

MERSİN ÜNİVERSİTESİ
Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu

BETON VE KALİTE

Süleyman Uluöz
Kimya mühendisi
İlgaz İnan
Kalite Kontrol ve Ar-Ge Müdürü

1. İNŞAAT SEKTÖRÜNDE KALİTE İLAKELERİ İÇİN TÜRK STANDARTLARI

İnşaat sektöründeki çalışmalarımızda Türk Standartlar Enstitüsü (TSE) tarafından hazırlanarak yürürlüğe konulan standartlarla çalışılmaktadır.
TSE Kurumu tarafından yürürlüğe konulan farklı ekilde ifade edilmiş olan standartlar mevcuttur. Uygulamada 3 farklı yazılım, Türk Standardı vardır.

ÖRNEK 1:

TS 500 / Ocak 2000 - BETONARME YAPILARIN TASARIM VE YAPIM KURALLARI

Standartta TS ifadesinden sonra numara yazılmıyorsa, bu standardın Türkiye'de hazırlanmış olduğu anlaşılmaktadır. Ocak 2000 ifadesinden yürürlüğe girdiği (Yayımlandığı) tarihin anlaşılmaktadır.

ÖRNEK 2:

TS 706 EN 12620 / Nisan 2003 - BETON AGREGALARI

TS numarasından sonra (TS 706)

EN yazıyor ve arkasından numara geliyor ise, bu standart Avrupa'da EN 12620 adıyla yürürlükte.

Fakat bu standart Türkiye'de kabul edilerek Nisan 2003 döneminde TS 706 EN 12620 / Nisan 2003 olarak yürürlüğe girmiştir.

ÖRNEK 3:

TS EN 206-1 / Nisan 2002

BETON - BÖLÜM 1: ÖZELLİKLER, PERFORMANS, MALİYET VE UYGUNLUK.

TS ifadesinden sonra EN yazıyor ise,

Bu standart Avrupa'da yürürlükte.

Sadece TS EN 206-1 de Türkçeye tercüme edilmiştir.

Türkiye'de DS gibi bazı kuruluşlarda ve yapılmış sürdürülen bazı projelerde USA'da yürürlükte olan ASTM ile bağdaştırılan standartlar kullanılmaktadır.

Türk Mütcaahhitler;

Rusya, Azerbaycan, Türkmenistan, Kazakistan, Kırgızistan, İtalya vb ülkelerde inaat projeleri yapmaktadır. Bu gibi ülkelerde GOST Standartlar, yürürlükte dir.

Almanya, Fransa, İtalya, İspanya, İtalya. Vb Avrupa topluluğu ülkelerinde EN standartlar, yürürlükte dir.

2. BETON

Agrega, çimento, su, kimyasal gerektiğinde mineral katkı maddelerinin homojen olarak karıştırılması, ardından oluşan betonun, başlangıçta plastik kıvamda ekil verilebilen, zamanla katılaşarak sertleşerek mukavemet kazanan bir yapı malzemesidir.

Beton mutlak hacminin yaklaşık %70-75 oranında agregası (kum, çakıl), %10-15 oranında çimento, %5-10 oranında su olur. Gerektiğinde, çimento ağırlığının %5'sinden fazla olmamak kaydıyla, katkı malzemesi ilave edilebilir.

Projelerin yapımında; standartlara uygun özellikte yapı malzemelerinin kullanılması, beton kalitesinin standart ve proje kriterlerine uygun yapılması, halinde, beton ve betonarme yapılar, başarıyla görüldüğü üzere yaygın, kolaylaştırılmış dostumuz olur.



Resim 1,2 : İlgaz Grup bünyesindeki Fil inaat tarafından Ankara Keçiören'de yapımı sürdürülen 186 metre yükseklikteki Cumhuriyet Kulesi inaat,



Resim 3,4,5. İlgaz inaat tarafından Ankara- İstanbul Hızlı Tren Projesi kapsamında bulunan 2400 m. uzunluğundaki V4 Viyadükü inaat,

Projelerin yap,m,nda; standartlara uygun olmayan yap, malzemelerinin kullan,lmamas,, beton kalitesinin standart ve proje kriterlerine uygun yap,lmamas, halinde, beton ve betonarme yap,lar a a ,da görüldü ü üzere en ac,mas,z dü man,m,z ve korkulu rüyam,z olur.



Resim 6, 7, 8. 1998 Adana depreminde yap,larda meydana gelen tahribatlar.



Resim 9, 10, 11. 1999 y,l,nda Marmara depreminde yap,larda meydana gelen tahribatlar.

Projelerin yap,m,nda; standartlara uygun olmayan yap, malzemelerinin kullan,lmamas,, beton kalitesinin standart ve proje kriterlerine uygun yap,lmamas,ndan dolay,, beton ve betonarme yap,lar, meydana gelen hasarlardan dolay, kullan,lmaz duruma gelmektedir. Resim 12, 13'de ayn, proje dal,nda yap,lm, olan yap,lar mukayeseli olarak verilmi tir.



Resim 12, 13. 1999 depreminde Marmara Bölgesinde y,k,lan köprü ile H,zl, Tren Projesi kapsam,nda Ilgaz n aat taraf,ndan yap,lan 2400 metre uzunlu undaki köprü ve viyadü ün mukayesesi.

2.1 BETON B LE ENLER

2.1.1 AGREGA

Beton üretiminde kullan,lan kum çak,l, k,rma ta gibi malzemelerin genel ad, agregad,r. Beton içinde hacimsel olarak % 70-75 civar,nda yer i gal eden agrega, betonun önemli bir bile endir.

Agregalar genel olarak,

a- Dere yataklar,ndan al,nan tüvenan agregan,n elenip y,kanmas,yla,

b- Kayaçlar,ın konkasör tesislerinde kırılarak granüle hale gelmesiyle elde edilir.

