

## GENEL BİLGİLER

Betonarmenin başlangıcı 1850 yılıdır. Beton ve betonarme son 150 yılın en önemli yapı malzemesi olmuştur. Tüm dünyada yapı malzemesi olarak öncelikle kullanılmaktadır. Bir yıl içinde kullanılan beton miktarı yaklaşık 6 milyar tondur. Dünya nüfusu da yaklaşık 6 milyar olduğuna göre kişi başına yılda 1 ton beton üretilmektedir. Türkiye’de kişi başına üretim yaklaşık bunun yarısı, 0.45 ton/yıl dır.

Betonarme neden bu denli kabul görmüştür? Özde nedenler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- İstenilen her şeklin verilebilmesi
- Basınç dayanımının yüksek olması
- Ana malzemesi olan çimento, çelik ve suyun yerel temin edilebilmesi
- Yerel imkanlarla üretilbilmesi
- Nitelikli elemana fazla gereksinimi olmaması
- Ölçü toleransının yüksek oluşu (1-2 santimlik kalıp hatası sorun yaratmaz)
- Üretim için fazla enerji gerektirmemesi
- Ekonomik olması
- Hemen hiç bakım gerektirmemesi
- Uzun ömürlü olması
- Yangına dayanıklı olması.
- Su, rutubet ve asitli ortama dayanıklı olması

Enerji gereksinimine açıklık getirilirse; 1 m<sup>3</sup> çelik üretmek için yaklaşık 50 GJ enerji gerekirken aynı miktarda beton üretmek için 4 GJ enerji gerekir.

**Beton;** çimento, agrega (kum-çakıl), su ve gerekirse kimyasal katkı maddelerinin bilinçli karışımından oluşan kompozit bir malzeme; yapay bir taştır. Beton hamuru yaş iken plastik olmasına, istenilen şeklin verilmesine karşın 10 saat içinde katılarak zamanla sertleşir ve yüksek basınca dayanıklı duruma gelir.

Yüksek basınç gerilmesine dayanıklı olmasına karşın çekme kuvvetine hemen hiç dayanamaz. Bu özrünü gidermek için beton içerisine, çekme bölgelerine, çelik çubuklar konur. Oluşan bu malzemeye **betonarme** denir.

Çimento hamuru, çimento şerbeti, harç, beton ve betonarme gibi, uygulamada sıkça kullanılan deyimler arasındaki farkı özetlemekte yarar vardır:

ÇİMENTO + AZ SU → ÇİMENTO HAMURU (kuru)  
ÇİMENTO + ÇOK SU → ÇİMENTO ŞERBETİ (akıcı)  
ÇİMENTO + İNCE KUM+SU → HARÇ  
ÇİMENTO + AGREGA (kum ve çakıl)+SU → BETON  
ÇİMENTO + AGREGA (kum ve çakıl)+SU+ÇELİK → BETONARME



## BETON

### ÇİMENTO+AGREGA+SU →BETON

1 m<sup>3</sup> beton yaklaşık (hacim olarak)

- %10 çimento,
- %70 agrega (kum, çakıl, kırmataş),
- %20 su

içerir. Belli amaca yönelik olarak, örneğin kıvam ayarı için, katkı maddesi de eklenebilir. Ancak, katkı maddesi çimento ağırlığının genelde %0.5- 2 si kadardır ve %5 ini aşmamalıdır.



### ÇİMENTO - TS EN 197-1/2004

Çimentonun görevi; su ile reaksiyona girerek, agrega tanelerinin çevresini kaplamak, taneler arasındaki boşlukları doldurmak ve bunları birbirine bağlayarak kaynaştırmaktır.

Kullanım amacı farklı çimentolar üretilmektedir. Avrupa Birliği (AB) uyum çalışmaları çerçevesinde Türk Standardlarında hızlı bir yenilenme yaşanmaktadır. Hazır beton ve çimento üretimi ile ilgili Standard değişiklikleri buna örnek olarak verilebilir.

Yeni çimento standardı “TS EN 197-1 Genel Çimentolar Bileşim, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri” 2004 sonunda yürürlüğe girmiştir. Yürürlükten kalkan birçok çimento standardının yerini TS EN 197-1 almıştır.

TS EN 197-1/2004 standardında çimentolar beş ana tip ile adlandırılmaktadır:

- CEM I Portland çimento
- CEM II Portland-kompoze çimento
- CEM III Yüksek Fırın cürüflü çimento
- CEM IV Puzolanik çimento
- CEM V Kompoze çimento

## SU - TS EN 1008/2003

Suyun görevi kimyasal reaksiyonu başlatarak sürdürmek ve betona işlenebilir bir akıcılık (kıvam) sağlamaktır. İçilebilen her su beton yapımında kullanılabilir.

- Tuzlu olmamalı
- Asit bulunmamalı
- Yağ bulunmamalı
- Kirlili, bulanık olmamalı

Deniz suyu kullanılamaz!

## KİMYASAL KATKILAR - TS EN 934-2/2004

ERSOY/ÖZCEBE, Sayfa 12

Betonun bazı özelliklerini iyileştirmek veya bazı özellikler kazandırmak için kullanılırlar. Çimento miktarının belli bir yüzdesi kadar, genelde karışım suyuna katılırlar.

**Katkı maddeleri aşağıdaki amaçla kullanılırlar:**

- Priz (katılma) süresini kısaltmak veya uzatmak
- Su/çimento oranını azaltmak, dayanımı artırmak (akışkanlaştırıcı, süper akışkanlaştırıcı)
- Kendiliğinden yerleşen beton yapmak (hiper akışkanlaştırıcı)
- Betonun donmasını önlemek (antifriz)
- Genleşebilen beton yapmak (büzülme çatlaklarını önlemek, onarım işlerinde)
- Donma-çözülme dayanıklılığını artırmak (hava sürükleyici katkı)
- Su ve buhar sızdırmayan beton yapmak (su deposu, bodrum perdeleri, hamam, havuz, arıtma tesisi, baraj)
- Beton içindeki donatının (çelik) paslanmasını önlemek
- Betona renk vermek (dekoratif amaçlı)



Renkli beton



## AGREGA-TS 706 EN 12620/2003

ERSOY/ÖZCEBE, Sayfa 5

Kum + çakıl → AGREGA  
Kum + kırmataş → AGREGA  
Kum + çakıl+kırmataş → AGREGA

İnce KUM: 0-4 mm  
Kalın KUM: 4-8 mm

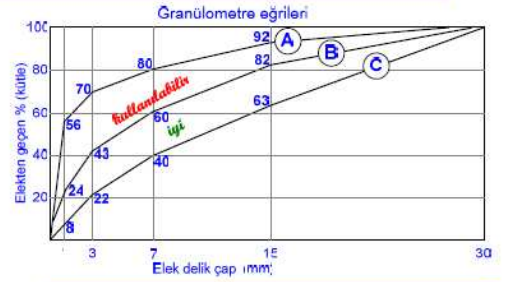
ÇAKIL: 8-70 mm

KIRMATAŞ (MICIR):  
5-13 mm  
13-24 mm  
24-30 mm

Betonda kullanılacak en büyük tane çapı dökümün yapılacağı yapının boyutlarına bağlıdır. Normal yapılarda kiriş ve kolonların küçük kenarı 25 cm, döşeme kalınlığı 10 cm, net beton örtüsü 3 cm, donatı net aralığı 3 cm civarındadır. Gereğinden iri agrega sorunlar yaratır: Donatılar arasından geçmez, tek bir çakıl döşmeden veya beton örtüsünden kalın olur, beton sıkıştırılmaz, boşluklar kalır. Bu nedenle en büyük tane çapının sınırlandırılması gerekir.

En büyük tane çapı normal yapılarda 32 mm, köprülerde 70 mm, yol ve hava alanı saha kaplamalarında 90 mm, barajlarda 250 mm dir. Normal yapılarda en büyük tane çapının daha da küçük tutulması, 25 mm yi aşmaması önerilir.

**Kullanılan agreganın max tane çapı:** kiriş/kolon küçük kenarının 1/5 inden, iki donatı arasındaki uzaklığın 3/4 ünden, döşeme kalınlığının 1/3 ünden ve net beton örtüsünden küçük olmalıdır (TS 500/2000, Sayfa 10).



**Bir Örnek:**

Deriner barajının (Çoruh nehri üzerinde) gövde betonunda kullanılan agrega karışım oranları aşağıdaki gibidir:

0-3 mm (%23,5)  
3-12 mm (%17,0)  
12-30 mm (%18,0)  
30-63 mm (%22,0)  
63-126 mm (%19,5)

Bu agregaların toplam agrega ağırlığı içindeki yüzdeleri yanlarında parantez içinde verilmiştir.

**Yoğunluğuna göre agrega sınıfları:**

**Hafif agrega:** Yoğunluğu 2000 kg/m<sup>3</sup> den az

**Normal agrega:** Yoğunluğu 2000-3000 kg/m<sup>3</sup>

**Ağır agrega:** Yoğunluğu 3000 kg/m<sup>3</sup> den çok

olan agregadır.

**Agrega:**

- Temiz olmalı
- Kil, silt (toprak, bitki) içermemeli
- Tuz, yağ, kimyasal madde içermemeli
- Dayanımı, hedeflenen betonun dayanımından yüksek olmalı
- İyi GRANÜLOMETRİ (agrega karışım oranı) sağlamalı

Taşıyıcı olmayan dolgu betonlarında

Normal yapılarda

Nükleer santral zırhlarında, radyoaktif terapi merkezlerinde, radyoaktif madde depolarında

Proje mühendisi kararlaştırmalı, proje üzerine yazmalıdır!

- Deniz kumu/çakılı kullanılamaz! (Zorunlu hallerde çok iyi yıkamak ve atıkları ayıklamak kaydıyla kullanılabilir)
- Normal yapılarda max tane çapı 32 mm olmalıdır. Hazır betonda genellikle 16-25 mm tane çapı kullanılmaktadır.

