korunmalı hatta ısıtılma anlamında yalıtılmalıdır. Silolar ısı-yansıtıcı boyalarla kaplandığında daha az ısı tutmaktadırlar. Ayrıca mikser yüzeylerinin beyaz renge boyanması ısı tutma miktarını azaltmaktadır.

Sıcak hava koşulları ve uzun taşıma süreleri betonu oluşturan bileşenlerin karıştırılması işleminin bölünerek yapılmasını gerektirebilmektedir. Örneğin çimentonun şantiyede ilave edilmesi veya hazır beton tesisinde çimento haricindeki bileşenlerin karıştırılarak transmikserlere yüklenmesi ve çimentonun bu karışım üzerine ilave edilerek karıştırılmadan şantiyeye götürülmesi ve tam karışımın transmikserle şantiyede gerçekleştirilmesi uygun olmaktadır.

Sıcak hava şartlarında mikserin karıştırma hızı gereksiz ısı artışını önlemek amacıyla en az düzeyde tutulmaya çalışılmalıdır. Normal şartlarda, transmikserlerde maksimum 300 devir limit olarak tavsiye edilse de, sıcak hava koşullarında bu limit şu şartlar dahilinde aşılabilmektedir; a) yüksek oranda su azaltıcı katkı maddelerinin ayrıca ilave edilmesi b) veya betonun su ilave edilmeden işlenebilirliğini koruması.

3.2. Sevkıyat

Çimento hidratasyonu, ısı artışı, çökme kaybı, agreganın ufalanması, betondaki hava miktarının azalması veya bazen artması gibi parametreler zaman ile doğrudan ilişkili olduğundan betonun karıştırılması ve yerleştirilmesi arasında geçen zaman mümkün olduğunca azaltılmalıdır. Minimum taşıma ve yerleştirme süresi için transmikserler optimum şekilde koordine edilmelidir.

3.3. Çökmenin Ayarlanması

Sıcak veya normal hava koşulları altında zamanla taze betonun çökme değeri azalmaktadır. Belirli bir beton karışımı için betonun hazır beton tesisi ile şantiye arasındaki çökme kaybı bilinmelidir. Çökme kaybı önceden belirlenen maksimum değeri geçmiş ise; önceden belirlenmiş maksimum su miktarı limitine kadar su ilave edilebilir. Su ilave edildikten sonra mikser 30 devir döndürülmelidir.

3.4. Kıvam Ayarlaması

Kıvam ayarlaması yeterli işlenebilirliği kaybederek yerleştirilemez duruma gelmiş olan betona su ilave edip yeniden karıştırılması olarak tarif edilmektedir. Ancak su ilavesi betonun dayanımını ve dayanıklılığını düşüren bir etki olduğundan, su ilave etmek yerine kimyasal katkı (özellikle yüksek oranda su azaltıcı) ilave etmek daha etkili bir çözüm olarak kullanılabilmektedir.

4. YERLEŞTİRME VE KÜRLEME

Genel olarak bütün mevsimlerde yerleştirme ve kürlenme gereklilikleri aynıdır.

4.1. Yerleştirme ve Kürlenme Hazırlıkları

Planlama -- Planlama beton kötü hava şartlarına mümkün olduğunca az sürelerle maruz kalacak şekilde yapılmalıdır. Rüzgar ve direkt güneş ışığından korumak için mümkünse döşeme betonu çatı ve duvarların inşasından sonra dökülmelidir. Bu gündüz ve gece sıcaklıkları arasındaki ani düşüşlerden doğabilecek ısısal şokları da engelleyecektir. Aşırı sıcak koşullarda beton döküm saatleri genel uygulamalardan farklı olarak seçilmelidir.

Çevre koşullarına hazırlık -- Personelin yüksek hava sıcaklığı, direkt güneş ışığı, kurutucu rüzgarlar ve yüksek beton sıcaklığının zararlı kombinasyonlarının farkında olması gerekir. Yerel hava raporlarının takibinin yanı sıra şantiye koşullarının da (rüzgar, nem, güneş ışığı ve hava sıcaklığı) rutin kaydının tutulması gerekir. Bu veriler öngörülen veya halihazırdaki beton sıcaklığının tayininde ve gerekli önlemlerin alınmasında kullanılır.

Beton karışımlarının özellikleri -- Önerilen karışım iş koşullarına uygun olmalıdır. Sıcak hava koşullarına uygun çimento veya bağlayıcı malzemelerin su azaltıcı ve priz geciktirici katkılarla kullanımı istenilen özelliklerde beton yapımına yardımcı olabilir.