Agregalarda aranan en önemli özellikler şunlardır:

- Agregatanecekleri sert olmalı,
- Dayanıklı ve boşlukluksuz olmalı,
- Zayıf taneler içermemeleri (deniz kabuğu, odun, kömür... gibi),
- Basınca ve aşınmaya mukavemetli olmalı,
- Organik madde içermemeleri,
- Kil, mil, silt içermemeleri,
- Yassı, ve uzun taneler içermemeleri,
- Çimentoyla zararlı reaksiyona girmemeleridir. (Alkali agregat reaksiyonu)

Betonda kullanılacak agregalar **TS 706 EN 12620** 'ye uygun olmalıdır

Agregada yapılan testler;

Beton üretiminde kullanılacak agregada;

- Elek analizi
- 0,063 mm'den küçük elekten geçen ince madde miktarı tespiti
- Birim hacimdeki su emme
- Özgül ağırlık ve % su emme
- Yassı, ve uzun madde tespiti
- Alkali agregat reaksiyonu
- Metilen mavisi testi
- Organik madde renk tayini testi
- Los Angeles aşınma kaybı (100 ve 500 devirde)
- Donma çözülme dayanımı

1. Tabii donma çözünme testi
2. Na₂SO₄ veya MgSO₄ tespiti

Agreganın kalitesinden dolayı meydana gelen problemler

a- Kaya ocaklarındaki kil bantları,ın agregat kalitesine etkisi

Kalker kaya ocaklarında kayaçların arasında kil bantları mevcuttur. Kayaçlar konkasör kırıcılarındaki çenelere gelmeden önce, içerisindeki killerin ortamdan uzaklaştırılması, amacıyla baypas eleini olarak adlandırılan eleklerden uygun besleme hızıyla geçirilmesi gerekmektedir.

Fakat bazı konkasör tesislerinin bazıları,ında sistemde baypas eleini olmadıkça,ından veya sistemde mevcut olsa dahi maliyetin düşürülmesi ve işletme firesinin az olması, istendiğinden baypas eleini çalıştırmamakta ve kil dolularından kırma kumun içerisine girmektedir.

10612.06.2004 tarihleri arasında tertiplenen; **BETON 2004 ULUSAL HAZIR BETON KONGRES NDE**;
Süleyman Uluöz, Selahattin Düzbasan ve Erol Yakıt tarafından sunulmuş;

ÖTA UNU VE K L M KTARININ BETON KAL TES NE ETK S ö isimli sunumda Türkiye'de halen devam etmekte olan problem gündeme getirilmi . Mevcut durumun projelerdeki kaliteyi ne kadar etkiledi i akademisyen ve uygulay,c,lar,n dikkatine sunulmu tur. (Kongre kitab, sayfa 699 ó 706)

Resim 14, 15'de kalker kayaçlar,yla, kalker oca ,ndaki patlatmadan sonra kayaçlar aras,nda kalan kil, Resim 16'da ayn, konkasör tesisinden ard, ard,na 5 günde gönderilen, birbirinden farklı renklerdeki 0/5 k,rma agregadan al,nan numuneler görülmektedir.



Resim 14. Kaya oca ,ndaki kil bantlar,.



Resim 15. Kaya oca ,ndaki patlatmadan sonraki kayalar aras,ndaki kil.



Resim 16. Konkasör tesisinden de i ik tarihlerde getirilen k,rma kum.

K,rma kum içerisinde bulunan kilin beton kalitesine yapm, oldu u etki

1. Taze betonun su/çimento oran, beton kalitesini do rudan etkilemekte olup, ihtiyaçtan fazla kullan,lacak su, beton kalitesinin bozulmas,na neden olacakt,r. Agregada içerisindeki kil, taze betonun istenilen k,vama gelebilmesi için gerekli olan su miktar,n,n artmas,na neden olacakt,r.
2. Agregada içerisinde kilin olmas, durumunda çimento ihtiyac, artacakt,r.
3. Kilin, su emme ve i me özelli i fazlad,r. Beton üretimi s,ras,nda kilin bünyesine girecek olan su betonun su emme özelli inin artmas,na neden olacakt,r.
4. Beton içerisindeki kil zaman içerisinde y,kanarak bünyeden uzakla aca ,ndan dolayı, beton içerisinde bo luklar olacakt,r.

b- Kalker agregada içerisindeki kristalli kalsitin beton kalitesine yapaca , olumsuz etki

Beton kalitesini olumsuz yönde etkileyen parametrelerden birisi de, kalker agrega içerisinde bulunan kristalli kalsitin cinsi, şekli ve miktarıdır. Kalker kayalar, kırma tesislerinde hazırlanması sırasında granüle kalker agrega içerisine de belirli oranlarda girmektedir. Kristalli kalsit tanecikleri kırık, düzensiz olup, yüzeyi parlak, pürüzsüz ve bir bölümü dikdörtgen prizma ve küpe şeklindedir. Fiziksel özelliklerine bakıldığında ise, özgül ağırlıkları ile MgSO₄ donma çözülme etkisine karşı dayanımları daha az, su emme oranıyla Los Angeles aşınma deneyindeki malzeme kaybı daha fazladır. Kristalli kalsit bu özelliklerinden dolayı, beton kalitesinin bozulmasına neden olmaktadır.

2002.10.2011 tarihleri arasında tertiplenen; **BETON 2011 ULUSAL HAZIR BETON KONGRESİNDE**; Süleyman Uluöz, Selahattin Düzbasan, Erol Yakıt ve Mustafa Camcıoğlu tarafından sunulan; **“KALKER AGREGADAKİ KRİSTALLİ KALSİTİN ÖNGERMELİ PREKAST KIRKAL TESİNE ETKİSİ”** isimli sunumda Türkiye’de halen devam etmekte olan problem gündeme getirilmiş, mevcut durumun projelerdeki kaliteyi ne kadar etkilediği akademisyen ve uygulayıcıların dikkatine sunulmuştur. (Kongre kitabı, sayfa 247-256)

Resim 17, 18, 19’da kristalli kalsitin beton agregası olarak kullanıldığını gösteren evreleri verilmiştir.



Resim 17, 18, 19. kristalli kalsitin beton agregası olarak kullanıldığını gösteren evreleri.

c- Dere agregası taneciklerinin d, cidarında kilin beton kalitesine etkisi

Beton üretiminde çimento, agregası taneciklerinin d, cidarında sarar. Betondaki basınç dayanımının artması, veya azalması, bununla doğrudan ilişkilidir.

Basınç dayanımına tabi tutulan numuneler incelendiğinde, agregası taneciklerinin temiz olması durumunda, numune içerisinde bulunan agregası taneciklerinin kırılması görülecektir. Fakat dere agregası, d, cidarında kil olması durumunda çimento, agregası taneciklerini sarmayacağından dolayı, agregası taneciklerinden kırılmayıp, bulunduğu yerden kopmaları olacağından beton numunelerdeki basınç dayanım, azalacaktır.

d- Alkali agregası reaktivitesinin beton kalitesine etkisi

Bazı agregalar, reaksiyon yapabilen silislerden oluşan bileşenleri içerebilirler. Bu cins bileşenler, betonun buharlı suyunda çözünen alkali hidroksit ile kuvvetli kimyasal reaksiyona girer, önce berrak ve yüksek konsantrasyonlu sonra yüksek viskoziteli alkali silikat çözeltisini meydana getirirler.

