

YAPI STATİĞİ 1

DERS NOTLARI 1

Prof. Dr. Cengiz Dünder

- K. Girgin, M. G. Aksoylu, Y. Durgun ve K. Darılmaz, "Yapı Statığı (İzostatik Sistemler) Çözümlü Problemler", Birsen Yayınevi, İkinci Baskı, İstanbul, 2014.
- FF. Karadoğan, S. Pala, E. Yüksel ve Y. Durgun, "Yapı Mühendisliğine Giriş Yapısal Çözümleme Cilt I", Birsen Yayınevi, İstanbul, 2011.
- Ghali, A., and Neville, A. M., Structural Analysis, Second Edition, Chapman and Hill, 1978.
- Livesley, R. K., Matrix Methods of Structural Analysis, Pergamon, 1975.
- Laursen, H. I., Structural Analysis, McGraw-Hill, 1978.
- F. Arbabi, "Structural Analysis and behavior", McGraw-Hill, Inc., 1991, Singapore

- F. Arbabi, "Structural Analysis and behavior", McGraw-Hill, Inc., 1991, Singapore
- Coates, R. C., Couite, M. G., Kong, F. K., Structural Analysis, Nelson, 1978
- R. C. Hibbeler , "Structural Analysis", Prentice Hall Int., Eighth Edition in SI Units, Singapore, 2011.
- H. H. West, "Fundamentals of Structural Analysis", John Wiley and Sons, Inc., 1993, Singapore.
- Çakıroğlu, A., Özden, E., Özmen, G., Yapı Sistemlerinin Hesabı için Matris Metodları, I, II, İTÜ Küt., 1970.

- Tezcan, S., Çubuk Sistemlerinin Elektronik Hesap Makineleri ile Çözümü, İTÜ Küt. 1970
- DüNDAR, C., KIRAL, E., MENGİ, Y., Yapı Mekaniğinde Bilgisayar Programları, Genişletilmiş 3. Baskı, Teknik Yayınevi, 1987.
- DüNDAR, C., KIRAL, E., Perdeli Yapı Sistemlerinin Bilgisayar ile Hesabı, TMMOB, İnşaat Mühendisleri Odası, Ankara, 1986. .

1. İzostatik Düzlem Çubuk Sistemler

- Giriş ve Genel Bilgi
- Yapı Sistemlerinde Boyutlandırma Esasları
- Yapı Mühendisliğinde Boyutlandırma Adımları
- Yapı Statiğinde Yapılan Varsayımlar
- Yükler ve Yüklerin Sınıflandırılması
- Çeşitli Yük Durumları için Bileşke Kuvvet ve Etkime Noktası Tayini

2. Mesnet Reaksiyonları

- Mesnet Tanımları
- Düğüm Noktaları
- Denge Denklemleri
- Mesnet Tepkilerinin Hesabı
- Çözümlü Problemler

3. Kesit Zorları

- Pozitif Yönler ve Bakış Yönü
- Kesit Tesirlerinin Hesabı
- İzostatik ve Hiperstatik Sistemler
- Çözümlü Problemler

4. İzostatik Sistemlerin Sabit Yüklere Göre Hesabı

- Kesit Tesiri Diyagramları
- Kesit Tesiri Diyagramlarının Çiziminde İzlenen Yol
- Yük- Kesme Kuvveti ve Eğilme Momenti Arasındaki Bağıntılar
- Kritik Kesitler
- Çözümlü Problemler

5. Üç Mafsallı Kemer ve Çerçeveler

- Tanım ve Genel Bilgiler
- Kesit Tesirlerinin Hesabı
- Üç Mafsallı Gergili Sistemler
- Çözümlü Problemler

6. Ara Mafsallı Bileşik Sistemler

- Giriş
- Gerber Kirişlerinin Kullanım Alanı ve Amacı
- Gerber Kirişi Tasarım Kuralları
- Gerber Kirişlerinin Sabit Yüklere Göre Hesabı
 - Yatay Yüklere Göre Hesap
 - Düşey Yüklere Göre Hesap
 - Hesapta İzlenen Yol
- Gerber Kirişlerinde Mafsal Yerlerinin Belirlenmesi

- Çözümlü Problemler

7. Kafes Sistemler

- Tanım ve Genel Bilgiler
- İzostatiklik Koşulu
- Çubukların Adlandırılması
- İzostatik Kafes Sistemlerin Sınıflandırılması
- Hesap Yöntemleri
- Gerber Kafes Sistemler
- Üç Mafsallı Kafes Sistemler
- Çözümlü Problemler

8. İzostatik Sistemlerin Hareketli Yüklere Göre Hesabı

- Hareketli Yük Tipleri
- Hareketli Yük için Hesap Esasları
- Tesir Çizgisi Diyagramları

- Maksimum Eğilme Momentlerinin Hesabı
- Hesapta İzlenen Yol
- Gerber Kirişlerinin Tesir Çizgileri
- Konsol Kirişlerde Tesir Çizgileri
- Çıkmalı Kirişlerde Tesir Çizgileri
- Üç Mafsallı Kemer ve Çerçevelerde Tesir Çizgileri
- Kafes Sistemlerde Tesir Çizgileri
- Çözümlü Problemler

9. İzostatik Sistemlerde Şekil Değiştirme ve Yer Değiştirmelerin Hesabı

- Genel Bilgiler
- Çubuk Elemanın Şekil Değiştirmeleri (Deformasyonlar)
- Kesit Tesirlerinde Meydana Gelen Deformasyonlar

- Sıcaklık Değişiminden Oluşan Deformasyonlar
- Virtüel İş Teoremi
- Virtüel İş Teoremi ile Yer Değiştirmelerin Hesabı
- $\int \overline{M} \cdot \frac{M}{EI} ds$ İntegrallerinin Hesabı için Çarpım Tabloları
- Çarpım Tablolarının Kullanılması
- Çözümlü Problemler

Giriş

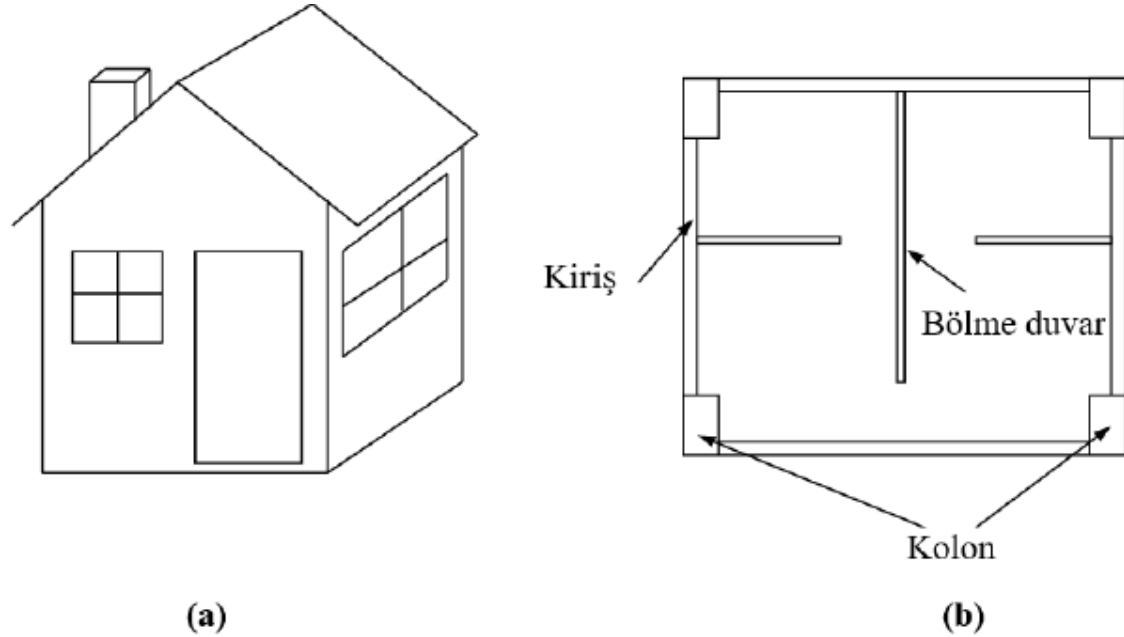
Yapı Statiği 1 ve Yapı Statiği 2 derslerinin temel amacı yapıların tasarım (projelendirme) safhası için gerekli olan temel bilgileri vermektir. Ders kapsamında yapıların fiziksel davranışına vurgu yapılarak klasik yapısal analiz yöntemleri anlatılacaktır. Klasik analiz yöntemleri, yapıların mühendislik kavramlarını ve davranışlarını anlamak için yararlı araçlar sağlar. Yapı Statiği 2 dersi kapsamında ayrıca modern matris yöntemlerinden rijitlik matrisi yöntemi ile düzlem çerçeve sistemlerinin genel çözümü örnek problemlerle sunulacaktır.

