

T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI



MEGEP

(MESLEKÎ EĞİTİM VE ÖĞRETİM SİSTEMİNİN
GÜÇLENDİRİLMESİ PROJESİ)

İNŞAAT TEKNOLOJİSİ

STATİK HESAPLAR 1

ANKARA 2007

Milli Eğitim Bakanlığı tarafından geliştirilen modüller;

- Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığının 02.06.2006 tarih ve 269 sayılı Kararı ile onaylanan, Mesleki ve Teknik Eğitim Okul ve Kurumlarında kademeli olarak yaygınlaştırılan 42 alan ve 192 dala ait çerçeve öğretim programlarında amaçlanan mesleki yeterlikleri kazandırmaya yönelik geliştirilmiş öğretim materyalleridir (Ders Notlarıdır).
- Modüller, bireylere mesleki yeterlik kazandırmak ve bireysel öğrenmeye rehberlik etmek amacıyla öğrenme materyali olarak hazırlanmış, denenmek ve geliştirilmek üzere Mesleki ve Teknik Eğitim Okul ve Kurumlarında uygulanmaya başlanmıştır.
- Modüller teknolojik gelişmelere paralel olarak, amaçlanan yeterliği kazandırmak koşulu ile eğitim öğretim sırasında geliştirilebilir ve yapılan değişiklikler Bakanlıkta ilgili birime bildirilir.
- Örgün ve yaygın eğitim kurumları, işletmeler ve kendi kendine mesleki yeterlik kazanmak isteyen bireyler modüllere internet üzerinden ulaşılabilirler.
- Basılmış modüller, eğitim kurumlarında öğrencilere ücretsiz olarak dağıtılır.

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR	ii
GİRİŞ	1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1.....	3
1. MUKAVEMET (DAYANIM).....	3
1.1. Dış ve İç Kuvvetler	3
1.1.1. Dış Kuvvetler.....	3
1.1.2. İç Kuvvetler	3
1.2. Gerilme	3
1.2.1. Normal Gerilmeler	3
1.2.2. Kesme (Kayma) Gerilmesi	4
1.3. Mukavemet (Dayanım).....	4
1.4. Mukavemet Hesabı Uygulamaları.....	4
1.4.1. Basınç Dayanımı	4
1.4.2. Çekme Dayanımı	7
1.4.3. Kesme Dayanımı.....	10
1.4.4. Eğilme Dayanımı	11
1.4.5. Burulma Dayanımı.....	12
1.4.6. Burkulma Dayanımı	13
1.4.7. Birleşik Dayanım	13
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	15
ÖĞRENME FAALİYETİ-2.....	17
2. MOMENT HESAPLARI	17
2.1. Mekanik.....	17
2.1.1. Mekanğin Tanımı	17
2.1.2. Mekanğin Bölümleri	17
2.1.3. Mekanğin Birim Sistemleri	17
2.2. Kuvvet	18
2.2.1. Kuvvetin Tanımı	18
2.3. Kuvvetin Etkisi	18
2.4. Kuvvetin Temel İlkeleri	20
2.5. Kuvvetlerin Birleştirilmesi	21
2.5.1. Bileşke ve Bileşen Kuvvetlerin Şiddetlerinin Bulunması.....	21
2.6. Moment	29
2.6.1. Momentin Tanımı	29
2.6.2. Momentin İşaretinin Belirlenmesi.....	31
2.7. Moment Hesabı Uygulamaları	31
CEVAP ANAHTARI.....	37
MODÜL DEĞERLENDİRME.....	44
CEVAP ANAHTARLARI	45
KAYNAKÇA	46

AÇIKLAMALAR

KOD	460MI0007
ALAN	İnşaat Teknolojisi
DAL/MESLEK	Alan Ortak
MODÜLÜN ADI	Statik Hesaplar 1
MODÜLÜN TANIMI	Momentin ve mukavemetin tanımını, çeşitlerini, birimlerini ve hesap uygulamalarını kapsayan öğrenme materyalidir.
SÜRE	40/32
ÖN KOŞUL	Geometrik Hesaplar modülünü başarmış olmak.
YETERLİK	Mukavemet ve moment hesapları yapabilmek.
MODÜLÜN AMACI	Genel Amaç Gerekli ortam sağlandığında, doğru olarak mukavemet ve moment hesaplarını kuralına uygun olarak yapabileceksiniz. Amaçlar Ø Gerekli ortam sağlandığında mukavemeti tanımlayarak mukavemet hesabını yapabileceksiniz. Ø Gerekli ortam sağlandığında momenti tanımlayarak moment hesaplarını yapabileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	Defter, kalem, gönye, hesap makinesi
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Bu modüldeki her faaliyet sonrasında verilen, ölçme araçları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek kendi kendinizi değerlendirebileceksiniz. Modül sonunda öğretmeniniz tarafından hazırlanan ölçme aracı ile kazandığınız bilgi ve beceriler ölçülerek değerlendirilecektir.

GİRİŞ

Sevgili Öğrenci,

Teknolojinin hızla gelişmesiyle birlikte kullanılan malzemelerden en fazla verimin alınması, en ekonomik malzemeyle dayanımı en yüksek ürün ortaya çıkarmak zorunlu olmuştur.

İnsanların barınma, dinlenme, eğlenme, sosyal faaliyetler gibi ihtiyaçlarını karşılayan inşaat sektöründe kullanılacak malzemelerin seçimi yukarıda bahsettiğimiz kriterlere uymak zorundadır.

Öyleyse kullanılacak malzemelerin dış yükler altında göstereceği etkileri hesaplayarak sağlam, dayanıklı ve ekonomik ürünü elde etmemiz kaçınılmazdır. Bu aşamada, taşıyıcı elemanlara (kolon, kiriş, döşeme, temel gibi) gelen yüklerin hesabı, taşıyıcı elemanların boyutlandırılması, malzemelerin yük altındaki davranışları önem kazanmaktadır.

Biz bu modülde yukarıda bahsettiğimiz konular hakkında bilgi edineceğiz. Örneklerin genel olarak görsel olması modülle iyi, hızlı ve kalıcı bilgiye ulaşmayı kolaylaştıracaktır.



ÖĞRENME FAALİYETİ-1

AMAÇ

Bu öğretim faaliyeti sonunda; mukavemeti tanımlayarak mukavemet hesabını yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Ø Cisimlerin üzerine etki eden kuvvetleri (kopma, kesme, kırılma, burulma vs.) araştırınız. Bu kuvvetlerin etkisi nasıl dengelendirilebilir öğrenip arkadaşlarınızla tartışınız.

1. MUKAVEMET (DAYANIM)

1.1. Dış ve İç Kuvvetler

1.1.1. Dış Kuvvetler

Katı cisimlerin üzerine etki eden kuvvetler, katı cisimleri çekmeye, ezmeye, kaydırmaya, kesmeye, koparmaya vb'.ye çalışır. Uygulanan kuvvetler sonucu cisimde bazı şekil değişiklikleri olur. İşte cisimlere etki eden bu kuvvetlere **dış kuvvetler** denir.

1.1.2. İç Kuvvetler

Katı cisimlere etki eden dış kuvvetler, bu cisimleri şekil değiştirmeye zorlar. Cisimlerin moleküler yapıları da, uygulanan kuvvete tepki göstererek cismin şekil değiştirmesini önlemeye çalışır. Moleküllerin dış kuvvetlere karşı gösterdiği bu tepkiye **iç kuvvetler** denir.

1.2. Gerilme

İç kuvvetlerin birim alanına düşen miktarına da **gerilme** denir. Birimi kg/m, kg/cm ve kg/mm' dir.

Gerilmeler iki şekilde ifade edilir.

1.2.1. Normal Gerilmeler

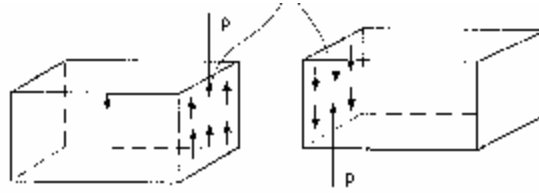
Eğer uygulanan dış kuvvetler, iç kuvvetleri kesit yüzeye dik tesir ettirirse meydana gelen gerilmeye **normal gerilme** denir. Normal gerilme; çekme, basınç ve eğilmede meydana gelir.

Normal gerilme, s (sigma) harfi ile gösterilir. Normal gerilmenin birimi kg/cm^2 alınır.

1.2.2. Kesme (Kayma) Gerilmesi

Eğer uygulanan kuvvet, aynı kesitte bulunan molekülleri birbiri üzerinden kaydırmaya çalışırsa, bu gerilmeye **kesme gerilmesi** denir (Şekil 1.1).

Kesme gerilmesi, t (To) harfi ile gösterilir. Kesme gerilmesinin birimi kg/cm^2 dir.



Şekil 1.1: Kayma gerilmeleri

1.3. Mukavemet (Dayanım)

Cisimleri kuvvet sistemleri (dış kuvvetler) etkilediğinde, cisimlerde iç kuvvetler meydana gelir. Bazı katı cisimler, büyük dış kuvvetlerin uygulanması sonucu şekil değişimine uğrar.

Cisimlerin, yapısındaki moleküller dış kuvvetlere karşı tepki gösterir ve ayrılmamaya, ezilmemeye, birbiri üzerinde kaymamaya çalışır. İşte bu tepki kuvvetlerine iç kuvvetler, birim alana düşen iç kuvvete de gerilme adı verilir.

Cisme uygulanan kuvvet; cisimde uzama, kısalma, ezilme gibi şekil değişimleri meydana getirir. Mukavemet (dayanım), çubuk kesitlerinde meydana gelen iç kuvvetlerin dağılımlarından ve dış kuvvetlerin cisimlerde oluşturduğu şekil değişimlerinden bahseder.

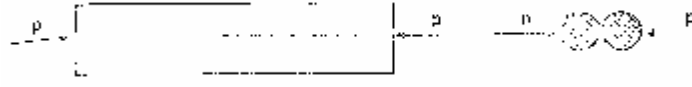
Mukavemet, cisimlere uygulanan kuvvetlere karşı cisimlerin kesitlerini, gerilmelerini, şekil değişim miktarlarını bulmak ve aynı zamanda çubukların kuvvetler karşısında güvenli dayanım miktarlarını hesaplamaktır.

1.4. Mukavemet Hesabı Uygulamaları

1.4.1. Basınç Dayanımı

Çubuk eksenine paralel kuvvetler, birbirlerine yaklaşacak şekilde, çubuğu iki ucundan basmaya çalışırsa, çubuğun boyunda bir kısalma meydana gelir. Meydana gelen gerilmeye, basınç gerilmesi denir ve σ (sigma) harfi ile gösterilir (Şekil 1.2).

Çubuk eksenî boyunca kuvvetler, birbirine yaklaşmaya çalışır. Çubuğun boyu kısalır.



Şekil 1.2

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

$$\text{Basıas Gerilmesi} = \frac{\text{Uygulanan Kuvvet}}{\text{Kesit Alanı}}$$

Ø Çeřitli Kesitlere Göre Basıncı Dayanımı Hesapları

rnek 1:

Kare kesitli olan bir kolonun bir kenarının uzunluğu 30 cm' dir. Kolona gelen yük 30 ton olduğuına göre, kolona gelen gerilmeyi bulunuz.

zm:

P = 30 ton = 30.000 kg' dır.

