Ortak Bir Kesim Noktası Olmayan Kuvvet Sistemlerinin Dengesi

Herhangi bir yapı ya da yapı unsurunun dengede kalabilmesi için, üzerine gelen kuvvet sisteminin bileşke etkisisnin herhangi bir kuvvet çifti momentine eşdeğer olmaması gerekmektedir. Aksi takdirde yapı hareket eğiliminde olacaktır.

İki boyutlu bir yapı üzerine etki yapan bir kuvvet sisteminini oluşturan tüm kuvvetlerin yatay ($\Sigma F_x = 0$) ve düşey ($\Sigma F_y = 0$) bileşenleri toplamı “ 0 “ a eşit olmalıdır. Diğer taraftan bütün kuvvetlerin bir eksene göre momentleri toplamının da sıfıra eşit ($\Sigma Mo = 0$) olması gereklidir.
Bu nedenle, herhangi bir yapı ya da yapı unsurunun statik denge halinde olabilmesi için, kuvvet sisteminin, aynı anda aşağıda belirtilen üç denklemdeki şartı sağlaması gerekmektedir.

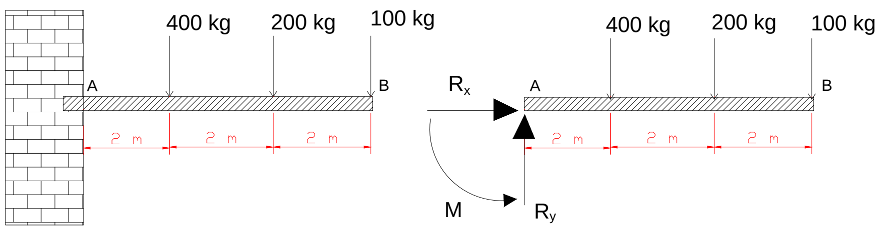
$$\Sigma F_x = 0$$
$$\Sigma F_y = 0$$
$$\Sigma M = 0$$

Bu üç denge denklemi, ilave denklemler ile coğaltılamaz; fakat bunlardan her hangi birisi bir diğer denklemle yer değiştirebilir.

$$\Sigma F_x = 0 \qquad\qquad \Sigma M_A = 0$$
$$\Sigma M_A = 0 \qquad \textit{ya da} \qquad \Sigma M_B = 0$$
$$\Sigma M_B = 0 \qquad\qquad \Sigma M_C = 0$$

Bu durumu bir örnekle açıklarsak; şekşilde görülen kiriş sol ucundan sabit olarak mesnetlenmiş, sağ ucu ise serbesttir.

İstenen : Sabit mesnetteki tepkiyi bulunuz?



Çözüm: Konsol kirişin duvara gömülü ucu büyük sayıda kuvvetlerin etkisi altındadır. Bu kuvvetler R_x , R_y bileşenleri ve bu kuvvet çiftinin momentine eşdeğer olduğu belirtilmişti.

1) $\xrightarrow{+}$ $\Sigma F_x = 0$ $\quad$ $R_x = 0$

2) + $\uparrow$ $\Sigma F_y = 0$ $\quad$ $R_y - 400 – 200 - 100 = 0$

$R_y = 700$ kg $\uparrow$

3) + $\Sigma M_A = 0$ $\quad$ $400 \times 2 + 200 \times 4 + 100 \times 6 – M = 0$

$M = 2200$ kg-m

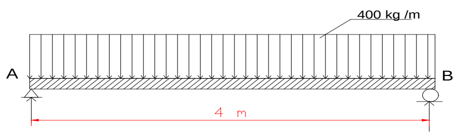
Sabit mesnetteki tepki, yukarıya doğru 700 kg lık düşey bir kuvvet ve saat ibresinin aksi yönünde 2200 kg-m bir moment oluşmaktadır.

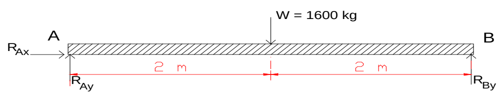
Sağlama yapılırsa : Herhangi bir noktaya göre moment alınarak yapılabilir.

+ $\Sigma M_A = 0$ $\quad$ $R_y \times 6 – M – 400 \times 4 – 200 \times 2 = 0$

R_y ve M yerine bulunan değerler konulursa,

$700 \times 6 – 2200 – 1600 – 400 = 0$ dır





Yukarıda verilen şekilde basit mesnetli kirişin mesnet tepkilerini bulunuz.

Çözüm: Kiriş 400 kg/m şiddetinde düzgün yayılı yükle yüklenmiştir. Bu yükün bileşkesi yük diyagtamının alanına eşittir. W = 4 m × 400 kg/m = 1600 Kg dır.

1. $\xrightarrow{+}$ $\Sigma F_x = 0$ $\quad$ $R_{Ax} = 0$

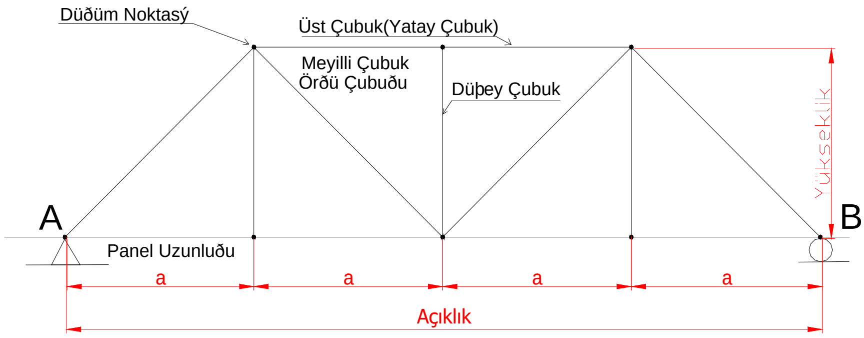
2. + $\Sigma M_A = 0$ $\quad$ $1600 \times 2 - R_{By} \times 4 = 0$ $\quad$ $R_{By} = 3200/ 4 = 800$ kg $\uparrow$

3. + $\uparrow$ $\Sigma F_y = 0$ $\quad$ $R_{Ay} - 1600 + 800 = 0$ $\quad$ $R_{Ay} = 800$ kg $\uparrow$

Kafes Kirişler ve Çerçeveler

Mühendislikte kullanılan pek çok yapı unsurundan biriside kafes kirişlerdir. Kafes kirişler çoğunlukla köprüler ve çatı gibi geniş açıklıkların pratik ve ekonomik olarak geçilmesinde kullanılırlar.

Bir kafes kiriş, düz çubukların aynı düzlem üzerinde sedece uclarından eklenmesi ile gerçekleştirirlen bir yapı sistemidir. Kafes kirişlerde cubukların oluşturdukları temel şekil üçgendir. Bunun nedeni ise kuvvet uygulandığında kenarların uzunluğunu değiştirmeyan, şekli bozulmayan yegane rizit şeklin üçgen olmasıdır. Bu nedenle kafes kirişler, iki ya da üç köşeli bitişik üçgenlerde ortak olan bir üçgenler serisinden oluşan sistemler olarak tanımlanabilir. Kafes kirişlerde üçgen köşelerine düğüm adı verilir. Her bir düğümde birleşen çubuklar, çubuk kuvvetlerinin tesir çizgileri düğümde ortek bir noktadan geçecek şekilde düzenlenirler.



Kafes Kiriş Elemanları

.... Kafes Kirişin Statik Belirliliği

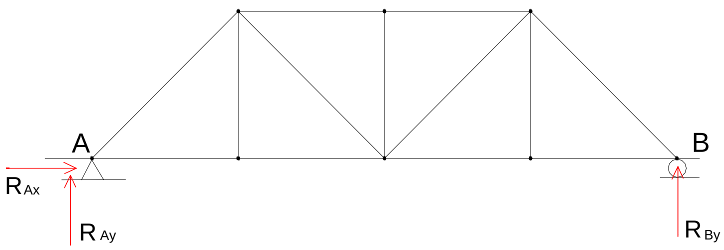
Daha önceki bölümlerde cisimler ya da yapı sistemlerinde denge şartı aranırken $\Sigma Fx=0$, $\Sigma Fy = 0$, $\Sigma Mo = 0$ olarak düşünülmektedir. Böyle sistemlere aynı zamanda *statik belirli yapılar* denir.

Herhangibir yapının belirli bir yerinden kesit alındığında bütün tepki bileşenleri ve iç-direnç kuvvetlerinin tayini için klasik üç denge denklemi yeterli olmuyor ise böyle yapılar statik belirsiz (Hiperstatik) yapılar olarak tanımlanırlar. Herhangibir yapı sisteminde, denge için gerekli olmayan kuvvet ya da momentlere fazlalık(Retundant) denir.

Her hangi bir kafes kiriş sisteminin statik yönden belirliliğine karar verebilmek için, dış tepki bileşenleri ve çubuklarının iç tanzimi yönünden kontrol edilmesi zorunludur. Eğer kafar kiriş n sayıda düğümden oluşmuş ise, elde mevcut denge denklemlerinin sayısı 2n olacaktır. Bunun nedeni her düğüm noktası için elde iki denge denkleminin olmasıdır($\Sigma Fx=0$, $\Sigma Fy=0$). Kafes oluşturan her bir çubuktaki kuvvet bilinmediğine göre, sistemdeki bilinmeyen kuvvetlerin sayısı, mesnet tepki bileşenleri sayısına, çubuk sayısının eklenmesi ile eld edilen eğere eşit olacaktır.. Bu nedenle, kefes kiriş statik yönden belirli ise şu eşitliğin sağlanması gereklidir.

Tepki Bileşenleri Sayısı + Çubuk Sayısı = 2 n

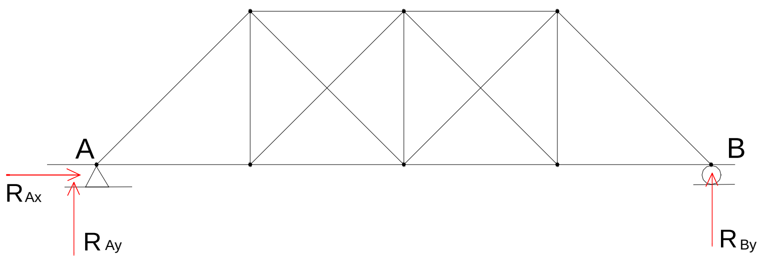
Eğer bilinmeyen sayısı, elde mevcut denklem sayısından az ise, kafes kirirşin stabilitesi yoktur denir. Buna karşın bilinmeyen sayısı, eldemevcut denklem sayısından fazla ise kafes kiriş statik yönden belirsizdir (Hiperstatiktir) denir.



Şekilde verilen kafes kiriş, statik yönden belirlimidir?

Çözüm : Tepki bileşeni saysı = 3
Çubuk sayısı = 13
Düğüm sayısı = 8
$13 + 3 = 2\,n = 2 \times 8$

Bu nedenle kafes kiriş statik belirlidir. Eğer sağ mesnet makaralı yerine mafsallı olsa idi tepki bileşeni sayısı 4 olacağı için sistem hiperstatik olacaktı.



Yukarıda verilen kafes kiriş statik bakımdan belirlimidir?

Çözüm : Tepki bileşeni sayısı = 3
Çubuk sayısı = 15
Düğüm sayısı = 8
$15 + 3 > 2\,n = 2 \times 8$
Bu nedenlerle kafes kiriş iç kuvvetler yönünden statik belirsizdir.

