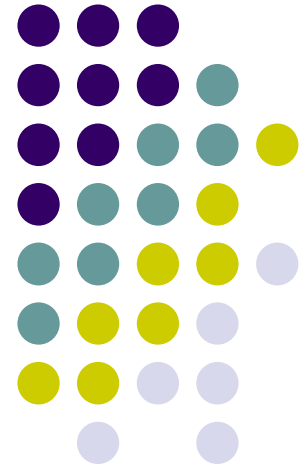
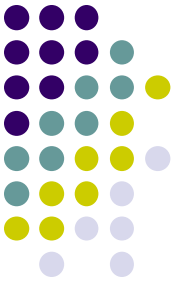


BETONARME-I

1. Hafta

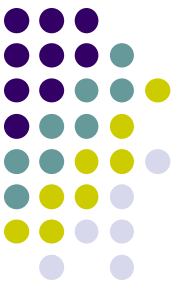
Onur ONAT
Munzur Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Tunceli
Son güncelleme:14.02.2020





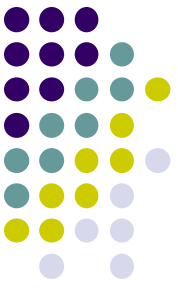
Hangi Konular İşlenecek?

- Beton, çelik ve betonarmenin malzeme özelliklerinin tanıtılması
- Yapı güvenliği ve taşıyıcı sistem tipleri
- Betonarme elemanların hesap ve tasarım kuralları
- Betonarme elemanların hesap ve tasarımında yapılan kabuller
- Kiriş elemanların kesitlerin tasarım ve boyutlandırılması
- Kirişler, döşemeden kirişlere yük aktarımı ve tasarımı
- Yapı elemanı olarak döşeme
- Döşeme çeşitleri
- Kirişli döşemeler,
- Tek doğrultuda çalışan kirişli döşemeler,
- Çift doğrultuda çalışan kirişli döşemeler,



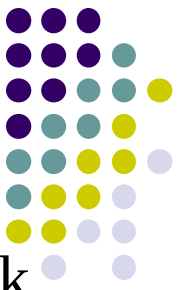
Tanımlar

- Dozaj, 1 metreküp beton içine katılan çimentonun kğ olarak miktarına denir.
- Su/çimento oranı, 1 metreküp betona katılan suyun ve çimentonun kğ cinsinden miktarlarının birbirine oranıdır. Kimyasal reaksiyon için gereken minimum oran 0.25'tir. Fakat ortalama olması gereken miktar 0.4-0.55 arasında değişir.
- Gereksiz yere katılan her 1 teneke yani 20 lt su mukavemeti % 15-20 düşürdüğü belirlenmiştir.
- Kıvam, yaş betonun akışkanlık derecesini belirler. Çökme deneyi ile bulunur.
- Priz, betonun döküldükten sonra kurumaya başlaması olayına denir. Yaklaşık beton döküldükten sonra 45 ile 75 dk sonra başlar 6 ya da 10 saat sürer.
- Katılaşıp beton, prizi bitmiş ve üzerinde gezilebilen betona denir.
- Sertleşme, betonun dayanım kazanma sürecine denir.
- Sertleşmiş beton, yük taşıyabilecek kadar dayanıma sahip olan betona denir.
- Basınç dayanımı, sertleşmiş betonun beton presi altında ulaşabildiği maksimum değere denir.
- Standart basınç dayanımı, suda saklanmış bir betonun 28 günlük basınç dayanımına denir.
- Çekme dayanımı, betonu çatlatan çekme gerilmesidir.
- Kırılma, beton liflerinin basınç altında ezilmesidir. Beton ezildiği an kırılır.
- Kırılma birim kısalması, betonun ezildiği anda ölçülen en büyük birim kısalmaya denir.



Betonarme Nedir?

- Betonarme Fransızca bir kelimedir ve demirle kuşatılmış beton anlamına gelir.
- Betonarme kelimesi her zaman Beton ve Çeliğin bir arada bulunduğu kompozit malzeme için kullanılır.
- Betonarme elemanların birlikte bulunmasından dolayı, birlikte çalışması gerekmektedir.
- Bu birlikte çalışma betonun ve donatının herhangi birinin zayıf taraflarının diğerinin güçlü tarafıyla kapatılmasını sağlar.