Yapı Mühendisliğinin Amacı

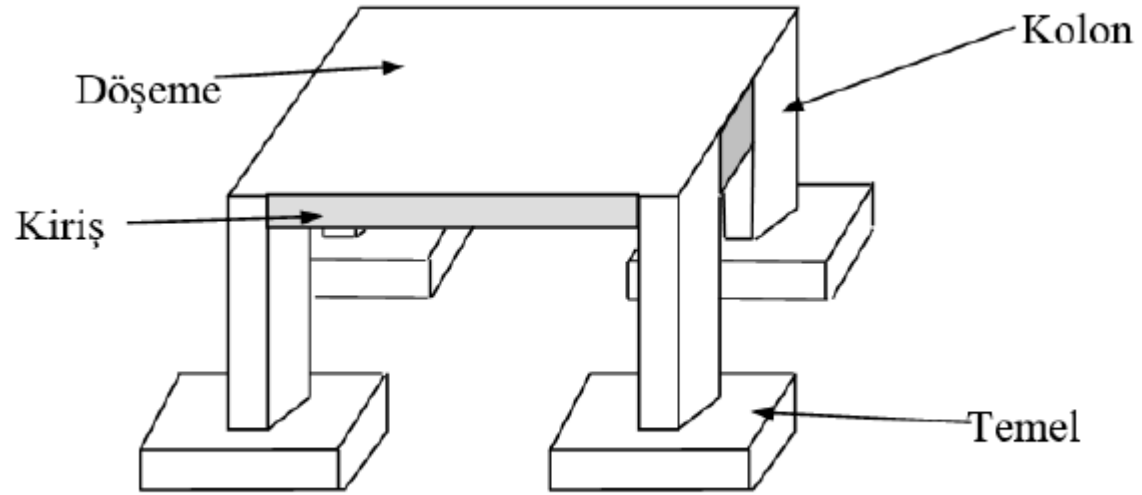
Yapıyı oluşturan elemanların teker teker ya da bir arada hesaplanan kesit zorları altında dayanım, deformasyon ve çatlak genişliği bakımından standartlarca belirlenen belirli bir yapı güvenliğini sağlayacak şekilde boyutlandırılmasıdır.

Yapı Modeli

Bir yapının yük altındaki davranışının hesaplara yansıtılması için bazı kabuller ve idealleştirmeler yapılarak uygun modeller çıkarılır ve bu modeller yapı statîği analiz yöntemleri ile çözümlenerek yapıyı oluşturan elemanlara (kolon, perde, kiriş, döşeme vb.) etkiyen iç kuvvetler hesaplanır. Bu noktada gerçeğe en yakın olan yapı modelinin seçilmesi büyük önem taşımaktadır.

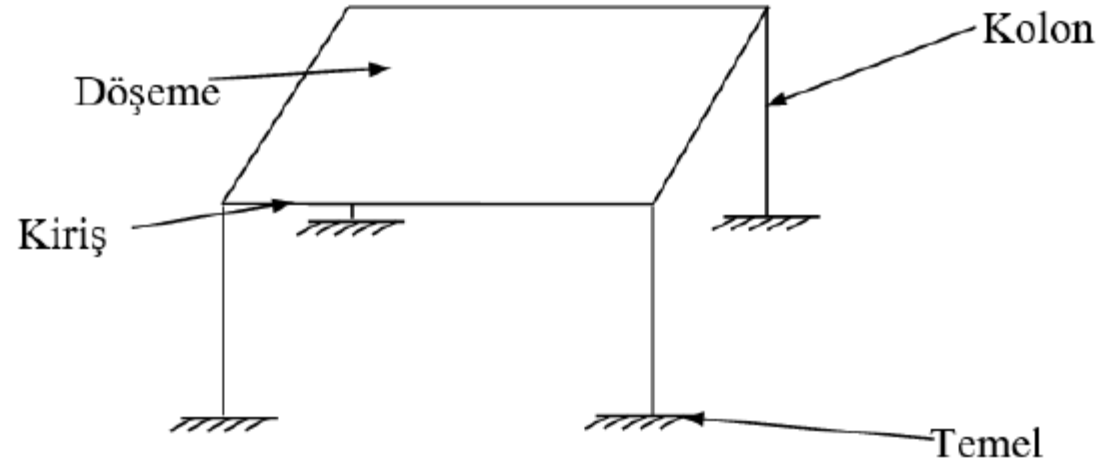


Şekil 1 (a) Tek katlı basit bir yapı (b) yapının planı



(c)

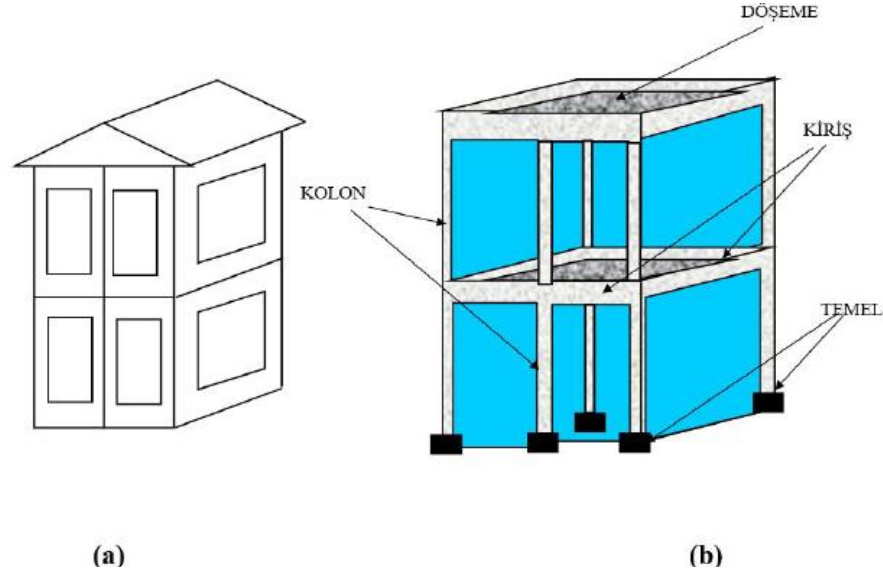
Şekil 1 (c) yapının idealize edilmiş taşıyıcı sistemi



(d)

Şekil 1 (d) yapının taşıyıcı sistem modeli

Yapıların taşıyıcı sistemleri, yüklerin aktarılma sırasına göre döşemeler, kirişler, kolonlar ve temeller olarak gruplandırılmaktadır.

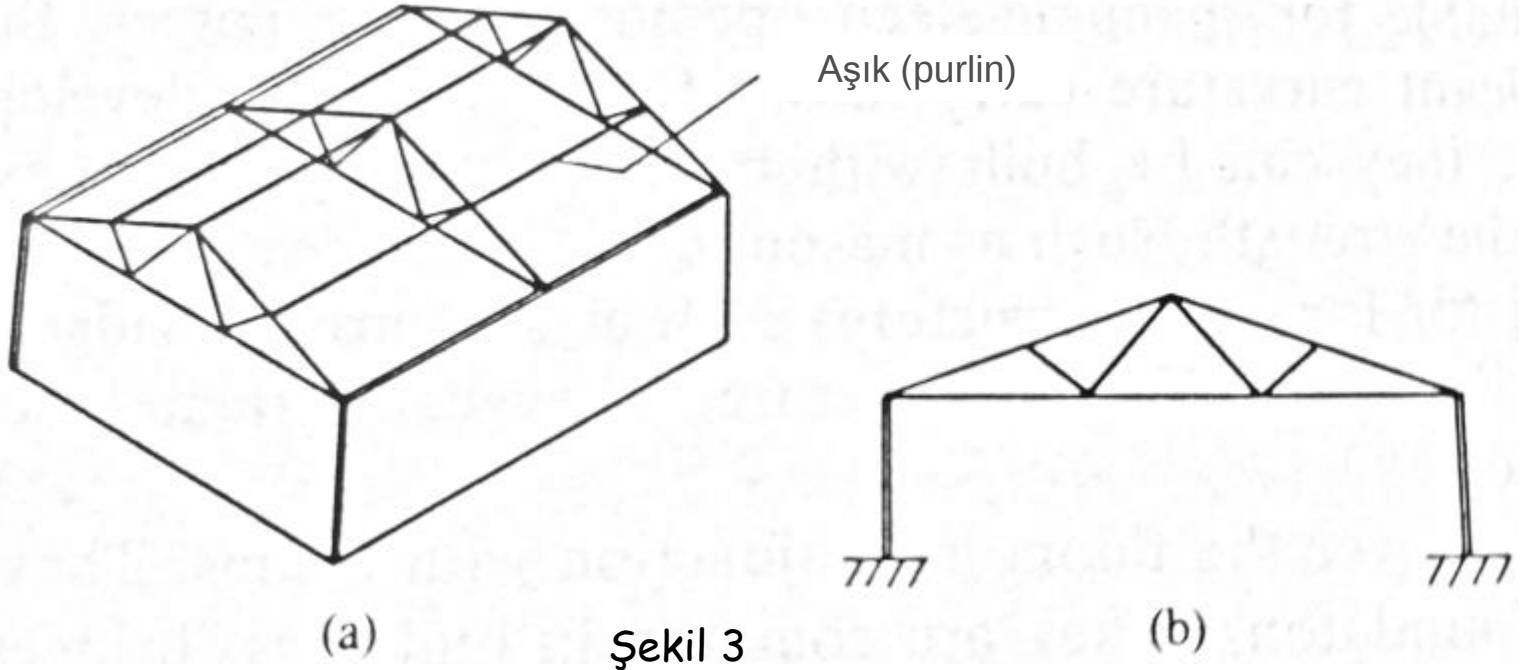


Şekil 2. Basitleştirilmiş idealize edilmiş yapı modeli

Yapı Statiği Dersinin Amacı ve Konusu

Yapı statik dersinin amacı; bir yapının tüm elemanlarında yapıya servis ömrü boyunca etkiyebilecek olan tüm yüklerin, ilgili standartlara göre belirlenen tüm yük kombinasyonlarının etkisi dikkate alınarak, yapı elemanında ortaya çıkabilecek olan kesit tesiri deformasyonlarının ve deplasmanların hesaplanmasıdır.