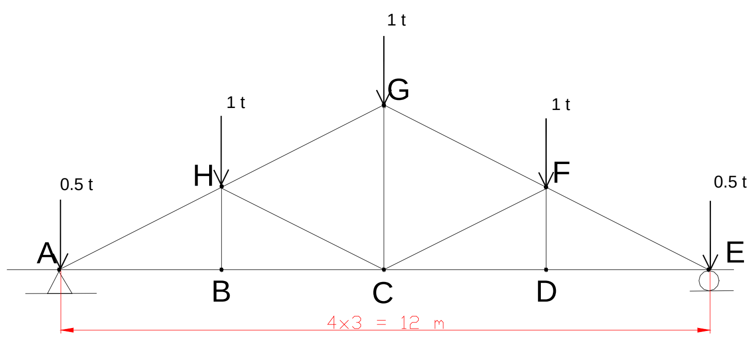
Kafes Kirişlerde Kuvvet Analizi.

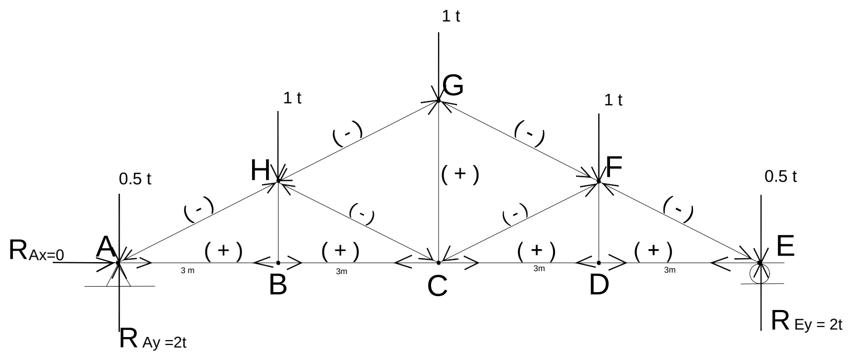
Uygulamalarda düğüm ve kesit olmak üzere iki şekilde analiz uygulanır.

Düğüm Metodu

Kafes kirirşlerde bütün çubukların eksensel yük tasıyan iki kuvet elemanı olması herbir düğüm için Σ Fx = 0, Σ Fy = 0 dır. Bu metodla problem çözümüne br düğüm noktası ile başlamak gerekmektedir. Bu düğümde birleşen çubuklar üzerindeki kuvvetler belirlendikten sonra sırasıyla diğer komşu düğümlere geçilerek işleme devam edilir. Düğüm metodunun uygulanmasında aşağıdaki aşamalar uygulanır.

a. İkiden fazla elemanın bağlanmadığı bir düğüm noktası seçilir. Bu düğümde herbir çubuktaki kuvvet hesaplandıktan sonra kafes diyagramında çubuk üzerinde yönleri işaretlenir. Uygulamada genellikle çekme (-), basma kuvvetleri ise (+) işaretle gösterilir.
b. Bundan sonra komşu düğümde ikiden fazla işaretlenmemiş çubuğu olmayan bir düğüme geçilir. Söz konusu işaretlenmemiş çubuklardaki kuvvetler için duruma göre birer yön tayin edilir. (Basma ya da çekme)Bilnmeyen kuvvet sistemlerinin tayini için düğümdeki ortak kesim noktalı kuvvet sisteminin denge denklemleri (ΣFx = 0, ΣFy = 0) yzılır ve çözülür. Eğer sonuçta herhangibir çubuktaki kuvvetin değeri eksi işaretini taşıyor ise, sonuç mutlak değer bakımından doğru, yön bakımından ise başlangıçta kabul edilenin tersi olacakır.
c. İkinci işlemde de bulunan kuvvetler kafes kiriş diyagramına işlenir.
d. Orijinal kafes kiriş diyagramı üzerinde, ikiden fazla işaretlenmemiş çubuğu olmayan diğer bir düğüm noktasına geçilir. Bu düğümün serbest çizim diyagramı çizilir ve çubuk kuvvetler tayin edilir. Bu işleme kafes kirişteki tüm düğüm noktaları işaretleninceye kadar devam edilir.
e. Simetrik olarak yüklenmiş olan kafes kirişlerde simetri eksenine kadar hesaplamaya devam edilir.





Yukarıda verilen kafes kirişte çubuk kuvvetlerinin düğüm netodu ile bulunuz. BAH açısı 30º dir.

Çözüm :

1. Kafes kirişin dış dengesi (Mesnet tepkilerinin hesabı).

$\xrightarrow{+}$ Σ Fx = 0 $\quad R_{Ax} = 0$

$\curvearrowright$ + ΣM_A = 0 $\quad 1\times3+1\times6+1\times9+0.5\times12 - R_{Ey} \times 12 = 0$

$R_{Ey} = 2$ t$\uparrow$

$\uparrow$ + Σ F y = 0 $\quad R_{Ay} - 0.5 - 1 - 1 - 1 - 0.5 + 2 = 0$

$R_{Ay} = 2$ t$\uparrow$

2. Düğümlerin Analizi.

Kafes simetrik yüklü olduğu için sadece sol tarafının hesabı yapılacaktır.

A Düğümü

1.$\uparrow$+ Σ Fy = 0 $\quad$ 2 t – 0.5 t – AH Sin 30º = 0

2 – 0.5 – 0.5 AH = 0

AH = 3 t Basma (-)

2. $\xrightarrow{+}$ Σ Fx = 0 $\quad$ AB – Cos 30 º = 0

AB – 2.6 t = 0

AB = 2.6 t Çekme (+)

B Düğümü:

1.↑+ Σ Fy = 0 BH + 0 = 0
BH = 0 t Sıfır Çubuğu

2. $\underset{\rightarrow}{+}$ Σ Fx = 0 BC – 2.6 t = 0
BC = 2.6 t Çekme (+)

H Düğümü :

1.↑+ Σ Fy = 0 HC . Sin 60º - 1 t . Sin 60º = 0
0.87 HC – 0.87 = 0
HC = 1 t Basma (-)

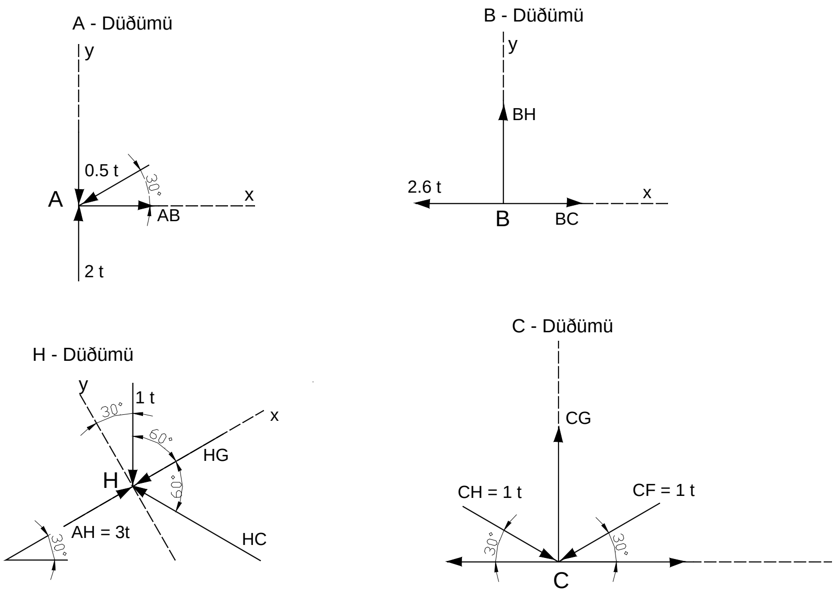
2. $\underset{\rightarrow}{+}$ Σ Fx = 0 3 t – HG – 1 t . Cos 60º - 1 t. Cos 60 º = 0
HG = 3 – 0.5 – 0.5
HG = 2 t Basma (-)

C Düğümü :

1.↑+ Σ Fy = 0 CG – 1 t Sin 30º - 1 t Sin 30º = 0
CG - 0.5 – 0.5 = 0
CG = 1 t Çekme (+)

SolYarı		Sağ Yarı	
Çubuk	Kuvvet (ton)	Çubuk	Kuvvet (ton)
AH	3 (-)	EF	3 (-)
AB	2.6 (+)	ED	2.6 (+)
BH	0	DF	0
BC	2.6 (+)	DC	2.6 (+)
HC	1 (-)	FC	1 (-)
HG	2 (-)	FG	2 (-)
CG	1 (+)	CG	1 (+)

Çubuk Kuvveti Basma (-)
Çubuk Kuvveti Çekme (+)

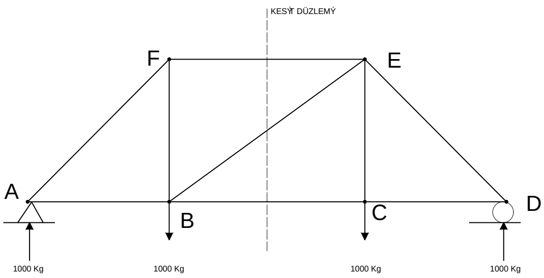


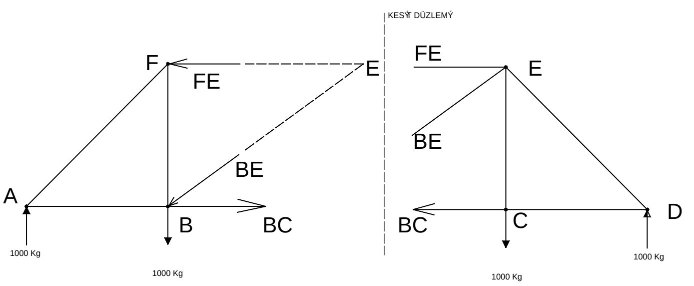
Kafes kirişin sol yaprısındaki düğümlerin serbest çizim diyagramı.

Kesit Metodu

Kafes kiriş analizlerinde aynı zamanda ortak kesim oktaları olmayan denge şartı da uygulanabilir(Σ Fx = 0 , Σ Fy = 0, Σ M = 0). Bu metodun uygulanması ile düğüm noktalarının sıra ile analizi takip edilmeksizin kafes kiriş istenilen herhandi bir cubuktaki kuvvet direkt oarak hesaplanabilir.

Kesit metudunda kafes kiriş istenilen yerinden üçten fazla çubuk kesilmeyecek şekilde bir kesit düzlemi ile kesilerek iki parçaya ayrılır. Bu durumda kafes kirirşin iki parçasından herbirisi, üzerinde ortak kesim noktası bulunmayan kuvvetlerin etki yaptığı bir sistemdir. Her bir parça kendine etki yapan bilinen yükler yönünden ve kesilen nokalardaki bilinmeyen kuvvetler etkisi altında da denge halindedir.

