

Hazır Beton

Bilgisayar kontrolüyle istenilen oranlarda bir araya getirilen malzemelerin, beton santralinde karıştırılmasıyla üretilen ve tüketiciye 'taze beton' olarak teslim edilen betona 'Hazır Beton' denir. Hazır betonu, şantiyede elle ya da betoniyerle karıştırılarak hazırlanan betondan ayıran temel unsur, hazır betonun modern tesislerde bilgisayar kontrolüyle üretilmesidir. Hazır beton kullanıcısının hazır betonda arayacağı nitelikler TS EN 206-1 ve TS 13515 standartlarında yer almaktadır.

Hazır beton üretiminin su ölçme ve karıştırma işlemlerinin santralde veya transmikserde yapılmasına göre iki farklı şekli bulunmaktadır:

- Kuru Sistem
- Yaş Sistem

Kuru karışimli hazır beton, agrega ve çimentosu beton santralinde ölçülüp santralde veya transmikserde karıştırılan, suyu ve varsa kimyasal katkısı ise teslim yerinde ölçülüp karıştırılarak ilave edilen hazır betondur. Kuru karışimli hazır betonda şantiyede karışıma verilen su miktarına (formülde öngörülenden daha fazla olmamasına) ve karıştırma süresine (homojen bir karışım için yeterli süre) özel itina gösterilmesi gerekmektedir.

Yaş karışimli hazır beton, su dahil tüm bileşenleri beton santralinde ölçülen ve karıştırılan hazır betondur.

Hazır Beton Santrali

Hazır beton bileşenlerinin stoklanıp, kontrol altında karıştırılarak, hazır beton üretiminin gerçekleştirildiği ve transmiksere dolunun yapıldığı tesislere "beton santrali" denir. Beton santralleri karışım şekillerine göre "yaş ve kuru karışım" olmak üzere ikiye, gene aynı şekilde depolama şekillerine göre de "bunkerli" ve "yıldız tip" olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Yıldız tip santralde, santralin önünde yıldız şeklinde bir stoklama alanı vardır ve kova vasıtasıyla agregalar arkadaki karıştırma kazanına aktarılır. Bunkerli santralde ise agrega ve kumlar santralin önündeki bunkerlerde stok edilip, bantlı bir sistem ile karıştırma kazanına taşınır.

Üretim Süreci

Önce, hazır betonun üretiminde kullanılacak, doğru seçilmiş malzemelerin (çimento, agrega, su, katkı) kalitelerini ve birbirlerine uyumunu incelemek için laboratuvar deneyleri yapılır. Bu deneylerden geçen malzemelerde zamanla olumsuz değişiklikler meydana gelmesinin önlenmesi için sürekli kalite denetimi yapılmalıdır.

Hazır betonun üretim süreci, santral operatörünün üretilecek betonu tanımlayan formülün numarasını belirleyip, bilgisayar sistemini işletmesiyle başlar. İlk komuttan sonra, ayrı bölmelerde stoklanmış bulunan agrega, çimento ve su aynı anda tartılır. Daha sonra tartılmış agrega bant veya kovayla taşınarak mikser kazanına aktarılır. Bu sırada çimento, su ve formülde varsa kimyasal katkı maddesi de kazana aktarılır ve karıştırılır.

Bir harman betonun hacmi santraldan santrala değişmekle birlikte, genellikle 1-3 m³ 'tür. TS EN 206-1'e göre karıştırma işlemine beton üniform görünüm kazanıncaya kadar devam edilmelidir. Karıştırıcı, belirtilmiş karıştırma kapasitesinden fazla yüklenmemelidir.

Kimyasal katkıları, kullanılması halinde, esas karışım işlemi esnasında harmana ilâve edilmelidir. Ancak su azaltıcı veya yüksek oranda su azaltıcı katkıları, esas karışım işleminden sonra da ilâve edilebilir. Bu durumda kimyasal katkının, harman veya yüke tamamen dağılarak tam etkili hale gelmesi için beton tekrar karıştırılır. Yeterince karıştırılmış olan harman, transmiksere boşaltılır, dolum tamamlanıncaya kadar aynı işlem devam eder.

Beton Sınıfları

Basınç Dayanım Sınıfları

Betonun basınç mukavemeti, standart kür koşullarında saklanmış (20 °C ±2°C kirece doymuş su içerisinde), 28 günlük silindir (15 cm çap, 30 cm yükseklik veya 10cm çap, 20 cm yükseklik) veya küp (15 cm kenarlı) numuneler üzerinde ölçülür.

Hazır betonda basınç dayanımı sınıfları, karşılığı silindir ve küp mukavemetleri aşağıdaki tabloda özetlenmiştir. (TS EN 206-1)

Betonda İstatistiksel Kalite Denetimi

Beton üretim tesisinin belirlenen standart sapması olup, bu değer tesisin üretim araçlarına, kullanılan malzemelere, firmanın uyguladığı tekniklere ve personeline bağlıdır. İstenilen proje dayanımı olan f_{cd} 'yi gerçekleştirmek için amaçlanan dayanım f_{ca} şöyle hesaplanır: $f_{ca} = f_{cd} + 1.48\sigma$

TS EN 206 - 1 Standardına göre üretilen betonlardan numune alınması için iki durum söz konusudur. Başlangıç üretimi en az 35 deney sonucu elde edilinceye kadar olan üretimi kapsar. Sürekli üretim 12 aydan fazla olmayan sürede en az 35 deney sonucu elde edildikten sonraki üretimdir.

1) Üretim Kontrol Belgeli Üretilen Beton

Aşağıdaki tabloda verilen her 2 kriterin de belirlenmiş hacimdeki betondan alınan, n adet deney sonucu kullanılarak sağlanmasıyla betonun o basınç dayanım sınıfına ait olduğu kabul edilir. Kontrol belgeli olarak üretilen beton için basınç dayanımı ile tanımlama kriterleri:

Belirli hacimdeki betonlardan elde edilen deney adedi "n"	1. Kriter	2. Kriter
	"n" adet deney sonucunun ortalaması (fcm) N/mm ²	Herhangi tek deney sonucu (Fci) N/mm ²
1	Uygulanamaz	$\geq f_{ck} - 4$
2 - 4	$\geq f_{ck} + 1$	$\geq f_{ck} - 4$
5 - 6	$\geq f_{ck} - 2$	$\geq f_{ck} - 4$

fck: Karakteristik basınç dayanımı, N/mm²

fcm: Basınç dayanımlarının karakteristik ortalaması, N/mm²

fci: Bulunan en düşük basınç dayanımı, numune takımı ortalaması, N/mm²

σ : Uygunluk denetimlerinde kullanılan standart sapma, N/mm²

2) Üretim Kontrol Belgesiz Üretilen Beton

Belirlenmiş hacimdeki betondan deneyler için en az 3 adet numune alınmalıdır. Aşağıdaki tabloda verilen uygunluk kriterinin sağlanmasıyla, betonun uygun beton dayanım sınıf grubuna ait olduğu kabul edilir.

İmalat	Grupta elde edilen basınç dayanımı deney sonucu adedi "n"	1. Kriter	2. Kriter
		"n" adet deney sonucunun ortalaması (fcm) N/mm ²	Herhangi tek deney sonucu (Fci) N/mm ²
Başlangıç	3	$\geq f_{ck} + 4/t_d >$	$\geq f_{ck} - 4$
Sürekli	15	$\geq f_{ck} + 1,48 \sigma$	$\geq f_{ck} - 4$

Kıvam Sınıfları

Betonun işlenebilme özelliği kıvamı ile tayin edilebilmektedir. Kıvam, betonun kullanım yerine (kalıp geometrisi, demir sıklığı, eğim) betonu yerleştirme, sıkıştırma, mastarlama imkanlarına ve işçiliğine, şantiyede beton iletim imkanlarına (pompa, kova) bağlı olarak özenle seçilmesi gereken bir özelliktir.

Beton Standardı TS EN 206-1 'de 5 kıvam sınıfı bulunmaktadır. S1, S2, S3, S4 ve S5 sembolleri ile tanımlanan bu kıvamlar çökme (slump) konisi deneyi ile ölçülmektedir. Hazır betonda şantiye teslimi kıvam, taşıma süresi ve beton sıcaklığına bağlıdır. Taşıma süresi kıvamı etkilemekte, süre uzadıkça ve hava sıcaklığı yükseldikçe santralden şantiyeye kıvam kaybı artmaktadır.