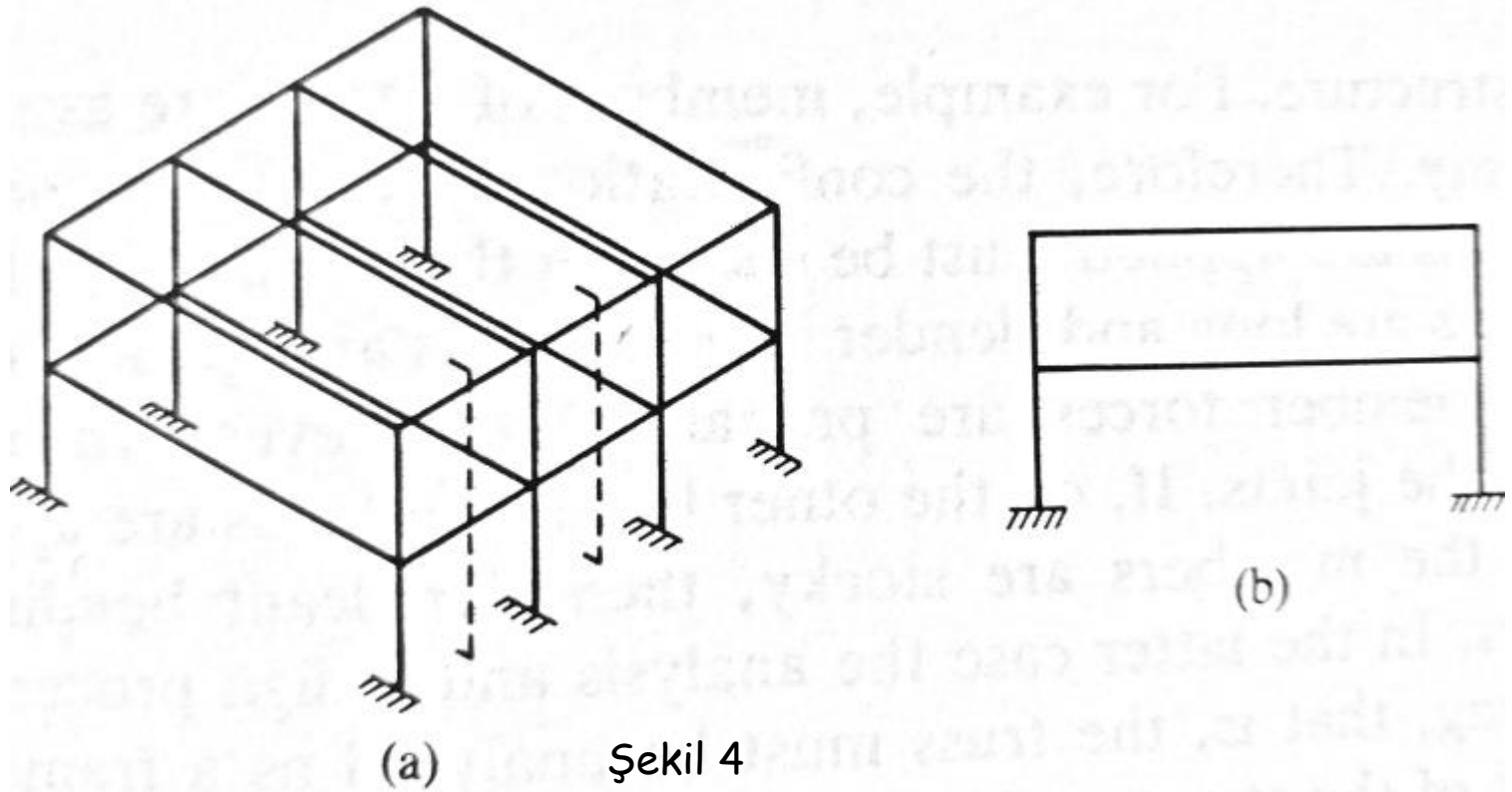
Modelleme ve idealleştirme



Şekil 3a'daki binanın çatısı bir dizi kafes kirişten oluşmaktadır. Bu makaslar aşıklarla birbirine bağlanır. Ancak, her kafes kirişin yer değiştirmesinin kendi düzleminde meydana geldiğini esas olarak, her kafes kiriş iki boyutlu bir yapı elemanı olarak tasarlanabilir.

Şekil 1b. Makas bağlantılarına yerleştirilen aşıklar, çatı yüklerini makaslar arasında dağıtmaya yarar. Rüzgar yükleri gibi kafes kirişlerin düzlemine dik etkiyen yüklerden dolayı herhangi bir sorun oluşmamasını sağlamak için gerekli özen gösterilmelidir.

Modelleme ve idealleştirme



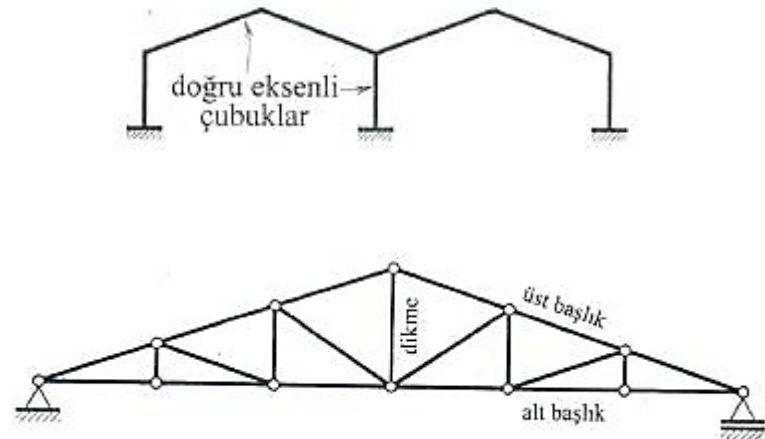
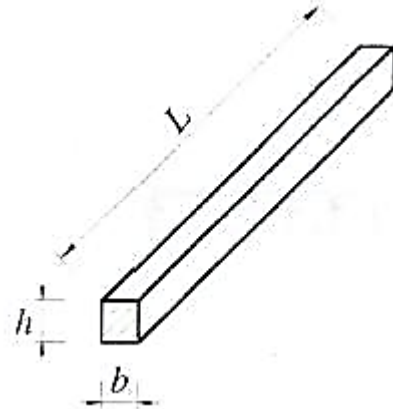
Şekil 4a'nın yapısı üç boyutlu bir çerçevedir. Tasarım amaçları için üç boyutlu çerçeve, Şekil 4b'de gösterildiği gibi bir dizi iki boyutlu çerçeveye bölünebilir.

Çerçeveler bir düzlemde deforme olur. Bununla birlikte, düzlemlerine dik yönde hareket eden yüke direnmek için yanal olarak desteklenmelidirler. Destekleme, ilave elemanlar veya perde duvarları ile sağlanabilir.

Çubuk Elemanlar ve Çubuk Sistemler

İki boyutu üçüncü boyutuna göre çok küçük olan elemanlara çubuk elemanlar denir. Çubuk elemanlardan oluşan iki ya da üç boyutlu bina türü yapı sistemleri genellikle çubuk sistemler olarak anılır.

Kafes sistemler ile kiriş ve kolonlardan oluşan yapı sistemleri, çubuk elemanların birleşiminden oluşan yapı sistemleridir.



Yapı Sistemlerinde Boyutlandırma Esasları

- Yapı Güvenliği
- Rijitlik
- Ekonomi

1. YAPI GÜVENLİĞİ:

Yapı güvenliği için başlıca 2 yöntem bulunmaktadır:

a) Emniyet Gerilmeleri Yöntemi:

Bu yöntemde temel amaç; kesitte hesaplanan gerilmelerin daha önce hesaplanmış, yönetmeliklerce belirlenmiş olan emniyet gerilmelerini aşmamasıdır.

$$n \cdot \sigma_1 \leq \sigma_{em}$$

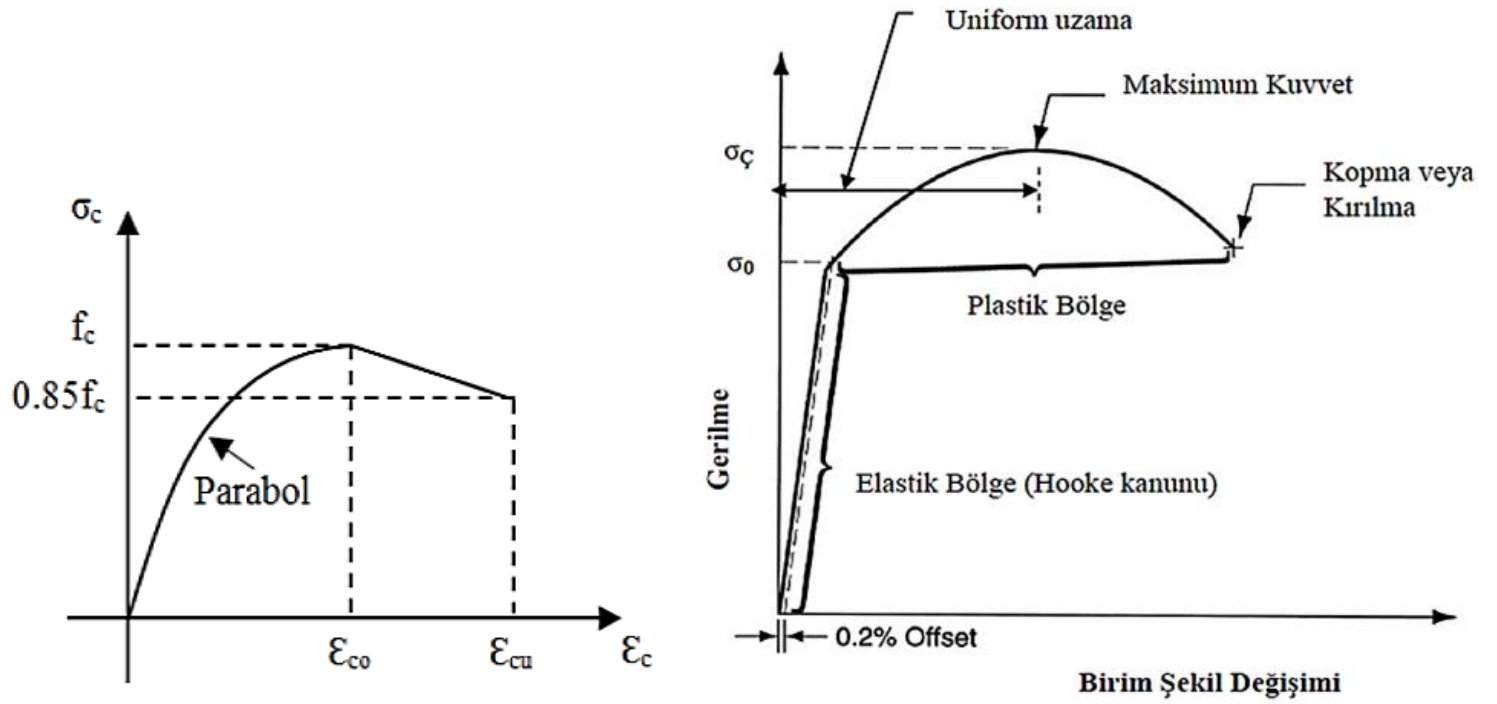
Beton ve çeliğin davranışını doğrusal elastik kabul eden bu yöntem geçerliliğini yitirmiştir.