Betonarme Tarihi Gelişimi?

- Romalılardan daha önce Puzzolan'ın bağlayıcı olarak kullanılması ile betonun temelleri atılır.
- 1756 yılında günümüzde kullandığımız çimento bulunuyor.
- 1824 yılında ilk Portland çimentosu kullanılıyor.
- 1848 yılında 'Betonarme' ilk defa bir Fransız çiftçi (Monier) tarafından bulundu.
- 1884 İlk nervürlü demir patenti alınıyor.
- 1889 ilk Betonarme köprü inşa edildi.
- 1911 Türkiye'de ilk defa çimento fabrikası Kocaeli/Darıca'da kuruldu.
- Betonarme yapıların hesap ve tasarımı 1950'lerde yapılmıştır.

Genel Kültür



- Dünyada ilk mühendis okulu bugünkü İTÜ'nün temellerinin atılmasına vesile olan Mühendishane-i Bahri Humayundur (1773).
- Dünya'da ilk defa mühendis ünvanı 1830 yılında ERIE kanalının yapımını yöneten teknik personele verilmiştir.
- Daha sonra Avrupa'da ilk mühendis okulu 1847 yılında Fransa'da kurulmuştur.

Betonarme de Gelineen Son Nokta Nedir?



- Donatı çubuğundaki dayanımın 500 Mpa civarındadır.
- Dünya'daki en yüksek betonarme bina 2009'da ABD'de 423 m yüksekliğinde inşa edilmiş olan Trump International Hotel and Tower. Diğer yüksek betonarme binalar ve özellikleri aşağıdaki tablodadır.

Dünya'da şu anda beton teknolojisindeki ilerleme yukarıda bahsedilen düzeydedir.

Adı	Yüksekliği (m)	Yapım Yılı	Bulunduğu Ülke
Trump International Hotel and Tower	423	2009	ABD
CITIC Plaza	393	1996	ÇİN
Central Plaza	374	1992	Hong-Kong
Almas Tower	360	2008	Dubai-BAE



Betonarme Yapıların Avantajları

- Rijitliği fazladır, faydası çok titreşim oluşturmaz ve büyük yer değiştirmeler olmaz.
- Ucuzdur, faydası malzeme ve işçilik giderleri düşüktür.
- Yangına dayanıklı olması, faydası 550-600°C sıcaklıkta çelik dayanımının tamamını kaybetmesine rağmen beton basınç dayanımının sadece %50'sini kaybeder. 3 cm beton örtüsüne sahip bir betonarme eleman 1-2 saat, 5 cm beton örtüsüne sahip bir betonarme eleman ise 3-4 saat yangına dayanabiliyor.
- Dış etkilere dayanıklıdır, faydası ise hava, su ve nemden etkili derecede korunaklıdır.
- Ömrünün uzun olması, faydası daha fazla kullanım ömrüne sahiptir ve bir koruma gerektirmez. (Çelik ve ahşaba göre)



Betonarme Yapıların Avantajları

- Elemanlara istenilen şekil verilebilir, faydası kabuk, kemer ve daha birçok farklı şekil yapılabilir.
- Bakımının kolay olması, Ahşap ve Çelik yapılar periyodik korumaya alınır ya da korumaları değiştirilir. Betonarmede yoktur bu durum. Sadece su ve neme karşı yalıtım kafidir.
- Elemanlarının birleşme sorunu yoktur, betonarme yapılar yekpare döküldükleri zaman ahşap ve çelik yapılar gibi birleşme sorunu olmaz.
- Dayanımının yüksek olması, betonarme yapıların aynı ebattaki özellikle ahşap yapılara göre dayanımı daha yüksek olduğu için yüksek katlı yapılar yapılabilir.
- İşçiliği kolaydır, seri ve çok fazla imalat olduğu için bu imalatı gerçekleştiren kalifiye işçi bulmak kolaydır.

