

İZOSTATİK SİSTEMLERİN HAREKETLİ YÜKLERE GÖRE HESABI

(7-1)

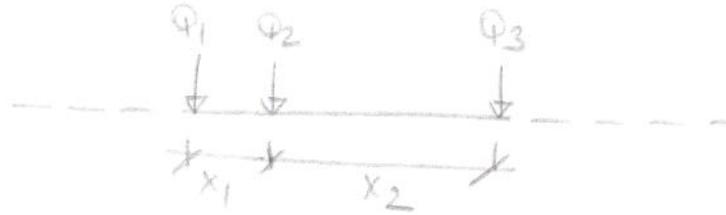
Hareketli Yük Geşitleri

Pratikte karşılaşılan hareketli yükler başlıca 4 grupta toplanabilir:

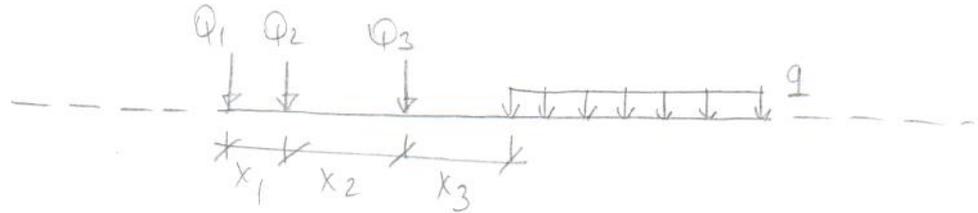
1. Tip Hareketli Yük: Sistemin tümünü veya bir bölümünü kaplayan, boyu değişken, düzgün yayılı hareketli yük (örn: hafif araç yükleri)



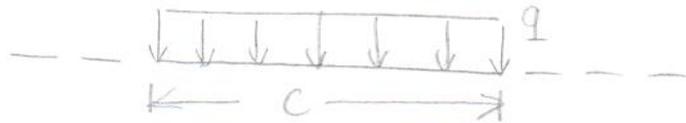
2. Tip Hareketli Yük: Şiddetleri ve aralarındaki mesafeler sabit olan tekil yüklerden oluşan hareketli yük (ağır tekerlekli araç yükleri)



3. Tip Hareketli Yük: Şiddetleri ve aralarındaki mesafeler sabit olan tekil yükler ile boyu değişken düzgün yayılı yükten oluşan hareketli yük.



4. Tip Hareketli Yük: Boyu sabit düzgün yayılı hareketli yük (örn: paletli araç yükleri)

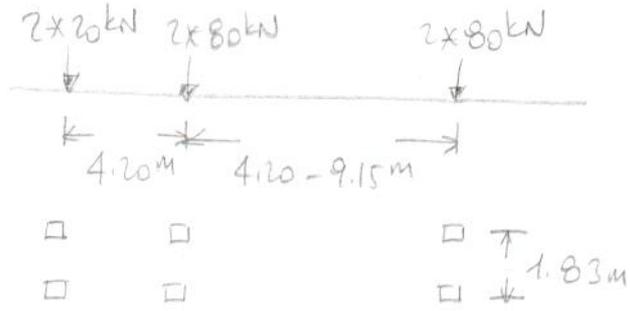


Hareketli Yüklere İlişkin Standart ve Yönetmelikler

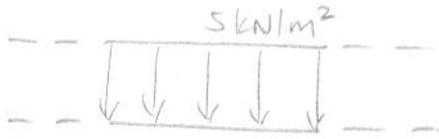
- i) TS 498, ASCE 7-01, EUROCODE (garajlarda hafif araç yükleri)
- ii) Karayolları Teknik Şartnamesi, AASHTO (ağır tekerlekli araç yükleri)

→ Hareketli yük örnekleri

1) H20 - S16 ağır araç yükleri



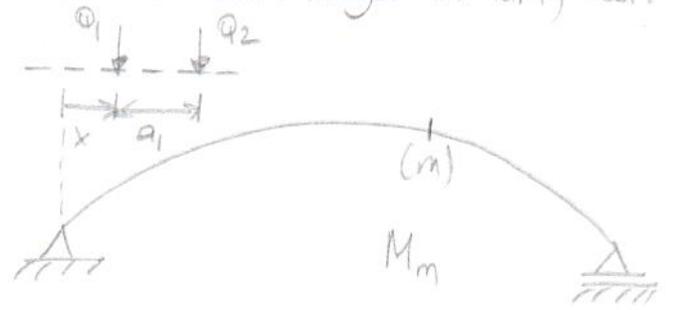
2) Hafif araç yükü (TS498)



HAREKETLİ YÜKLERE GÖRE HESAP

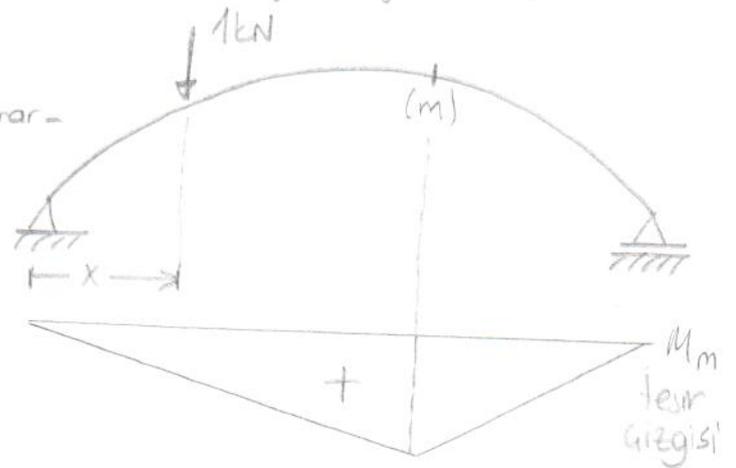
i) Hareketli yüklerin sistem üzerindeki konumları değişkendir.
 ii) Hareketli yükler etkisindeki bir yapı sisteminin boyutlandırılması için, sistemin her kesitinde, hareketli yüklerden oluşan en elverişsiz (maksimum veya minimum) kesit tesirlerinin hesaplanması gereklidir.

iii) Hareketli yüklerden oluşan en elverişsiz büyüklükler genel olarak araştırma ile bulunabilir. Bunun için, hareketli yük sistemin üzerinde



hareket ettirilerek, yükün her konumu için aranan büyüklüğün değeri hesaplanır.

iv) Araştırmanın daha sistematik şekilde yapılabilmesi için tesir çizilemiden yararlanılır. Bunun için, 1kN'lık düzey kuvvet sistem üzerinde hareket ettirilerek, kuvvetin her konumu için aranan büyüklüğün değeri hesaplanır ve bu

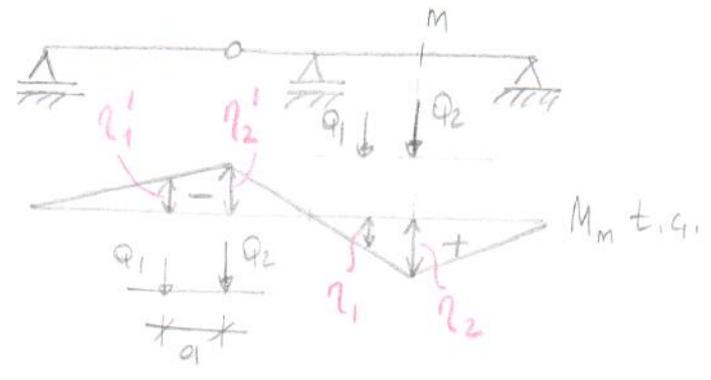
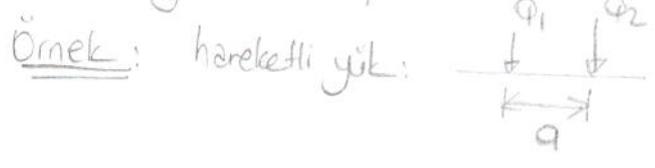


değerlerden yararlanılarak tesir çizelgesi diyagramı çizilir.