Kolon kare kesitli ise ve bir kenarı 30 cm ise,
a = 30 cm

Kolonun kesit alanı:

$$A = a \times a$$

$$A = 30 \times 30 = 900 \text{ cm}^2$$

Meydana gelen gerilme (σ)

$$P = \text{Yük (kg)}$$

$$A = \text{Kesit Alanı (cm}^2\text{)}$$

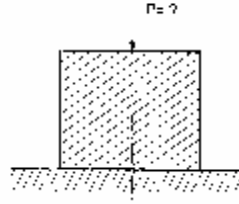
$$sb = \frac{P}{A} = \frac{30000}{900} = 33,3 \text{ kg / cm}^2 \text{ olarak bulunur.}$$

rnek 2:

Şekil 1.3'te daire kesitli dökme demirin çapı 10 cm' dir. Basıncı gerilmesi 600 kg/cm² verildiğine göre;

a) Çubuğun kesit alanını,

b) Çubuğa etki eden kuvveti bulunuz.



Şekil 1.3

Çözüm:

Dairenin alanı: $A = \frac{p \cdot d^2}{4}$;

$$a) A = \frac{pd^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 10^2}{4} = \frac{314}{4} = 78,5 \text{ cm}^2$$

$$b) s = \frac{P}{A} \rightarrow \text{Gerilme} = \frac{\text{Kuvvet veya yük (kg)}}{\text{Kesit Alanı (cm}^2\text{)}} = \text{kg / cm}^2$$

$$600 = \frac{P}{78,5}$$

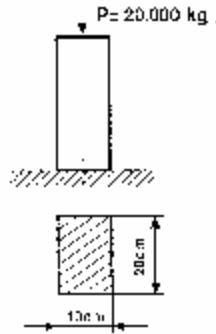
$$P = s \cdot A$$

$$P = 600 \cdot 78,5$$

$$P = 47.000 \text{ kg} \quad \text{bulunur.}$$

Örnek 3:

Şekil 1.4'teki kolona etki eden kuvvet $P = 20.000 \text{ kg}$ 'dır. Kesit ölçüleri verildiğine göre basınç gerilmesini bulunuz.



Şekil 1.4

Çözüm:

Dikdörtgen kesitli olduğundan;

$$A = a \times b$$

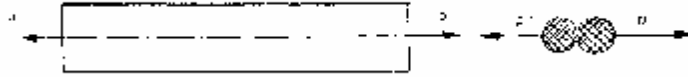
$$A = 10 \times 20 = 200 \text{ cm}^2$$

$$s = \frac{P}{A} = \frac{20000}{200} = \frac{kg}{cm^2}$$

$$s = 100 \text{ kg/cm}^2 \text{ bulunur.}$$

1.4.2. Çekme Dayanımı

Çubuk uçlarına bağlanan kuvvetler birbirinden uzaklaşmaya çalıştığında çubuk çekilir. Çubuğun boyu uzar. Moleküller birbirinden uzaklaşmaya zorlanır. Çekme sonucu çubuğun boyu uzar, zorlanmalar meydana gelir. Bu zorlanmaların çubuğun kesitindeki birim alana düşen miktarına çekme gerilmesi denir (Şekil 1.5).



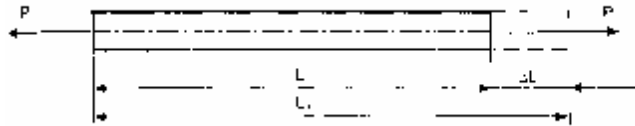
Şekil 1.5

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

$$\text{Çekme Gerilmesi} = \frac{\text{Uygulanan Kuvvet}}{\text{Kesit Alanı}}$$

Ø Hooke (Huk) Kanunu

Bir çubuğa uygulanan kuvvet, çubuğu elastikiyet sınırına kadar zorladığında, çubuk uygulanan kuvvet ile kesit alanına bağlı olarak bir miktar uzar, uygulanan kuvvet kaldırıldığında çubuk tekrar eski boyunu alır.



Şekil 1.6

Yukarıdaki şekil 1.6' da görülen çubuğa uygulanan kuvvetler, çubuğu ΔL kadar uzatır. Çubuğun uzaması, (d) sembolü ile gösterilir.

d = Uzama miktarı (%)
 a = Uzama kat sayısıdır, cisimlerin gerilmesinin 1 kg/cm² olduğu anda çubukta meydana gelen uzama miktarıdır.

a değeri çok küçüktür, bunun yerine **elastikiyet modülü** (E) kullanılır.

$$d = a . s$$

Ø Elastikiyet Modülü

$$\Delta L = \frac{P.L}{E.A} \text{ cm}$$

P = Çubuğa uygulanan kuvvet (kg)

L = Çubuğun boyu (cm)

E = Elastikiyet modülü (kg/cm²)

A = Çubuğun kesit alanı (cm²)

ΔL = Çubukta meydana gelen uzama miktarı (cm)

Örnek 4:

Bir kenarı 2 cm olan kare kesitli bir çubuk ekseni boyunca 2000 kg'lık kuvvetle çekiliyor. Elastikiyet modülü $E = 2.10^6$ kg/cm², çubuğun uzama miktarı 0,6 cm olduğuna göre çubuğun ilk boyunu bulunuz.

Çözüm:

Kesit alanı kare olduğundan

$$A = a \times a$$

$$A = 2 \times 2 = 4 \text{ cm}^2$$

Çubuğun ilk boyu

$$\Delta L = \frac{P.L}{E.A} \text{ formülü ile bulunur.}$$

$$0,6 = \frac{2000.L}{4.2.10^6} \quad \text{Buradan}$$

$$2000 L = 0,6 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 10^6$$

$$2000L = 4,8 \cdot 10^6$$

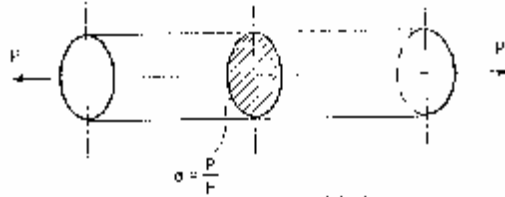
$$L = 2400 \text{ cm}$$

Ø Emniyet Gerilmesi

Cisimlere yüklenen kuvvetler, cisimleri şekil değişimine zorlar. Uygulanan kuvvetler, cismin meydana getirebileceği en fazla tepkiden ne kadar düşük değerde olursa, o cisim kullanım yerinde ve alanında o kadar güvenli kullanılır.

Bir başka deyişle cisimlerin kesitinin birim alanına düşen tepkiye gerilme de demiştik. Cismin kesitinin birim alanına düşen kuvvet, cismin birim alanının taşıyabileceği en fazla tepkiden ne kadar az olursa cisim o kadar dayanıklıdır.

$$s_{em} = \frac{S_{maks.}}{Em. Kat Sayısı} = \text{kg/cm}^2$$



Şekil 1.7

Örnek 5:

Kopma gerilmesi 5000 kg/cm^2 olan malzemeden 5 emniyetle yapılan bir makine parçasındaki ortalama emniyet gerilimi ne kadardır? (Şekil 1.7)

Çözüm:

$$s_{em} = \frac{S_{maks.}}{Emniyet Kat Sayısı} = \frac{5000}{5} = 1000 \text{ kg/cm}^2$$

Sonuç: Emniyet Gerilmesi $\sigma_{em} = 1000 \text{ kg/cm}^2$ dir.

Maksimum gerilme, cisimlerin kesitlerinin taşıyabileceği en büyük gerilmedir ve kopma gerilmesi adını da alır.

Emniyet gerilmesi, cismin en fazla dayanabildiği gerilmenin emniyet kat sayısına bölünmesi ile bulunur.

$$t_{em} = \frac{t_{maks.}}{Emniyet Kat Sayısı}$$

$$s_{em} = \frac{S_{maks.}}{Emniyet Kat Sayısı}$$

Örnek 6:

Emniyet kat sayısı 4 olan dökme demir çubuğun emniyet gerilmesi 1200 kg/cm² dir. Bu dökme demirin kopma gerilmesi ne kadardır?

Çözüm:

$$s_{em} = \frac{s_{maks.}}{\text{Emniyet Kat Sayisi}}$$

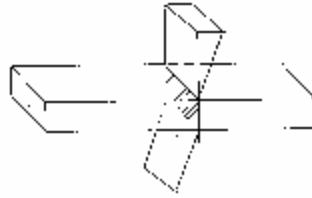
$$1200 = \frac{s_{maks}}{4} \text{ ise,}$$

$$s_{maks} = 1200 \cdot 4 = 4800 \text{ kg / cm}^2 \text{ dökme demirin kopma gerilmesi bulunur.}$$

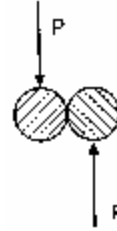
1.4.3. Kesme Dayanımı

Kesit düzlemine dik olarak inen kuvvetler, kesit düzlemini ikiye ayırmaya çalışırsa cisim kesilmeye zorlanmış olur.

Cisme uygulanan kuvvetler kadar cisim tepki gösterir, kesilmemeye çalışır. Uygulanan kuvvetler cismin tepki kuvvetlerinden fazla olursa cisim kesilir (Şekil 1.8-1.9).



Şekil 1.8



Şekil 1.9

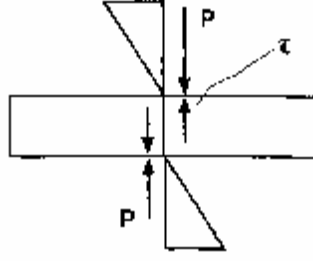
Ø Kesme Gerilmesi

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

$$t = \text{Kesme gerilmesi (kg/cm}^2 \text{)}$$

$$P = \text{Uygulanan kuvvet (kg)}$$

$$A = \text{Kesit alanı (cm}^2 \text{)}$$



Şekil 1.10

$P = t \cdot A$ formülünde cisme uygulanan kesme kuvveti cismin tepki kuvvetine eşit olduğundan cisim kesilmez. Cismin kesilmesi için $P > t \cdot A$ olması gerekir.

Cismin kesilmeden güvenle kullanılabilmesi için cismin şekline göre bir kat sayı (c) kullanılır. Bu kat sayılar tablo 1.1’de verilmiştir.

Kesit Şekli	Kat Sayı (c)
Dikdörtgen	0,75
Daire	$\frac{2}{5}$
İçi boş daire	0,5

Tablo 1.1: Cismin şekline göre c kat sayıları

Bu durumda uygulanması gereken kuvvet, kesme kuvvetinin altında olur.

$$P = c \cdot t \cdot A$$

P = Cisme uygulanan kuvvet (kg)

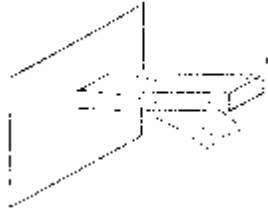
c = Katsayı

t = Gerilme (kg/cm²)

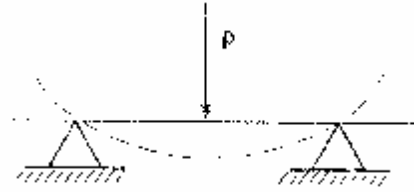
A = Kesit alanı (cm²)

1.4.4. Eğilme Dayanımı

Çubuk eksenlerine dik olarak yüklenen veya etki eden kuvvetler, çubukları eğmeye çalışır (Şekil 1.11-1.12).

