

YAPI STATİĞİ 1

DERS NOTLARI 5

Prof. Dr. Cengiz Dünder

ARA MAFSALLI BİLEŞİK SİSTEMLER

(GERBER KİRİŞLERİ)

GİRİŞ

Kenar mesnetleri sabit veya ankastre, ara mesnetleri ise hareketli olan doğru eksenli sistemlere **Sürekli Kirişler** denir. Sürekli kirişler hiperstatik sistemlerdir. Bu kirişlerin mesnet tepkileri sayısı mesnet sayısından bir fazladır. Bu durumda, üç tane olan denge denklemlerine eklenmesi gereken denklem sayısı, mesnet sayısından iki eksik veya ara mesnet sayısı kadardır. Bu sistemi izostatik hale getirmek için, sisteme ara mesnet sayısı kadar mafsall eklemek yeterli olmaktadır.

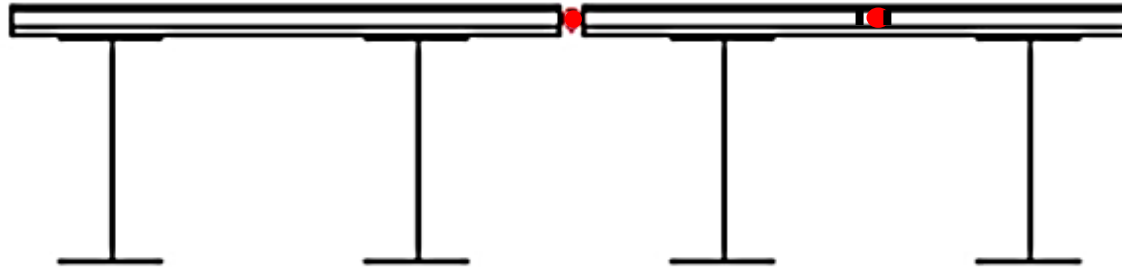
Sürekli kirişlere ara mesnet sayısı kadar mafsall ekleyerek elde edilen izostatik sistemlere **Gerber Kirişleri** denir. İlk defa H. Gerber^{*} adında bir Alman Mühendis tarafından kullanılmıştır.

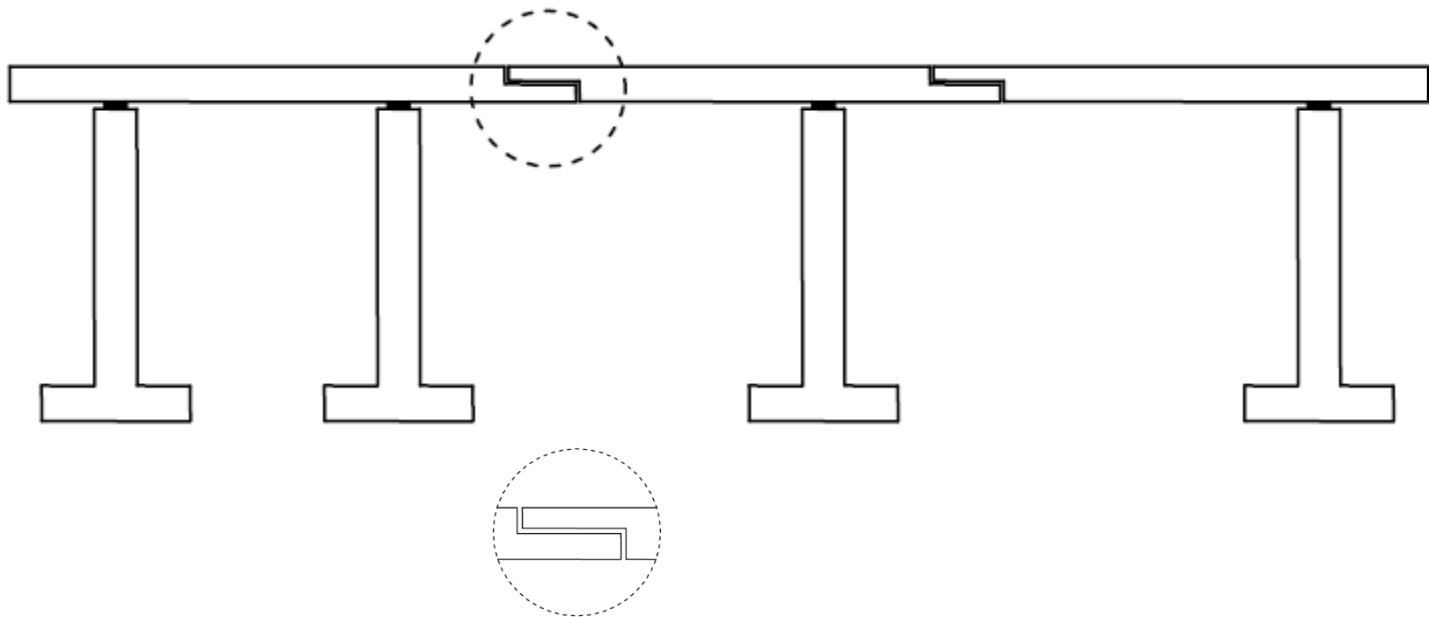
^{*}Gottfried Heinrich Gerber, 19. yüzyıl

GERBER KİRİŞ KULLANIM ALANI

Gerber kirişleri pratikte (uygulamada) genellikle çatı aşıkları ve köprü kirişleri olarak kullanılırlar.

- Kısa elemanlar olduğundan prefabrik olarak imal edilebilir ve taşınabilirler.
- Meydana gelen her sistemizostatiktir. Mesnet çökmesinden, sıcaklık değişmesinden etkilenmez.



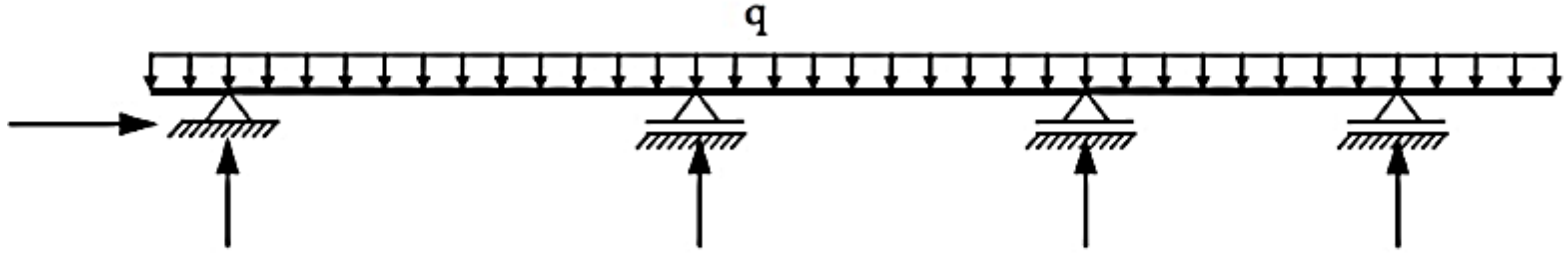




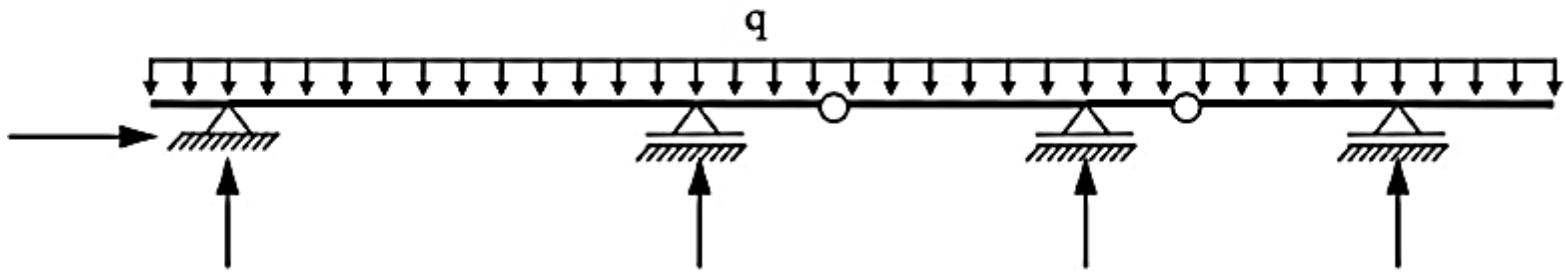
NEDEN GERBER KİRİŞ?

Hiperstatik sistemler, mesnetlerde çubuk eksenine dik yönde meydana gelen çökmelerden etkilenir. Özellikle köprü kirişlerinde bu mesnetlerin altındaki orta ayakların oturduğu zemin sağlam değilse veya akarsu içerisindeki orta ayakların olması halinde bu mesnetlerde çökmeler meydana gelebilir.

Bu çökmelerden dolayı sürekli kirişlerde kesme kuvvetleri ve eğilme momentleri meydana gelir. İzostatik sistemlerde ise mesnet hareketlerinden dolayı kesme kuvveti ve eğilme momenti meydana gelmez. Bundan dolayı hiperstatik sürekli kirişlerde açıklıklarda uygun yerlere mafsallar konularak izostatik duruma yani gerber kiriş haline getirilir.