Betonarme Yapıların Dezavantajları



- Ağır olması, birim hacim ağırlığı çok yüksek olduğu için deprem bölgelerinde binaya etkiyen deprem kuvvetinin fazla olmasına sebep olmaktadır.
- Kaliteyi yakalamak zordur, betonarmenin üretilmesinden kullanımına kadar geçen süredeki; üretim, yerleştirme ve bakım işlemlerinin bir tanesinin aksaması özelliğini kaybettirebilir.
- Kusurlarının sonradan belirlenmesi zordur, betonarme üretildikten sonra donatıların düzeni, etriye aralıkları, betonun yerleşip yerleşmediğini tayin etmek zordur. Tayin etmek elzem ise betonun tahribatı söz konusu olmaktadır.
- Güçlendirilmesi zordur, güçlendirme kiriş gibi bazı elemanlar için çok sıkıntılıdır. Sadece kolonlar için yapmak amaca hizmet etmeyebilir. Ağır hasar durumunda ise yıkılması gereklidir.

Betonarme Yapıların Dezavantajları



- Malzeme yeniden kullanılamaz, betonarme bir yapı ömrünü tamamladıktan sonra veya farklı sebeplerden dolayı yıkıldıktan sonra malzemeler tekrar kullanılamaz. Ancak çelik ve ahşap yapılar tekrar kullanılabilir.
- İnşaat süresi uzundur, betonarme elemanlar şantiye sahasında betonu döküldükten sonra betonun priz alma süresi ve kür işlemlerinden dolayı inşaat süresi uzun olmaktadır. Fakat çelik ve ahşap elemanlar üretim merkezinde önceden hazırlandığı için sahada daha kısa sürede inşa edilir.
- Kalıp maliyeti fazladır, betonun dökülmeden önceki kalıbın maliyeti tekrar tekrar kullanmak için uygun değildir.
- Büzülme ve rötre en ciddi problemlerinden biridir.



Betonarme Yapılar Neye Göre Tasarlanır

- Betonarme yapıların hesaplarının yapıldığı ve tasarımların yapılırken göz önüne alındığı bir standart bulunmaktadır.
- Bu standart 2000 yılı Şubat ayında yayınlanmış olan,
- TS 500 - ‘Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarım Kurallarıdır’
- SORU: Sadece TS 500’e göre mi hesap ve tasarım yapılır?
- CEVAP: Hayır, TS 500 ile birlikte şu an yürürlükte bulunan,
- 2018 Bina Deprem Yönetmeliğine göre de hesap ve tasarımı yapılmış yapılar kontrol edilir, gerekirse tasarım değişiklikleri yapılır.



Betonarme Yapılardaki Belirsizlikler Nedir?

- Betonarme yapılardaki belirsizlikler aşağıda maddeler halinde verilmiştir.
 - Yüklerdeki belirsizlikler,
 - Malzeme dayanımındaki belirsizlikler,
 - Hesap yaparken yapılan kabullerin belirsizliği,
 - Boyutlardaki belirsizlikler
- Olarak sıralanabilir.



Yüklerdeki Belirsizlikler

- Betonarme yapılara etkiyen yükler kesin olarak bilinmemektedir.
- Sadece geçmişte gerçekleşmiş olan reel verilere göre olasılıksal olarak dikkate alınır.
- Gaz sıkışması sonucu binada oluşan patlama,
- Tek katı bir binanın duvarına araç çarpması,
- Zemin seviyesinin altında kalan bir yapının üzerine bir şey düşmesi ve hasar vermesi gibi durumlar hesaba katılmaz. Çünkü olma olasılığı çok çok küçük bir olasılıktır.



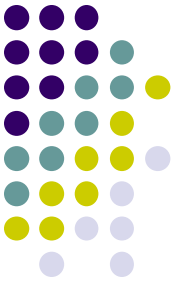
Malzeme Dayanımındaki Belirsizlikler

- Betonarme hesapları yapılırken beton için bir beton sınıfı seçilir.
- Bu beton sınıfını % 100 olarak tutturmak zordur.
- Bu beton sınıfı tutmadığı zaman yapılan hesaplar gerçek durumun altında kalır.
- Daha sonra malzeme dayanımında belirli oranda azalma olmuş olur.
- Bu sebep malzeme dayanımında bir belirsizlik oluşturduğu için hesap yapılırken yükte artış, malzeme dayanımında azalmaya gidilir.