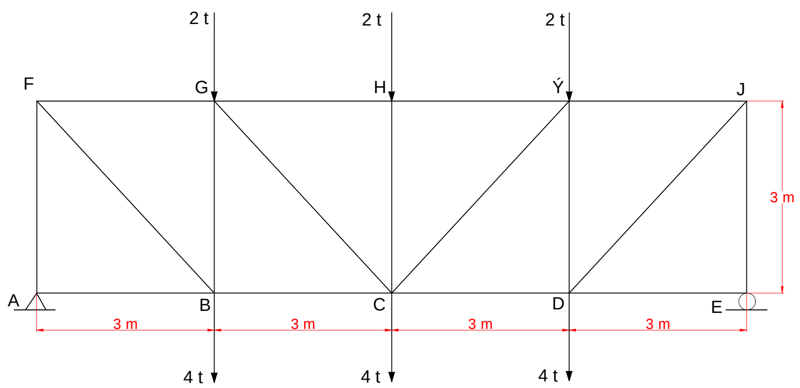




Kesit Metodunun Uygulanması

Yukardaki örnekte bunu irdeleyebiliriz. Kafes kirişten geçirilen kesit düzlemi ile kiriş iki parçaya ayrılmıştır. Bu parçalardan herbirisi ortak bir kesim noktası olmayan düzlemsel kuvvetlerin etkisi altında denge halindedir.

Hesap işlemlerinin basitleştirilmesi amacıyla, denge denklemlerinden her birirsi, tek bilinmeyen oluşturacak şekilde uygulanır.Örneğin FE çubuk kuvvetinin hesabı istenirse, B noktasına göre moment alınarak bulunur. BC çubuk kuvvetinin hesabı istenirse Moment merkezi BE ve FE kuvvetlerinin tesir çizgilerinin kesim noktası olan E noktası seçilir. Buna karşılık BE çubuk kuvvetlerinin bulunmasında moment denklemi uygulanamaz. Bu amaçla $\Sigma F_y = 0$ denklemi uygulanarak FE ve BC bilinmeyenleri elimine edilerek BE çubuk kuvveti hesaplanır.



Yukarıda çizilmiş olan kafes kirirşin serbest cisim diyagramı aşağıda gösterilmektedir.

1. Kafes kirişin dış dengesi (msnet tepkilerinin hesabı)

Kafes kiriş simetrik bir şekilde yüklendiği için,

$R_{Ay} = R_{Ey} = 9\ t \uparrow$

Etki yapan kuvvetler düşey oldukları için yani yatay kuvvetler bulunmadığı için $R_{Ax} = 0$ dır.

2. Çubuk Kuvvetlerin Hesabı

Düğüm metodunda olduğu gibi burada da yönü kesite doğru olan kuvvetler basma (-), yönü kesitten uzaklaşanlar çekme (+) olarak tanımlanır.

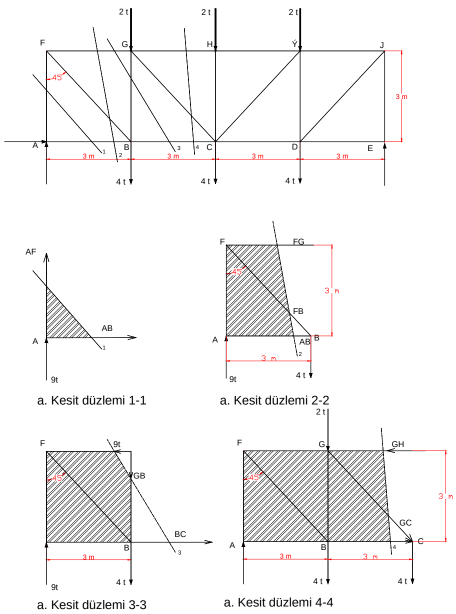
Kesit 1-1

$\xrightarrow{+} \Sigma F_x = 0$ AB = 0 (Sıfır Çubuğu)

$+\uparrow \Sigma F_x = 0$ 9t – AF = 0 AF = 9t Basma(-)

Kesit 2 – 2

Moment merkezi iki bilinmeyen kuvvetlerin tesir çizgilerinin kesim notasında seçildiğinde, momen denklemi tek bilinmeyenli olur.



Kafes Kirislerin Serbest Çizim Diyagrami ve Kesitleri

$+\sum M_B = 0 \quad 3 \times 9 - 3 \times FG = 0 \qquad FG = 9t$ Basma (-)

$+\uparrow \sum F_y = 0 \quad 9t - FB \times \cos 45^o = 0 \qquad FB = 12.7\ t$ Çekme (+)

Kesit 3 – 3

$\xrightarrow{+} \sum F_x = 0 \quad BC - 9t = 0$

$BC = 9t$ Çekme (+)

$+\uparrow \sum F_y = 0 \quad 9t - 4t - GB = 0$

$GB = 5t$ Basma (-)

Kesit 4 – 4

$+\sum M_C = 0 \qquad 9 \times 6 - 2 \times 3 - 4 \times 3 \times GH = 0$

$GH = 12\ t$ Basma (-)

$+\uparrow \sum F_y = 0 \quad 9 - 2 - 4 - GC \times \cos 45^o = 0$
$GC = 4.3$ Çekme (+)

Kafes kiriş ve yükleme simetrik olduğu için sağ yarıdaki çubuk kuvvetlerinin hesaplanması gerekli değildir.

Sol Yarı		Sağ Yarı	
Çubuk	Kuvvet (ton)	Çubuk	Kuvvet (ton)
AB	0	DE	0
BC	9 (+)	CD	9 (+)
FG	9 (-)	İJ	9 (-)
GH	12 (-)	Hİ	12 (-)
AF	9 (-)	EJ	9 (-)
GB	5 (-)	İD	5 (-)
HC	2 (-)	HC	2 (-)
FB	12.7 (+)	JD	12.7 (+)
GC	4.3 (+)	İC	4.3 (+)

YAPILARA GELEN YÜKLER

Yapılar birbirlerine eklenmiş yapı elemenlerından oluşmaktadır. Yapıları oluşturan elemanlardan her birisi (kolon, kiriş, döşeme , çatı vb.) kendi ağırlığı ile gelen dış yüklerin etkisi altında denge durumunda olmak zorundadırlar.

Ön ve detaylı projelendirme işleri üç aşamada toplanabilir.

1. Yapıya gelen yükler tayin edilir.
2. Yapının statik denge durumunda, bu yükler nedeniyle yapı elemanları ve bunların ek yerlerinde ortaya çıkan maksimum gerilmeler hesaplanır.
3. Sözü edilen bu maksimum gerilmeler dikkate alınarak yapı elemenlerı ve ek yerleri boyutlandırılır.

Yapı ve yapıyı oluşturan elemanlar kendi ağırlığı taşımaları kaçınılmazdır. Bu ağırlıklar ise yapının kesin projesi bitmeden tam olarak belirlenmesi mümkün değildir. Bu nedenle yapı projelenmesi birtakım tahminler dizisi olarak nitelenebilir.

Yapı projelenmesinde yapıyı oluşturan tüm elemanların o elemanın karşılaşacağı tüm gerilmemelere dayanabilecek şekilde boyutlandırılması önemli olmaktadır. Bu sadece yüklerin bilinmesi değil tatbik noktalarının da bilinmesi önemlidir.

Eğer yapıya gelen yükler olduğundan fazla tahmin edilir ve buna göre projendirilirse yapı fazla mukavim ancak ağır ve pahalı bir yapı ortaya çıkmış olacaktır. Böyle bir yapı hiçbir zaman ekonomik çoğu zamanda estetik olmaz. Mühendisliğin ise temel görevi yapı mukavemeti ile ekonomisi arasında bir dengenin kurulmasını sağlamasıdır.

Yapılara gelen yükler bireysel yani konsantre kuvvetler ya da yayılı kuvvetler şeklinde etki yaparlar. Yük ister konsantre isterse yayılı olsun genel olarak ölü ve canlı yükler olarak iki genel sınıfta toplanabilirler.

Konsantre ve Yayılı Yüklerin Özellikleri

Yükler tatbik ediliş şekillerine göre konsantre yada yayılı yük olarak tanımlanırlar. Konsantre yükler yapının herhangi bir noktasına tatbik edilen yüklerdir ya da çok küçük bir alana etki yapan yükler olarak tanımlanırlar. Buna karşılık geniş bir alanı etkileyen yükler ise yayılı yük olarak tanımlanırlar. Eğer yük temas alanına eşit bir şekilde dağılmışşa böyle bir yüke düzgün yayılı yük denir. (Bu bölümü sonra hazırla ve bölümün sonuna at)

Yapılara Gelen Ölü Yükler.

Yapılarda ölü yük, yapıyı oluşturan kolonlar, kirişler, döşeme sistemleri duvarlar, çatı, temel vb gibi unsurların yapıldıkları malzemelerin ağırlıkları ile su, gaz, elektrik gibi yapıya ait tasisatın ağırlığı ile oluşur. Bu tip yüklerin temel özelliği pozisyonlarının sabit oluşu ile şiddetlerinin değişmemesidir.

Herhangi bir yapının ağırlığı yapının büyüklüğüne ve yapıldığı malzemenin birim hacim ağırlığına bağlı olarak değişir. Bu özellikler bilinirse bir yapıyı etkileyen ölü yükleri hesap etmekte çok kolaydır. Buna karşılık projelerde yapı unsurlarının boyutları kesin olarak kestirilemez. Başlangıçta belirlenen boyutlara göre hesaplanan ağırlık ile kesin boyutlandırmadan sonra bulunan ağırlık arasında önemli bir fark ortaya çıkarsa hesap işlemi son bulunan boyutlara göre tekrar edilmelidir.

Tablo :Yapı Unsurlarının Ağırlıkları

Cinsi	Birim Hacim Ağırlığı (kg/m^3)
Moloz taş duvar	2400
Dolu briket (Suni kumtaşı) duvar	1800
Delikli briket (Suni kumtaşı) duvar	1500
Dolu hafif beton blok duvar	1600
Boşluklu hafif beton blok duvar	1300
Normal tuğla duvar	1800
Cüruf betonu	1200
Demirsiz beton	2200
Hafif beton	1600
Betonarme betonu	2400
Yumuşak ağaç(Çam)	600
Sert ağaç(Meşe)	800
Çelik	7850
Kireç harcı	1700
Takviyeli harç	1900
Çimento harcı	2100

Tablo : Döşeme kaplamaları, döşeme dolguları ve çatı örtülerinin ağırlıkları

Cinsi	Ağırlık (kg/m²)
Ahşap parke	6-8
Karo mozaik	22
Şap	22
Mozaik	20
Asfalt	22
Cam	26
Marsilya kiremidi	65
Alaturka kiremit	120
Eternit	25
Çinko No 13 (Kaplama tahtası dahil)	30
Bitümlü karton	15
Kurşun (1mm kalınlık)	12

Yapılara Gelen Canlı Yükler

Canlı yükler, yapıdan beklenilen fonksiyonun ortaya çıkardığı yüklerdir. Bunlar yapıya uygulanış şekline güre hareket edebilen ya da hareket edemeyen yüklerdir. Hareket edemeyen yükler, bırakıldığı zaman yığın halinde kelebilen bazen de hareket edebilen yüklerdir. Bunlar;

1. Döşeme sistemleri üzerine istif edilen yükler
2. Yapı içerisinde duran eşya be benzeri malzemeler.
3. Yapı üzerindeki kar yükü
4. Rüzgar yükü

Hareket edebilen yükler ise, yapıya hareket halindeki bir objenin ilettiği yüklerdir. Örneğin hareket halindeki araçlar ve canlıların oluşturduğu yükler.

Döşeme Yükleri

Her hangi bir yapı, servis ömrü içerisinde gelebilecek maksimum yüke göre projelendirilir. Genellikle kabul edilen döşeme yükleri aşağıda tablo da verilmiştir.