Şekil 1. Sürekli Kiriş



Şekil 2. Gerber Kiriş

GERBER KİRİŞ TASARIM KURALLARI

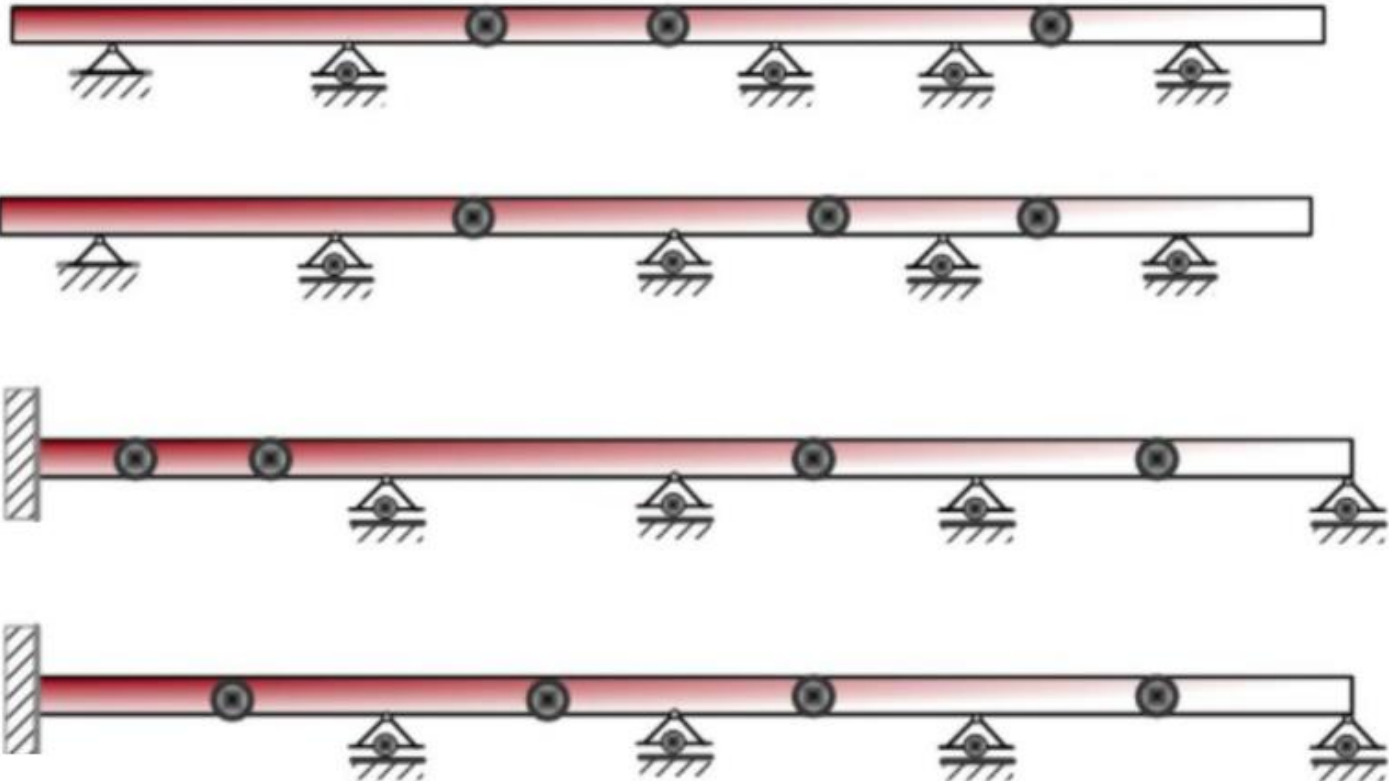
Gerber kirişte mafsalsal sayısı, kirişin hiperstatiklik derecesine eşittir. Mafsallar konurken sistemin taşıyıcılık özelliğine dikkat edilmeli, sistemin bir kısmının taşıyıcılık özelliği bozulup bir kısmı hiperstatik olarak kalmamalıdır. Bunun için:

- a. Kenar açıklıklara en fazla bir, orta açıklıklara en fazla iki mafsalsal konulabilir.
- b. İki mafsalsal konulan ara açıklıklarda komşu açıklıklara mafsalsal konulmamalıdır.
- c. Yan yana komşu iki açıklık mafsalsız bırakılmamalıdır.
- d. Yan yana komşu iki açıklığa iki mafsalsal konulmamalıdır.
- e. Mafsallar nasıl yerleştirilirse yerleştirilsin kirişte bir açıklık mafsalsız bırakılmalıdır.

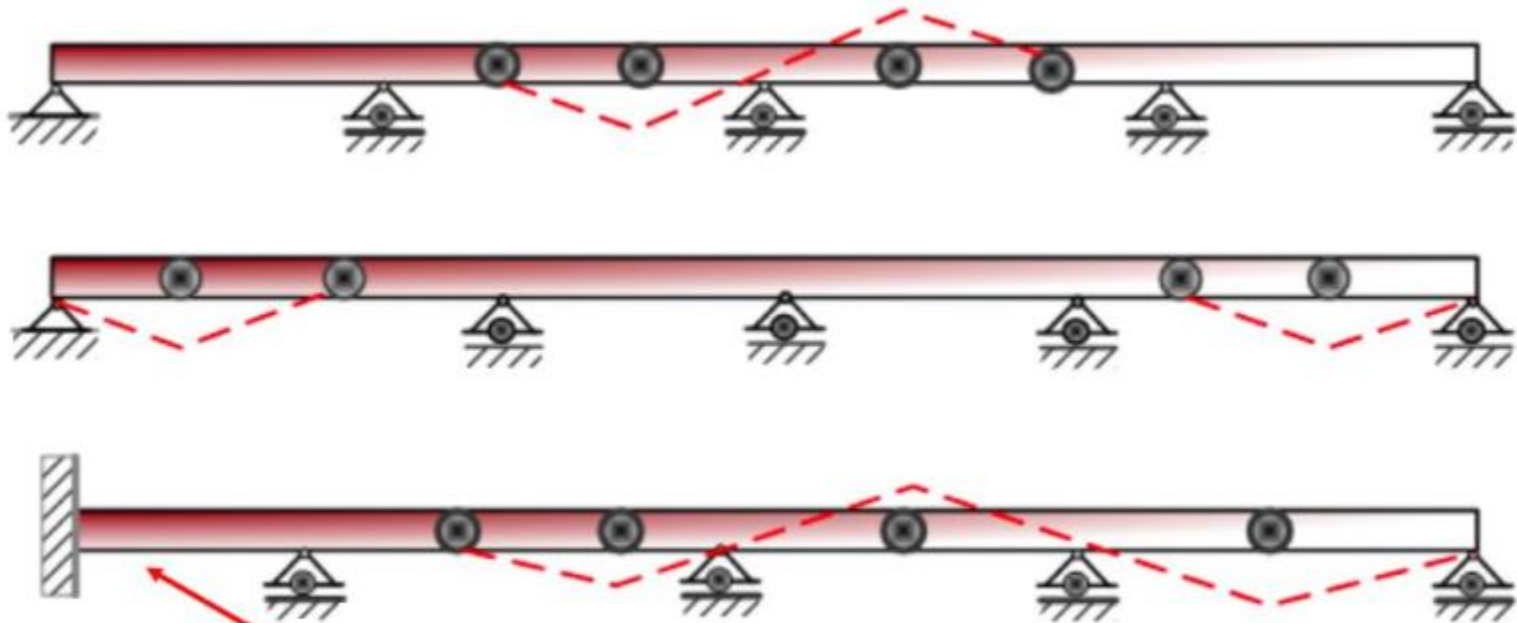
Bir ankastre mesnedi olan gerber kirişlerinde bu kurallarda bazı değişiklikler yapılabilir:

Ankastre mesnetli kenar açıklığı iki mafsal konulabilir.

Ankastre mesnetli açıklığı en az bir mafsal konulmalıdır.



