

Sıcak Havada Beton Dökümü

İnşaat Mühendisi Yasin Engin

GİRİŞ

Beton, bilindiği üzere agrega, çimento, su ve duruma göre kimyasal ve mineral katkıdan oluşan bir yapı malzemesidir. Bu malzemeleri bir arada tutan ve dayanım kazandıran ise çimento ve su arasında gerçekleşen "hidratasyon reaksiyonu" dur. Ekzotermik (ısı veren) olan bu reaksiyonun gerçekleşmesi için yeterli miktarda su ve sıcaklık gerekmektedir. Su miktarını ve sıcaklığı etkileyen tüm faktörler dolayısıyla betonun özelliklerini de etkilemiş olur.

Sıcak hava, TS 1248 (Anormal Hava Koşullarında Beton Yapım, Döküm ve Bakım Kuralları) standardında ard arda 3 günlük hava sıcaklığı ortalamasının 30°C' nin üzerinde olması durumu olarak ifade edilir. Hava sıcaklığının fazla olması beton içindeki suyun hızla buharlaşıp azalmasına, betonun kıvamının ve işlenebilirliğinin azalmasına, reaksiyon için gerekli şartların sağlanamamasından dolayı dayanım kaybına, betonun dökümünde, yerleştirilmesinde, vibrasyonunda ve bitirilmesinde zorluklara, beton yüzeyinde daha fazla rötre çatlağı oluşup betonun daha geçirirli olmasına neden olur.

Suyun buharlaşmasını yüksek sıcaklık, rüzgar ve bağıl nem etkiler.

Hava sıcaklığı arttıkça;

- Su ihtiyacı artar.
- Kıvam düşer.
- Priz alma hızı artar.
- Erken dayanım artar.
- Beton yüzeyinde daha çok rötre çatlakları oluşur.
- Beton sıcaklığı artar. Isıl çatlamlara neden olur.
- Beton yüzeyindeki su hemen buharlaşacağı için hızlı priz alır ve dayanımsız olur.

Şantiyede taze betona, kıvamını artırmak için su eklendiğinde;

