

Geometrik yapısına göre katı cisimleri:

a) Çubuklar

Eni, boyuna göre çok küçük olan cisimlerdir.

b) Plâk ve levhalar

Kalınlıkları diğer boyutlarının yanında ihmal edilir. Kalınlıklarının orta noktalarının geometriyeri bir düzlem olan cisimlerdir.

c) Kabuklar

Kalınlıkları diğer boyutlarının yanında ihmal edilebilen cisimlerdir. Yalnız bu cisimlerde kalınlıkların orta noktalarının geometrik yeri düzlem olmayıp herhangi bir yüzeydir.

Mukavemetle boyutlandırma yapılrken:

1. Güvenlik (emniyet) şartı
2. Ekonomik olma şartı
3. Yapılacak işe uygun olma şartı

Mukavemetin dayandığı temeller:

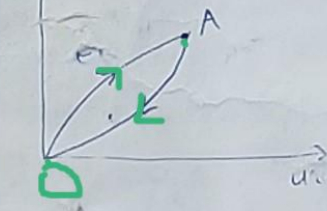
1. Katılma prensibi
2. Ayırma (kesit) prensibi
3. Eşdeğerlilik prensibi
4. Birinci mertebe teorisi
5. Süperpozisyon kanunu

MUKAVEMETİN GENEL KAVRAMLARI

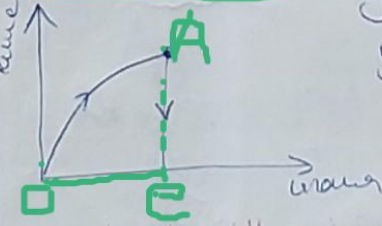
Mukavemet; kuvvetlerin tesiri altında meydana gelen şekil değişikliği kuvvetler kalktıktan sonra kaybolan, yani eski şeklini alan elastik cisimlerin mekânîrigidir. Teknikte kullanılan malzemelerin çesitli kuvvetlere dayanması için gerekli hesap esaslarını inceler.

Mukavemet cisimlerin kesitlerinde meydana gelen iç kuvvetlerin elastik cisimlerin kesitlerinde nasıl dağıldıklarını, birim kesit alanına etki eden kuvveti yani gerilmeyi, elastik cisimlerin kuvvetler altında nasıl ve ne kadar şekil değiştirdiklerini (uzama, kısama, sehim, burulma, vs.) araştırır.

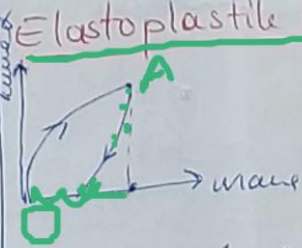
Elastik cisim: cisimde şekil değişiminin dış etki ile birlikte geri dönmesi demektir.



Plastik cisim: Dış tesirler ortadan kalktığı halde, yaptıkları şekil değiştirme olduğu gibi kalır.

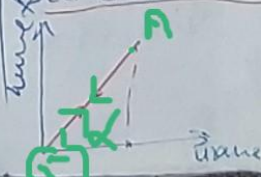


Elastoplastik cisim: Yapıda kullanılan tabii cisimler, genelde olarak bu iki ideal (elastik ve plastik) durumun arasında bulunur, yani dış etkilere göre dönerken, şekil değiştirmelerin bir kısmı geri döner, diğer kısmı ise kalır. Buna elasto-plastik cisim denir.



HOOKE CİSİMİ

Bundan başka önemli kavramlardan biri dış etkililerle şekil değiştirme arasındaki bağıntıdır. Kuvvet ne kadar so uzamada o kadar olur. Buna göre şekil değiştirme ile kuvvet arasında lineer bağıntı vardır. Buna HOOKE KANUNU denir.



Mukavemetle
boyutlandır

- a) Gerilme (kuvvet)
- b) Elongasyon (uzama)
- c) Yapısal gerekeceği uygun olma şartı

MUKAVEMETİN DAYANDIĞI TEMELLER

1) Katılma prensibi:

Mukavemet, rijid cisimler mekânîğini en çok denge şartlarından faydalanır. Bu yüzden ~~denge~~ şartları şekil değiştiren cisimlere denge şartları uygulanırken bunların yük altında şeklini değiştirmiş son durumlarını ele almak gerekir. Bu durum o kuvvetler için katı = rijit sayılabilir çünkü o dış kuvvetler yapacakları şekil değiştirmeyi bitirmişler demektir.