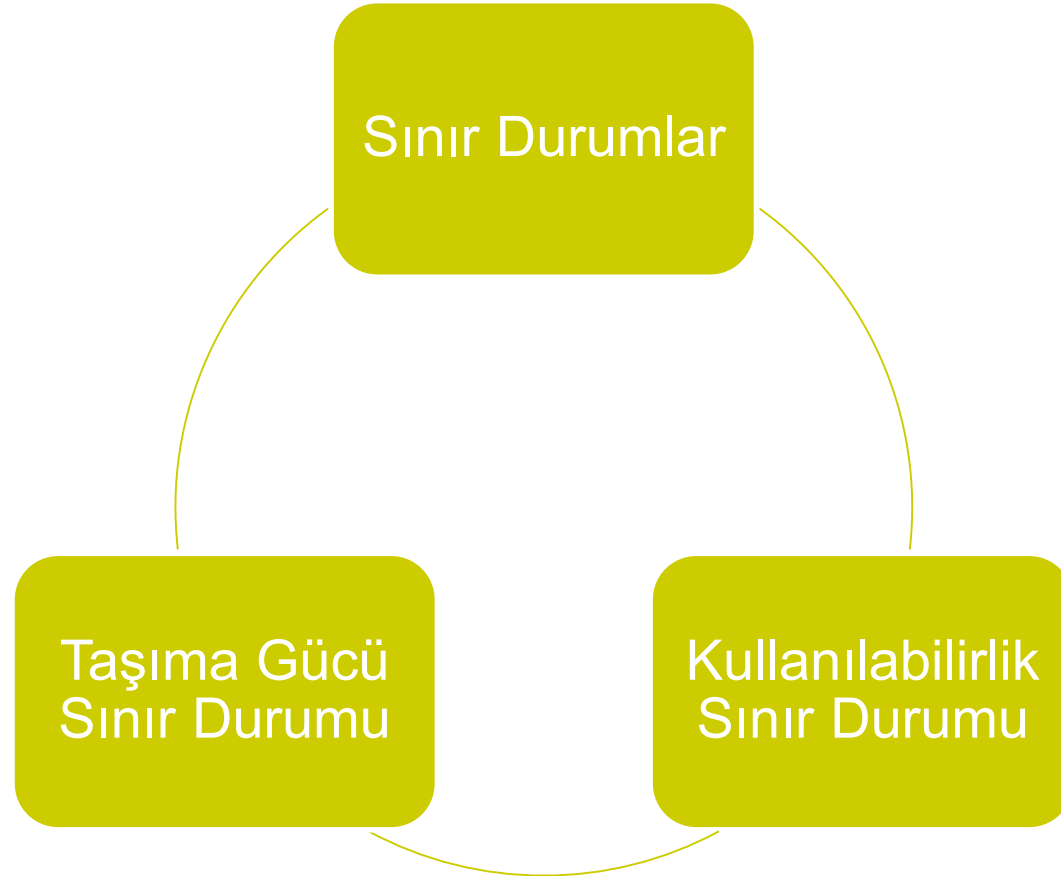


Hesap Kabullerindeki Belirsizlikler

- Betonarme hesaplarında malzeme HOMOJEN alınır,
- Malzeme davranışı ise LİNEER ELASTİK kabul edilir.
- Gerçekte ise ne betonarme homojendir,
- Ne de betonarme bir eleman yük etkisinde zorlandığında lineer olarak kalır.
- Dolayısıyla kullanılan yöntem betonarmenin gerçek davranışını temsil etmez.



Betonarme Yapılar İçin Sınır Durumlar





Taşıma Gücü Sınır Durumu

- Betonarme yapının ağır hasar görmesi ya da göçmesi hakkında bilgi veren taşıma gücü sınır durumu.
- Bu sınır durumunda ölçüt, tasarım yükünün tasarım dayanımından büyük olmamasıdır.
- Bu sınır durumu belirlenirken, istatistiksel olarak yapının hizmet ömrü boyunca yapının üzerine gelen yüklerin en yüksek değerleri alınır.
- Daha sonra tasarım yükü belirlenir.
- Bir malzemenin tasarım dayanımı ise, karakteristik dayanımına bölünmesiyle bulunur.

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_m}$$



Kullanılabilirlik Sınır Durumu

- Betonarme yapılarda üzerine gelen hesap yükleri altında, rahat kullanımı engelleyecek sehim, dönme, paslanma, çatlama ve ötelenmenin olmamasıdır.
- Bu sınır durumunun aşılması durumunda yapı ayakta kalsa bile yaşamı olumsuz etkileyecek değişiklikler olur.