Bu kıvam kaybının betona kimyasal katkı ilave edilerek dengelenmesi en doğru yöntemdir. Slump (Çökme) Deneyi yapılırken;

Çökme Sınıfları		Yayılma Sınıfları		Sıkıştırılabilirlik Sınıfları		Vebe Sınıfları	
Sınıf	Slump (Çökme), mm	Sınıf	Yayılma çapı, mm	Sınıf	Sıkıştırılabilirlik derecesi	Sınıf	Vebe Süresi, saniye
S1	10 - 40	F1	≤ 340	C0	≥ 1,46	V0	≥ 31
S2	50 - 90	F2	350 - 410	C1	1,45 - 1,26	V1	30 - 21
S3	100 - 150	F3	420 - 480	C2	1,25 - 1,11	V2	20 - 11
S4	160 - 210	F4	490 - 550	C3	1,10 - 1,11	V3	10 - 6
S5	≥ 220	F5	560 - 620			V4	5 - 3
		F5	≥ 630				

Çökme deneyi, kesik koni şeklinde bir kalıba doldurulan taze betonun, kalıp çekildikten sonraki çökme miktarının cm ya da mm olarak ölçülmesi esasına dayanır. Bu deney yöntemi ülkemizde son derece yaygın olarak kullanılmaktadır. Fakat yanlış olarak çökme deneyinden elde edilen sonuçlar betonun işlenebilirliğine bir gösterge olarak değerlendirilmektedir. Genel olarak, çökme değeri ile işlenebilirlik arasında yüksek bir korelasyon olması sebebiyle bu durum kayda değer olumsuzluklara sebep olmaz. Fakat yine de çökme değeri olarak ölçülen kıvamın artmasıyla, işlenebilirliğin de her zaman aynı oranlarda artmayacağı unutulmamalıdır.

Slump hunisi düz bir zemine konur. Standart slump hunisi üç eşit kademede doldurulup, her kademede 25 kez standart şişleme çubuğuyla şişlenir. Huni tamamen dolunca üst yüzeyi mala ile düzlenir. Huni yavaşça yukarı doğru kaldırılır; bu sırada taze beton kendi ağırlığıyla çöker.

Şişleme çubuğu huninin üzerine konur ve çöken betonun üst seviyesinden çubuğun altına kadar olan mesafe ölçülür. Bu uzunluk, taze betonun çökme (slump) değeri olarak adlandırılır. Beton yerleştirme işlemi sırasında vibratör kullanılması kaçınılmazdır. "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik"te vibratör kullanmadan beton dökümü işlemi yasaklamıştır. Şişleme, tokmaktama v.b. elle sıkıştırma usulleri, yalnızca vibratör kullanımıyla beraber, yardımcı usuller olarak kullanılabilir. Çökme deneyi, kolaylığından ve özel deney düzeni gerektirmemesinden dolayı şantiyelerde kalite kontrol amaçlı olarak taze betonun kıvamının sık sık kontrol edilebilmesi için çok uygundur. Bu deney TS EN 12350-2'de tanımlanmıştır.

Betonun Taşınması Sırasında Kıvam Kaybının Muhtemel Nedenleri

- Betonun yalancı priz yapması. Bunun önüne karıştırma işlemine devam edilerek geçilebilir
- Uzun taşıma mesafeleri. Yol boyunca beton priz almaya başlayabilir. Karışım suyu da buharlaşabilir
- Dökümden önce aşın karıştırma süresi
- Sıcak hava şartları

Özellikle bina sektöründe beton işçiliğinde bilinç ve eğitim düzeyi düşük olduğundan taşıma, yerleştirme ve mastarlama işlemlerinin kolaylığı açısından 18-22 cm çökmeli, çok akıcı kıvamlı beton kullanma, bu amaçla da şantiyede hazır betona su verme eğilimi çok yüksektir. Bu eğilimin mukavemet düşürücü zararlı sonucunu yok etmek için Türkiye Hazır Beton Birliği Yönetim Kurulu bir karar alarak üyelerine şantiye teslimi beton kıvamını S4 düzeyinde (çökme >16 cm) tutmalarını tavsiye etmiş, bunu yaparken su/çimento oranına (dolayısıyla mukavemete) dikkatlerini çekmeyi de ihmal etmemiştir. Bu konuda bilgilenen ve bilinçlenen müşteriler S4 kıvamlı beton sipariş vermektedir.

Birim Ağırlığına göre Beton Sınıfları

Birim Ağırlığına Göre Beton Sınıfları	
Sınıf	Sınır Değerler - Birim Hacim Kütlesi (kg/m ³)
Ağır	> 2600
Normal	> 800 - < 2600
Hafif	< 800

Agrega En Büyük (Maksimum) Tane Büyüklüğü

Beton içinde kullanılacak en iri agrega tane büyüklüğünün kalıp en dar boyutu, döşeme derinliği, pas payı, en sık donatı aralığı gibi unsurlarla uyumlu biçimde, TS 500'de belirtilen şekilde seçilmesi gerekir.

TS 500'e göre agreganın en büyük tane büyüklüğü:

- Kalıp genişliğinin 1/5'inden,
- Döşeme kalınlığının 1/3'ünden,
- iki donatı çubuk arasındaki uzaklığın 3/4 'ünden büyük olamaz.

Betonun agrega en büyük tane büyüklüğüne göre sınıflandırılmasında, betonda kullanılan en büyük agrega tane sınıfının üst anma büyüklüğü d (en büyük) esas alınır. D , TS 706 EN 12620'ya göre, agrega büyüklüğüne bağlı olarak tarif edilen en büyük elek göz açıklığıdır.

Çevre Etki Sınıfları

Dayanıklılıkla ilgili deneylerin sonuçlarındaki farklılıklar nedeniyle, beton performansıyla ilgili olarak çevreden kaynaklanan etkilere dayanıklı beton özelliklerini saptama yöntemi, belirlenmiş beton özelliklerinin sağlanması ve bileşimle ilgili değerlerin sınırlandırılması şeklinde standartta verilmiştir.

- Bileşen malzemelerin izin verilen tip ve sınıfları
- En yüksek çimento içeriği
- En düşük beton basınç dayanım sınıfı (tercihe bağlı)
- Betonun en düşük hava içeriği (gerekliyse)

Öngörülen düzeydeki bakım koşulları altında beton en az 50 yıl planlanmış kullanım ömrüne sahip olmalıdır. Sınır değerlerle ilgili kurallara uygun olması ve aşağıdaki koşullara maruz betonun, planlanan kullanım ömrü boyunca, yapıda yeterli dayanıklılık koşullarını sağlayacağı kabul edilir.

- Beton; TS 1247, TS 1248, ENV 13670-1 veya ilgili diğer standartlarda tanımlandığı gibi uygun şekilde yerleştirilmeli,
- Beton TS 500, ENV 1992-1 gibi ilgili tasarım standartlarında özel çevre şartlarına göre donatının beton örtü tabakası için verilen uygun en düşük kalınlığa sahip olmalıdır.
- Uygun etki sınıfı seçilmiş olmalı.
- Öngörülen bakım gerçekleştirilmelidir.
- Çevreden kaynaklanan etkiler, tabloda verilen etki sınıfları şeklinde tarif edilebilir. Beton tarif edilen etkilerin birden fazlasına maruz kalabilir. Bu durumda her iki koşulu da sağlamalıdır.

Klorür İçeriği

Klorür iyonları, çimento kütlelerinin yüzdesi olarak ifade edildiğinde, betonun klorür içeriği, seçilen sınıf için aşağıda verilen değeri geçmemelidir.

Birim Ağırlığına Göre Beton Sınıfları

Betonun Durabilite Koşullarına Göre Tasarımı

Sınıf	Açıklama	Maks. Su/Çimento Oranı	Min. Çimento Dozajı	Min. Dayanım Sınıfı	
X 0		Zararlı etki yok	Sınır yok	Sınır yok	C12/15
X C	1	Kuru veya sürekli ıslak	0.65	260	C20/25

2	Islak, bazen kuru	0.60	280	C25/30	
3	Orta derecede rutubet	0.55	280	C30/37	
4	Tekrarlı ıslanma- kuruma	0.50	300	C30/37	
X D	1	Orta dereceden nemli	0.55	300	C30/37
2	Islak, bazen kuru	0.55	300	C30/37	
3	Tekrarlı ıslanma- kuruma	0.45	320	C35/45	
X S	1	Deniz suyu teması yok	0.50	300	C30/37
2	Sürekli su içinde	0.45	320	C35/45	
3	Tekrarlı ıslanma- kuruma	0.45	340	C35/45	
X F	1	Buz çözücü madde içermeyen suya orta dereceden doymun	0.55	300	C30/37
2	Buz çözücü madde içeren suya orta dereceden doymun	0.55a	300	C25/30	
3	Buz çözücü madde içermeyen suya yüksek dereceden doymun	0.50a	320	C30/37	
4	Buz çözücü madde içeren veya deniz suyuna yüksek dereceden dolgun	0.45a	340	C30/37	
X A	1	Az zararlı kimyasal ortam	0.55	300b	C30/37

2	Orta zararlı kimyasal ortam	0.50	320b	C30/37	
3	Çok zararlı kimyasal ortam	0.45	360b	C35/45	
X M	1	Orta düzeyde aşınma	0.50	320	C30/37
2	Ağır aşınma	0.50	320	C30/37	
3	Çok ağır aşınma	0.45	340	C35/45	

a: Betonda sürüklenmiş hava içeriği en az %4 olmalıdır
b: Sülfata dayanıklı çimento

Betonda öngörülen en fazla klorür içeriği

Kullanılan beton	Klorür içeriği sınıfı a	Çimento b kütlesine göre en fazla Cl ⁻
Çelik donatı ve diğer gömülü metal ihtiva eden	Cl 0,20 Cl 0,40	% 0,20 % 0,40

a Belirli kullanım amaçlı uygulanacaktır, betonun kullanılacağı yerde geçerli kurallara bağlıdır. Tip II mineral katkıların kullanıldığı ve mineral katkının çimento miktarına dahil olarak kabul edildiği yerlerde klorür muhtevası, klorür iyonlarının, çimento + hesaba katılan katkı miktarlarına oranlanmasıyla bulunur.

