

TAŞIYICI SİSTEMLER

TANIMLAR

- Yapıya gelen sabit ve hareketli yükleri emniyetli bir şekilde taşıyan, diğer bir elemana veya mesnetler aracılığıyla zemine aktaran, yapının 3 boyutlu olarak ayakta kalmasını sağlayan elemanlara **“Taşıyıcı Sistem”** denir.

- Taşıyıcı sistem çubuklarının birbirine bağlandıkları yerlere **“Düğüm Noktası”** adı verilir.

- Taşıyıcı elemanların yüklerini zemine veya diğer bir elemana aktardıkları ve bu elemanın uzaydaki veya düzlemdeki hareket serbestliğini (ötelenme ve dönme) kısıtlayan destek noktasına “**Mesnet**” denir.

TAŞIYICI SİSTEMLERİN SINIFLANDIRILMASI

Taşıyıcı sistemler iki ayrı şekilde sınıflandırılabilir.

BOYUTLARI BAKIMINDAN SINIFLANDIRMA

1. Bir boyutlu / Çubuk sistemler
2. İki boyutlu / Yüzeysel sistemler
3. Üç boyutlu / Uzaysal sistemler

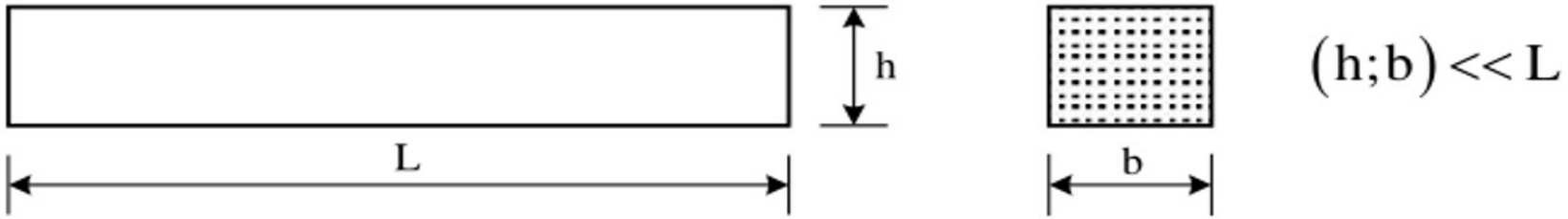
HESAP YÖNTEMLERİ BAKIMINDAN SINIFLANDIRMA

1. İzostatik Sistemler
2. Hiperstatik sistemler

BOYUTLARI BAKIMINDAN TAŞIYICI SİSTEMLER

1. BİR BOYUTLU / ÇUBUK SİSTEMLER

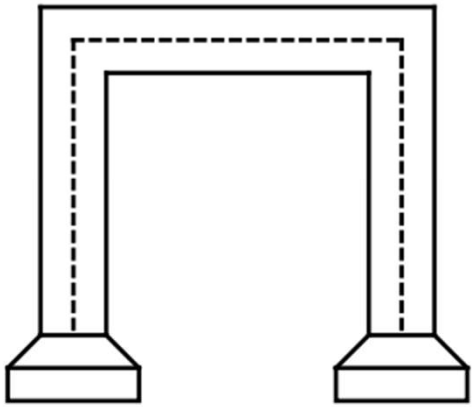
Uzunlukları, kesit boyutlarına oranla oldukça büyük olan taşıyıcı elemanlardır.



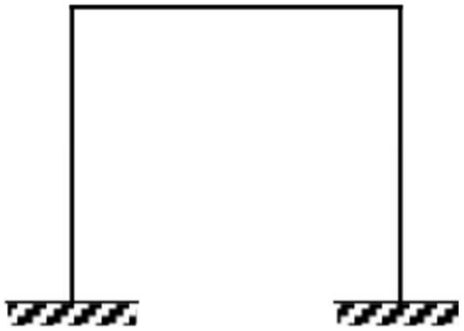
BOYUTLARI BAKIMINDAN TAŞIYICI SİSTEMLER

1. BİR BOYUTLU / ÇUBUK SİSTEMLER

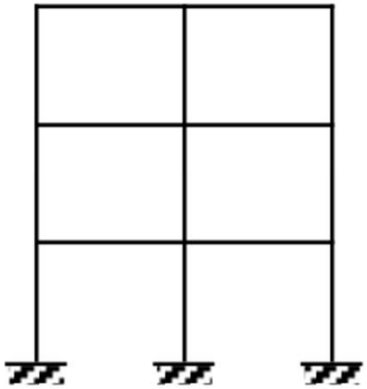
Mühendislik analizlerinde kolaylık sağlaması adına, bu elemanların geometrisi kesitlerinin ağırlık merkezinden geçen bir eksen çizgisi ile temsil edilir.



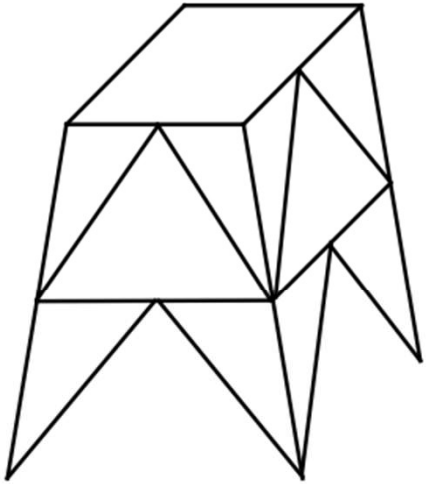
Yapı



Yapı Sistemi



Düzlem çubuk sistem



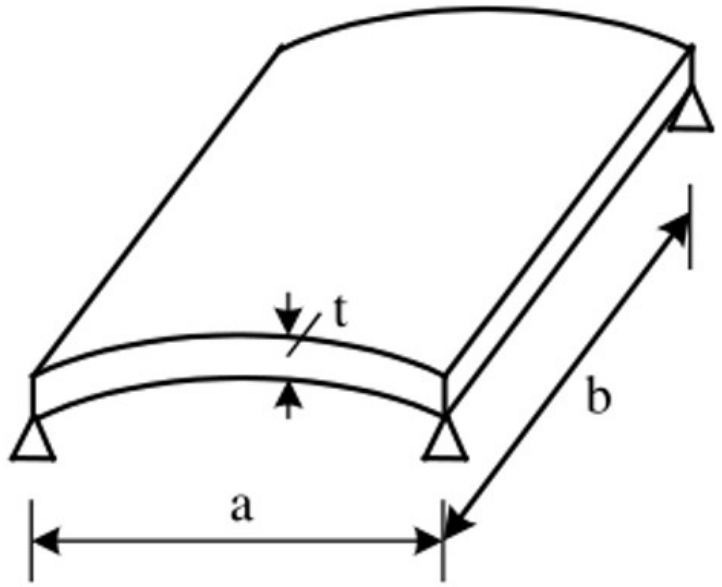
Uzay çubuk sistem

BOYUTLARI BAKIMINDAN TAŞIYICI SİSTEMLER

2. İKİ BOYUTLU / YÜZEYSEL SİSTEMLER

Bir boyutu (kalınlığı) diğer iki boyutunun yanında küçük olan elemanlardır.

Örnek olarak; plak, perde, kabuk ve levha.



$$t \leq \frac{a,b}{10-20}$$

BOYUTLARI BAKIMINDAN TAŞIYICI SİSTEMLER

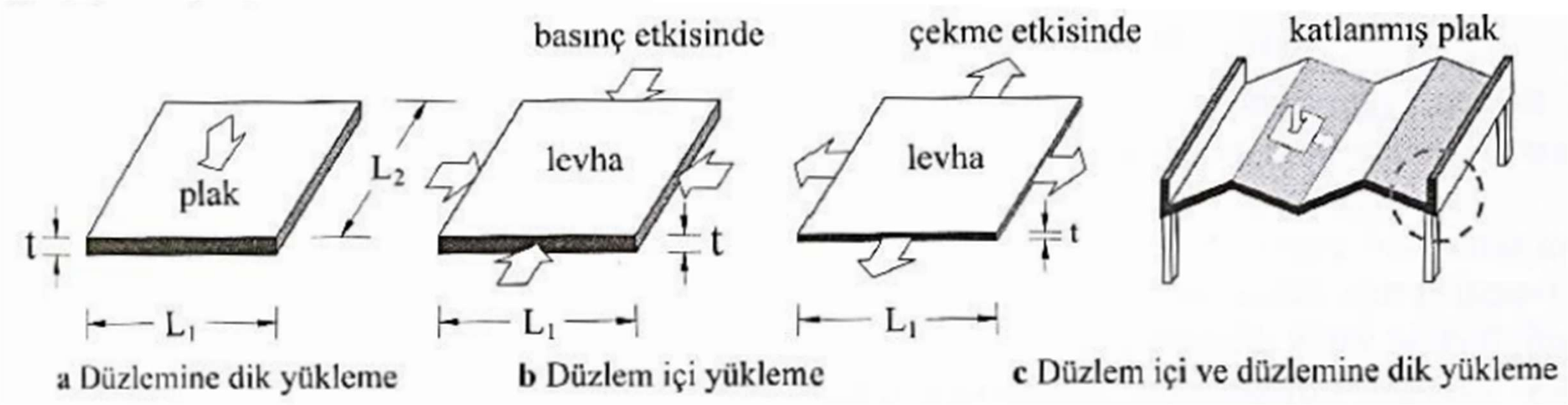
2. İKİ BOYUTLU / YÜZEYSEL SİSTEMLER

PLAK: Düzlemine dik yükler etkisindeki elemanlardır.