Tablo : Döşeme sistemlerinde kullanışa ilişkin proje yükleri

Cinsi	Miktarı (kg/m²)
Konutlar	200
Bürolar	200
Sınıflar	350
Yatakhaneler	350
Hafif ağırlıklı atölyeler	500
Merdivenler, balkonlar	350
Teras ve koridorlar	200

Kar ve Buz Yükü

Kar yağışı olan bölgelerde, kar yükü özellikle çatı sistemlerinin projelendirilmesinde çok önem taşımaktadır. Karlı bölgelerde karın çatılardan uzaklaşması için çatıların eğimli bir şekilde yapılması gerekmektedir.

Projelerde kar yükü yatay izdüşüm düzlemine etki yapan düşey yük (kg/m²) olarak dikkate alınır. Kar yükünün hesaplanmasında deniz seviyesinden yükseklik ile çatı yüzeyinin yatayla yaptığı açı (α °) göz önünde bulundurulur.

Karın yağmadığı bölgeler dışında 1000 m yüksekliğe kadar olan bölgelerde yatay teras ve çatılarda kar yükü:
$P_s = 75$ kg/m² olarak alınır
1000 m den yüksek yerlerde ise,

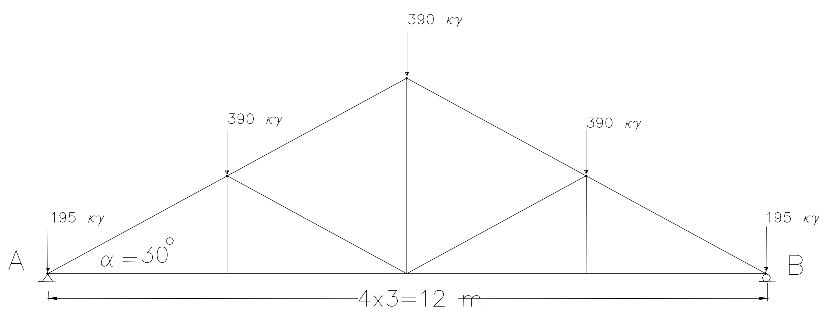
$P_s = 75 + (H - 1000) \times 0.08$ alınır.
H = yapının bulunduğu yerin deniz seviyesinden yüksekliği.

Çatı yüzeyinin yatayla yaptığı açı α açısı 45° den küçük ise projelerde esas alınacak kar yükü:

$$P = P_s . \cos \alpha \text{ dır.}$$

Çatı yüzeyinin yatayla yaptığı açı α açısının $\alpha > 45°$ olması halinde, çatıdan karın kaymasını engelleyen bir durum yok ise kar yükü ihmal edilebilir.

Örnek: Şekilde görülen çatı makasında makaslar 2 metre ara ile yapılmışlardır. Yapının bulunduğu yer karlı bir bölgedir ve deniz seviyesinden yüksekliği 950 m dir. Çatı makasının düğüm noktalarına gelen kar yükünü hesaplayınız.



Şekil:

Çözüm: Kar yükü yatay izdüşüm düzleminde (YD) düşey kuvvet olarak dikkate alındığı için öncelikle iki makas arasındaki (Makas aralığı= 2m) çatı yüzeyinin izdüşüm alanını A yı hesaplayalım.

$A = 12 \times 2 = 24\ m^2$

Kar Yükü : $H = 950\ m < 1000\ m$ $\qquad$ $P_s = 75\ kg/m^2$

$P = P_s \cdot \cos\alpha$ $\qquad$ $P = 75 \cdot \cos 30^\circ = 65\ kg/m^2$

Çatının iki makas arasındaki yüzeye, izdüşüm düzlemine ($A = 24\ m^2$) gelen toplam F kuvveti.

$F = P \cdot A$ $\qquad$ $F = 65\ kg/m^2 \times 25\ m^2 = 1560\ kg \downarrow$

Düğüm noktalarına gelen kuvvet: Kafes kirişlere yük sadece düğüm noktalarından tatbik edilir. F = 1560 kg lik yük tek bir makasın taşıyacağı yük olduğundan bu yük (Dış iki düğüm, iç düğümlerin her birisinin yarısı kadar yük taşır) kenar düğümler dikkate alınarak düğüm noktalarına bölünür.

$$FD = \frac{F}{\sum İçdüğüm + \sum \frac{dışdüğüm}{2}}$$

$$FD = \frac{1560}{3 + \frac{2}{2}} = \frac{1560}{4} = 390\ kg \downarrow$$

Rüzgar Yükü

Rüzgar her hangi bir yapıya çarpınca, mevcut koşullara göre küçümsenmeyecek bir kuvvet ortaya çıkar. Rüzgarın bir yüzeye çarpması sonucunda ortaya çıkan basınç rüzgarın hızına, yüzeye geliş açısına, ve yapının geometrisine bağlı olarak değişir. Rüzgarın hızı ise yeryüzünden itibaren yükseldikçe yüksekliğin yedinci kökü ile doğru orantılı olarak artar.

$$\frac{Va}{Vb} = \left(\frac{ha}{hb}\right)^{1/7}$$

Formülde V, a ve b noktalarındaki rüzgar hızını, b ise bu noktaların yüksekliklerini göstermektedir. Genel olarak rüzgar etkisinin bulunmasında dik bir düzlem üzerinde dinamik etki olarak tanımlanan (q) değeri esas alınır.

$$q = 0.0623\ V^2$$

Formülde $\qquad$ q = Rüzgara dik bir yüzeydeki dinamik etki (kg/m^2)

$\qquad$ V = Rüzgar hızı (m/s)

Ülkemiz koşullarında dikkate alınan minimum rüzgar dinamik etkisi 0-10 m yükseklikteki yapılar için 80 km/m², 10-20 m yüksekliğindeki yapılar için ise 90 kg/m² dir.

Proje için esas alınacak rüzgar yükünün tespitinde, q dinamik etkisi, yapının geometrisine ve rüzgarın basınç (ya da emme) alanının normali ile yaptığı açıya bağlı, bir şekil katsayısı (C) ile doğrulanır.Rüzgar yükü mutlaka etki yaptığı yüzeye dik olarak alınır.

$$P = C.q$$

Formülde: P = Rüzgar yükü (kg/m²) Bu rüzgar yükünün toplam kuvvete çevrilmesi için etki yaptığı yüzey alanı ile çarpılması gereklidir.

q = Rüzgarın dinamik etkisi (kg/ m²)
C = Yapını geometrisine bağlı şekil katsayısı.

Katsayının önünde (-) işaretinin bulunması rüzgar yükünün emme, (+) işaretinin bulunması ise basınç olduğunu gösterir.

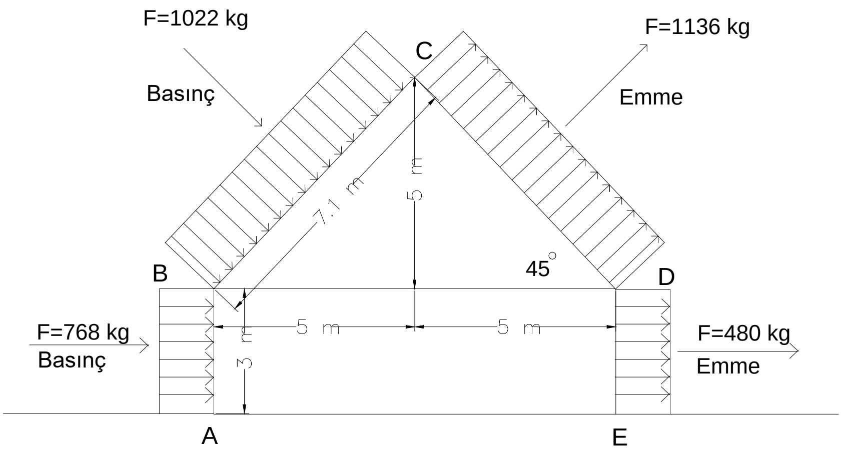
Tablo : Yapının geometrisine bağlı (C) şekil katsayısı

Yapı Unsuru	Şekil Katsayısı (C)
1. Düşey duvarlar	
a. Rüzgarın çarptığı cephe	+ 0.8
b. Karşıt cephe	- 0.5
c. Yan duvarlar	- 0.6
2. Çatı yüzeyleri	
a. Terası	- 0.6
b. Paralel çatı	- 0.6
c. Eğimli çatı yüzeyi	
Rüzgarın çarptığı yüzey	0.03 α˚ - 0.9 (1)
Emme tarafı	- 0.5

(1) α˚ = Çatı eğimi

Şekil katsayısı dikdörtgen planlı basit yapılarda C = 1.3 alınabilir. Bu değer gerçekte rüzgarın çarptığı cephede basınç (+ 0.8 q) ve karşıt cephede emme (- 0.5 q) nun bir kombinasyonu olmakla beraber rüzgar yükü genellikle rüzgar tarafını etkiler ve P=1.3q
Basınç olarak dikkate alınır.

Örnek ……: Verilen şekil de kesiti gösterilen yapının, üçüncü boyuttaki uzunluğu d = 32 m dir Çerçeveler arası mesafe 4 metre olduğuna göre, her bir çerçeveye düşen toplam rüzgar yükünü bulunuz.



Çözüm : Yapının yüksekliği h=3+5=8 m < 10 m dir. Bu nedenle dinamik etki q= 80 kg/m² alınabilir. Tablodan alınan değerlerle:

1. AB duvar yüzeyi

P = C.q P= + 0.8 x 80 = + 64.0 kg/m² (Basınç)
A= 3 x 4 = 12 m² F = A.P = 12 x 64.0 = 768 kg (Basma)

2. BC Çatı yüzeyi :

C = 0.03 α° - 0.9 C = 0.03 x 45 – 0.9 = + 0.45
P = C.q P = + 0.45 x 80 = 36 kg (Basınç)
A = 7.1 x 4= 28.4 m² F = A.P = 28.4 x 36.0 = 1022 kg (Basma)

3.CD Çatı Yüzeyi

A = 28.4 m²
C = -0.5
P = C.q P = - 0.5 x 80 = - 40.0 kg/ m² (emme)
F = A . P F = 28.4 x 40.0 = 1136 (Emme)

4. DE Duvar Yüzeyi.

A = 3x 4 12 m²
P = C.q P = - 0.5 x 80 = - 40.0 kg/m² (Emme)
F = A . P F = 12 x 40 = 480 kg (Emme)

Hesaplanan bu kuvvetler ilişkin oldukları yüzeylerin sentroidlerine etkilemektedir ya da kafes kirişlerde düğüm noktalara dağılmaktadırlar.

