Betonarme

- İnsanoğlu binlerce yıl önce taşı yapı malzemesi olarak kullanmaya başladığında elinde iyi bir bağlayıcı madde olmadığından uygulama sınırlı kalmıştır.
- Grek, İyon ve Roma tapınaklarında tek parça taşlardan oluşan kirişler kullanmıştır.
- Ancak taşın çekme dayanımı düşük olduğundan geçilen açıklıklar sınırlı kalmış ve büyük açıklıklar gerektiğinden ağır elemanların taşınması ve yerine konması büyük sorunlar yaratmıştır.

Betonarme

- İnsanoğlunun daha büyük açıklıklar geçme tutkusu onu yeni yapı sistemleri aramaya itmiş ve bunun sonucu olarak tüm kesitin basınca çalıştığı kemer sistemleri geliştirilmiştir.
- Kireç ve doğal çimento gibi bağlayıcıların bulunması ile daha dayanıklı yapılar inşa edilebilmiştir.

Betonarme

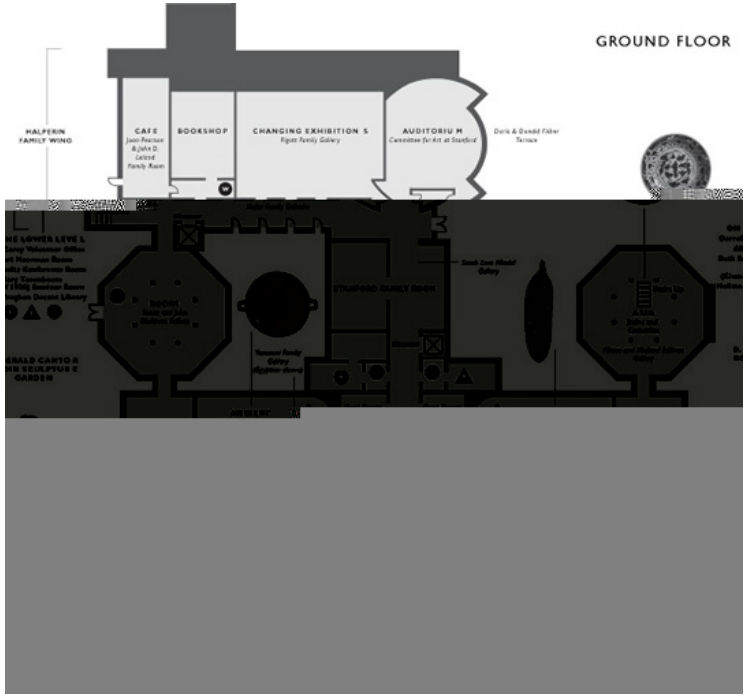
- Doğal çimentoyu ilk kez Romalıların kullanıldığı sanılmaktadır. İlk çimentoyu bulan John Smaeton adlı İngiliz bir mühendistir. Bugün kullandığımız çimento ise John Aspdin adlı bir İngiliz duvarcı tarafından bulunmuştur.Aspdin imal ettiği çimentoyu Portlan'daki taşlara benzettiğinden "portland çimentosu" olarak tescil ettirmiştir.

Betonarme

- Çimento, kum ve çakıl karıştırılarak imal edilen betonun çekmeye ve darbelere karşı dayanıklı olmadığı görülerek bu malzemenin demir çubuklarla güçlendirilmesi yoluna gidilmiştir.
- Betonun demir çubuklarla güçlendirilmesi ile oluşan malzemeye “betonarme” denilmiş ve bu konuda ilk patent 1855’ de, çağdaş yapı sistemlerinin ve bunlarla ilgili hesap yöntemlerinin de öncülüğünü yapan Fransız mühendis Coignet ve 1857’de Monier tarafından alınmıştır.

Betonarme

- 19. Yüzyılın sonunda yaygınlaşmaya başlayan betonarme yapıların ilginç örneklerinden biri 1892 yılında Percy tarafından yapılan açıklıkları 14 m’ yi bulan Stanford üniversitesindeki müzedir.



Betonarme

- Hesap ilke ve yöntemleri ile ilgili ilk kitap 1887’ de Wayss ve Koenen tarafından yayınlanan “ Monier Sistemi” adlı yapıttır. Kitapta Monier sistemi olarak bilinen yapı tarzının teorisi bulunmaktadır. Bu kitapta bugün de temel ilke olarak kabul ettiğimiz 3 husus dile getirilmektedir:
- 1. Betonarme elemanlarda çekmenin tamamı çelik çubuklar ile karşılanır,
- 2. Çelik ve betonun birlikte çalışması bu iki malzeme arasındaki bağ kuvveti (aderans) ne bağlıdır.
- 3. Beton ve çeliğin genleşme katsayıları özdeştir.

Betonarme

- 19. Yüzyıldan itibaren betonarme sistemlerin hesabında analitik ve deneysel anlamda birçok çalışma yapılmış ve yönetmelikler oluşturulmuştur.
- Ulusal yönetmelikleri önemli ölçüde etkileyen iki uluslararası yönetmelik Amerikan Beton Enstitüsü (ACI-318-83 veya ACI –83) ve Avrupa Beton Komitesi (CEB-78) yönetmelikleridir.
- Türkiye'de kullanılan yönetmelik ise Türk standartlarınca hazırlanan "Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları" (TS-500 veya TS-500-84) ile Alman Betonarme (DIN-1045-78) şartnamesidir.

Beton

- Beton; kum, çakıl, çimento ve suyun karıştırılmasından elde edilen bir yapı malzemesidir. Bu malzemeler belirli oranlarda karıştırıldığında, kalıplarda istenilen biçimi alabilecek plastik bir malzeme elde edilir. Betonu diğer malzemeler göre üstün kılan en önemli özellik istenilen biçimin verilmesini sağlayan bu plastik kıvamıdır.
- Beton karıştırılarak kaba döküldükten sonra kısa sürede katılaşır ve zamanla dayanım kazanır. Betonun özellikleri beton karışımında kullanılan malzemeler ile yakından ilişkilidir.

Çimento

- Çimento; kalker ve kil taşları karışımının yüksek sıcaklıkta pişirildikten sonra öğütülmesinden elde edilen bağlayıcı bir malzemedir.
- Çimento su ile karıştırılıp bir hamur haline getirildikten sonra katılaşarak taşlaşmaya başlar. Bu olaya “priz” denir. Normal şartlarda 1 ile 10 saat arasında değişen priz süresi ortam koşullarına bağlıdır. Sıcaklığın artması priz hızını arttırır. Katılaşmadan sonra sertleşme olarak tanımlanan betonun dayanım kazanma olayı başlar ve uzun bir süreye yayılır.