LEVHA: Düzlemi içindeki yükler etkisindeki elemanlardır.

PERDE: Düzlemi içinde ve düzlemine dik yükler etkisindeki elemanlardır.

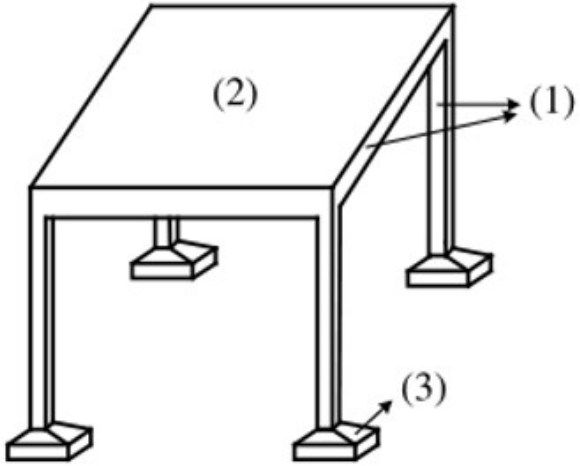
KABUK: Eğri yüzeyli elemanlardır.

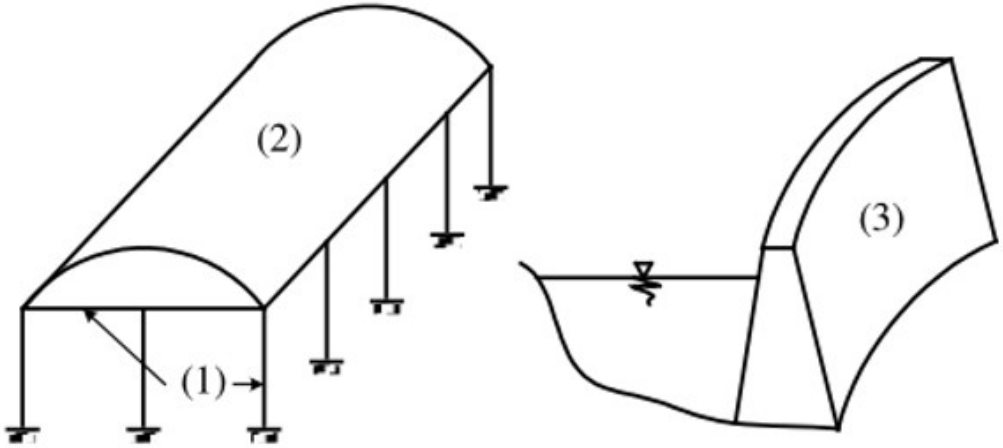


BOYUTLARI BAKIMINDAN TAŞIYICI SİSTEMLER

3. ÜÇ BOYUTLU / UZAYSAL SİSTEMLER

Üç boyutu da aynı önemde olan elemanlardır. (kalın plak, kalın levha, temel blokları, baraj gövdesi vb.).





HESAP YÖNTEMLERİ BAKIMINDAN TAŞIYICI SİSTEMLER

1. İZOSTATİK SİSTEMLER

İzostatik (statikçe belirli) sistemler, bilinmeyen mesnet tepkileri ve iç kuvvetlerin sadece statik denge denklemleri kullanılarak tamamen çözülebildiği yapısal sistemlerdir.

$$\sum F_X = 0$$

$$\sum F_Y = 0$$

$$\sum M = 0$$

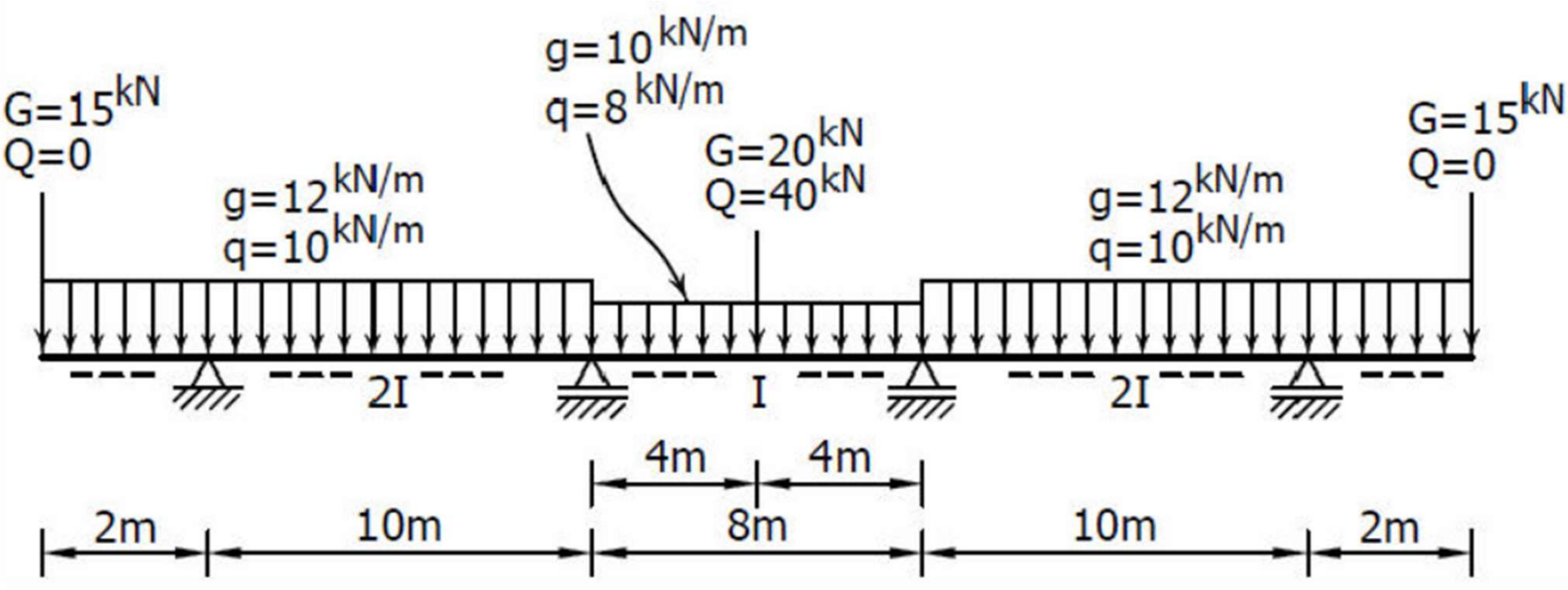
Bilinmeyen sayısı ve denklem sayısı eşittir.

Basit kirişler bu tip sistemlere örnek olarak gösterilebilir.