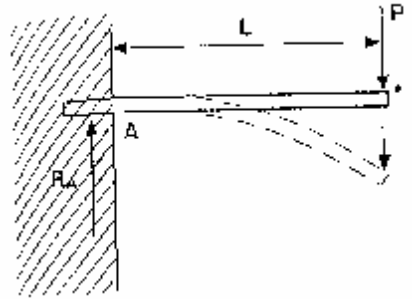


Şekil 1.11

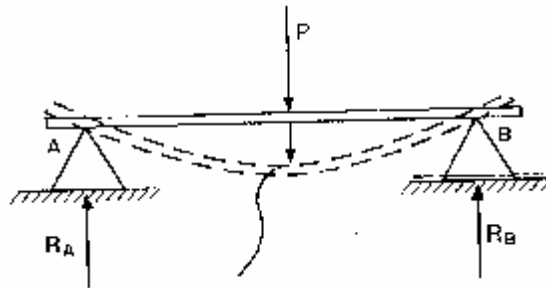


Şekil 1.12

Cisimlerin boy eksenine kuvvetler dik olarak indirilirse ve cisimlerin bir iki ya da daha çok noktalarında mesnet (taşıyıcı kolon vs.) var ise kuvvetlerin etkisi ile cisimde eğilmeler görülür. Uygulanan kuvvet gereğinden fazla olursa cisim kırılır (Şekil 1.13-1.14).



Şekil 1.13



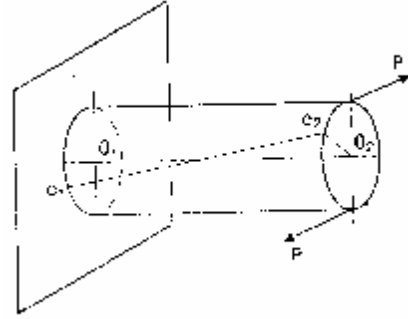
Şekil 1.14

Eğilme cismin yalnız bir noktasında meydana gelmez. Cismin her yerinde eğilme görülür. Mesnetlere yaklaştıkça eğilme miktarı azalır, mesnetlerden uzaklaştıkça eğilme miktarı artar.

Mesnetlere bindirilen kuvvet kadar mesnetler tepki gösterir. Mesnet tepkisi, uygulanan kuvvetin mesnete uzaklığına bağlıdır.

1.4.5. Burulma Dayanımı

Demir çubuk bir ucundan sabitlenir ve şekil 1.15'teki gibi kuvvetler uygulanırsa, burulmaya zorlanır.



Şekil 1.15

1.4.6. Burkulma Dayanımı

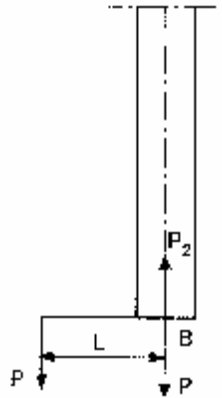
Kesiti az, boyu uzun narin çubuklar, kuvvetlerin etkisi altında yanal şekil değiştirmeye zorlanır (Şekil 16).



Şekil 1.16

1.4.7. Birleşik Dayanım

Bir çubuğa uygulanan kuvvet, çubuğu tek yönlü zorlarken gerek çubuğun kendi ağırlığı, gerekse uygulanan kuvvet çubukta en az iki gerilmeye sebep olur.



Şekil 1.17

DEĞERLENDİRME ÖLÇEĞİ

Aşağıda hazırlanan değerlendirme ölçeğine göre kendinizin ya da arkadaşınızın yaptığı çalışmayı değerlendiriniz. Gerçekleşme düzeyine göre evet/hayır seçeneklerinden uygun olanı işaretleyiniz.

Soru: Kolona gelen yük miktarının hesaplanması

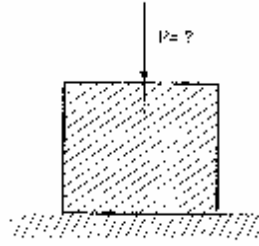
PERFORMANS TESTİ

Dersin adı	Meslek Hesapları	Öğrencinin	
Amaç	Mukavemet hesaplarını yapmak	Adı soyadı	
Konu	Mukavemet Hesapları	Sınıf NU	
DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ		Evet	Hayır
1	Verilen değerleri alt alta yazdınız mı? (Çözüm 1' deki gibi)		
2	Gerekli ölçü birim çevirilerini yaptınız mı?		
3	Kesit alanını hesapladınız mı?		
4	Gerekli formülü yazdınız mı?		
5	Bilinen değerleri formülde yerine koydunuz mu?		
6	Matematiksel işlemleri doğru yaptınız mı?		
7	Bulduğunuz sonucu sizden istenilen birime çevirdiniz mi?		

Bu değerlendirme sonucunda eksik olduğunuzu tespit ettiğiniz konuları tekrar ederek eksiklerinizi tamamlayınız.

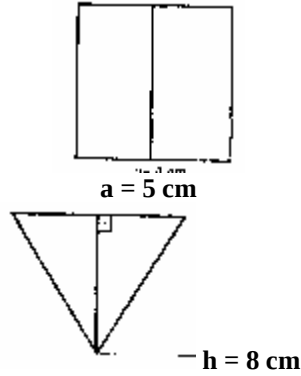
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

1. Kare kesitli bir kolonun bir kenarı 40 cm'dir. Kolondaki gerilme 50 kg/cm^2 olduğuna göre kolona gelen yük kaç ton'dur ?
A) 80 t B) 85 t C) 90 t D) 95 t
2. Şekildeki dairesel kesiti dökme demirin çapı 4 cm'dir. Çubuğa etki eden kuvvet 6280 kg verildiğine göre; basma gerilmesini bulunuz.



Şekil 1.18

- A) 400 kg/cm^2 B) 450 kg/cm^2 C) 500 kg/cm^2 D) 550 kg/cm^2
3. Bir kenarı 4 cm olan kare kesitli bir çubuk, eksenî boyunca 1000 kg'lık kuvvetle çekiliyor. Elastikiyet modülü $E = 2 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$, çubuğun uzama miktarı 0,3 cm olduğuna göre çubuğun ilk boyunu bulunuz.
A) 2200 cm B) 2400 cm C) 2600 cm D) 2800 cm
4. Şekil 1.19' da görülen üçgen kesitli çubukta $h = 8 \text{ cm}$, $a = 5 \text{ cm}$, meydana gelen basınç gerilmesi $\sigma = 200 \text{ kg/cm}^2$ 'dir. Çubuğa uygulanan kuvveti bulunuz.



Şekil 1.19

- A) 3000 kg B) 3250 kg C) 3500 kg D) 4000 kg

5. 5 m uzunluğunda ve 6 cm çapında bir çubuk, eksen boyuna 4000 kg'lık kuvvetle çekiliyor. Elastikiyet modülü $E = 2 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$ olduğuna göre çubuktaki uzama miktarı ne kaç cm' dir?
- A) 0,035 cm B) 0,040 cm C) 0,045 cm D) 0,050 cm

Aşağıdaki boşluklara doğru olan kelimeleri yerleştiriniz.

6. Cisimlerde şekil değişikliği oluşturan kuvvetleredenir.
- A) İç kuvvetler B) Dış Kuvvetler C) Moment D) Gerilme
7. Moleküllerin dış kuvvetlere karşı gösterdiği bu tepkiye.....denir.
- A) İç kuvvetler B) Dış kuvvetler C) Moment D) Gerilme
8. İç kuvvetlerin birim alanına düşen miktarına dadenir.
- A) İç kuvvetler B) Dış kuvvetler C) Moment D) Gerilme
9. Çubuk eksenine paralel kuvvetler, birbirlerine yaklaşacak şekilde, çubuğu iki uçlarından basmaya çalışırsa, çubuk boyunda bir meydana gelir.
- A) Kesilme B) Uzama C) Gerilme D) Kısalma
10. Cisme uygulanan kuvvetler kadar cisim tepki gösterir, çalışır.
- A) Kesilmemeye B) Kopmaya C) Uzamaya D) Burulmaya

PEKİŞTİRME SORULARI

1. 20408 kg'lık kuvvetle kopan daire kesitli bir çubuğun çapı 4 cm'dir. Kopma gerilmesi ne kadardır?
2. Kopma gerilmesi 4800 kg/cm^2 olan kare kesitli çubuğun 5 emniyetle, 1000 kg taşınması isteniyor. Kesit ölçülerini bulunuz.
3. 1,2 m boyunda ve 4 cm^2 kesitinde olan bir alaşımlı çubuk, eksen boyuna tatbik edilen 8000 kg'lık kuvvet tesiriyle 0,08 cm uzuyor. Bu alaşımlı çubuğun elastikiyet modülünü bulunuz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-2

AMAÇ

Bu öğretim faaliyeti sonunda; momenti tanımlayarak **moment hesaplarını** yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Ø Kuvvetin cisimler üzerindeki etkileri hakkında çevrenizde gördüğünüz örnekleri araştırınız. Bulduğunuz örnekleri sınıfta arkadaşlarınızla tartışınız.

2. MOMENT HESAPLARI

2.1. Mekanik

2.1.1. Mekaniğin Tanımı

Mekanik, kuvvetlerin etkisi altındaki cisimlerin hareket ve denge şartlarını anlatan, inceleyen fiziksel bir bilim dalıdır.

Mekanik, cisimlere etki eden kuvvet sistemlerini ve bu sistemlerin cisimde meydana getirdikleri, hareketleri, grafik ve hesap yöntemiyle inceleyen bir bilim dalı olarak da tanımlanabilir.

2.1.2. Mekaniğin Bölümleri

- Ø Katı cisimlerin mekaniği
Ø Gazların mekaniği
Ø Sıvıların mekaniği
- Statik: Dengede bulunan cisimleri,
 - Dinamik: Hareket halindeki cisimleri ifade eder.

2.1.3. Mekaniğin Birim Sistemleri

Büyüklik		c.g.s.		M.K.S.	
		Birim		Birim	
Adı	Sembolü	Adı	Sembolü	Adı	Sembolü
Uzunluk	l	Santimetre	cm	Metre	m
Kütle	m	Gram Saniye	g	Kilogram	kg sa
Zaman	t		sn.	Saat	

Tablo 2.1: Temel birim sistemleri

2.2. Kuvvet

2.2.1. Kuvvetin Tanımı

Bir cisim kendi kendine hareket edemez. Örneğin; bir ev eşyasını (Masa, dolap vs.) hareket ettirebilmek için bir etki gerekir. Bu etki, kuvvettir. Kuvvetin etkisi ile cisimde hız veya şekil değişimi görülebilir. Mekanik, hız değişimini; mukavemet ise şekil değişimini inceler.