v) Sisteme ait herhangi bir büyüklüğün tesir çizelgesi diyagramı çizildikten sonra, bu diyagramlardan yararlanılarak

a) verilen bir yükleme için söz konusu büyüklüğün değeri,

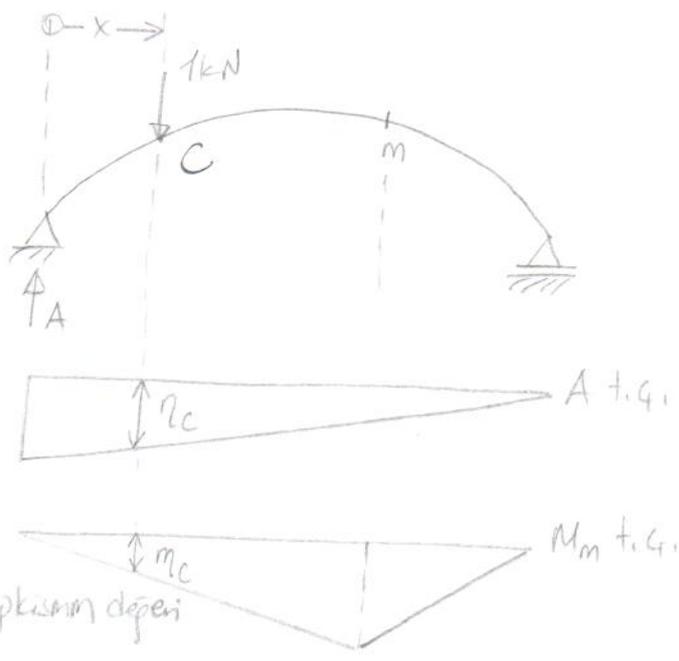
b) verilen bir hareketli yük için söz konusu büyüklüğün aldığı en elverişsiz değerler, kolaylıkla hesaplanır.



min $M_m = Q_1 r_1' + Q_2 r_2'$ maks $M_m = Q_1 r_1 + Q_2 r_2$

Tesir Çizgileri

Sistem üzerinde hareket etmekte olan 1kN'lık düzey kuvvetin herhangi bir konumunda oluşan herhangi bir büyüklüğün (mesnet tepkisi, kesit tesiri vs.) değeri, 1kN'lık kuvvetin altında orduat almak suretiyle çizilen diyagrama, bu büyüklüğe ait tesir çizgisi diyagramı denir.



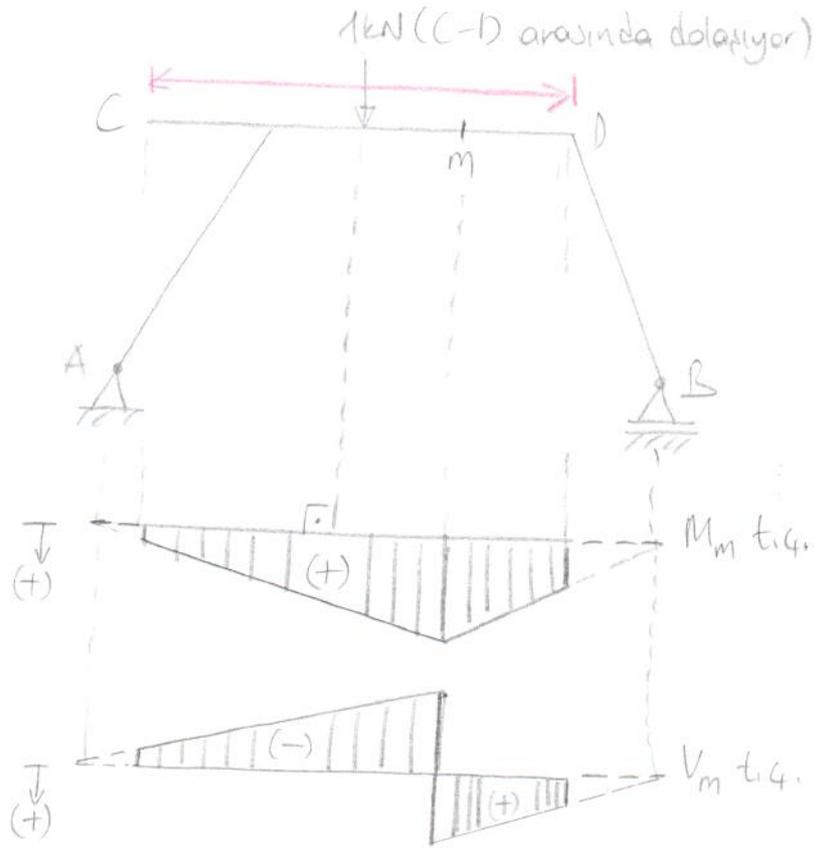
$r_C = 1kN$ C noktasında iken A mesnet tepkisinin değeri
 $m_C = 1kN$ C noktasında iken M_m eğilme momentinin değeri

⇒ Bu tanıma göre, bir tesir çizgisi diyagramının herhangi bir noktadaki ordmatı, o noktanın hizasındaki 1kN'lık kuvvetin o taşı söz konusu büyüklüğün değeri verir.

Tesir Çizgisi Diyagramlarının Çiziminde Uyulacak Kurallar

- 1) Tesir çizgisi diyagramları sistemin seması üzerine değil, 1kN'lık kuvvete dik doğrultu üzerine çizilirler.
- 2) Tesir çizgisi diyagramları, 1kN'lık kuvvetin dağıtıldığı sınırlar arasında çizilirler.
- 3) Ordmatlar 1kN'lık kuvvetin etme yönünde pozitif alınır.

4) Bölgelemiş işaretleri ve başlıca noktalardaki ordinatları diyagramın üzerine yazılır.



Tesir Çizgisi Diyagramlarının Elde Edilmesi

i) Genel Yol

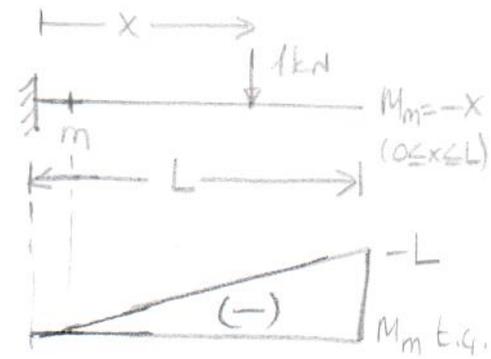
1kN'lık kuvvet sistemin üzerinde yeterli sayıda noktaya etkililir. Kuvvetin her konumu için, tesir çizgisi çizilecek olan büyüklüğün değeri ayrı ayrı hesaplanır. Bu değerler yardımıyla, tesir çizgisi nokta nokta elde edilir. Bu yol genelde uzundur.

ii) Fonksiyonlar yardımı ile çizim

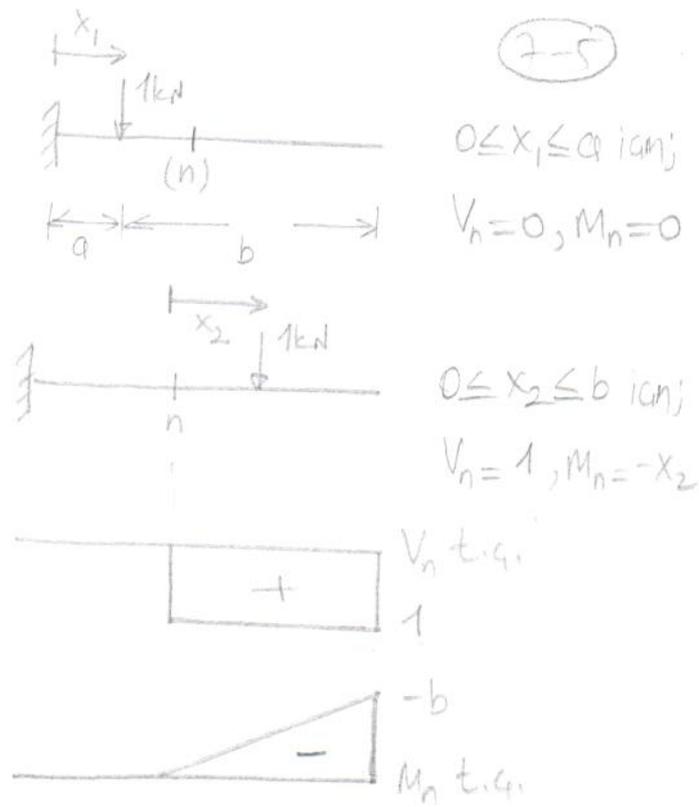
→ 1kN'lık dikey kuvvet sistemin herhangi bir noktasına etkililir ve seçilen bir başlangıç noktasına uzaklığı (x) parametresi ile belirlenir.