HESAP YÖNTEMLERİ BAKIMINDAN TAŞIYICI SİSTEMLER

2. HİPERSTATİK SİSTEMLER

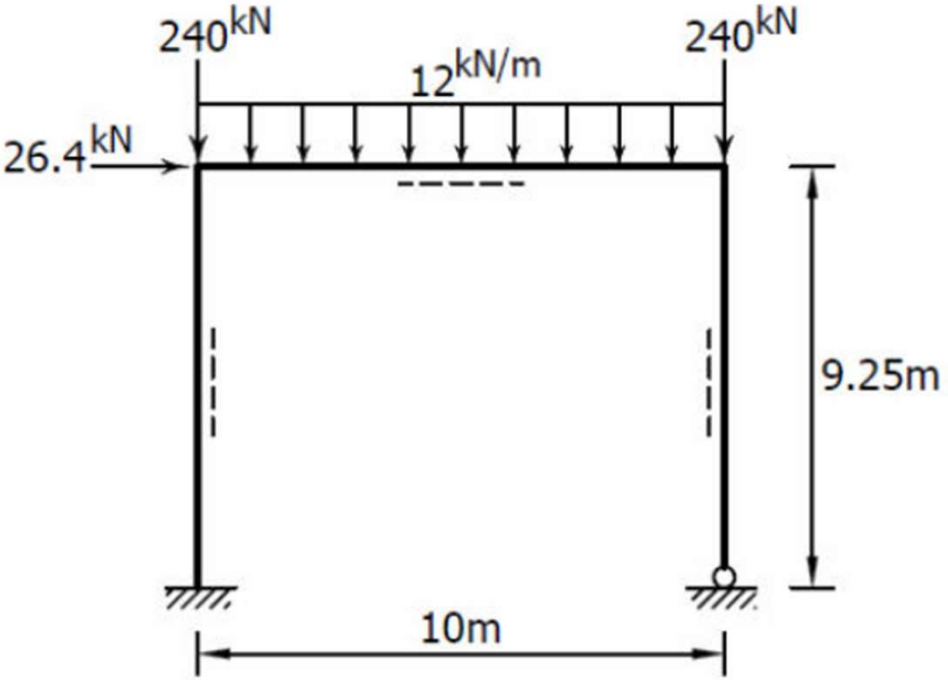
Dış etkiler (yük, sıcaklık, mesnet çökmesi vb.) altında oluşan mesnet tepkilerinin ve kesit tesirlerinin yalnızca klasik denge denklemleriyle çözülemediği, statikçe belirsiz yapı sistemleridir.

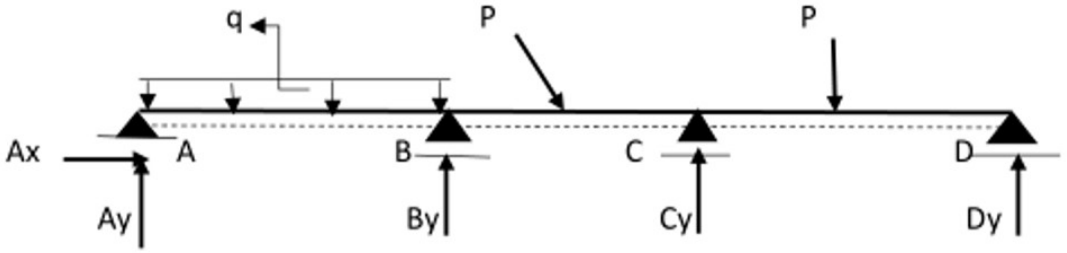


HESAP YÖNTEMLERİ BAKIMINDAN TAŞIYICI SİSTEMLER

2. HİPERSTATİK SİSTEMLER

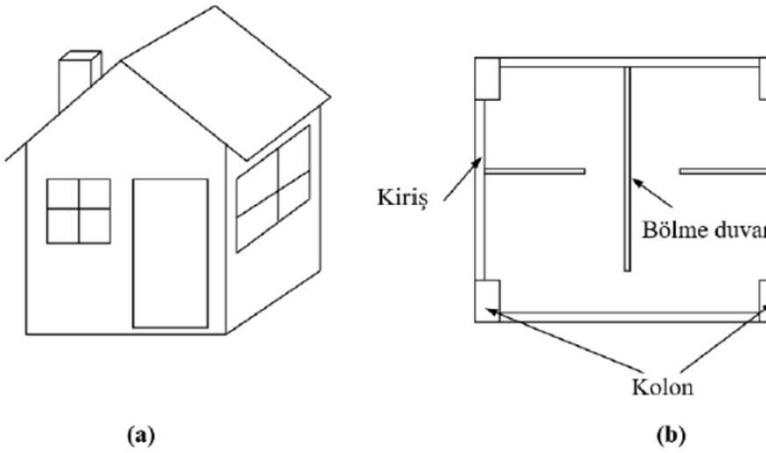
Bu sistemlerde bilinmeyen sayısı, denklem sayısından fazladır. Bu nedenle sadece denge denklemleriyle çözüm bulunamaz. Çözüm için geometrik süreklilik adı verilen ilave denklemlere ihtiyaç vardır.





YAPI MODELİ

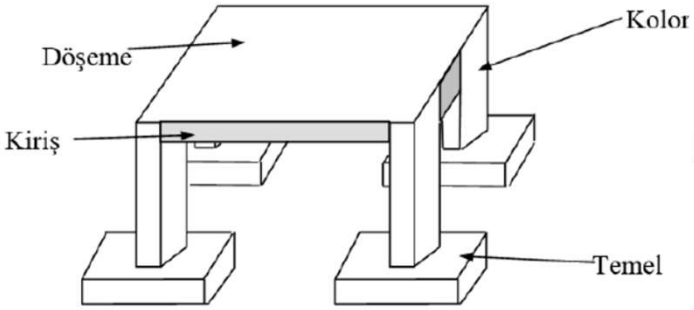
Bir yapının yük altındaki davranışının hesaplara yansıtılması için bazı kabuller ve idealleştirmeler yapılır. Uygun modeller çıkarılır ve bu modeller yapı statiği analiz yöntemleri ile çözülerek yapıyı oluşturan elemanlara (kolon, perde, kiriş, döşeme vb.) etkiyen iç kuvvetler hesaplanır. Bu amaçla gerçeğe en yakın yapı modelinin seçilmesi büyük önem taşır.



(a)

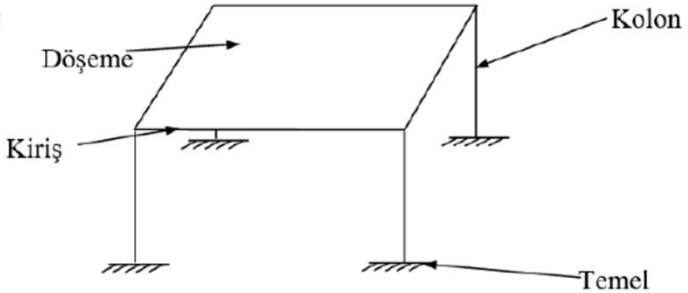
(b)

Şekil 1 (a) Tek katlı basit bir yapı (b) yapının planı



(c)

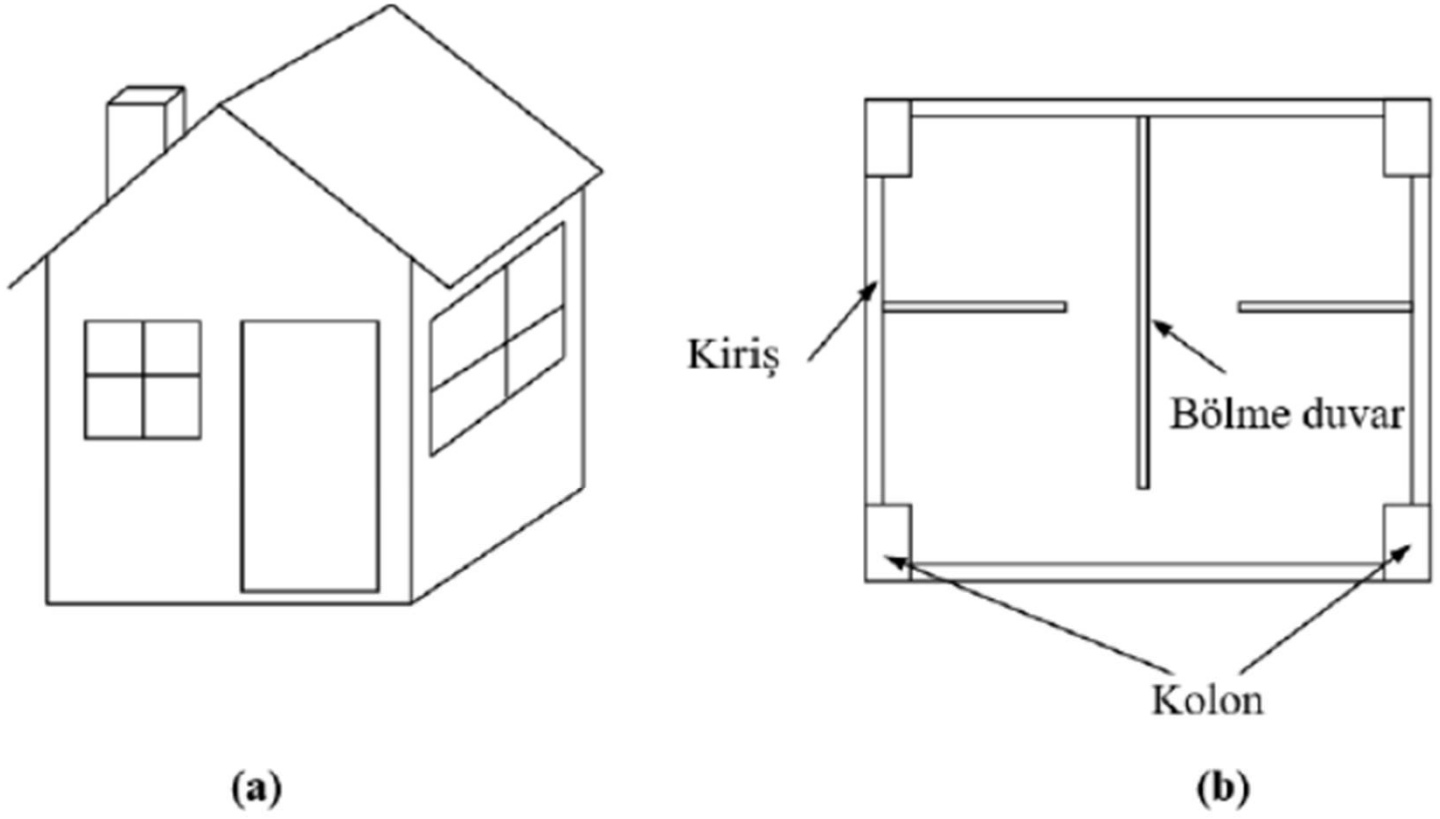
Şekil 1 (c) yapının idealize edilmiş taşıyıcı sistemi