Öyleyse kuvveti kısaca şöyle tanımlayabiliriz.

Bir cismi hareket ettiren veya hareketini değiştiren etkiye **kuvvet** denir (Resim 2.1 – 2.3).

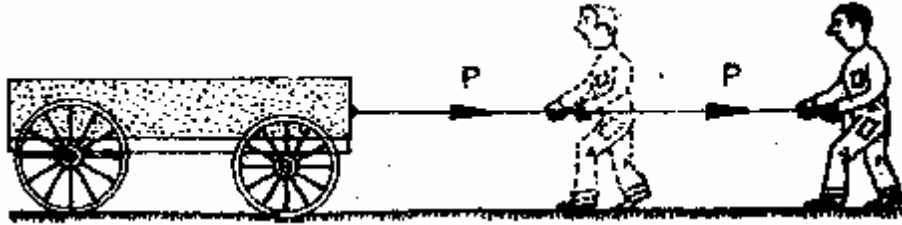
Kuvvet birimi, **kg** veya **ton**’ dur. MKS sisteminde (kg.)dır. Mekanikte kg’ın kat ve askatları kuvvet birimi olarak kullanılır.

2.3. Kuvvetin Etkisi

Kuvvetin iki şekilde etkisinden söz edebiliriz.

1.Duran bir cismi hareket ettirmek (Resim 2.1).

2.Hareket halindeki cismi durdurmak (Denge Durumu. Resim 2.3).



Resim 2.1

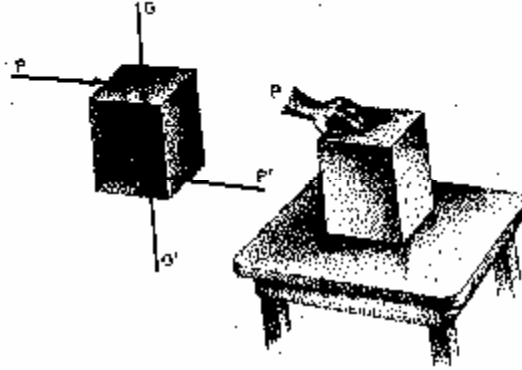
Örnek Olay:

Ø Resim 2.2’de masanın üzerindeki cisime P kuvveti uyguladığımızda cismin hareketi nasıl olur?

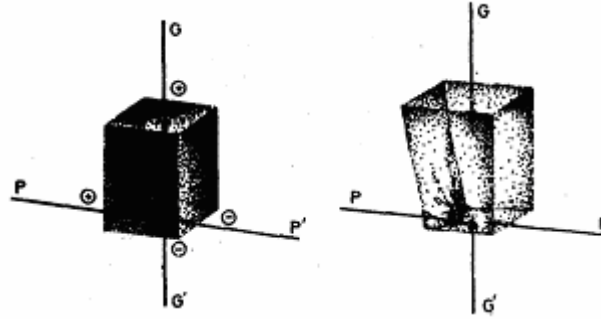
Cisim P itme kuvveti yönünde hareket eder ve P kuvveti arttığında sürtünmeye de bağlı olarak devrilmeye çalışır. P kuvveti tabana indirilirse, cismin devrilme olasılığı ortadan kalkar.

Ø Cisme, aynı doğrultuda, aynı şiddette ve ters yönde bir P kuvveti uyguladığımızda hareketi nasıl değişir?

Cisme, aynı doğrultuda, aynı şiddette ve ters yönde bir P’ kuvveti uyguladığımızda ise cismin hareketini durdurmuş oluruz. Yani cisim durur (denge durumu) (Şekil 2.1).



Resim 2.2



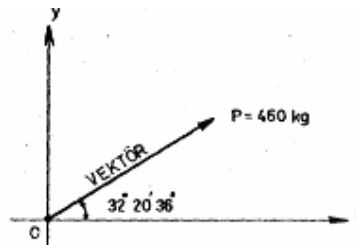
Şekil 2.1

Ø Cisim, yumuşak bir maddeden yapılmış ise, itme sırasında kuvvetin uygulandığı yerde ezilme (Mukavemet konusu) meydana gelebilir. Fakat, cismin şekli biraz değişmiş olsa da hareket devam eder (Resim 2.2).

O halde kuvvetin etkisi, kuvvetin; a- Şiddetine,
b- Doğrultusuna,
c- Yönüne,
d- Uygulama noktasına göre değişiklik gösterir ve tam olarak tanımlayabilmek için bu değerlerin bilinmesi gereklidir.

Kuvveti bir düzlem üzerinde düşünürsek;

Kuvvet ölçeği: 100 kg = 1cm



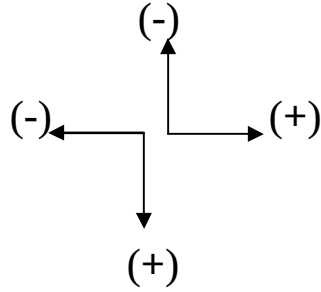
Şekil 2.2

- Ø Şiddetini ölçekli bir doğru parçası,
- Ø Doğrultusunu, koordinat eksenlerinden birisi ile yaptığı açı,
- Ø Yönünü, ok ucu,
- Ø Uygulama noktasını, koordinat eksenlerinin kesişme noktası olarak gösterebiliriz.

Kuvvetin, böyle bir doğru parçası ve ok ucu ile gösterilmesine **vektör** denir (Şekil 2.2).

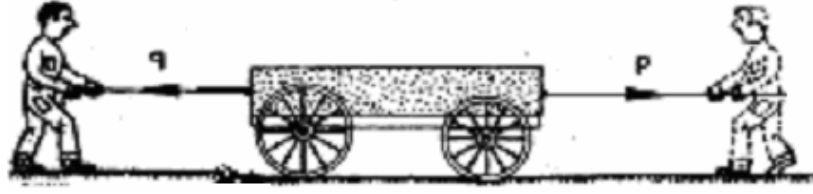
2.4. Kuvvetin Temel İlkeleri

- Ø Kuvvetin yönü ;
 - Soldan sağa artı (+),
 - Sağdan sola eksi (—),
 - Yukardan aşağıya artı (+),
 - Aşağıdan yukarıya eksi (—) olarak işaretlenir.



Şekil 2.3

- Ø Bir kuvvetin uygulama noktası, kendi doğrultusu üzerinde başka yerlere taşınabilir. Ancak kuvvetin tesiri değişmez. Yeter ki, yeni uygulama noktası eskisine bağlı kalsın.
- Ø Bir kuvvet sisteminde;
 - Eşit şiddette,
 - Aynı doğrultuda,
 - Fakat ters yönde iki kuvvet birbirini dengede tutar (Resim 2.3 - Şekil 2.1).



Resim 2.3

- Ø Bir kuvvet, cisme etki yapınca ;
- Cisim etki yapan kuvvete eşit,
 - Onunla aynı doğrultuda,
 - Fakat, ters yönde bir kuvvetle tepki gösterir (Etkiye Tepki Prensibi).

(Örnek olarak duvara atılan tekmenin ayağımızı acıtması olayı. Tekmenin etkisi arttıkça ayağımızdaki tepkinin derecesinin artması (yani acının da artması))

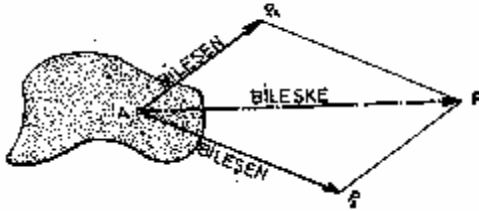


Kısaca; tepki etkiye eşit, fakat onunla ters yöndedir.

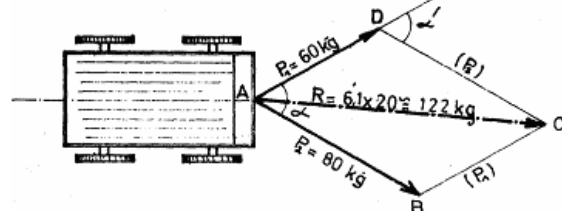
2.5. Kuvvetlerin Birleştirilmesi

Bir cismi birden fazla kuvvet etkilediğinde, onların yaptığı etkinin aynısını yapabilecek tek kuvvete **bileşke kuvvet** denir. R ile gösterilir.

Cisme etki yapan kuvvetlere, **bileşen kuvvet** adı verilir P ile gösterilir (Şekil 2.4-2.5).



Şekil 2.4



Şekil 2.5

2.5.1. Bileşke ve Bileşen Kuvvetlerin Şiddetlerinin Bulunması

- Ø Grafik yöntemi ile
- Ø Hesap yöntemi ile

2.5.1.1. Grafik Yöntemi

- Ø Aynı doğrultudaki kuvvetlerin bileşkesi:
- Doğrultuları ortak, yönleri aynı olan kuvvetler:

Doğrultuları ortak, yönleri aynı olan kuvvetlerin bileşkesi, bileşenlerin aritmetik toplamına eşittir. Bileşkenin yönü bileşenler yönündedir.(Şekil 2.6 -2.7)

Örnek 1:

$$P_1 = 150 \text{ kg}$$

$$\text{Kuvvet ölçeği: } 100 \text{ kg} = 1 \text{ cm}$$

$$P_2 = 200 \text{ kg}$$



Şekil 2.6

$$R = 100 \times 3,5 = 350 \text{ kg (Grafik Yöntemi ile)}$$

$$R = P_1 + P_2 = 150 + 200 = 350 \text{ kg (Hesap Yöntemi ile)}$$

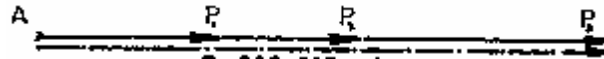
Örnek 2:

$$P_1 = 300 \text{ kg}$$

$$\text{Kuvvet ölçeği: } 200 \text{ kg} = 1 \text{ cm}$$

$$P_2 = 350 \text{ kg}$$

$$P_3 = 400 \text{ kg}$$



Şekil 2.7

$$R = 200 \times 5,25 = 1050 \text{ kg (Grafik Yöntemi ile)}$$

$$R = P_1 + P_2 + P_3 = 300 + 350 + 400 = 1050 \text{ kg (Hesap Yöntemi ile)}$$

- Doğrultuları ortak, yönleri ters olan kuvvetler:

Aynı doğrultuda ve ters yönde iki kuvvetin bileşkesinin şiddeti, bileşenlerin şiddetlerinin farkına eşittir. Bileşkenin yönü, **büyük kuvvet** yönündedir(Şekil 2.8 - 2.9).

Örnek 3:

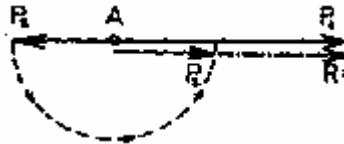
$$\text{Kuvvet ölçeği: } 100 \text{ kg} = 1 \text{ cm}$$

$$P_1 = 250 \text{ kg}$$

$$P_2 = 150 \text{ kg}$$

$$R = 100 \times 1 = 100 \text{ kg}$$

$$R = P_1 - P_2 = 250 - 150 = 100 \text{ kg}$$



Şekil 2.8

İkiden fazla bileşenin şiddeti, bileşenlerin cebirsel toplamına eşittir.