**KARIŞIM:** Öngörülen kıvam ve dayanımlı bir beton elde edebilmek için kum, çakıl, çimento ve su miktarının ayarlanmasıdır. Betonun belli bir özelliğini, örneğin kıvamını, değiştirmek için kimyasal katkı da katılabilir.

**DOZAJ:** Yerine yerleştirilip sıkıştırılmış 1 m<sup>3</sup> betondaki çimentonun kilogram olarak miktarıdır. Yaygın olarak 300 dozlu beton kullanılır. Temellerde ve kütle betonlarında 250-300 dozlu, kiriş, kolon ve döşemelerde 300-350 dozlu, köprülerde 350-450 dozlu, deniz yapılarında 400-500 dozlu beton kullanılır.

Betonarme taşıyıcı elemanlarda dozaj 250 kg dan az olamaz. Gereğinden yüksek dozaj büzülme (rötre) artırır, hızlandırır, dayanım düşer ve betonda çatlaklar oluşur.

**SU/ÇİMENTO ORANI:** 1 m<sup>3</sup> betondaki, kilogram cinsinden su miktarının çimento miktarına oranıdır. SÇO=Su/Çimento. Beton dayanımını doğrudan etkileyen en önemli faktördür.

Teorik olarak, kimyasal reaksiyon için gerekli su/çimento oranı 0,25 dir, ancak beton kıvamı çok kurudur, işlenmesi zordur. Betona işlenebilirlik kazandırmak amacıyla uygulamada su/çimento oranı çok daha yüksek , 0,40-0,55 arasında, tutulur. SÇO düşük ise dayanım yüksek, SÇO yüksek ise dayanım düşük olur. Gereğinden fazla konulan her 20 litre (bir teneke) su dayanımı yaklaşık %15 düşürür.

**KIVAM:** Yaş betonun kuru yada akıcı mı olduğunu belirtir, işlenebilirliğin bir ölçüsüdür. TS EN 206-1/2004 de beş farklı kıvam sınıfı tanımlanmıştır. S1 sınıfı kuru, S5 sınıfı akıcı beton anlamındadır. Yüksek dayanım sertleşmiş betonda aranan en önemli özellik olmakla birlikte, yaş betonun kıvamı (işlenebilirliği) de bir o kadar önemlidir. Bu iki özellik birbirini ters düşer. Yüksek dayanım için düşük su/çimento oranı, yani az su, gerekirken işlenebilir bir beton için çok su gerekir. Farklı kıvam ölçme yöntemleri olmasına rağmen en çok kullanılan ve en basit olanı çökme deneyi (SLUMP test) dir.

**PRİZ:** Yaş betonun katılaşma sürecidir. 45-75 dakika sonra başlar, 6-10 saat sürer.

**KATILAŞMIŞ BETON:** Prizi tamamlanmış, üzerinde gezilebilen beton.

**SERTLEŞME:** Katılaşmış beton henüz yeterince dayanıma sahip değildir. Dayanım kazanma sürecine sertleşme denir. Bir yıl kadar sürer.

**SERTLEŞMİŞ BETON:** Yük taşıyabilecek kadar dayanım kazanmış beton.

**BASINÇ DAYANIMI:** Sertleşmiş numunenin eksenel basınç altında ulaşabildiği en büyük gerilmedir.

**STANDART BASINÇ DAYANIMI:** Suda saklanmış (laboratuvar şartlarında), 28 günlük standart numunenin eksenel basınç altında ulaşabildiği en büyük gerilmedir. Standart numune silindir (çap: 15 cm, yükseklik: 30 cm) ise silindirik basınç dayanımı, küp(15cmx15 cmx15 cm) ise küp basınç dayanımı denir. Dayanım deneyi için ilgili Standardlar: TS EN 12390 serisi.

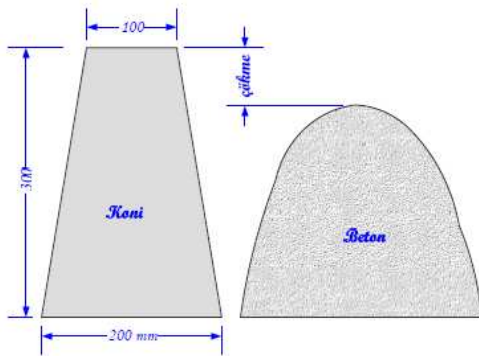
**ÇEKME DAYANIMI:** Betonun çatlatan çekme gerilmesidir.

**KIRILMA:** Beton liflerinin basınç altında ezilmesidir. Beton ezildiği an kırıldı varsayılır.

**KIRILMA BİRİM KISALMASI:** Beton ezildiği anda ölçülen en büyük birim kısalmadır.

## Kıvam ve Kıvam testi-çökme (SLUMP) deneyi-TS EN 12350-2/2002

Betonun kıvamı; çökme deneyi, Vebe deneyi, sıkıştırılma derecesi veya yayılma tablası deneyi ile belirlenir. Şantiyede, kullanım kolaylığı açısından, çoğunlukla çökme deneyi kullanılır. Deneyde altı ve üstü açık bir koni kullanılır. Yaş betonun çökme deneyi, beton üretildikten (hazır beton teslim edildikten) sonraki ilk 15 dakika içinde yapılır.



### KIVAM SINIFLARI (TS EN 206-1/2004)

Sınıf	Çökme (mm)	
S1	10-40	
S2	50-90	
S3	100-150	
S4	160-210	
S5	220 den büyük	

### Deneyin yapılışı :

- Koninin iç yüzeyi temizlenir ve nemlendirilir.
- Yaş beton üç keredeki koniye doldurulur.
- Her tabaka yuvarlak uçlu, 60 cm uzunluğunda ve 16 mm çaplı düz yüzeyli çubukla 25 kez şişlenir.
- Koni 5-10 saniye içinde sarsılmadan çıkartılır, çökme ölçülür.
- Deney 150 saniye içinde tamamlanmalıdır.



### Yaş beton yaklaşık çökme miktarları:

- Donatılı temel betonu: 30-80 mm
- Kat kiriş, kolon, perde, döşemeleri: 50-100 mm
- Donatısız betonlar, kanal kaplamaları: 20-70 mm
- Yol kaplamaları, köprü ayakları: 30-50 mm
- Tünel taban kaplamaları: 20-50 mm
- Tünel yan ve kemer betonları: 50-100 mm
- Kütle betonları: 20-50 mm



## HAZIR BETON - TS EN206-1/2004

Hazır beton 1903 yılında Almanya'da kullanılmaya başlanmış, 1914 yılında ilk transmikserin Amerika'da geliştirilmesi ile tüm dünyada hızla yaygınlaşmıştır. Türkiye'de 1985 li yıllarda benimsenmeye başlamıştır. Günümüzde, Türkiye'nin hemen her köşesinde, hazır beton kullanılmaktadır.

İstenen dayanımı ve kıvamı sağlayan karışımı hazırlamak zaman alıcı, zor ve riskli bir iştir. Farklı zaman ve farklı kişilerce şantiyede hazırlanan beton yapının tümünde aynı kalitede olamamaktadır.

**Bu ve daha başka birçok nedenle, hazır betonun ulaştırılabileceği tüm inşaatlarda mutlaka hazır beton kullanılmalıdır.**

**Hazır beton siparişi öncesi hazırlık yapılmalıdır:**

Beton dökümü zamana karşı yarışır, iş sırası ve süresi önceden çok iyi planlanmalıdır.

Sipariş edilecek beton hangi elemanlarda kullanılacak (temel betonu, kat kiriş/kolon/döşeme betonu gibi)? Dayanımı ne olacak (projeden alınacak)? Kıvam sınıfı ne olacak? En büyük tane boyutu ne olacak (donatı sıklığı ve yapı elemanının boyutu ile ilgili!)? Miktarı (m<sup>3</sup>) nedir? Döküm günü ve sonrası ortam şartları (hava tahmini!) nasıl olacak? Katkı maddesi gerekli mi? Katkının amacı, cinsi ve miktarı nedir?

Ne zaman teslim alınacak, kim teslim alacak? Betonun teslim saatinde kalıp hazır olabilecek mi? Döküm öncesi kıvam testi sağlanmazsa ne yapılacak? Kaç numune alınacak, nerede saklanacak, ne zaman dayanım testi yapılacak? Beton nereden başlayıp hangi sırayla ve nereye kadar dökülecek (iş derzi gerekir mi)? Nasıl yerleştirilip sıkıştırılacak? Bakım (kür) nasıl yapılacak? Elektrik kesilirse ne olacak?

**Betonu yerleştirip sıkıştırmakla görevli işçiler kuru kıvamlı betonu sevmeyiz. Kolay işlemek veya pompalama işini kolaylaştırmak için, döküm sırasında hazır betona gizlice gereksiz ek su verme eğiliminde olurlar. Bu durumda beklenen dayanım sağlanamaz. Betonun teslim alan kişinin bu çok tehlikeli durumu önlemesi gerekir.**

**Betonun teslimi ve teslim anındaki kıvamı ile ilgili olarak bakınız: TS EN 206-1, sayfa 26-28, madde 7.5.**

Hazır Beton Sipariş Formu

Sipariş Tarihi: 02/07/2005

Siparişi veren firma adı ve adresi:.....

Tel.:..... Cep Tel.:..... Fax:.....

Beton döküm yeri ve adresi:.....

Pafta No:..... Ada No:..... Parsel No:.....

Teslim alacak yetkili:.....

Tel.:..... Cep Tel.:..... Fax:.....

**Hazır beton Teknik bilgileri:**

Kullanım yeri: Kat tabliye  Temel Perde Saha Diğer:.....