(d)

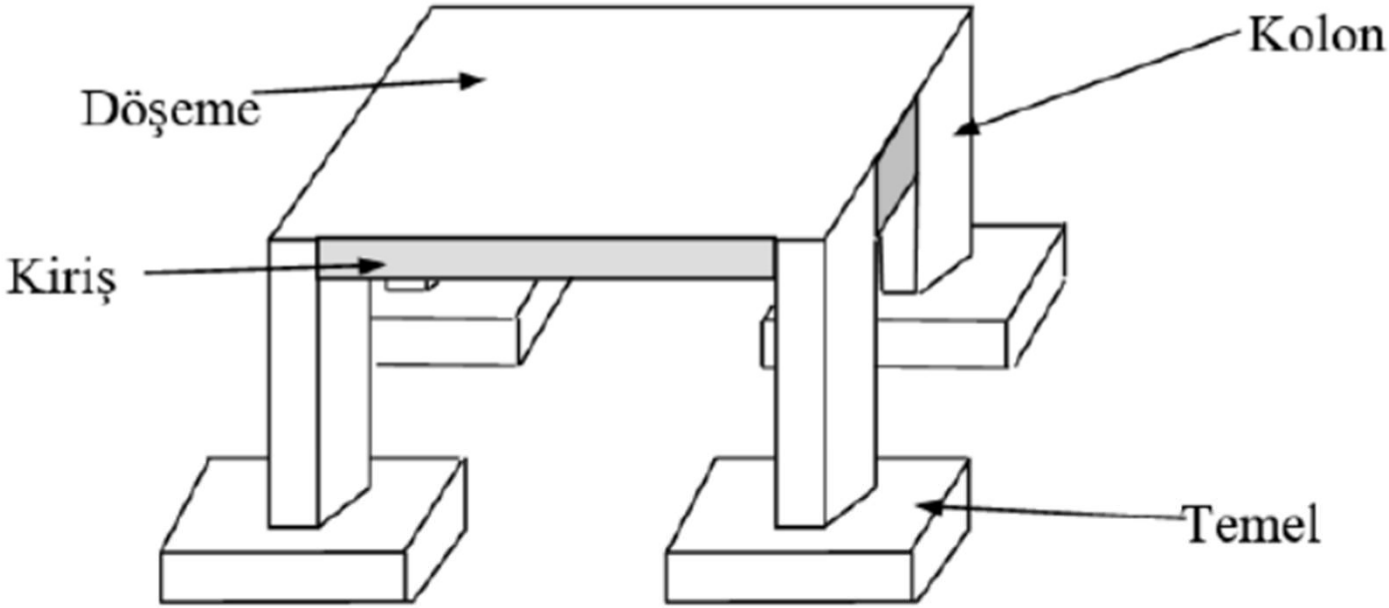
Şekil 1 (d) yapının taşıyıcı sistem modeli

YAPI MODELİ



Şekil 1 (a) Tek katlı basit bir yapı (b) yapının planı

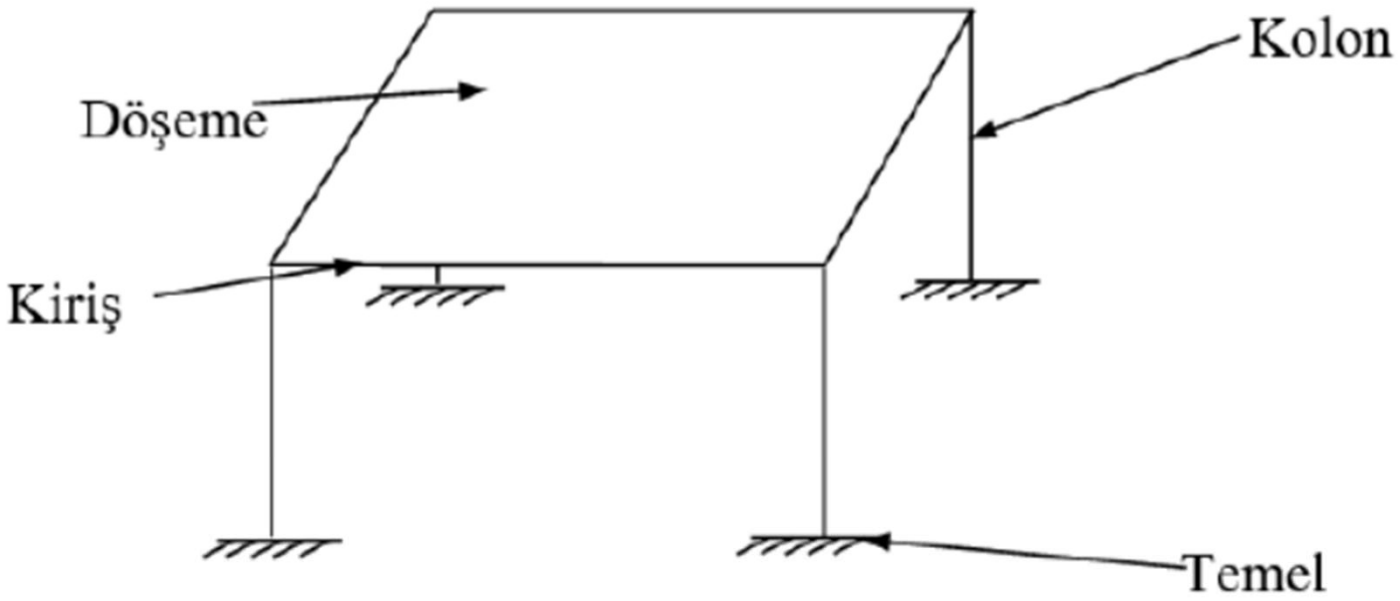
YAPI MODELİ



(c)

Şekil 1 (c) yapının idealize edilmiş taşıyıcı sistemi

YAPI MODELİ



(d)

Şekil 1 (d) yapının taşıyıcı sistem modeli

YAPI YÜKLERİ

Yapı sistemlerinde iç kuvvetler ile, şekil değiştirme ve yer değiştirme gibi sonuçlar meydana getiren tüm etkilere **yük** adı verilir.

Güvenli ve dayanıklı bir yapı tasarımı için bu yüklerin;

- TS 498 (Yapı elemanlarının boyutlandırılmasında alınacak yüklerin hesap değerleri standardı)

- TBDY-2018 (Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği)

gibi standartlara uygun olarak hesaplanması gerekir.

YAPI YÜKLERİ

Yapı mühendisliğinde dikkate alınan başlıca yük çeşitleri şunlardır:

1. Kalıcı (Ölü-Sabit) Yükler (G)
2. Hareketli (Canlı) Yükler (Q)
3. Çevresel ve Yatay Yükler
4. Özel ve Diğer Yükler (T)

YAPI YÜKLERİ

1. KALICI (ÖLÜ-SABİT) YÜKLER (G)

Yapının kendi taşıyıcı elemanlarının ve sabit bileşenlerinin ağırlığından oluşan, zamanla yeri ve miktarı değişmeyen yüklerdir.

Örnekler:

Kolon, kiriş, döşeme gibi betonarme elemanların ağırlığı, duvarlar, sıva, şap, mermer ve kaplama malzemeleri.