Tesir çizgisi çizilecek olan büyüklük

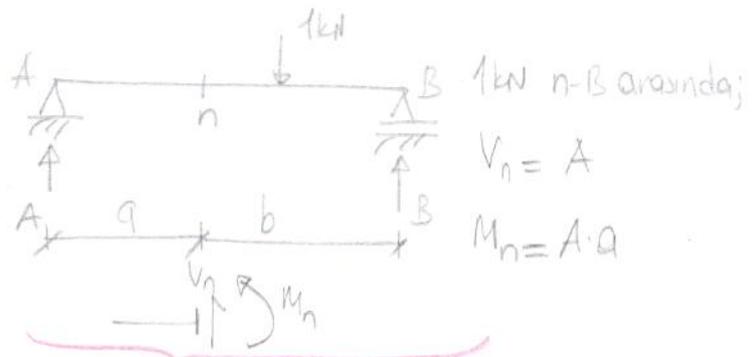
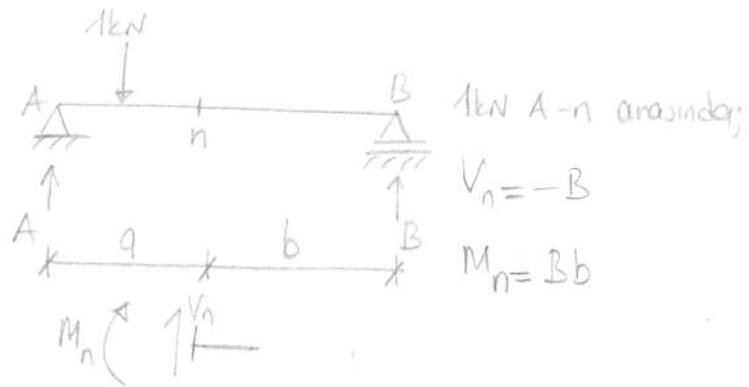
1kN'lık kuvvetin konumuna (yani x parametresine) bağlı olarak ifade edilir. Bu şekilde elde edilen fonksiyonun grafiği verilen tesir çizgisi diyagramını verir.



→ Çoğu zaman tesir çizgisi tek bir fonksiyon ile ifade edilemez. Bu durumda, sistem yeterli sayıda bölgeye ayrılır ve her bölge için tesir çizgisi fonksiyonları ayrı ayrı belirlenir. Bu fonksiyonların tanımlı oldukları bölgelerdeki grafikleri yan yana çizilerek aranan tesir çizgisi düppramı elde edilir.



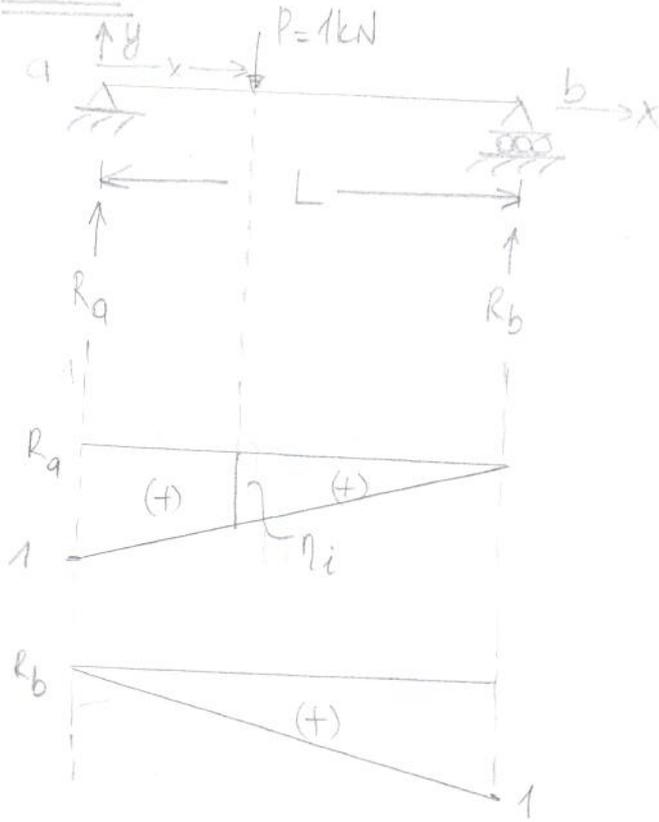
→ Tesir çizgileme ait fonksiyonların (x) parametresi yerine, bazı yardımcı büyüklükler (örneğin mesnet tepkileri) tesir çizgisi fonksiyonları cisimden ifade edilmesi kolaylık sağlamaktadır.



A ve B mesnet tepkilerinin tesir çizgileri çizildikten sonra, V_n ve M_n tesir çizgileri onlara bağlı olarak çizilir.

* NOT : İzostatik sistemlerde, mesnet tepkileri ve kesit kesimleri tesir çizgileri doğru parçalarından oluşur.

Örnek :



$$0 < x < L$$

$$\sum M_b = 0$$

$$R_a \cdot L - 1(L-x) = 0 \quad R_a = \frac{L-x}{L} = 1 - \frac{x}{L}$$

$$0 < x < L, \quad x=0 \rightarrow R_a = +1$$

$$x=L \rightarrow R_a = 0$$

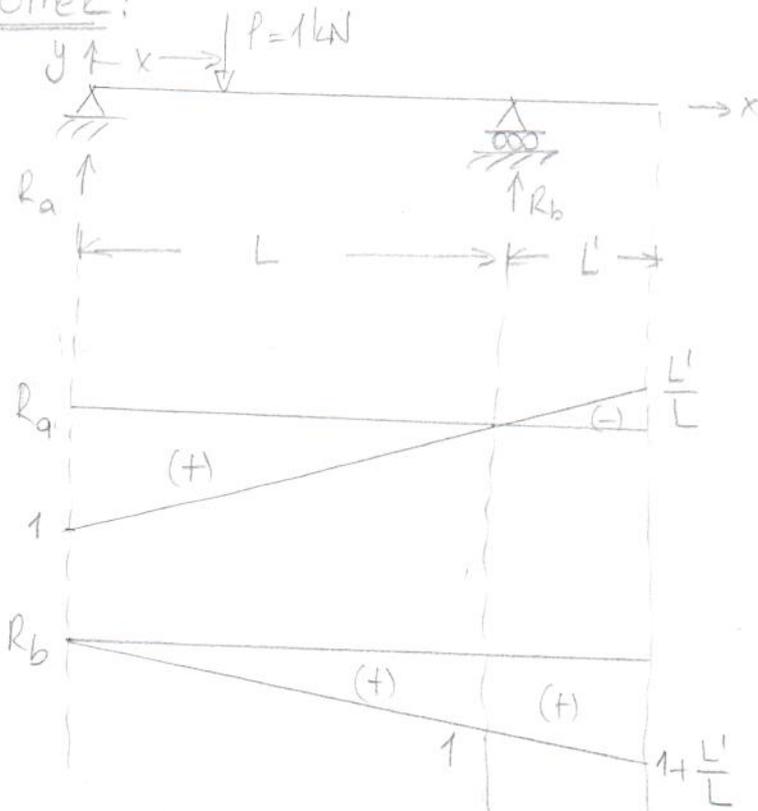
$$\sum M_a = 0$$

$$R_b L - 1 \cdot x = 0 \quad R_b = \frac{x}{L}$$

$$0 < x < L, \quad x=0 \rightarrow R_b = 0$$

$$x=L \rightarrow R_b = 1$$

Örnek :