Sehim Kontrolü



- TS 500’de Kullanılabilirlik Sınır durumu ile alakalı sehim kontrolü şartı getirilmiştir.
- Kontrol, kuşku duyulan ve sehime duyarlı yapı elemanı taşıyorsa yapılabilir.

Taşıyıcı Eleman	Basit Mesnetli	Kenar Açıklık	İç Açıklık	Konsol
Tek doğrultuda çalışan döşeme	1/20	1/25	1/30	1/10
İki doğrultuda çalışan döşeme	1/25	1/30	1/35	-----
Dişli döşeme	1/15	1/18	1/20	1/8
Kiriş	1/10	1/12	1/15	1/5

Çatlak Kontrolü



- Betonarme elemanlarda çatlak oluşumunu engellemek imkansızdır. Dolayısıyla

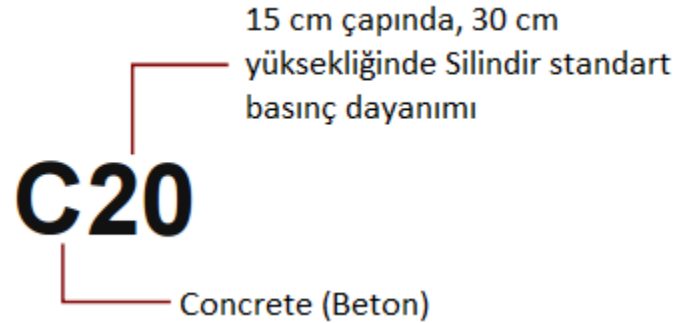
Ortam	En Büyük Çatlak Genişliği
Yapı içi normal çevre koşulları	0.4 mm
Yapı içi nemli, yapı dışı normal çevre koşulları	0.3 mm
Yapı dışı nemli çevre koşulları	0.2 mm
Yapı içi ve dışı sert çevre koşulları	0.1 mm

Betonun Mekanik Özellikleri

Beton Nedir?



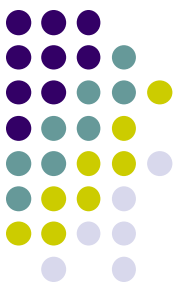
- Beton; su, çimento, kum ve agregan oluşan yapay taştır.
- Betonun bir sınıfı vardır ve aşağıdaki şekilde tanımlanır;



- Betonlar ağırlıklarına göre aşağıdaki gibi sınıflandırılırlar;
- Birim hacim ağırlığı 0.8 ile 2 t/m³ arasında olanlar hafif beton
- Birim hacim ağırlığı 2 ile 2.6 t/m³ arasında olanlar normal ağırlıklı beton,
- Birim hacim ağırlığı 2.6 t/m³'ten büyükse ağır beton olarak sınıflandırılır. (TS EN 206'da bulunabilir)

Betonun Mekanik Özellikleri

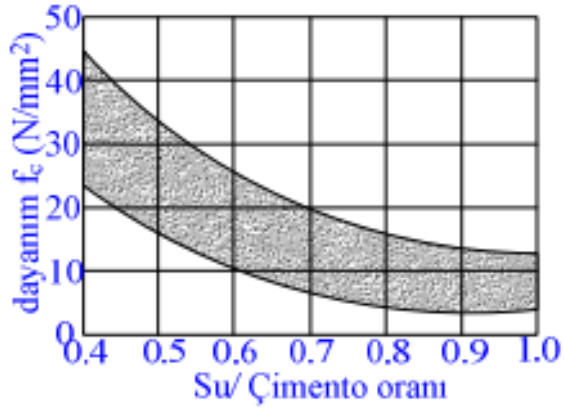
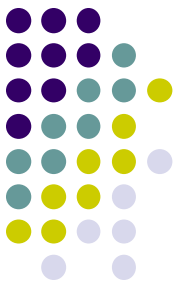
Betonun Dayanımını Etkileyen Faktörler Nedir?