GERBER KİRİŞ UYGUN OLMAYAN MAFSAL YERLEŞİMİ

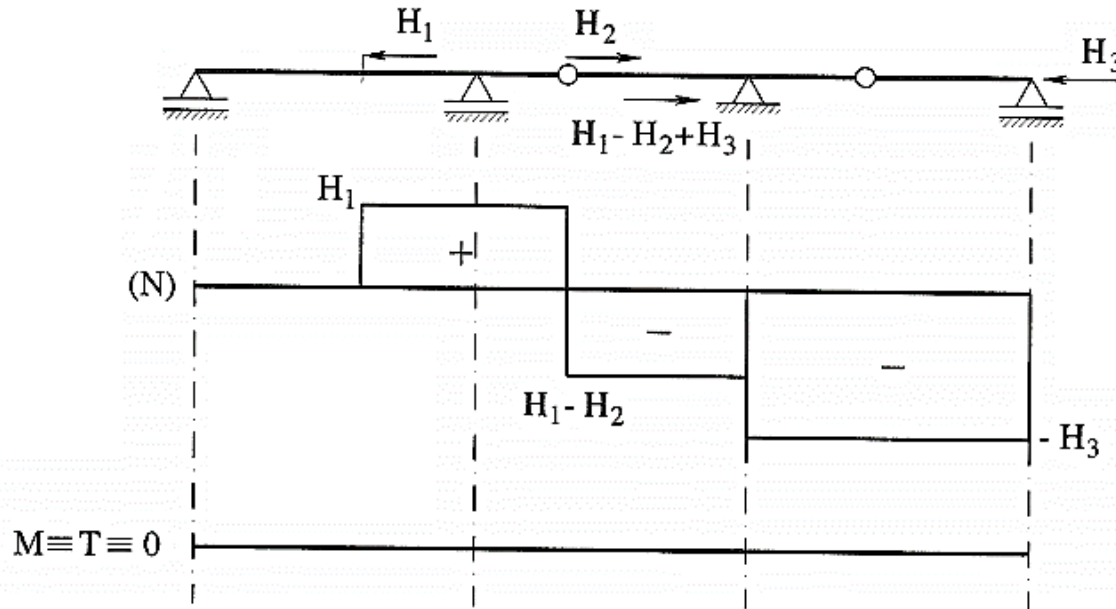


Ankastre
mesnet en az 1
mafsal olmalı

GERBER KİRİŞLERİNİN SABİT YÜKLERE GÖRE HESABI

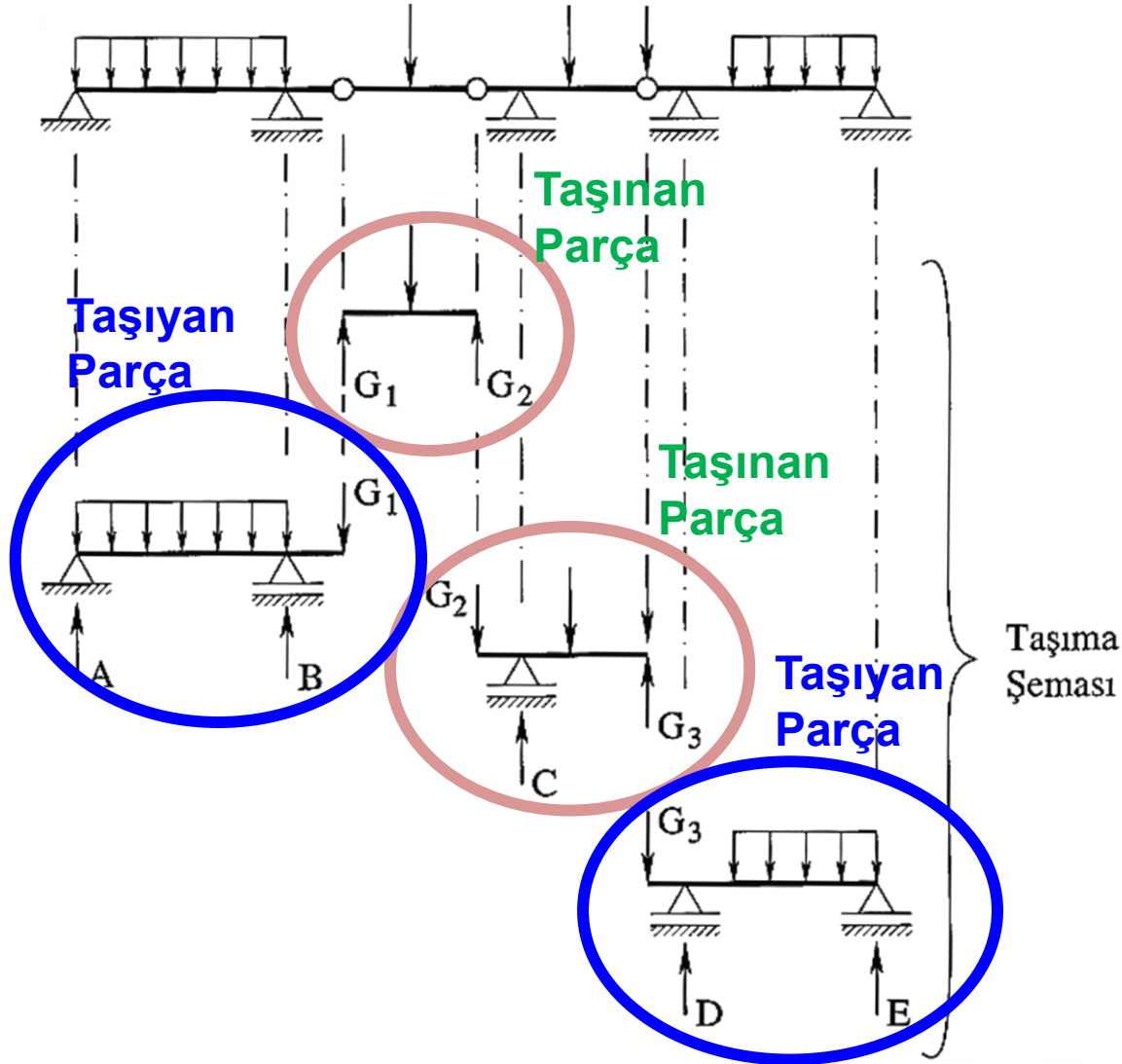
■ Yatay Yüklere Göre Hesap:

Sisteme etkiyen yatay yüklerden dolayı sistemde sadece normal kuvvetler oluşmaktadır. Bu durumda $M=T=0$ olur. Normal kuvvet diyagramı ise yazılacak yatay iz düşüm denge denkleminde faydalanılarak elde edilecektir. Bu durumda sabit mesnette eksen doğrultusunda 1 adet de mesnet tepkisi reaksiyonu oluşacaktır.



GERBER KİRİŞLERİNİN SABİT YÜKLERE GÖRE HESABI

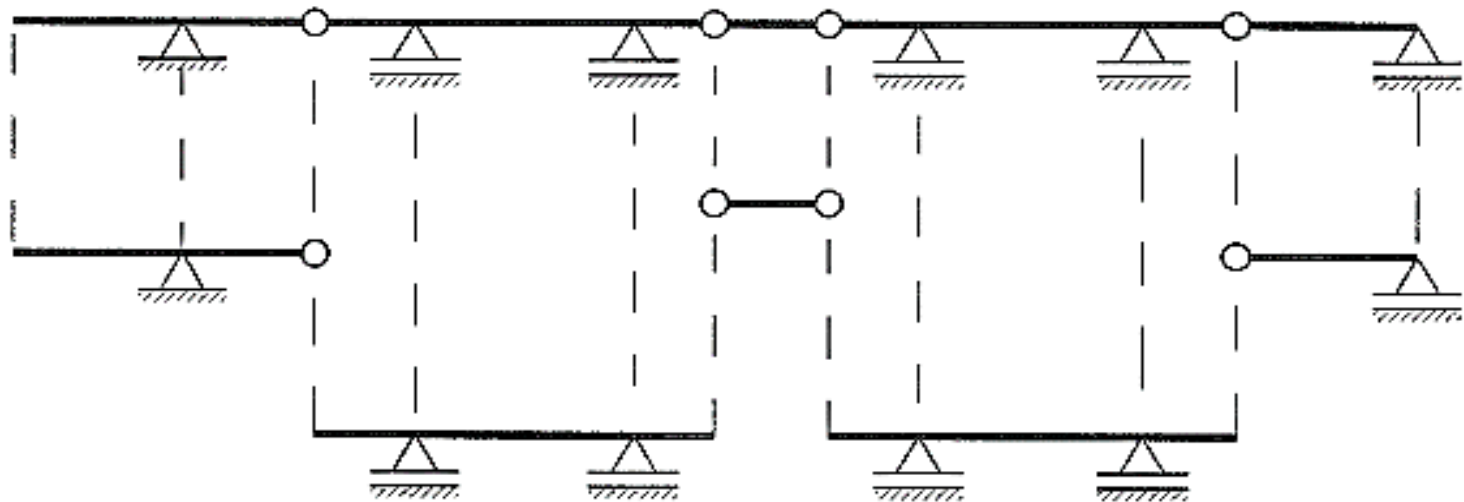
▪ Düşey Yüklere Göre Hesap:

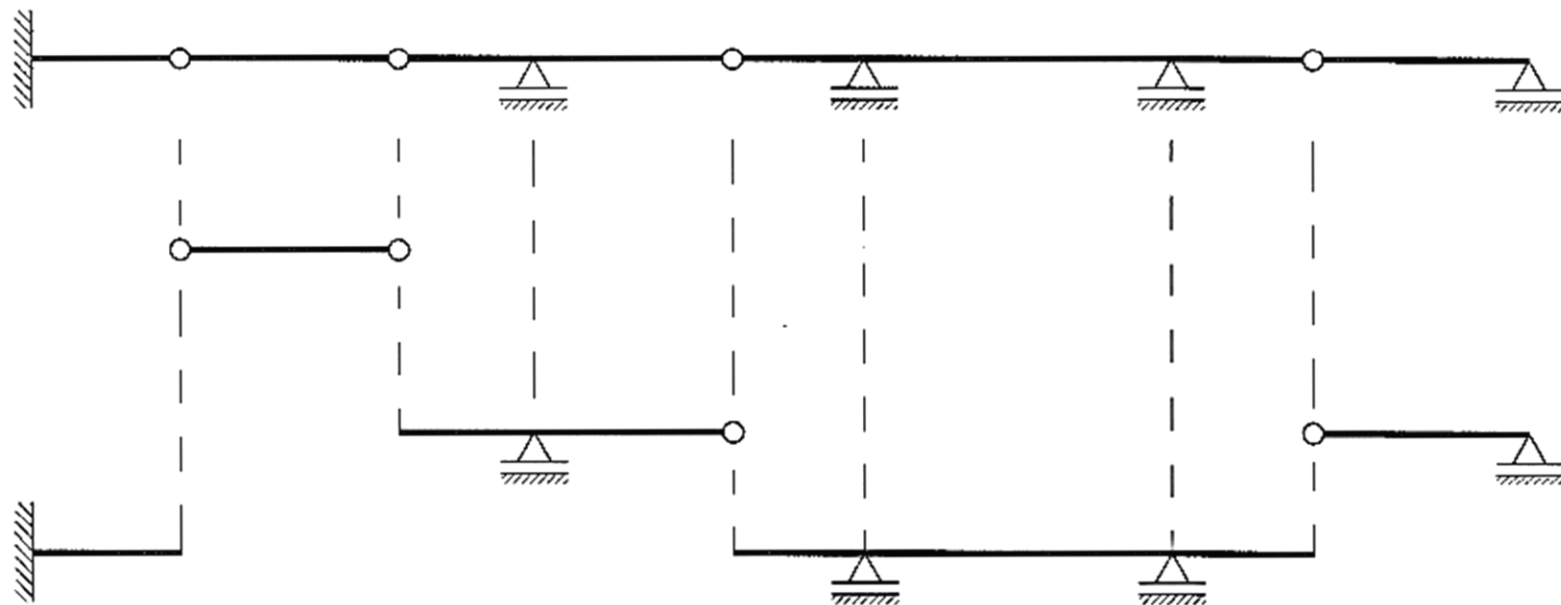


Mafsallardan kesim yapılarak sistem parçalara ayrılırsa, bu parçalardan bazılarının tek başına taşıyıcı olmadıkları görülür. Taşınan parçalar üzerlerine etkiyen yükleri düşey mafsal kuvvetleri yardımıyla taşıyan parçalara aktarırlar.

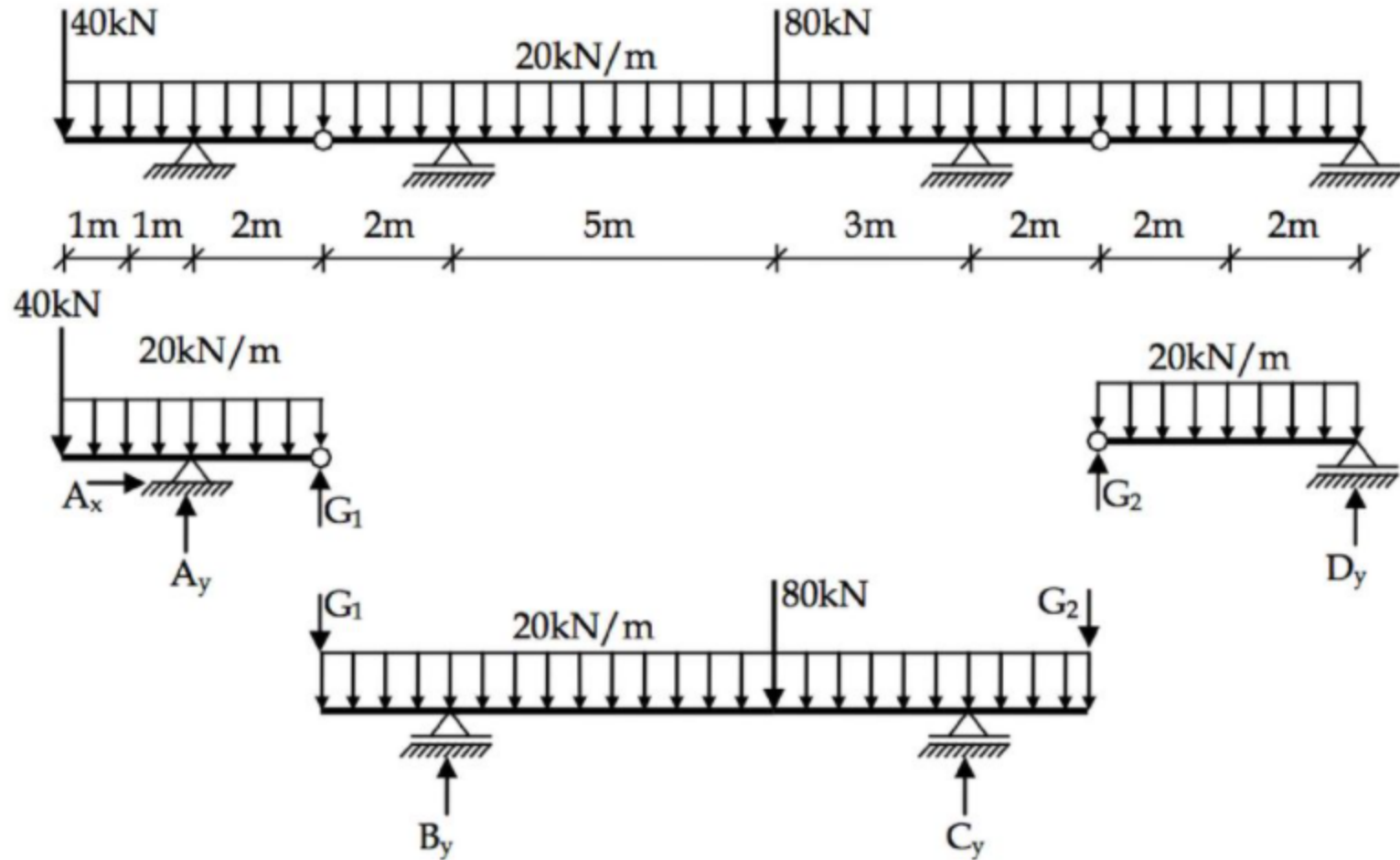
ADIMLAR

1. Taşıma şeması çizilir. Bu şemada taşınan parçalar yukarıda, taşıyan parçalar aşağıda gösterilir.
2. Önce taşınan parçalar üzerlerindeki yüklere göre hesaplanarak mesnet tepkileri ve mafsal kuvvetleri bulunur.
3. Sonra taşıyan parçalar üzerindeki yüklere ve komşu parçalardan aktarılan mafsal kuvvetlerine göre hesaplanarak mesnet tepkileri bulunur.
4. Her parçaya ait kesit zorları diyagramları yanyana çizilerek Gerber Kirişlerinin M, T diyagramları elde edilir.