Beton sınıfı: Gro C16 C18 C20  C25 C30 C35

C40 C45 C50 Diğer:.....

Miktarı:..48..... m<sup>3</sup> Çimento tipi: CEM I 32.5 N (PÇ 32.5)

Dozaj:..300.....Max tane boyutu: ..22..... mm Kıvamı: ..S3.....

Kimyasal Katkı: Evet Hayır

Katkı amacı ve miktarı:.....

Şantiyede çalışır vibratör var mı? Evet  Hayır

Vibratör türü: Dalgıç  Yüzey  Dış

Vibratör adedi: ..2..... ..2..... ..4.....

Çalışır jeneratör var mı? Evet  Hayır Adedi:..2.....

Döküm kotu: .....12.....m.

Döküm gün ve saati:..09/07 / 2005, 17:00.....

Üretim gün ve saati:..09/07 / 2005, 16:40.....

Döküm yerine varış gün ve saati:..09/07/2005, 17:05.....

Boşaltmanın başladığı saat: ..17:10.....

Boşaltmanın tamamlandığı saat: ..17:20.....

Çökme deneyi yapıldı mı? Evet  Hayır Çökme: 16.....mm

Numune alındı mı? Evet  Hayır Silindirik  Küp Adet: 3.....

**Ad ve imza (Teslim eden/alan)**

Betonun taşınması, dökülmesi, sıkıştırılması ve bakımı (TS 1247/1984, TS 1248/1989, TS 3440/1982)

ERSOY/ÖZCEBE, Sayfa 9



Transmikser



Beton pompası



Dalgıç vibratör



Dalgıç vibratör uygulaması

Transmikser, beton pompası, konveyör, vinç veya küçük işlerde, el arabası ile taşınır. Taşıma ve döküm sırasında ayrışma (segregasyon) olmamalıdır. Kullanılan çimento cinsine ve ortam şartlarına göre katılma 45-60 dakika içinde başlar ve 6-10 saat içinde tamamlanır. Bu nedenle, karışım hazırlandıktan (hazır beton teslim edildikten) sonra 20-30 dakika içinde yerleştirilip sıkıştırılmalıdır. Bu süre, priz geciktirici katkı maddeleri yardımıyla 2 saate kadar uzatılabilir. Yaş karışimli hazır betonlar 2 saatlik, kuru karışimli hazır betonlar (özel transmikserler ile) 3 saatlik uzaklıklara taşınabilir. Yaş karışimli beton taşınırken transmikser 1-4 devir/dakika ile dönmeli ve taşıma süresince en fazla 300 devir yapmalıdır.

Döküm öncesi betonun kıvamı çökme deneyi (slump test) ile kontrol edilir. T500-2000 de belirtilen sayıda silindir (nadiren küp) numuneler alınarak laboratuvar şartlarında saklanır. 7. ve 28. gün numuneler kırılarak öngörülen dayanımı sağlayıp sağlamadığı belirlenir.

Beton döküm sırası şöyledir: Önce kolonlar, sonra kirişler ve döşeme. Döküm öncesi kalıp, iskele ve donatının projeye uygunluğu kontrol edilmeli, özellikle balkonlar, merdiven sahanlıkları ve boşluklu döşemeler, kiriş-kolon birleşim noktaları gözlenmelidir. Yeterli yedek dikme ve yeterli beton örtüsü bırakılıp bırakılmadığına, donatının döküm sırasında yer değiştirmeyecek şekilde sıkıca bağlanıp bağlanmadığına dikkat edilmeli, kalıp temizlenmeli, suya iyice doyurulmalıdır. Gölleme olmamalı, kalıp suyu emdikten sonra fakat kurumadan önce beton dökülmelidir. Beton dökümü kalıba darbe uygulamamalı, döküm yüksekliği 50 cm den az olmalıdır. Kendiliğinden yerleşen beton dışındaki tüm betonlar vibratör ile sıkıştırılmalıdır. Küçük hacimli betonlar şişlenerek ve tokmaklanarak da sıkıştırılabilir. Ancak, şişleme ve tokmaklama yönteminin vibratörün yerini alamayacağı bilinmelidir.

**Vibratörler ve kullanımı:**

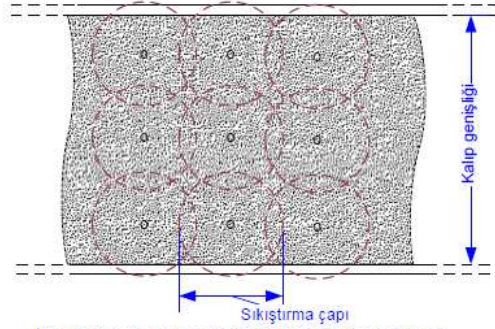
Vibratör, titreşim hareketi yapan makinedir. Elektrik veya basınçlı hava ile çalışan tipleri vardır. **Dalgıç vibratör** (iç vibratör), titreşim yapan ucu betona daldırılarak kullanılır. **Yüzey vibratörü** (kompaktör), betonun yüzeyine titreşim uygular. **Dış vibratör** (kalıp vibratörü) kalıp sistemine takılır ve kalıbı titreştirerek betonun sıkışmasını sağlar.

Kahın betonlar (kirişler, 20 cm den kalın döşemeler) yüksek frekanslı (9000-12000 vibrasyon/dakika) dalgıç vibratör ile sıkıştırılır. Beton kalınlığı 40 cm yi aşmamalıdır. Daha kalın betonlar tabakalar halinde dökülüp sıkıştırılır. Vibratör beton harcının dibine kadar hızlı ve dik olarak sokulur. Beton suyu yüzeyde toplanmaya başladığı an yavaşça çıkartılır. Tabakalı sıkıştırma durumunda vibratör alt tabakaya 5-10 cm kadar daldırılır, tabakaların kaynaşması sağlanır. Vibratör hiçbir zaman betonu yaymak amacıyla kullanılmamalıdır.

Vibratör rasgele noktalara daldırılmamalıdır. Sıkıştırma çapı gözlemsel denemelerle belirlenmeli ve bu çap dikkate alınarak elden geldiğince düzenli aralıklarla daldırılmalıdır. Her vibratörün sıkıştırma çapı farklı olabildiği gibi, aynı vibratör, kalıbın genişliğine bağlı olarak, farklı çapta sıkıştırma yapar. Sıkıştırılan bölgeler arasında ve kalıp köşelerinde sıkıştırılmamış bölge kalmaması için, gerekirse sıkıştırma çapından daha küçük aralıklarla daldırma yapılmalıdır. Dalgıç vibratör hiçbir zaman doğrudan donatıya ve kalıba dokunmamalıdır. Aksi halde titreşen donatı çevresi çimento şerbeti ile kaplanır, aderans kaybına neden olur ve donatı yer değiştirir.



Dar bir kirişin sıkıştırma şeması



Bir döşemenin veya geniş bir kirişin sıkıştırma şeması



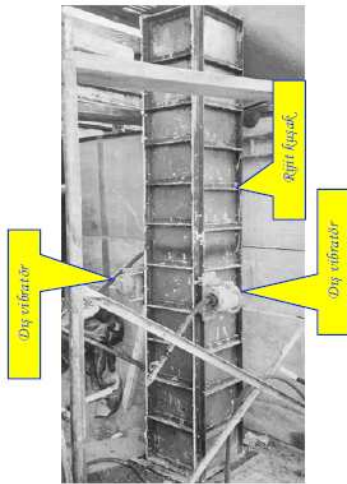
Yüzey vibratörü (kompaktör)

Yüzeysel betonlar (kalınlığı 20 cm den az olan döşemeler, yol kaplamaları) düşük frekanslı (1500-3000 vibrasyon/dakika) yüzey vibratörü ile sıkıştırılır.



Dış vibratör (kalıp vibratörü)

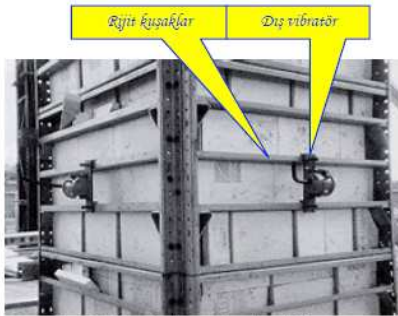
Kolon/perde gibi yoğun donatılı, yüksekliği fazla, dar ve düşey kalıplı elemanlarda dalgıç vibratör kullanmak çoğu zaman imkansızdır. Bu durumda kalıbın dışına takılan ve kalıbı titreştiren, yüksek frekanslı (9000-12000 vibrasyon/dakika) dış vibratör kullanılır. Vibratör kalıbın yüzeyine değil, özel olarak tasarlanmış, rijit yatay veya düşey kuşaklarına bağlanır. Genelde, kolon veya perdenin yüksekliğine ve yüzeyinin genişliğine bağlı olarak birden çok vibratör bağlanır. Alt uçtan yaklaşık 50 cm kadar yukarıya bağlanan vibratörler, bu bölgeye gelen betonu sıkıştırdıktan sonra 100-120 cm yukarı kaydırılarak bu bölgenin betonu doldurulur, sıkıştırılır. Kaydırma, beton doldurma ve sıkıştırma işlemine tüm kolon/perde tamamlandıkça dek devam edilir. Vibratörü kaydırma işi zaman alıcıdır. Bu nedenle birden çok vibratörü döküm öncesi bağlamak ve sırasıyla çalıştırmak daha uygundur.