Örnek 4:

Kuvvet ölçeği: 100 kg = 1 cm

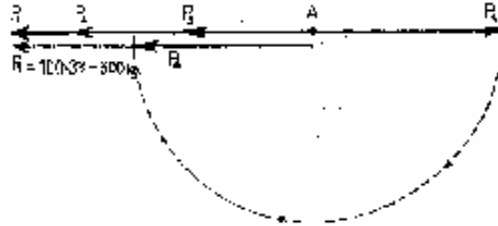
$$P_1 = 200 \text{ kg}$$

$$P_2 = 250 \text{ kg}$$

$$P_3 = 300 \text{ kg}$$

$$P_4 = 450 \text{ kg}$$

$$R = -P_1 - P_2 - P_3 + P_4 = -200 - 250 - 300 + 450 = -300 \text{ kg}$$



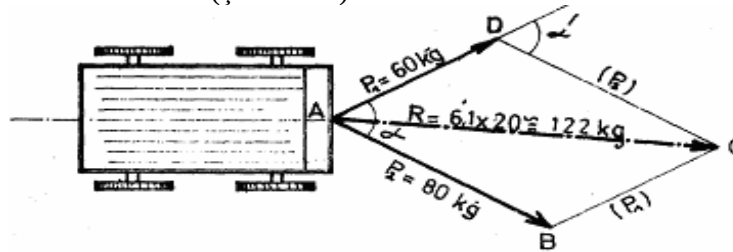
Şekil 2.9: Kesişen iki kuvvetin bileşkesi

Grafik olarak bileşkenin bulunması:

Kesişen iki kuvvetin bileşkesini bulmak için, kuvvetler paralel kenarı veya kuvvetler üçgeni yöntemlerinden faydalanılır.

Ø Kuvvetler paralel kenarı:

Bileşke; Kesişen iki kuvvetin uygulama noktasından ve bileşenler arasından geçer. P_1 kuvvetinin ucundan P_2' ye ve P_2' nin ucundan P_1' e paralel çizersek, meydana gelen şekle **kuvvetler paralel kenarı** denir (Şekil 2.10).

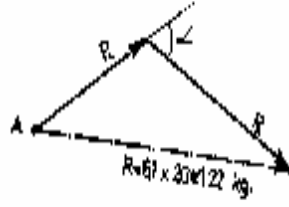


Şekil 2.10

Yolda kalmış bir arabayı, A noktasına belirli açılarla bağlanmış bulunan iplerin uçlarından P_1 ve P_2 şiddetindeki kuvvetle çeken iki kişi hareket ettirmek istese ve iki çekicinin yerine, A noktasına bağlı bir başka çekici koysak, arabayı C'ye doğru bileşke kuvvetin etkisiyle daha az bir kuvvetle çektiğimizi görürüz (Şekil 2.10).

Kuvvetlerin kesişme noktası ile karşı köşeyi birleştiren köşegen, bileşkeyi verir.

Kuvvet ölçeği: 20 kg = 1 cm



Şekil 2.11

Kısaca; kesişen iki kuvvetin bileşkesinin doğrualtusunu, şiddetini ve yönünü bu kuvvetler üzerine çizilen paralel kenarın köşegeni verir.

İki kuvvet kaldırılıp yerine bir kuvvet konduğı için, bu yöntemeye **yok etme metodu** denir. Grafik olarak bileşkenin şiddeti, kuvvet ölçeğı ile vektör boyunun çarpımından ibarettir(Şekil 2.11).

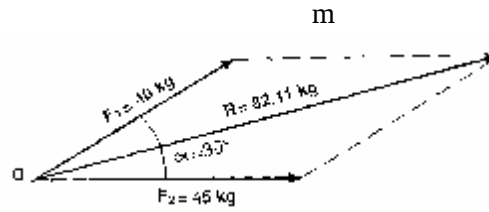
Örnek 5:

$$\alpha = 30^\circ$$

$$F_1 = 40 \text{ kg} = 4 \text{ cm}$$

$$F_2 = 45 \text{ kg} = 4,5 \text{ cm}$$

$$\text{Kuvvet ölçeğı: } 10 \text{ kg} = 1 \text{ cm}$$



Şekil 2.12

Örnek 6:

$$\alpha = 120^\circ$$

$$F_1 = 25 \text{ kg}$$

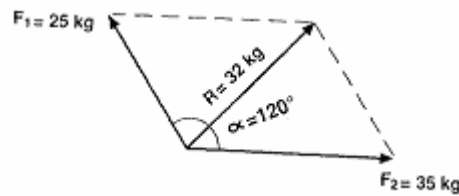
$$F_2 = 35 \text{ kg}$$

$$\text{Kuvvet ölçeğı: } 10 \text{ kg} = 1 \text{ cm}$$

$$F_1 = 25 \text{ kg} = 2,5 \text{ cm}$$

$$F_2 = 35 \text{ kg} = 3,5 \text{ cm}$$

$$R = 3,2 \text{ cm} = 32 \text{ kg}$$



Şekil 2.13

Ø Kuvvetler üçgeni:

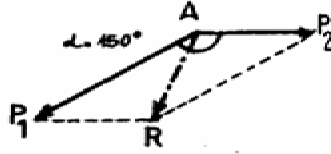
Bileşkenin şiddeti, bileşenler arasındaki **açıya** bağlıdır. Örneğin; bileşenlerin şiddeti değiştirilmeden, aralarındaki açı değiştirilirse, bileşkenin şiddeti aşağıda özetlendiği gibi değişir.

Bileşenler arasındaki açı 0° ise, bileşkenin şiddeti bileşenlerin toplamına eşittir (Şekil 2. 14).



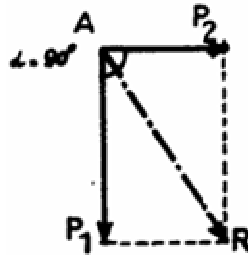
Şekil 2.14

Ø Bileşenler arasındaki açı büyüdükçe, bileşke küçülür(Şekil 2.15).



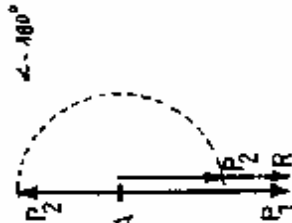
Şekil 2. 15

Ø Bileşenler arasındaki açı 90° ise, bileşke dik üçgenin hipotenüsü kadar olur.(Şekil 2.16)



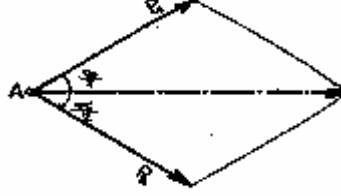
Şekil 2.16

Ø Bileşenler arasındaki açı 180° ise, bileşkenin şiddeti bileşenlerin farkına eşittir. Yönü, büyük kuvvet yönündedir(Şekil 2.17).



Şekil 2.17

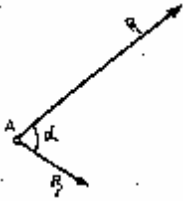
- Ø Bileşenlerin şiddeti eşit ise, bileşkenin doğrultusu kuvvetlerin açısı ortaydır (Şekil 2.18).



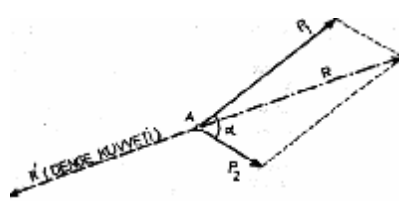
Şekil 2.18

Dengeleyici Kuvvet:

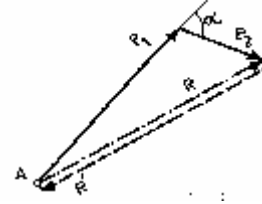
Bileşkeye eşit şiddette, onunla ters yönde olan kuvvete **dengeleyici** denir. Denge kuvvetini bulmak için, bileşkenin yönünü değiştirmek yeter (Şekil 2.21).



Şekil 2.19



Şekil 2.20



Şekil 2.21

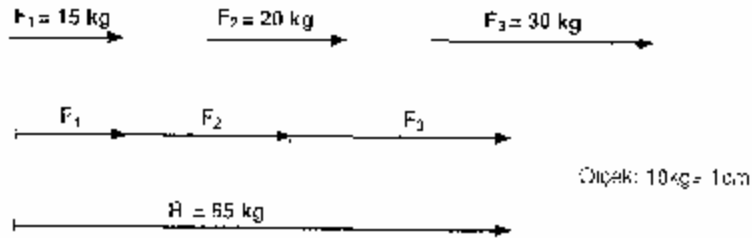
2.5.1.2. Hesap Yöntemi İle (Analitik Yöntem) Bileşkenin Bulunması

Kesişen iki kuvvetin bileşkesini hesap yöntemi ile bulmak için, trigonometrik formüllerden faydalanalım. Hesap yöntemi ve grafik yöntemi ile bulunan sonuçlar karşılaştırılarak problemin doğruluğunu sağlayalım.

Bileşkenin hesaplanmasında Cosinüs formülü uygulanır. (Trigonometrik Hesaplar Modülünden hatırlayalım.)

- a) $\alpha = 0^\circ$ ise, bileşen kuvvetler toplanarak bileşke kuvvet bulunur (Şekil 2. 22).

Örnek 7:



Şekil 2.22

$F_1 = 15 \text{ kg}$
 $F_2 = 20 \text{ kg}$
 $F_3 = 30 \text{ kg}$
 Kuvvet ölçeği $10 \text{ kg} = 1 \text{ cm}$

$$R = F_1 + F_2 + F_3$$

$$R = F_1 + F_2 + F_3 = 15 + 20 + 30 = 65 \text{ kg}$$

b) $\alpha = 180^\circ$ ise sağa giden kuvvetler (+) sola gidenler ise (-) alınarak toplanır. (Şekil 2. 23)

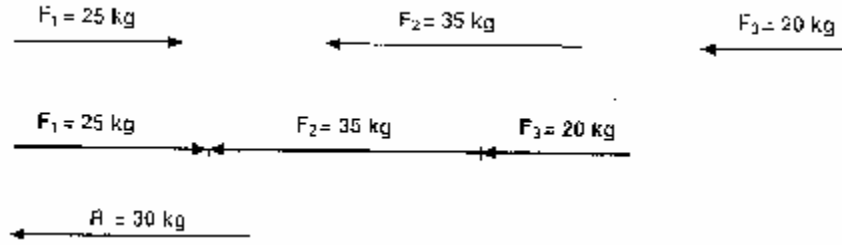
Örnek 8:

$F_1 = 25 \text{ kg}$
 $F_2 = 35 \text{ kg}$
 $F_3 = 20 \text{ kg}$

Kuvvet ölçeği: $10 \text{ kg} = 1 \text{ cm}$

$$R = +F_1 - F_2 - F_3$$

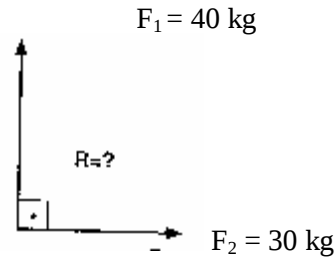
$$R = 25 - 35 - 20 = - 30 \text{ kg}$$



Şekil 2.23

c) $\alpha = 90^\circ$ ise Pisagor teoreminden yararlanarak sonuca ulaşılabiliriz (Şekil 2. 24).