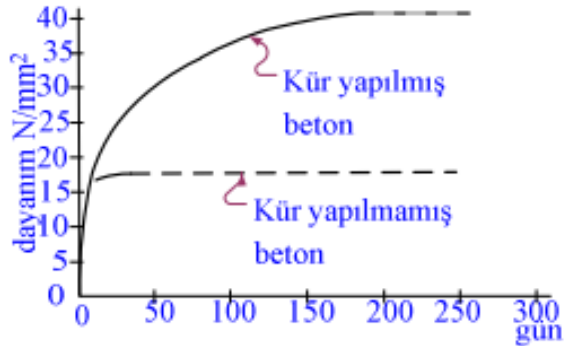
- Beton döküldükten sonra dayanımı aşağıdaki faktörlerden yüksek oranda etkilenir;
- Su/çimento oranı
- Çimentonun cinsi, miktarı ve çimentonun dayanımı,
- Agreganın granülometrisi,
- Katkı maddeleri,
- Sıkıştırma şekli ve oranı,
- Çevre şartları,
- Bakım şekli, süresi ve kalitesi

Betonun Mekanik Özellikleri

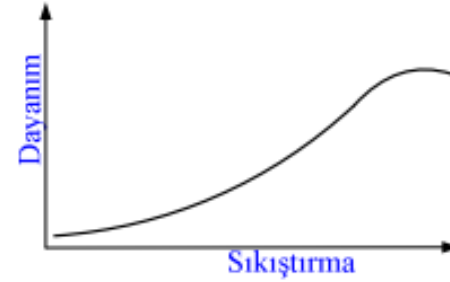
Betonun Dayanımını Etkileyen Faktörler Nedir?



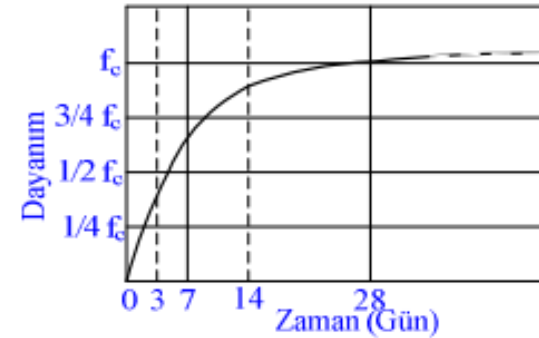
Su arttıkça dayanım düşer



Kür yapılan beton yüksek dayanım kazanır



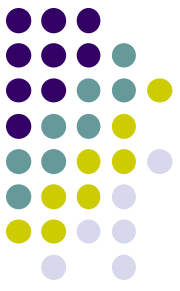
Sıkıştırma arttıkça dayanım artar



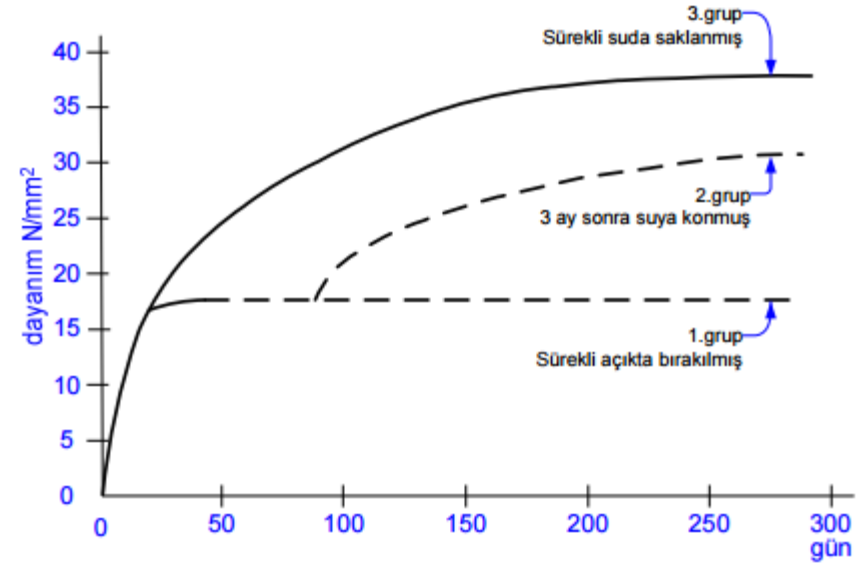
Dayanım zamanla artar

Betonun Mekanik Özellikleri

Betonun Dayanımını Etkileyen Faktörler Nedir?