Betonun alkali agregası reaksiyonundan etkilenmesi;

- Agreganın alkaliye duyarlı bileşenlerinin cinsi ve miktarına,
- Tane büyüklüğü ve dağılımına,
- Beton buharlı suyunda bulunan çözeltideki alkali hidroksit miktarına,
- Sertleşme betonun çevre koşullarına bağlıdır.

Betondaki alkali reaksiyonu önce normal koşullar altında sertleşen olan betonda, zamanla yüzeye yakın bulunan alkaliye duyarlı, agrega tanelerinin ayrışması, çatlaklara ve ayrışma, halde betonun parçalanması, nedeni olur.

Betonda alkali agrega reaksiyonunun meydana gelmemesi için alınması gereken tedbirler;

1. Beton imalatlarında kullanılan aktif silis içeren agrega kullanılmamalıdır.
2. Aktif silis içeren agrega kullanılması, zorunlu olması durumunda, CEM I PC 42,5 çimento kullanılmamalıdır.
3. Çimento içerisinde bulunan $Na_2O + K_2O$ konsantrasyonu % 0,60'dan fazla olmamalıdır.

2.1.2 ÇİMENTO

Kalker ($CaCO_3$), kil, marmarın uygun karışımı, yapılarak öfütme sonrası, 1400 ö 1500 °C döner fırınlarında pişirilmesi sonunda elde edilen klinkere bir miktar alçı, talaş, ile tek başına veya gerekiyorsa demir cevheri, trass, vb malzemeler ilave edilerek öfütölüp toz haline getirilmesiyle elde edilen hidrolik bağlayıcıdır. Çimento içerisine konulan katkı maddelerinin cins ve miktarına göre; CEM I, CEM II, CEM III, CEM IV ve CEM V olmak üzere 5 ana sınıfı ve 27 alt sınıfı ayrılmıştır.

CEM I

Tablo 1. CEM I çimentosunun özellikleri.

Çimentonun adı,	Kodu	Klinker miktarı,
Portland çimento	CEM I PC	% 95ö100

CEM II ÇİMENTO

Tablo 2. CEM II çimentosunu özellikleri.

Çimentonun adı,	Kodu	Klinker miktarı,
Portland çürüflü çimento	CEM II/ A-S	% 80ö94
	CEM II/ B-S	% 65ö79
Portland Silis Çimento	CEM II/ A-D	% 90ö94
Portland Pozzolanlı Çimento	CEM II/ A-P	% 80ö94
	CEM II/ B-P	% 65ö79
	CEM II/ A-Q	% 80ö94
	CEM II/ B-Q	% 65ö79
Portland Uçucu Küllü Çimento	CEM II/ A-V	% 80ö94
	CEM II/ B-V	% 65ö79
	CEM II/ A-W	% 80ö94
	CEM II/ B-W	% 65ö79
Portland Pişirilmişli Çimento	CEM II/ A-T	% 80 -94
	CEM II/ B-T	% 65ö79
Portland Kalkerli Çimento	CEM II/ A-L	% 80ö94
	CEM II/ B-L	% 65ö79
	CEM II/ A-LL	% 80ö94
	CEM II/ B-LL	% 65ö79
Portland Kompoze Çimento	CEM II/ A-M	% 80ö94
	CEM II/ B-M	% 65ö79

CEM III

Tablo 3. CEM III çimentosunun özellikleri.

Çimentonun ad,	Kodu	Klinker miktar,
Yüksek f,r,n Cürüflü Çimento	CEM III/ A	% 35ó64
	CEM III/ B	% 20ó34
	CEM III/ C	% 5ó19

CEM IV

Tablo 4. CEM IV çimentosunun özellikleri.

Çimentonun ad,	Kodu	Klinker miktar,
Puzzolonik Çimento	CEM IV / A	% 65ó89
	CEM IV / B	% 45ó64

CEM V

Tablo 5. CEM V çimentosunun özellikleri.

Çimentonun ad,	Kodu	Klinker miktar,
Kompoze Çimento	CEM IV / A	% 40ó64
	CEM IV / B	% 20ó38

2.1.2.1 Çimento bile enleri

Çimento; C3A, C4AF, C2S, C3S olarak adlandırılan 4 ana bile enden meydana gelmi olup, bunların karakteristik özellikleri tablo 6da verilmiştir.

Tablo 6. çimento bile enlerinin özellikleri.

B LE EN	H DRATASYON ISISI	REAKS YON	BA LAYICILIK DE ER
C3A	ÇOK YÜKSEK	HIZLI	AZ
C4AF	ORTA	ORTA	AZ
C2S	DÜ ÜK	YAVA	SONRADAN FAZLA
C3S	ORTA	ORTA HIZ	FAZLA

2.1.2.2 Çimento alt s,n,flar,

a- Çimento bas,nç dayan,m,n,n çimento kodu üzerinde gösterilmesi

Çimentonun bas,nç dayan,m,, inceli i ve içerisine konulan maddelerin miktarlarıyla do rudan ilgilidir. Çimentonun bas,nç dayan,m,n,n ne oldu u kodundan sonra 32,5 ó 42,5 ó 52,5 ó 62,5 yaz,larak belirtilir.

Örnek:

CEM I PÇ 42,5 

42,5 rakam,; standart kum kullan,larak yap,lan beton kar, ,m,ndan al,nan numunenin $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ kür havuzunda 28 gün bekledikten sonra bas,ıç dayan,m,n,n en az $42,5 \text{ N/mm}^2$ olmas, gerekti ini ifade etmektedir.

b- Erken dayan,m h,z,n,n çimento kodu üzerinde gösterilmesi

Çimento s,n,flar, incelendi inde $32,5 \text{ ó } 42,5 \text{ ó } 52,5$ numaralar,ndan sonra **N** veya **R** harflerinin oldu u görülmektedir.

Çimento kodundan sonra N harfinin olmas,; çimentodaki erken dayan,m,n normal oldu unu ifade etmektedir. Örne in; CEM IV / A- $42,5 \text{ ó } \text{N}$

Çimento kodundan sonra R harfinin olmas,; Çimentodaki erken dayan,m,n yüksek oldu unu ifade etmektedir. CEM IV / A $\text{ó } 42,5 \text{ ó } \text{R}$

Örnek: CEM I PÇ 42,5 ó R çimentosunun tan,t,m,

Çimento s,n,f, **CEM I**

Klinker miktar, % **95ó100**

Çimento dayan,m, **42,5 N/mm²**

Çimentonun erken dayan,m h,z, yüksek oldu u anla ,lmaktad,r.