$$0 < x < L+L'$$

$$R_a = 1 - \frac{x}{L} = \frac{L-x}{L}$$

$$x=0 \rightarrow R_a = 1$$

$$x=L \rightarrow R_a = 0$$

$$x=L+L' \rightarrow R_a = -\frac{L'}{L}$$

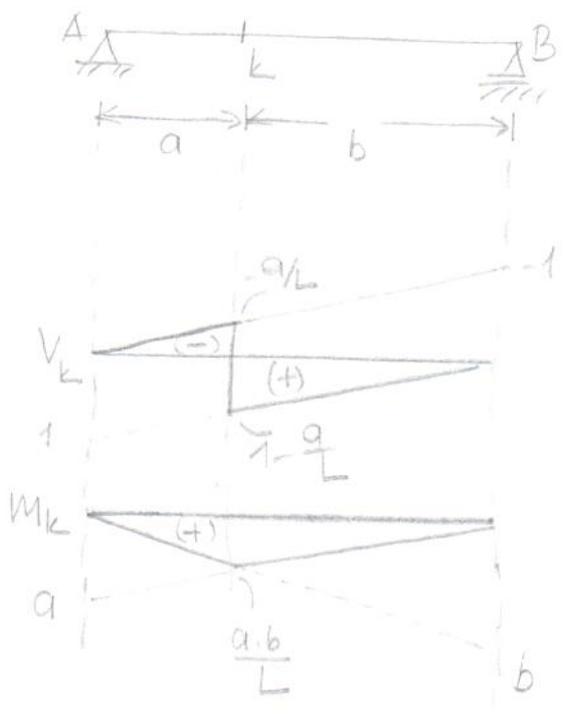
$$R_b = \frac{x}{L}$$

$$x=0 \rightarrow R_b = 0$$

$$x=L \rightarrow R_b = 1$$

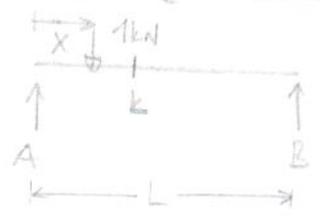
$$x=L+L' \Rightarrow R_b = \frac{L+L'}{L} = 1 + \frac{L'}{L}$$

Örnek:

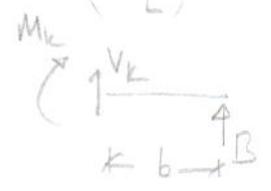


V_k ve M_k tesir girgileri?

$P=1kN (0 < x < a)$



$A = (1 - \frac{x}{L})$ $B = \frac{x}{L}$



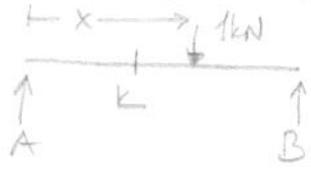
$V_k = -B = -\frac{x}{L}$

$M_k = +Bb = \frac{x}{L}b$

V_k $x=0 \rightarrow V_k=0$, $x=a \rightarrow V_k = -\frac{a}{L}$

M_k $x=0 \rightarrow M_k=0$, $x=a \rightarrow M_k = \frac{a \cdot b}{L}$

$P=1kN (a < x < L)$



$A = 1 - \frac{x}{L}$, $B = \frac{x}{L}$



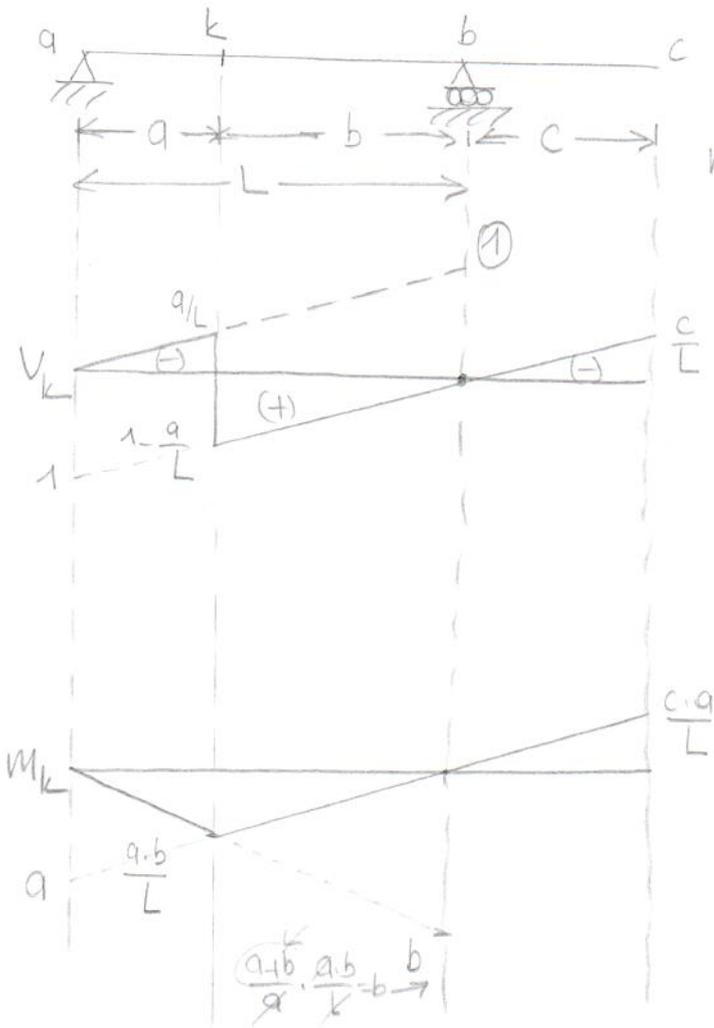
$V_k = A = 1 - \frac{x}{L}$

$M_k = Aa = (1 - \frac{x}{L})a$

V_k $x=a \rightarrow V_k = 1 - \frac{a}{L}$, $x=L \rightarrow V_k = 0$

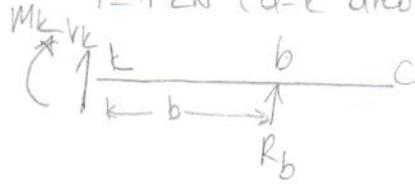
M_k $x=a \rightarrow M_k = \frac{a \cdot b}{L}$, $x=L \rightarrow M_k = 0$

Örnek :



V_k ve M_k tesir çizgileri?

$P=1\text{ kN}$ ($a-k$ arasında)



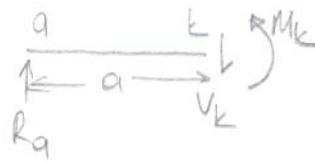
$$V_k = -R_b = -1 \cdot \frac{x}{L}$$

$$M_k = R_b \cdot b = 1 \cdot \frac{x}{L} \cdot b$$

V_k $x=0 \rightarrow V_k=0, x=a \rightarrow V_k = -\frac{a}{L}$

M_k $x=0 \rightarrow M_k=0, x=a \rightarrow M_k = \frac{a \cdot b}{L}$

$P=1\text{ kN}$ ($k-c$ arasında)