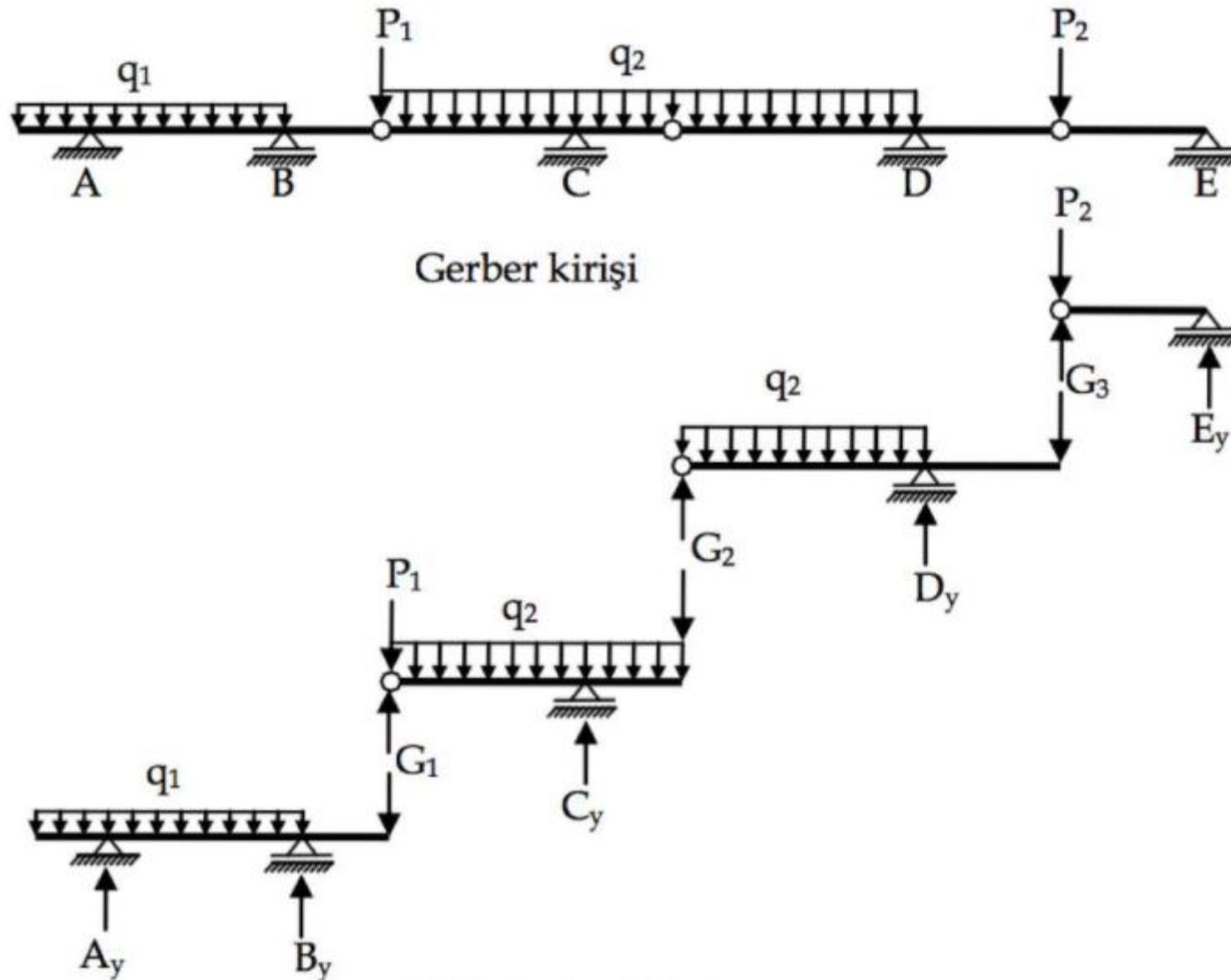


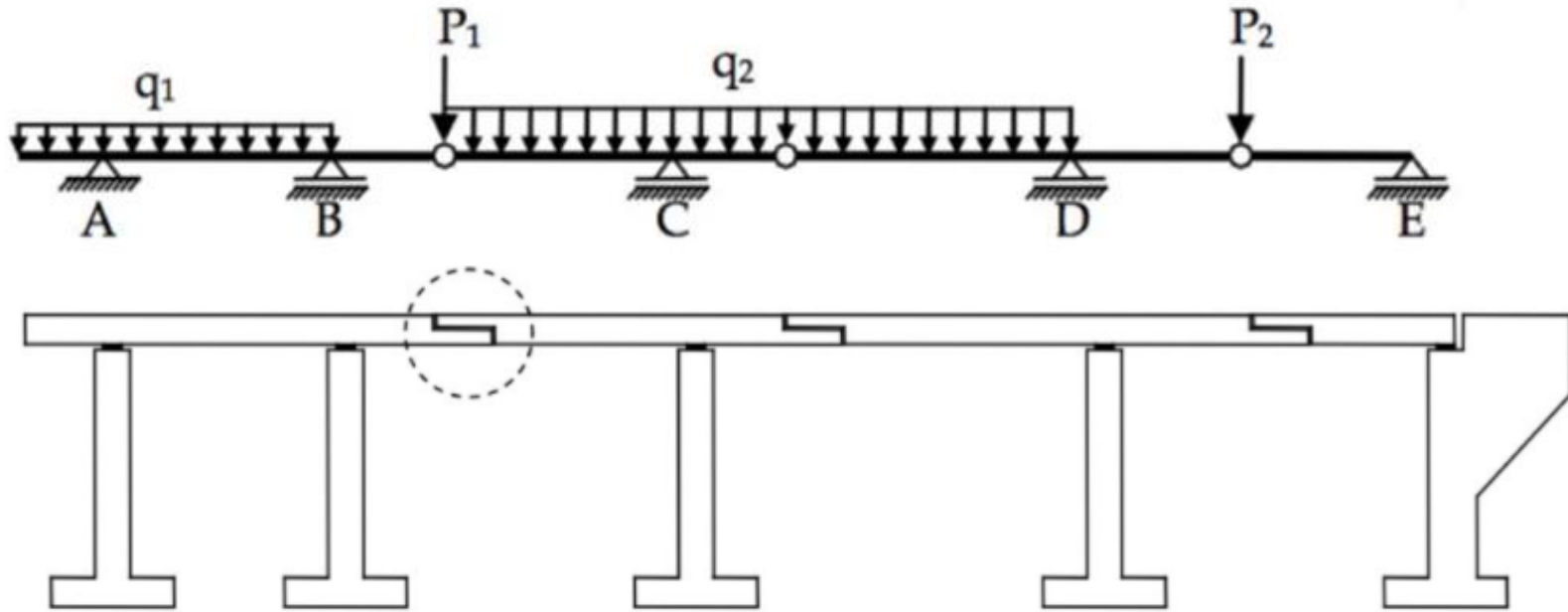


GERBER KİRİŞ TAŞIMA ŞEMASI

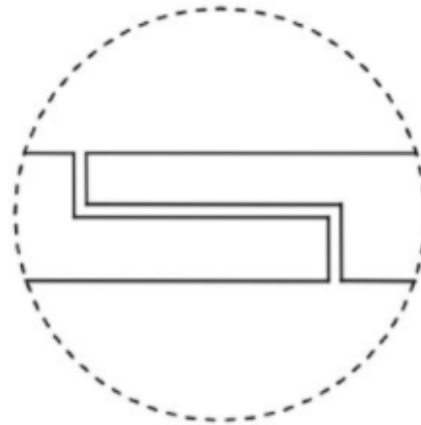


GERBER KİRİŞ TAŞIMA ŞEMASI





Gerber kiriş sisteminin kullanıldığı köprü modeli

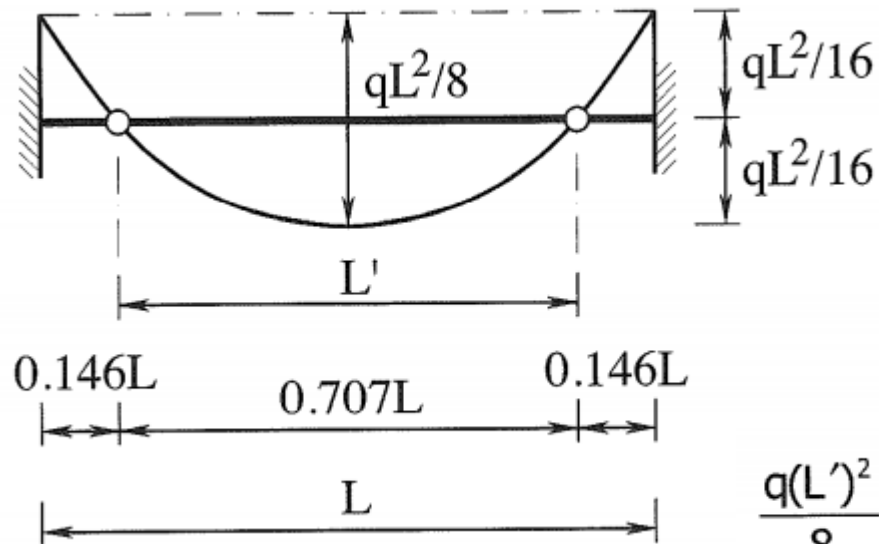


Gerber kiriş sisteminin mafsal detayı

GERBER KİRİŞLERİNDE MAFSAL YERLERİNİN BELİRLENMESİ

Özellikle çatı aşığı olarak kullanılan gerber kirişleri çok kere sabit kesitli olarak boyutlandırılırlar. Bu nedenle en ekonomik çözümü elde etmek için mafsal yerlerinin en küçük kesit seçilmesini sağlayacak şekilde belirlenmesi gereklidir.

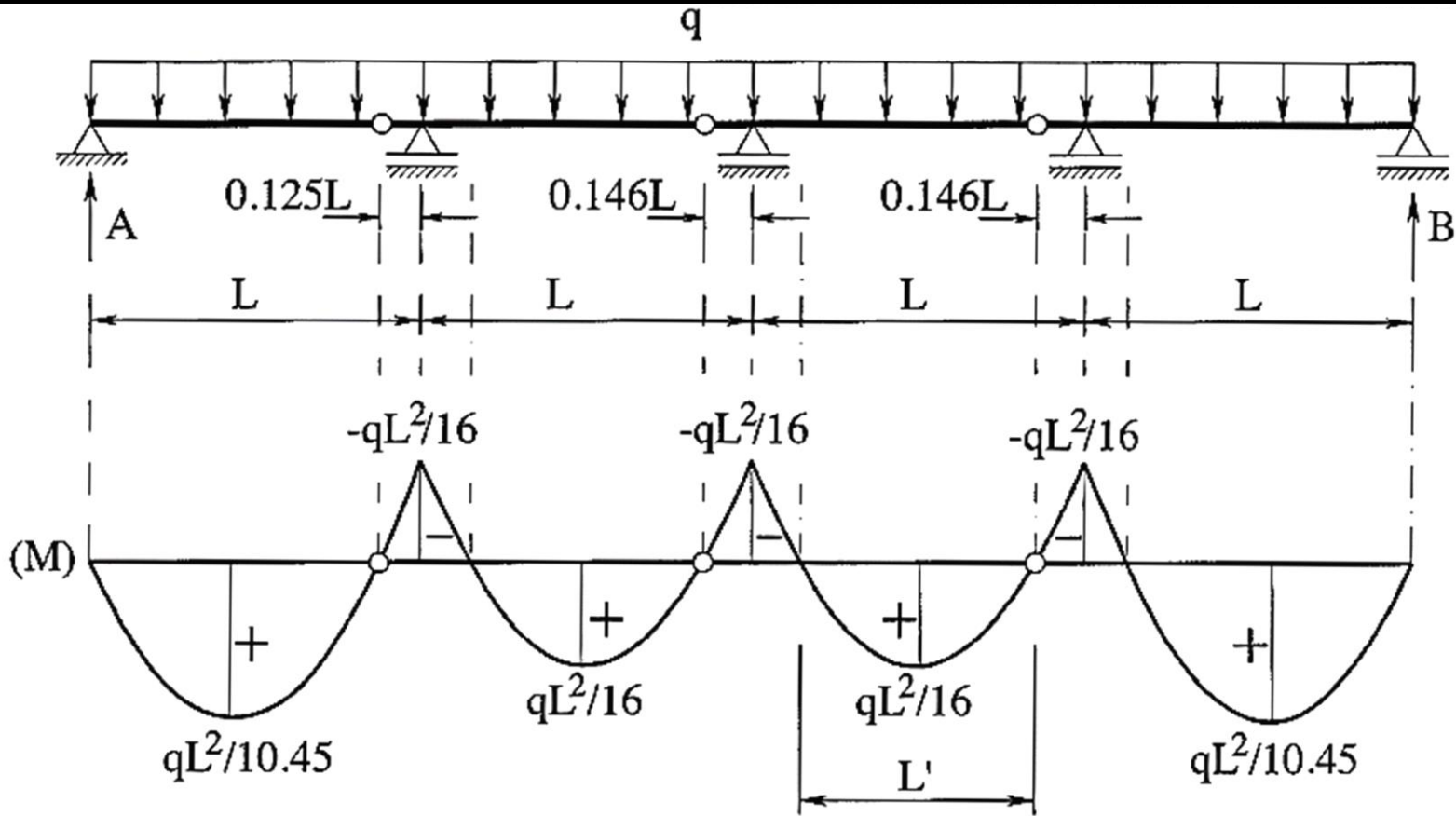
Düzgün yayılı yük etkisindeki eşit açıklıklı bir gerber kirişinde iç açıklıklardaki açıklık ve mesnet momentlerinin birbirlerine ve $\frac{q \times L^2}{16}$ değerine eşit olmaları halinde sistem en ekonomik şekilde boyutlandırılmış olur.