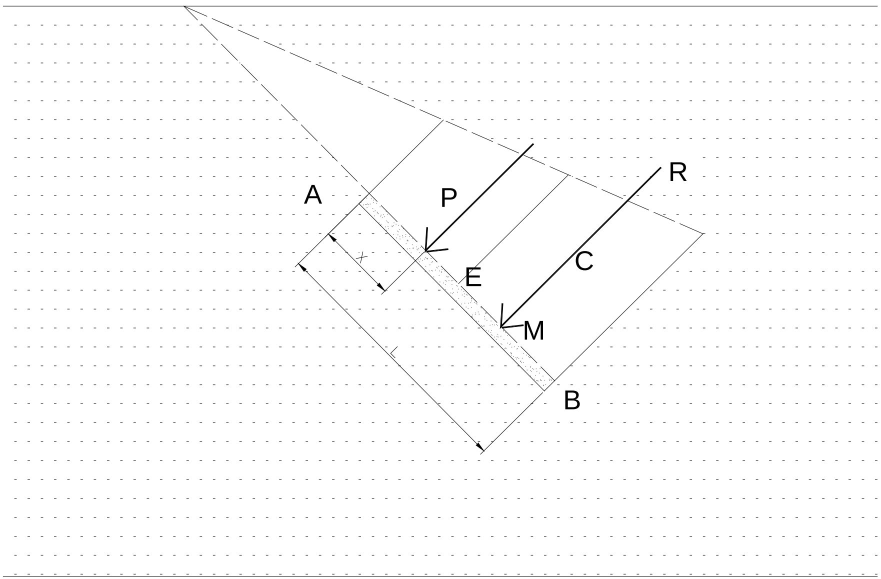
Su Yükü

Herhangi bir sıvıya daldırılmış bir yüzey üzerindeki hidrostatik basınç (Birim alana etki yapan kuvvet)

$$P = \gamma \, . \, h \quad \text{dir.}$$

Formülde :

P = Hidrostatik basınç
γ = Sıvının hacim ağırlığı
h = Serbest su yüzeyinden söz konusu noktaya kadar olan düşey mesafedir.

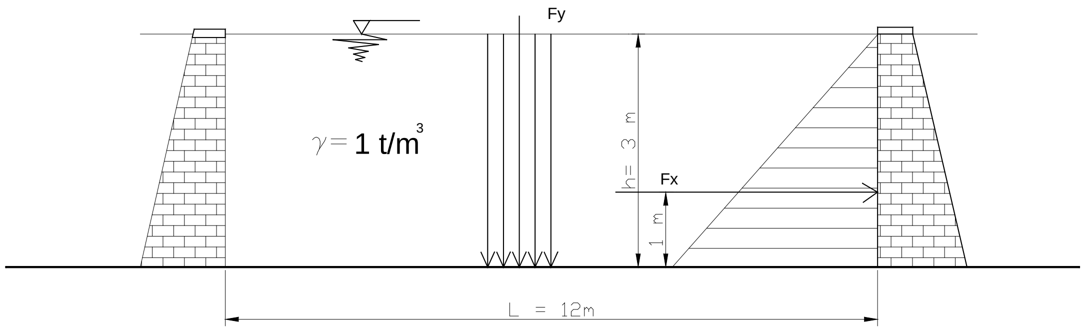


Daldırılmış bir dikdörtgen yüzey üzerinde etki yapan kuvvetler.

Daldırılmış yüzey üzerindeki basınç A noktasından x mesafesine bağlı olarak doğru orantılı olarak değişir. Dikdörtgen levhanın genişliği birim uzunluk olarak kabul edildiğinden buradaki (P) hidrostatik basıncı, yayılı yükün etki yaptığı kiriş örneğinden söz konusu olan birim uzunluktaki (ω) yüküne eşdeğerdir.
Levhanın üst yüzeyine etki yapan hidrostatik kuvvetler bileşkesi olan R nin şiddetinin basınç eğrisi altındaki alana eşit olduğu görülür. Aynı şekilde bileşke kuvvet R nin tesir çizgisi levha ile basınç eğrisi arasında kalan sendroidinden yani (C) den geçer.

Yukarıda verilen metotlar, bent ve baraj kapaklarının yüzeyine gelen hidrostatik kuvvetlerin hesaplanmasında kullanılır.

Örnek Şekilde gösterilen havuzda, havuzun birim genişliğindeki (1m) şeridinde tabana ve yan duvarlara gelen su basıncının (yükü) hesaplayınız?



Şekil : Havuz Kesiti

Çözüm:

1. Havuz tabanına gelen su basıncı.

Havuz tabanı sabit bir su basıncına sahiptir. Bu basıncın değeri:

$P = \gamma .h$ $\quad P = 1\ t/\ m^3 \times 3\ m = 3\ t/m^2$

12 m genişliğindeki bir havuzun birim (1 m) genişliğine gelen toplam hidrostatik kuvvet.

$Fy = P . A$ $\quad Fy = 3\ t\ /\ m^2 \times 12\ m \times 1\ m = 36\ ton \downarrow$

2. Havuzun yan duvarıma gelen su basıncı:

Yan duvarın birim uzunluğa gelen su basıncı:

$Fx = \frac{1}{2}\ \gamma\ .\ h^2 = \frac{1}{2} \times 1\ t/m^3 \times 3^2 = 4.5\ ton \longrightarrow$

Fx su basıncının tesir doğrultusu duvar yüzeyine dik olup tabandan itibaren $\frac{1}{3}$ h = 1m seviyesinde etki yapar.

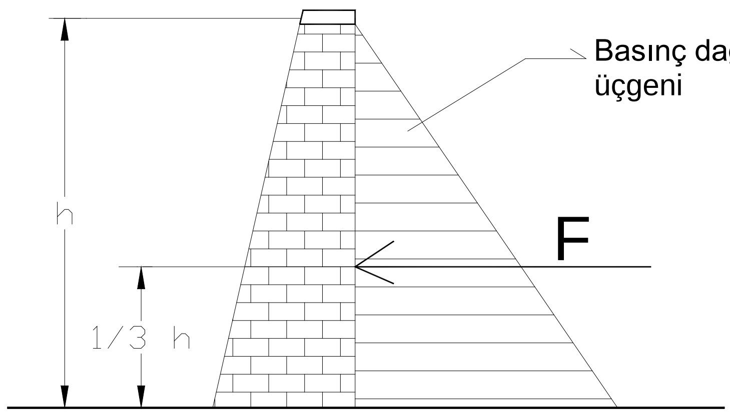
Toprak Yükü

İstinat duvarlarına iki şekilde toprak basıncı etki yapar.

1. Aktif toprak basıncı; Duvarın üzerine gelen dolgu toprağının yükü nedeniyle maruz kaldığı toprak basıncı.
2. Pasif toprak basıncı; Duvarın dolguya doğru az da olsa hareket etmesi sonucu maruz kaldığı maksimum toprak basıncıdır.

Duvarın maruz kalacağı toprak basıncı Rankin formülü ile hesap edilebilir. Duvarın birim uzunluğundaki aktif toprak basıncından ortaya çıkan yatay toprak basıncı :

$$F = \frac{\gamma h^2}{2}\left(\frac{1-SinQ}{1+SinQ}\right) \text{ dır.}$$



Şekil : Aktif toprak yükü.

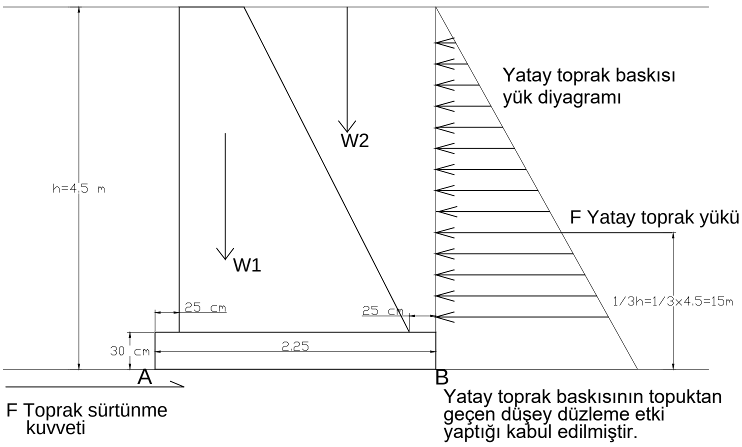
Formülde :

F = Aktif toprak basıncından ortaya çıkan yatay toprak basıncı.
γ = Toprağın hacim ağırlığı.
h = İstinat duvarının yüksekliği
Q = Toprağın doğal şev açısı

Toprağın cinsi	Doğal şev açısı (Q)	Hacim ağırlığı (ton/m³)
Kuru kil	45	1.75
Nemli kil	40	1.75
Islak kil	20	1.92
Kuru kum	35	1.60
Nemli kum	40	1.60
Islak kum	25	1.84
Çakıl ve kum	40	1.76
Kırılmış kaya	45	1.10

Toprağın doğal şev açıları ve hacim ağırlıkları.

Örnek : Şekilde görülen istinat duvarı arkasında nemli kilden bir toprak taşımaktadır.İstinat duvarının birim uzunluğuna gelen bileşke yükü hesaplayınız?



H = 4.5 m
Q = 40°
γ = 1.75 t/m³

İstinat duvarının toprak yüzeyine bakan tarafı eğimli olduğundan bileşke kuvvet R nin yatay toprak baskısı (F) ile düşey toprak baskısı (W2) olmak üzere iki bileşeni vardır.

1. Düşey toprak baskısı: Topuk ve eğimli yüzey üzerinde kalan kesiti, yamuk uzunluğu 1 m olan topuk prizmasının ağırlığına eşittir. (W2 = V.γ)

$$W_2 = \left(\frac{0.25 + 2.00}{2}\right) \times (4.5 - 0.30) \times 1.75 = 8.27t \downarrow$$

Bu W_2 = 8.27 tonluk kuvvet, yamuk kesitin senroidine etki yapmaktadır.

2. Yatay toprak basıncı:

$$F = \frac{\gamma h^2}{2}\left(\frac{1 - SinQ}{1 + SinQ}\right)$$

$$F = \frac{1.75 \times 4.5^2}{2}\left(\frac{1 - Sin40}{1 + Sin40}\right) = 17.7\frac{0.36}{1.64} = 3.89t \leftarrow$$

Yatay toprak basıncı F, yük diyagramının sentroidinden istinat duvarının tabanından itibaren 1/3 h =1.5 m seviyesinden etki yapar.

3. Bileşke toprak baskısı;

$$R = \sqrt{\left(F^2\right) + \left(W_2\right)^2} \quad = \quad \sqrt{(3.89)^2 + (8.27)^2} = 9.1 \text{ t}$$

$$\tan \alpha = \frac{F}{W^2} = \frac{3.89}{8.27} = 0.47 \qquad \alpha = 25^\circ$$

R = 9.1 t

Bu şekilde istinat duvarının birim uzunluğuna gelen bileşke toprak baskısı hesaplandıktan sonra (R) duvarın yapıldığı malzeme dikkate alınarak duvarın AB düzleminde zemine ilettiği toplam bileşke baskı hesaplanır. Bundan sonra daha önze olduğu gibi istinat duvarının stabilitesi hesaplanır. Stabilite hesaplamalarında duvar tabanı ile taşıyıcı zemin arasındaki sürtünme kuvveti hesaplanır.

Zeminin cinsi	Sürtünme katsayısı (f)
Kuru kil	0.50-0.60
Islak kil	0.33
Kum	0.40
Çakıl	0.60

Toprakların sürtünme katsayısı

AĞIRLIK MERKEZİ VE SENDROİD

Yapılarda ağırlık merkezi ya da sendroid in dogru bir şekilde tayin edilmesi büyük bir önem taşır. Bu işlemler doğru bir biçimde yapılmaması durumunda tehlikeli sonuçlar doğurabilecek dengesiz kuvvetler ortaya çıkabilir. Cismin ağırlığı olarak tanımlanan (W) kuvveti cismin ağırlık merkezinde etkilemektedir. Ancak yer çekiminin rijit cisimler üzerindeki etkisi tüm cisme yayılmış olan çok sayıdaki küçük kuvvetlerle temsil edilebilir.