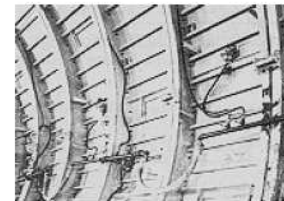
Kolon kalıbına takılmış dış vibratörler



Perde kalıbına takılmış dış vibratörler



Kolon kalıbına takılmış dış vibratörler



Tünel kalıbına takılmış dış vibratörler

Vibratör kullanımı zorunludur. Yeterince sıkıştırılmayan betonlarda büyük boşluklar oluşur (bilhassa kolon kiriş birleşim bölgelerinde), dayanım beklenenin %20-30 altında kalır. Ayrıca, büzülme ve betonun çökmesi nedeniyle, dökümü izleyen ilk 1-5 saat içinde (katılma tamamlanmadan önce) 10 cm derinliğe ve 1-2 m uzunluğunda çatlaklar oluşur. Bu tür garip çatlaklar genelde enine ve boyuna donatı boyunca uzanırlar. Donatı ve beton yeterince kaynaşamaz aderans düşer. Gereğinden çok vibrasyon da zararlıdır (AYRIŞMA tehlikesi), ancak yetersiz sıkıştırmadan daha iyidir.

### Vibratör kullanımının yararları (özet):

Betonda (genellikle kolon-kiriş birleşim noktalarında) boşlukların kalma olasılığı azalır.  
Betonun basınç dayanımı yüksek olur.  
Donatı ile beton daha iyi kenetlenir (yüksek aderans).  
Betonun geçirgenliği (su, buhar) düşer.  
Beton dış etkilere karşı (donma-çözülme) daha dayanıklı ve uzun ömürlü olur.

### İş derzleri:

Beton döküm işi ara vermeden tamamlanmalıdır. Ancak, büyük hacimli betonlar ara vermeden tamamlanamayabilir. Beton dökümüne yapının hangi ucundan başlanacağı, hangi yöne doğru devam edileceği ve gerekirse zorunlu ekin (iş derzi) nerede bırakılacağı döküm öncesi belirlenmiş olmalıdır.

Zorunlu ek yerleri (iş derzleri) momentlerin küçük olduğu yerlerde yaklaşık 45° eğimli ve pürüzlü bırakılır. Yeni beton dökülmeden önce bu yüzeyler temizlenir, basınçlı su ile yıkanır, suya doyurulur ve kurumadan önce yeni beton dökülür. Kolonlar bir defada betonlanmalı, ek yapılmamalıdır.

### Betonun Bakımı:

Katılma için ideal ortam sıcaklığı 20-25 °C civarındadır. İstenen dayanımın elde edilebilmesi için betonun özenli bakıma gereksinimi vardır. Bakım yapılmayan beton sıcaktan yanar, soğuktan donar, **dayanım düşer**.

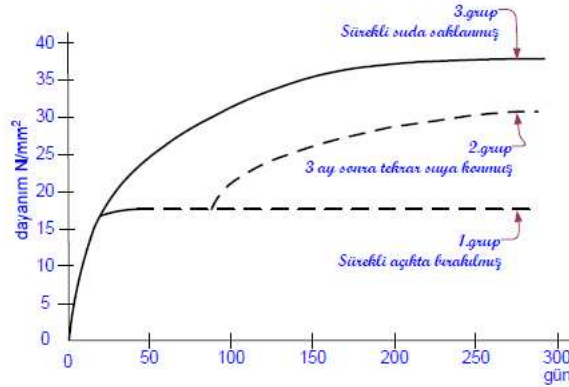
TS EN 206-1/204 e göre, yaş beton sıcaklığı +5 °C den az olmamalıdır. +5 dereceden soğuk, +32 dereceden sıcak havalarda dökümden kaçınılmalıdır. Zorunlu hallerde özel tedbirler alınmalıdır (örterek, ısıtarak, katkı maddesi kullanarak, geceleri döküm yaparak). Taze beton rüzgârdan, sert yağmurdan, sarsıntıdan korunmalıdır.



Beton ilk 7 gün içinde 28 günlük dayanımının %70 ini kazanır. Hava sıcaklığının 15 °C ve üstünde olduğu günlerde betonun, bilhassa ilk 7 gün ( tercihen 14 gün) süresince sulanması, sürekli nemli tutulması (kür) gerekir. Dökümden yaklaşık 12 saat sonra kür başlamalıdır. Keçe, çuval, hasır, talaş veya kum ile örtülerek sabah, öğle ve akşamları sulama yapılmalıdır. Betonun nemli tutacak örtü kullanılmadan sulama yapılması yeterli yarar sağlamaz!

## Kürün önemi

ERSOY/ ÖZCEBE, Sayfa 10



Betonun mümkün olan en yüksek dayanımı kazanabilmesi için zamana ve bu zaman içinde çok özenli bakıma, **küre**, gereksinim vardır. Deneylerle belirlenmiş yukarıdaki eğriler **kürün önemini** vurgulamaktadır. Aynı karışım, özen ve şartlarda hazırlanmış beton numuneler uç guruba ayrılmışlardır. Her grup ilk 7 gün laboratuvar şartlarında saklandıktan sonra birinci ve ikinci grup açık hava şartlarına bırakılmış, ikinci grup üçüncü aydan sonra tekrar laboratuvar şartlarında saklanmış, üçüncü grup ise sürekli laboratuvar şartlarında tutulmuştur. Belli zaman aralıklarla her gruptan numuneler alınarak basınç dayanımları belirlenmiş ve dayanım-gün eğrileri çizilmiştir.

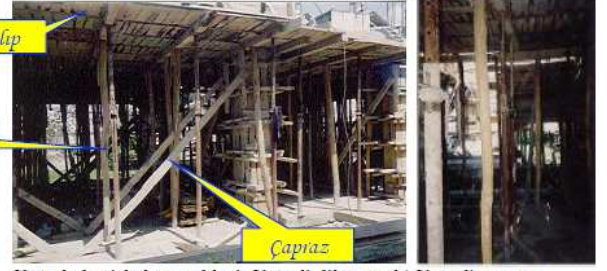
### Eğrilerin incelenmesinden aşağıdaki çok önemli sonuçlar çıkarılabilir:

- Sürekli kür yapılan beton (3.grup) en yüksek dayanımı (burada yaklaşık 38 N/mm<sup>2</sup>) kazanırken kür yapılmayan (1.grup) betonun dayanımı çok düşük (burada yaklaşık 18 N/mm<sup>2</sup>) kalmıştır.
- 3 ay boyunca kür yapılmayan fakat daha sonra sürekli kür yapılan 2. grup beton hiç kür yapılmayan 1. grup betondan daha yüksek bir dayanıma ulaşmış (burada yaklaşık 31 N/mm<sup>2</sup>), ancak dayanım sürekli kür yapılan 3.grup betondan daha düşük kalmıştır.

**SONUÇ: Kür yapılmayan beton hiçbir zaman beklenen dayanımı kazanamaz !**

## Kalıp-iskele (TS500/2000, TS 647/1979, TS 8538/1990, TS 8539/1990)

- Yaş betonun tüm ağırlığını taşıyabilmeli.
- Yatay harekete karşı yeterli diyagonal (çapraz) elemanlar ile rijitleştirilmeli.
- Dikmelerin altına, yükü yaymak üzere, düzgün yüzeyli takozlar konulmalı.
- Yedek dikmelerin yerleri kalıp yapılmadan önce belirlenmeli, diğer dikmeler ve kalıp sökülürken yedek dikmeler sarsılmayacak şekilde düzenlenmeli.
- Vibratör etkilerine dayanabilmeli.
- Betonun şerbetini kaçırmamalı.
- Kendiliğinden yerleşen beton dökülecekse kalıp tümüyle sızdırmaz yapılmalı.
- Kolonların ve yüksek kirişlerin altında, konsolların çıkışında temizleme kapakları bırakılmamalı.
- Döküm öncesi tahta, yonga, kağıt ve toprak artıkları temizlenmeli.
- Döküm öncesi kalıp mutlaka ıslatılarak suya doyurulmalı.
- Kullanılması durumunda, kalıp yağı donatıyı asla kirletmemeli (aderans kaybı).
- Döküm öncesi ve döküm sırasında tüm kalıp-iskele sistemi; öncelikle konsollar, sahanlıklar, boşluklu döşemeler ve kolon-kiriş birleşim noktaları, özenle kontrol edilmeli. Donatıların döküm sırasında yerlerini değiştirmeyecek şekilde sıkıca bağlanıp bağlanmadığına bakılmalı.
- Kalıp sökme sırasına ve süresine özen gösterilmeli.



Kötü kalıp-iskele örnekleri: Yeterli dikme yok! Yeterli çapraz eleman yok! Yedek dikme yok!

Uygulamada en çok yapılan hatalardan biri, çapraz elemanların yetersiz hatta hiç olmamasıdır. Beton dökümü veya vibrasyonla sıkıştırma sırasında oluşan sarsıntı sonucunda kalıp kısmen veya tamamen göçmekte ve çalışanların ölümü ile sonuçlanmaktadır.

Uygulamada en çok yapılan hatalardan bir diğeri, bir üst katta kullanmak amacıyla, kalıbın erken sökülmesidir. Kalıp erken sökülme istenirse CEM I 52.5R çimentosu veya priz hızlandırıcı katkı maddesi kullanılmalıdır.

Uygulamada en çok yapılan hatalardan bir diğeri de, yedek dikme bırakılmamasıdır. Yedek dikmelerin yerleri, sayısı önemli olduğu gibi tüm kalıp sisteminden bağımsız olması, diğer tüm kalıp kısımları sökülürken kesinlikle sarsılmamaları ve en son sökülmeleri gerektiği de uygulamada önemsenmez. Hatta bazen tüm kalıp söküldükten sonra yedek dikmeler tekrar yerlerine çakılmaktadır.

Kalıbın, gerekli tedbirler alınmaksızın, erken sökülmesi veya yedek dikmelere gereken özenin gösterilmemesi durumunda, henüz yeterli dayanıma ulaşmamış betonda, açıklaması güç garip çatlaklar oluşur veya tüm sistem göçer.