$$\frac{q(L')^2}{8} = \frac{qL^2}{16} \Rightarrow L' = \frac{L}{\sqrt{2}}$$

$$\Rightarrow L' = 0.707L \checkmark$$

GERBER KİRİŞLERİNDE MAFSAL YERLERİNİN BELİRLENMESİ



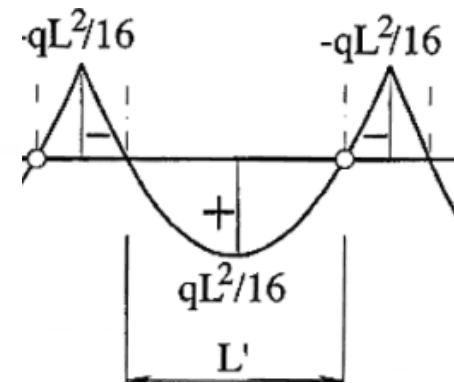
Bunu sağlamak için açıklık ve mesnet momentleri birbirlerine ve $\frac{q \times L^2}{16}$ değerine eşit olacak şekilde (M) diyagramı çizilir. Moment sıfır noktaları bulunur. Bu noktalara mafsal koymak suretiyle gerber kirişi oluşturulur. Bu durumda kenar açıklıklardaki açıklık momentlerinin $\frac{q \times L^2}{16}$ değerinden daha büyük olduğu ve bu kesitlerin takviye edilmesi gerektiği unutulmamalıdır.

Mafsal Yerleri

1) İç açıklıklarda,

$$\frac{q \times L^2}{16} = \frac{q \times (L')^2}{8} \Rightarrow L' = \frac{L}{\sqrt{2}}$$

$$x_G = \frac{L - \frac{L}{\sqrt{2}}}{2} \Rightarrow x_G = \mathbf{0.146 \times L}$$



2) Kenar açıklıklarda,

$$A = \frac{q \times L}{2} - \frac{q \times L^2}{16} \times \frac{1}{L} = \frac{7}{16} \times q \times L$$

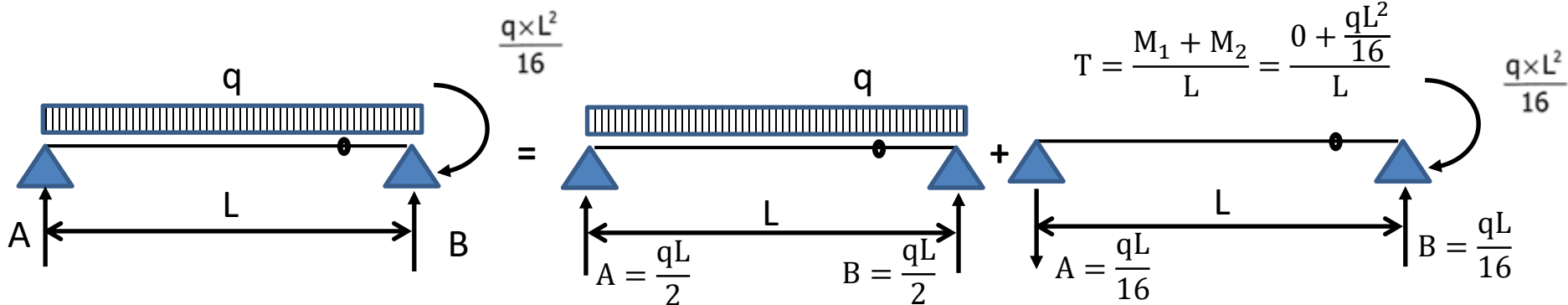
$$x = \frac{A}{q} = \frac{7}{16} L$$

$$M_{\text{maks}} = \left(\frac{7}{16} \times q \times L \right) \times \left(\frac{7}{16} \times L \right) \times \frac{1}{2}$$

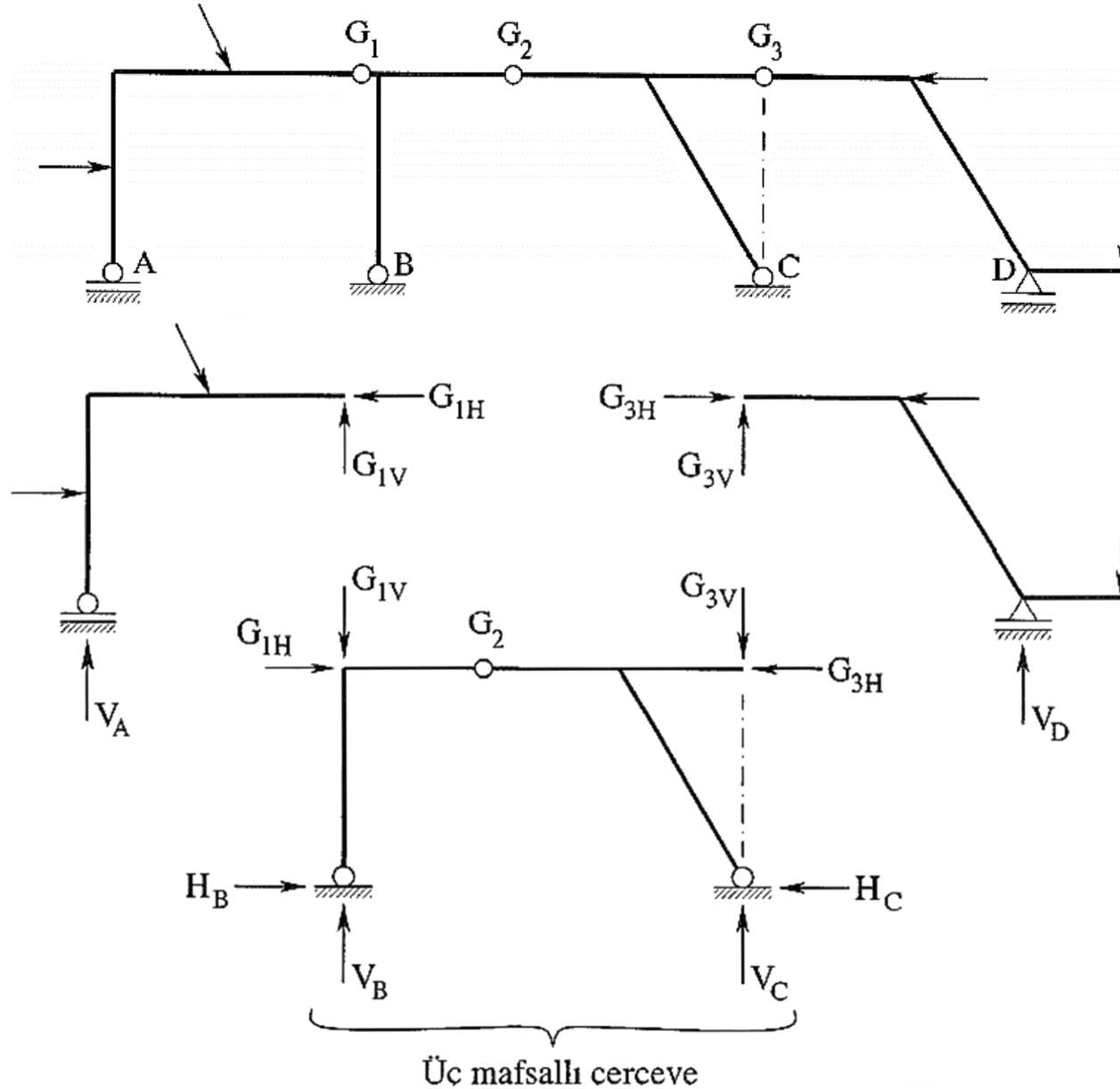
$$M_{\text{maks}} = \frac{q \times L^2}{10.45}$$