Diğer Özellikler

Taze Beton Sıcaklığı

Hazır Beton standardına uygun olarak şantiyeye teslim edilen taze hazır beton sıcaklığının +5°C'den az olmaması gerekmektedir.

Hazır Betonun Siparişı

Hazır betonu sipariş vermeden önce, yapınızda ne tür beton kullanılacağını doğru tespit etmeniz gerekir. Çünkü birçok durumda sipariş edilen beton sınıf dayanımı talebini karşılamasına rağmen, istenen işlevi yerine getirmeyebilir. Örneğin, sülfatlı bir zemine dökülecek temel betonunda dayanıklılık özelliği, basınç dayanımından daha önemlidir. Beton sınıfı, mevcut statik yapı projesinin üzerinde görülebilir. Ancak çevre şartları iyi tetkik edilmelidir. Gerektiğinde, hazır beton tesislerindeki uzmanlar da bu konuda yardımcı olabilirler. Hazır beton kullanıcılarının, TS EN 206-1 Beton Standardı'nı iyi inceleyerek, tüketici olarak hangi haklara ve yükümlülöklere sahip olduklarını bilmeleri gerekir.

Hazır Beton Siparişinde Aşağıdaki Noktalara Dikkat Edilmesi Gerekir:

Sipariş edeceğiniz betonun miktarını, basınç dayanım sınıfını, kıvam sınıfını, agrega en büyük tane büyüklüğünü, miktarını, ne tür bir yapı elemanı için istendiğini, çevre şartlarını ve varsa diğer özelliklerini ayrıntılarıyla tespit edip, siparişinizi ona göre verin.

Beton döküm programınızı iki üç gün önceden firmaya bildirin:

- Teslim günü ve saati
- Birim sürede verilecek beton miktarı (hızı)
- Boşaltma şekli (beton pompası, vinç kovaları vb.)
- Sipariş bilgileri: İsim - Firma - Vergi Dairesi
- Şantiyenin adresi ve telefonu
- Şantiyede beton döküm ve yerleştirme süresini iyi ayarlayın, aksaklıklar çıkabilir.
- Zemin veya atmosferde, betonarme elemanlar üzerinde olumsuz etkilerde bulunabilecek çevresel koşullar (sülfat, deniz suyu, asitler, donma-çözölme vb.) hakimse, beton üreticinizi bilgilendirin.
- Sipariş verdiğiniz betona ilişkin olarak deney sonuçlarını isteyin.

Hazır Betonun Taşınması

Hazır beton, çabuk kullanılması gereken bir üründür; üretiminden itibaren en geç 2 saat içerisinde, müşteri tarafından teslim alınması ve kalıba yerleştirme işlemine başlanması gerekir. Bu süre, bulunulan ortamın koşullarına, çimento ve betonun cinsine ve kimyasal katkıların türlerine bağlı olarak değişebilir ve geciktirici kimyasal katkıları kullanılarak uzatılabilir.

Hazır beton, bu özelliği nedeniyle "transmikser" adı verilen özel araçlarla taşınır ve teslimata kadar homojenliğini koruması için transmikserde karıştırılır. Bu karıştırma, beton sınıfına bağlı olarak farklı devirlerde yapılır.

Taşıma işlemi, tesisin işletme bölümünün sevkiyat programına göre gerçekleştirilir; transmikser operatörü ve gerektiğinde beton pompası operatörü taşıma ve teslim işleminin diğer sorumlularıdır. Transmikser operatörü betonu müşterinin şantiyesine taşır, pompa operatörü de betonu istenilen noktaya, kalıba aktarır (Pompa mobil veya sabit olabilir).

Hazır Betonun Teslim Alınması

- Her transmikser irsaliyesini betonu dökmeye başlamadan önce muhakkak kontrol edin, siparişinize uygun olduğundan, taşıma süresinin geçmediğinden emin olun.
- Kıvamını gözleyin ve gerekirse çökme deneyiyle kontrol edin; siparişinizden daha yüksek kıvamlı betonu geri çevirin. Daha kuru kıvamlı gelen beton için hazır beton firmasıyla irtibat kurun. Beton kıvamını artırmak için kullanılan akışkanlaştırıcı katkı malzemesi betonunuza zarar vermeyecektir.
- Soğuk veya sıcak havalarda taze betonun sıcaklığını ölçün.
- Teslim edilen betondan, her biri ayrı transmikserden olmak üzere, TS 500'de belirtilen adetlerde numune alın.
- Numuneler sayesinde hem birim ağırlıktan (beton miktarından) hem de sınıf dayanımından emin olacağınızı unutmayın.
- Numunelerinizi alırken, saklarken, kırdırırken ilgili standartlara uyun.
- Basınç deneyi sonuçlarını TS 500'e göre yorumlayın.
- Deney sonuçlarını raporlandırın ve saklayın.

Bitmiş yapıda, uzun vadede betonun kalitesini belirleyen beş temel aşama söz konusudur:

- Betonun tasarımı (bileşim hesabı)
- Betonun üretimi (ölçme, karıştırma)
- Betonun taşınması
- Betonun yerleştirilmesi, sıkıştırılması
- Betonun bakımı, kürü
- Yerleştirme - Sıkıştırma
- Bakım - kür

Betondan iyi verim elde etmek için bu unsurlara da özen göstermek zorundasınız:

Yerleştirme - Sıkıştırma - Vibrasyon

Kalıba dökülen betonu, kalıbın her tarafına yaymak, donatıları iyice sarmasını sağlamak ve hava boşluklarını dışarıya çıkararak doluluğu artırmak için vibratörle sıkıştırmak gerekmektedir. Vibrasyonun esası, betonu kuvvetli bir şekilde titreşime tabi tutmaktır. Deprem yönetmeliğinde belirtildiği üzere, her tür beton sınıfında, yerleştirme aşamasında vibratör kullanmak mecburidir.

Şantiyelerde betonun vibrasyonu için kullanılan vibratörler üç tiptir:

İçten Titreticiler

Bir diğer adı da "Dalıcı Vibratör" olan ve en çok kullanılan vibratör tipidir. Vibratör, titreten bir metal iğne ve ona, güç kaynağından hareket gücü ileten, hortum içindeki esnek bir bağlantı şaftından oluşur. Titreşimli iğne beton içindeki en büyük agrega boyutu, betonun kıvamı, kalıp ve donatı durumuna bağlıdır.

Dıştan Titreticiler

Kalıp Vibratörleri diye de adlandırılan ve kalıba dıştan monte edilerek kullanılan vibratörlerdir. Bu vibratörler genellikle donatı yoğunluğunun fazlalığı nedeniyle içten titretici uygulanamayan sıkışık yerlerde, tünellerin kemer kaplamaları ile prefabrik eleman üretiminde kullanılırlar. Kolaylıkla sokulup takılabileme özellikleri nedeniyle dökümün ilerlemesine göre kalıp üzerinde yerleri değiştirilebilir. Elektrikle veya basınçlı hava ile çalışırlar.

Yüzey Titreticiler

Satın Vibratörleri de denilen bu vibratörler titreşen bir mala ve master şeklindedirler. Daha çok döşeme ve yol kaplama betonlarında kullanılırlar. Yaklaşık olarak 20 cm derinliğe kadar etkili olurlar. Şayet daha derin kısımların vibrasyonu gerekiyorsa dalıcı vibratörlerle birlikte kullanılmalıdır.

Beton Vibrasyonunda Dikkat Edilmesi Gereken Noktalar:

- Beton elden geldiğince yerleştirileceği yere veya onun çok yakın bir bölgesine dökülmelidir. Özellikle döşeme betonlarında hem zaman ve iş gücü kaybı, hem de betonun ayrışma tehlikesi açısından, betonu belirli bir bölgeye yığıp oradan kürekle yerine yerleştirme yönteminden kaçınılmalıdır.
- Beton homojen tabakalar halinde yerleştirilmelidir. Yerleştirme esnasında büyük yığınların veya eğimli tabakaların oluşturulmasına engel olunmalıdır.
- Duvar ve kolon gibi düşey taşıyıcı yapı elemanlarında, beton kalıbına 30-45 cm'lik tabakalar halinde yerleştirilmelidir. Bu kalınlık brüt beton uygulamasında ve eldeki mevcut vibratörün uzunluğuna bağlı olarak 30 cm ile de sınırlandırılabilir.
- Beton, kalıba fazla yüksekte dökülmemelidir.
- Beton yerine mümkün olduğunca hızlı yerleştirilmelidir. Fakat bu işlem sıkıştırma yönteminden ve sıkıştırma ekipmanının yetiştirebileceğinden de hızlı olmamalıdır. Kısaca betonun yerleştirme ve sıkıştırma hızları uyum içinde ve eşit olmalıdır.
- Brüt beton yüzeyli kolon ve duvarlarda betonun kalıp içinde yükselme hızı 2m/saat'ten fazla olmalıdır. Gecikme ve duraklamalara meydan verilmemelidir. Bu tür uygulamalarda yüzeyde oluşması muhtemel hava kabarcıklarını azaltmak için kalıp ince ve homojen bir yağ tabakasıyla yağlanmalı, betonun bileşimi ise iri agregası azaltılmış ve uygun kıvamlı (8-12 cm çökme) olacak şekilde ayarlanmalıdır.