2.1.2.3 Çimento seçimi

Deniz sahillerinde yap,lacak yap,larda, zeminde sülfat ve benzeri tuzlarca zengin olan yerlerde (Örne in Hatay Amik ovas,nda), yer alt,nda yap,lacak her türlü sanat yap,lar,nda, dolusavak, fore kaz,k, köprülerin temellerinde, í .vb sülfata dayan,kl, çimentonun kullan,lmas, gerekmektedir.

Tip V olarak adland,r,lan bu çimentonun içerisinde (Tri kalsiyum alüminat) C3A % 5 đn alt,nda, tetra kalsiyum alümino ferrit ($2* \text{C3A} + \text{C4AF}$) % 25 đden dü üktür.

Özel çimento olan Tip V sülfata dayan,kl, çimento, kullan,c,lar taraf,ndan pek bilinmedi inden dolayı, üretimi azd,r. Bundan dolayı, çok özel in aatlar haricinde Tip V sülfata dayan,kl, çimentolar yerine trasl, çimentolar kullan,lılmaktad,r.

Çimento standard, **TS EN 197 -1**

Sülfata dayan,kl, çimento standard, **TS 10157**

2.1.2.3 Sülfata dayan,kl, çimento kullan,lan projeler

Türkiyeøde yap,m, sürdürülen baz, projelerde sülfata dayan,kl, çimento kullan,lılmaktad,r. Konuya örnek olmas,yla Ilgaz n aat,n yüklemine yap,m, tamamlanan Ankara ó stanbul H,zl, Tren Projesi kapsam,nda olan 2400 metre uzunlu uyla Tablo 7øde karakteristik özellikleri verilen Türkiyeønin en uzun demiryolu viyadü ünde yap,lan çal, malar verilmi tir.

Tablo 7. V 4 Viyadü ü karakteristik özellikleri.

Viyadü ün uzunlu u (m)	2.400
Fore kaz,k adedi	1.100
Temel adedi	67
Elevasyon adedi	67
Öngermeli kiri adedi	792
Kiri tipi	I 195
Kiri uzunlu u (m)	33,20
Projede kullan,lan beton (m ³)	175.000
Projede kullan,lan demir (ton)	25.000
Projede kullan,lan öngorme teli (ton)	1.000

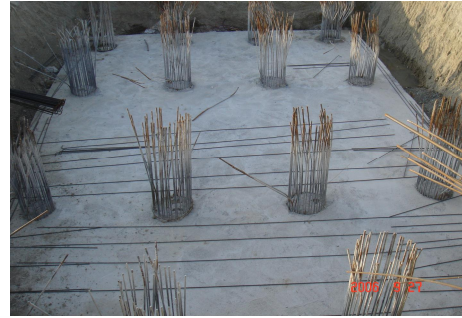
Projenin yap,m, s,ras,nda üretilen 175.000 m³ betonda kullan,lan çimentolara bak,ld, ,nda; Fore kaz,k, radye temelin alt,nda, radye temelde ve elevasyonlar,n zemine yak,n olan k,s,mlar,nda yakla ,k **25.000 ton Tip V SDÇ 32,5 R** çimentosu kullan,lm, t,r.

Elevasyonlar,n zeminle temas etme riski olmayan bölümlerinde, öngermeli kiri lerde, tabliye betonlar,, kablo kanallar, ve di er sanat yap,lar,n,n in aat, s,ras,nda **30.000 ton CEM I PÇ 42,5 R** çimentosu olmak üzere yakla ,k 55.000 ton çimento kullan,lm, t,r.

Resim 20, 21, 22, 23de sülfat riskinden dolayı, sülfata dayan,kl, çimento kullan,ld, , yerler görülmektedir.



Resim 20. Fore kaz,k yap,m,.



Resim 21. Radye temelin alt k,sm,.



Resim 22. Radye temelin yap,m,nda.



Resim 23: Elevasyonlar,n alt bölümleri.

Ula t,rma Bakan,m,z Binali Y,ld,r,m, H,zl, Tren Projesinin temrin program,na uyulmas,n,n temini ve üretim kalitesini yerinde görmek amac,yla teknik heyetiyle birlikte haftal,k periyotlarda antiyeye

gelerek çal, malar, yerinde incelemi tir. Resim 24de zemindeki sülfat riskine kar , al,nan tedbirler hakk,nda; Ilgaz n nat Kalite Kontrol ve AR-GE Müdürü Süleyman Uluöz taraf,ndan Ula t,rma Bakan,m,z Binali Y,ld,r,møa bilgi verili i görölmektedir.



Resim 24. Ulaştırma Bakan,m,z Binali Y,ld,r,møa sülfat ata ,ndan kar , al,nan tedbirlerle ilgili bilgi sunulmas,.

Sülfat ve di er tuzlar bak,m,ndan problemlili olan bölgelerde yap,lan projelerde sülfata dayan,kl, veya trasl, çimentonun kullan,lmamas, durumunda beton yap,lar ekonomik ömürlerini tamamlamadan kullan,lamaz duruma gelmektedir. Resim 25, 26, 27de deniz kenar,nda in a edilen yap,larda üretimden 1 y,l sonra sülfat ata ,ndan dolay, meydana gelen hasarlar görölmektedir.



Resim 25, 26, 27. Adana 6 Yumurtal,kta betonda, sülfat ata ,ndan dolay, meydana gelmi tahrifatlar.

2.1.3 BETON KARI M SUYU

Beton üretiminde kullan,lan kar , m suyunun iki önemli ilevi vard,r:

1. Kuru haldeki çimento ve agregay, plastik, i lenebilir bir kütle haline getirmek.
2. Çimento ile kimyasal reaksiyon yaparak plastik kütlede sertleşmesini sağlamak.

Genel olarak içilebilir nitelik ta ,yan bütün sular betonda kullan,ma uygundur.

Kar , m suyu içinde bulunabilecek tuz, asit, ya , eker, la , m ve endüstriyel at,kklar gibi baz, maddeler betonda istenmeyen etkiler yaratabilir. Kar , m suyunun analizlerle belirlenmesi ve kalitesinin belli aral,klarla denetlenmesi artt,r.