Beton sıcaklığının kontrolü -- Beton transferinde sıcaklık limitleri aşıyorsa betonun soğutulması için önlem alınmalıdır. Betonun soğutulması için özel ekipman ya da buz veya sıvı nitrojen gibi soğutucu malzemeler kullanılabilir. Bu malzemelerin miktarı beton hacmine ve yerleştirme hızına göre belirlenir. Ayrıca soğuk derz oluşmaması için şantiyeye devamlı beton akışı sağlanması önemlidir.

Beton dökümünün hızlandırılması -- Taşıma, yerleştirme ve perdahlama işlemleri mümkün olduğunca hızlı yapılmalıdır. Sevkıyat, özellikle ilk parti, beton sahaya ulaşır ulaşmaz dökümü yapılacak şekilde planlanmalıdır. Bu nedenle sahada her şey hazır olduktan sonra sevkıyat başlamalıdır. Sahadaki trafik düzenlemesi mikserlerin düzenli ve devamlı ring yapmasına olanak verecek şekilde düzenlenmelidir. Büyük veya kritik dökümler şehir trafik yoğunluğunun düşük olduğu zamanlar yapılmalıdır.

Betonun korunması ve kürlenmesi için alınacak önlemler -- Kullanılacak uygun hortum başları ile sudan bir sis örtüsü oluşturulmalıdır. Fazladan suyla duşlama yapılmamalıdır. Güneş ışığı ve rüzgarı kesmek için geçici rüzgar koruyucu ve gölgelik yapacak malzeme hazır bulundurulmalıdır. Perdah yüzeylerinde oluşacak buharlaşmayı önlemek için nem tutucu filtre oluşturacak plastik kaplama veya sprey bileşikler hazır bulundurulmalıdır. Eğer beton ani sıcaklık değişikliklerine maruz kalacaksa ısısal büzülme çatlaklarına önlem alınmalıdır. Son olarak kür için seçilen malzeme ve metodlar derhal uygulamaya müsait şekilde sahada hazır olmalıdır.

4.2. Yerleştirme ve Yüzeyin Düzeltmesi (Perdahlama)

Yerleştirme ve yüzey düzeltmesi mümkün olduğunca hızlı yapılırsa sıcak hava koşullarının yaratacağı güçlükler azalabilir. Gecikme, çökme kaybını ve buna bağlı olarak eklenecek suyu

arttırır. Eldeki işgücü ve ekipman iyi koordine edilmeli. Gereğinden hızlı, aceleyle yapılan iş soğuk derzlerin oluşmasına, kötü sıkışmaya ve pürüzlü yüzeye neden olacaktır.

Beton kıvamı -- Sıcak havada beton dökmenin ilk şartı hızlı yerleşmeye ve etkin sıkışmaya izin verecek kıvamda beton kullanmaktır. Başka öncelikler yoksa betonun çökme değeri 8-10cm olmalıdır. Daha düşük değerlerde yerleştirme hızı artacak ve beton çevreden daha fazla ısı alacaktır.

Betomun kalıplara yerleştirilmesi -- Sıcak havalarda beton, normal hava koşullarına nazaran daha ince tabakalar halinde dökülmelidir. Böylece dökülen bir önceki tabaka hala sıkıştırılabilir olacak ve daha bütün bir yapı elde edilebilecektir.

Betomun düz ve geniş yüzeylere yerleştirilmesi -- Beton zemine yerleştirilmeden önce zemin nemlendirilmelidir fakat su birikintileri ve yumuşak bölgeler olmamalıdır. Döküm küçük parçalar halinde ve eklenecek yüzey alanı minimum olacak şekilde yapılmalıdır. Hava (ortam), kalıplar ve donatılar sprey halinde suyla serinletilerek beton yüzeylerinde oluşacak buharlaşma önlenmelidir; fakat su uygulaması betonun su içeriğini değiştirecek fazlalıkta olmamalıdır. Nem kaybını önlemek için geçirimsiz plakalar veya nem tutucu filtre oluşturan sprey bileşikler kullanılabilir. Bu uygulama beton sıcaklığını bir miktar artırsa da nem kaybının önlenmesinden oluşacak fayda daha baskındır.