Yeterli çapraz eleman olmaması nedeniyle kalıp göçmesi

Yaş betonun tüm ağırlığını iskelelerin taşıdığı unutulmamalıdır!

## Kalıp sökme sırası ve süresi<sup>1</sup>

Kullanılan Çimentonun dayanım sınıfı	Kiriş yan kalıpları, kolon ve perde kalıpları	Küçük açıklıklı döşemelerin <sup>2</sup> dikme ve kalıpları	Kiriş ve büyük açıklıklı döşemelerin dikme ve kalıpları	Yedek dikmeler
32.5N, 32.5R	3 gün	8 gün	21 gün	35 gün
42.5N, 42.5R, 52.5N	3 gün	8 gün	21 gün	35 gün
52.5R	2 gün	4 gün	8 gün	16 gün

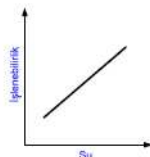
1. Bu tablo bir öneri olarak algılanmamalıdır. Hava şartlarına, katkı maddesi kullanılıp kullanılmadığına bağlı olarak bu süreler uzayabilir veya kısalmalıdır.

2. Küçük döşeme: kısa kenarı 3.0 m yi geçmeyen döşeme

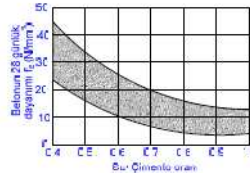
- Kalıp alma süreleri, sıcaklığın +5 °C den düşük olduğu gün kadar uzatılmalıdır.
- Yedek dikmeler yaklaşık 3 m de bir olmalı, büyük açıklıklarda ve ağır yüklerde 2-2.5 m de bir olmalıdır.
- Yedek dikme yerleri kalıp yapılmadan önce belirlenmelidir.
- Yedek dikmeler her katta üst üste gelmelidir.
- Döküm sırasında ve izleyen 7 gün içinde kalıp sarsılmamalıdır.
- Kalıp sökülürken, yedek dikmeler sarsılmamalıdır.
- Kalıp almaya başlamadan önce, şantiyede aynı şartlarda saklanmış numunelerin dayanımları belirlenerek kazanılan dayanımın yeterli olup olmadığı kontrol edilmelidir.

## Betonun dayanımını etkileyen faktörler (özet)

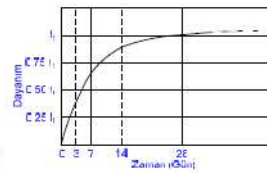
- Su/Çimento oranı.
- Çimentonun cinsi, dozajı, dayanımı.
- Agreganın dayanımı, granülometresi, temizliği.
- Suyun temizliği.
- Katkı maddeleri.
- Sıkıştırma şekli ve kalitesi.
- Çevre şartları (sıcaklık, nem, rüzgar).
- Bakım şekli, süresi ve kalitesi.



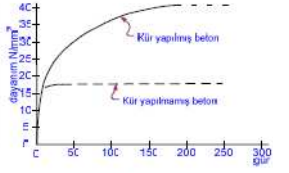
Su arttıkça işlenebilirlik artar



Su arttıkça dayanım düşer



Dayanım ilk 7 günde 28 günlük dayanımın %70 ine varır.



Kür yapılan betonunun dayanımı zamanla artar. Kür yapılmazsa dayanım çok düşük kahr.

# Betonun Sınıflandırılması- TS 500/2000, TS EN 206-1/2004

## Dayanımına göre sınıflandırma:

C16, C18, C20, C25, C30, C35, C40, C45, C50 betonarme betonları

Donatılı, normal betonlar. Taşıyıcı elemanlarda kullanılırlar. TS 500 de tanımlıdır.

C55, C60, C70, C80, C90, C100 betonarme betonları

Donatılı, yüksek dayanımlı betonlar (YDB). Taşıyıcı elemanlarda kullanılırlar. TS EN 2006-1/2004 de tanımlı olmalarına rağmen TS500 /2000 de tanımlı değildirler.

## Kıvamına göre sınıflandırma:

Sınıf	Kıvam	Çökme (mm)
S1	Kuru	10-40
S2	Plastik	50-90
S3	Akıcı	100-150
S4	Çok akıcı	160-210
S5	cıvık	220 den büyük

Kendiliğinden Yerleşen Beton (KYB) için bu kıvam tanımları geçersizdir

Silindirik basıncı dayanımı  
(Çap: 150 mm, yükseklik: 300 mm)

C20

Concrete=Beton

## En büyük tane boyutuna göre sınıflandırma:

Sınıf	En büyük tane boyutu (mm)
D1	12
D2	22
D3	32
D4	64

## Birim hacim kütleğine göre:

Sınıf	Birim hacim kütleği (kg/m <sup>3</sup> )	Kullanım yeri
Hafif beton	800-2000	dolgu, tesviye, v.d.
Normal ağırlıklı beton	2000-2600	Normal yapılarda taşıyıcı sistem; kiriş, kolon, döşeme, ..., betonu olarak kullanılır
Ağır beton	2600 den fazla	(çok özel amaçlı yapılarda; askeri sığınak, radyo terapi merkezi, nükleer santral ve atık zırhı)

## Diğer betonlar:

Tesviye ve dolgu betonu (150-200 dozlu, donatısız).  
Grobeton (150, 200, 250 dozlu, donatısız, temel altı ve saha kaplama işlerinde).  
Mozaik betonu (ince mozaik agregalı, 400-500 dozlu, teras ve diğer ıslak hacim kaplama işlerinde).  
Şap (kumsuz veya ince kum agregalı, 400-500 dozlu, teras ve diğer ıslak hacim kaplama işlerinde).  
C14 betonu (TS500/1984 de tanımlı idi, 2000 yılına kadar kullanıldı).

Dayanımın çok önemli olmadığı dolgu, saha betonlarında ve kaplamalarda kullanılırlar. Kiriş, kolon, perde, döşeme gibi taşıyıcı elemanlarda kullanılmazlar.

# TS EN 206-1/2004 de göre beton sınıfları

TS EN 206-1/2004 Beton- Bölüm 1: Özellik, Performans, İmalat ve Uygunluk yönetmeliğinde tanımlı beton sınıfları

C8/10, C12/15,

TS 500 /2000 de tanımlı olmayan betonlar

TS 500 /2000 de tanımlı olan betonlar

C 16/20, C20/25, C25/30, C30/37, C35/45, C40/50, C45/55, C50/60,

Yüksek dayanımlı betonlar (YDB): TS 500 /2000 de tanımlı değildir

C55/67, C60/75, C70/85, C80/95, C90/105, C100/115

olarak verilmektedir.

TS EN 206-1/2004 beton yönetmeliğidir. Bu yönetmelikte tanımlanan betonlar herhangi bir amaç için kullanılabilen betonlardır, betonarme betonu değildirler. Sadece TS500/2000 de tanımlı betonlar betonarme betondur, herhangi bir özel izne gerek kalmaksızın betonarme yapılarda kullanılabilirler.

C8/10 ve C12/15 betonu, TS 500/2000 de tanımlı olmadığından, taşıyıcı elemanlarda kullanılamaz.

TS 500/2000 de tanımlı olan C18 betonu TS EN 206-1/2004 de yoktur.

C 16/20, C20/25, C25/30, C30/37, C35/45, C40/50, C45/55, C50/60 betonları TS500/2000 de tanımlı olduklarından betonarme betondur ve taşıyıcı elemanlarda kullanılabilirler. Aynı dayanımlı betonun simgesi farklı olmasına rağmen aynı betonu tanımlarlar. Örneğin TS 500/2000 deki C20 ile TS EN 206-1/2004 deki C20/25 aynı betondur.

C55/67, ..., C100/115 betonlarına yüksek dayanımlı betonlar (YDB) denilmektedir. TS 500/2000 de tanımlı olmamalarına rağmen, özel izin, çok özenli üretim, bakım ve kontrol şartıyla, her tür amaçla kullanılabilir. YDB son derece gevreklerdir. Uygulama zorlukları nedeniyle ve henüz yeterince araştırılmadığından, TS500/2000 kapsamı dışında kalmıştır.

## Beton sınıfı seçimi:

Mevcut bir proje uygulanacaksa: Proje üzerinde yazılı olan beton sınıfının kullanılması zorundadır. Başka seçenek yoktur.

Yeni bir proje hazırlanacaksa: Beton sınıfına proje mühendisi karar verir. Kararı şu şekilde verebilir:

- 1-2 katlı basit yapılarda C20, 3-5 katlı yapılarda C25-C30, 6-15 katlı yapılarda C30-35, daha yüksek yapılarda (örneğin: gökdelen) C35-C50 ve üstü
- Ağır yükleri olan sanayi yapılarında ve iş merkezlerinde C35-C50 ve üstü
- Prefabrik yapılarda C35-C50.
- Önemli yapılarda (hastane, okul,...) C35-C50.
- Dayanıklılığın önemli olduğu yerlerde: C30 ve üstü
- Hazır beton temin edilemiyorsa, beton şantiyede hazırlanmak zorundaysa: C16-C18,  $\gamma_{mc}=2$

Kararlaşırılan beton sınıfının üretilebilirliği, denetlenebilirliği ve maliyeti de düşünülmelidir. Basit bir yapıda gereksiz yere çok yüksek dayanımlı beton seçilmesi maliyeti artırır.

Hiçbir yapıda C25 altında beton kullanmamanız önerilir.

Silindirik basıncı dayanımı  
(Çap: 150 mm, yükseklik: 300 mm)

C20/25

Küp basıncı dayanımı  
(15 · 15 · 15 boyutlu)

Concrete=Beton



# ÇELİK

Betonun çekme dayanımı çok düşük olduğundan çekme bölgelerindeki çekme kuvvetlerini almak ve çatlakları sınırlamak amacıyla bu bölgelere çelik çubuklar konur. Ayrıca, sargı donatısı olarak ve bazen basınç kuvveti almak için de kullanılır. "İnşaat çeliği", "betonarme çeliği" denildiği gibi beton içindeki çeliği "donatı" da denir.