Tasarım Yoğunlukları:

Betonarme elemanlar için tasarımda genellikle 2500 kg/m³

Mermer malzemesi için 2700 kg/m³

hacim ağırlığı esas alınır.

YAPI YÜKLERİ

2. HAREKETLİ (CANLI) YÜKLER (Q)

Yapı üzerinde kalıcı olmayan, zamanla konumu ve büyüklüğü değişebilen yüklerdir.

Örnekler:

İnsanlar, eşyalar, mobilyalar ve taşınabilir hafif ekipmanlardır.

Tasarım Değerleri:

TS 498'e göre, yapının kullanım amacına göre değişiklik gösterir:

Konut odaları, koridorlar ve bürolarda	200 kg/m² (2.0 kN/m²)
Sınıflar, anfiler ve konut merdivenlerinde	350 kg/m² (3.5 kN/m²)
İbadethane, tiyatro, mağaza ve kütüphanelerde	500 kg/m² (5.0 kN/m²)
10 m²'den küçük balkonlarda	500 kg/m² (5.0 kN/m²)

YAPI YÜKLERİ

3. ÇEVRESEL VE YATAY YÜKLER

Doğa koşulları ve coğrafi faktörler nedeniyle yapıya etki eden dış kuvvetlerdir.

Deprem (Sismik) Yükü (E): Yer hareketinin etkisiyle yapının kütlesine bağlı olarak ortaya çıkan dinamik yatay kuvvetlerdir. Türkiye'deki tasarımlarda TBDY-2018 kriterleri bağlayıcıdır.

Rüzgâr Yükü (W): Rüzgârın yapı yüzeylerinde oluşturduğu basınç veya emme kuvvetidir. Yapı yüksekliği (h) arttıkça rüzgâr yükünün şiddeti de artar.

Kar Yükü (Pk): Çatılarda biriken karın oluşturduğu düşey yüktür. Coğrafi bölgeye ve denizden yüksekliğe (rakım) göre TS 498 standardı uyarınca hesaplanır.

Toprak ve Su Basıncı (H): Özellikle bodrum duvarlarına ve istinat yapılarına etki eden yanal zemin veya hidrostatik su baskısıdır.

YAPI YÜKLERİ

4. ÖZEL VE DİĞER YÜKLER (T)

Sıcaklık Değişimleri ve Büzülme (Rötre): Malzemelerin genleşmesi veya kısalması nedeniyle yapıda ek gerilmeler oluşur. Bu etkileri sınırlandırmak için yapılarda genleşme (dilatasyon) derzleri bırakılır.

Buz, Yağmur ve Taşkın Yükleri: Özellikle çatı göllenmeleri ya da kablo/kafes yapılardaki donma olayları nedeniyle meydana gelen ek yüklerdir.

YAPI YÜKLERİ

TASARIM KOMBİNASYONLARI

Taşıyıcı elemanların boyutlandırılmasında bu yükler doğrudan toplanmaz; belirli risk katsayıları ile çarpılarak kombine edilir. Örneğin, sadece düşey yüklerin etkili olduğu standart bir tasarımda nihai hesap yükü (F) şu formülle elde edilir:

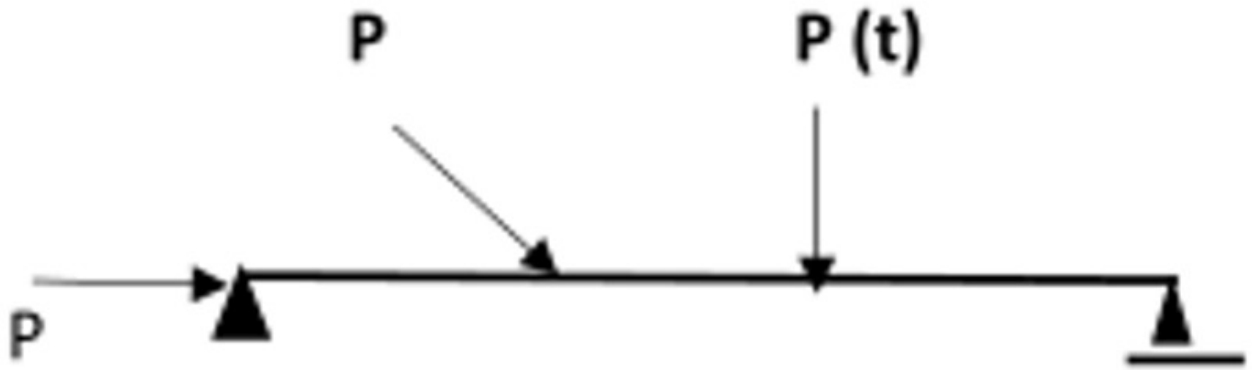
$$F = 1{,}4 \cdot G + 1{,}6 \cdot Q$$

TAŞIYICI SİSTEME ETKİ EDİŞ ŞEKLİNE GÖRE YÜKLER

1. TEKİL YÜK

Taşıyıcı sistem üzerine noktasal olarak etki eden yüklerdir.

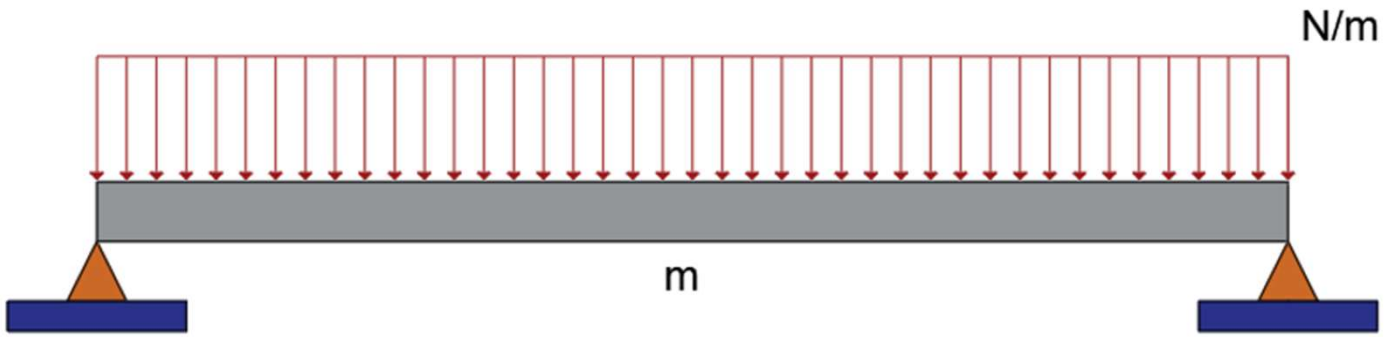
Dik, yatay ve açılı şekilde etki edebilirler.



TAŞIYICI SİSTEME ETKİ EDİŞ ŞEKLİNE GÖRE YÜKLER

2. DÜZGÜN YAYILI YÜK

Taşıyıcı sistem üzerine üniform şekilde dağılmış, her noktada aynı şiddetle etki eden yüklerdir.

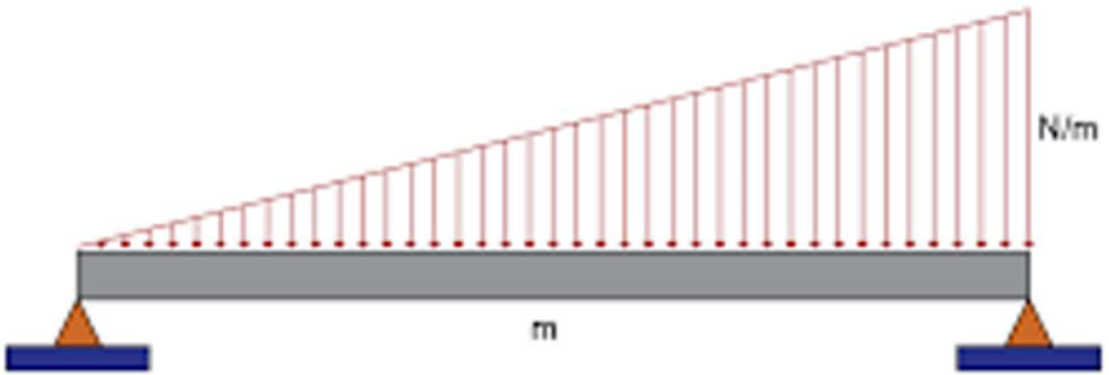


Düzgün Yayılı Yük

TAŞIYICI SİSTEME ETKİ EDİŞ ŞEKLİNE GÖRE YÜKLER

3. ÜÇGEN YAYILI YÜK

Taşıyıcı sistem üzerine üçgen şeklinde etki eden yüklerdir.