İşte katılma prensibi; cismin ancak şeklini değiştirmiş, son durumunun üzerine, denge denklemlerinin uygulanabileceğini kabul eder. Kısaca, iki ayrı cisim mekânîğinin, statik konuları arasında bir köprü rolünü oynar.

2) Ayırma prensibi (kesit prensibi)

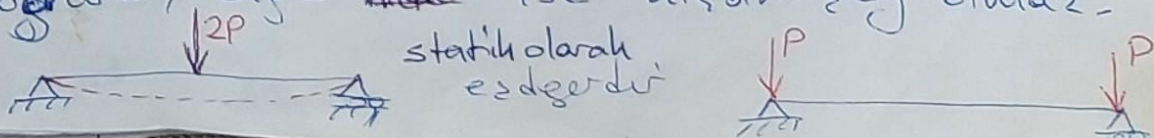
Bir cismin mukavemet yönünden durumunu incelemek için, zihnen de olsa, onu küçük parçalarak ayırarak analiz etmek gerekir. Ayrılan her küçük parçayı bağımsız bir cisim saymak ve buna mekânîğin ilgili teoremlerini uygulamayı kabul etmek, ayırma prensibinin esasını teşkil eder.

Ayırma prensibi aynı zamanda cismin sürekli ortam sayılması hipotesini de kapsar.

Bazen kesit prensibi adında olan bu prensiple dengede olan bir cismin her parçası ~~da~~ dengede sayılır.

3) Esdeğârlilik prensibi

Genel olarak, statik yönden esdeğer olan kuvvetler, şekil değiştirme yönünden de esdeğer değildir. Örneğin aşağıdaki iki ayrı yükleme, statik yönden esdeğer oldukları halde biri kırışık şekil değiştirme doğurur, diğeri ~~de~~ ise hiçbir şey olmaz.



Dış kuvvet , iç kuvvet:

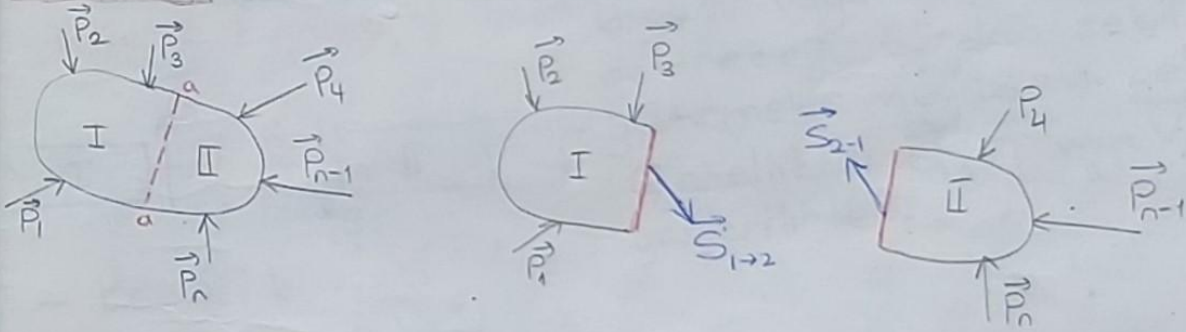
(6)

Dış kuvvet: Bir cisme diğer cisimler tarafından yapılan tüm etkiler dış kuvvet olarak isimlendirilir.

Dış kuvvetler:

- 1) Doğrudan doğruya belli olanlar (Yüzey kuvvetleri).
(Bir kiriş üzerine etki eden tekil veya yayılı yükler, sürtünme kuvvetleri,)
- 2) Doğrudan doğruya bir temas olmadan etki eden dış kuvvetler (Hacim kuvvetleri)
(Ağırlık kuvvetleri, ivmeli hareketten doğan atalet kuvvetleri, magnetik alanlardan ve sıcaklık farklılıklarından doğan kuvvetler)
- 3) Mesnet tepkilerinden doğanlar

iç kuvvet:



$\vec{S}_{1-2}$, $\vec{S}_{2-1}$: iç kuvvetler ($\vec{R} + \vec{M}$)
Bileşke kuv. + Bileşke moment

Bir cismin iki parçasının (I, II) birbirine yaptığı etkiye iç kuvvet denir.