P_i	Yapıya etkiyen yükler
σ	Yapıya etkiyen yüklerden doğan gerilmeler
σ_{em}	Güvenlik gerilmesi
σ_s	Sınır gerilme
n	Güvenlik katsayısı (1.5-10)

$$\sigma \leq \sigma_{em} = \frac{\sigma_s}{n}$$

b) Sınır Durumlar Yöntemi:

Bu yöntemde kesit boyutlandırılması taşıma gücü sınır durumuna göre yapılmakta ve boyutlar kullanılabilirlik sınır durumuna göre kontrol edilmektedir.



Beton ve Çeliğin Gerilme- Birim Deformasyon Eğrileri

Taşıma Gücü Sınır Durumu:

Bu yöntem beton ve çeliğin gerçek davranışlarını temel alan bir yöntemdir. Tanım olarak kesitin güç tükenme anındaki kapasitesinin hesabıdır.

Yöntemde yapı güvenliği için, yükler yük katsayıları ile çarpılarak artırılır, dayanım ise yük katsayılarına bölünerek azaltılır.

F_k	Yapıya etkiyen karakteristik yük etkisi	
γ_f	Yük etkisi güvenlik katsayısı	≥ 1.0
γ_m	Malzeme güvenlik katsayısı	≥ 1.0
R_k	Yapının karakteristik dayanımı	
f_{cd}	Beton Hesap Dayanımı	$\frac{f_{ck}}{1.5}$
f_{ck}	Karakteristik beton basınç dayanımı	
f_{sd}	Çelik Hesap Dayanımı	$\frac{f_{sy}}{1.15}$
f_{sy}	Karakteristik çelik akma dayanımı	

γ_{mc}, γ_{ms}

$$F_k \cdot \gamma_f \leq \frac{R_k}{\gamma_m}$$

Taşıma gücü yöntemi, diğer yöntemlere göre daha güvenilir ve genellikle daha ekonomik bir boyutlandırma yöntemidir.

Betonarme Sistemlerde (yük birleşimleri) Hesap Yüğü

Düşey yükler için

$$P_u = 1.4G + 1.6Q$$

$$P_u = 1.0G + 1.2Q + 1.2T$$

Rüzgar etkisinde

$$P_u = 1.0G + 1.3Q + 1.3W$$

Deprem etkisinde

$$P_u = 1.0G + 1.0Q + 1.0E$$

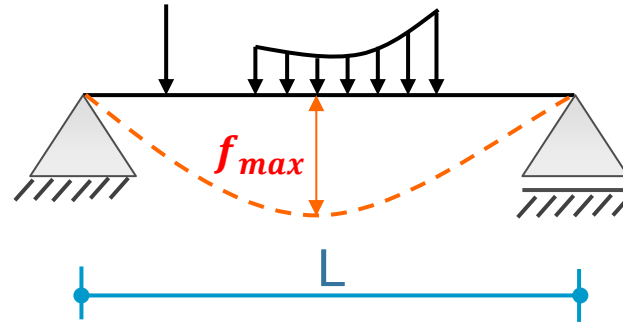
Bu ifadelerde G ölü yük, Q hareketli yük, T sıcaklık değişimi, W rüzgar yükü ve E deprem yükü değerleridir.

2. RİJİTLİK:

Dış etkiler nedeniyle yapıda meydana gelen yer değiştirmeler sınırlı olmalıdır. Yer değiştirmelerin sınırlı olduğu yapılar rijit yapı olarak adlandırılmaktadır.

Yapı rijitliği taşıyıcı elemanların malzemesine, kesit boyutlarına, açıklıklarına ve mesnet koşullarına bağlıdır. Taşıyıcı olmadığını varsaydığımız bölme duvarların da rijitliğe katkısı vardır. Yapı rijitleştikçe yer değiştirebilmesi için etkimesi gereken kuvvet de artar.

Özetle, aşırı yer değiştirme olmaması ve depremten oluşan iç kuvvetlerin karşılanabilmesi için yapının yeterli rijitliğe sahip olması gereklidir.



$$\frac{f_{max}}{L} \leq \left(\frac{f}{L} \right)_{sınır} \left(\frac{1}{200} \sim \frac{1}{1000} \right)$$

3. EKONOMİ:

Bir yapı inşa edilirken yapıya ait malzeme , işçilik ve bakım masrafları olabildiğince minimum düzeyde olmalıdır. Bu aşamada işin süresi de önem kazanmaktadır. Malzeme ve işçilik ücretleri zamana ve işin yerine göre değiştiğinden yapılabilecek en ekonomik yapı da zamana ve yere göre değişiklik göstermektedir.

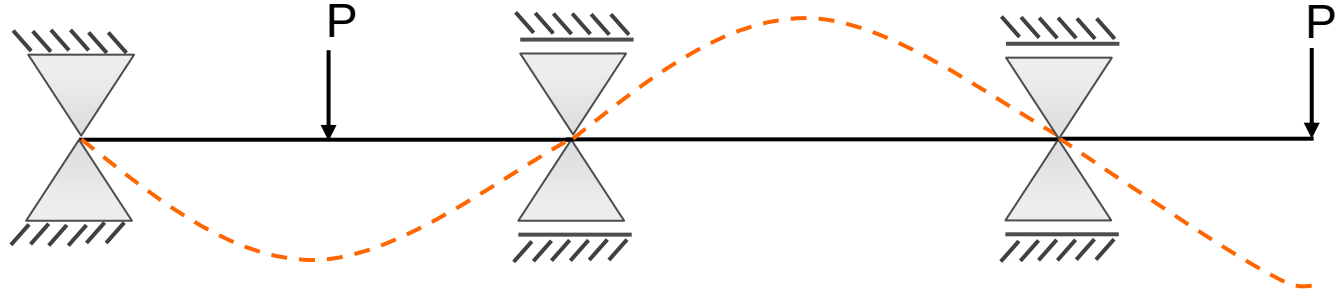
Yapı Mühendisliğinde Boyutlandırma Adımları

1. Yapının geometrisi, türü ve malzemesi seçilir.
2. Yapının mesnetleri, birleşim noktaları idealleştirilerek hesap modeli kurulur.
3. Yapıya kullanım süresince etkiyecek olan yükler yönetmeliklerden yararlanılarak belirlenir.
4. Yönetmelikler ve deney sonuçlarından faydalanılarak malzemenin mekanik özellikleri belirlenir.

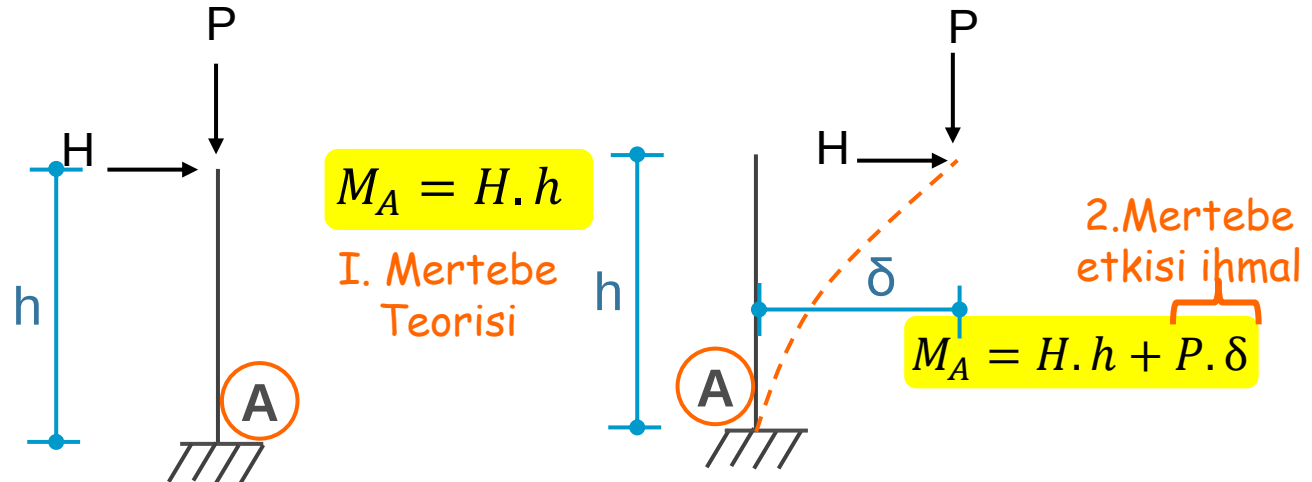
5. Yapı sistemini oluşturan elemanların en kesitleri tahmin edilir.
(İzostatik sistemler için gerekli değildir)
6. Yapı sistemi, yapının kullanım ömrü boyunca yapıya gelebilecek olan yükler veya yük güvenlik katsayıları ile çarpımından oluşan yapının taşıyabileceği maksimum hesap yükleri altında hesaplanarak yapıya ait kesit tesiri ve yer değiştirme değerleri hesaplanır.
7. Kesit tesirleri kullanılarak kesit hesapları ve yer değiştirme kontrolleri yapılır.
8. En ekonomik çözüm araştırılır. Gerekiyorsa 5-7 arasındaki adımlar tekrarlanır ve alternatif çözümler denenir.