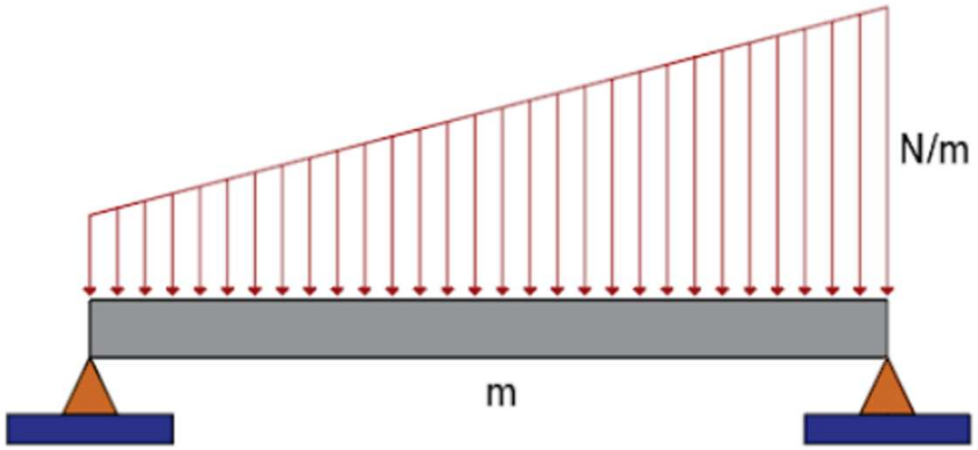


Üçgen Yayılı Yük

TAŞIYICI SİSTEME ETKİ EDİŞ ŞEKLİNE GÖRE YÜKLER

4. TRAPEZ (YAMUK) YAYILI YÜK

Taşıyıcı sistem üzerine trapez (yamuk) şeklinde etki eden yüklerdir.



Trapez Yayılı Yük

MESNETLER

Bir yapı elemanının (kiriş, kolon vb.) zeminle veya başka bir yapı elemanıyla olan bağlantı noktasına **mesnet** denir.

Temel görevi, üzerine binen yükleri güvenli bir şekilde alt elemanlara veya zemine aktarmaktır. Böylece yapının belirli yönlerdeki hareketini sınırlandırarak sistemi dengede tutarlar.

Her mesnet tipi, engellediği harekete karşı bir **tepki (reaksiyon) kuvveti** üretir.

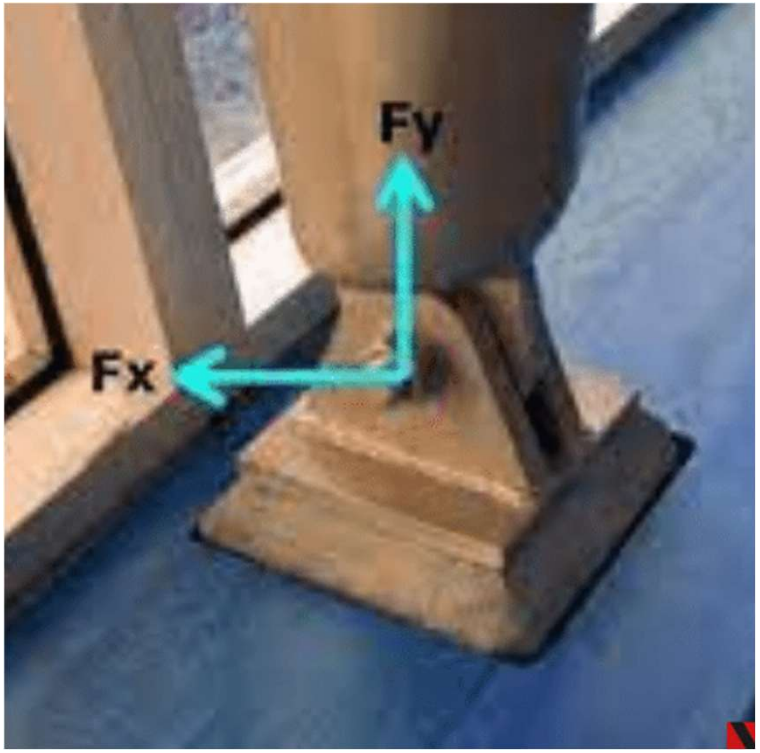
Yapısal analizde en sık kullanılan mesnet çeşitleri şunlardır:

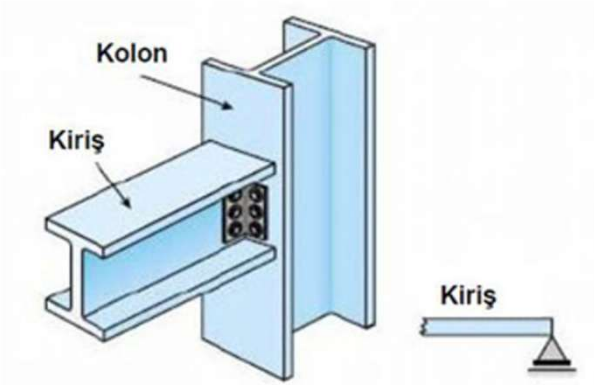
1. Sabit Mesnet (Mafsallı Mesnet)
2. Hareketli mesnet (Kayar - Kayıcı mesnet)
3. Ankastre mesnet

MESNETLER

1. SABİT MESNET (MAFSALLI MESNET)

Yapı elemanının hem yatay (X) hem de düşey (Y) yöndeki yer değiştirme hareketini engeller. Ancak elemanın kendi ekseni etrafında serbestçe dönmesine izin verir.





MESNETLER

1. SABİT MESNET (MAFSALLI MESNET)



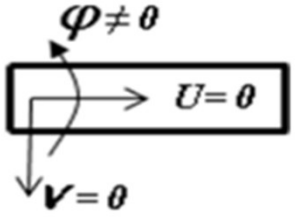




MESNETLER

1. SABİT MESNET (MAFSALLI MESNET)

Tepki Kuvvetleri: Önlenen yer değiştirmeler doğrultusunda 2 adet mesnet tepkisi meydana gelir. Dönme serbest olduğu için moment oluşmaz.

Mesnet Tipi	*Mesnetlenme Şekli*	*Reaksiyonlar*	*Bilgi Notu*
Sabit Mesnet	 	 Sabit mesnetlerde çubuk, dış ortama serbestçe dönebilecek şekilde bağlanmıştır. Bu mesnetin *u*, *v* yer değiştirmeleri sıfırdır	$R_x \neq 0$ $R_y \neq 0$

Not : Rx ve Ry = reaksiyonlar

MESNETLER

2. HAREKETLİ MESNET (KAYAR - KAYICI MESNET)

Sadece tek bir doğrultudaki (genellikle düşey) hareketi engeller. Mesnedin yerleştirildiği düzleme paralel (yatay) yönde kayma hareketine ve elemanın dönmesine izin verir.

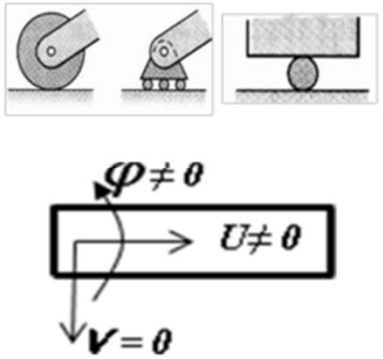




MESNETLER

2. HAREKETLİ MESNET (KAYAR - KAYICI MESNET)

Tepki Kuvvetleri: Sadece hareketin engellendiği doğrultuda 1 adet tepki kuvveti F_Y oluşur.

Mesnet Tipi	*Mesnetlenme Şekli*	*Reaksiyonlar*	*Bilgi Notu*
Kayıcı Mesnet		 Kayıcı mesnetlerde çubuk, dış ortama serbestçe dönebilecek ve bir doğrultuda serbestçe hareket edebilecek şekilde bağlanmıştır. Bu mesnetlerde sadece bir yer değiştirme, (*v*) sıfırdır	$R_y \neq 0$

Not : Ry = reaksiyon

MESNETLER

2. HAREKETLİ MESNET (KAYAR - KAYICI MESNET)

Örnekler: Köprülerin termal genleşmeden dolayı uzayıp kısalabilen uç kısımları, bazı prefabrik çatı makası bağlantıları ve silindirik tekerlekli mekanizmalar.