Çimento

- Yapılarda en yaygın kullanılan tür **Portland çimentosu**dur. Portland çimentosu belirli oranlardaki kalker ile kilin karıştırılıp pişirilmesinden sonra klinkerde öğütülmesi ile elde edilir.
- Ülkemizde üretilen çimentonun TS-19’ a uyma zorunluluğu vardır.
- Öğütme sırasında dane çapı küçültülerek farklı dayanımlarda çimento üretme imkanı vardır.
- Çimento türünü belirleyen NPÇ gibi simgelerden sonraki sayılar çimentonun kgf/cm^2 olarak 28 günlük basınç dayanımını göstermektedir.

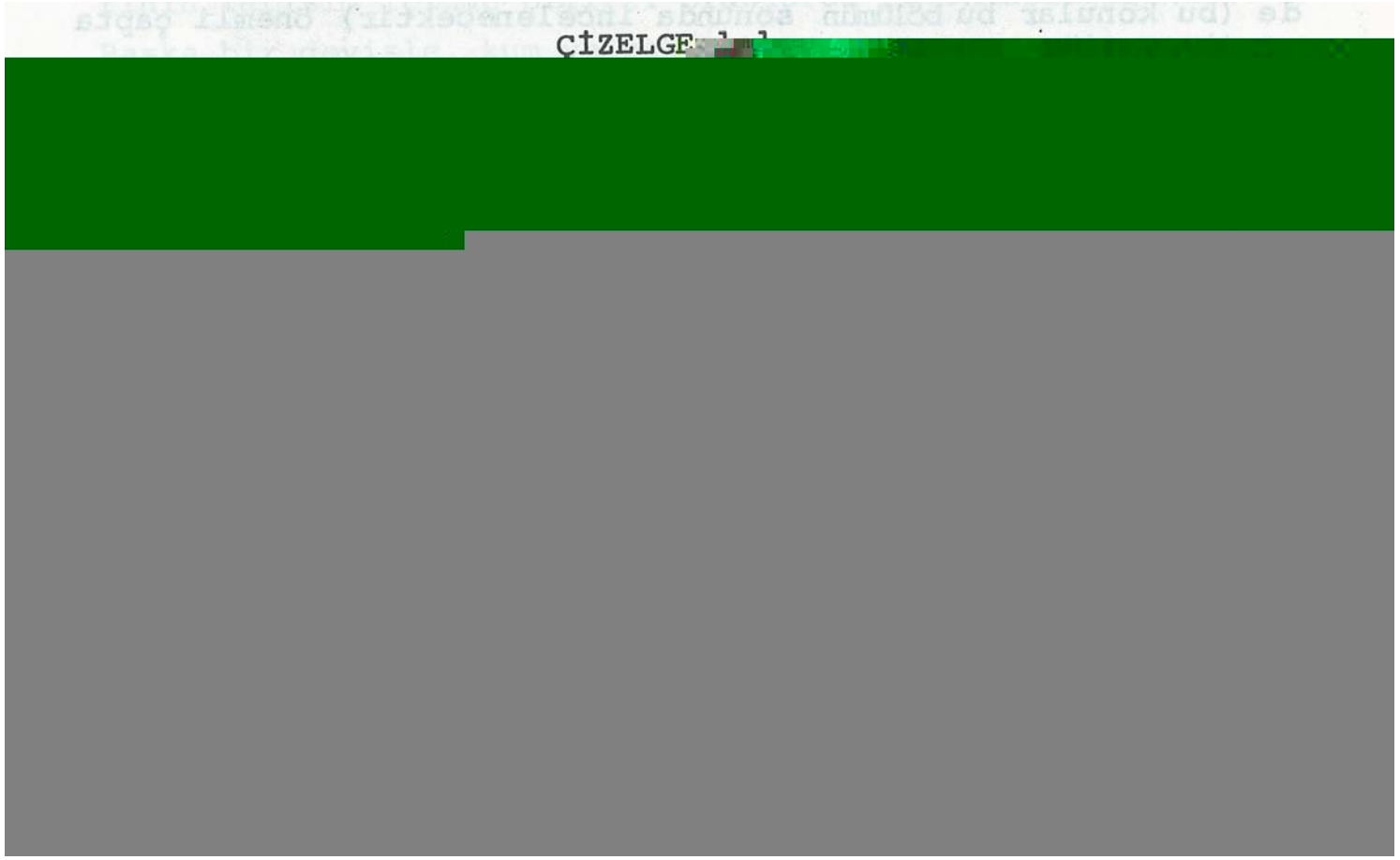
Çimento

- **Yüksek fırın cüruf çimentosu** ile Portland çimentosu arasındaki en önemli fark; yüksek fırın cüruf çimentosuna öğütme aşamasında granüle duruma getirilmiş bazik yüksek fırın cürufunun eklenmesidir.
- Yüksek fırın cüruf çimentosunun normal portland çimentosuna göre geçirimliliği daha azdır, tuzlu suda ve endüstri dumanındaki gazların etkisine daha dayanıklıdır. Bu nedenle bu tür çimentolar su yapılarında, temellerde ve duman etkisine maruz elemanlarda tercih edilmektedir.

Çimento

- **Traslı çimento;** betondaki mevcut kireçle birleşince bağlayıcı olurlar. İmalat sırasında portland çimentosu klinkerine aktif volkanik tüfler katılarak bunların öğütülmesi ile elde edilirler.
- Bu tür çimentoların geçirimliliği az ve hidratasyon ısları düşük olduğundan kütle betonları ve su yapılarında kullanılması tercih edilir.
- **Alüminli çimentolar;** imalatta hammadde olarak kullanılan kalker ve boksit karışımı özel fırınlarda yüksek ısıda eritildikten sonra büyük kütükler halinde dondurulur. Alüminli çimentolar bu kütüklerin öğütülmesi ile elde edilir.
- Bu çimentolar çok hızlı dayanım kazanırlar, 1 günde 28 günlük portland çimentosunun dayanım hızına erişebilirler. Bu çimento ile yapılmış betonların yağ, sülfat ve şekere dayanımı yüksektir. Ancak hidratasyon ısıları yüksek olduğundan kütle betonu olarak kullanılmamalıdırlar.

Çimento



Su

- İçme suyu olarak kullanılan su beton karışımında da kullanılabilir. Suda kesinlikle asit bulunmamalıdır. Karışım suyunda tuz bulunması da sakıncalıdır.

Agrega

- Kum ve çakıl karışımı agrega olarak tanımlanır. Agrega esas olarak bir dolgu malzemesidir ve en önemli fonksiyonu betondaki hacim değişikliklerini azaltmaktır. Su ve çimentodan oluşan hamur büyük hacim değişiklikleri gösteriri.Agreganın hamura katılması hem hacim değişikliğini azaltır hem de agrega çimentodan daha ucuz olduğundan ekonomi sağlar.
- Betonun iyi işlenebilmesi için geçirimsizlik, rötre ve sünmede önemli rolü olan agreganın granülometresinin iyi ayarlanması gerekir.

Agrega

- Kum ve çakıl doğal veya yapay olabilir.
- Doğal olan dere yataklarından, deniz kenarından yapay olan ise kum ocaklarından ya da taş ocaklarından taşların uygun büyüklüklerde kırılması ile elde edilir.
- Kumun temiz olması ve betona ve donatıya zarar verecek kimyasal maddeler içermemesi gerekir.