Örnek 9:



Şekil 2.24

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$$

formülü ile hesaplanır.

$$R = \sqrt{40^2 + 30^2} = \sqrt{1600 + 900} = \sqrt{2400} = 49,99 \text{ kg}$$

$$R = 49,99 \text{ kg}$$

d) $a < 90^\circ$ ise $R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1 \cdot F_2 \cos a}$ formülü ile hesaplanır.

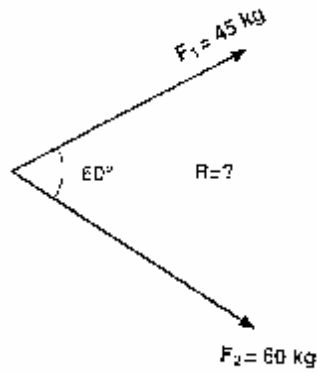
Örnek 10:

$$F_1 = 45 \text{ kg}$$

$$F_2 = 60 \text{ kg}$$

$$\cos 60^\circ = 0.5$$

Kuvvet ölçeği: 10 kg = 1 cm



Şekil 2.25

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1 \cdot F_2 \cos a}$$

$$R = \sqrt{45^2 + 60^2 + 2 \cdot 45 \cdot 60 \cdot 0,5}$$

$$R = \sqrt{2025 + 3600 + 2700}$$

$$R = \sqrt{8325} = 91,84 \text{ kg}$$

e) $a > 90^\circ$ ise $R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1 \cdot F_2 \cos a}$ formülü ile hesaplanır (ŞEKİL 2.26).

Örnek 11:

$$F_1 = 30 \text{ kg}$$

$$F_2 = 60 \text{ kg}$$

$$\cos 120^\circ = -0,5$$

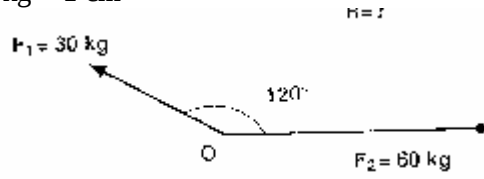
$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1.F_2 \cdot \cos a}$$

$$R = \sqrt{30^2 + 60^2 + 2.30.60(-0,5)}$$

$$R = \sqrt{900 + 3600 - 1800}$$

$$R = \sqrt{2700} = 51,96 \text{ kg}$$

Kuvvet ölçeği : 10 kg = 1 cm



Şekil 2.26

2.6. Moment

2.6.1. Momentin Tanımı

Bir düzlem (B) içerisindeki kuvvetin momenti, moment merkezine göre (O), kuvvetin şiddetinin moment merkezi ile kuvvetin uygulandığı nokta arasındaki mesafenin (OA) çarpımına eşittir.

Dönme merkeziyle (O), kuvvet (P) arasındaki dik uzaklığa **kuvvet kolu** (a) denir.

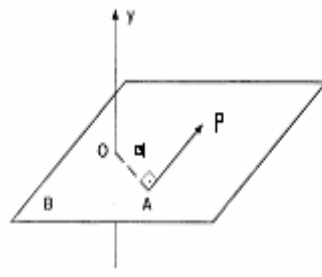
Kısaca ;

Kuvvet ile kuvvet kolunun çarpımına, kuvvetin “ **Döndürme Etkisi** ” veya **Moment** adı verilir. Moment M sembolü ile gösterilir.

Örnek olarak; şekil 2.27’da P kuvvetini Y eksenini etrafında döndüyormuş gibi farz edersek ;

Kuvvet = P,

Kuvvet kolu = a (OA) olarak alınırsa,



Şekil 2.27

Buradan Moment (Döndürme Etkisi)

Moment = Kuvvet (P) x **kuvvet kolu** (a) olduğundan

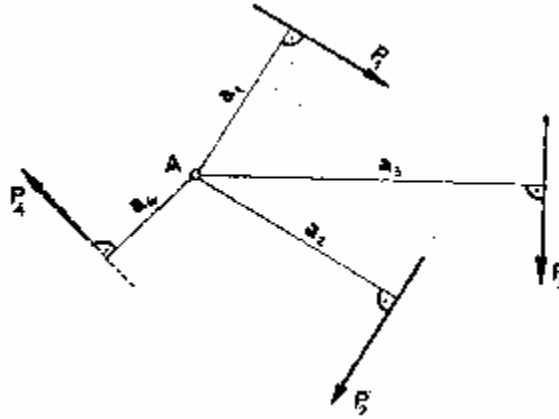
$$M = P \times a \quad \text{veya}$$

$$M = P \text{ (kg)} \times a \text{ (cm)} = \text{Kg cm olarak hesaplanabilir.}$$

Bu da O noktasına göre;

$$\Sigma M_O = P \times a \quad \text{olarak formüle edilebilir.}$$

Örnek olarak; Şekil 2.8' de A noktasındaki bir sondaj borusunu döndürerek çakmak isteyen ekibin uygulaması gereken kuvveti hesaplamak istersek; A noktasına göre moment;



Şekil 2.28

Cismi etkileyen kuvvetler (n) adetse;

$$\Sigma M_A = P_1 \cdot a_1 + P_2 \cdot a_2 + P_3 \cdot a_3 + \dots \dots \dots P_n \cdot a_n \text{ dir.}$$

Burada ;

M_A = A noktasına göre moment (kgcm, kgm, tonm)

ΣM = Toplam moment

P_1 = A noktasına etki yapan (**döndürmeye çalışan**) kuvvet (kg, ton)

a_1 = Kuvvetin A noktasına olan **dik uzaklığı** (cm, m)

Kuvvet birimini kilogram (Kg) ve kuvvet kolunu metre (m) ile gösterirsek, moment birimi kilogram metre (Kgm) olur.

Kuvvet kolu santimetre (cm) ise, moment birimi Kgcm' dir. Bunun gibi tm, tcm' de moment birimi olarak yazılabilir.

Cisim hareket etmezse yani sistem dengede ise ;

$\Sigma M_o = 0$ olur. Durgun hal (Denge durumu)

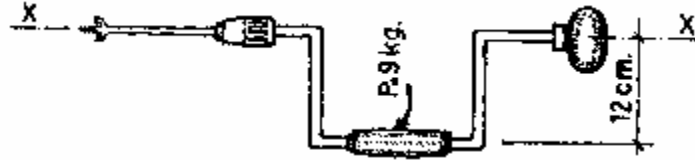
Önemli Not: Bina taşıyıcı elemanlarının ($\Sigma M_o = 0$) denge durumunda olması istenir.

Örnek olarak;

A merkezi veya X-X eksenini etrafında dönebilen bir el matkabıyla, katı cisme P kuvveti etki yaparsa döndürme tesiri;

kuvvetin şiddeti ($P = 9 \text{ kg}$) ve

dönme eksenine olan dik uzaklığına ($a = 12 \text{ cm}$) bağlıdır (Şekil 2.29).



Şekil 2.29

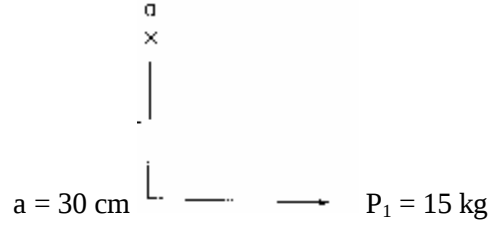
2.6.2. Momentin İşaretinin Belirlenmesi

Momentin işaretinin belirlenmesinde kuvvetin dönüş istikametine bakılır.

Cismi, saat ibresi yönünde döndürecek şekilde etki yapıyorsa (+) pozitif, saat ibresinin tersi istikamette döndürecek etki yapıyorsa (-) negatif işaretli olarak alınır.

2.7. Moment Hesabı Uygulamaları

Örnek 12: Şekilde 2.30' da gösterilen P kuvvetinin O noktasına göre momentini bulunuz.



Şekil 2.30

$$P_1 = 15 \text{ kg}$$

$$a = 30 \text{ cm}$$

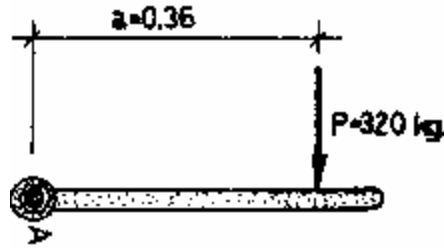
O noktasına göre moment = Kuvvet x Kuvvet Kolu

$$M_o = - P_1 \cdot a$$

$$M_o = - 15 \times 30$$

$$M_o = - 450 \text{ kgcm bulunur.}$$

Örnek 13: Şekil 2.31’ da görülen cıvatayı sıkabilmek için uygulanması gereken kuvveti bulunuz?



Şekil 2.31

$$P = 320 \text{ Kg}$$

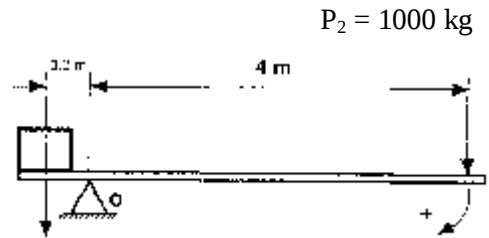
$$a = 0,36 \text{ m ise,}$$

$$M_A = P \times a$$

$$= 320 \text{ kg} \times 0,36 \text{ m}$$

$$= + 115, 2 \text{ Kgm' dir.}$$

Örnek 15: Şekil 2.32’ de verilen sistemin dengede olabilmesi için P_1 yükü kaç kg olmalıdır?

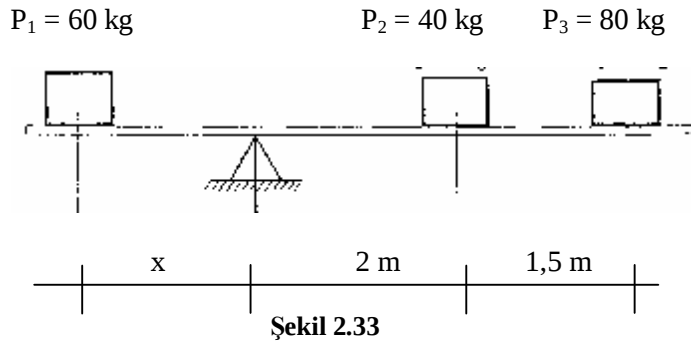


$$P_1 = ?$$

Şekil 2.32

$$\begin{aligned}
\Sigma M_o &= 0 \\
\Sigma M_o &= -P_1 \cdot 0,2 + P_2 \cdot 4 = 0 \\
\Sigma M_o &= -0,2 \cdot P_1 + 1000 \cdot 4 = 0 \\
\Sigma M_o &= -0,2 \cdot P_1 + 4000 = 0 \\
0,2 \cdot P_1 &= 4000 \\
P_1 &= \frac{4000}{0,2} \\
P_1 &= 20.000 \text{ kg} = 20 \text{ t bulunur.}
\end{aligned}$$

Örnek 16: Şekil 2.33’de verilen P_1 yükü mesnetten kaç m uzakta olmalı ki çubuk dengede olsun ?



$$\begin{aligned}
\Sigma M_o &= 0 \\
\Sigma M_o &= -P_1 \cdot x + P_2 \cdot 2 + P_3 \cdot 3,5 = 0 \\
-60 \cdot x + 40 \cdot 2 + 80 \cdot 3,5 &= 0 \\
-60x + 80 + 280 &= 0 \\
-60x + 360 &= 0 \\
60x &= 360 \\
x &= \frac{360}{60} = 6 \text{ m bulunur.}
\end{aligned}$$

Ø Varignon teoremi

1- Bir noktada kesişen birden fazla kuvvetin bileşkesinin herhangi bir dönme merkezine göre momenti, aynı noktaya göre bileşen momentlerinin cebirsel toplamına eşittir.