$$V_k = R_a = 1 - \frac{x}{L}$$

$$M_k = R_a \cdot a = (1 - \frac{x}{L}) \cdot a$$

V_k $x=a \rightarrow V_k = 1 - \frac{a}{L}$

$x=L \rightarrow V_k = 0$

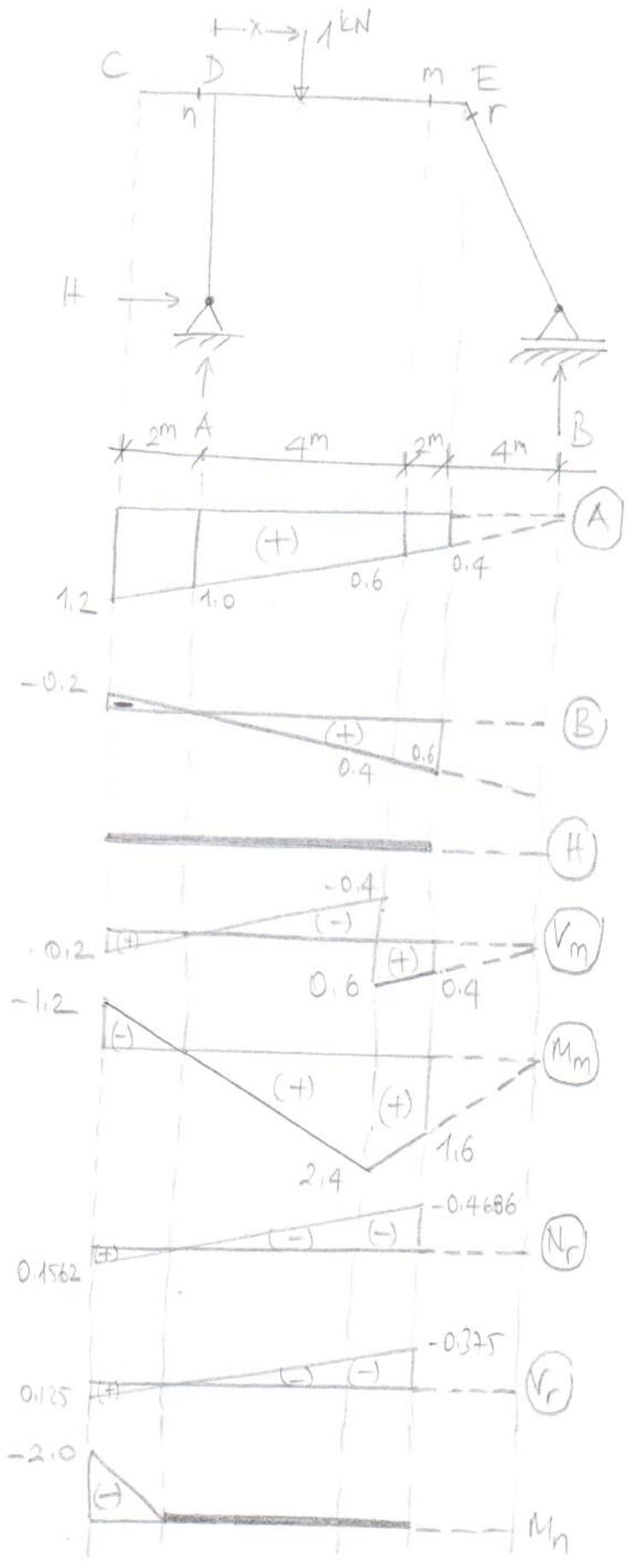
$x=L+c \rightarrow V_k = \frac{L-L-c}{L} = -\frac{c}{L}$

M_k $x=a \rightarrow M_k = (1 - \frac{a}{L}) \cdot a = \frac{b}{L} \cdot a$

$x=L \rightarrow M_k = 0$

$x=L+c \rightarrow M_k = (\frac{L-L-c}{L}) \cdot a = -\frac{c \cdot a}{L}$

Örnek: Şekilde verilen sistemde $A, B, H, M_m, V_m, N_r, V_r, M_n$ tesir çizgilerinin çizimi.
(1 kN'lık düşey kuvvet C-D-E arasında bulunmaktadır.)



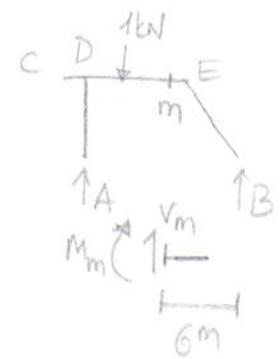
$$\sum M_B = 0 \Rightarrow -10A + 1(10-x) = 0$$

$$A = 1 - \frac{x}{10} \quad (-2m \leq x \leq 6m)$$

$$\sum M_A = 0 \Rightarrow -1(x) + 10B = 0$$

$$B = \frac{x}{10} \quad (-2m \leq x \leq 6m)$$

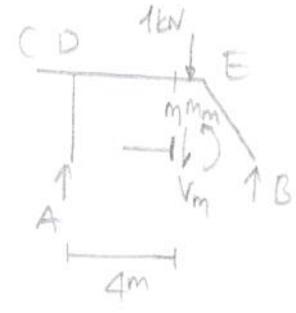
$$\sum F_x = 0 \Rightarrow H = 0$$



1 kN C-m arasında

$$V_m = -B$$

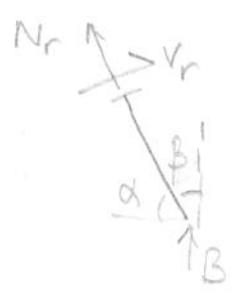
$$M_m = 6B$$



1 kN m-E arasında

$$V_m = A$$

$$M_m = 4A$$



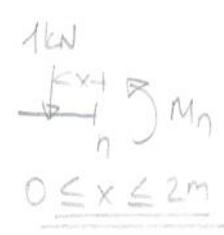
$$\sin \alpha = 0.781$$

$$\cos \alpha = 0.625$$

$$N_r = 5 \cos \beta = B \sin \alpha = -0.781B$$

$$V_r = -B \sin \beta = -6 \cos \alpha = -0.625B$$

$$(-2 \leq x \leq 6m)$$



$$0 \leq x \leq 2m$$

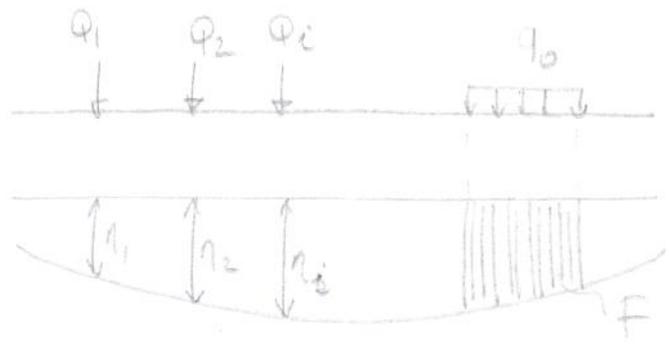
$$M_n = -1 \cdot x = -x$$

$$x=0 \rightarrow M_n = 0$$

$$x=2 \rightarrow M_n = -2$$

Tezr Grizglemmn Kullantması

i) Veniten sabit düzey yüklerden olusan büyüklüklerin hesabı

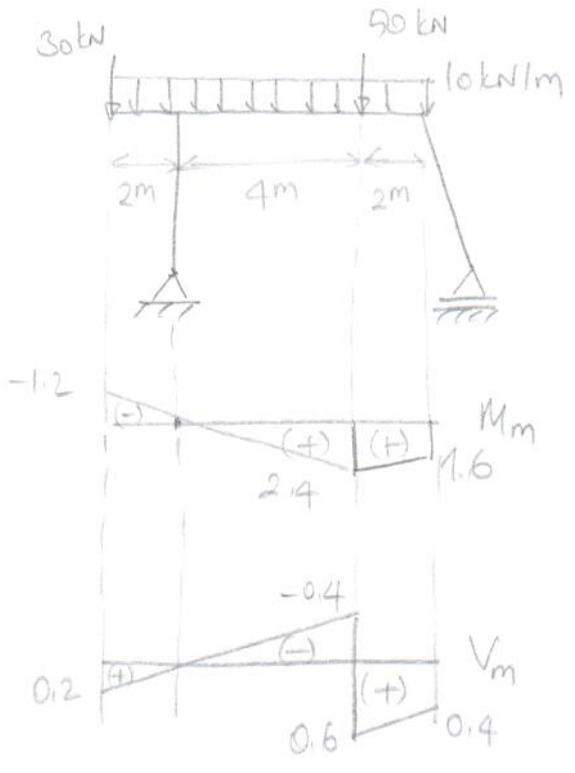


a) Tekil yüklerden dolayı:

$$Q_1 r_1 + Q_2 r_2 + \dots + Q_i r_i = \sum Q_i r_i$$

b) q_0 düzgün yayılı yüklerden dolayı: $q_0 \int r(x) dx = q_0 F$

 rnek : Veniten sabit düzey yüklerden olusan M_m, V_m kesit tesirlerinin hesabı?