Yüzeyde Sıkışmış Kabuk Tabakası - Sıkışmamış Beton

- Vibratör daldırıldığı kesimde, beton karışımına ve kullanılan vibratör cinsine bağlı olarak beton yüzeyinde ince bir şerbet tabakası belirip, beton içinde sıkışan havanın yüzeye çıkmasını sağlayana kadar (en az 15 sn.) sabit tutulmalı, daha iyisi küçük düşey hareketler yaptırılmalıdır. Brüt beton uygulamasında vibrasyon süresi gerekirse 30 saniyeye kadar uzatılmalıdır.
- Vibratör betonun içinden yavaşça çekilmelidir (-8cm/sn). Böylece sıkılama esnasında vibratörün, beton içinde oluşturduğu boşluğun kapanması sağlanacaktır. Kuru karışımlarda şayet bu başarılamıyorsa vibratörün yeniden bir kaç santim kadar betona daldırılması problemi çözecektir. Eğer yeniden daldırma etkili olamıyorsa karışımı veya vibratörü değiştirmek gerekecektir.
- Vibrasyon esnasında vibratörün her defasında bir önceki tabakaya 10 cm kadar girmesine dikkat etmek gerekir. Böylece iki tabakanın birbiriyle kaynaşması sağlanacaktır.
- Vibratörün kalıp yüzeyine temas etmesini önlemek gerekir. Bu, kalıp yüzeyinin hasar görmesini önleyeceği gibi vibratöründe hasar görmesine engel olacaktır. Emniyetli tarafta kalmak için vibratörü kalıptan 75-100 mm uzakta tutmak gerekir.
- Vibrasyon esnasında vibratörün betonarme donatılarına temasını da önlemek gerekir. Bu donatıların kalıp içerisindeki konumunun bozulmasını önleyecektir.
- Vibratör sıkılama esnasında beton yığınının tam tepesinden daldırılmamalıdır. Bir yığını düzlemek için vibratörü yığına kenardan daldırıp yerleşmeye başlayan tabaka üzerinde ilerletmek gerekir. Yığın düzlendikten sonra sıkıştırma başlatılmalıdır.
- Vibratör betona düşey olarak daldırılmalı ve daldırma aralığı vibratörlerin etki yarıçaplarına bağlı olarak 45-50 cm'yi geçmemelidir. Küçük çaplı vibratör kullanılması halinde ve brüt beton uygulamasında daldırma aralıklarının daha da düşürülmesi gerekir.
- Beton yerleştirilirken yardımcı oluklar kullanılması halinde betonun bu oluklardan akışını vibratör kullanarak sağlamaktan kaçınılmalıdır.
- Vibrasyon esnasında vibratör iğnesinin tamamen betona gömülmesini sağlamak gerekir. Beton içinde olmadığı zaman vibratör çalıştırılmamalıdır.
- Yüzey görünümünün çok önemli olduğu yerlerde ilave vibrasyon uygulayarak yüzeydeki boşluk sayısını azaltma yoluna gidilmelidir.
- Vibratörün motoru sarsıntılı çalışıyorsa bakımını yapmak gerekir. Vibratör, esnek milinden çekilerek taşınmamalıdır. Her iş bitiminde vibratör muhakkak temizlenmelidir.
- Taze beton, içinde hava boşlukları kalmayacak biçimde mümkün olan en yüksek yoğunluğa kadar sıkıştırılmalıdır.

Betonda Yüzey Bitirme İşlemi

Sertleşmiş beton yüzeyinde söz konusu yapının proje şartnamelerinde tanımlanan görünüşün elde edilmesi gerekir. Bu görünümün yerine göre kalıp veya çeşitli el ve makine yöntemleri ile elde edilmesi için yapılan işlemlere genel olarak "bitirme" denir.

Düşey yüzeyler genellikle kalıp tutularak bitirilmiş olurlar, istenen yüzey kalitesine göre değişen kalite ve tipte kalıplar kullanılır. Bazen kalıp alındıktan sonra yüzeye el veya makine ile ek bitirme işlemleri uygulanabilir. Çoğunlukla yatay yüzeyler ve bazı eğik yüzeyler kalıpsız bitirilirler. Bu şekilde yapılan bitirme işleminde bazen de makine yöntemleri kullanılır.

Döşeme betonlarında yüzey bitirme işlemi genellikle çelik veya ahşap master ve malalarla yapılır. Kenar, pah ve derz işlemleri gereken yerlerde, önce kenar bitirmesi yapılmalı, sonra pah ve derzler bitirilmelidir.

Bazı beton satırlarda master ve mala işleminden sonra gereken pürüzlülüğün verilmesi için, belli bir yönde fırça çekilir. Bazı büyük döşeme ve kaplama betonlarında ise vibrasyonlu master ve makine malası kullanılabilir.

Betonun Kürü

Yerine yerleştirilen betonun dayanımının zaman içinde gelişimi, bünyesindeki çimentonun su ile yapacağı hidrasyon reaksiyonlarının sürekliliği ile mümkündür. Hidrasyon olayının normal bir şekilde gelişmesini engelleyen saklama koşulları ile ilgili faktörler havanın sıcaklık ve nem derecesi ile rüzgarlı olmasıdır. Hava sıcaklığının düşük olması hidrasyonu yavaşlatacak, buna bağlı olarak da beton yavaş dayanım kazanacaktır. Şayet havanın sıcaklığı fazla ise bu durumda da buharlaşma olacak ve hidrasyon için gerekli su miktarında azalma olacaktır. Havanın rüzgarlı olması da buharlaşmayı arttıracaktır. Bu durumda buharlaşmanın önlenmesi, ancak betona yeterli bir rutubet kaynağı sağlamakla mümkün olacaktır. Şayet betonda bu gibi etkiler sonucu oluşan su kaybı önlenemez ise ani kurumadan dolayı betonda büzülme olacak ve çatlaklar meydana gelecektir.

Karışım suyunu belirli bir süre betonun bünyesinde tutabilmek için genelde iki yöntem uygulanmaktadır. Birincisi betonu sık sık ve devamlı sulama, ıslak çuvallarla örtme, buhar verme, kum, nemli toprak veya saman sererek sürekli ıslatmak gibi önlemlerdir. İkincisi ise mastarı biter bitmez beton yüzeyini piyasadan hazır olarak temin edilebilecek sıvı kür maddeleri ile kaplamaktır. Bu maddeler, püskürtme yoluyla veya fırça ile beton yüzeyine uygulanırlar ve yüzeyde geçirimsiz bir tabaka oluşturarak beton karışım suyunun kaybolmasına engel olurlar.

Soğuk havalarda, gerek don etkisine karşı gerekse kalıp alma süresini kısaltmak için betonu, bir çadır altında ve içerisinde gerekli ısıyı sağlamak için ateş yakarak, sıcak hava veya buhar üfleyerek veya benzeri ısıtma yöntemlerini kullanarak muhafaza etmek gerekir. Ortaya çıkacak CO (karbonmonoksit) gazı için gerekli önlemler alınmalıdır.

Sıcak veya soğuk havada beton dökerken dikkat edilecek hususlarda daha ayrıntılı bilgi için TS 1248'e başvurulabilir.

Betonun yerleştirilmesi & bakımı özel bir işlem süreci olup; betonun öngörülen dayanımı ve dayanıklılığı kazanması için doğru olarak siparişi ve tesliminin yanında, doğru bir şekilde yerleştirilmesi ve bakımının yapılması gerekmektedir.