MESNETLER

3. ANKASTRE MESNET

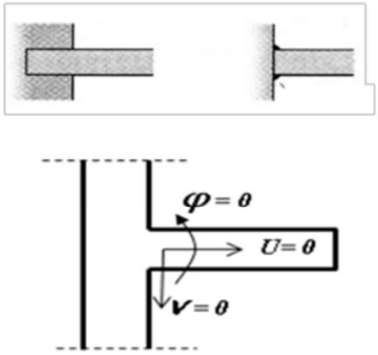
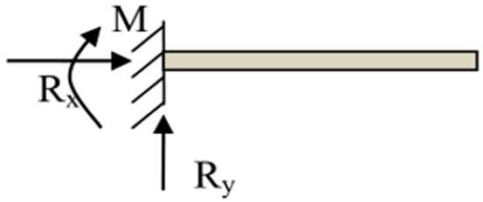
Yapı elemanının hiçbir yönde hareket etmesine izin vermez. Yatay ötelenme, düşey ötelenme ve dönme (rotasyon) hareketlerinin tamamı kısıtlanmıştır.



MESNETLER

3. ANKASTRE MESNET

Tepki Kuvvetleri: 3 adet reaksiyon oluşur: Yatay kuvvet (F_X), düşey kuvvet (F_Y) ve dönmeyi engellediği için moment (M).

Mesnet Tipi	*Mesnetlenme Şekli*	*Reaksiyonlar*	*Bilgi Notu*
Ankastre Mesnet		 Ankastre mesnette çubuk, sonsuz rijit bir ortama yer değiştirme yapmayacak şekilde bağlanmıştır. Bu mesnet türünde *u*, *v* yer değiştirmeleri ile Ø açısal yer değiştirme (dönme) sıfırdır	$M_r \neq 0$ $R_x \neq 0$ $R_y \neq 0$

Not : Rx ve Ry = reaksiyonlar

Mr = Mesnette oluşan reaksiyon momenti

MESNETLER

3. ANKASTRE MESNET

Örnekler: Balkon konsol kirişleri, zemine sıkıca gömülmüş betonarme kolonlar, elektrik direkleri



KESİT TESİRLERİ

Bir Yapı sisteminde yüklerden (dış etkilerden) oluşan ve doğrudan çubuk ağırlık merkezine indirgenen kuvvet ve moment büyüklüklerine **kesit tesirleri** adı verilir.

Bu kuvvetler;

N → Eksenel Normal Kuvvet
T → Kesme Kuvveti
M → Moment

KESİT TESİRLERİ POZİTİF YÖNLERİ

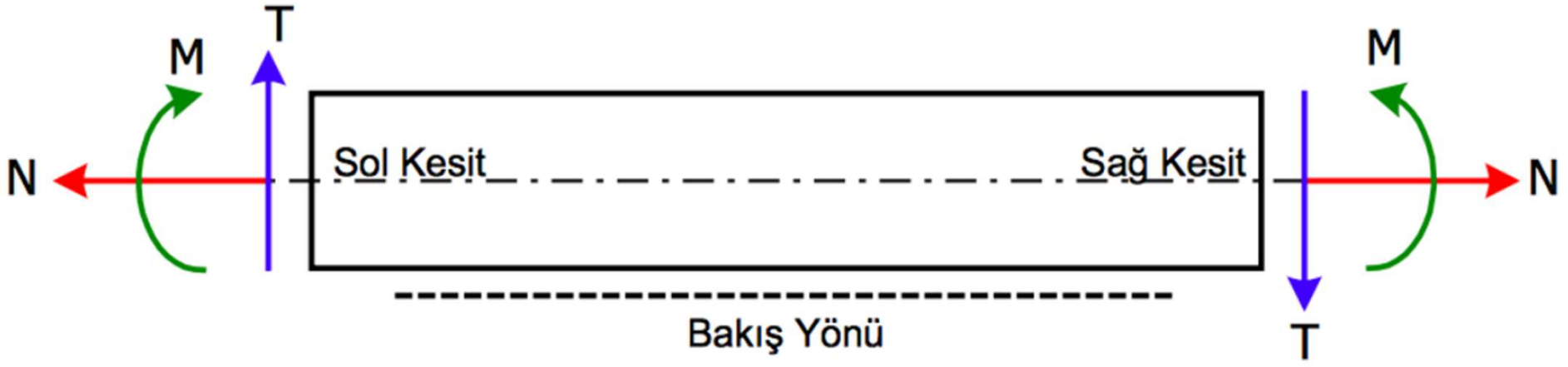
Kesit tesirleri vektörel büyüklükler oldukları için doğrultu, yön ve şiddetlerinin belirtilmesi gerekir.

Şiddetleri bir skaler büyüklükle belirtilirken, doğrultuları da isimleriyle belirtilmektedir.

N Normal Kuvvet, T Kesme Kuvveti, M Moment

Ancak yönlerinin anlatılabilmesi için bir işaret kabulünün yapılması gerekir.

Aşağıdaki şekilde soldaki ve sağdaki kesit tesirleri için kabul edilen pozitif yönler gösterilmiştir.



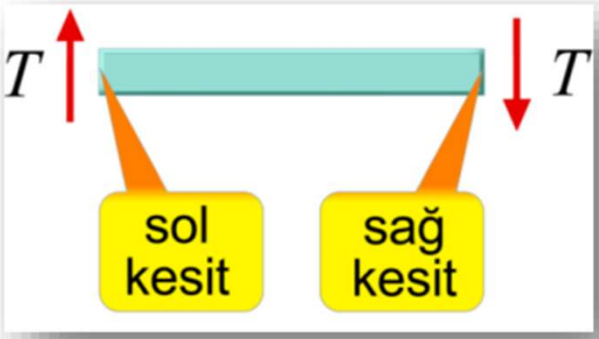
KESİT TESİRLERİ POZİTİF YÖNLERİ

Düzlem çubuklarda kesit tesirleri için işaret kuralı:

- Normal kuvvet, elemanda çekme etkisi yaratıyorsa, yönü pozitiftir.
- Kesme kuvveti, elemanı saat yönünde döndürüyorsa, yönü pozitiftir.
- Moment, elemanı aşağı doğru konkav şekle sokuyorsa, yönü pozitiftir.



Normal Kuvvet



Kesme Kuvveti

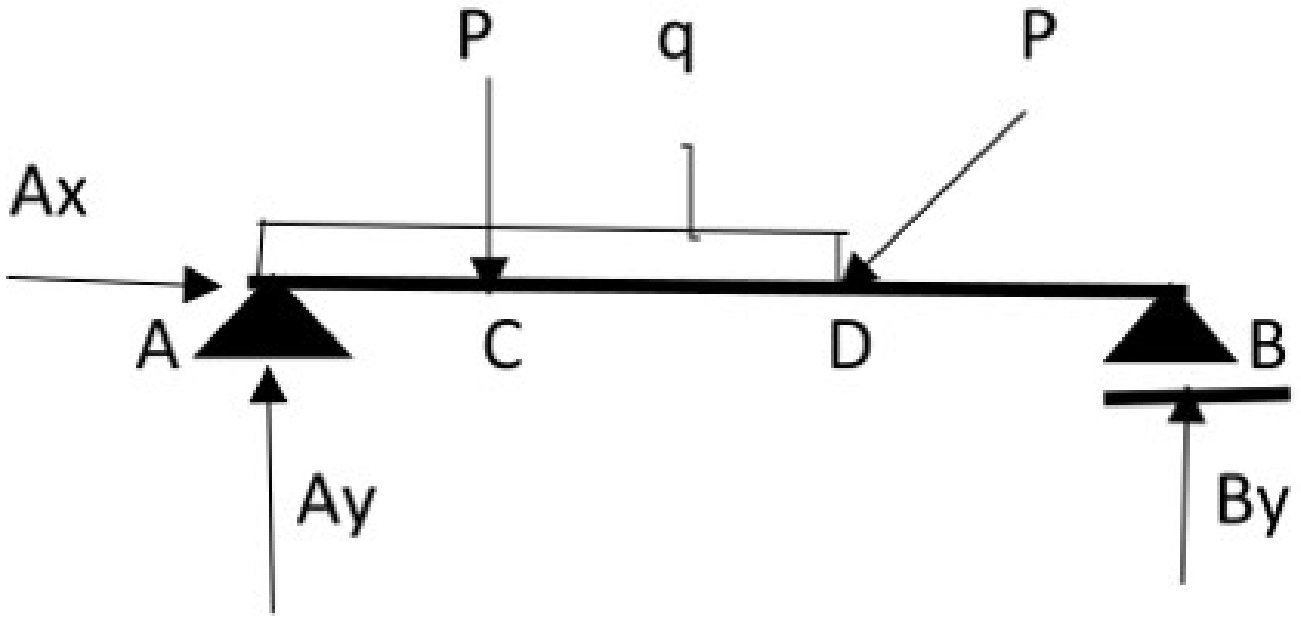


Moment

İZOSTATİK TAŞIYICI SİSTEM ÇEŞİTLERİ

1. BASİT KİRİŞ

Bir ucu sabit mesnet (yatay ve düşey hareketi engellenmiş), diğer ucu ise hareketli/kayıcı mesnet (yalnızca düşey hareketi engellenmiş, yatay genleşmeye izin verilmiş) olarak tasarlanan kirişlerdir.