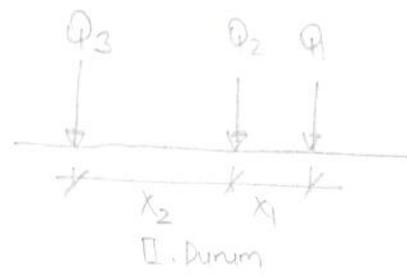
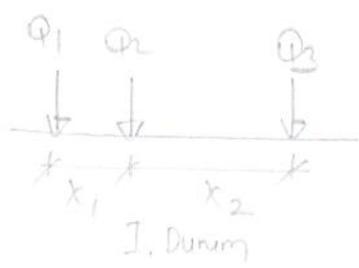


$$M_m = -30 \times 1.2 + 50 \times 2.4 + 10 \left[-\frac{1}{2} \cdot (1.2)(2) + \frac{1}{2} (2.4)(4) + \frac{1}{2} (2.4+1.6) \cdot 2 \right] = 160 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$V_m = 30 \times 0.2 - 50 \times 0.4 + 10 \left[\frac{1}{2} \cdot (0.2)(2) - \frac{1}{2} \cdot (0.4)(4) + \frac{1}{2} (0.6+0.4) \cdot 2 \right] = -10 \text{ kN}$$

ii) Hareketli yüklere oluşan en elverişsiz büyüklüklerin hesabı

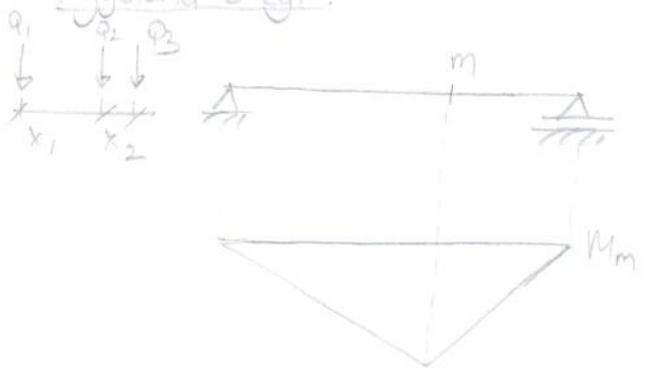
- Sisteme ait herhangi bir büyüklüğün (mesnet tepkileri, kesit tesirleri) hareketli yüklere oluşan en elverişsiz (maksimum ve minimum) değerleri genel olarak araştırma ile belirlenir.
- Bunun için, hareketli yük sistem üzerinde dolaştırılır ve yükün her konumu için söz konusu büyüklüğün değeri araştırılır.
- Bu işlemlerde tesir çizgilerinden yararlanır.
- En elverişsiz büyüklüklerin hesabı, hareketli yükün (yük katarının) I. durumu ve II. durumu için tekrarlanmalıdır.



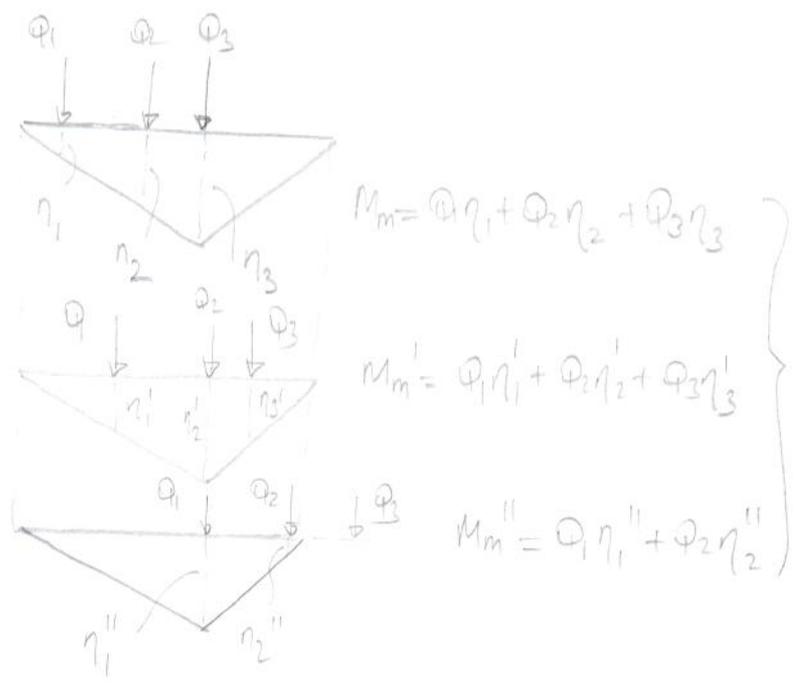
⇒ Yük katarının diğer yönde hareket etmesi

- Uygulamada karşılıklı olarak bazı hareketli yükler için kurallar geliştirilerek en elverişsiz büyüklüklerin hesabında kolaylıklar sağlanabilmektedir. Örneğin,
 - I. tip hareketli yük altında, maksimum büyüklükler için tesir çizgisinin pozitif bölgeleri, minimum büyüklükler için negatif bölgeleri yüklenir.
 - II. tip hareketli yük için, tekil kuvvetlerin her biri sırasıyla tesir çizgisinin maksimum (veya minimum) ordinatı hizasına ettirilerek söz konusu büyüklük hesaplanır. En elverişsiz olanı alınır. Bu işlemler yük katarının her iki durumu için tekrarlanır.

Uygulama örneği:



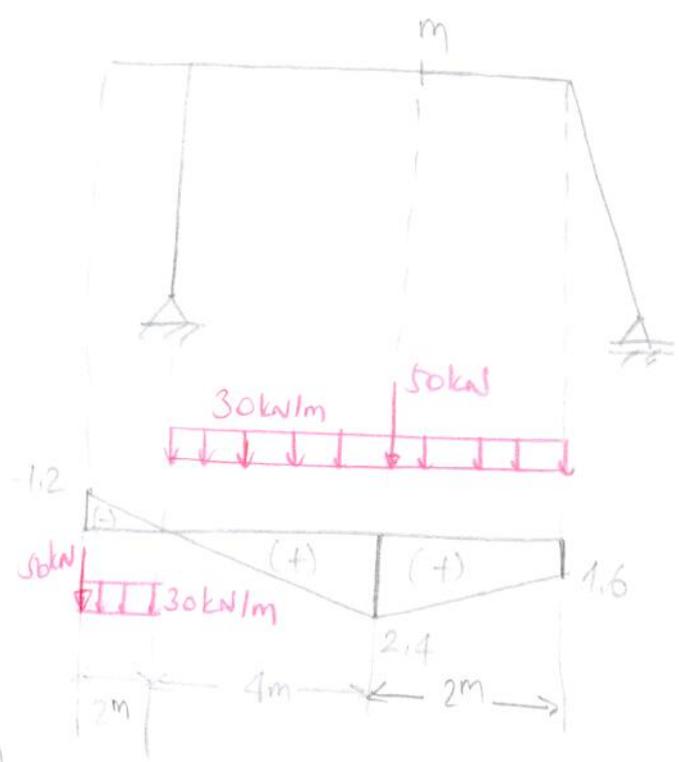
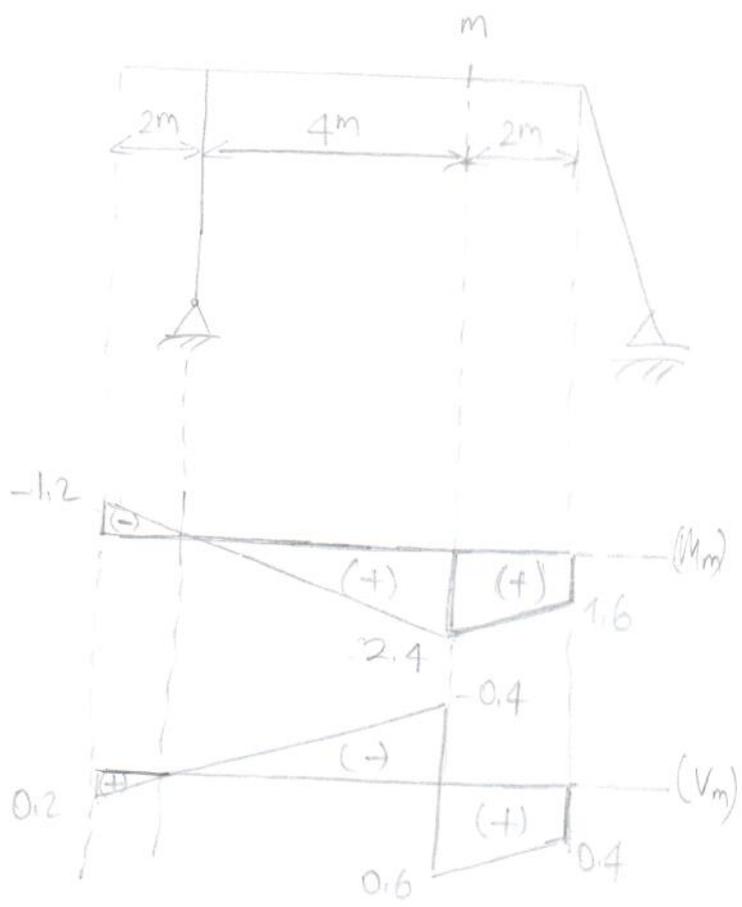
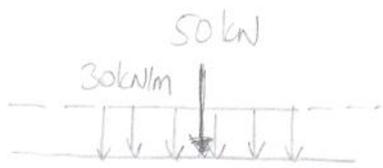
Not: Benzer işlemler yük katarının II. durumu için tekrarlanır.