Agrega

- Kum ve çakılın dayanımı hiçbir zaman çimentonun dayanımından az olmamalıdır. Agreganın dayanımı çimentonun dayanımından az olursa yapılan betonun gücü çimento dayanımında erişmeden agrega kırılması ile tükenir.
- İyi kalitede bir beton elde etmek için kullanılan kum ve çakılın çeşitli dane çaplarının karışım içinde belli oranlarda bulunması gerekir.

Beton karışımı

- Betondan istenilen özelliklerin elde edilebilmesi için bileşime giren kum, çakıl, çimento ve suyun amaca uygun olarak ayarlanması gerekir. Betondan beklenen en önemli özellik basınç dayanımıdır.
- Belirli bir basınç dayanımını sağlayacak karışım seçilirken karışımın ekonomik ve kullanıldığı yere göre işlenmesi kolay kıvamda olması gerekir.Beton kıvamını belirlemek için çeşitli yöntemler vardır. En yaygın kullanılan çökme deneyidir. Belirli şartlarda dökülen betonun çökme miktarına bakılarak kıvamı anlaşılır.

Beton karışımı

- Yerine yerleştirilip, sıkıştırılmış 1 m^3 beton bileşiminde bulunan çimento miktarı “dozaj” olarak adlandırılır. Betonarmede kullanılan betonların betonların dozajı genelde 250-400 kg/m^3 arasında değişir.
- Agrega granülometresi iyi ayarlanmış bir karışımda beton dayanımı **su-çimento oranı** ile değişir. Bu oran istenen dayanıma göre ayarlanırken elde edilecek karışımın ekonomik ve işlenebilir olmasına da özen gösterilmelidir.
- Geçirimsizlik ve donatıyı paslanmadan korumak için, çimento dozajının belirli bir düzeyden az olmaması gerekir.

Betonun yerleştirilmesi ve bakımı

- Betonun karıştırılması, taşınması ve yerleştirilmesi sırasında malzemede ayrışım (segregasyon) olmamasına dikkat edilmelidir. Ayrışım betonun gerektiği gibi aşınmadığı durumlarda oluşur ve sertleşmiş betonun gözenekli olması ile sonuçlanır. Beton uzak bir yere taşınıyorsa konveyörler kullanılmadır. Konveyör eğimi ve hızı, ayrışıma neden olmayacak düzeyde tutulmalıdır. Beton yüksek bir yerden dökülüyorsa borular yardımı ile dökülmelidir. Beton prize başlamadan önce yerine dökülüp işlenmeye başlanmalıdır. Kalıplara döküldükten sonra vibratör ile sıkıştırılmalıdır.

Betonun yerleştirilmesi ve bakımı

- Beton zamanla dayanım kazanan bir malzemedir. Bileşimindeki suyun bir bölümü belirli bir zaman süresi içinde hidratasyon için kullanılır. Bu suyun buharlaşarak kaybolması, hidratasyon için gerekli suyun yok olması ve dolayısıyla betonun gereken dayanımı kazanamaması ile sonuçlanır.
- Betonarme hesapları betonun 28 günlük dayanımına göre yapılır. Bet, genel olarak yedi günde bu dayanımın yaklaşık %70'inde ulaşır. Bu nedenle, betonun 28 günlük dayanımını, özellikle ilk hafta içinde bulunduğu ortamın nem oranı ve sıcaklığı önemli ölçüde etkiler bu süre içinde ortamın sıcaklık ve neminin gerekli sınırlar içinde bulundurulmasına "taze betonun bakımı" veya "kür" denir.
- .

Betonun yerleştirilmesi ve bakımı

- Betonun normal prizini yapması için gerekli sıcaklık 15 ile 25 derecedir. Yüksek sıcaklık prizin hızını artırır. Bu durumda gerekli nem sağlanamazsa betonda büzülme çatlakları oluşur. Beton yüzeyini etkileyen kuru rüzgar rötre çatlaklarının oluşmasını hızlandıracağından taze beton yüzeyini örerek bu tür etkilerden korumak gerekir.
- Priz için ideal ortam nemli ortamdır. Bu nedenle kür yapılırken beton yüzeyleri sürekli ısıtılmalı ve buharlaşmayı önlemek için örtülmelidir.
- Düşük sıcaklıkta priz yavaşlayacağından +4 dereceden daha düşük sıcaklıklarda su ve agrega ısıtılarak ya da özel katkı maddeler kullanılarak beton dökülmelidir.

Katkı maddeleri

- Çimento harcı ve betona bazı özellikler kazandırmak ve bazı özelliklerini değiştirmek için karışıma eklenen maddelere katkı maddeleri adı verilir. Bazı katkı maddeleri betonun belirli bir özelliğini istenen biçimde değiştirirken diğer bazı özelliklerini olumsuz yönde etkileyebilir.

Betonun mekanik özellikleri

Betonun basınç dayanımı:

Beton basınç dayanımı yüksek, çekme dayanımı düşük bir malzemedir. Betonun 28 günlük, çapı 150 mm, boyu 300 mm olan silindir numunelerin, eksenel basınç altındaki dayanımı olarak tanımlanır. Gerilme cinsinden ifade edilen dayanım silindirin kırılma yükü alana bölünerek bulunur. Silindir yerine 200x200x200 mm' lik küp numune de kullanılabilir.

Betonun 28 günlük basınç dayanımı 140 ile 500 kgf/cm^2 arasında değişir.

Betonun gerilme-deformasyon özellikleri

Betonun basınç dayanımı:

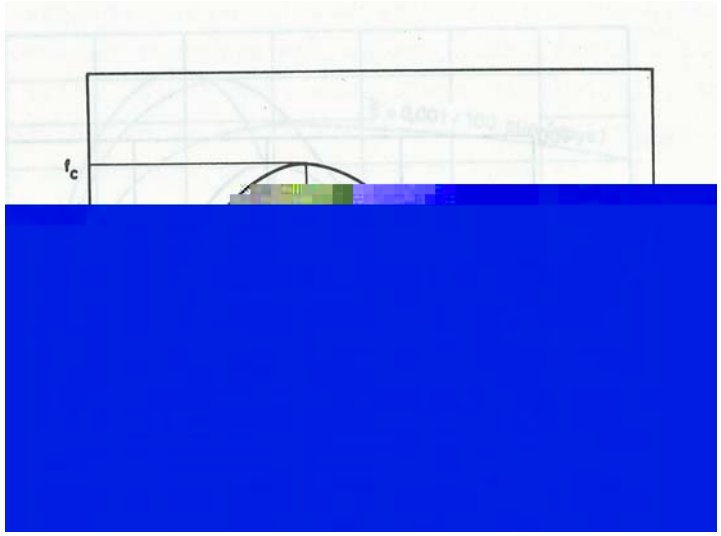
Bir mekanik problemin çözümünde izlenecek yol 3 aşamada gerçekleşir:

1. Denge koşulunun sağlanması
2. Uygunluk koşulunu sağlanması
3. Malzemeleri için gerilme-deformasyon ilişkilerinin belirlenmesi

İlk iki koşul malzemeden bağımsız olmasına rağmen 3. koşul tamamen malzeme ile ilgilidir ve bu koşulun gerçeğe yakınlığı olması sonucun doğruluğunu arttıracaktır.