Betonu "donatmak" fikri 1850 yılında doğmuştur. İlk uygulamaları demir teller ile donatılmış beton kayık, saksı ve borulardır. Demir tel yerini zamanla demir çubuklara bıraktı. 1900 yıllarına kadar çelik değil demir çubuklar kullanıldı. Günümüzde sadece çelik kullanılmasına rağmen, uygulamada "Demir" ve "Demirci" kelimesi hala yaygın olarak kullanılmaktadır.

Çelik çubuklar dairesel kesitlidir. Yüzeyi düz veya pürüzlü (girintili-çukuntılı) üretilirler. Pürüzlü olanlara "nervürlü" veya "Profilli" çelik denir.

Nervürlü çeliğin dayanımı yüksektir ve beton ile daha iyi kenetlenir. Nervürlü bir olta gibi davranır, çeliğin beton içinden sıyrılması zorlaşır. Günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Düz yüzeyli çeliğin dayanımı düşüktür ve beton ile kenetlenmesi iyi değildir, kolayca sıyrılır. Bu nedenle kullanımı giderek azalmaktadır, 2007 deprem yönetmeliği kullanımını kısıtlamıştır. Uygulamada da artık çok nadir görülmektedir.

Nervürlü çelik çubukların ağ şeklinde birbirine kaynaklanmasıyla fabrikada üretilen çeliklere "hasır çelik" denir. Döşeme, tünel kaplaması, beton yol gibi büyük yüzeyli elemanlarda kullanılır, işçilik azdır.



Düz



Nervürlü



Hasır

## Çelik sınıfı tanımı(TS708/1996)

ERSOY/ÖZCEBE, Sayfa 44

### Üretim yöntemine göre sınıflandırma:

- Sıcak haddelenme<sup>1</sup> işlemi ile üretilen, simgesi: a
- Sıcak haddelenme esnasında ısı işlem uygulanarak üretilen, simgesi: a
- Soğuk mekanik işlem (soğuk haddelenme, burma) uygulanarak üretilen, simgesi: b

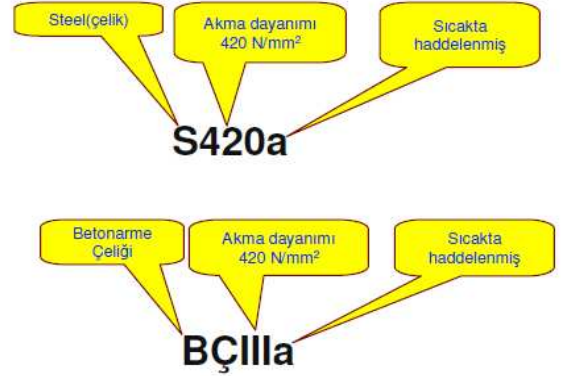
### En küçük akma sınırı gerilmesine göre sınıflandırma:

- En küçük akma sınırı 220 N/mm<sup>2</sup> olan çelik, simgesi: I
- En küçük akma sınırı 420 N/mm<sup>2</sup> olan çelik, simgesi: III
- En küçük akma sınırı 500 N/mm<sup>2</sup> olan çelik, simgesi: IV

### Yüzey özelliklerine göre:

- Düz yüzeyli çelik, simgesi: D
- Nervürlü çelik, simgesi: N
- Profilli çelik, simgesi: P

<sup>1</sup>Hadde: Madenleri tel durumuna getirmek için kullanılan ve türlü çapta delikleri olan çelik araç.  
Haddelenmek: Madenleri haddeden geçirecek birtakım işlemler sonucu, istenilen biçime getirmek (Türk Dili Kurumu).



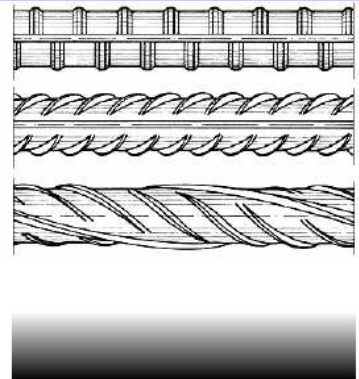
## Türkiye'de üretilen nervürlü ve düz yüzeyli çelikler



Nervürlü olarak S420a, S420b, S500a, S500b çelikleri üretilmektedir. 220 N/mm<sup>2</sup> dayanımlı nervürlü çelik yoktur.



Düz yüzeyli olarak sadece S220a çeliği üretilmektedir.



## Hasır çelik TS 4559/1985



### Çelik Hasır S500bs, S500bk

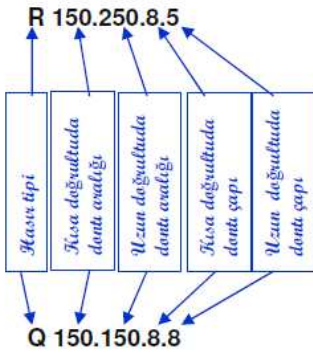
Kopma uzaması %8 anlamında

Kopma uzaması %5 anlamında

#### Kullanıldığı yerler:

- Döşemelerde
- Perdelerin gövdelerinde ve istinat duvarlarında
- Tünel kaplamalarında
- Yol ve saha kaplama betonlarında

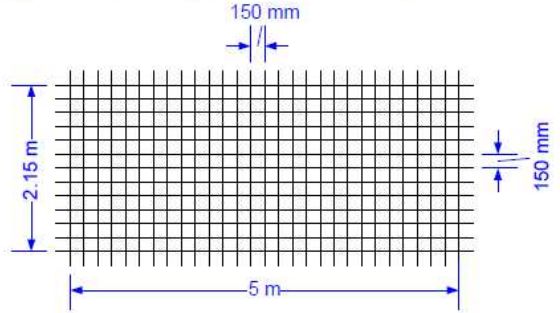
#### Projede gösterilişi:



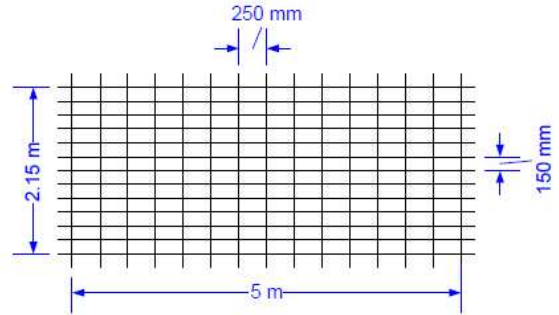
#### Standart Hasır Boyutları:

Kare (Q) veya dikdörtgen (R) gözenekli olarak, S500bs veya S500bk çelik çubukları kaynaklanarak üretilirler.

#### Q TİPİ HASIR (150x150 mmxmm kare gözenekli):



#### R TİPİ HASIR (150x250 mmxmm dikdörtgen gözenekli):



## Betonarme çeliği sınıfları (TS 708/1996, TS 500/2000)

TS500/2000, Sayfa 11  
ERSOY/ÖZCEBE, Sayfa 50

### ÇELİK SINIFLARI VE MEKANİK ÖZELLİKLERİ (TS708/1996)

Çelik sınıfı	Minimum karakteristik akma dayanımı $f_{yk}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Minimum Kopma dayanımı $f_{su}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Min. Kopma uzaması %		yüzey	
			$\phi \leq 32$ mm	$\phi > 32$ mm		
S220a	BÇI-a	220	340	0.18	0.18	D
S420a	BÇIII-a	420	500	0.12	0.10	N, P
S500a	BÇIV-a	500	550	0.12	0.10	N, P
S420b	BÇIII-b	420	550	0.10	0.10	N, P
S500bs	BÇIV-bs	500	550	0.08	0.08	N, P
S500bk	BÇIV-bk	500	550	0.05	0.05	N, P

Sıcakta sacdelenmiş çelikler

Soğukta işlem görmüş çelikler

Bu simgeler eskidir, yeni projelerde kullanılmamalıdır.

Hasır çelik

- Etriye, çiroz ve döşeme donatısı dışında, nervürlü donatı kullanımı yasaktır. (DY-2007, Madde 3.2.5.3).
- Kolon, kiriş ve perdelerin uçlarındaki kolon kısmında dayanımı 420 N/mm<sup>2</sup> den yüksek çelik kullanılmaz (DY-2007, Madde 3.2.5.3).
- S220a dayanımı ve aderansı en düşük olan çeliktir. Kiriş, kolon ve perdelerde boyuna donatı olarak kullanılmaz.
- Deprem bölgelerinde soğukta işlem görmüş çelik (b) kullanılmamalıdır.
- Süneklik ve dayanım dikkate alındığında, S420a en uygun çelik olarak görülmektedir.
- S420a ve S500a çeliklerinde  $\phi > 32$  mm çaplı çubukların kullanımından kaçınılmalıdır (gevrek!).
- Kalın çaplı çelik ince çaplı çelikten daha gevrek.

## Beton+çelik+iyi mühendislik+iyi işçilik+iyi bakım→Betonarme

Betonarme, çoğu kez, beton ile çeliğin beraber kullanımı olarak tanımlanır. Bu tanım çok basittir ve betonarme malzemeyi tanımlamaya yetmez. Betonarme mühendislik bilgisi gerektirir. Bir malzemeye betonarme diyebilmek için çeliğin gerektiği kadar, doğru yere, doğru biçimde konulması, özenli işçilik ve bakım gerekir.