en elverişsiz olan değer maksimum M_m olarak alınır.

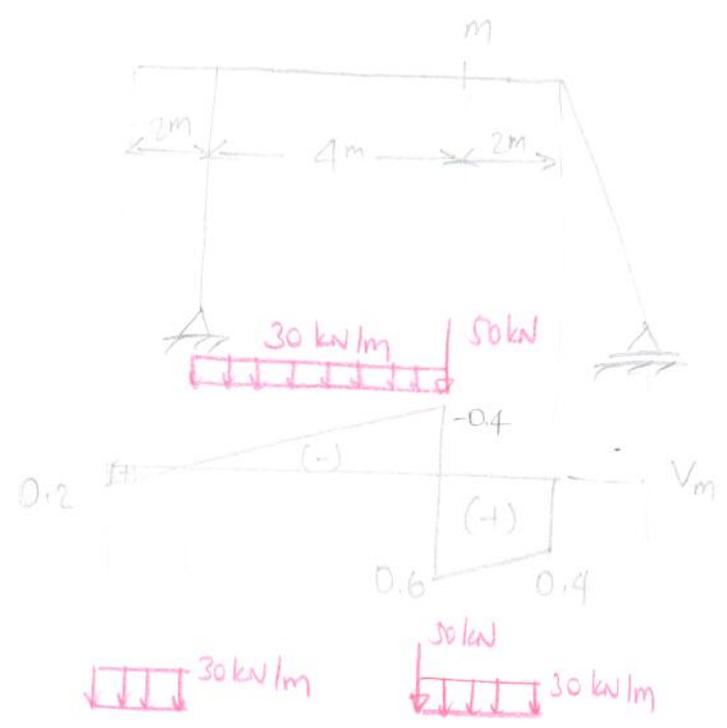
Örnek

Sekilde verilen hareketli yük iâm, önceki örnekteki sistemin maksimum ve minimum M_m, V_m kesit tesirlerinin hesabı



Maksimum $M_m = 50 \times 2.4 + 30 \left[\frac{1}{2} (2.4)(4) + \frac{1}{2} (2)(2.4+1.6) \right] = 384 \text{ kNm}$

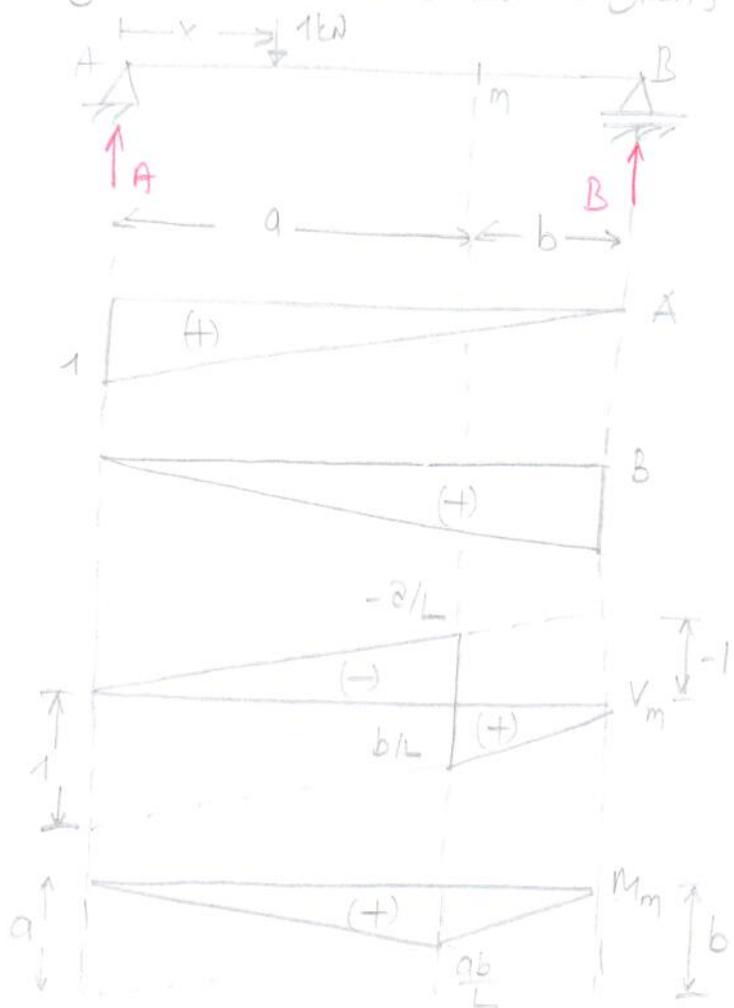
Minimum $M_m = -50 \times 1.2 - 30 \left(\frac{1}{2} (2)(1.2) \right) = -96 \text{ kNm}$



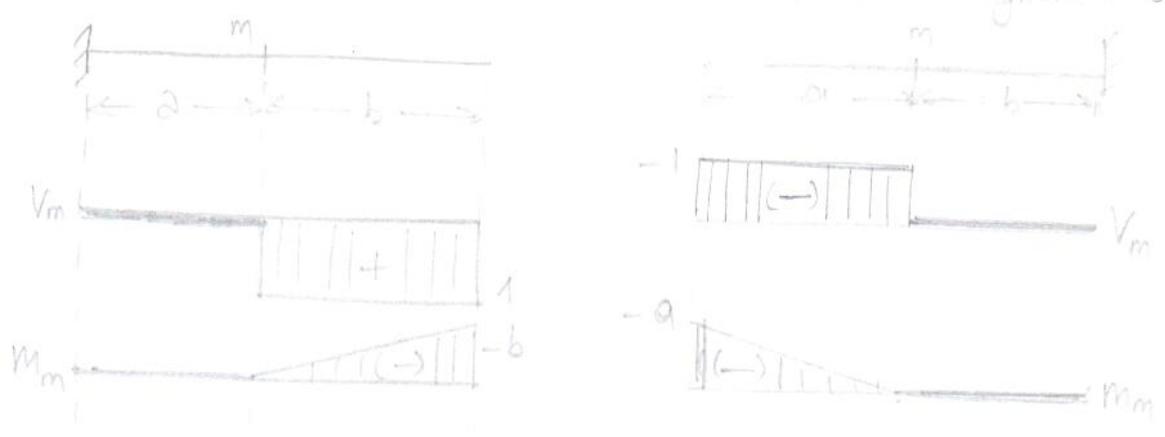
Minimum $V_m = -50 \times 0.4 - 30 \left(\frac{1}{2} (0.4)(4) \right) = -44 \text{ kW}$

Maximum $V_m = 50 \times 0.6 + 30 \left(\frac{1}{2} (0.2)(2) + \frac{1}{2} (2)(0.6+0.4) \right) = 66 \text{ kW}$