Kimyasal bak,m,ndan problemlili olan su kullan,lmamas, durumunda, bu suyun çimento taraf,ndan kullan,lmamas, beton içerisindeki bo luklar, n içerisinde kristalle erek beton ve donat,ya zarar verecektir. Betonda kullan,lacak kar , m suyunun **TS EN 1008** Standard,na uygun olmal,d,r.

2.1.4 BETON KİMYASALLARI

Beton kalitesini iyile tirmek amac,yla beton kimyasallar, kullan,lmaktad,r.
Kullan,lan beton kimyasallar,;

- Beton dayan,m,n, art,rmak,
- Betonu olumsuz hava ko ullar,na kar , korumak,
- Betonun geçirgenli ini art,rmak,
- Betonun priz alma i lemini geciktirmek,
- Betonun priz alma i lemini h,zland,rmak,
- Beton içerisine hava sürüklemek,
- İ İ İ vb amac,yla art,rmak amac,yla kullan,l,r.

Kimyasal katk,lar,n zellikleri **TS EN 93462**ye uygun olmal,d,r.

3. BETON ÜRETİMİ

Beton bile enlerinin standartlara uygunlu u tespit edildikten sonra, TS 802e göre beton dizayn al, malar, yap,larak projenin yap,m,nda kullan,lacak beton kar, ,mlar, a ,rl,k esas,na göre belirlenir.

Beton kar, ,mlar,n,n haz,rlanması, s,rasında; Betonun s,n,f,, donat, aral,klar,, pompa ile bas,l,p bas,lmayaca ,ı . Vb hususlar dikkate alınarak yap,l,r. Beton kar, ,m al, malar, sonunda alınan beton numunelerin 7 ve 28 günlük bas,n dayan,mlar, ile yarmada çekme test sonuçlar,n,n uygunlu u yap,lan testlerle tespit edildikten sonra, haz,rlanan beton kar, ,m raporu uygulanması, amac,yla Beton Santralleri'ne gönderilir.

3.1 Beton retimi s,rasında yap,lan hatalar

1. Beton retimi s,rasında beton santrali kovası, içerisine, agrega ve imento alınd,ktan sonra bir süre kar, t,r,lıması, gerekmede ve daha sonra üzerine su konulduktan sonra homojen hale getirilip transmikser içerisine bo alt,lıması, gerekmektedir.

Fakat uygulamada bazı antiyelerde; Beton retimi s,rasında agrega, beton santrali kovası, içerisine alınd,ktan sonra üzerine su dökülmekte ve hemen ardından imento verilerek kar, t,r,lmaktad,r.

Çimento, agrega+su kar, ,m,n,n içerisine döküldü nden dolay, haz,rlanm, olan betonun içerisinde **imento topakları**, meydana gelmekte, bu da beton kalitesinin bozulması,na neden olmaktadır.

2. Beton santralinin kovası, içerisinde bulunan su ebekesi ve vanalardaki su kaçakları,ndan dolay,, haz,rlanan beton k,vam, devaml, ekilde de i mektedir.

İlgaz n aat taraf,ndan yap,m, üstlenilen projelere ba lan,lmadan önce, betonun sat,n alınaca , beton santrallerinde yap,lan incelemelerde üretilmekte olan betonun TS EN 206-11e uygunlu u kontrol edildikten sonra beton tesisinde üretilecek betonun kullan,lmaya ba lan,lmaktad,r.

Resim 28, 29'da Ilgaz n aat taraf,ndan Kazakistan Astana'da yap,m, tamamlanan projelerde kullan,lacak betonun temin edilece i beton santralini tespit etmek amac,yla yap,lan ara t,rmada, beton santrali mikserindeki betonun mevcut durumu tespit edilmi tir.

Konuyla ilgili olarak, Ilgaz n aat teknik elemanlar,nca yap,lan AR-GE çal,mas,yla kalite düzeltildikten sonra söz konusu beton santralinden sat,n al,nan beton öngermeli kiri üretiminde kullan,lmaya ba lan,lm, t,r. Üretimlerin yap,lm, s,ras,nda al,nan beton numuneler, Kazakistan Astana'da faaliyette bulunan ba ,ms,z laboratuarda test edilerek GOST standartlar,na uygunlu u tespit edilmi tir. Resim 30



Resim 28, 29. Beton santralindeki su kaçaklar,ndan dolay, beton kalitesinde meydana gelen görüntü.



Resim 30. Rusya federasyonuna ba l, ba ,ms,z laboratuvar,nda test yapan personeller.

3. Beton santralinin; agregas, çimento, su ve beton kimyasal, kantarlar,n,n kalibrasyonlar, bozuldu undan dolay, üretilen betonlar,n kalitesi bozulmaktadır.
4. Beton santrali kova,n,n içerisinde bulunan; Kar, t,r,c,, palet ve s,y,r,c,lar,n eksik olmas,ndan dolay,, haz,rlanan beton homojen olamamaktadır.
5. Beton santrali kova,n,n kar, t,rma süresi yeterli olmamaktadır.
6. S,cak çimento kullan,ld, ,nda, taze betonun s,cakl, , yükselmekte ve topaklanma olmaktadır.
7. Agregalar stok sahas,nda ayr, ekilde stoklanmas, gerekirken birbiri içerisinde kar, maktadır.
8. Agregalar aç,k sahalarda muhafaza edildi inden dolay,, hava artlar,ndan do rudan etkilenmektedir.
9. Farkl, çimentolar,n kullan,ld, , antiyelerde, üretimlerde yanl, l,kla farkl, çimentolar kullan,lmaktadır.
10. Uçucu külün kullan,ld, , beton santraller,nda, uçucu kül yanl, l,kla çimento silosuna bas,ld, ,ndan dolay, ciddi kalite problemleri ya anmaktadır.

4. BETONUN TA INMASI

Hazırlanan taze beton yap,daki yerine ta ,n,rken homojenli ini kaybetmemeli, sahip oldu u özellikler s,cak, so uk ve nem gibi hava etkilerinden olumsuz olarak etkilenmemelidir.

Betonun nakli s,ras,nda yap,lan hatalar

1. Transmikser kazan, içerisinde daha önceden unutulmuş su boşaltılmadan, üzerine beton döküldü ünden dolayı, beton k,vam, artmaktadır.
2. Transmikser kazan, içerisindeki su debesindeki kaçaklar beton k,vam,n,n artmasına neden olmaktadır.
3. Transmikser kazanlar, genelde 7, 8, 10, 12 m³ beton taşıyabilecek kapasitedir. Uygulamada kazan kapasitesinin % 80 inden daha fazla yükleme yapıldı ,ndan dolayı,, transmikser içerisindeki beton homojen olmamaktadır.
4. Hazırlanmış olan taze beton içerisine sonradan ilave edilen su, beton kalitesini olumsuz etkilemektedir. Uygulamada betonun pompa ile üst kotlara sevk edilmesi s,ras,nda betonda olası k,vam probleminde, transmikser kazan,na su dökülmektedir. Yap,lan bu hatalar, uygulama yerine k,vam problemi olan betonlara k,vam art,r,c, beton kimyasal, konulmalı, yani redozlama yapılmalıdır.