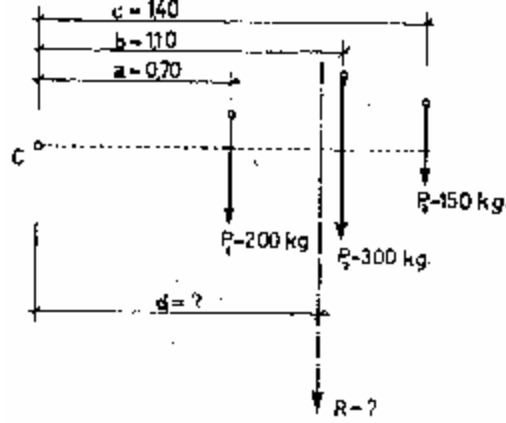
$$R \cdot d = P_1 \cdot a + P_2 \cdot b - P_3 \cdot c \text{ dir.}$$

Önemli Not: Momentlerin yönlerine göre işaretlerini belirlerken çok dikkatli olunmalıdır.

2- Bir paralel kuvvetler sistemi bileşkesinin herhangi bir dönme merkezine göre momenti, aynı noktaya göre bileşen momentlerinin cebirsel toplamına eşittir.

$$R \cdot d = P_1 \cdot a + P_2 \cdot b - P_3 \cdot c \text{ dir.}$$

Örnek 17: Şekil 2.34’ de şiddetleri ve C merkezine uzaklıkları verilen kuvvetlerin bileşkesinin C noktasına olan uzaklığını bulunuz.



Şekil 2.34

Çözüm:

$$P_1 = 200 \text{ kg} \quad , \quad a = 0,70 \text{ m}$$

$$P_2 = 300 \text{ kg} \quad , \quad b = 1,10 \text{ m}$$

$$P_3 = 150 \text{ kg} \quad , \quad c = 1,40 \text{ m}$$

$$R = P_1 + P_2 + P_3 \\ = 200 + 300 + 150 = 650 \text{ kg}$$

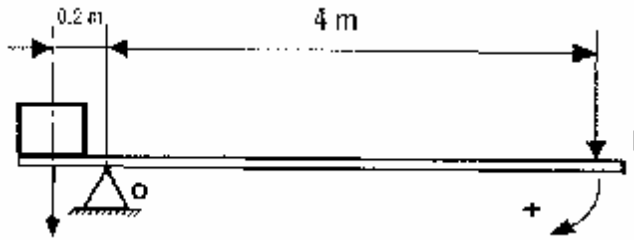
$$d = \frac{P_1 \cdot a + P_2 \cdot b + P_3 \cdot c}{R}$$

$$d = \frac{200 \cdot 0,70 + 300 \cdot 1,1 + 150 \cdot 1,40}{650}$$

$$d = \sim 1,04 \text{ m' dir.}$$

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

- Aşağıda verilen kuvvetlerin bileşkelerini grafik ve hesap yöntemiyle bulunuz.
 $P_1 = 200 \text{ kg}$ $P_3 = 300 \text{ kg}$ Kuvvet ölçeği: $100 \text{ kg} = 1 \text{ cm}$
 $P_2 = 350 \text{ kg}$ $R = ?$
A) 800 kg B) 850 kg C) 900 kg D) 550 kg
- Aşağıda verilen kuvvetlerin bileşkelerini grafik ve hesap yöntemiyle bulunuz.
 $P_1 = -100 \text{ kg}$ $P_3 = -200 \text{ kg}$ Kuvvet ölçeği: $100 \text{ kg} = 1 \text{ cm}$
 $P_2 = -150 \text{ kg}$ $P_4 = +650 \text{ kg}$ $R = ?$
A) 200 kg B) 220 kg C) 240 kg D) 260 kg
- Aşağıda verilen kuvvetlerin bileşkelerini hesap yöntemiyle bulunuz.
 $\alpha = 0^\circ$ $P_2 = 40 \text{ kg}$ Kuvvet ölçeği : $10 \text{ kg} = 1 \text{ cm}$
 $P_1 = 30 \text{ kg}$ $R = ?$
A) 40 kg B) 50 kg C) 60 kg D) 70 kg
- Aşağıda verilen kuvvetlerin bileşkelerini hesap yöntemiyle bulunuz.
 $\cos 120^\circ = -0,5$
 $F_1 = 20 \text{ kg}$
 $F_2 = 40 \text{ kg}$
A) 5 kg B) 10 kg C) 20 kg D) 40 kg
- $P = 60 \text{ Kg}$, $\alpha = 50^\circ$ ise, cıvatayı sıkabilmek için uygulanması gereken kuvveti bulunuz.
A) 3000 kg B) 3500 kg C) 4000 kg D) 4500 kg
- Şekil 2.35' deki sistemin dengede olabilmesi için P yükü kaç kg olmalıdır?



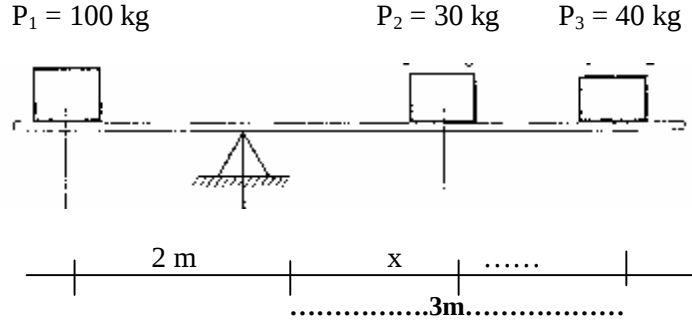
$P_1 = ?$

$P_2 = 2500 \text{ kg}$

Şekil 2.35

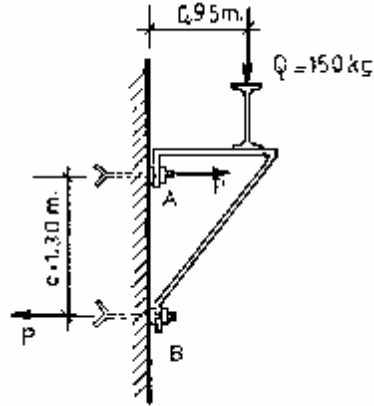
- A) 20 t B) 30 t C) 40 t D) 50 t

7. Şekildeki P yükü mesnetten kaç m uzakta olmalı ki çubuk dengede olsun.



Şekil 2.36

- A) 2,5 m B) 2,7 m C) 2,9 m D) 3,1 m
8. Şekil 2.37’ da görülen konsol, A ve B civataları ile duvara bağlanmıştır. Konsolu etkileyen 150 kg’lık yükün, A veya B ye göre oluşturduğu momenti hesaplayınız.?



Şekil 2.37

- A) 142,5 kg B) 152,5 kg C) 162,5 kg D) 172,5 kg

ÇÖZÜMLER-1

Çözüm 1:

$$\begin{aligned}a &= 40 \text{ cm} \\ \sigma &= 50 \text{ kg/cm}^2 \\ P &= ?\end{aligned}$$

Kolonun Kesit alanı :

$$\begin{aligned}A &= a \times a \\ A &= 40 \times 40 = 1600 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Kolona Gelen Yük (P)

$$\begin{aligned}P &= \text{Yük (kg)} \\ A &= \text{Kesit Alanı (cm}^2\text{)}\end{aligned}$$

$$sb = \frac{P}{A} = 50 = \frac{P}{1600} \text{ buradan P' yi çekeriz.}$$

$$P = 80.000 \text{ kg} = 80 \text{ t bulunur.}$$

Çözüm 2:

$$\text{Dairenin alanı : } A = \frac{p \cdot d^2}{4}$$

$$a) A = \frac{p \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 4^2}{4} = \frac{50,24}{4} = 12,56 \text{ cm}^2$$

$$b) s = \frac{P}{A}$$

$$s = \frac{6280}{12,56} = 500 \text{ kg/cm}^2$$

Çözüm 3:

Kesit alanı kare olduğundan

$$\begin{aligned}A &= a \times a \\ A &= 4 \times 4 = 16 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Çubuğun ilk boyu

$$\Delta L = \frac{P \cdot L}{E \cdot A} \text{ formülü ile bulunur.}$$

$$0,6 = \frac{2000.L}{4.2.10^6} \quad \text{Buradan}$$

$$2000 . L = 0,6 . 4 . 2 . 10^6$$

$$2000 . L = 4,8 . 10^6$$

$$L = 2400 \text{ cm}$$

Çözüm 4:

Çubuk üçgen kesitli olduğundan;
Kesit Alanı

$$A = \frac{a.h}{2} = \frac{5.8}{2} = \frac{40}{2} = 20 \text{ cm}^2$$

$$A = 20 \text{ cm}^2$$

$$s = \frac{P}{A} \text{ olduğundan}$$

$$200 = \frac{P}{20}$$

$$P = s . A$$

$$P = 200 \times 20 = 4000 \text{ kg}$$

$$P = 4000 \text{ kg} = 4 \text{ t bulunur.}$$

Çözüm 5: Çubuk kesiti daire olduğundan

Kesit Alanı ;

$$A = \frac{p.d^2}{4} \text{ alınır.}$$

$$A = \frac{p.d^2}{4} = \frac{3,14.6^2}{4} = \frac{113,04}{4} = 28,26 \text{ cm}^2$$

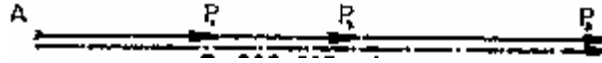
Uzama Miktarı ;

$$\Delta L = \frac{P.L}{E.A} = \frac{4000.500}{2.10^6 28,26} = \frac{2000000}{2.10^6 28,26} = \frac{2.10^6}{2.10^6 28,26} = \frac{1}{28,26} = 0,035 \text{ cm}$$

Sonuç: Çubuk 0,035 cm uzar.