Bir paralel kuvvet sisteminin bileşkesi de (W) aynı doğrultuda ve yünde paralel kuvvet olacaktır. W kuvvetinin şiddeti, plağı temsil eden n sayıdaki elementin ağırlıkları toplamına eşit olacaktır.

$$\Sigma F_n : W = \Delta W_1 + \Delta W_2 + \Delta W_3 + \ldots\ldots\ldots\ldots + \Delta W_n$$

Bileşke kuvvet (Ağırlık) W nin tatbik noktası X ve Y koordinatlarını bulmak için, bileşe kuvvet W nin x ve y eksenlerine göre momentlerini, elementlrin ağırlıklarının aynı eksenlere göre momentleri toplamlarına eşit olarak alınır.

SÜRTÜNME

Birbirleri ile temas halindeki cisimlerin temas yüzeylerinin tamamen düzgün olduğu, bu nedenle de ortaya çıkan tepki kuvvetlerinin olmadığı kabul edilmiştir. Ancak iyi ve köyü etlkisi ile bütün yapı elemanların da mevcut bulunan dış kuvvetin ortaya çıkardığı dirence sürtünme denir. Bu tanımdan da anlaşılacağı gibi engelleyici bir kuvvet olan sürtünme, daima hareket ya da hareket eğilimine karşı etki yapar.

Bütün fiziksel olaylarda olduğu gibi sürtünme hem iyi hem de kötüdür. Hem enerji kayıplarına hem de parçaların aşınmasına neden olur. Diğer taraftan ise araçların durdurulmasında fren etkisin yaratılması ile duvarların arkasındaki baskılara karşı durabilmesi gibi olumlu yönleri de bulunmaktadır.

Sürtünme aşağıda belirtilen etkenlere bağlıdır.

1. Bir cismin diğerine temas yüzeyinde tatbik ettiği kuvvet. Bu kuvvet her zaman yüzeye diktir.
2. Temas yüzeyinin niteliği . Tamamen pürüzsüz yüzeyler sürtünmesizdir. Buna karşın pürüzlü yüzeylerde sürtünme yüksek değerlere çıkabilir.
3. İyi yağlanmış düzgün yüzeylerde bile statik sürtünme oldukça yüksektir.

Sürtünme Açısı ve Sürtünme Katsayısı

Normal kuvvet N ve sürtünme kuvveti F, birbirlerine diktirler. Bunların bileşkeleri R, bu iki kuvvetin vektörel toplamına eşittir.

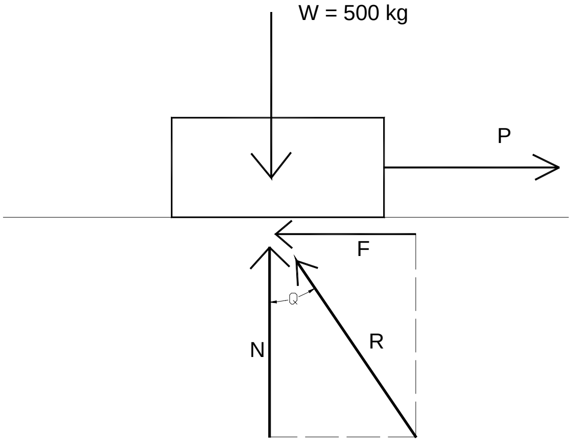
Normal kuvvet N ile bileşke kuvveti R arasındaki açı θ ise:

$\tan\theta = \frac{F}{N}$ ya da F = N. Tan θ ilişkisi yazılabilir.

Statik problemlerinde Tan θ nın bu maksimum değeri çok önem taşır. Tan θ nın bu maksimum değerine *sürtünme katsayısı* (f) denir. θ açısı ise sürtünme açısı olarak tanımlanır. Bu durumda aşağıdaki ilişkiler yazılabilir.

$$f = \frac{F}{N}$$

$$F = f.N$$



Yukarıda verilen sistemde temas yüzeyleri arasında sürtünme katsayısı f = 0.76 dır. Sürtünme kuvvetine denk yatay kuvveti hesaplayınız.

W = N = 500 kg   Tan θ = 0.76

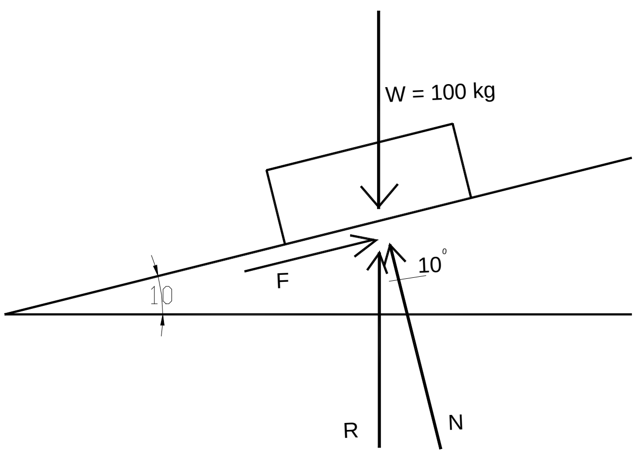
$\text{Tan } \theta = \frac{F}{N}$ $0.76 = \frac{F}{500}$

F = 380 kg ← dır. P kuvvetinin F kuvvetini karşılaması istendiğinden P=F= 380 Kg → dır.

Şev Açısı

Cismin oturduğu düzlem yatayla α açısı yapacak şekilde ise statik sürtünme katsayısı temas yüzeyinin cinsine ve şartına bağlı olduğundan $\left(f = \frac{F}{N}\right)$, α eğim açısının bütün değerleri için sabit kalacaktır. Buna karşılık temas yüzeyine dik olan N normal kuvveti ise α açısına bağlı olarak azalacaktır. Ve α = 90º olduğu zaman cismin AB temas yüzeyine herhangi bir kuvvet tatbik edemeyeceğinden N = 0 olacaktır.

Örnek; Aşağıda şekilde görülen sistem f = 0.3 ise dengedemidir?



N= W olduğundan gerek sürtünme kuvveti, N normal kuvvetinin değerine bağlı olacaktır.

N= 100.Cos α = 100 . Cos 10º

N= 98.5 kg

Bloğu hareket ettirmeye çalışan F’ kuvveti

F’ = N. Tan α = 98.5 x Tan 10º = 17.34 kg

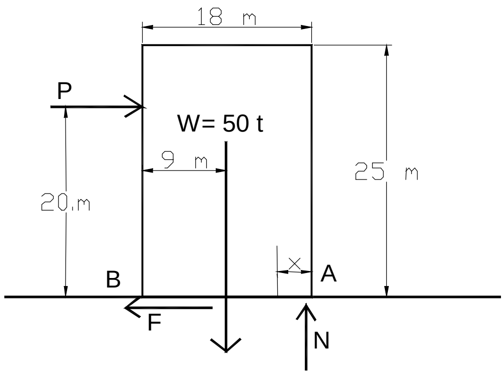
Sistem için maksimum sürtünme kuvveti :

F = f . N = (0.3) x (98.5) = 29.55 kg

F = 29.55 > F’ = 17.34 kg Blok hareket etmez.
Verilen sistemde α açısı 18º olursa blok kayacak mı bunun kontrolünü yaparsak.
N = 100 . Cos α = 100 . Cos 18º

N = 95.1 kg
Bu nedenle F’ kuvveti:
F’ = N . Tan α = 95.1 x Tan18º = 30.8 kg
Maksimum sürtünme kuvveti F:
F = f. N = (0.3) x (95.1) = 28.5 kg Bloğu kaydırmaya çalışan (F’ =30.9 kg) maksimum sürtünme kuvvetinden (F = 28.5 kg) büyük olduğundan blok kayacaktır.
Bloğun kaymasını önlemek için eğime ters yönde uygulanacak kuvvet;
P = F’ – F = 30.9 – 28.5 = 2.4 kg dır.

Örnek : Aşağıda verilen yapı sisteminin ağırlığı W = 50 tondur. Sürtünme katsayısı (yapı ile üzerinde oturduğu zemin arasındaki) = 0.35 dir. Yapıyı hareket ettirecek P kuvvetini hesaplayınız.



Yapının zemin üzerinde kayması ya da A noktası etrafında yapının saat ibresi yönünde devrilmesinin kontrol edilmesi gerekmektedir.

Yapının ağırlığı, sentroidden geçen düşey doğrultuda etki yapar. Buna karşılık normal kuvvet (N) in pozisyonu değişir. Örneğin eğer P kuvveti yapıyı A noktası etrafında döndürme eğiliminde iken B köşesini havaya kaldırırsa, zemin ile yapı noktası arasında tek temas noktası A olacaktır. Bu durumda x mesafesi 0 olacak ve N normal kuvveti A noktasından geçecektir. Buna karşın B noktası havaya kalkmazsa, zemin tarafından yapıya etki yaptıran normal kuvvet N nin tesir çizgisi pozisyonu B noktasına doğru kayacaktır.

1. Problemin çözümü için öncelikle yapının zeminle ortak yüzeyinde kayacağını düşünelim. Bu durumda P kuvvetine karşı koyan tek kuvvet F sürtünme kuvveti olacaktır.

$$F = f \, . \, N = (0.35) \times (50) = 17.5 \text{ t}$$

$\xrightarrow{+} \sum F_x = 0$ P – 17.5 t = 0 P = 17.5 t $\rightarrow$

Bu nedenle, yapıyı yapı yı kaydırmaya yeterli kuvvet P = 17.5 ton dur.

2. Eğer P kuvvetinin etkisi altında, yapı A noktası etrafında devriliyor ise, bu anda normal kuvvet N, A dan geçeceğinden bu kuvvetin moment kolu “0” olacaktır.