5. BETONUN DÖKÜMÜ

Beton dökümü esnas,nda, ortalama hava sıcaklığı ,n,n +5 dereceden düşük olması,, istenen kalitede beton elde edebilmek için yap,m, döküm ve bakım i lerinde önlemler alınması,, gerektirmektedir. Hava sıcaklığı ,n,n 0 derecenin altında olması, halinde beton üzerinde don tesiri olmaktadır. Prizden önce don tesirinde kalan betonda, önce boşluklardaki serbest su donmakta, sıcaklığı ,n daha da düşmesi halinde (-3 derece) ise k,lcal damarlardaki su donmaktadır.

Priz almadan donmuş beton, sıcaklığı 0 derecenin üstüne çık,nca tekrar hidrasyon yetene i kazanarak sertleşmeye devam eder.

Prizden sonra don tesirinde kalan betonda, kar ,m suyunun donması, neticesinde hacim genişlemesi olur. Ba lang,çta zayıf olan agrega partikülleri arasındaki boşluklar, kopar,r. Böylece betonda çatlaklar oluşur ve beton tahrip olur.

5.1 Betonarme imalatlarda pas pay, problemi

Betonarme boru, menfez, baks, her türlü betonarme üst yapılar, binalardaki betonarme imalatlarda kullanılan donatı, beton içerisinde uygun konumda olması, gereklidir. Uygulamada beton pas payları, çok farklı olduğundan dolayı,, betonarme yapı, içerisindeki donatı, amaç,na uygun çal,ı, amamakta ve donatı,da paslanma meydana gelmektedir. Resim 31, 32'de pas pay, problemi olan betonarme yapı,daki problem görülmektedir.



Resim 31, 32. Betonda pas pay,ndan kaynaklanan tahribat.

6. TAZE BETONUN YERLE TIRMESİ

Taze betonun yerine yerle tirilmesi i leminde, betonun homojenli i kaybolmadan ve ayr, maya u ramadan yap,daki yerini alması, önemlidir. Bundan dolayı, a a ,da belirtilen hususlara dikkat edilmesi gerekmektedir.

1. Zemine beton dökülmeden önce belli oranda sulanan zemin s,k, t,r,lmal,d,r. Zemin suya doygun duruma getirilmeden beton dökülmesi durumunda, beton karma suyunun bir bölümü zemine geçece inden betonda çatlama meydana gelecektir.
2. Taze betonun yerine yerle tirme i lemi, kal,nl, , en fazla 60 cm olan tabakalar halinde yap,lmal, ve her tabakaya mutlaka vibrasyon uygulanmal,d,r. Bir önceki beton tabakası, üzerine yerle tirilen betonun, alttaki beton son prizini almadan önce yerle tirilmesi gerekmektedir.
3. Beton pompas,n,n sevk borusu ucuyla, betonun döküldü ü yer aras,ndaki yükseklik en fazla 1,5 metre olmal,d,r.
4. Dar ve derin kal,plar içerisinde taze betonun yerle tirilmesi i leminde, segregasyona yol açmayacak önlem al,nmal,d,r. Bu durumda beton pompalar, kullan,lmal, ve gerekirse pompa borular,n,n ucuna ilave boru - hortum eklenerek betonun ayr, mas,na engel olunmal,d,r.
5. Derin kal,plar,n alt k,sm,na yerle tirilecek olan taze betonun k,vam, ile üst k,sm,na yerle tirilecek olan taze betonun k,vam, ayn, olmal,d,r.
6. Taze betonun yerle tirilmesi i lemine kal,plar,n kö elerinden ba lanmal,d,r. E imli yüzeylerde yerle tirme i lemine en alçak seviyeden ba layarak devam edilmelidir.
7. Taze beton iddetli ya mur alt,nda yerle tirilmemelidir. Böyle bir durum, Betonun farklı bölümlerinde de i ik suyun oluş mas,na neden olacaktır,r.

7. TAZE BETONUN SIKI TIRILMASI

Beton malzemelerin haz,r beton tesislerinde haz,rlanması, ve taze betonun yerine yerle tirilmesi i lemleri esnas,nda, beton kar, ,m,n,n içerisinde kendili inden (istenmeden) bir miktar hava da s,k, maktadır.

Haz,r beton sektöründe kal,ba yerle tirilen taze betonun içerisindeki havadan kurtulmak ve betonu daha az bo luklu bir beton durumuna getirebilmek amacıyla, betona uygulanan vibrasyon i lemi, vibratör denilen titre imli mekanik aletlerle yap,l,r.

Beton Vibratör tipleri

Taze betonun k,vam,na yap,daki kullan,ld, , yere (kiri , dö eme v.b) ve imal edilecek beton eleman,n,n tipine uygun olabilecek s,k, t,rman,n yap,labilmesi için:

- Dalg,ç vibratörler,
- Sat,h vibratörleri,
- Vibrasyon masalar,,
- Yüzey vibratörleri olarak dört grupta imal edilirler.



Resim 33. Dalg,ç vibratör (Ilgaz/Yenice)



Resim 34. Vibrasyon masas.,(Railone Ilgaz/Polatl,)



Resim 35. Saha betonlamas,nda helikopter kullan,lmas., (Ilgaz/Polatl,)



Resim 36. Sat,h vibratörü (Ilgaz/Polatl,)



Resim 37, 38. Öngermeli kiri üretiminde sat,h vibratörü (Ilgaz / Kazakistan Astana)

6.1 Taze betona vibrasyon uygulanması, yararları

Betonun yerle tirilmesi sırasında, kesafeti daha fazla olan homojen bir beton elde edildiğinden dolayı, beton basınç dayanımı yükselmektedir.

- Kalıplar, sökülen betonda, kenarları belirgin hatları düzgün şekilde oluşturabilmesini sağlamaktadır.
- Daha yüksek dayanımlı beton elde edilmektedir.
- Betonarme yapı betonlarında, betonla demir donatılar arasında daha iyi aderans sağlanmaktadır.