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

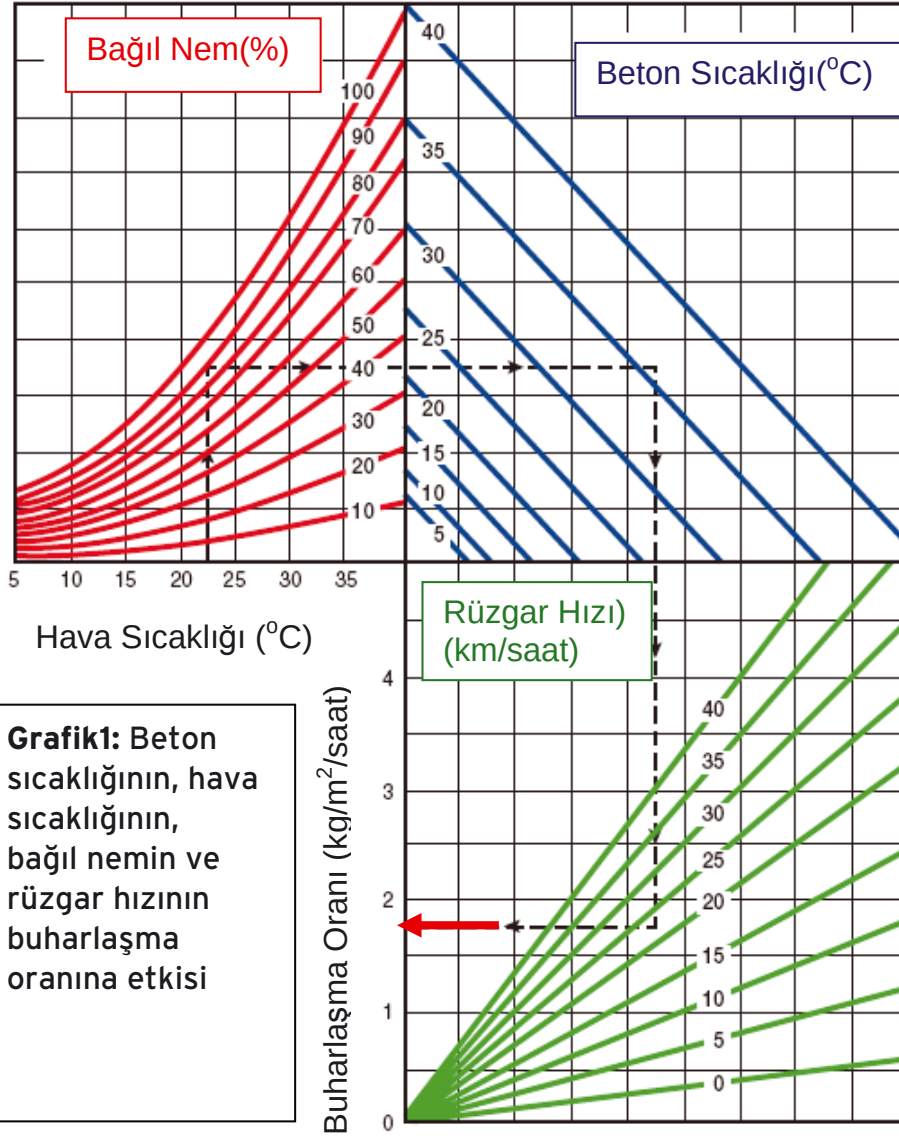
Beton sıcaklığının 15°C-20°C arasında olması idealdir; ama bunu her zaman sağlayabilmek mümkün değildir. Beton sıcaklığı TS EN 206-1 standardına göre en düşük 5 °C olmalıdır. Beton sıcaklığının bu standardda üst limiti olmasa da 32 °C'nin (ASTM C 94) üstünde olmaması idealdir. Genel olarak bir saatte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

Pouring Concrete In High Temperatures

As known, concrete is a construction material that consists of aggregates, cement, water and chemical or mineral additives depending on the situation. The hydration reaction between water and cement is what hold these materials together and gives them strength. Sufficient quantities of water and heat are required in order for this exothermic reaction to take place. Therefore all factors that influence water and temperature have an influence on the characteristics of concrete.

TS 1248 (Pouring of Concrete in Abnormal Weather Conditions) standard defines high temperature as when average temperature is above 30 °C for 3 consecutive days.

High temperature results in disappearance and decrease of the water in concrete, decrease in consistency and workability of concrete, loss of strength due to failure to provide appropriate conditions for reaction, difficulties in pouring, compacting, vibrating and finishing concrete, and increase in cracks on the surface of the concrete leading to a rise in the permeability of concrete.



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

Buharlaştırma su oranı aşağıdaki formül ile de hesaplanabilir:

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

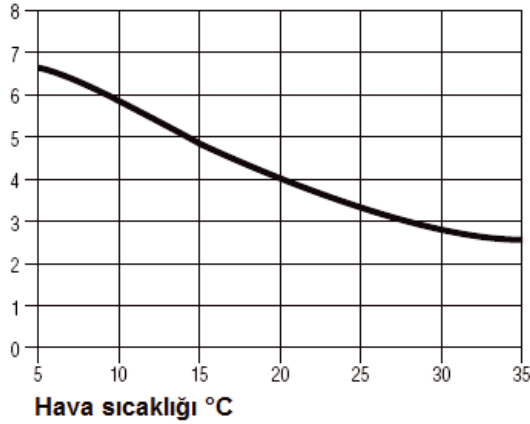
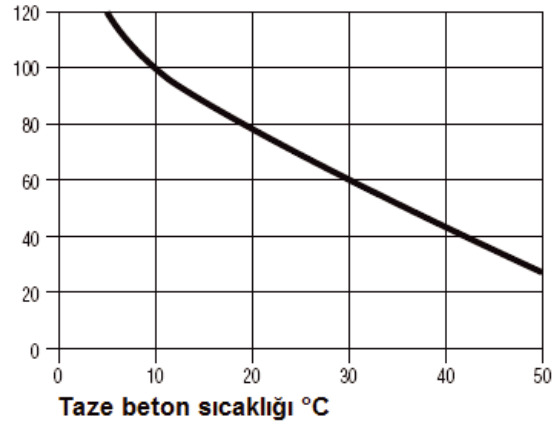
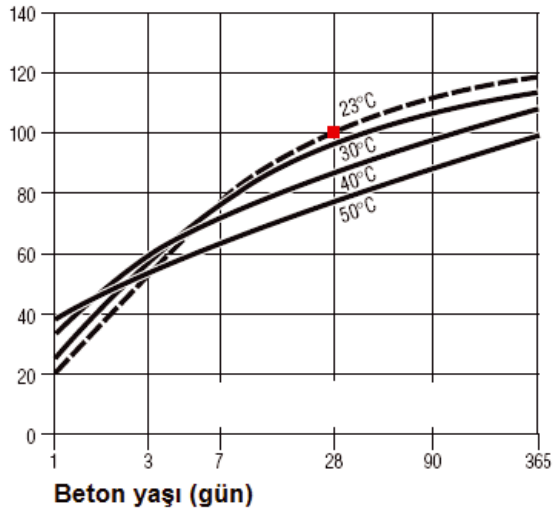
E = 1 m²'den bir saatte buharlaştırma su miktarı oranı

r = % bağıl nem

T_h = Hava sıcaklığı derece

T_c = Beton sıcaklığı, °C

V = Rüzgar hızı, km/saat

Priz başlangıç zamanı (saat)**Grafik 2:** Hava sıcaklığının priz süresine etkisi**Kıvam (mm)****Grafik 3:** Beton sıcaklığının kıvama etkisi (eşit su oranı ve eşit sürede)**Farklı sıcaklıkta kür edilen betonların 28 günlük dayanım yüzdesi****Grafik 4:** Yüksek kür sıcaklıklarının 28.gün dayanımına etkisi**Beton sıcaklığının ortalama hesaplanması:**

$$T = 0.1 T_c + 0.6 T_a + 0.3 T_s$$

T = Beton sıcaklığı

T_c = Çimento sıcaklığı

T_a = Agregat sıcaklığı

T_s = Su sıcaklığı

Agreganın beton içindeki hacim oranı yüksek olduğu için betona ısı etkisi en yüksek olandır. Bu nedenle agreganın sıcaklığının kontrol edilmesi daha önemlidir; ancak daha da zordur.

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
Toplam	2297		2515		79,917

Tablo 1: Malzeme sıcaklıklarının beton sıcaklığına etkisi

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;
- > Agregası sıcaklığı, $2515/1692=1.5$ °C düşürülmelidir.

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
Agregası	1839	0.92	1692	27	45,684
Buz	44	4.184	184	0	0
Toplam	2341		2699		79,917- buzun ergime enerjisi ($44\text{kg}\times335\text{kJ/kg}$)= 65,177

Tablo 2: Karışıma katılan buzun(44kg) beton sıcaklığına etkisi

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

1. BETON ÜRETİMİNDE ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER:

- >Agregası gölgede stoklanmalıdır.
- >Agregalara, düzenli olarak su püskürtülerek sıcaklıkları düşürülebilir.
- >Su yalıtımı olan beyaz renkli tanklarda ve mümkün ise yer altında saklanmalıdır.
- >Karışım suyuna buz katılabilir ya da su sıvı nitrojen ile soğutulabilir.
- >Çimento stoktan kullanılmalıdır.