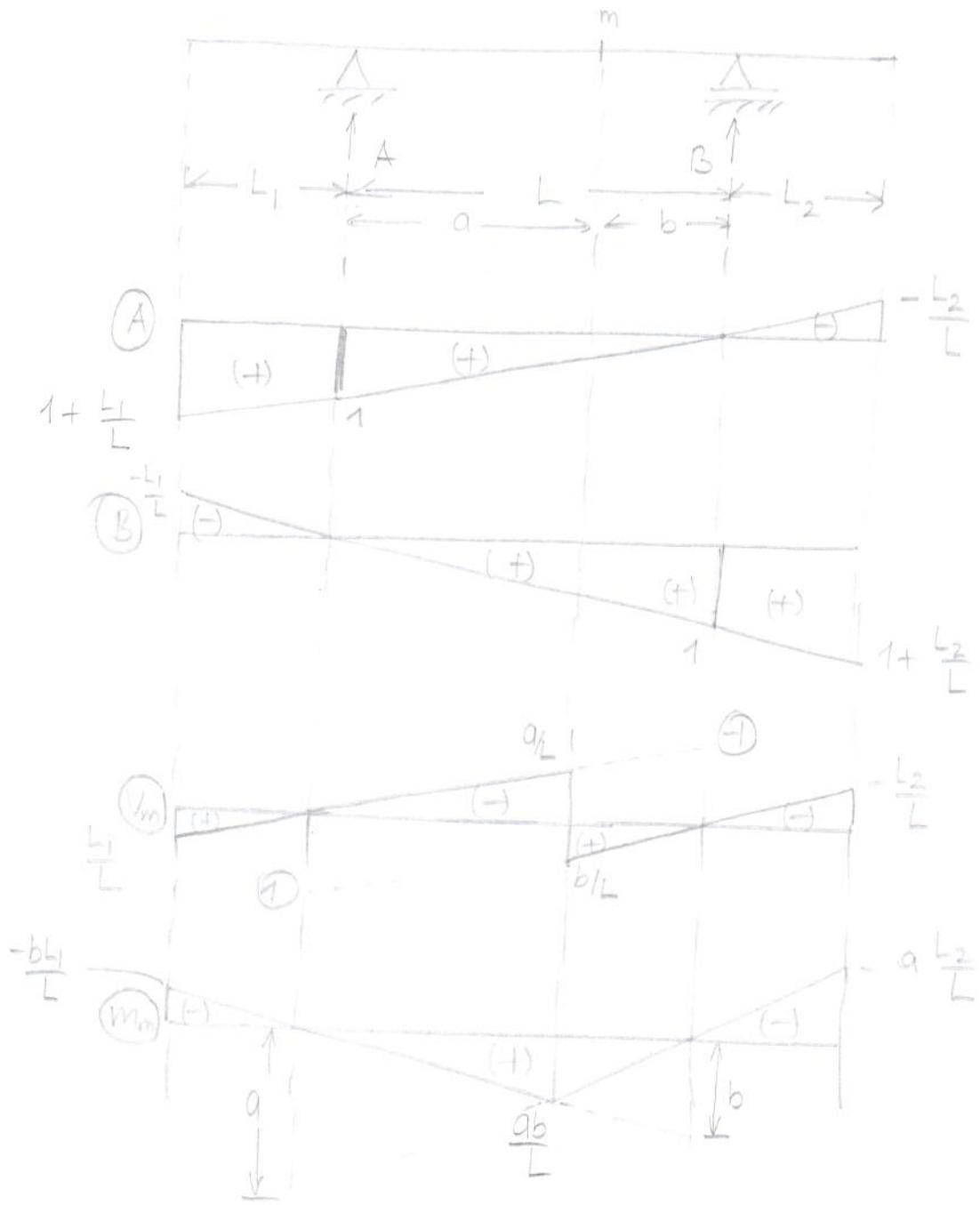
Hatırlayalım: Basit kısımlarda tesir çizgileri:



Örnek: Konsol kısımdaki V_m ve M_m teker çizgilerinin oluşturulması.



Örnek: Görmeli kısımdaki V_m ve M_m teker çizgilerinin oluşturulması.

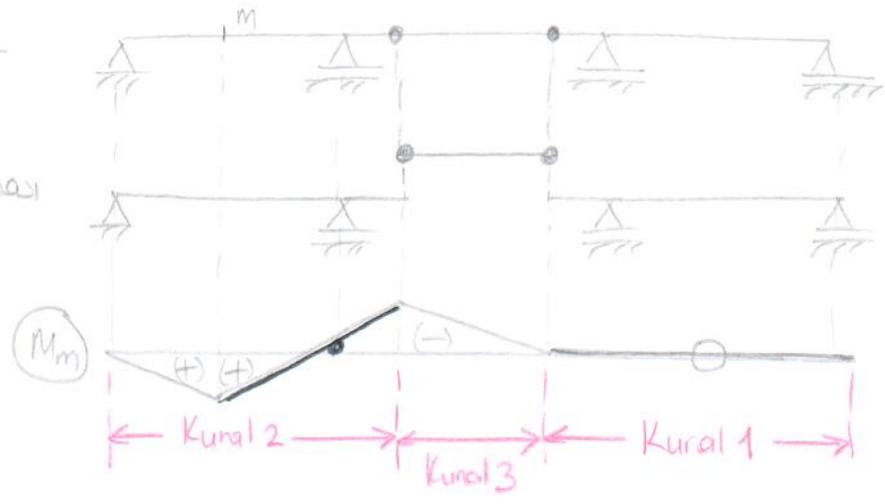


Kurallar

- 1- Tesir çizgisi çizilmek istenen büyüklüğün üzerinde bulunduğu parça ile bu parçanın taşıdığı diğer parçalar dışında, tesir çizgisi sıfırdır.
- 2- Tesir çizgisi çizilmek istenen büyüklüğün üzerinde bulunduğu parça üzerindeki tesir çizgisi bölümü, basit kriş, konsol kriş ve çıkmalı kriş tesir çizgileri gibi çizilir.
- 3- Köşü parçalar üzerindeki tesir çizgisi bölümleri
 - a) menetlerde sıfırdan geçecek şekilde ve
 - b) maksimumlarda kırıklık yaparak şekilde tanımlanır.

Uygulama örneği

taşıma şeması



Hesapla izlenen yol:

- 1) Taşıma şeması çizilir.
- 2) Kural 1, 2 ve 3'ten yararlanılarak, aranan tesir çizgisi diyagramı oluşturulur.
- 3) Ordmatların hesabında Tales bağıntısından yararlanır.

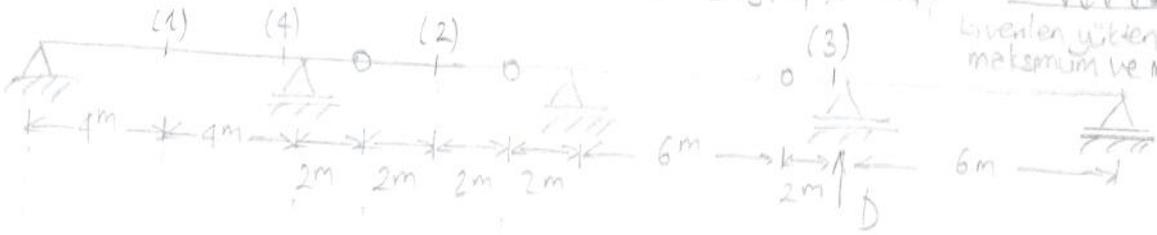
Birleşik İzostatik Sistemlerde Tesir Çizgileri

Birleşik izostatik sistemlerde tesir çizgileri Gerber krişlerine benzer olarak çizilebilir. Bunun için, önce taşıma şeması çizilir, sonra kurallardan yararlanılarak tesir çizgisi oluşturulur.

Sabitde verilen Geber kınınde $M_1, V_1, M_2, V_2, M_3, V_3, V_4, D$ t.g?

20kN/m 50kN
 verilen yükten oluşan maksimum ve minimum M_1, V_1 ?

Örnek



7-16

Tarım Şeması