Yapı Statiğinde Yapılan Varsayımlar

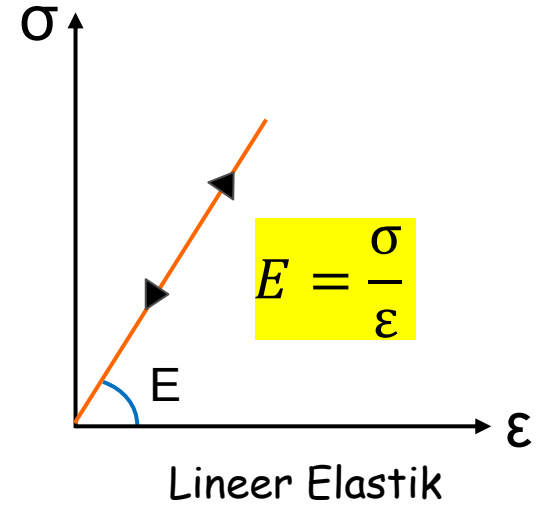
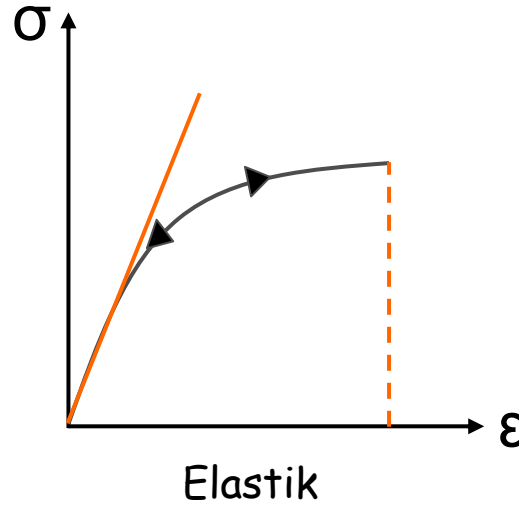
1. İncelencek sistemler yüklerin şekline ve şiddetine bağlı değildir. Mesnetler çift taraflı olup daima sabittir.



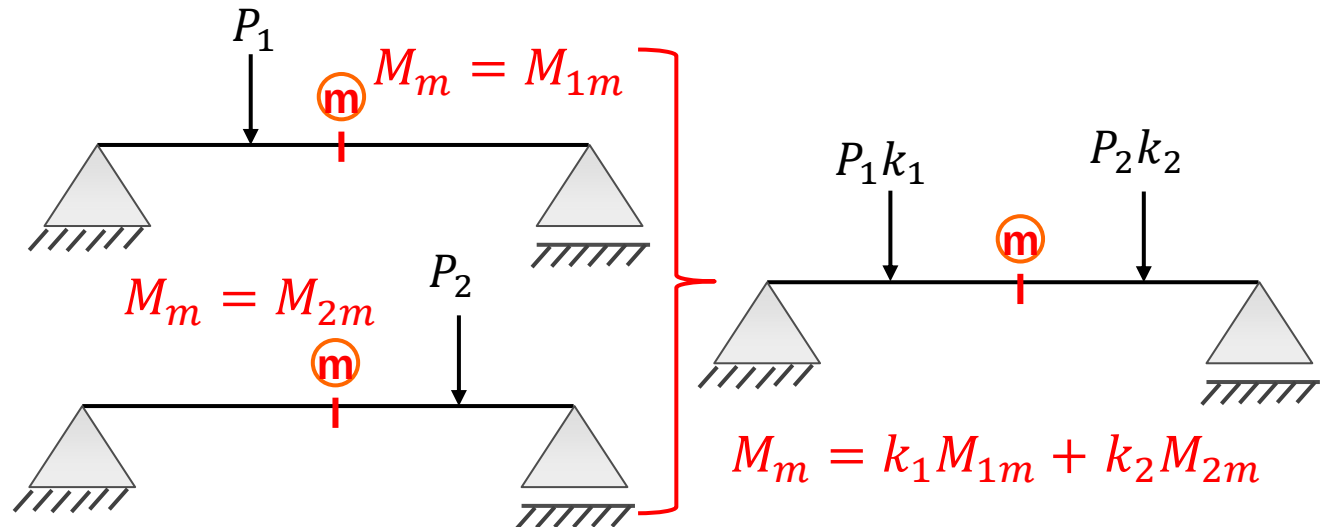
2. Dış yüklerden meydana gelebilecek olan deplasmanlar ihmal edilebilecek kadar küçüktür. Bu nedenle denge denklemlerine ve geometrik uygunluk şartlarına ilave edilmezler.



3. Malzeme lineer elastiktir. Hooke kanunu geçerlidir.



4. İç kuvvetler ve dış kuvvetler arasındaki bağıntılar lineer olduğundan süperpozisyon prensibi geçerlidir.



Yükler ve Yüklerin Sınıflandırılması

Yapı sisteminde **iç kuvvet (kesit zoru) ve\veya şekildeğiştirme ve yerdeğiştirme** oluşturan etkilerin tümüne yük denir. Bu etkilere örnek olarak

- a) Dış yükler (yapı yükleri, ilave yükler, kar, rüzgar ve deprem yükleri)
 - b) Sıcaklık değişmesi
 - c) Rötire
 - d) Mesnet çökmeleri (mesnetlerin tanımına uymayan yerdeğiştirmelerdir)
 - e) İlkel kusurlar
 - f) Öngerme ve ard germe
- verilebilir.

Dış Yüklerin Sınıflandırılması

❖ Birinci Tür Sınıflandırma

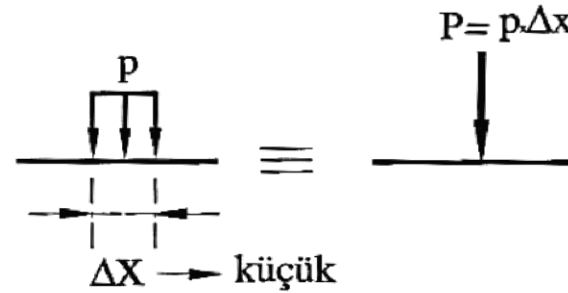
- a) Yapı Yükleri (g, G) - (ölü yükler; özağırlık) : Yapının kendi ağırlığından oluşan yüklerdir.
- b) İlave Yükler (q, Q) - (canlı yükler; insan, eşya, kar, araç) : Yapının taşımakla görevli olduğu yüklerdir.
- c) Toplam Yükler ($p=g+q$, $P=G+Q$) - (Yapı+İlave Yükler)

❖ İkinci Tür Sınıflandırma

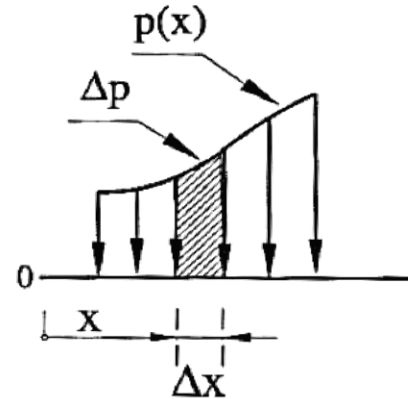
- a) Sabit Yükler (yapı yükü, kar vb.) : Yapı üzerinde konum değiştirmeyen yüklerdir.
- b) Hareketli Yükler (insan, araç, vinç, vb.) yapı üzerinde konum değiştiren yüklerdir

❖ Üçüncü Tür Sınıflandırma

- a) Tekil Yükler

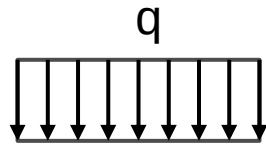


- b) Yayılı Yükler

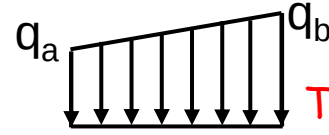


$$p(x) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta p}{\Delta x}$$

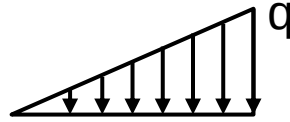
($p(x)$: yayılı yükün şiddeti)



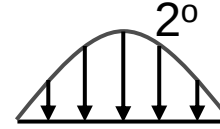
Üniform yayılı yük



Trapez yayılı yük



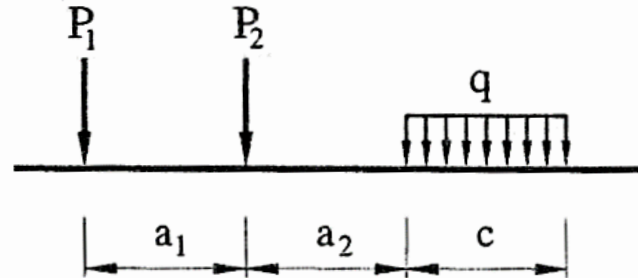
Üçgen yayılı yük



Parabolik yük

Yayılı yük tipleri

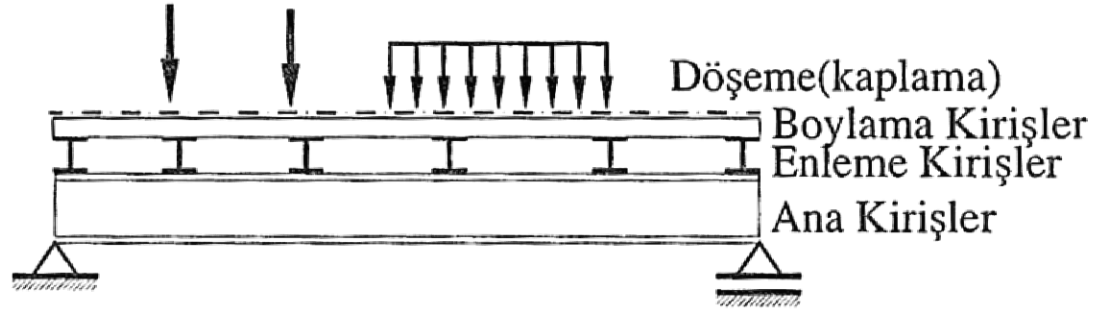
- c) Yük Katarı : Şiddetleri ve ara uzaklıkları değişmeyen tekil ve yayılı yüklerden meydana gelen yük grubudur.