Betonun gerilme-deformasyon özellikleri

Betonun (basınç) gerilme- deformasyon özelliklerini birçok değişken etkiler. Bu değişkenlerden dolayı tek bir σ-ε diyagramı tanımamak doğru değildir.Aşağıdaki diyagram sadece genel bir fikir vermek amacıyla gösterilmiştir.



Şekil 1

Betonun gerilme-deformasyon özellikleri

Şekilden görüleceği gibi σ-ε eğrisinin düşük gerilmeler altında eğimi çok az değiştiğinden eğrinin bu bölümü doğrusal kabul edilebilir.Ancak bu hızlı yüklemeler için geçerlidir. Yavaş yükleme altında bu doğrusallık ta bozulacaktır.

Betonun gerilme-deformasyon özellikleri

Eğrinin diğer bir özelliği maksimum gerilme ve dayanıma karşılık olan birim uzama ε_{co} aşıldığında artan deformasyon altında gerilmeler azalmaktadır.

Kırılma anındaki birim kısalmaya ε_{cu} karşı olan gerilme maksimum gerilmeden düşüktür.Bu davranışı sayesinde betonarme bir elemanda maksimum gerilmeye ulaşan bir lif artan birim kısalma ile gerilmeleri başka liflere aktarabilir. Bu durumda en fazla zorlanan dış lifteki ezilme maksimum gerilmeye karşı olan ε_{co} birim kısalmasında değil ε_{cu} da olacaktır.Betonda fazla zorlanan liflerin daha az zorlanan liflere gerilme aktarabilme özelliği “gerilme uyumu” olarak adlandırılır.

Gerilme uyumu

Betonarmeyi diğer yapı malzemelerinden ayıran önemli özelliklerden biri, fazla zorlanan bir lifin veya kesitin veya elemanın, zorlamaları komşu lif, kesit veya elemana aktarabilme özelliğidir.

Aşağıdaki şekilde görüleceği gibi, betonun ezilmesi, en büyük gerilmeye ulaşıldığında değil, en büyük kısalmaya (ε_{cu}) ulaşıldığında oluşur. Beton birim kısalmasının, ε_{cu}' dan ε_{cu}' ya kadar artışı sırasında, gerilmede azalma olur. Bu özellik liften life gerilme aktarılmasını sağlar. Betonarme kesitin en dış basınç lifi maksimum gerilmeye ulaştığında, ε_{co} henüz ezilme birim kısalması ε_{cu}'ya ulaşmamıştır. Bu durumda, en dış lifteki birim kısalma ε_{cu}' dan ε_{cu}' ya doğru aktarırken, gerilme azalır. Gerilemedeki azalma, anacak bu gerilmelerin başka bir life aktarılması ile mümkündür. Dış life göre komşu liflerdeki birim kısalmalar daha küçük olduğundan, gerilme aktarımı mümkün olabilir.

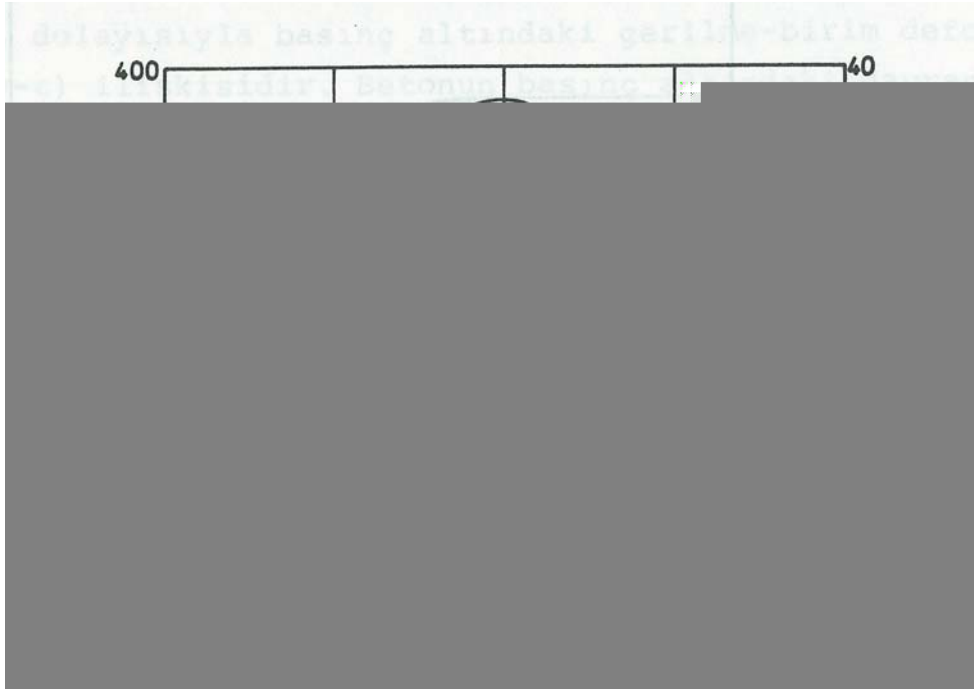
Gerilme uyumu

Şekil 4 2.4

Yukarıdaki şekilde, eğilme ve eksenel basınç altındaki bir betonarme kesitte, yüklemenin çeşitli şamalarında oluşan birim deformasyon ve beton gerilmeleri dağılımları gösterilmiştir. Basınç bölgesindeki basınç gerilmesi dağılımının şekil (a)’ da gösterildiği gibi olduğu varsayılmaktadır. (c) ’ den (d)’ ye gidilirken gerilmeleri diğer liflere nasıl aktarıldığı gösterilmektedir.

Betonun gerilme-deformasyon özellikleri

Betonun σ-ε özellikleri beton dayanımı ile değişmektedir.



Şekil 2

Betonun gerilme-deformasyon özellikleri

- Eğrilerin başlangıç eğimi beton kalitesi yükseldikçe artmaktadır.
- Yüksek dayanımlı betonların tepe noktaları daha belirgindir.
- Düşük dayanımlı betonlar yüksek dayanımlı olanlara oranla daha fazla sünekliğe sahiptir.
- Maksimum gerilmeye karşılık olan birim kısalama, ε_{co}, beton dayanımından bağımsız olarak 0.002 mertebesindedir.

Betonun gerilme-deformasyon özellikleri

Betonun çekme özellikleri:

Betonun çekme dayanımı basınç dayanımının yaklaşık olarak %10'udur.

TS-500' de verilen çekme dayanımı kgf/cm^2 olarak;

$f_{ct}=1.1\sqrt{fc'}$ dir.

f_c: betonun basınç dayanımıdır.