- >Hidratasyon ısıları düşük çimento kullanılmalıdır.
- >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.



Resim 1: Betonun sıvı nitrojen ile soğutulması



Resim 2: Beton karışım suyuna buz parçaları eklenmesi

2. 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.

3. BETON DÖKÜLMEDEN ÖNCE ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER:

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



Resim 3: Zeminin nemlendirilmesi



Resim 4: Yağmurlama (fogging) ile hem hava soğutulur hemde bağıl nem artar.

4. BETON DÖKÜMÜNDE ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER:

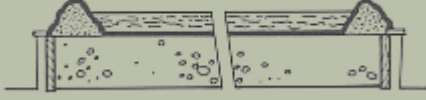
- > Beton sıcaklığı sürekli olarak kontrol edilmelidir.
- > Aşırı vibrasyon yapılmamalıdır.
- > Döküm en kısa sürede gerçekleştirilmelidir.
- > Bitirme işlemi yüzeyde terleyen su kalmayınca hemen yapılmalıdır.

5. BETON DÖKÜMÜNDEN SONRA ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER:

Beton sertleşmeye başlar başlamaz su ile kür edilmelidir. Kür süresi en az 3-4 gün olmalıdır. Beton yüzeyi devamlı nemli kalacak şekilde farklı metotlar ile kür yapılabilir.

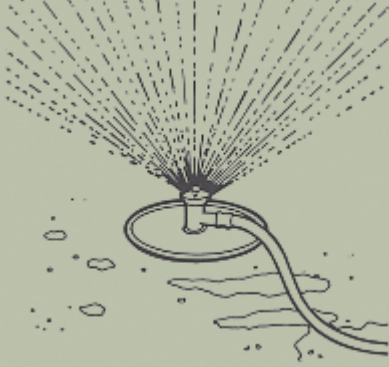
1.Su ile Kür Yapılması

1.1.Su Göleti



Düz yüzeyli beton yollarda, döşemelerde ve kaldırımlarda su dolu göletler oluşturulur. Suyun kapalı bir alanda hapis kalması için etrafına topraktan veya kumdan setler yapılır. 5 cm'lik bir su tabakası yeterli olur.Bu sayede hem betonun su kaybetmesi engellenir hem de eş dağılımlı bir sıcaklık sağlanır. Genelde küçük işlerde uygulanır.

1.2.Su Püskürtmek



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.

1.3.Islak Örtüler

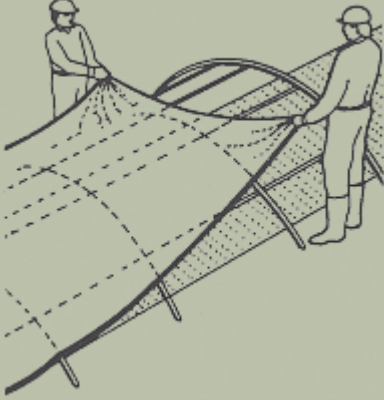


Telis bezi veya diğer su tutucu örtüler genelde kullanılır. Yüzeyde hasar oluşumunu engellemek için beton sertleşir sertleşmez su tutucu örtüler serilmelidir. Özellikle döşeme köşelerinde daha dikkatli ve özenli olunmalıdır. Örtülerin sürekli nemli olmaları sağlanmalıdır.

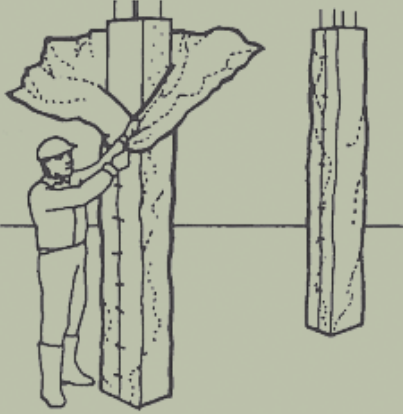
2. Beton Yüzeyini Örtü ile Kaplayarak Kür Yapılması

Beton yüzeyinin örtülerle kaplanması her uygulamada gerekli ve verimli olmasada bazı özel uygulamalar için zorunludur. En büyük avantajları, hem yatay hem düşey elemanlarda kolayca uygulanabilir olmalarıdır.