$$x_G = L - 2 \times \frac{7}{16} \times L = \frac{L}{8}$$

$$x_G = \mathbf{0.125 \times L}$$

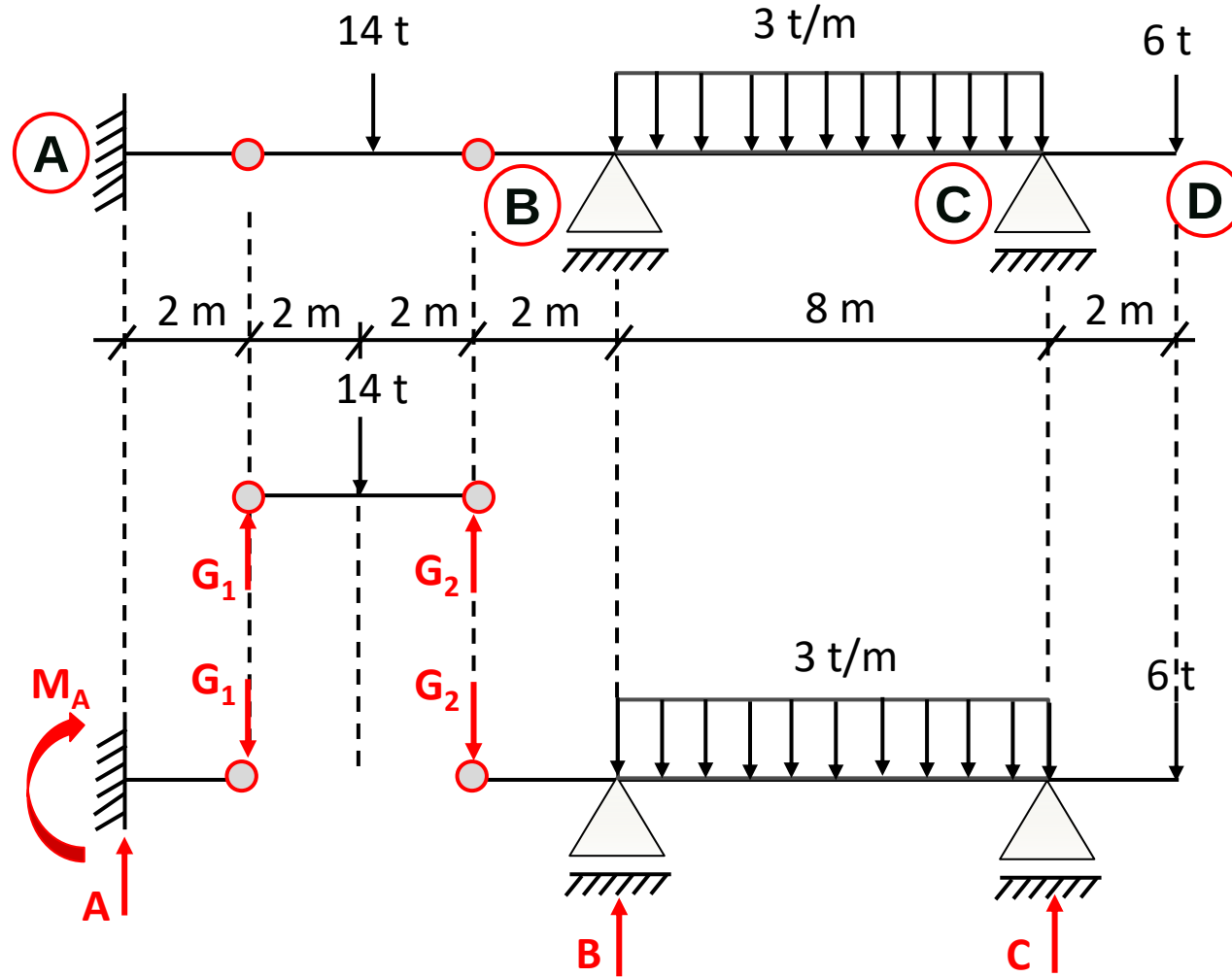


Ara Mafsallı Bileşik Sistemler



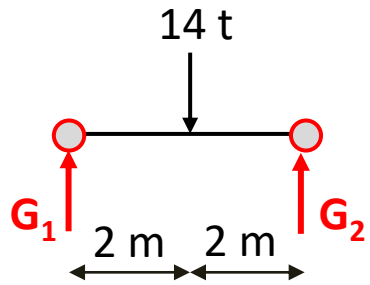
Bu tür sistemlerde de hesapta izlenen yol gerber kiriş sistemlerinde olduğu gibidir. Ancak burada mafsallarda yatay mafsal kuvvetleri oluşabilir. Buna bağlı olarak da sistemde bir N kuvvet diyagramı meydana gelecektir.

ÇÖZÜMLÜ PROBLEMLER



Şekilde verilen gerber kirişinin M-T diyagramlarını çiziniz.

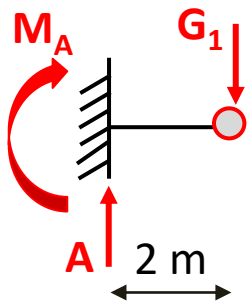
Mesnet Tepkileri ve Mafsal Kuvvetleri



$$\uparrow \sum Y = 0 \quad G_1 + G_2 = 14 \text{ t}$$

$$\curvearrowright \sum M_{G_1} = 0$$

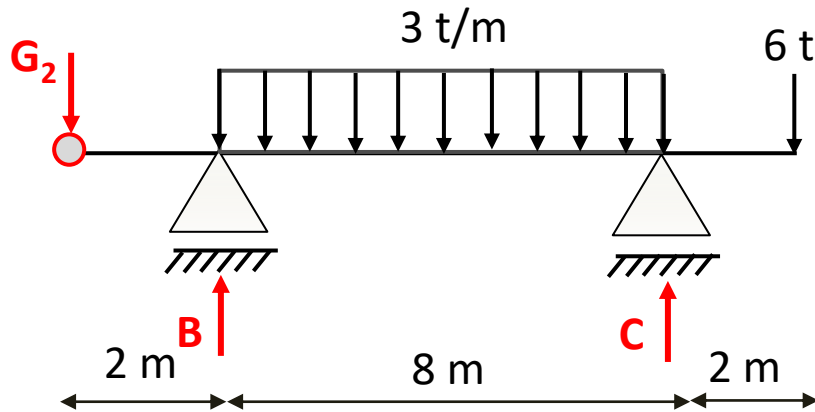
$$-14 * 2 + 4 * G_2 = 0 \quad G_2 = 7 \text{ t} \quad G_1 = 7 \text{ t}$$



$$\uparrow \sum Y = 0 \quad G_1 = A = 7 \text{ t}$$

$$\curvearrowright \sum M_{G_1} = 0$$

$$-7 * 2 - M_A = 0 \quad M_A = -14 \text{ tm}$$



$$\uparrow \sum Y = 0 \quad G_2 + 6 + 3 * 8 = B + C$$

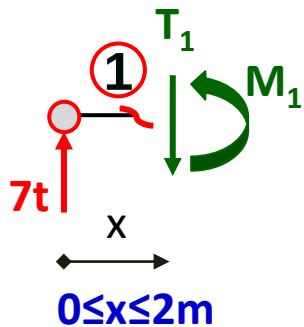
$$B + C = 7 + 6 + 24 = 37 \text{ t}$$

$$\curvearrowright \sum M_B = 0 \quad 8C + 2G_2 - 6 * 10 - 24 * 4 = 0$$

$$8C + 14 - 60 - 96 = 0 \quad 8C = 142 \quad C = 17.75 \text{ t}$$

$$B + C = 37 \text{ t} \quad B = 37 - 17.75 = 19.25 \text{ t}$$

1. PARÇA (TAŞINAN PARÇA)

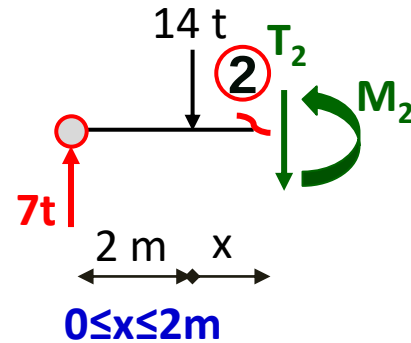
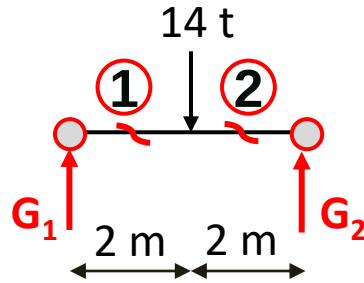