❖ Dördüncü Tür Sınıflandırma

- a) Dolaysız (direkt) Yükler : Yapıya doğrudan doğruya etkiyen yüklerdir.

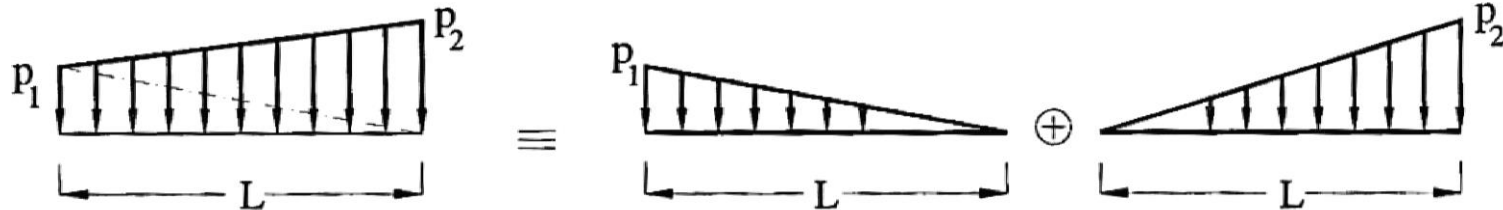
- b) Dolaylı (indirekt) Yükler : Yapıya doğrudan doğruya etkimeyen yüklerdir. (Örneğin, köprülerde döşeme yüklerinin, esas taşıyıcı kirişe enleme kirişleri ile aktarılması durumu)

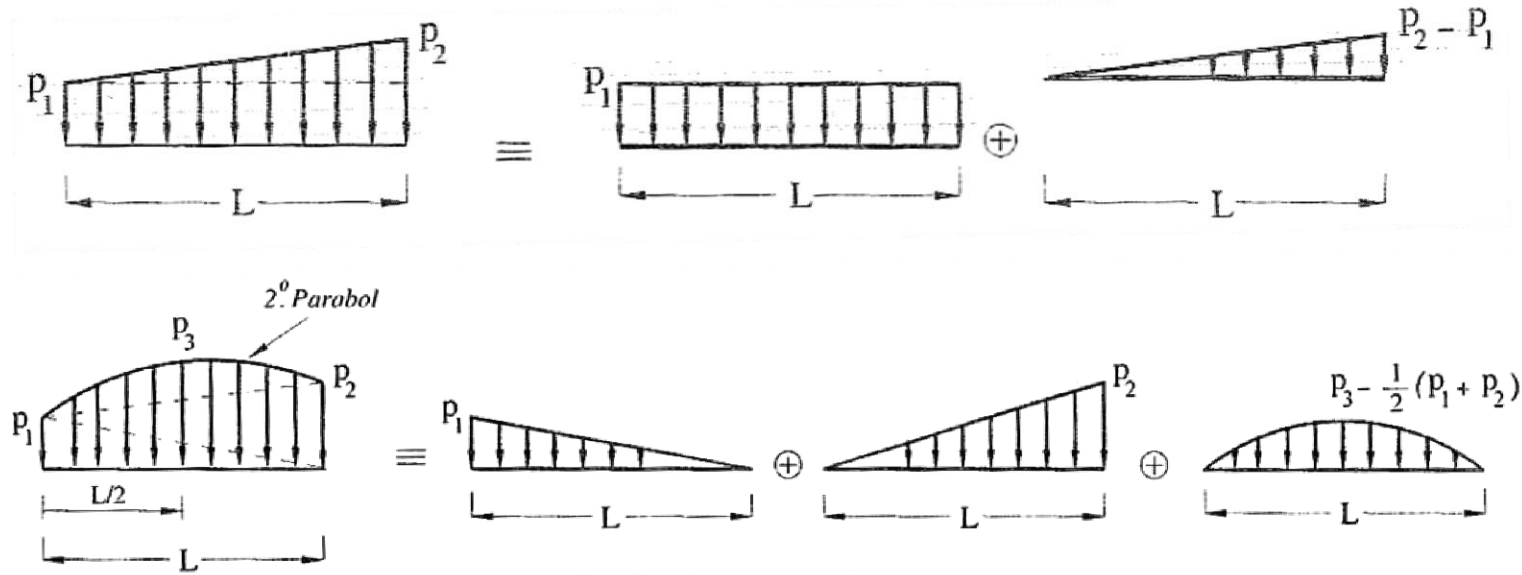


KÖPRÜ TAŞIYICI SİSTEMİ

Bileşik Yayılı Yüklerin Bileşenlerine Ayrılması

Bileşik yayılı yükler; süperpozisyon prensibinden yararlanmak suretiyle, özellikleri bilinen basit yayılı yüklere dönüştürülerek gözönüne alınabilirler





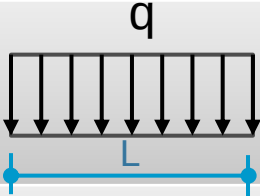
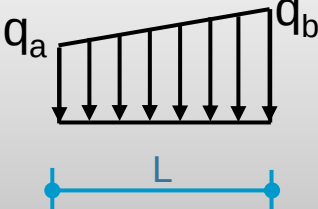
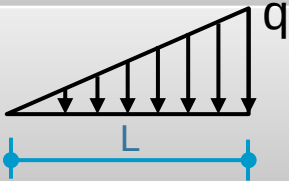
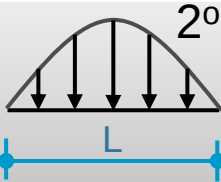
Bileşke Kuvvet

Belirli sayıdaki kuvvetlerin tümüne eşdeğer olan tek kuvvete, bu kuvvetlerin bileşkesi denir. Bileşke kuvvetin karakteristikleri :

- a)-doğrultusu
- b)-yönü
- c)-şiddeti
- d)-uygulama noktası

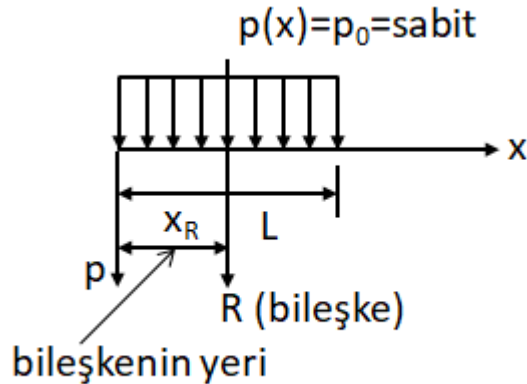
olarak ifade edilir.

Bileşke Kuvvet Tayini

Yayılı Yük	Bileşke (R)	Bileşkenin Yeri (X_R)
	$q \cdot L$	$\frac{L}{2}$
	$\left(\frac{q_a + q_b}{2}\right) \cdot L$	$\left(\frac{q_a + 2q_b}{q_a + q_b}\right) \cdot \frac{L}{3}$
	$\frac{q \cdot L}{2}$	$\frac{2}{3} \cdot L$
	$\frac{2}{3} q \cdot L$	$\frac{L}{2}$

Farklı yük durumları için R ve X_R nin elde edilmesi

a) Düzgün yayılı yük



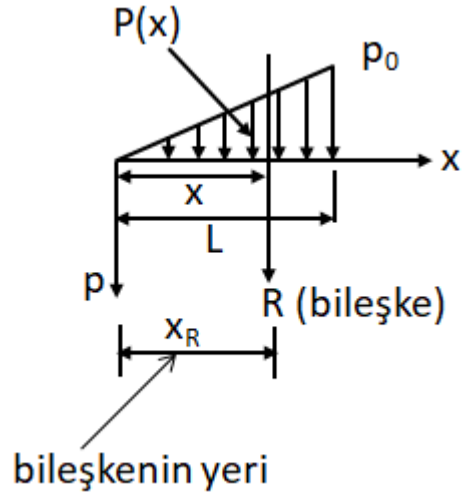
Bileşkenin belirli bir noktaya göre statik momenti söz konusu kuvvetlerin o noktaya göre statik momentine eşittir.

$$R = \int_0^L p_0 dx = [p_0 x]_0^L = p_0 L$$

$$Rx_R = \int_0^L p(x)x dx$$

$$x_R = \frac{\int_0^L p(x)x dx}{\int_0^L p(x) dx} = \frac{(p_0 \frac{x^2}{2})|_0^L}{(p_0 x)|_0^L} = \frac{\frac{p_0 L^2}{2}}{p_0 L} = \frac{L}{2}$$

b) Üçgen yayılı yük



$$\frac{p(x)}{p_0} = \frac{x}{L} \quad p(x) = \frac{p_0 x}{L}$$

$$R = \int_0^L p(x) dx = \int_0^L \frac{p_0 x}{L} dx = \left(\frac{p_0 x^2}{2L} \right) \Big|_0^L = \frac{p_0 L}{2}$$