2.1. Polietilen Örtüler



Genelde 4mx25m'lik örtüler kullanılır.

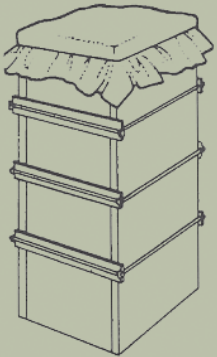


Polietilen örtüler yatay elemanlarda kalıplar söküldükten sonra en geç yarım saat içinde ve döşemelerde beton yeteri sertliği kazanır kazanmaz uygulanmalıdır. Beton üzerindeki suyun buharlaşması beklenmeli ancak beton kurumadan önce başlanmalıdır. Eğer beton baskı beton gibi ya da desenli yol ise örtüler 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.

Uygulama:

Düşey elemanlarda kalıplar söküldükten en çok yarım saat içerisinde polietilen örtüler kullanılmalıdır. Döşemelerde ise beton yeteri sertliğe ulaşıncaya uygulama başlanmalıdır.

2.2. Kalıp Koruması

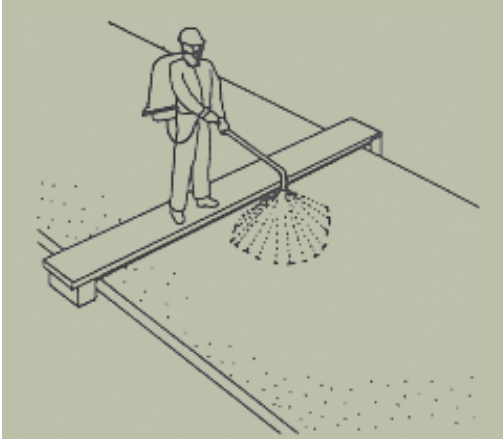


Kolon ve perde duvar gibi düşey elemanlarda kalıp belli bir miktarda koruma yapar. Ancak özellikle kolon başları ve duvarların üst taraşarı dış ortamla temas ettiğinden ek bir koruma gerektirir. Kolonun dış ortamla temas eden bölgesi polietilen örtü ile kaplanır.

3. Kimyasal Madde ile Kür Yapılması

Membran ile kür diğer metotlara göre verimli olmasa da daha basit bir uygulamadır. Daha az uzmanlık ve ustalık gerektirir.

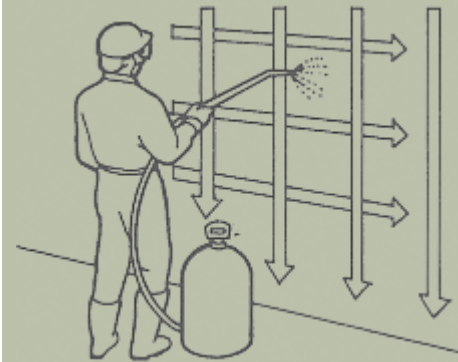
3.1.Spreyleme



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 indirdiği 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.

3.2.Spreyleme Zamanı



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.

3.2.Spreyleme Metodu



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 silindirik fırça kullanmaktır. Geniş alana sahip döşemelerde ise hareket eden bir platform üzerinde (resim 3.1) spreyleme işlemi yapılır.

Kaynaklar:

1. TS 1248 (Anarmol Hava Koşullarında Beton Yapım, Döküm ve Bakım Kuralları)
2. NRMCA, Cooling Ready Mixed Concrete, Publication No:106
3. ACI Committee 305, Hot Weather Concreting ACI Manual of Concrete Practice Part 2
4. www.concrete.net.au