Dış kuvvetlerin tesiri altında dengede duran bir cismi a-a yüzeyi ile I ve II parçalarına ayıralım. I ve II parçaları birbirlerine ayırma yüzeyi boyunca tesir ederler. Bu tesirlere iç KUVVET denir.

~~Geometrik yapılar için~~

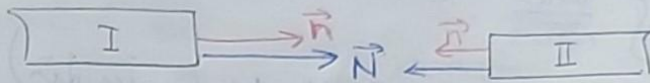
iç KUVVET: S_{1-2}

~~Kesme kuvveti~~
Moment
 $\rightarrow F$: Eksenel normal kuvvet

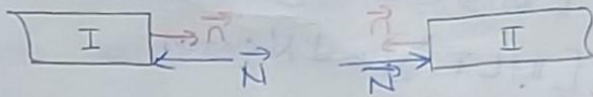
14 kuvvet bileşenlerinin işaretlenmesi

7

a) Eksenel normal kuvvet:



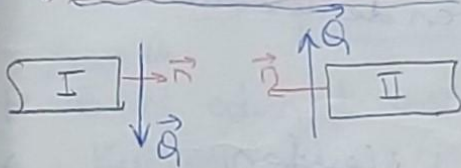
+ Normal kuvvet (ÇEKME)



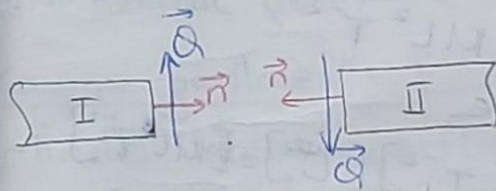
- Normal kuvvet (BASINÇ)

Kesite dik doğrultudadır. Çubuk eksenî doğrultusunda uzama ve kılma türü şekil değıştirme yapma eğilimindedir. Genellikle $\vec{N}$ ile gösterilir ve genellikle eksenel kuvvet veya normal kuvvet olarak isimlendirilir.

b) Kesme kuvveti:



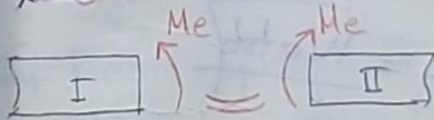
+ Kesme kuvveti



- Kesme kuvveti

En kesit düzlemi içerisinde olup, çubuk en kesiti boyunca bir bıçağın veya makasın meydana getireceği türden şekil değıştirmeler meydana getirirler. Genellikle $\vec{Q}$, $\vec{T}$ veya $\vec{V}$ ile gösterilirler.

c) Eğilme momenti:

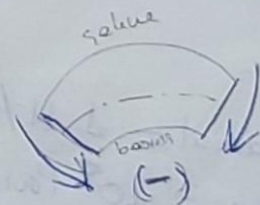
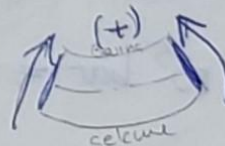


+ Eğilme momenti

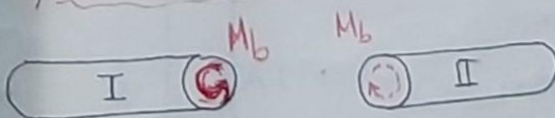


- Eğilme momenti

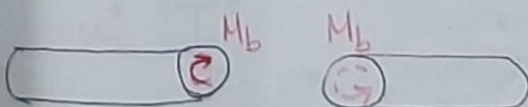
En kesit düzlemi içerisinde çubuğu eğilmeye zorlayan kuvvet çiftlerine eğilme momenti denir.



d) Burulma momenti:



+ Burulma momenti



- Burulma Momenti

Gerilme: Bir cisme etki eden kuvvetin, etki alanına bölünmüştür. $\text{Gerilme} = \frac{\text{Kuvvet}}{\text{Alan}}$

→ Kuvvet etki ettiği bir düzlemle açı yaptığı zaman, bileşenlerine ayrılarak düzleme: dik ve paralel hale sokulur.

Normal gerilme: Kuvvetin yüzeye dik olması halinde gerilmedir.