Kayma dayanımı:

Betonda klasik kesme kırılmasına pek rastlanmaz. Betonun kayma dayanımı basınç dayanımının %35'i ile %80'i arasında değişir. Basit kayma durumunda bile kırılma çekme dayanımının tükenmesi ile gerçekleşir.

Betonun gerilme-deformasyon özellikleri

Betonun başlangıç elastisite modülü, σ-ε eğrisinin başlangıç noktasına çizilen teğetin eğimidir. Düşük düzeyde gerilmeler için bu elastisite modülü yeterlidir.

TS-500’ de elastisite modülünün basınç dayanımı ile değişimini veren formül aşağıdadır.

$$E_{cj}=10270\sqrt{f_{cj}}+14000$$

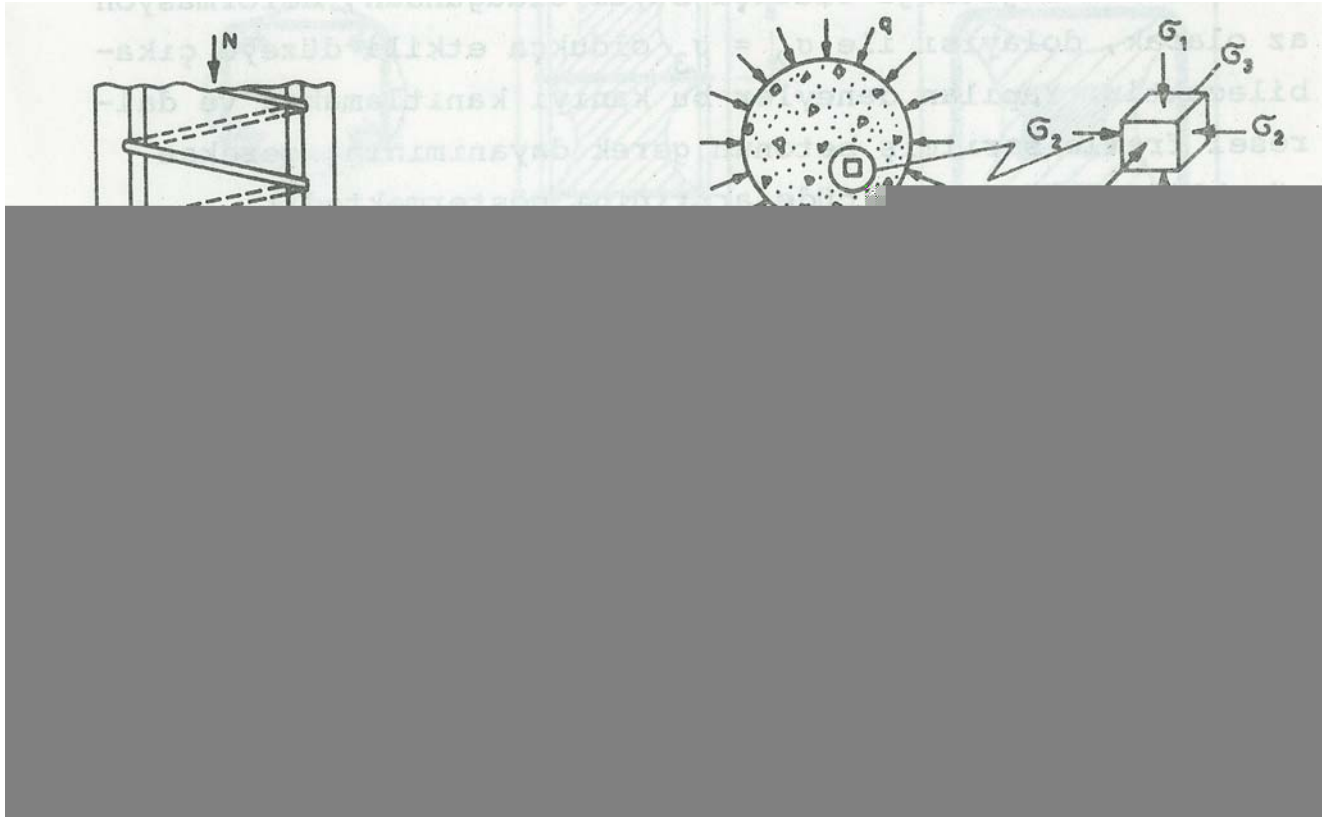
E_{cj} : j günlük betonun elastisite modülü, kgf/cm^2

F_{cj}: j günlük betonun silindir basınç dayanımı, kgf/cm^2

Sargılı beton davranışı

Betonarme elemanların birçoğunda boyuna donatıyı çepeçevre saran, enine donatı bulundurulur. Enine donatı, sürekli helezon şeklinde fretlerden veya donatı kafesinin biçimine uymak üzere dikdörtgen şeklinde bireysel etriyelerden oluşur. Sürekli fret, boyuna donatının kesit içinde bir çember boyunca sıralandığı durumlarda, dikdörtgen etriye ise , boyuna donatının kesitte bir dikdörtgen çevresi boyunca dağıtıldığı durumlarda kullanılır. Her iki durumda da, enine donatı, içinde kalan ve göbek alanı olarak adlandırılan betonu sardığından, bu tür donatıya "sargı donatısı" da denir.