- Beton için en ciddi mukavemet arttırıcı faktör kür uygulamaktır.
- Aşağıdaki grafik kür uygulanan ile uygulanmayan beton arasındaki farklılığı en iyi bir şekilde anlatmaktadır.
- Kür, betonun zamanla en yüksek dayanımı kazanabilmesi için gereksinim duyulan sulu, susuz veya nemli bakımdır.
- Kür yapılmadığı zaman betondan istenilen dayanım elde edilemez.

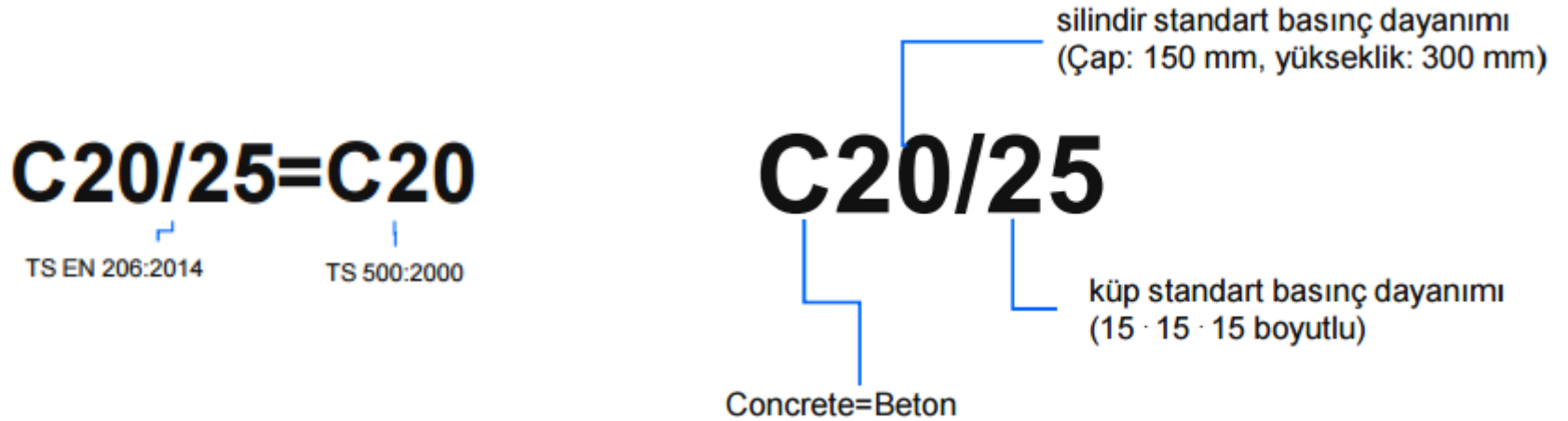


Betonun Mekanik Özellikleri

Betonun Sınıflandırılması?



- Beton sınıfı hem TS500:2000’de hem de TS EN 206:2014’da aşağıdaki şekilde belirlenmiştir.



TS 500:2000	TS EN 206:2014
C20	C20/25
C25	C25/30
C30	C30/37



Donatının Özellikleri

- Bir betonarme elemanın iki önemli unsurundan diğeri ise, donatıdır.
- Donatı çubuğu; sıcak haddeleme ile, sıcak haddeleme esnasında ısıtıl işlem uygulanarak ve soğuk mekanik işlem uygulanarak üretilir.
- Donatılar kalite bakımından akma dayanımına göre sınıflandırılır.
- S420, nominal akma dayanımı 420 Mpa olan donatılardır.
- S420 çeliği; S420B ve S420C olarak ikiye ayrılır.
- S500, nominal akma dayanımı 500 Mpa olan donatılardır.
- S500 çeliği; S500B ve S500C olarak ikiye ayrılır.