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad \text{ile gösterilir}$$

yüzeye dik

P: Etki eden kuvvet (N)

A: Kuvvete dik kesit alanı (cm², m²)

σ : Normal gerilme (N/m², N/cm²)

$$1 \text{ Pas cal} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Kayma gerilmesi: Kuvvetin yüzeye paralel olması halinde doğan gerilmedir ve

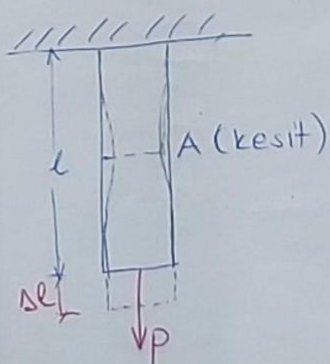
$$\tau = \frac{Q}{A} \quad \text{ile gösterilir}$$

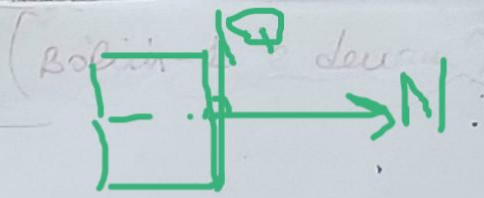
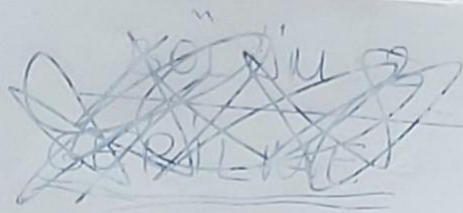
Q: Kesit yüzeyine paralel olarak etki eden kuvvet (N)

A: Kesit alanı (cm², m²)

τ : Kayma gerilmesi (N/cm², N/m²)

Basit çekme deneyi: Şekildeki bir ucunda P yükünü taşıyan l boyunda prizmatik bir çubuk görülmektedir. Yükin tesiri ile çubukta bir miktar uzama olur. Yükin kaldırılması ile de çubuğun uzaması ortadan kalkar, veya azalır.





(8)

Gerilme: Bir cisme etki eden kuvvetin, etki alanına bölümüdür. $\text{Gerilme} = \frac{\text{Kuvvet}}{\text{Alan}}$

→ Kuvvet etki ettiği bir düzlemle açı yaptığı zaman, bileşenlerine ayrılarak düzleme: dik ve paralel hale sokulur.

Normal gerilme: Kuvvetin yüzeye dik olması halinde gerilmedir.

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

ile gösterilir.

yüzeye dik

P: Etki eden kuvvet (N)

A: Kuvvete dik kesit alanı (cm², m²)

σ : Normal gerilme (N/m², N/cm²)

$$1 \text{ Pas cal} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$



Kayma gerilmesi: Kuvvetin yüzeye paralel olması halinde doğan gerilmedir ve.

$$\tau = \frac{Q}{A}$$

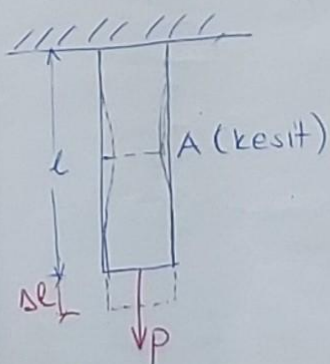
ile gösterilir.

Q: Kesit yüzeyine paralel olarak etki eden kuvvet (N).

A: Kesit alanı (cm², m²)

τ : Kayma gerilmesi (N/cm², N/m²)

Basit çekme deneyi: Şekildeki bir ucunda P yükünü taşıyan l boyunda prizmatik bir çubuk görülmektedir. Yükin tesiri ile çubukta bir miktar uzama olur. Yükin kaldırılması ile de çubuğun uzaması ortadan kalkar, veya azalır.



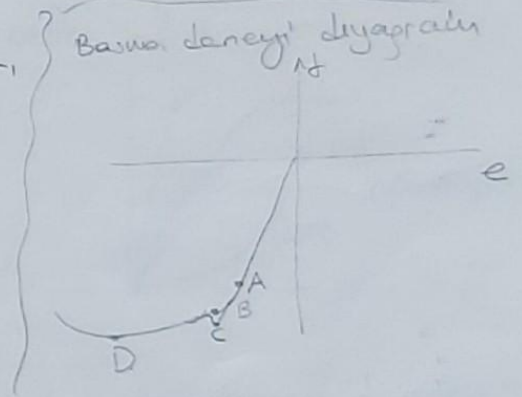
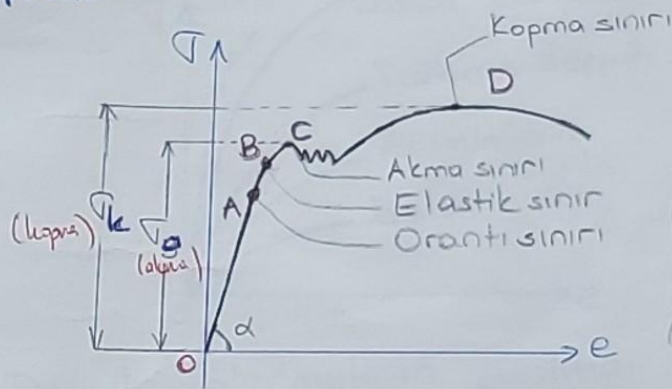
Δl : Çubuktaki toplam uzama miktarı ise,