Sargılı beton davranışı

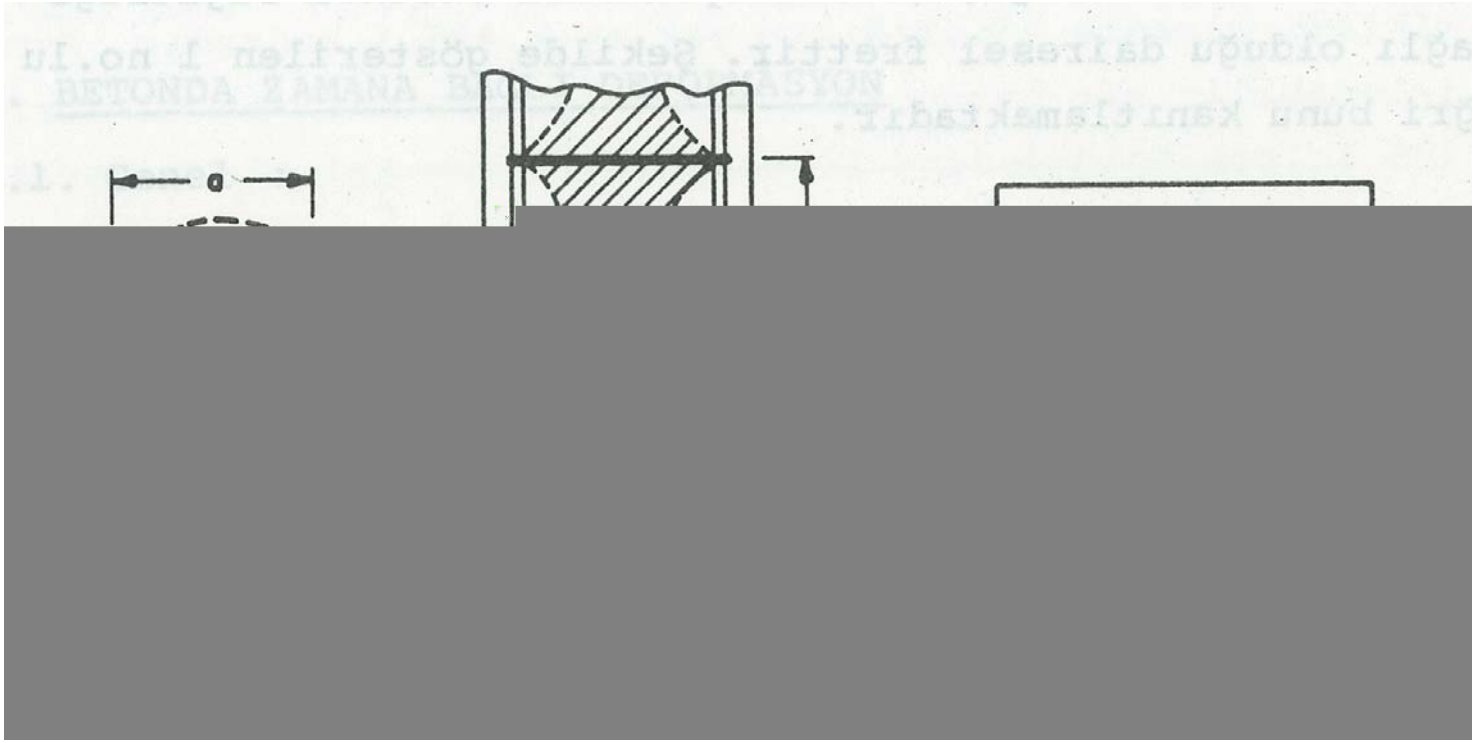


Şekil 3

Sargılı beton davranışı

Şekil (a) ve (b) de görülen dairesel kesitli elemana eksenel basınç uygulandığında önce h çapı ile tanımlanan beton alanı etkili olacak ve bu davranış serbest betonun davranışı gibi olacaktır. Ancak, birim kısalma maksimum gerilmeye karşı olan değerini aştıktan sonra, kabuk olarak adlandırılan ve göbeğin dışında kalan beton alanı ezilerek dökülecektir. Fretle çevrilmiş beton ise artan basınç etkisiyle yana doğru genişlemeye çalışacak ancak fret buna mani olacaktır. Bu durumda fret, göbekteki betona çepeçevre basınç gerilmeleri uygularken beton da dairesel fret donatısına eşit ve ters yönde kuvvetler uygulayacaktır. Göbek betonunun yanal basınç nedeni ile hem dayanımı hem de sünekliği artacaktır.

Sargılı beton davranışı



Şekil 4

Sargılı beton davranışı

Çoğu zaman sargı donatısı olarak dikdörtgen etriyeler kullanılmaktadır. Göbek betonun dikdörtgen etriyeye uygulayacağı basınç dairesel frete uygulanan dan çok değişiktir. İç basınç altında dikdörtgen etriye kapalı bir çerçeve gibi deforme olacaktır. Bu durumda davranışa eğilme hakim olduğundan, deformasyon ortalarda maksimum, köşelerde sıfır olacaktır. Eğilme rijitliği eksenel rijitliğe göre daha az olduğundan bu tür etriyelerde deformasyonlar frete oranla çok daha büyük olacaktır. (b) de taranmış alan sargı etkisinin etkili olduğu bölgeleri göstermektedir. (c) de ise planda etriye düzeyinde ve iki etriye arasındaki sarılmış etkili alanlar gösterilmektedir. Seyrek taranmış alan etriye düzeyindeki, sı taranmış alan ise, iki etriye arasındaki sarılmış alanları belirlemektedir.

Bu anlatılanlara göre dikdörtgen etriyelerin dairesel fret oranla çok daha az etkili olduğu anlaşılmaktadır.

Göbek betonuna uygulanan basınç deformasyona, dolayısıyla dikdörtgene etriyede eğilme rijitliğine dairesel fret ise eksenel rijitliğe bağlı olduğuna göre sargı donatısının çapı arttıkça ve adım aralığı azaldıkça dayanım ve süneklik artacaktır.

Sargılı beton davranışı

Aşağıdaki şekil sargılı ve sargısız betonların σ-ε ilişkilerini göstermektedir.

5 no’ lu eğri sargısız diğerleri sargılı beton içindir. 3 ve 4 no’ lu eğriler kesitinde tek dikdörtgen etriye olan elemanlar içindir. 3 ve 4 arasındaki fark 3 no’ lu elemandaki etriye aralığının daha az olmasıdır. Görüldüğü gibi dikdörtgen etriye etriyesiz duruma kıyasla sünekliği önemli ölçüde artırmaktadır, ancak dayanım artışı az olmaktadır. 2 ile gösterilen eleman ise çift etriye konarak, etriye açıklığı 3 ve 4 e kıyasla yarıya indirilmiştir. Görüldüğü gibi etriye serbest açıklığını azaltmak çok etkili olmuş, sünekliğin artmasının yanı sıra, ayanım da önemli ölçüde artmıştır. 1 no’ lu eğri dairesel fretli sarılmış elemana aittir.

Sargılı beton davran□

Sargılı beton davranışı

Özetle ;

- Sargı donatılı betonun σ-ε ilişkisi sargısız betonunkinden çok değişiktir. Sargı süneklik ve sayanımı arttırdığı gibi maksimum gerilmeye karşı olan deformasyon sargı ile büyümektedir.
- Fret en etkili sargı donatısıdır.
- Dikdörtgen etriye sünekliği arttırmakta, dayanım artışı ise, ancak etriye serbest açıklığını azaltmakla mümkün olmaktadır.
- Etriye aralığı azaldıkça sargı etkisi, dolayısıyla süneklik artmaktadır. Etriye çapının arttırılması aynı ölçüde olmasa bile davranışı olumlu yönde etkilemektedir.

Betonda zamana bağlı deformasyon:Büzülme

Beton zamana bağlı deformasyon gösteren bir malzemedir. 28 gün suda bırakılan bir numune kurumaya bırakıldığında kısalmaya başlar. Bu olaya büzülme ya da rötre denir.Kalıcı yük altındaki deformasyona ise sinme denir. Sünme ve büzülme zamana bağlı olarak artar anacak artış hızı zamanla azalır. Beton numunenin deformasyon yapması önlenmediği sürece betonda gerilme oluşmaz.

Betonarmede ise donatı çeliğinde sünme ve büzülme olmadığından donatı deformasyonu önlemeye çalışacak böylece hem betonda hem de donatıda gerilme oluşacaktır.

Ayrıca mesnetlenme durumu da gerilmelerin oluşmasına neden olur. Kolonlar ile mesnetlenmiş bir kirişin rötre etkisi ile büzülmesini kolonlar etkileyeceğinden gerilmeler oluşacaktır.