6.2 Vibrasyon uygulanmasında dikkat edilmesi gereken hususlar

1. Beton tabakası derinliği, kullanılacak olan vibratörün dalga ucunun uzunluğunu geçmemesi ve her beton tabakası vibrasyona tabi tutulmalıdır.
2. Vibratör taze beton içerisine dik konumda daldırılmalıdır.
3. Vibratörün dalga ucu taze beton tabakasının tüm derinliğine, hatta bir önceki tabakaya birkaç cm girecek tarzda daldırılmalıdır.
4. Vibratör ucunun dalga laca noktalar arasındaki uzaklık genel olarak 40-50 cm civarında ve 75 cm'yi geçmemelidir.
5. Dalga uç beton kalıpların yan yüzeylerine yakın tutulmamalıdır.
6. Dalga uç taze beton içerisine hızlı bir şekilde daldırılarak, beton içerisinde çok sık veya çok uzun süreyle tutulmamalıdır. Yavaşça ve dik olarak çekilmelidir.
7. Dalga uç beton içerisindeki donatılara temas ettirilmemelidir.
8. Kendiliğinden yerleşen betonlarla, çok akıcı, vamdaki betonlara vibrasyon uygulanmamalıdır.
9. Priz olayı, balmak olan betonlara vibrasyon uygulanmamalıdır.

7. BETONA SU KÜRÜ UYGULANMASI

Betonun, özellikle ilk günlerde yeterince hidrasyon yapabilmesini sağlamak üzere, betonun içerisinde yeterli miktarda su kuru uygulanmalı, ve beton sıcaklığına kaybolmamasına özen gösterilmelidir.

Bunu sağlamak için uygulamada;

Beton yüzeyine ince film tabakası halinde, parafin esaslı kimyasal püskürtülerek beton bünyesindeki suyun buharlaşmasını önlenmeli ya da, betonun üzerine plastik telis konularak beton içerisindeki karma suyun buharlaşmasını engel olunmalıdır.

Sertleşen betonun çetli etkilerden zarar görmemesi için dökümü takip eden ilk günden itibaren en az 14 gün boyunca plastik küre tabi tutulmalıdır.

Beton dayanımının zaman içinde gelişimi, bünyesindeki çimentonun su ile yapacağı hidrasyonu reaksiyonlarının sürekliliği ile mümkündür. Hava sıcaklığı düşük olması durumunda, hidrasyonu yavaşlatacak ve buna bağlı olarak da beton yavaş dayanım kazanacaktır.

Hava sıcaklığı yüksek ve rüzgarlı olması durumunda, beton içerisindeki suda buharlaşma olacaktır, bu nedenle hidrasyonu için gerekli su miktarında azalma olacaktır. Betonun su kaybetmesi önlenemez ise veya buharlaşan suyun su kuruyla karışmaması durumunda, ani kurumadan dolayı, betonda büzülme olacaktır ve çatlaklar meydana gelecektir.

7.1 Su kürü yap,mas,nda dikkat edilecek hususlar

1. Beton dökümü i lemi bittikten 24 saat sonra su kürü yap,ılmal,d,r.
2. Don olay,n,n oldu u sürede su kürü uygulanmamal, ve betonun üzeri örtülmelidir.
3. Beton dökümünde ve prizini alm, betonun korunmas, s,ras,nda, rüzgardan etkilenmesi önlenmelidir.
4. S,cak havalarda su kürü uygulamas, sabah serinli inde ve güne in etkisinin az oldu u ö leden sonra yap,ılmal,d,r.
5. Betonun su emme h,z, (permabilitesi) dikkate al,narak ayn, yere yap,ılacak su kürü yeterli süre yap,ılmal,d,r.

8. OLUMSUZ HAVA KO ULLARINDA ALINACAK TEDB RLER

8.1 S,cak hava ko ullar,nda al,nacak tedbirler

Beton dökümü için en olumsuz ortam, a ,r, s,cak, kuru ve rüzgarlı, havalard,r. Yeni yerle tirilmi taze betonda, h,zl, buharla ma sonucu a ,r, su kayb, olur. Bunun sonucunda çökme kayb,, priz h,zlanmas,, hava bo luklar, ve yüzeyde plastik rötre çatlaklar, meydana gelir. Bu da betonun dayan,kl,l, ,n, olumsuz yönde etkiler. Beton dökerken hava s,cakl, ,n,n 30°C'den fazla olmas, beton için önlemler al,nmas,n, gerektirir.

1. Taze betonun s,cakl, ,, rüzgar,n h,z,, ba ,l nem ve ortam s,cakl, , kontrol edilmelidir.
2. Çimento, su ve agregalar olabildi ince so uk olmal,d,r. Agregas gölgede stoklanmal,, kar, ,m suyu beyaza boyanm, tanklarda tutulmal,d,r.
3. Agregalar periyodik olarak ,slat,ılmal, ama agregalarda farklı nem oranlar,n,n olu mamas,na dikkat edilmelidir.
4. Hidratasyon ,s,s, dü ük çimentolar tercih edilmelidir.
5. Döküm yerine ula an beton bekletilmeden yerle tirilmeli ve vibrasyon k,sa sürede tamamlanmal,d,r. Dökümün gecikmesi halinde priz geciktirici kimyasal katk,lar kullan,ılmal,d,r. Gece beton dökümü tercih edilmelidir.
6. Döküm esnas,nda zemin ve kal,plara su püskürtülmesi beton kar, ,m,ndaki suyun emilmemesi aç,s,ndan faydal,d,r. Böylece betonla temas edecek yüzeylerin s,cakl, ,n, dü ürerek nem miktar,n, art,rılmak mümkündür.
7. Beton yerle tirildikten hemen sonra ilk mastarlama yap,ıl,r; daha sonra bir insan betonun üzerine ç,kt, ,nda 1-2 mm derinlikte iz kal,nca, ikinci mastarlama i lemi yap,ıl,r.
8. Dökümden sonra ilk yar,m saatten ba layarak 72 saat boyunca su kürü uygulanmal,, buharla ma ve su kayb,na kar , yüzeyler su geçirmez örtüler ile rüzgara kar , da rüzgar koruyucularla örtülmelidir.
9. Normal betonarme yap,ılarda kür süresi yaz aylar,nda en az 14 gün olmal,, yüzey sürekli nemli tutulmal,d,r. Beton numuneler antiye artlar,nda muhafaza edilerek mevcut betonun bas,nç dayan,m,n,n izlenmesi daha s,hhatl, sonuçlar verecektir.
10. Güne ve rüzgar,n do rudan etkisine kar , korumak için aç,akta kalan beton yüzeyler, ,slak çuval ve plastik örtü gibi malzemelerle örtülmelidir. Özellikle dö eme ve saha betonlar,n,n "Curing compound" ad, verilen bak,m maddeleri ile kaplan,p, buharla man,n geciktirilmesi yararlı,d,r.