Bilindiği gibi; betonun basınç dayanımı yüksek, çekme dayanımı ise çok düşüktür. Çekme kuvvetleri betonu çatlatır. Betonarme elemanlarda çekme kuvvetlerini karşılamak ve çatlakları sınırlamak için çekme bölgelerine çelik çubuklar (donatı) konur. Betonarmede beton ile çeliğin birbirine kaynaşmış olarak birlikte çalışması şarttır. Buna *kenetlenme (aderans)* denir. Kenetlenme betonarmenin temel koşuludur. Mühendis kenetlenmeyi sağlamakla yükümlüdür. Kenetlenmenin sağlanmadığı durumda, hesap ve çizimler ne kadar özenli yapılırsa yapılsın, sonuç felakettir. Çünkü; çelik betondan sıyrılacak, çekme kuvveti alamayacak, beton çatlayacak ve göçme olacaktır.

### Betonarmenin avantajları

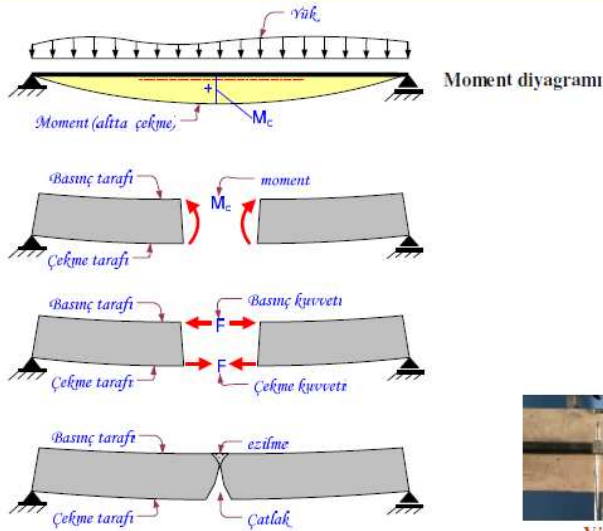
- Kolay işlenip şekillendirilebilir.
- Ekonomiktir. Ana malzemesi (agrega, su) yerel olarak bulunur. Az enerji gerektirir.
- İnşasında diğer yapılara nazaran (ahşap, çelik) büyük özen gerekmez.
- Kalifiye eleman gerektirmez.
- Basınç dayanımı yığılma yapı elemanlarına (ahşap, tuğla, gazbeton) nazaran yüksektir.
- Çelik ve ahşapa nazaran, yangına daha dayanıklıdır.
- Çelik yapıya nazaran daha rijit olduğundan büyük yer değiştirmeler olmaz.
- Korozyon tehlikesi azdır.
- Bakımı kolay ve yok denecek kadar azdır.
- Kullanım ömrü uzundur.
- Ani göçme olmaz, göçme olacağını haber verir.

### Betonarmenin dezavantajları

- Çekme dayanımı düşüktür, çelik kullanılması gerekir.
- Çeliğin zayıf tarafları (yangına, pasa dayanıksız) betonarmeye yansır.
- Kalıp ve iskele pahalıdır, kalıp yapımı özen ister.
- Ağır yapılar oluşur (depremde sakıncalı). Taşıyıcı sistem faydalı yükten çok, öz ağırlığını taşımak zorundadır.
- Yeterli dayanım kazanıncaya kadar özenli bakım (kür) gerekir (ilk 7-14 gün).
- Gökdelen gibi çok yüksek yapılar inşa edilemez.
- Prefabrik inşa imkanları kısıtlıdır.
- Şantiyede beton imalatı zordur ve büyük özen gerektirir.
- Her tür hava şartında beton dökülemez, inşaat mevsimi kısadır.
- Hasar onarımı zor, pahalı ve çoğu kez imkansızdır.
- Mevcut yapının donatı miktarı, dayanımı kesin belirlenemez.
- Kullanım ömrünü tamamlayan yapının yıkılması pahalıdır, çıkan malzeme tekrar değerlendirilemez ve çevre kirliliği yaratır.

# DONATININ GEREĞİ

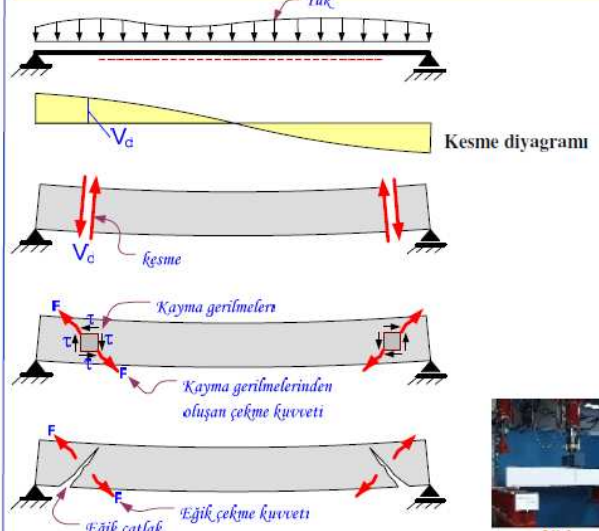
## Kesitte moment $\equiv$ kuvvet çifti $\rightarrow$ Çekme ve basınç kuvveti



Video

- Kirişe etkileyen  $M_d$  momenti  $F$  ile gösterilen kuvvet çiftine eşdeğerdir.
- Kirişin üst lifleri  $F$  basınç kuvvetinin, alt lifleri de  $F$  çekme kuvvetinin etkisindedir.
- Betonun basınç dayanımı yüksek olduğundan  $F$  kuvvetini taşıyabilir.
- Çekme kuvvetini beton taşıyamaz, çatlak. Çatlak çekme kuvvetine dik yönde oluşur. Giderek genişler ve kesit yüksekliğince yol alır. Bu çatlığa eğilme çatlakları denir.
- Basınç bölgesindeki beton ezilir ve kiriş kırılır.
- Çatlakları sınırlamak ve kırılmayı önlemek için çekme tarafına ve çatlığa dik boyuna donatı çubukları konulması gerekir.

## Kesitte Kesme $\equiv$ kayma kuvvetleri $\rightarrow$ eğik Çekme

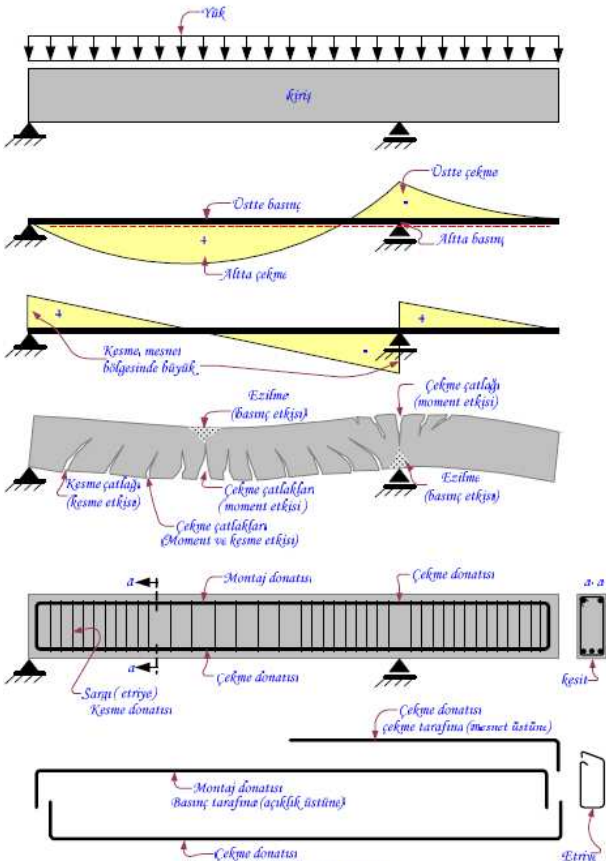


Video

- Kirişe etkileyen  $V_d$  kesme kuvveti kiriş içindeki  $dA$  küçük elemanında  $\tau$  kayma gerilmeleri oluşturur.
- $\tau$  kayma gerilmelerinin oluşturduğu kuvvetler eğimi yaklaşık  $45^\circ$  olan  $F$  çekme kuvveti oluşmasına neden olur.
- Çekme kuvvetini beton taşıyamaz, çatlak. Çatlak  $F$  kuvvetine diktir, eğimi yaklaşık  $45^\circ$  dir. Bu çatlığa eğik çekme çatlakları veya kesme çatlakları denir.
- Kesme çatlakları ani ortaya çıkar, kırılma gevrekçektir.
- Çatlakları sınırlamak ve kırılmayı önlemek için düşey etriye ve çatlığa dik pilye donatısı konulması gerekir. Uygulama sorunları nedeniyle kirişlerde pilye kullanımından kaçınılır, etriye ile yetinilir.