Betonda zamana bağlı deformasyon: Büzülme

Betondaki çimentonun hidratasyonu için gerekli olan su çimento ağırlığının %25’ i kadardır, ancak, işlenebilir bir beton elde etmek için katılana su miktarı daha fazladır. Bu nedenle beton kalıplara yerleştirildikten sonra gerekmeyen su miktarı buharlaşarak uzaklaşır. Beton su kaybettikçe hacimsel küçülme olur yani büzülme gerçekleşir. Büzülme buharlaşmaya ve buharlaşma hızına bağlıdır.

Nemsiz bir ortamda büzülen beton, nemli bir ortama veya suya konduğunda şişerek eski boyuna ulaşabilir. .

Betonda zamana bağlı deformasyon: Büzülme

Nemin düşük olduğu kuru ortamlarda rijit kolonlara oturan büyük açıklıklı kirişlerin büzülme eğilimi bu kolonlarla engellendiğinde, kirişlerde büyük eksenel çekme kuvvetleri oluşur. Eğilme nedeni ile oluşan normal ve kayma gerilmeleri, büzülmeden oluşan eksenel çekme gerilmeleri ile birleştiğinde, kiriş gövdesinde çok yüksek çekme gerilmeleri olacağından, kirişte önemli çatlamalar meydana gelir.Yeterli donatının bulunmadığı durumlarda, bu çekme gerilmeleri nedeni ile kiriş kırılarak çökebilir.

Betonda zamana bağlı deformasyon: Sünme

Sünme betonda büzülmeye ek olarak kalıcı yük altında oluşan deformasyon olarak tanımlanabilir. Sünme, betonda basınç gerilmeleri oluşturan kalıcı yükler altında oluşur.

Beton taze iken yüklenen numunendeki sünme deformasyonu eski bir betona oranla daha fazla olur.

Karışımdaki su/çimento oranı arttıkça sünme deformasyonu artar.

Ortamın nemi arttıkça sünme deformasyonu azalır.

Kalıcı yük uygulandığında betonda oluşan gerilmelerin beton basınç dayanımına oranı 0.4 ten azsa sünme gerilmeye orantılıdır. Daha yüksek oranlarda sünme orantısız olarak hızla artar.

Sünmenin hızı zamanla azalmasına rağmen deformasyon artışı yaklaşık 3 yıl devam eder.

Betonda zamana bağlı deformasyon: Sünme

Sünme nedeni ile betonun elastisite modülü önemli ölçüde azalır. Bu da elemanların eğilme rijitliğini azaltır. Bu nedenle yüksek düzeyde kalıcı yük altındaki kirişlerde yükün uygulanmasından bir iki yıl sonraki deplasman yükün ilk uygulandığı andaki deplasmanın 2 veya 3 katına çıkabilir.

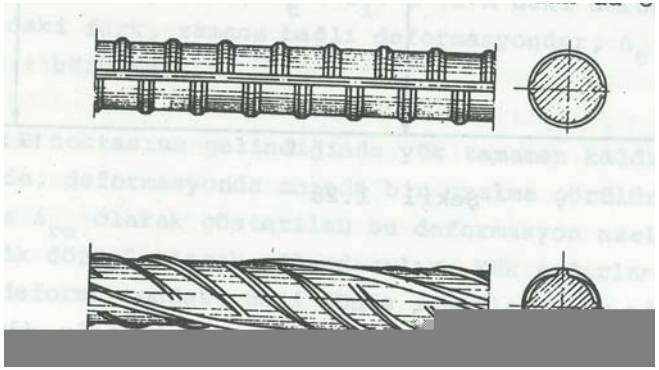
Donatı çeliğinin özellikleri

Betonun çekme dayanımı çok düşük olduğundan çekme bölgesindeki gerilmeleri karşılamak üzere çelik çubuklar yerleştirilir. Betonarmede donatı olarak genellikle yuvarlak çubuklar kullanılır. ϕ donatı çapını tanımlar. Örneğin ϕ16, çapı 16 mm olan betonarme çeliğidir.

Betonarmede kullanılan çubuklar düz yüzeyli ya da nervürlü olabilir. Nervürlü donatı yüzeyinde imalat sırasında yapılan çıkıntılar, beton ve donatının birbirine daha iyi kenetlenmesini sağlar.

Döşeme gibi elemanlarda hasır donatı dediğimiz birbirine paralel ve dik yönde yerleştirilmiş donatılar da kullanılabilir.

Donatı çeliğinin özellikleri



Şekil 6



Şekil 7

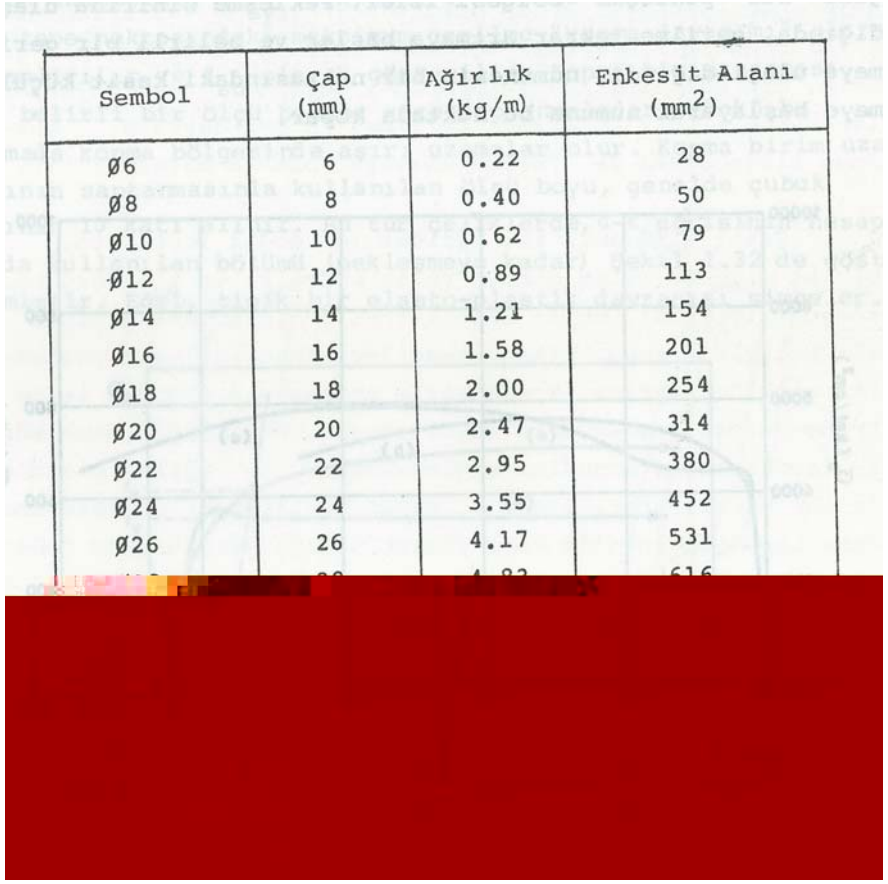
Donatı çeliğinin özellikleri

Donatı çelikleri imalat biçimine göre ikiye ayrılır: Sıcakta haddelenmiş ve soğukta işlem görmüş.