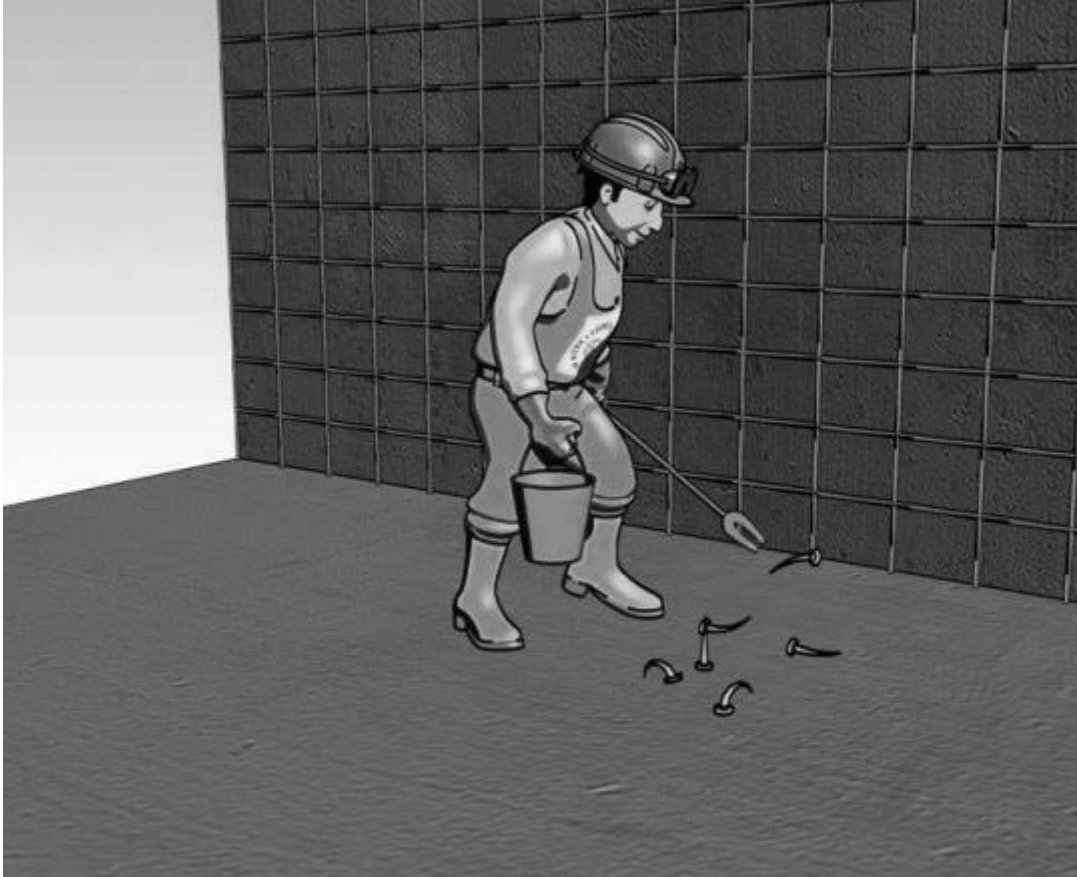
Beton kullanıcısı TS 1247 (normal hava koşullarında beton yapım, döküm ve bakım kuralları) ve TS 1248 (anormal hava koşullarında beton yapım, döküm ve bakım kuralları)'na göre şantiyede beton bakımını yapmalıdır. Zira yapılan araştırmalarda bakımı yapılmamış betonların veya iyi sıkıştırılmamış betonların dayanımlarının düşük olduğu ve çevre etkilerine dayanıksız olduğu gözlemlenmiştir.

Betonun yerleştirilmesi

Beton Yerleştirilmeden Önce Yapılacaklar

- Betonun yerleştirme yöntemi ve beton döküm süresi önceden belirlenmelidir
- Kalıplar sağlam, temiz ve yağlanmış olmalıdır
- Yer betonu dökülecekse zemin sıkıştırılıp nemlendirilerek döküme uygun hale getirilmelidir
- Beton teslim alınırken irsaliye fişinden başlanarak istenmiş olunan ürünün özellikleri kontrol edilmelidir

Resim 1: Kalıpların yağlanması

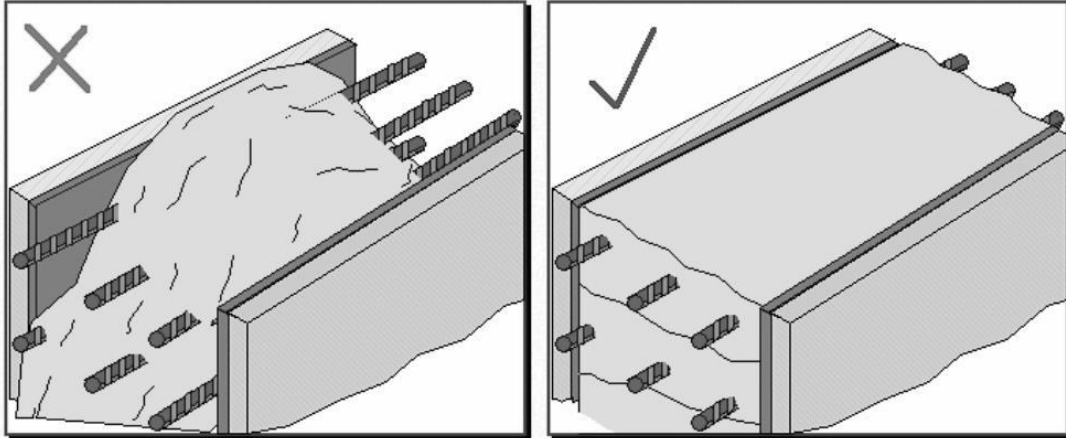


Beton Yerleştirilmesi Sırasında Yapılacaklar

- Beton kalıba yüksekten dökülmemelidir (en fazla 1.5 metre). Bu ayrışmaya ve kalıbın patlamasına neden olur
- Beton yatay tabakalar halinde dökülmelidir
- Kolon ve perde gibi düşey elemanlar en az üç defada doldurulmalıdır
- Beton yerleşeceği yere en yakın bölgeye dökülmelidir
- Betonun sıkıştırmak için vibratör kullanılmalıdır. (Yeni Deprem Yönetmeliği'nde vibratör kullanımı zorunlu kılınmıştır)



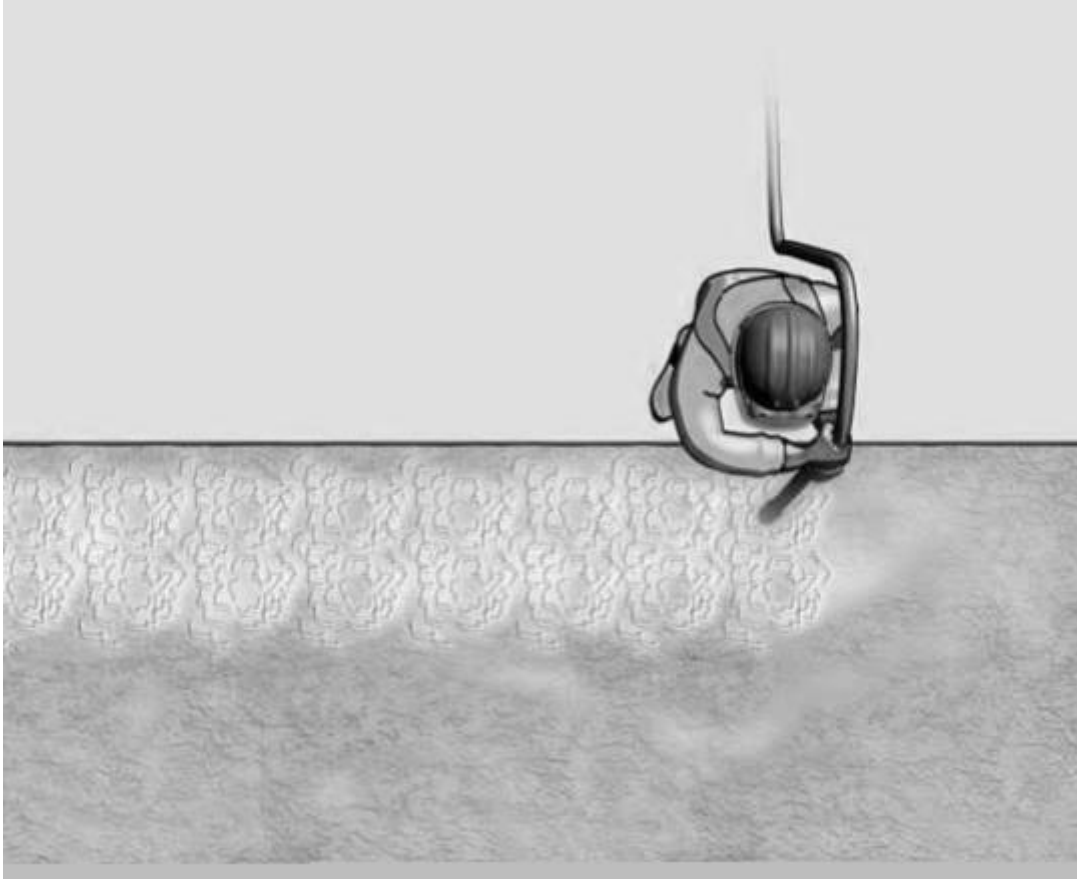
Resim 2: Beton dökümünden önce gerekli güvenlik önlemlerinin sağlanması gerekir.



Resim 3: Kütleli beton işlerinde beton eşit tabakalar halinde dökülmelidir. Aksi halde betonun sıkıştırılması çok zor olur.