Çelik Sınıfları



Çelik Sınıfları (Hasırlar için)

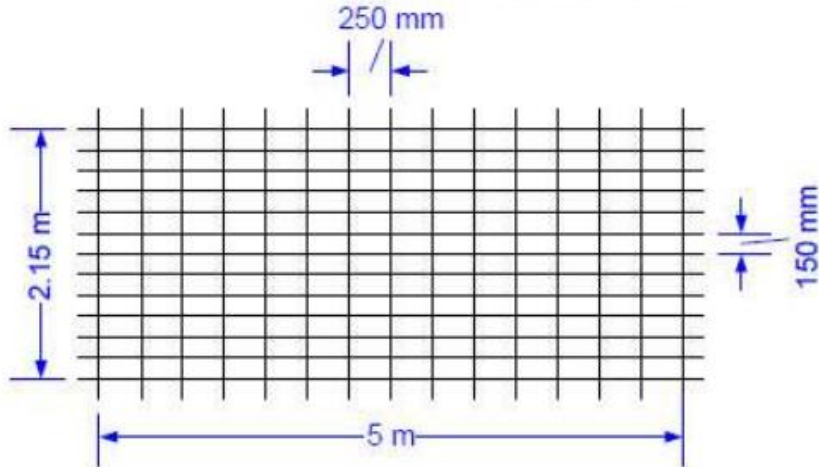


Çelik Hasır S500bs, S500bk

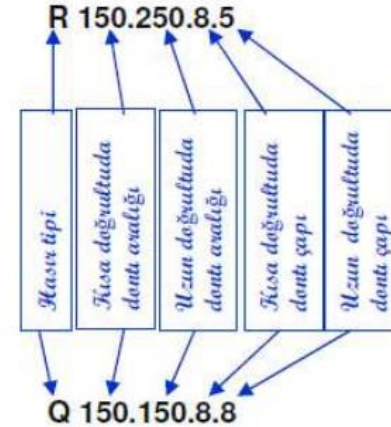
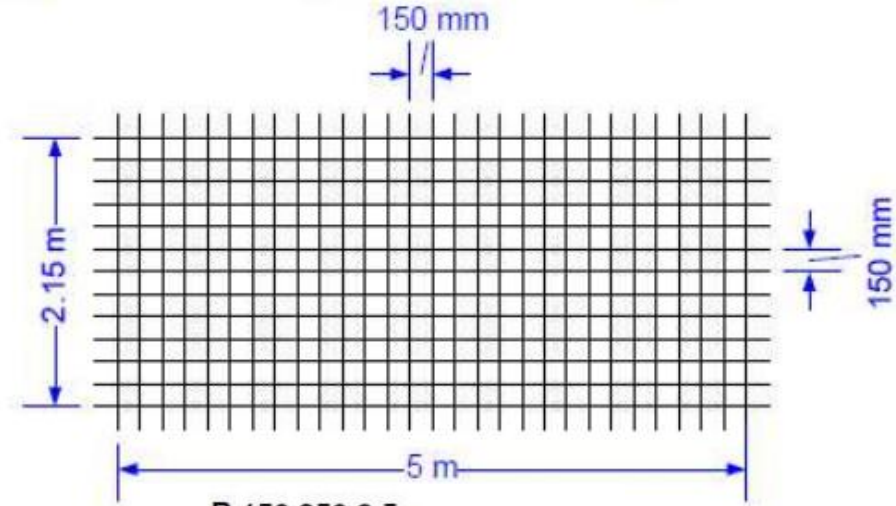
Kopma uzaması %8
anlamında

Kopma uzaması %5
anlamında

R TİPİ HASIR (150x250 mmxmm dikdörtgen gözenekli):



Q TİPİ HASIR (150x150 mmxmm kare gözenekli):



Donatının Özellikleri (TS 708:1996)



Mekanik Özellikler	Donatı Çubukları			Hasır Donatı		
	Doğal Sertlikte İşlem Görmüş Çelikler			Soğukta İşlem Görmüş Çelikler		
	S220a	S420a	S500a	S420b	S500bs	S500bk
Minimum akma dayanımı (f_{yk})MPa	220	420	500	420	500	500
Minimum kopma dayanımı (Mpa)	340	500	550	550	550	550
Minimum kopma uzaması (ϵ_{su}) $\varnothing \leq 32$ mm	18	12	12	10	8	5
Minimum kopma uzaması $32 \leq \varnothing \leq 50$ mm	18	10	10	10	8	5



Kaynaklar

- Topçu, A., Betonarme-I, Ders notları
- Doğangün, A., Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı, Birsen Yayınevi
- Celep, Z., Betonarme Yapılar, Beşinci Baskı, 2009
- <https://www.constructionweekonline.com/article-9184-top-10-worlds-tallest-concrete-buildings>