4.3. Kürleme ve Koruma

Yerleştirme ve yüzey düzeltme işlemleri bittikten sonra beton yüksek sıcaklık, direkt güneş ışığı, düşük bağıl nem ve kurutucu rüzgarlardan korunmalıdır. Mümkünse beton bütün dayanımını kazanana kadar orta derece ısıda saklanmalıdır. Yüksek ilk kür ısıları yüksek sıcaklıkta dökümden daha zararlıdır. Beton yüzeylerinin kurumamasına özen gösterilmelidir; aksi takdirde aşırı büzülme ve çatlamlar oluşabilir. Kürleme ilk 7 gün (en az) devam etmelidir. Beton, özellikle ilk 24 saat, ani sıcaklık düşüşüne bağlı termal büzülme çatlamlarına karşı korunmalıdır. Hızla soğuyan betonun çekme dayanımı düşük olacaktır bu nedenle betonun yavaş soğuması sağlanmalıdır. Gece-gündüz arasındaki sıcaklık farklılıkları ve soğuk yağmur da sıcak hava koşullarında termal çatlamlara neden olabilir. Bu durumlarda beton yalıtkan malzemelerle korunmalıdır.

Düz ve geniş yüzeylerde ıslak kür -- Islak kür beton dayanımını sağlamak ve erken kuruma büzülmelerini önlemek için mevcut en iyi yöntemdir. Islak kür ıslak kumla kaplama veya kesintisiz su püskürtmeyle sağlanabilir. Bu yöntemler çok su isteyecek ve fazla suyun drenajını gerektirecektir. Ayrıca beton yüzeyinin erozyona uğrama ihtimali de vardır. Daha pratik bir yöntem daha önce ıslanmış betonun geçirimsiz bir kaplamayla veya nemli çuhayla örtülmesidir. Çuhanın devamlı nemli tutulmasına dikkat edilmelidir kesintili kürleme ıslanma-kuruma döngülerine sebebiyet verir ki bu da çatlaklara neden olur. Kür suyunun sıcaklığı da mümkün olduğunca beton sıcaklığıyla aynı olmalıdır.

Düz ve geniş yüzeylerde membranla kür -- Islak kürün uygulanamadığı durumlarda membran oluşturu sıvı bileşiklerin kullanılması en pratik yöntemdir. Membran betondaki nem kaybını önleyerek dayanımı, dırabiliteyi ve yüzey dayanıklılığını artırır. Direkt gün ışığına maruz beton yüzeylerinde ışığı yansıtan beyaz pigmentli ürünler kullanılmalıdır. Yüzeydeki suyun parlaklığı kaybolur kaybolmaz kür bileşeni uygulanmalıdır. Bu bileşenler aderans kaybına neden olacağından üzerine başka bir uygulama (örneğin ikinci tabaka beton) gelecek yüzeylere uygulanmamalıdır.

Kalıptaki betonun kürü -- Kalıplar ilk birkaç gün devamlı örtülü ve nemli tutulmalıdır. Kalıptaki betonlara kürleme hemen başlamalıdır. Bu özellikle su-çimento veya su-bağlayıcı oranı düşük (<0.40) yüksek dayanımlı betonda önemlidir. Kalıplar en kısa sürede gevşetilmeli ve kür suyunun alt bölgelere ulaşımı sağlanmalıdır. Kalıp açılır açılmaz da yüzeyle nemli bezle sarılmalıdır. Beton yüzeyinde sürekli kür akışı oluşabilecek sıcaklık artışlarını engeller veya oluşacak pik değerleri belirli bir seviyede tutar. Yüksek bir pik değerinden hızlı soğuma çatlamaya neden olabilir. Daha masif (kütleli) elemanlarda, iç ısı kontrolünün zor olduğu durumlarda, betona ısı koruması sağlanmalıdır böylece beton daha yavaş soğuyacak ve çatlama olmayacaktır. Kür en az 7 gün uygulanmalıdır (10 gün ideal). Kür döneminin sonunda bezler beton üzerinde ıslatılmadan 4 gün kadar tutulmalıdır. Böylece beton yavaş kuruyacak ve yüzeydeki büzülme çatlakları en aza indirgenecektir. Kurumanın etkisi ıslak kür sonunda uygulanacak sprey bileşenlerle de en alt seviyede tutulabilir.