Sıcakta haddelenmiş çeliğin bileşimindeki maddelerin oranları düzenlenerek istenen kalitede çelik elde edilebilir.

Soğukta işlem görmüş çelikler, göreli olarak düşük ısılarda çekilip ya da burularak imal edilir. Bu işlem sırasında çeliğin moleküler yapısı değişir.

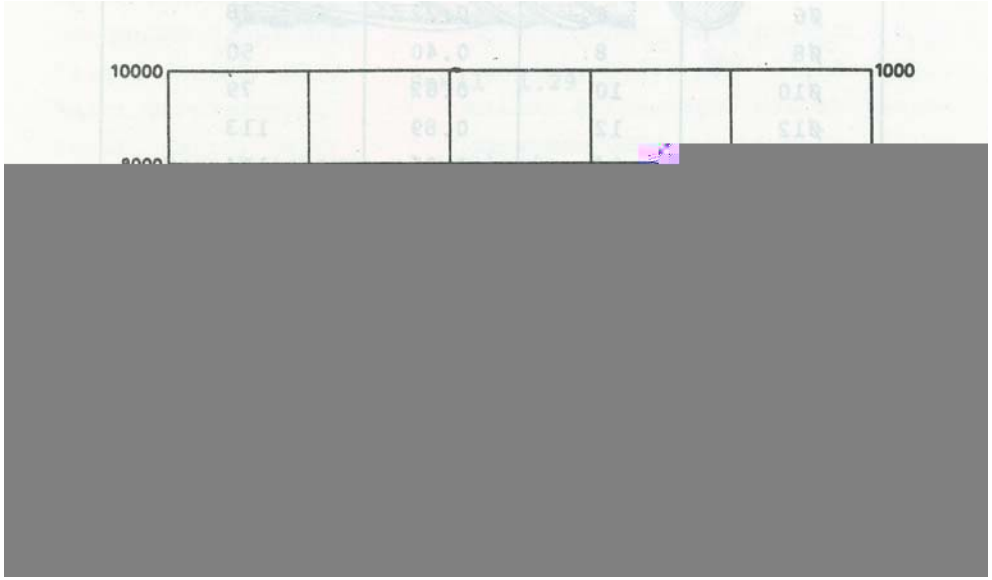
Donatı çeliğinin geometrik özellikleri



Sembol	Çap (mm)	Ağırlık (kg/m)	Enkesit Alanı (mm^2)
Ø6	6	0.22	28
Ø8	8	0.40	50
Ø10	10	0.62	79
Ø12	12	0.89	113
Ø14	14	1.21	154
Ø16	16	1.58	201
Ø18	18	2.00	254
Ø20	20	2.47	314
Ø22	22	2.95	380
Ø24	24	3.55	452
Ø26	26	4.17	531

Çizelge 1

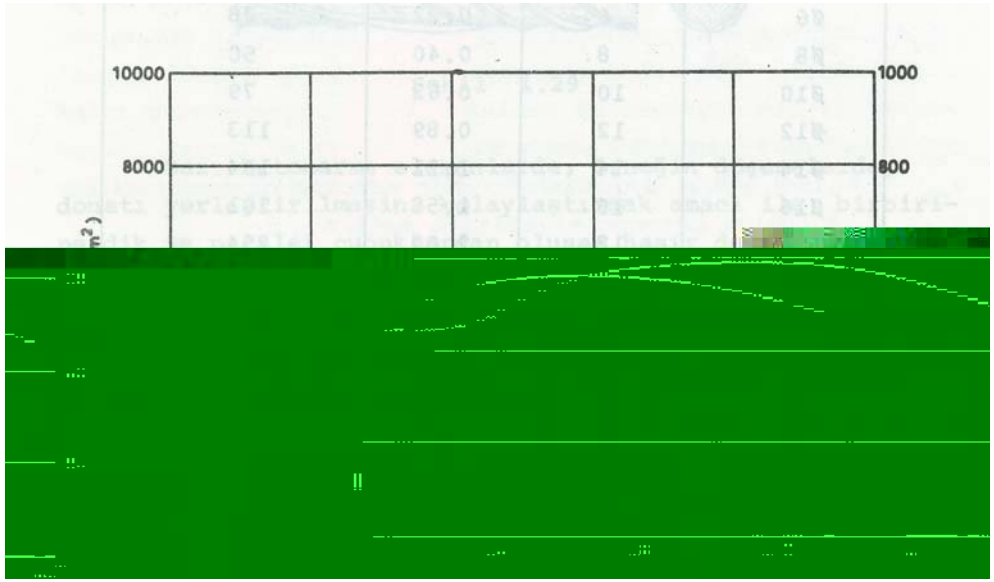
Donatı çeliğinin mekanik özellikleri



Şekil 8

Çelik, çekme ve basınç altında benzer özellikler gösterir. Çeliğin gerilme-deformasyon özellikleri genelde çekme deneyinden elde edilir.(a) eğrisi sıcak haddelenmiş, (b) Eğrisi soğukta işlem görmüş çeliktir.

Donatı çeliğinin mekanik özellikleri



Şekil 9

Sıcak haddelenmiş, yani doğal sertlikteki çelikte, belirli bir akma sınırı vardır. Bu sınıra ulaşılıncaya kadar gerilme ve birim uzama arasındaki ilişki doğrusaldır. Akma sınırına ulaşıldıkta sonra gerilme sabit kalırken, birim uzama artar. σ-ε eğrisinin akma sınırından sonraki bu düz bölümü, “akma sahanlığı” olarak adlandırılır. Akma sahanlığını bir “pekleşme” bölgesi izler. Pekleşme sınırına ulaşıldığında, gerilme tekrar artmaya başlar ve belirli bir gerilmeye ulaşıldığında kesit kopar.

Donatı çeliğinin mekanik özellikleri

Doğal sertlikteki çeliğin σ-ε eğrisi akma sınırına kadar dorusaldır. Bu bölgede yük boşaltılacak olursa, dönüş eğrisi ile çakışır ve yük sıfırlandığında deformasyon da sıfı

Donatı çeliğinin mekanik özellikleri

Bu çelikte akma sınır olmadığından “akma dayanımı, fy” belirli bir kalıcı birim uzamaya göre tanımlanır. Şekilde 0.002 birim uzamasından eğrinin doğrusal bölümüne paralel çizilerek bu çizginin eğrisini kestiği yer “akma dayanımı” olarak adlandırılır.

Şekil 9’ da doğal sertlikteki çeliğin kopma birim uzaması soğukta işlem görmüş çeliğe göre daha büyüktür, yani doğal sertlikteki çelik daha sünektir.Bu nedenle deprem gibi yükler altında tercih edilmelidirler.