$\curvearrowright + \sum M_A = 0$ 20 P – 9 W = 0

20 P – (9) . (50) = 0

20 P – 450 = 0

$$P = \frac{450}{20} = 22.5 ton \rightarrow$$

Yapıyı kaydırmak için gerekli yatay kuvvet P = 17.5 ton dur. A noktası etrafında devirmek için gerekli kuvvet (P = 22.5 ton) küçük olduğundan yapı devrilmeden önce zemin üzerinde kayacaktır. Yapının kayması anında N normal kuvvetin pozisyonunun A noktasından olan uzaklığının hesabı:

$\curvearrowright + \sum M_A = 0$ 20 P + N.x – 9 W = 0

$+\uparrow \sum F_y = 0$ N – W = 0 N – 50 = 0 N = 50 t

(20) . (17.5) + (50) . (x) – (9) . (50) = 0

50 x + 350 –450 = 0

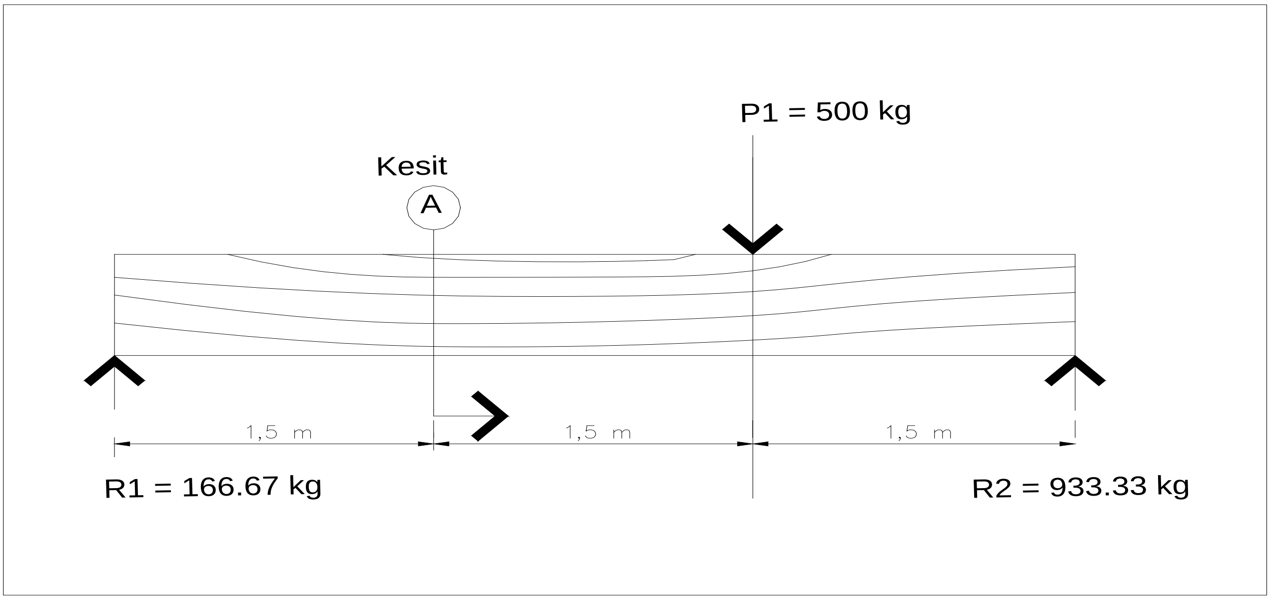
$$x = \frac{450 - 350}{50} = 2m$$

Yapının ağırlığı (W = 50 ton) tesir çizgisinin A noktasına uzaklığı 9 m, normal kuvvet N inki ise 2 m dir. Bu nedenle P kuvvetinin etkisi ile, N kuvvetinin tesir çizgisi yapının ağırlık merkezinden 7 m sağa kaymıştır.

.

Maksimum Eğilme Momenti: Eğilme momenti, kiriş üzerine uygulanan kuvvetler ve mesnet tepkilerinden kaynaklanan gerilmedir. Kirişin herhangi bir kesitindeki eğilme momenti, kesitin herhangi bir tarafındaki momentlerin toplamına eşittir.

Konu sayısal bir örnekte aşağıda ayrıntılı bir biçimde açıklanmıştır.



Şekil : Eğilme Momenti

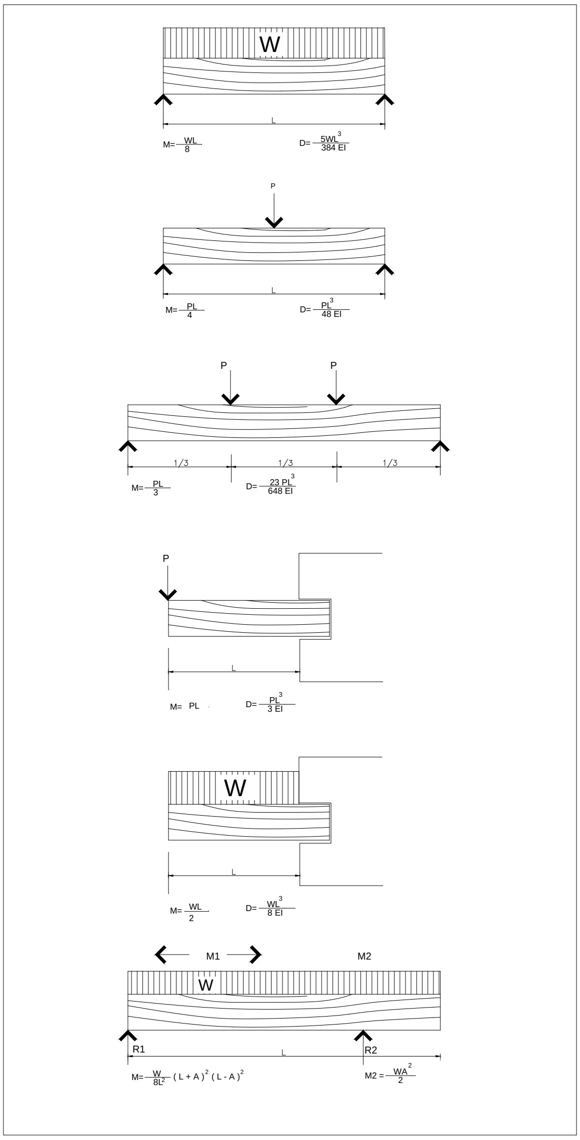
Kuvvetler sisteminde A kesitinin soluna göre moment hesaplandığında; R1 deki mesnet tepkisi 166.66 kg (R1= 750 kgm/ 4.5 m) olarak bulunur. Bu tepkiyle 1.5 m lik bir kuvvet kolu uzunluğu dikkate alındığında eğilme momenti, 1.5 m x 166.67 kg = 249.99 olarak hesaplanır.

A kesitinin sağ tarafı için moment hesaplandığında 500 kg lık bir tekil yüke, R2 noktasında 333.33 kg'lık (R2 = 1500 kgm/4.5 m) mesnet tepkisi ile karşılık verilmektedir. 500 kg lık kuvvette kuvvet kolu uzunluğu 1.5 m, 333.33 kg lık mesnet tepkisine kuvvet kolu uzunluğu 3.0 m olduğuna göre;

500 kg lık kuvvetin momenti 1.5 m x 500 kg = 750 kgm,
333.33 kg lık mesnet tepkisinin momenti de,
3.0 m x 333.33 kg = 999.99 kgm olarak hesaplanır.

Momentlerin zıt yönlerde olması nedeniyle mesnet tepkisinin momentini negatif (-), uygulanan kuvvetin momentini pozitif (+) olarak kabul edersek . Buna göre :

(+ 750 kgm) + (- 999.99 kgm) = 249.99 kgm lik bir moment ortaya çıkmaktadır. Kirişin her ikiyanındanda eğilme momenti 249.99 kgm dir. Hesaplamalar birbirinini doğrulamaktadır.

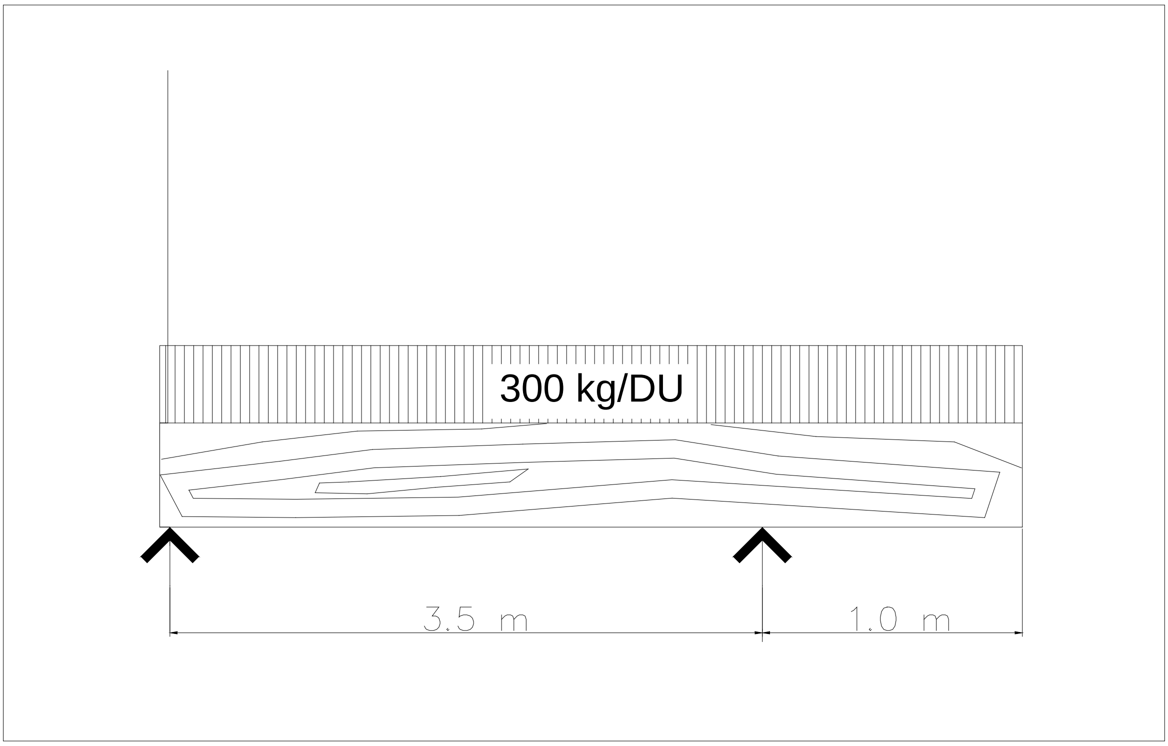


Aşağıdaki şekilde kirişlerdeki maksimum eğilme momentleri formüllerle verilmiştir. Bu formüller, yük ve mesnet koşullarına uygun olarak kullanıldıklarında, maksimum eğilme momentleri güvenli olarak hesaplanabilir.

Şekil : Tipik kirişlerde maksimum moment (M) ve Sehim (D) formülleri.

Bu formüllerin kullanımını sayısal bir örnekle daha iyi açıklanabilir.

Aşağıda verilen örnekte, bir binanın duvarından itibaren yatay düzleme paralel olarak uzanan bir çıkmalı kirişte; 1 m için 300 kg lık yayılı bir yük uygulanmaktadır. Örnekte verilen kiriş karakteri şekilde verilen formüllerin sonuncusuna uygundur. Buna göre maksimum eğilme momenti doğrudan R2 mesnet noktasının üzerinde bulunan R1-R2 kuvvet kolu arasında birçok noktada olabilir. Hangi momentin en büyük olduğu, kirişin çıkmalı bölümünün uzunluğuna bağlıdır. En büyük momenti bulmak için önce kirişteki maksimum momenti ve R2 mesnedine göre momenti hesaplamak gerekecektir. Bu şekilde hangi momentin en büyük olduğu ortaya çıkacaktır.



Şekil : Çıkmalı kirişte yayılı yük.

Kirişteki maksimum moment (M1) hesaplandığında,

M1 = $\left[W/\left(8L^2\right)\right]\left(L+A\right)^2 x\left(L-A\right)^2$

M1 = $\left[300kg/\left\{8x\left(3.5m^2\right)\right\}\right]x\left(3.5+1.0m\right)^2 x\left(3.5m-1.0m\right)^2$

M1 = $\left(300/98\right)x\left(4.5\right)^2 x\left(2.5\right)^2$

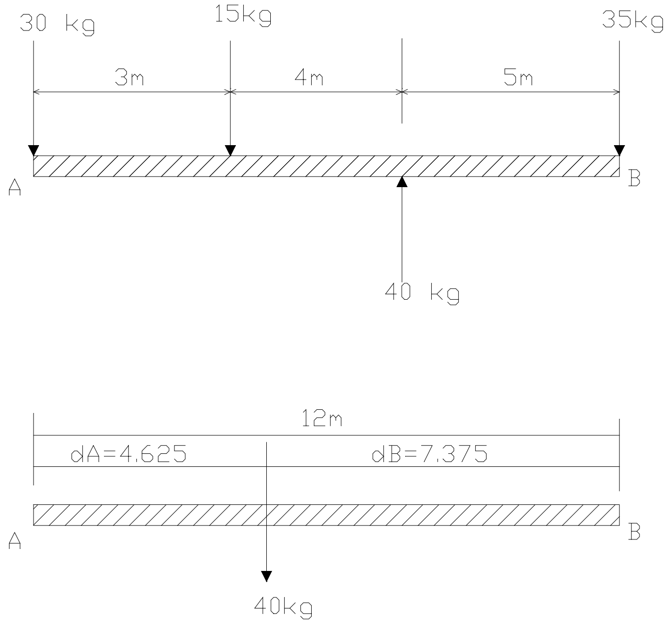
M1 = 387.29 kgm bulunur.