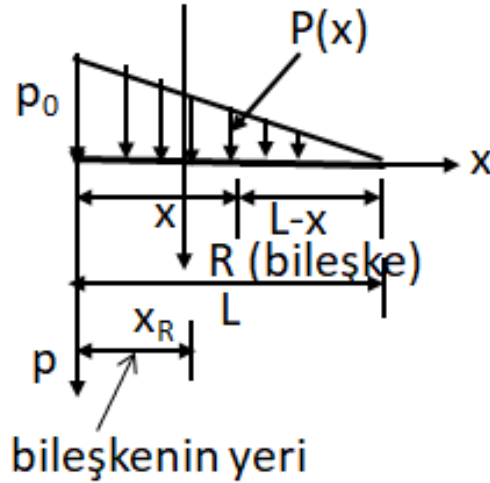
Yük diyagramının alanı üçgen alanı

$$x_R = \frac{\int_0^L p_0 \frac{x}{L} x dx}{\int_0^L p(x) dx} = \frac{\left(\frac{p_0 x^3}{3L} \right) \Big|_0^L}{\left(\frac{p_0 x^2}{2L} \right) \Big|_0^L} = \frac{\frac{p_0 L^3}{3}}{\frac{p_0 L}{2}} = \frac{2L}{3}$$

$$p(x) = \frac{p_0 x}{L}$$

Üçgenin geometrik
ağırlık merkezi

b) Üçgen yayılı yük



$$\frac{p(x)}{p_0} = \frac{L-x}{L} \quad p(x) = \frac{p_0(L-x)}{L}$$

$$R = \int_0^L p(x) dx = \int_0^L \frac{p_0(L-x)}{L} dx = \int_0^L \left(p_0 - \frac{p_0 x}{L} \right) dx$$

$$R = \left(p_0 x - \frac{p_0 x^2}{L} \right) \Big|_0^L = p_0 L - p_0 \frac{L}{2} = p_0 \frac{L}{2}$$

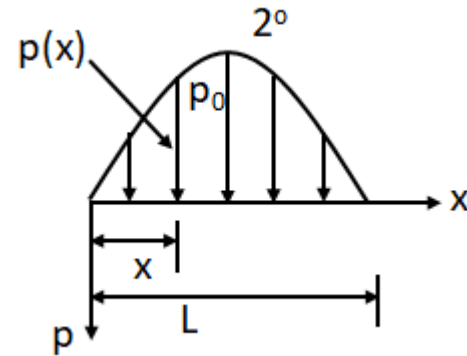
Yük diyagramının alanı üçgen alanı

$$x_R = \frac{\int_0^L p_0 \frac{L-x}{L} x dx}{\int_0^L p(x) dx} = \frac{\left(p_0 \frac{x^2}{2} - \frac{p_0 x^3}{L} \right) \Big|_0^L}{\left(p_0 x - \frac{p_0 x^2}{L} \right) \Big|_0^L} = \frac{\frac{p_0 L^2}{6}}{\frac{p_0 L}{2}} = \frac{L}{3}$$

Üçgenin geometrik
ağırlık merkezi

$$p(x) = \frac{p_0(L-x)}{L}$$

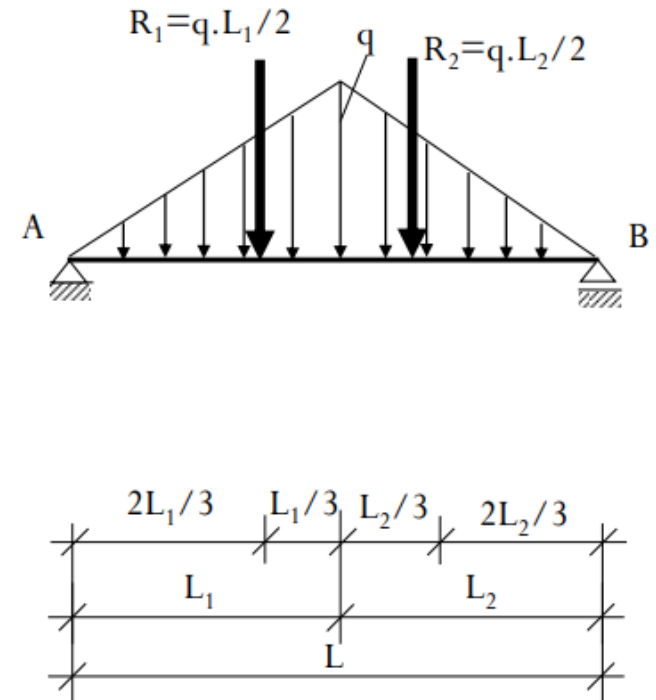
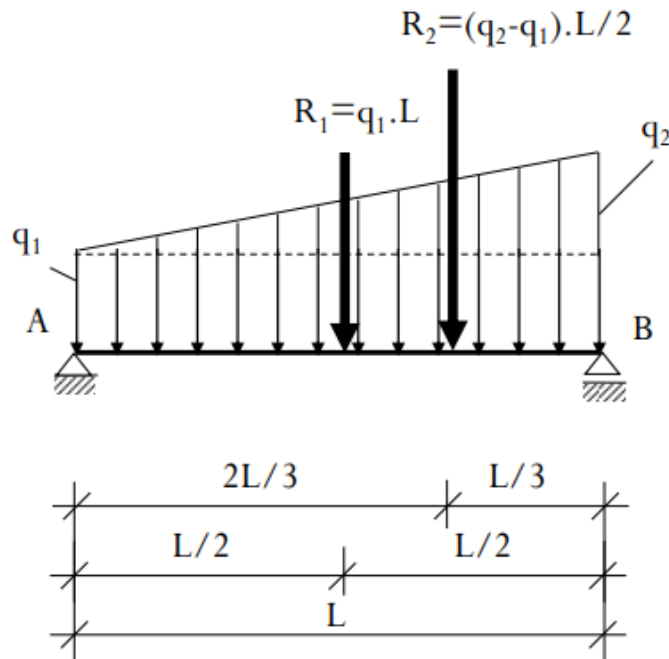
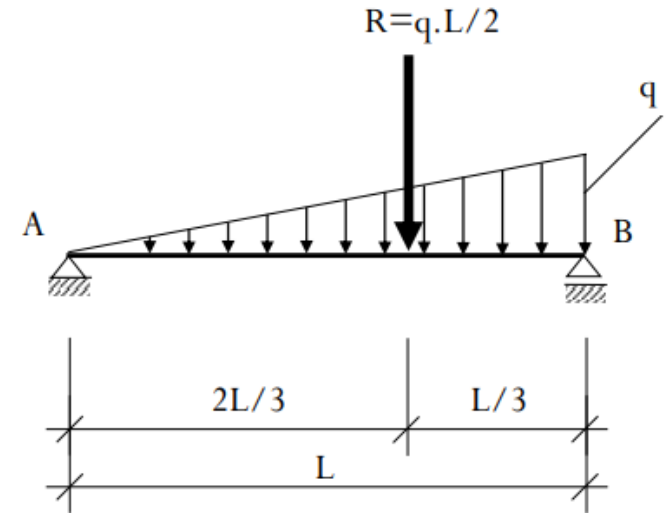
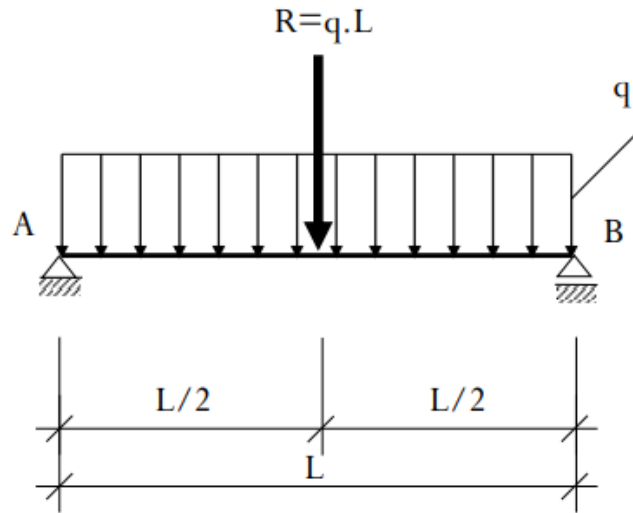
c) Parabolik yayılı yük (2°)



$$p(x) = \frac{4p_0}{L^2} x(L - x) \quad R = \int_0^L p(x) dx = \frac{2}{3} p_0 L$$