5. TEST VE İNCELEME

5.1. Test

- Yüksek sıcaklık, düşük bağıl nem ve kurutucu rüzgarlar küçük hacimli test numuneleri üzerinde özellikle zararlı olabilir. Bu nedenle sıcak hava koşullarında örneklemeye dikkat etmek gerekir. Numuneyi güneşte, rüzgarda veya kuru havada bırakmak testin doğruluğunu ve yararını bozacaktır.
- Çökme, hava miktarı, beton sıcaklığı ve birim ağırlık deneylerinin normal koşullara oranla daha sık yapılması faydalı olacaktır. Sıcak havalarda bazı ek testler yapmak da gerekir: çökme kaybı, çevre sıcaklığının ölçümü ve betonun yerleştirileceği yerdeki bağıl nem.
- Plastik büzülmeyi etkileyen en önemli faktör buharlaşma hızıdır. Buharlaşma hızı 0.093m^2 alana sahip bir kek tepsisinden buharlaşan suyla tahmin edilebilir. Suyla doldurulmuş tepsi 15 veya 20 dakikada bir tartılarak buharlaşma hızı tayin edilebilir.
- Numune boyutları normal eleman boyutlarından çok daha düşük olduğu için numuneler çevre koşullarından çok daha çabuk etkilenebilir. Bu nedenle numune dayanımlarının doğru elde edilebilmesi için sıcak hava koşullarında fazladan bir efor sarf edilmesi gerekir. Numune $16-27^\circ\text{C}$ 'de saklanmalı ve kür dönemi başlangıcında nem kaybı önlenmelidir. Mümkünse numune döküldükten hemen sonra geçirimsiz bir örtüyle sarılmalıdır. Numuneler dışarıda saklanıyorsa direkt güneşe maruz bırakılmamalı ve kür koşullarını sağlamak için buharlaşan suyun serinletme etkisinden faydalanılmalıdır. Numunelerin nemli kuma gömülmesi, ıslak çuval beziyle sarılması, sürekli su spreyi uygulanması ve tamamen suda bekletmek pratik yöntemlerdendir.
- Kullanılan kalıplar su emmemeli ve suyla temas halinde veya suya batırıldığında şişmemelidir. Numunelerin test anına kadar nemli tutulmalı test alanına transfer sırasında kurumalarına izin verilmemelidir.

5.2. İnceleme

Hava sıcaklığı, beton sıcaklığı, genel hava durumu (açık, bulutlu), rüzgar hızı, bağıl nem ve buharlaşma hızı sık aralıklarla kaydedilmelidir. Bunların dışında aşağıdaki kayıtlar da tutulmalıdır:

- Karışıma eklenen tüm su ve karışım süreleri
- Beton karışımına başlama zamanı, döküme başlangıç ve döküm bitişi
- Sevkıyat esnasındaki beton sıcaklığı ve yerleştirmeden sonraki beton sıcaklığı

- Sevkıyatta ve yerleşmeden sonra betonun görünüşü ve performansı hakkındaki gözlemler
- Beton transfer edildiğinde çökme değeri
- Beton döküldüğünde çökme değeri
- Koruma ve kür: metod, uygulama zamanı, uygulama hızı, görünüm, kür süresi

Böylece yapılan işteki her grup betona ait veriler daha sonra gerektiğinde incelenmek üzere kayıt altına alınmış olur.

Not: Metindeki bilgiler ACI 305'nolu Amerikan Beton Enstitüsü komite raporundan yararlanılarak hazırlanmıştır.

EK

BETON SICAKLIĞININ HESAPLANMASI

Buzsuz

$$T = \frac{0.22(T_a W_a + T_c W_c) + T_w W_w + T_a W_{wa}}{0.22(W_a + W_c) + W_w + W_{wa}}$$

Buzlu

$$T = \frac{0.22(T_a W_a + T_c W_c) + T_w W_w + T_a W_{wa} + 79.6 W_i}{0.22(W_a + W_c) + W_w + W_i + W_{wa}}$$

- T_a = agreganın sıcaklığı
 T_c = çimentonun sıcaklığı
 T_w = karışım suyunun sıcaklığı (buz hariç, kaynağından alındığı durumdaki)
 T_i = buzun sıcaklığı (Agrega yüzeyindeki yada boşluklarındaki suyun sıcaklığı agregaya ile aynı kabul edilir. Bütün sıcaklıklar °C'dir.)
 W_a = agreganın kuru ağırlığı
 W_c = çimentonun ağırlığı
 W_i = buzun ağırlığı
 W_w = karışım suyunun ağırlığı
 W_{wa} = T_a sıcaklığındaki agregadaki serbest ve emilmiş suyun ağırlığı (Bütün ağırlıklar kg'dır.)