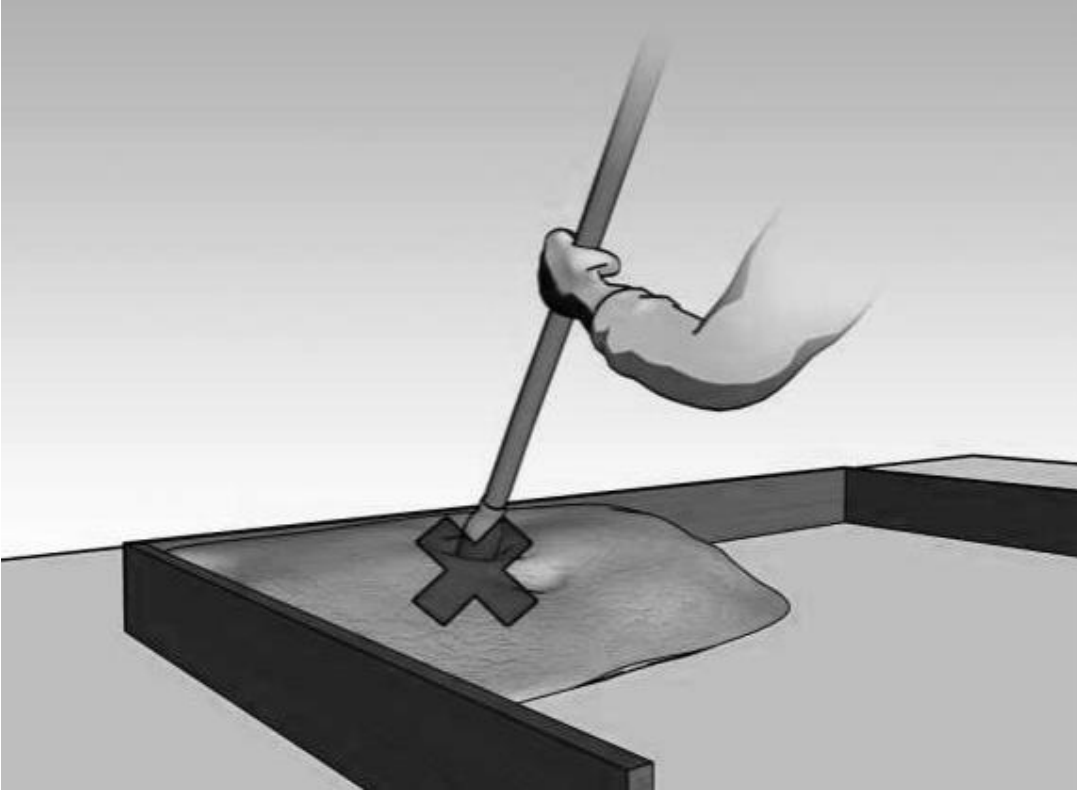
Vibrasyonda Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar:

- 1. Vibratör ucunu beton içerisine hızlıca daldırmak ve betondan yavaşça çıkarmak gerekir
- 2. Kalıplara kesinlikle vibratör ucu temas etmemelidir
- 3. Vibratör betona düşey olarak daldırılmalı ve daldırma aralığı vibratörlerin etki yarıçaplarına bağlı olarak 45-50 cm'i geçmemelidir.
- 4. Titreştirilen bölgeler birbirlerine örtüşecek şekilde vibrasyon yapılmalıdır. Vibrasyon esnasında vibratörün her defasında bir önceki tabakaya 10 cm kadar girmesi tabakaların kaynaşmasını sağlar.

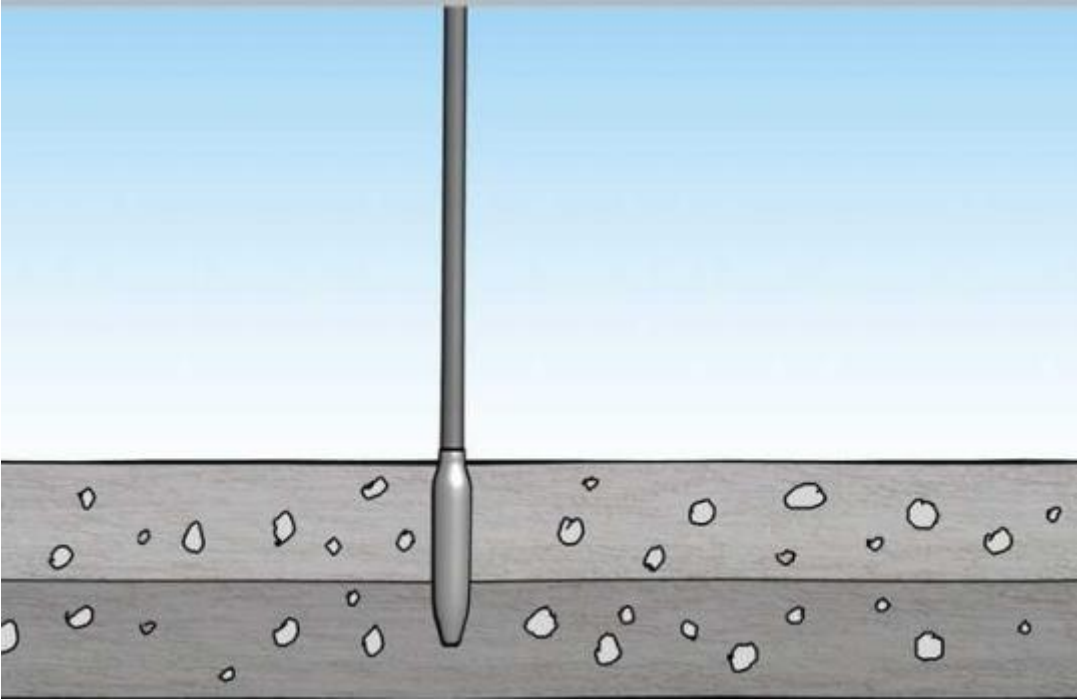


Resim 4: Titreşen bölgeler örtüşmelidir.

- 5. Vibratör, betonu yatay yönde taşımak için kullanılmamalıdır. (bkz. Resim 5)
- 6. Vibratör ucu taze beton içerisinde çok kısa veya çok uzun süre ile tutulmamalıdır.
- 7. Az, aşırı ya da yanlış vibrasyon uygulaması sonucu betonun içerisindeki ince ve kaba malzemeler birbirinden ayrışır. Betonun homojenliğinin bozulduğu bu duruma ayrışma (segregasyon) denir. Bu durumun oluşmasından kaçınılmalıdır.



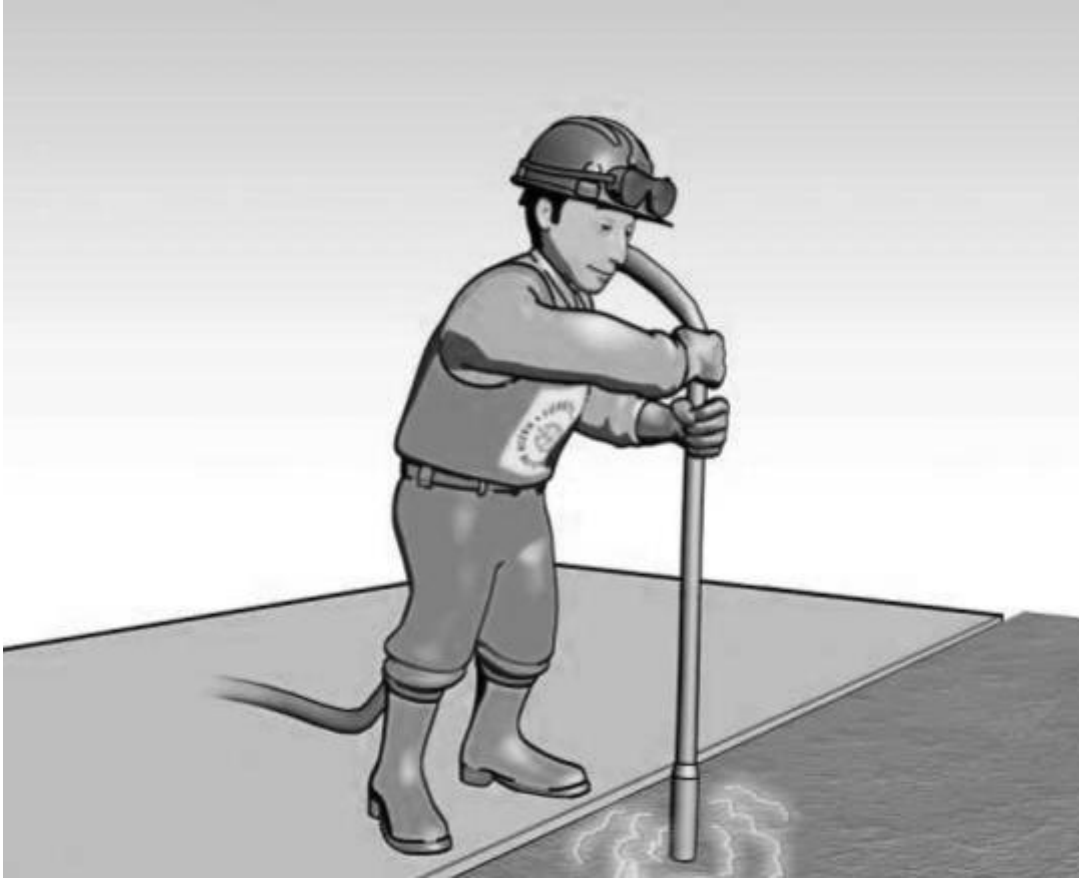
Resim 5: Beton yatay yönde vibratör ucu ile taşınmaz.