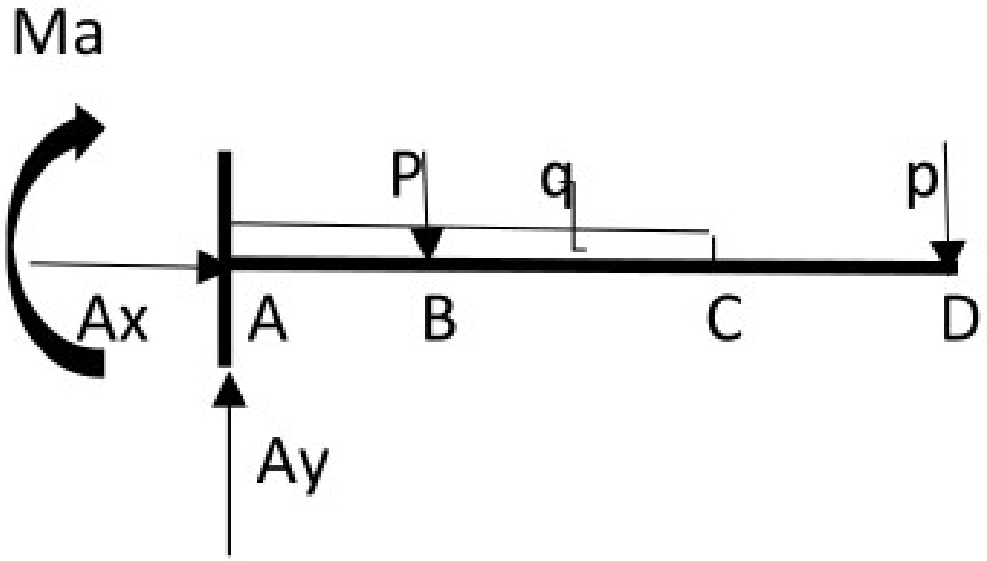


İZOSTATİK TAŞIYICI SİSTEM ÇEŞİTLERİ

2. KONSOL KİRİŞ

Bir ucu ankastre (sabitlenmiş), diğer ucu boşta olan kirişlerdir. Ankastre uçta kirişin x, y ve z eksenlerinde dönmesi ile yer değiştirmesi engellenmiştir.

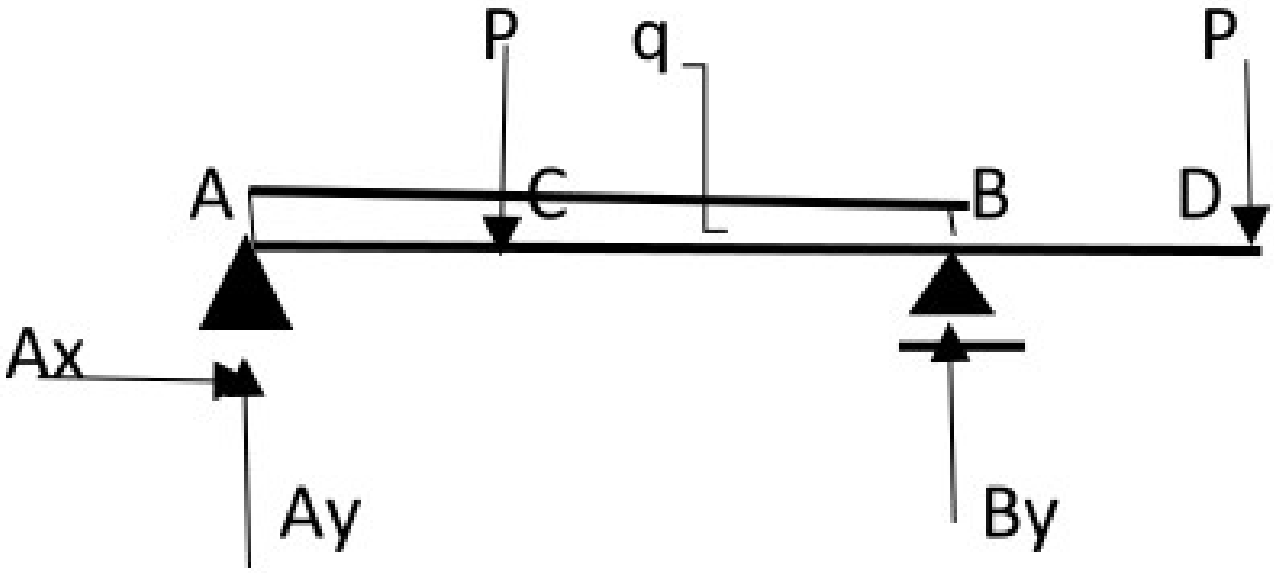
Serbest uçta herhangi bir destek bulunmaz ve gelen yükler nedeniyle en yüksek sehim (esneme) ve eğilme bu uçta meydana gelir.



İZOSTATİK TAŞIYICI SİSTEM ÇEŞİTLERİ

3. ÇIKMALI KİRİŞ

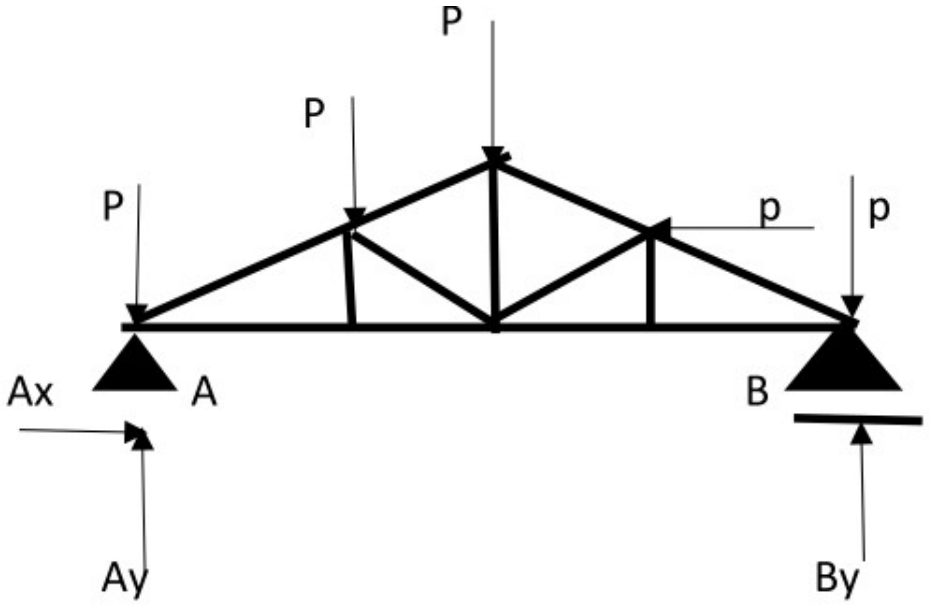
Çıkma veya konsol uzantılı kiriş, iki veya daha fazla mesnet üzerinden geçerek uç kısmının mesnet dışına doğru serbestçe uzadığı (konsol yaptığı) yapı elemanıdır.



İZOSTATİK TAŞIYICI SİSTEM ÇEŞİTLERİ

4. KAFES KİRİŞ

Uçlarından birbirine mafsallarla (düğüm noktaları) bağlanmış düz çubuk elemanların, üçgen geometriler oluşturacak şekilde bir araya getirilmesiyle yapılırlar. Hafif, rijit ve ekonomik bir taşıyıcı sistemdir. Dış yükler sisteme yalnızca düğüm noktalarından etki eder. Bu durum, çubukların sadece çekmeye veya basınca çalışmasını sağlayarak malzemenin maksimum verimle kullanılmasını sağlar.



İZOSTATİK TAŞIYICI SİSTEM ÇEŞİTLERİ

5. ÇERÇEVE

Çerçeve kiriş, yapı mühendisliğinde iki veya daha fazla kolon arasında bağlantı kurarak, döşemeden gelen düşey yükler ile deprem ve rüzgar gibi yatay yükleri kolonlar vasıtasıyla temele aktaran ana taşıyıcı yapı elemanıdır.