## Donatının Gereği

ERSOY/ÖZCEBE, S. 226 ve 230 (benzeri)



Deformasyondan önce

Moment

Kesme

Deformasyondan sonra:

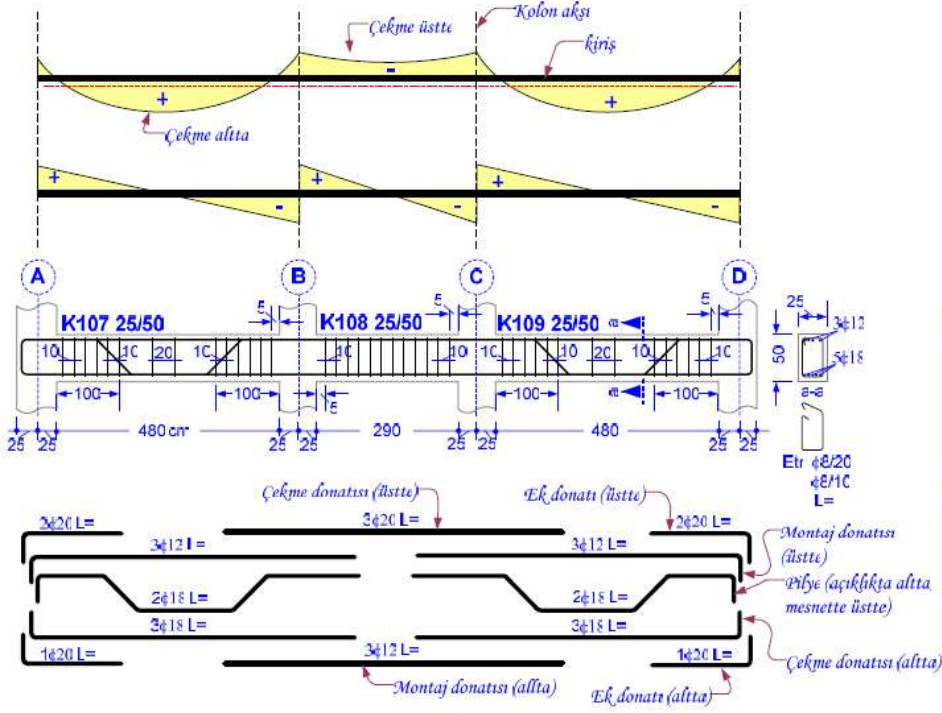
- Çekme bölgeleri çatlak
- Basınç bölgeleri ezilir
- Kiriş göçer

Önlem:

- Çekme kuvvetlerini karşılamak ve çatlakları sınırlamak için çekme bölgelerine boyuna donatı konur.
- Kesme çatlaklarını sınırlamak için sargı donatısı (etriye) konur. Etriye mesnetlere yakın bölgelerde ve konsollarda sıklaştırılır.
- Basınç bölgelerine teorik olarak donatı gerekmez. Ancak, etriyeyi sarabilmek için, montaj donatısı konur.
- Mesnetlere, açıklıklardan gelen donatılar yeterli olmazsa, ek donatı konur.
- Oluşması beklenen çatlaklar donatı ile önceden "dikilmektedir" denilebilir.

Video





Moment

Kesme

Kiriş boyuna ve enine kesiti

**Kirişin projede çizimi**  
(Çizimdeki eğik yazılar açıklama için verilmiştir. Gerçek projede bu açıklamalar bulunmaz.)

Donatı açılımı

- En üstte üst mesnet donatıları
- Altına montaj donatıları
- Altına varsa pilye veya gövde donatıları.
- Altına alttaki çekme donatıları
- En alta alt mesnet donatıları çizilir.

- Betonun çekme dayanımı çok düşüktür, çekme bölgelerinde çatlaklar oluşur.
- Basınç bölgelerinde ezilme olur (taşıma gücüne erişildiğinde=kırılma anı).
- Çekme kuvvetlerini karşılamak ve çatlakları sınırlamak için, çekme bölgelerine **boyuna donatı** konur.
- **Pilye** hem çekme hem de kesme donatısıdır. Orta kısmı açıklıkta (altta), kolları da mesnetlerde (üstte) çekme kuvveti alır. Eğik kolları ise kesme çatlaklarını sınırlar. İşçiliğinin zor olması ve güvenli olmaması nedeniyle kat kirişlerinde pilyle kullanılmasından kaçınılır. Gelişmiş ülkeler kat kirişlerinde pilyle kullanımından vazgeçmiştir.
- Açıklıklarda, basınç tarafına **montaj donatısı** konur.
- Açıklıktan gelen donatılar mesnetteki momenti karşılamazsa, mesnetlere **ek donatı** konur.
- Kesme kuvvetlerini karşılamak ve oluşturduğu çatlakları sınırlamak için **enine donatı** (sargı (etriye, fret)) kullanılır.
- Kenetlenmeyi (aderans) sağlamak için boyuna çubuklar komşu açıklığın en az ¼ üne kadar uzatılır, kenar açıklıklarda uçlar aşağı/yukarı kıvrılır.
- Betonarme eleman (kiriş, kolon, döşeme) iyi donatılsa dahi çatlaklar. Ancak bunlar kılcal (**zararsız**) çatlaklardır.

## Yük tipleri

**Kalıcı (sabit, zati, ölü) yükler:** Yapı elemanlarının öz yükleridir.

Döşeme ağırlığı, kiriş ağırlığı, duvar ağırlığı, kolon ağırlığı gibi, yeri ve ağırlığı zamanla değişmeyen yüklerdir.

**Hareketli yükler:** Yapı elemanına zaman zaman etkiyen statik yüklerdir.

•Eşya yükleri, insan yükleri, kar yükü gibi, yeri ve değeri zamanla değişen, bazen olan bazen olmayan yüklerdir.

**Yatay yükler:** Yapıya yatay olarak etki ettiği varsayılan statik veya dinamik yüklerdir.

•Deprem yükü, rüzgâr yükü, toprak itkisi, sıvı yükü.

**Diğer yükler:** Sıcaklık farkından oluşan yük, büzülme ve sünmeden oluşan yük, farklı oturmalardan oluşan yük, buz yükü.

Düşey yükler

## Yük etkileri

**Karakteristik yük etkisi simgeleri:**

G :Kalıcı yük etkisi

Q :Hareketli yük etkisi

Düşey yük etkileri

E :Deprem etkisi

W :Rüzgâr etkisi

H :Toprak etkisi

Sıvı etkisi(simgesi yok!)

Yatay yük etkileri

T : Sıcaklık etkisi, büzülme, sünme, farklı oturma vb. →

Diğer yük etkileri

Yapılara etkiyen yüklerin hiçbirinin kesin değeri bilinemez. Yük değerleri istatistiksel yollarla belirlenmişlerdir, yani karakteristik yüklerdir. Karakteristik yükler yönetmeliklerde verilmiştir:

TS 498/1997 , TS ISO 9194/1997 : Kalıcı yükler, hareketli yükler, rüzgâr, kar ve buz yükü.

Deprem yönetmeliği/2007 : Deprem yükleri.

## Malzeme katsayıları, tasarım (hesap) dayanımları

ERSOY/ÖZCEBE, Sayfa 155-156  
TS500/2000, Sayfa 17

Malzeme (beton, çelik) için TS500/2000 de verilen karakteristik dayanımlar yerine hesaplarda **Tasarım (Hesap) dayanımları** kullanılır. Tasarım dayanımları karakteristik dayanımların malzeme katsayılarına bölünmesi ile bulunurlar. Malzeme katsayıları 1 (bir) den büyük değerler olduğundan daha küçük dayanımlar ile hesap yapılarak **güvenlik** sağlanır.

**Beton tasarım dayanımı:**

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_{mc}}$$

$f_{ck}$ : betonun karakteristik basınç dayanımı

$f_{cd}$ : betonun basınç tasarım dayanımı

$f_{ctk}$ : betonun karakteristik çekme dayanımı

$f_{ctd}$ : betonun çekme tasarım dayanımı

$\gamma_{mc}$ : betonun malzeme katsayısı

$\gamma_{mc}=1.5$  yerinde dökülen ve iyi denetlenen betonlar için

$\gamma_{mc}=1.4$  öndöküm (prefabrik) betonlar için

$\gamma_{mc}=1.7$  denetimi iyi yapılamayan betonlar için

$$f_{ctd} = \frac{f_{ctk}}{\gamma_{mc}}$$

**Çelik tasarım dayanımı:**

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{ms}}$$

$f_{yk}$ : çelik karakteristik dayanımı

$f_{yd}$ : çelik tasarım dayanımı

$\gamma_{ms}$ : çelik malzeme katsayısı

$\gamma_{ms}=1.15$  (her tür çelik için)

Çelik betona göre daha homojen bir malzeme olduğundan ve fabrikada üretildiğinden dayanımının karakteristik dayanımdan farklı olma olasılığı (riski) betona nazaran daha düşüktür. Bu nedenle yönetmelikte, çeliğin malzeme katsayısı  $\gamma_{ms}$  betonun malzeme katsayısı  $\gamma_{mc}$  den daha küçük tutulmuştur.

TS498/1997, TS ISO 9194/1997 ve Deprem Yönetmeliği-2007 de verilen yükler karakteristik yüklerdir. Bu yüklerden oluşan *yük etkileri* (iç kuvvetler) de karakteristik olur. Yük etkilerinin karakteristik değerleri yerine; hesaplarda *Tasarım etkileri ve birleşimleri* kullanılır. Tasarım etkileri; karakteristik etkilerin yük katsayıları ile artırılması ve uygun birleştirilmesi ile belirlenirler. Bu yolla *güvenlik* sağlanır. TS500/2000 de tanımlı yük katsayıları ve birleşimleri aşağıda verilmiştir.

Yalnız düşey yükler için  
(deprem ve rüzgarın etkin  
olmadığı durumlarda):

$$F_d=1.4G + 1.6Q$$
$$F_d=1.0G + 1.2Q + 1.2T$$

Deprem etkin ise:

$$F_d=1.4G + 1.6Q$$
$$F_d=1.0G + 1.2Q + 1.2T$$
$$F_d=1.0G + 1.0Q + 1.0E$$
$$F_d=1.0G + 1.0Q - 1.0E$$
$$F_d=0.9G + 1.0E$$
$$F_d=0.9G - 1.0E$$

Rüzgâr etkin ise:

$$F_d=1.4G + 1.6Q$$
$$F_d=1.0G + 1.2Q + 1.2T$$
$$F_d=1.0G + 1.3Q + 1.3W$$
$$F_d=1.0G + 1.3Q - 1.3W$$
$$F_d=0.9G + 1.3W$$
$$F_d=0.9G - 1.3W$$

*NOT: Sıvı basıncı etkisinin bulunması durumunda, bu etki 1.4 ile çarpılır ve içinde Q etkisi görülen tüm birleşimlere eklenir.*

Deprem ve rüzgar yüklerinden hangisi daha elverişsiz ise o dikkate alınır. Bir yapıya aynı anda hem depremin hem de rüzgarın etkimeyeceği varsayılır (Deprem Yönetmeliği-2007, Madde 2.2.2.4). Türkiye’de genelde deprem etkin olur.