Resim 6: Soğuk derz oluşmasını engellemek için alt tabakaya vibratörün ucu işlemeli.
Vibrasyonda Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar:

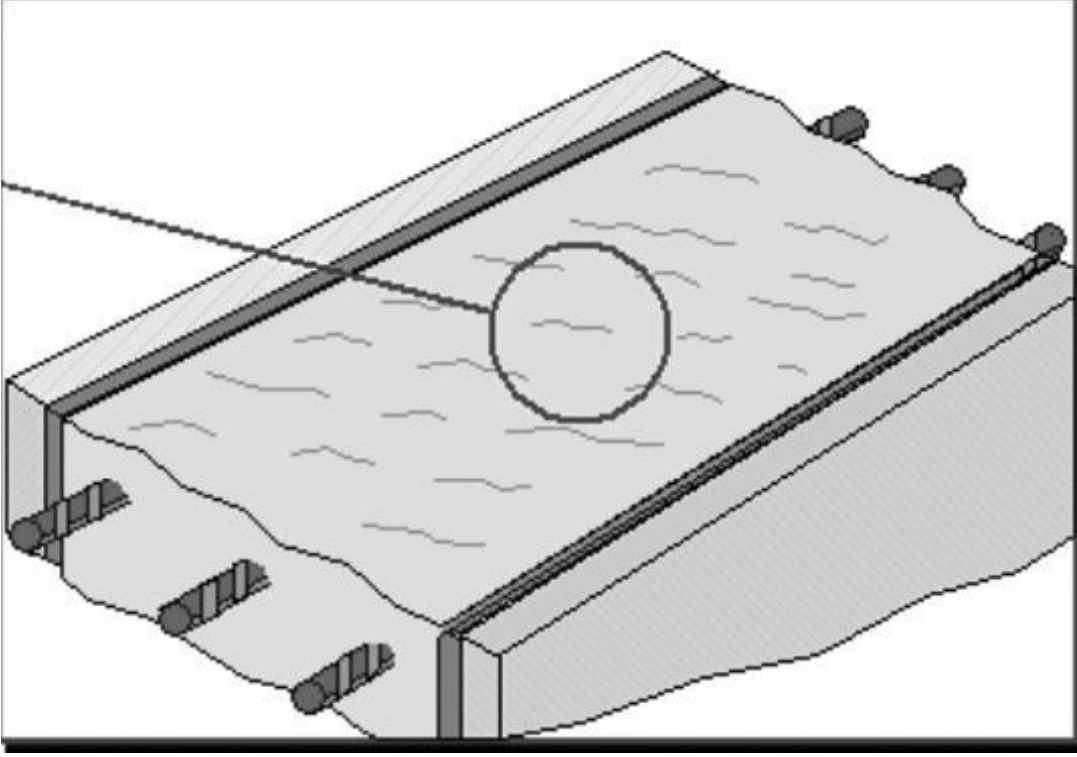
- 1. Vibratör ucunu beton içerisine hızlıca daldırmak ve betondan yavaşça çıkarmak gerekir
- 2. Kalıplara kesinlikle vibratör ucu temas etmemelidir

- 3. Vibratör betona düşey olarak daldırılmalı ve daldırma aralığı vibratörlerin etki yarıçaplarına bağlı olarak 45-50 cm'i geçmemelidir.
- 4. Titreştirilen bölgeler birbirlerine örtüşecek şekilde vibrasyon yapılmalıdır. Vibrasyon esnasında vibratörün her defasında bir önceki tabakaya 10 cm kadar girmesi tabakaların kaynaşmasını sağlar.



Resim 7: Vibrasyon uygulamasında kullanılan vibratör tabaka da 10 cm girilerek vibrasyon işlemi yapılmalıdır. Tipi beton tabaka kalınlığına göre seçilmelidir.

Not: Betonda hava içeriğinin %1 artması beton dayanımını yaklaşık %5-6 azaltır.

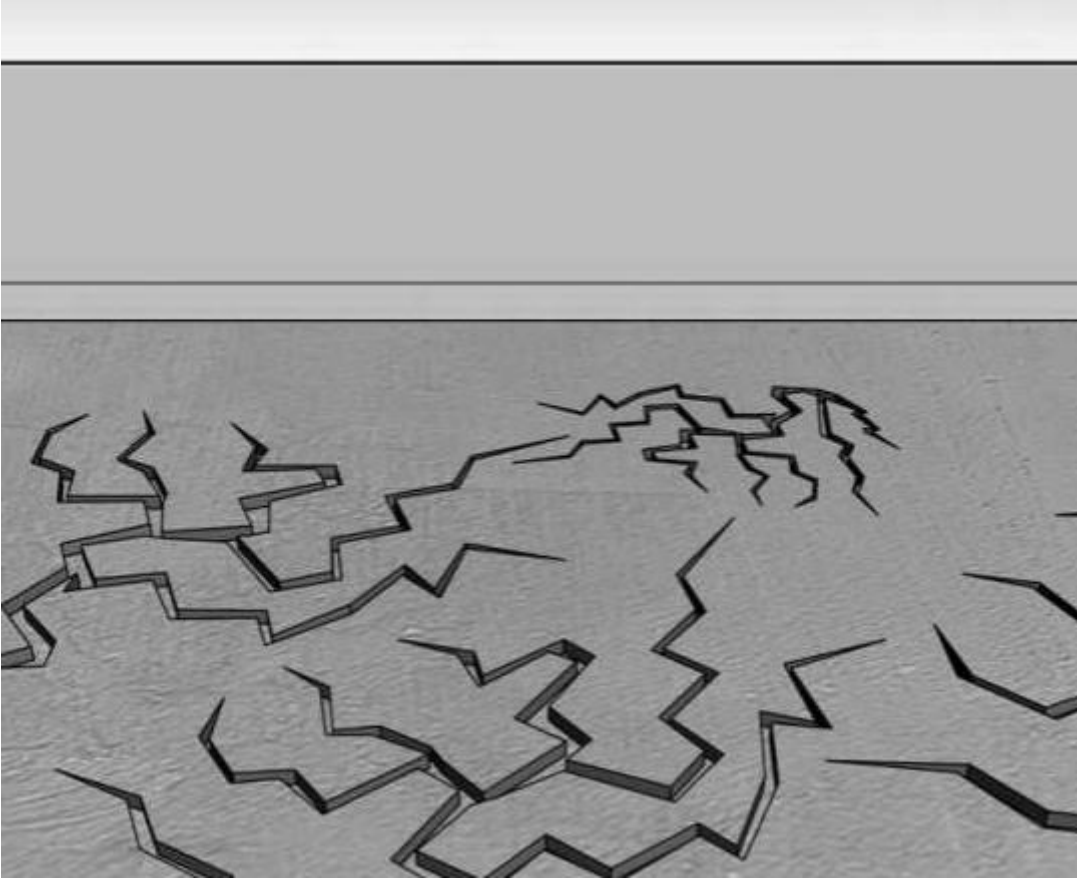


Resim 8: Sıkıştırma işleminde sonra çevresel etkiler nedeniyle rötre çatlakları oluşur. Betonun hala plastik kıvamda ise yeniden vibrasyon uygulaması yapılması faydalıdır. Ayrıca kolonlarda 50-60 cm'lik tabaka yeniden vibrasyona tabi tutulabilir. Bu bölge üzerinde yeterli ağırlık olmadığından sıkışması daha zordur.

Beton Yüzeyinin Bitirilmesi

Düşey yüzeyler genellikle kalıp ile temas halinde olduklarından istenen yüzey kalitesine göre değişen kalite ve tipte kalıplar kullanılır. Bazen kalıp alındıktan sonra yüzeye el veya makine ile ek bitirme işlemleri uygulanabilir. Çoğunlukla yatay yüzeyler ve bazı eğik yüzeyler kalıpsız bitirilirler. Bu şekilde yapılan bitirme işleminde bazen makine yöntemleri de kullanılabilir.

Döşeme betonlarında yüzey bitirme işlemi genellikle çelik veya ahşap master ve malalarla yapılır. Kenar, pah ve derz işlemleri gereken yerlerde, önce kenar bitirmesi yapılmalı.



Resim 10: Beton yüzeyinde oluşan çatlaklar sonra pah ve derzler bitirilmelidir.

Bazı beton satırlarda master ve mala işleminden sonra gereken pürüzlülüğün verilmesi için, belirli bir yönde tarak çekilir. Bazı büyük döşeme ve kaplama betonlarında ise vibrasyonlu master ve makine malası kullanılabilir.

Betonun Bakımı

Betonun bakımı bir başka deyişle betonun kuru, beton yerleştirdikten sonra veya beton ürünlerinin imalatından sonra oluşabilecek su kaybını engellemek ve hidrasyon reaksiyonlarının uygun şekilde ve zamanda gerçekleşmesini sağlamaktır. Çimento hidrasyonu günlerce, haftalarca hatta aylarca sürer. Hidrasyon reaksiyonunun devamı için yeterli miktarda su ve sıcaklık gerekmektedir. Bu koşullar sağlanmadığı takdirde betondan beklenen dayanım ve dayanıklılık (durabilite) elde edilemez.