ÇÖZÜMLER-2

Çözüm 1:



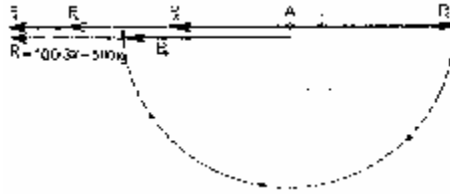
Şekil 2.7

$$R = 200 \times 8,5 = 1600 \text{ kg (Grafik Yöntemi ile)}$$

$$R = P_1 + P_2 + P_3 = 200 + 350 + 300 = 850 \text{ kg (Hesap Yöntemi ile)}$$

Çözüm 2:

$$R = - P_1 - P_2 - P_3 + P_4 = - 100 - 150 - 200 + 650 = 200 \text{ kg}$$



Şekil 2.9

Çözüm 3:

$$P_1 = 30 \text{ kg} = 3 \text{ cm}$$

$$P_2 = 40 \text{ kg} = 4 \text{ cm}$$

$$R = 7 \text{ cm} = 70 \text{ kg}$$

Çözüm 4:

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} + 2F_1 \cdot F_2 \cdot \cos a$$

$$R = \sqrt{20^2 + 40^2} + 2 \cdot 20 \cdot 40 \cdot (-0,5)$$

$$R = \sqrt{400 + 1600} - 1600$$

$$R = \sqrt{400} = 20 \text{ kg}$$

Çözüm 5:

$$M_A = P \times a \\ = 60 \text{ kg} \times 50 \text{ cm}$$

$$= 3000 \text{ Kgcm' dir.}$$

Çözüm 6:

$$\Sigma M_o = 0$$

$$\Sigma M_o = - P_1 \cdot 0,2 + P_2 \cdot 4 = 0$$

$$\Sigma M_o = -0,2 \cdot P_1 + 2500 \cdot 4 = 0$$

$$\Sigma M_o = -0,2 \cdot P_1 + 10000 = 0$$

$$0,2 \cdot P = 10000$$

$$P_1 = \frac{10000}{0,2}$$

$$P_1 = 50.000 \text{ kg} = 50 \text{ t bulunur}$$

Çözüm 7:

$$\Sigma M_o = 0$$

$$\Sigma M_o = - P_1 \cdot x + P_2 \cdot 2 + P_3 \cdot 3,5 = 0$$

$$- 100 \cdot 2 + 30 \cdot x + 40 \cdot 3 = 0$$

$$- 200 + 30x + 120 = 0$$

$$30x - 80 = 0$$

$$30x = 80$$

$$x = \frac{80}{30} = 2,7 \text{ m bulunur.}$$

Cevap 8:

150 Kg' lık yükün oluşturduğu moment;

$$M_A = 0,95 \times 150$$

$$M_A = 142,5 \text{ kgm' dir.}$$

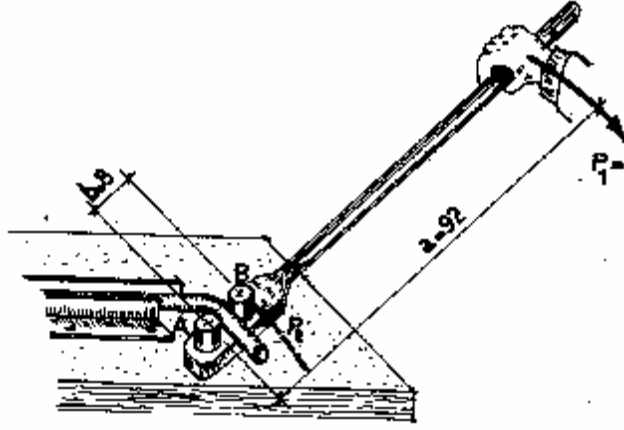
DEĞERLENDİRME

Yanlış cevap verdiğiniz sorular için öğrenme faaliyetindeki ilgili bölüme geri dönerek konuyu tekrarlayınız.

PEKİŞTİRME SORULARI

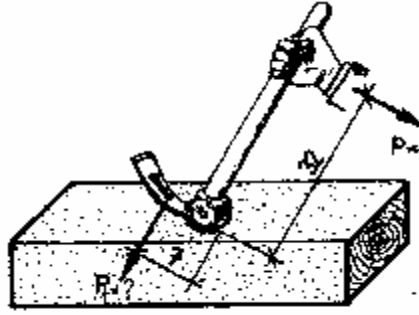
Pekiştirmeyi artırmak için aşağıdaki soruları çözünüz.

1. Bir işçi betonarme demirine kanca yapabilmek için, 32 kg' lık bir kuvvetle kolu çevirmektedir (Şekil 2.38).
a — Kuvvetin döndürme etkisini (moment) hesaplayınız.
b — B makarasındaki tepkiyi hesaplayınız.



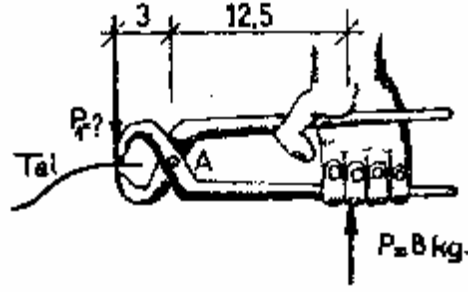
Şekil 2.38

2. Şekil 2.39' de görüldüğü gibi bir takoza çakılmış çiviye çıkarmak amacıyla keserin sapını 12 kg'lık kuvvetle çeken işçi, çiviye kaç kg' lık kuvvetle çekmeye zorlamaktadır?



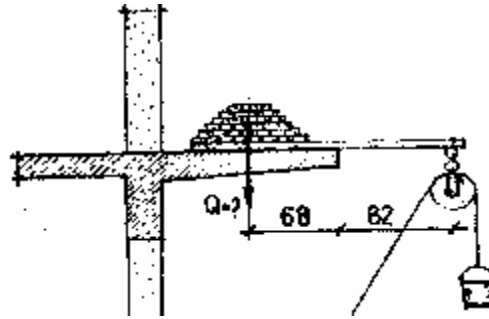
Şekil 2.39

3. Kerpeteni 8 kg'lık kuvvetle sıkan bir işçi, teli ne kadar kuvvetle kesmeye zorlamaktadır (Şekil 2.40).



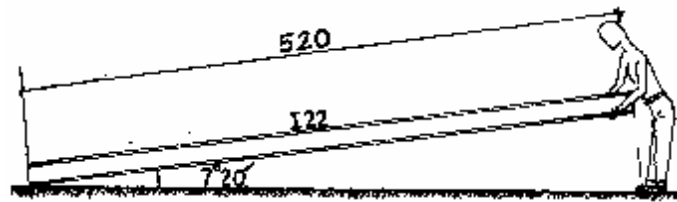
Şekil 2.40

4. Şekil 2.41' de görüldüğü gibi; 25 kg ağırlığında kovayı yukarıya çekebilmek için, makarayı tutan kalasın üzerine en az ne kadar ağırlık koymalıdır?



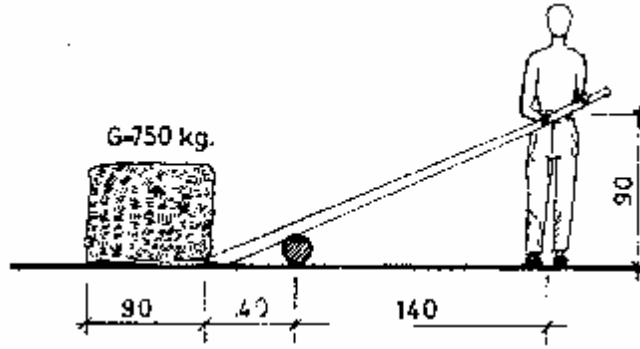
Şekil 2.41

5. 520 cm boyunda I 22' lik profili bir ucundan tutup 7° eğimle yukarı kaldırmış olan işçinin, bu anda sarf ettiği kuvveti hesaplayınız (Şekil 2.42).



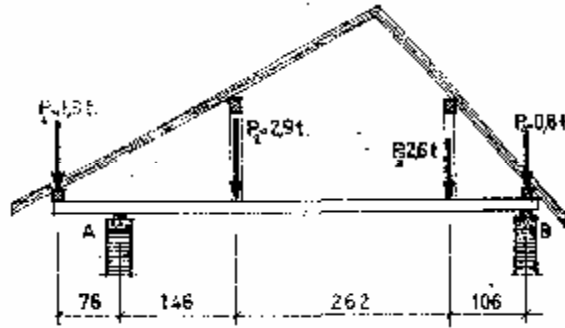
Şekil 2.42

6. 750 kg ağırlığındaki taşı yerinden oynatabilmek için, kaldırıca uygulanması gereken kuvveti hesaplayınız (Şekil 2.43).



Şekil 2.43

7. Krokisi görülen çatının, aşıklar aracılığıyla bırakma kirişine ilettiği yükler verilmiştir. A ve B duvarlarının tepkilerini hesaplayınız (Şekil 2.44).



Şekil 2.44

Not: Varignon teoreminden faydalanınız.

MODÜL DEĞERLENDİRME

Aşağıda hazırlanan değerlendirme ölçeğine göre, yaptığınız cisimlerin hacim hesaplarını değerlendiriniz.

Gerçekleşme düzeyine göre, evet hayır seçeneklerinden uygun olanı işaretleyiniz.

PERFORMANS TESTİ

DEĞERLENDİRME ÖLÇEĞİ			
Amaç	Moment Hesapları Yapmak	Adı soyadı	
Konu	Moment Hesapları	Sınıf Nu.	
DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ		EVET	HAYIR
1	$\Sigma M_o = 0$ denge denklemini doğru olarak yazdınız mı?		
2	Momentlerin işaretlerini, moment aldığınız noktaya göre saat ibresi yönünde (+) pozitif, saat ibresi tersi yönünde (-) negatif olarak belirlediniz mi ?		
3	Denge denkleminde, moment alınan noktaya olan dik mesafeyi belirleyip P kuvvetleriyle doğru olarak çarptınız mı ?		
4	Matematiksel işlemlerde bilinenlerle bilinmeyenleri bir tarafa alarak eşitliği sağladınız mı?		
5	Momentin birimini doğru olarak yazdınız mı?		
Toplam Evet ve Hayır cevap sayıları			

DEĞERLENDİRME

Bu test sonucunda eksik olduğunuzu tespit ettiğiniz konuları tekrar ederek eksiklerinizi tamamlayınız.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ-1'İN CEVAP ANAHTARI

1.	A
2.	C
3.	B
4.	D
5.	A
6.	B
7.	A
8.	Gerilme-kg/m, kg/cm ve kg/mm
9.	D
10.	A

ÖĞRENME FAALİYETİ-2'NİN CEVAP ANAHTARI

1.	B
2.	A
3.	D
4.	C
5.	A
6.	D
7.	B
8.	A

KAYNAKÇA

- Ø AYKUTLU Ali, Hasan GÖNÜL, **Statik veYapı Hesapları**, MEB Yayınları, İstanbul 2001.
- Ø ARSLAN Mehmet; **Cisimlerin Dayanımı**, Arslan Basım Yayın Dağıtım, İstanbul 1998
- Ø AYDIN Hüseyin, Yapı Öğrt, **Statik Ders Notları**, (Yayınlanmamış) İSOV. Yapı Mes. Lis, İstanbul 2002.
- Ø ARIK Suat, Yapı Öğrt, **Statik Ders Notları**, (Yayınlanmamış) İSOV. Yapı Mes. Lis, İstanbul 2000.
- Ø KARATAŞ Prof. Dr Hasan, **Mukavemet**, İTÜ Mim. Fak. Yayınları, İstanbul 1984.