$$e = \frac{\Delta l}{l}$$

$e \cdot E$

oranın "birim uzama" veya "birim şekil değiştirme" denir ve " e " ile gösterilir.

İnsaat çeliğinden alınan bir numune çekme deneyi uygulanırsa, σ gerilmeleri ve e birim uzama oranları elde edilir. Elde edilen sıatlı değerler ile "şekil değiştirme diyagramı" ~~elde edilir~~ çizilir.



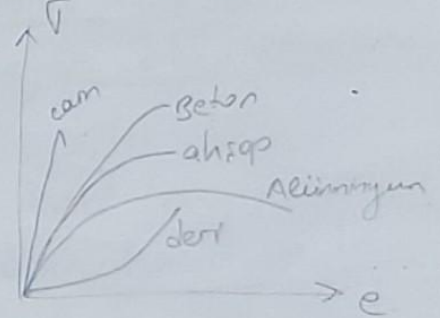
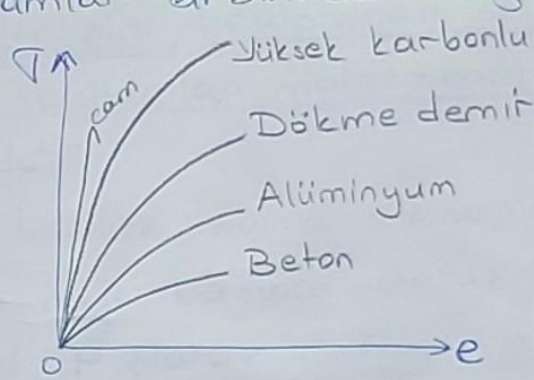
Şekil-Değiştirme Diyagramı

Gerilme - Şekil değiştirme diyagramı incelendiğinde, OA kısmının bir doğru olduğu görülür. Malzeme A noktasına kadar yükle orantılı olarak uzar. Bu noktaya "orantı sınırı" denir. B noktasında uygulanan kuvvet kaldırılırsa malzeme eski haline döner. Yani OB arasında elastik uzama vardır. Bu bakımdan B noktası "elastik sınır" olarak adlandırılır. B noktasından sonra gerilme sıfıra indirildiğinde cisim eski durumuna gelemez ve bir miktar uzama kalır. Bu tip bir şekil değiştirmeye "elasto-plastik şekil değiştirme" denir.

Çekme gerilmesi elastik sınırdan itibaren daha da artmakta devam ederse, çekme deneyini yapan aletin ufak bir sarsıntı geçirdiği ve (σ, e) eğrisinde bir miktar iniş çıkışlar olduğu ve eğrinin yaklaşık (e) eksenine paralel gittiği görülür. Bu durumun başladığı C noktasındaki gerilme değerine "akma sınırı" denir ve σ_y ile gösterilir.

Gerilme arttırılmasına devam edilirse çubuk **D** noktasında kopar. Bu noktadaki gerilmeye "kopma sınırı" adı verilir ve σ_w ile gösterilir.

Basit basınç deneyi neticesinde, yukarıda adı geçen in-saat çeligi gibi "sünek malzeme" de gerilme - şekil değiştirme diyagramları çekme halinin tersidir. Ancak font, beton gibi "gevrek malzeme" de ise çekme ve basınçtaki diyagramlar birbirinden değişiktirler.