Betonun su kaybederek kurumasını önlemek, dolayısıyla çimentonun hidrasyonunu sürdürmesi için üç yol izlenir:

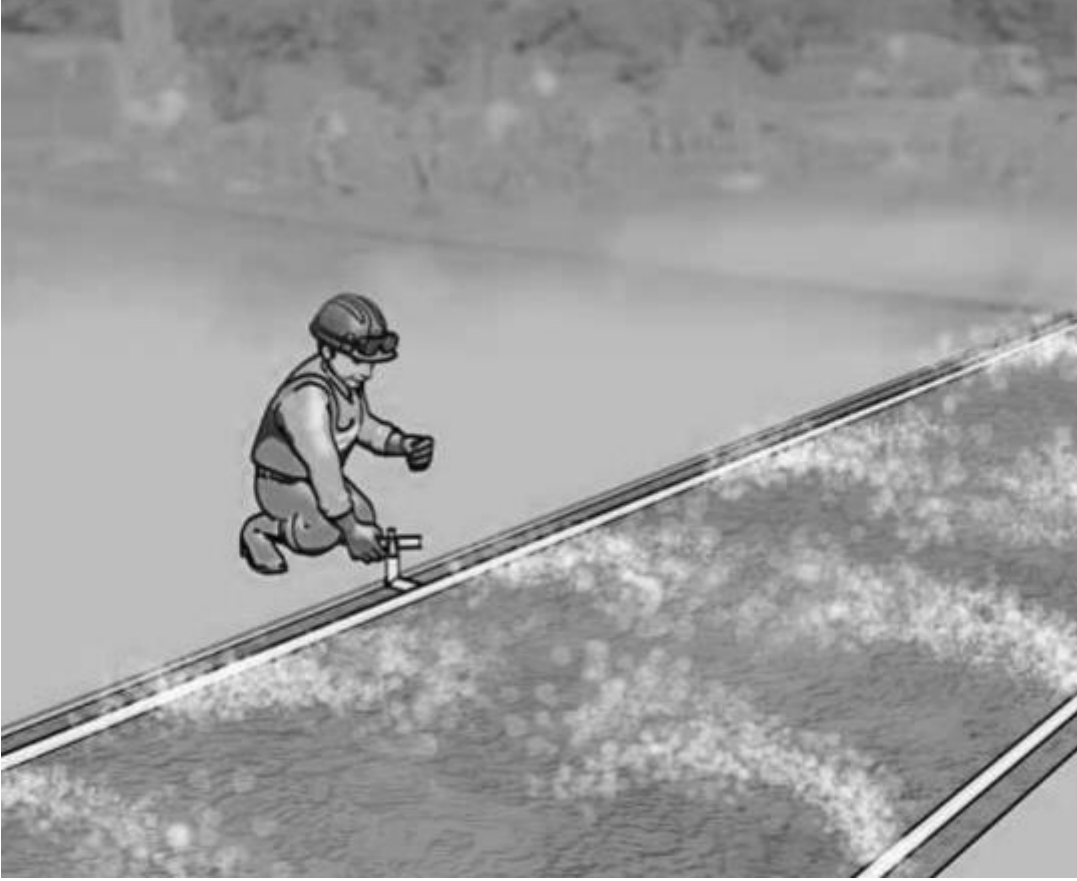
- Su geçirmeyen (naylon-polietilen) bir örtü ile beton yüzeyi kapatılır
- Sürekli olarak betonun yüzeyinin nemli kalması sağlanır. Genellikle hortum ya da mekanik spreyleme sistemi ile su püskürtülür ya da su göleti oluşturulur.

- Kimyasal kr katkıları kullanılarak beton yüzeyinin kaplanması sağlanır. Özellikle geniş yüzeye sahip beton işlerinde buharlaşma ile kaybedilen su hidratasyon reaksiyonlarının yavaşlamasına neden olacaktır.

Su ile Kr Yapılması



Resim 10: Beton yüzeyinin hortumla sulanması

**Resim 11:** Beton yüzeyinde su püskürtme sis oluşturulması

Sürekli olarak beton yüzeyinin ıslak kalması sağlanmalıdır. Uygun kür süresi yaklaşık 7 gündür. Kış aylarında bu süre uzatılmalıdır. Su püskürtülerek beton yüzeyinin ıslatılması çok iyi bir kür metodudur. Eğer bu işlem aralıklarla yapılıyorsa beton yüzeyinin kuru kalmamasına dikkat gösterilmelidir. Bu sistemin tek dezavantajı maliyetidir. Sistemin uygun işlemesi için yeterli miktarda su ve tecrübeli uygulamacı gerekmektedir.

Telis bezi veya diğer su tutucu örtüler kullanılarak da beton yüzeyinin ıslak kalması ve buharlaşmanın daha az olması sağlanabilir. Yüzeyde bozulma olmasını engellemek için beton sertleşir sertleşmez su tutucu örtüler serilmelidir. Özellikle döşeme köşelerinde daha dikkatli ve özenli olunmalıdır. Örtülerin sürekli ıslak kalmaları sağlanmalıdır.



Resim 12: Beton yüzeyine telis bezi serilmesi
Kimyasal Maddeler ile Kür Yapılması



Resim 13: Kullanım kılavuzuna uygun olarak kullanılması gereken kimyasal malzemenin deri ve gözle temas etmemesine dikkat edilmelidir.

Beton Yüzeyinin Örtü ile Kaplanarak Kür Yapılması

Resim 11'de görüldüğü gibi uygulanan kimyasal kür malzemeleri işin cinsine göre farklılık gösterir. Beyaz veya alüminyum renginde olan kimyasal maddeler beton yüzeyinde ince bir polimer tabakası oluşturur. Sıvı maddenin içindeki su zamanla buharlaşır ve bileşikteki kimyasal madde beton yüzeyinde zarımsı bir tabaka oluşturur. Bu tabaka buharlaşmayı çok düşük seviyelere indirdiği gibi, özellikle sıcak mevsimlerde, beton yol gibi uygulamalarda güneş ışınlarının beton yüzeyinde kırılmasını ve yansımalarını da sağlar.



Resim 14: Sıcak havada açık renkli, soğuk hava da ise koyu renkli örtüler kullanılmalıdır. Polietilen örtüler, elemanlarda kalıplar söküldükten sonra en geç yarım saat içinde ve döşemelerde beton yeteri sertliği kazanır kazanmaz uygulanmalıdır. Uygulamaya beton yüzeyi kurumadan önce başlanmalıdır. Eğer beton baskı beton 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.

Soğuk ve sıcak havada beton dökümü

Soğuk Havada Beton Dökümü



Resim 15: Soğuk havada beton sıcaklığı sürekli kontrol edilmelidir.

Birbirini izleyen üç günlük sıcaklık ortalamasının $+50^{\circ}\text{C}$ 'den az olması durumunda soğuk havaya karşı önlemler alınması gerekir. Beton sipariş edilirken hava koşullarının betona etkisi düşünülmelidir. Gelen betonun sıcaklığı kontrol edilmelidir.

Yağışlı hava koşullarında özellikle saha ve tabliye beton dökümleri önlem alınamıyorsa ertelenmelidir ya da önceden uygun önlemler (beton döküm alanının dış ortamdan izole edilmesi ve ısıtılması gibi) alınabiliyorsa devam edilebilir. Daha önceden zeminin temas yüzeylerinin ve kalıbın yalıtılması ya da ısıtılması gerekebilir. Şantiyede, betonu yerleştirirken ya da yerleştirdikten sonra erken yaşta donmaya karşı koruyacak gerekli malzeme ve ekipman bulundurulmalıdır. Genelde yalıtkan battaniyeler ve plastik örtüler kullanılır. Köşe ve uç noktalar ısı kaybına en hassas yerlerdir ve daha fazla önlem gerektirirler. Koruyucu ısı yalıtım malzemeleri kaldırılırken ani sıcaklık değişimi olmamasına dikkat edilmelidir.

Sıcak Havada Beton Dökümü

Birbirini izleyen üç günlük sıcaklık ortalamasının $+30^{\circ}\text{C}$ 'den fazla olması durumunda sıcak havaya karşı önlemler alınması gerekir. Sıcak havada beton dökümünde dikkat edilmesi gereken en önemli husus betonun su kaybetmesinin engellenmesidir. Alınması gereken önlemler şu şekilde sıralanabilir:

- 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
- Gölgeleik kullanarak beton güneş ışığından korunabilir
- Tüm işçiler ve gerekli ekipmanlar beton dökümü için hazır olmalıdır
- Gün içinde sıcaklığın azaldığı saatlerde beton dökümü yapılmalıdır
- Beton sıcaklığı sürekli olarak kontrol edilmelidir
- Aşırı vibrasyon yapılmamalıdır
- Döküm en kısa sürede gerçekleştirilmelidir
- Bitirme işlemleri yüzeyde terleyen su kalmayınca hemen yapılmalıdır
- Beton yüzeyinin kurummasını önlemeye yönelik önlemler hemen alınmalıdır.

Dikkat

Özellikle sıcak hava koşullarında önceden tedbir alınmadığı takdirde hazır beton, santralden şantiyeye gelinceye kadar ve döküme başlayacağı zamana kadar buharlaşma nedeniyle karışımındaki sudan kaybeder. Bu kayıp betonun işlenebilirliğini azalttığı gibi uygulamalarda zorluklara neden olur. Bu durumdan kurtulmak için iki yol vardır:

Doğru: Santralde sıcak hava koşulları dikkate alınarak su ve katkı ayarlaması yapılır. Gerekirse şantiyede akışkanlaştırıcı katkı katılabilir.

Yanlış: Şantiyede reçete dışında betona su katılır.

Betona şantiyede katılacak her litre su o an için betonun işlenebilirliğini kolaylaştırır da su/çimento oranı artacağından dolayı betonda daha çok boşluk oluşur. Bu da betonun zayıf, geçirimsiz ve dayanıksız olmasına neden olur.

Betona eklenen suyun buharlaşan suyun yerine geçtiğini düşünmek yanlıştır. Betonda belli bir süre sonra hidrasyon reaksiyonu başlayacağı için karışımındaki suyun etkisi ile sonradan katılan suyun etkisi çok farklı olacaktır.

Güvenli Yapılarda Huzurlu Yaşamak İçin "Hazır Beton Ve Uygulamalarına" Daha Çok Dikkat Gösteriniz.