$$X_R = \frac{\int_0^L p(x) x dx}{\frac{2}{3} p_0 L} = \frac{L}{2}$$

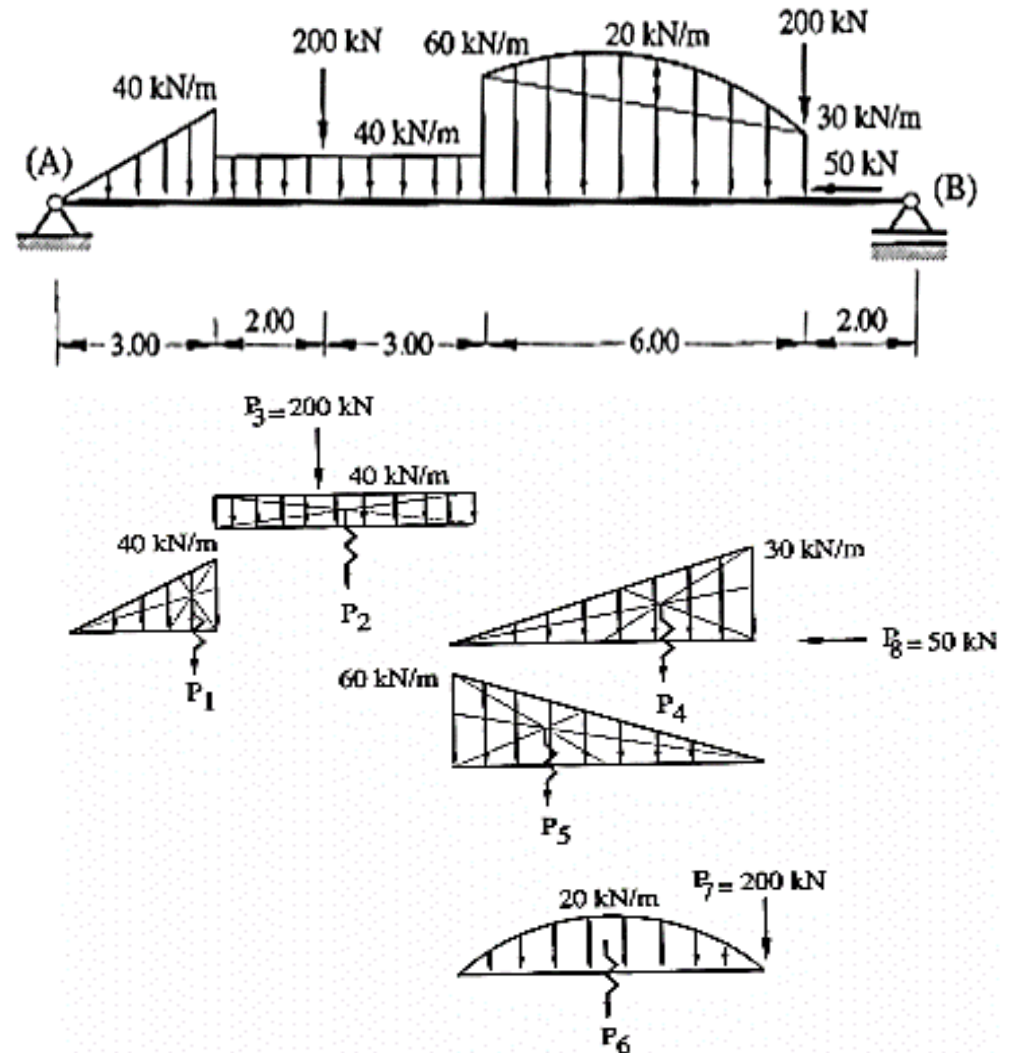
Özetle bazı bileşke kuvvetler ve yerleri



ÖRNEK PROBLEM

PROBLEM 1.3

Şekil 1.3 de verilen basit kirişte,
Düşey yüklerin bileşkesinin şiddetini ve yerini bulunuz.



$$P_1 = 40 \times \frac{3.00}{2} = 60 \text{ kN} , P_2 = 40 \times 5.00 = 200 \text{ kN} , P_4 = 30 \times \frac{6.00}{2} = 90 \text{ kN}$$

$$P_5 = 60 \times \frac{6.00}{2} = 180 \text{ kN} , P_6 = \frac{2}{3} \times 20 \times 6.00 = 80 \text{ kN}$$

Tablo 1.3: Kuvvetlerin A noktasına göre statik momentleri

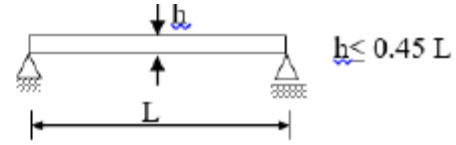
	Yük	$x_{i,A}$ (m)	$(P_i \times x_{i,A})$ (kNm)
P_1	60	2.00	120
P_2	200	5.50	1100
P_3	200	5.00	1000
P_4	90	12.00	1080
P_5	180	10.00	1800
P_6	80	11.00	880
P_7	200	14.00	2800

Σ : 8780

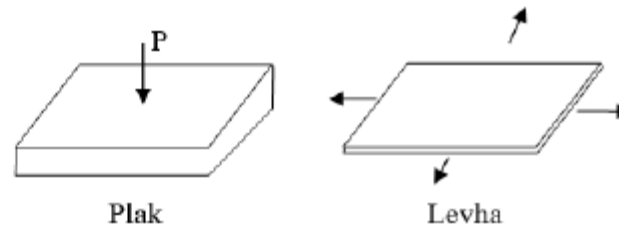
Şiddet: $R=1010 \text{ kN} \checkmark$ **Yer:** $x_A = \frac{8780}{\sum_{i=1}^N R_i} = \frac{8780}{1010} = 8.693 \text{ m} \checkmark$

Yapı Sistemlerinin Sınıflandırılması

Bir boyutlu sistemler

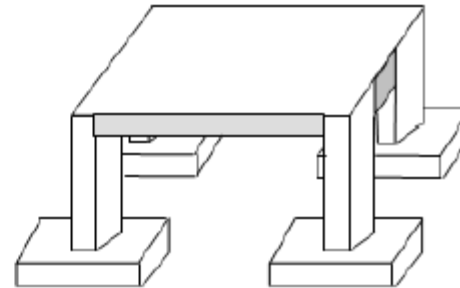


İki boyutlu sistemler

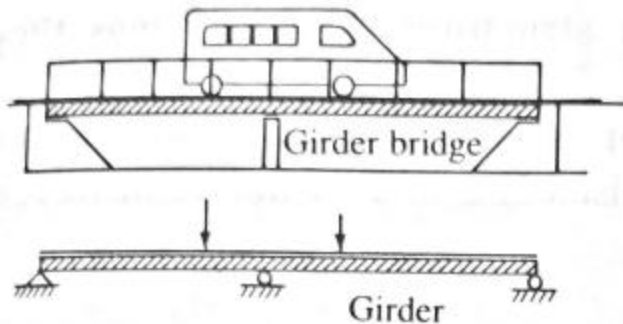


Üç boyutlu sistemler

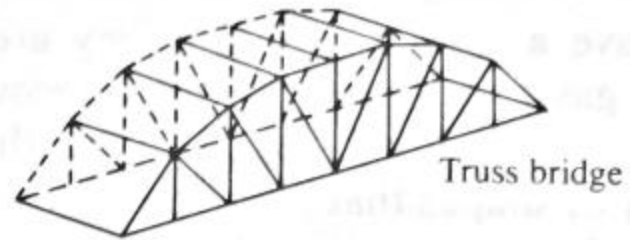
Hiçbir boyutu ihmal edilemez



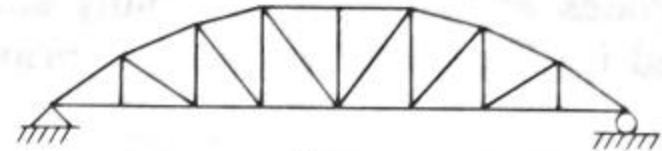
Yapı Türleri



(a) Beam (girder)

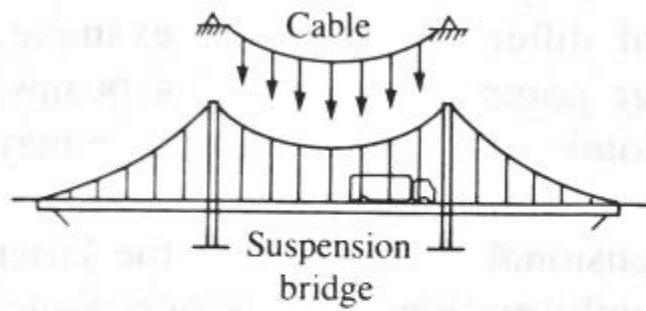


Truss bridge

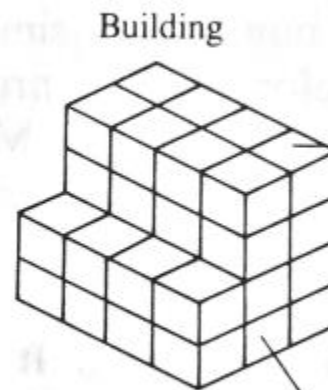


Truss

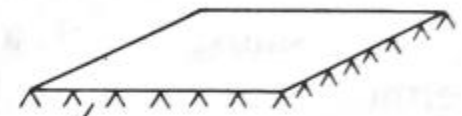
(b) Truss



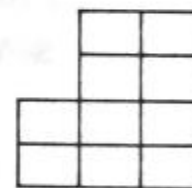
(c) Cable



Building

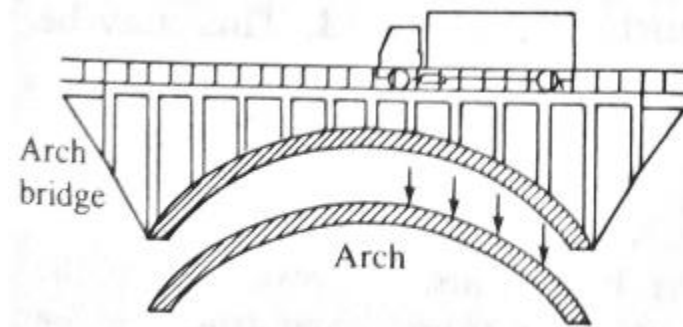


Slab

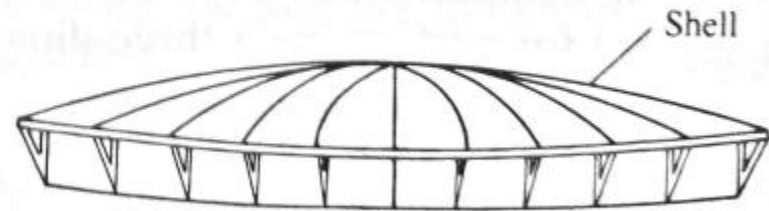


Frame

(d) Frame



(e) Arch



Shell structure

(f) Shell