Değişik malzemelerin gerilme - şekil değiştirme diyagramı

Emniyet katsayısı ve emniyet gerilmesi:

Çekme veya basınçta maruz elemanlarda, kuvvet etkisi altında meydana gelen $\sigma = \frac{P}{A}$ gerilmesi, kopma sınırı σ_{kop} dan küçük olmalıdır ki eleman bu kuvveti taşıyabilsin.

$$\sigma = \frac{P}{A} < \sigma_k: \text{Kopma sınırı}$$

Kuvvet taşıyan sistemlerin hesabında kullanılan metodların yaklaşık metodlar olması, malzemede imalat bozuklukları, ısıtılık ve montaj hataları, vs. gibi sebeplerle elemandaki maksimum gerilme σ_{max} ın, akma veya kopma sınırının birden büyük bir (n) katsayısına bölünmesi ile elde edilecek σ_w gerilmesini geçmemesi istenir. Burada;

n : emniyet katsayısı $(n > 1)$

σ_w : emniyet gerilmesidir.

$$\sigma_{max} > \frac{\sigma_g \text{ veya } \sigma_k}{n} < \sigma_{emn.}$$

11

Sünek malzemede σ_g akma sınırı, gevrek malzeme-
de ise σ_k kopma sınırı emniyet katsayısına bölünür ve
kısaca,

$$\text{Sünek malzemede: } \sigma_{em} = \frac{\sigma_g}{n}$$

$$\text{Gevrek malzemede: } \sigma_{em} = \frac{\sigma_k}{n}$$

alınır. Emniyet katsayısının değeri, elemana tesir eden kuv-
vetlerin niteliğine, hesaplanan gerilmelerin kesinlik dere-
cesine ve kullanılan malzemenin homojen olup olmama-
sına bağlıdır.

Çekme ve basınca maruz elemanlarda kesit tayini:

Çekme veya basınca maruz elemanın kesitine tesir
eden kuvvet P olarak verilmiş ve malzemenin cinside
biliniyor ise bu kuvveti emniyetle taşımak için gerekli
minimum A kesiti:

$$\frac{P}{A_{\min}} = \sigma_{em} \Rightarrow A_{\min} = \frac{P}{\sigma_{em}}$$

formülü ile hesaplanır. Burada σ_{em} , kullanılan malzemenin
emniyet gerilmesidir. Emniyetle taşıyabileceği P ise;

$$P_{\max} = \sigma_{em} \cdot A_{\min} \text{ dir.}$$

HOOKE KANUNU:

Gerilme-sekil değiştirme diyagramının doğru olan kısmına
bakılırsa bu doğrunun eğmi:

$$\tan \alpha = \frac{\sigma}{\epsilon} = E$$

dir. Burada;

E : Elâstisite Modülü veya Young Modülü'dür.

Bu bağıntı genellikle;

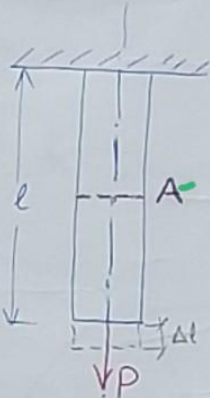
$$\sigma = E \epsilon \quad (1)$$

şeklinde yazılır ve "HOOKE KANUNU" olarak tanımlanır. Burada;

ϵ : birim uzama oranı olup boyutsuzdur.

σ : N/cm^2

E : N/cm^2 boyutunda olur.



Çubuğun Δl uzamasını bulmak için:

$$\epsilon = \frac{\sigma}{E} \quad \text{ve} \quad \sigma = \frac{P}{A} \quad \text{idi.} \Rightarrow \epsilon = \frac{P/A}{E} \quad (1)$$

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l} \quad (2)$$

$$(1) \text{ ve } (2) \text{ den } \frac{P/A}{E} = \frac{\Delta l}{l} \Rightarrow$$

$$\Delta l = \frac{P \cdot l}{AE}$$

Çubuğun tüm boyunda meydana gelen uzama (2)

Hooke Kanununun geçerli olması için:



1) P kuvveti eksenel olmalıdır. ✓

2) Çubuğun malzemesi homojen olmalıdır. ✓

3) Gerilme oranı sınırını geçmemelidir.



Poisson sayısı; ν : ✓

Bir çubuk basınca çalışıyorsa $\left\{ \begin{array}{l} \text{boyuna deformasyon } (-) \\ \text{enine def. } (+) \end{array} \right.$

Bir çubuk çekmeye çalışıyorsa $\left\{ \begin{array}{l} \text{boyuna def. } (+) \\ \text{enine def. } (-) \end{array} \right.$

$$\text{Poisson sayısı} = \nu = \frac{\text{Enine def.}}{\text{Boyuna def.}}$$

genellikle ondalıklı sayıdır.

$$\nu < 1$$