8.2 So uk hava ko ullar,nda al,nacak tedbirler

Beton dökümü esnas,nda hava s,cakl, ,n,n +5 °C 'den dü ük olmas, halinde, kaliteli beton elde edebilmek için yap,m, döküm ve bak,m i lerinde bir tak,m önlemlerin al,nmas, gerekir.

Taze betonun döküldü ü ortam,n s,cakl, ,;

- Bir gün içinde +5 °C 'nin altına düşerse 48 saat süreyle,
 - Bir günden fazla +5 °C 'nin altına düşerse, 72 saat süreyle don etkisinden korunmalıdır. Türk standartları, betonun basınç mukavemetinin 40 kgf/cm²'ye erişmesinden sonra don sebebi ile zarar görmeyeceğini kabul etmekte olup, bu süre iyi bir beton için +10 °C sıcaklıkta 3 gündür.
1. Beton dökülecek yer kar, buz ve dondan temizlenmelidir.
 2. Beton kar, sıcaklığı, minimum 15°C ve yerle temas sıcaklığı, minimum 5°C olmalıdır.
 3. Beton en az 3 gün koruma altına alınmalıdır.
 4. Beton soğuk ve rüzgara karşı korunmalıdır.

Bu kapsamda;

- Beton dökülen mahallin sıcaklığı, minimum 5°C olmalıdır.
- Korugan (izolasyon malzemeleri, köpük levha, mineral yünü, saman, talaş, plastik örtüler gibi malzemeler) ile örtünerek korunmalıdır.
- Beton kar, sıcaklığının donma derecesini aşmaya çeken antifiriz veya kar, sıcaklığını azaltan katkı, kanlı tuz, veya priz hızlandırıcılar ilave edilmelidir.
- Beton kar, sıcaklığında düşük su / çimento oranı tercih edilmelidir.
- Kalıpla alma süreleri; don yapan günler kadar uzatılmalıdır.
- Soğuk hava koşullarındaki beton üretimlerinin basınç dayanımları, tahribatsız yöntemle tespit edilerek beton üretimi sırasında alınan beton numuneleri üretilen betonlarla aynı şartlarda muhafaza edilerek basınç dayanımları tespit edilmelidir.
- Üretilen betonun basınç dayanımı, 40 kg/cm²'e ulaşmadan sonra soğuk hava koşullarından etkilenmemektedir. Dolayısıyla antiye artlarında bekletilen beton numunedeki basınç dayanımı, 40 kg/cm²'e kadar betonun korunmasına devam edilmektedir.

Ilgaz inaat tarafından; Kazakistan Astana'da; 2005 yılında yapılmış, tamamlanan Şim Nehri Köprüsü'nün yapımında kullanılan öngermeli kirişler, alınan tedbirler sayesinde -40°C'deki hava koşullarında üretilmiştir.

Ankara Polatlı'da İstanbul Hızlı Tren Projesi kapsamında yapılmış 2400 m. uzunluğundaki V4 viyadüğü'nün yapımında kullanılan öngermeli kirişler, alınan tedbirler sayesinde 6°C'de üretilmiştir.

Olumsuz hava koşullarında alınan tedbirler Ilgaz inaat teknik elemanları tarafından;

- 7. Ulusal Beton Kongresinde (İstanbul TÜİSMM / 2007)
- 1. Köprü ve Viyadükler Sempozyumunda (Antalya MOA / 2007)
- BETON 2008 Uluslararası Beton Kongresinde (İstanbul TÜİSMM / 2009) sunulmuştur.



Resim 39, 40. Hızlı Tren Projesinin yapıldığı yerdeki olumsuz hava koşulları.

9. YAPILARDAKİ BETON BASINÇ DAYANIMLARININ TESPİT EDİLMESİ

9.1 Taze betondan numune alınarak basınç dayanım tespiti

Taze betondan alınan 15 cm'lik küp numuneler 24 saat kalıplı içerisinde bekletildikten sonra 20 ± 2 °C'deki kür havuzunda 7 ve 28 gün bekletildikten sonra basınç dayanımları tespit edilir.

9.2 Betondan karot numune alınarak basınç dayanım tespiti

Prizini alınmış olan betondan, yapıdaki donatıyı kesmeden karot numuneler alınarak basınç dayanım tespiti yapılır. Alınan numuneler kükürt veya benzeri maddelerle boyanarak yapıldıktan sonra basınç dayanım tespiti yapılır.

9.3 Tahribatsız metotla basınç dayanım tespiti

Beton çekici kullanılarak beton basınç dayanım tespiti yapılmaktadır.

10. BETON SINIFLARI

Betonun standart basınç dayanım sınıfı; 28 gün boyunca $20(\pm 2)$ °C sıcaklıkta ve %100 nemli ortamda suda kür edilen, çapı 150 mm, boyu 300 mm olan silindirik numunelerin aksel basınç altındaki dayanım olarak tanımlanır.

Gerilme cinsinden ifade edilen dayanım sınıfı, maksimum yükünün silindirik alanına bölünmesi ile elde edilir. Beton sınıfı, concrete (beton) kelimesinin baş harfi olan "C" ile ifade edilir.

Örnek **C 40 / 50 sınıfı beton**

Çapı 15 cm yüksekliği 30 cm olan silindirik numunenin 28 günlük karakteristik basınç dayanım sınıfı 40 MPa yani yaklaşık 400 kgf/cm² olan betondur.

C 40 / 50

15 cm'lik küp numunede basınç dayanım sınıfı 50 N/mm² yaklaşık 500 kgf/cm² olan betondur.

TABLO 10. Beton sınıfı.

Basınç Dayanım Sınıfı	En düşük karakteristik silindirik dayanım (N/mm ²)	En düşük karakteristik küp dayanım (N/mm ²)
C 8/10	8	10
C 12/15	12	15
C 16/20	16	20
C 20/25	20	25
C 25/30	25	30
C 30/37	30	37
C 35/45	35	45
C 35/45	35	45
C 40/50	40	50
C 45/55	45	55
C 50/60	50	60

SUNUM YAPAN TEKNİK ELEMANLARIMIZDAN
GÖRÜNTÜLER