R2 ye göre moment (M2) ise:

M2 = (WA)/2 =[300 kg x (1 m)^2]/ 2

M2 = 300 /2 = 150 kgm olarak hesaplanır.

Bu durumda maksimum eğilme momenti 387.29 kgm ile R2 momentinin sol tarafında yani kirişin R1-R2 mesnet noktaları arasındaki bölümde ortaya çıkmaktadır



Şekil ....

Çözüm :

$R = \sum F$ $\qquad R = -30 - 15 + 40 - 35$

$\qquad R = -40$ kg $\qquad \downarrow$

Kuvvetin pozisyonu:

$M_R = \sum M_A = R\,.d$

$+\sum M_A = 15 \times 3 - 40 \times 7 + 35 \times 12 = 40\, d_A$

$185 = 40\, d_A$ $\qquad d_A = 185 / 40 = 4.625$ m

Ortak Kesim Noktası Bulunmayan Kuvvetler Sisteminin Bileşkesi

Bileşkenin bileşenleri verilen kuvvet sisteminin bileşkelerinin toplamına eşittir. Aşağıda bu durum açıklanmıştır.

$R_x = \sum F_x$

$R_y = \Sigma F_y$

Bileşke kuvvet R in Momenti = R.d $= \sum M$

Bileşke kuvveti ve doğrultusu ise:

$$R = \sqrt{Rx^2 + Ry^2}$$

$$\text{Tan}\,\alpha\,x = \frac{Ry}{R\,x}$$

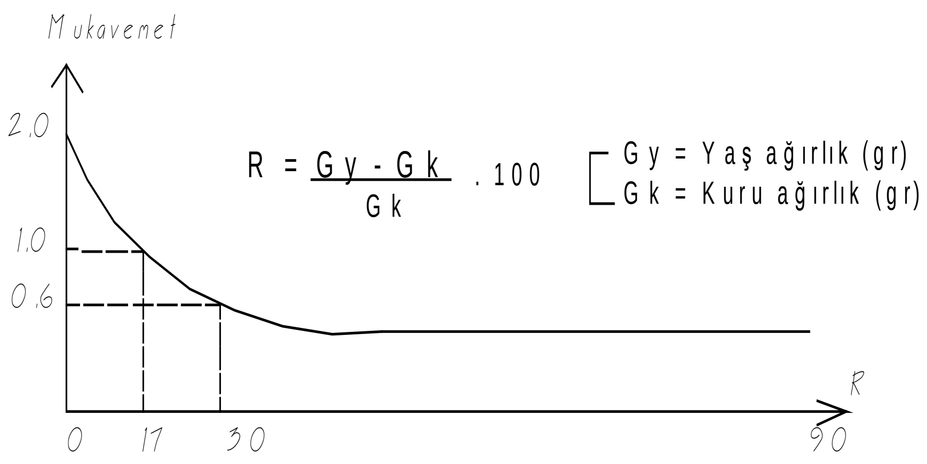
Örnek ....

TAŞIYICI İSKELET MALZEMESİ OLARAK AHŞAP

Bilindiği gibi ahşap bir merkez etrafında iç içe daireler üzerinde sıralanmış borucuklardan oluşmuş bir demet şeklinde oluşmuştur. Mukavemeti bu borucukların oluşu ve çeşitli etmenlere göre değişime uğrar. Bu etkenlerin bazıları şunlardır: iklim, arazi, rüzgarlar, ormanın yoğunluğu, çeşitli hastalıklar, budaklar, büyüme kusurları, kesilme ve kullanma yaşı, nemlilik. Ayrıca ağacın cinsi (çam. Meşe, sedir), ağacın yeri, ahşabın ağaçtaki yeri(köke yaklaştıkça mukavemet azalır), ahşabın ağaç kesiti içindeki yeri(öz'den kabuğa doğru gittikçe mukavemet artar), ahşabın mukavemetine etkiyen önemli etmenlerdir.

1. Nem Etkisi

   Nemlilik (Rutubet) derecesinin ahşap mukavemeti üzerine büyük ölçüde etkisi vardır. Ahşapta nemin % 30 u geçmesi halinde mukavemet sabit kalmaktadır.



Şekilde verilen diyagramda ordinatlar türü ne olursa olsun genel olarak mukavemeti apsisler ve nemlilik dereceleri göstermektedir.

Nemlilik derecelendirmesi bakımından ahşap, yürürlükteki şartnamemize göre üç gruba ayrılmıştır.

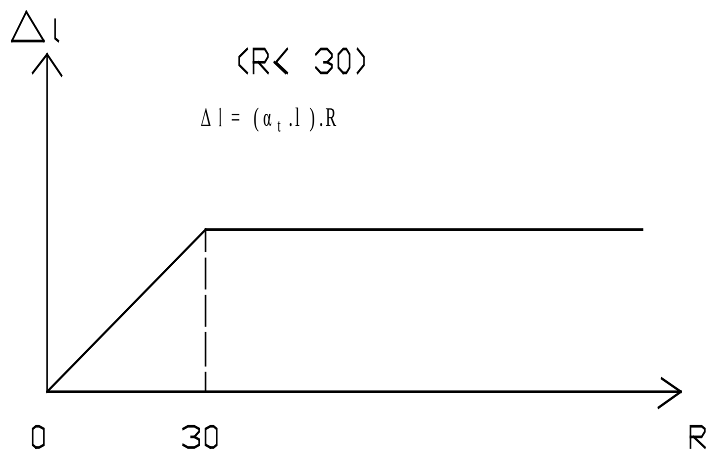
AHŞAP	Nemlilik derecesi
Kuru	R < 20
Yarı Kuru	20 < R < 30 (*)
Yaş	R > 30 (*)
(*) Kesit alanı F> 200 cm² ise : 30 yerine 35	

2. Isı Etkisi

Ahşapta (α_t) ısı katsayısı küçük olduğundan, ısı etkisi hesaba katılmaz. Isı etkisinin küçük olmasının yanında ise ısı ve rötreden ileri gelen gerilme ve deformasyonların ters yönde oluşmasıdır.

3. Rötre Etkisi

Ahşapta rötre etkisi çok önemlidir. Rötre(Büzülme) olayı, nemlilik derecesi azalan ahşapta boyutların küçülmesi olarak tanımlanmaktadır. Tersine nemlilik derecesi arttıkça boyutlar büyür. Buna sişme denir. Her iki olayda nemlilik derecesi % 30 den düşük olan ahşapta görülür ve boy değişimleri ile buna neden olan nemlilik derecesi değişimi arasındaki bağıntı (lineer) dir.



Montajı yapılmış olan ahşap, havanın rölatif nemlilik derecesine bağlı olarak rötre yapar ya da şişer. Bu olay pratikte "Ahşap Çalışır" şeklinde ifade edilmektedir.

Nemlilik derecesinin (% 1) değişmesine tekabül eden birim boy değişmesine rötre (ya da şişme) katsayısı denir. Değerleri doğrultulara göre çok değişir. Liflere paralel doğrultuda (α_1), liflere dik ve yıllık halkalara da dik doğrultudaki (α_2), liflere dik ve yıllık halkalara teğet doğrultudaki (α_3) ile gösterilmektedir.

Ahşap Çeşidi	α_1	α_2	α_3	$\alpha_1 : \alpha_2 : \alpha_3$
Çam Sınıfı	0,0001	0,0012	0,0024	1 : 12 : 24
Meşe ve Kayın	0,0001	0,0020	0,0040	1 : 20 : 40
Rötre ve şişme deformasyonlarının serbestçe oluşamayacağı hallerde bu değerler yarıyarıya kullanılır.				

4. Elastisite Modülü

Elastik deformasyon (örmeğin, sehim ya da liflerdeki dik doğrultuda ezilme) hesaplarında E- Modülü yukardaki değerlerden kullanılır.

Ahşap Çeşidi	E (liflere paralel) (kg/cm²)	E (liflere dik) (kg/cm²)
Çam Sınıfı	100.000	3.000
Meşe ve Kayın	125.000	6.000

5. Emniyet Gerilmeleri

Ahşap yapı elemanlarının boyutlandırılmasında, ya da belli oranlarda gerilmelerin kontrol edilmesinde kullanılmak üzere emniyet gerilmeleri aşağıdaki çizelgede verilmektedir. Verilen değerler kuru ya da yarı kuru ahşaplar içindir. Yaş ahşap kullanıldığı zaman bu değerlerin 2/3 oranında azaltılmaları gerekmektedir. Bu nedenle

a. Aşağıda belirtilen hallerde emniyet gerilmeleri (2/3) ile çarpılarak kullanılırlar.

Kafes Kirişler

Yapı unsurlarından önemli birisi de kafes kirişlerdir. Kafes kirişler özellikle köprüler ve geniş açıklıklardaki yapıların örtülmesinde pratik ve ekonomik bir çözüm olarak sık sık kullanılmaktadır. Bir kafes kiriş, çubukların aynı düzlem üzerinde uçlarından birbirleriyle eklenmesi ile oluşan bir yapı sistemidir. Kafes kirişlerde ana geometrik birleşme formu üçgendir. Bunun nedeni bir düzlemin en fazla üç noktadan geçmesi bu nedenle de kuvvet etkisi altında kenarlarının uzunluğu değişmeden şekli bozulmayan tek şeklin üçgen olmasıdır.

Kafes kiriş sistemlerde üçgen köşelerine düğüm adı verilir. Her bir düğümde birleşen elemanlar (çubuklar) çubuk kuvvetlerinin tesir çizgileri düğümde ortak bir noktadan geçecek şekilde düzenledirler.

Kaynakça:

Balaban, A., 1974. Mühendislik Mekaniği. Cilt 1., Yapı statiği. A.Ü. Ziraat Faklültesi Yayınları No: 531. Ankara

Altunkasa, F., 1996. Peyzaj Mühendisliği. Ç. Ü Ziraat Fakültesi Genel Yayın No .123 Ders Kitapları Yayın No: 36. Adana

Anonim, 1996 Yapı İşleri Mevzuatı El Kitabı. TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Ankara Subesi. Bizim Büro Basımevi. Ankara.

Erten, E., 1992. Yapı Elemasnları 1-2, K.T.Ü. Mühendislik Mimarlık Fakültesi. Fakülte Ders Notları 32. KTÜ Basımevi Tranzon.

Atımtay, E., Betonarma Sistemlerin Tasarımı, ODTÜ İnşaat Müh. Böl. Haziran 2001. Ankara.

Özaydın, K., 2001. Zemin Mekaniği, Birse Yayınevi. İstanbul.