$$T_1 = 7\text{ t}$$

$$M_1 - 7x = 0 \quad M_1 = 7x$$

$$x = 0 \quad M_1 = 0 \text{ (mafsal)}$$

$$x = 2\text{m} \quad M_1 = 14\text{ tm}$$



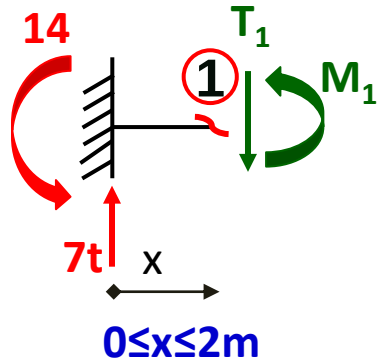
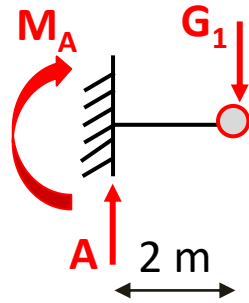
$$T_2 = -7\text{ t}$$

$$M_2 + 14x - 7(x + 2) = 0 \quad M_2 = -7x + 14$$

$$x = 0 \quad M_2 = 14\text{ tm}$$

$$x = 2\text{m} \quad M_2 = 0 \text{ (mafsal)}$$

2. PARÇA (TAŞIYAN PARÇA)



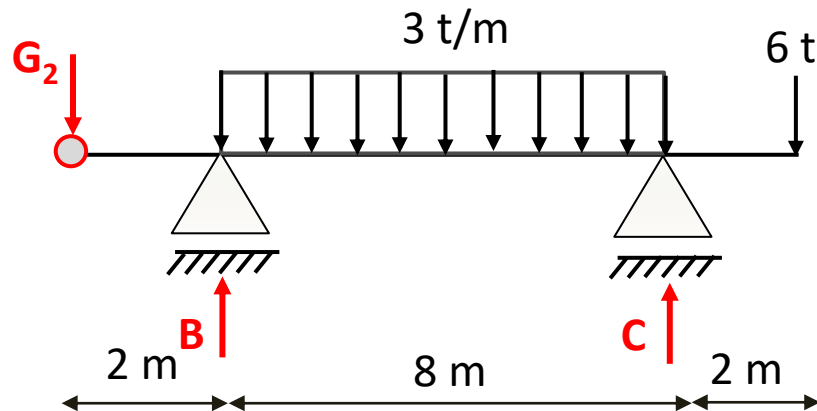
$$T_1 = 7t$$

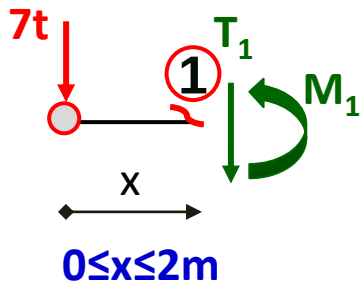
$$M_1 - 7x + 14 = 0 \quad M_1 = 7x - 14$$

$$x = 0 \quad M_1 = -14 \text{ tm}$$

$$x = 2\text{m} \quad M_1 = 0 \text{ (mafsal)}$$

3. PARÇA (TAŞIYAN PARÇA)



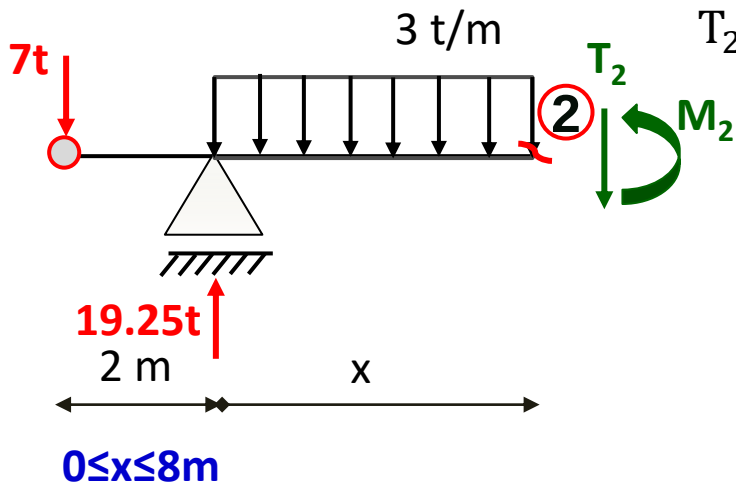


$$T_1 = -7t$$

$$M_1 + 7x = 0 \quad M_1 = -7x$$

$$x = 0 \quad M_1 = 0 \text{ (mafsal)}$$

$$x = 2\text{m} \quad M_1 = -14 \text{ tm}$$



$$T_2 = -3x - 7 + 19.25 \quad T_2 = -3x + 12.25$$

$$x = 0 \quad T_2 = 12.25t$$

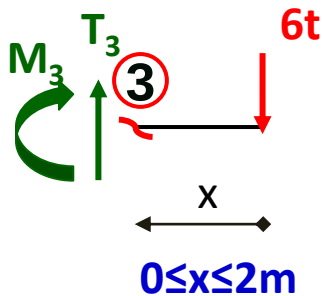
$$x = 8\text{m} \quad T_2 = -11.75t$$

$$M_2 + 3x * \left(\frac{x}{2}\right) + 7(x + 2) - 19.25x = 0$$

$$M_2 = -1.5x^2 + 12.25x - 14$$

$$x = 0 \quad M_2 = -14 \text{ tm}$$

$$x = 8\text{m} \quad M_2 = -12 \text{ tm}$$

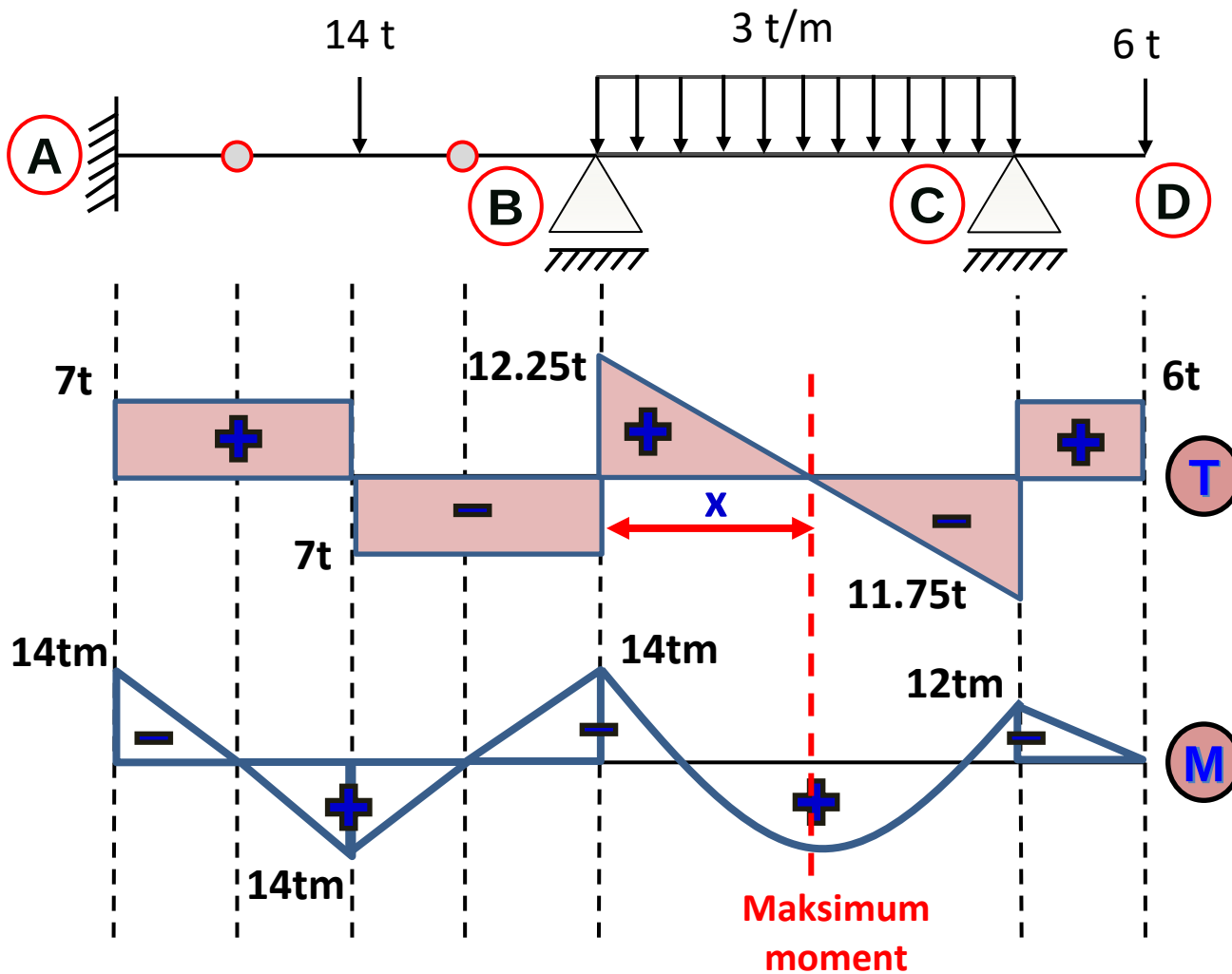


$$T_3 = 6t$$

$$M_3 + 6x = 0 \quad M_3 = -6x$$

$$x = 0 \quad M_3 = 0$$

$$x = 2\text{m} \quad M_3 = -12 \text{ tm}$$



$$-3x + 12.25 = 0 \quad x = 4.083\text{m}$$

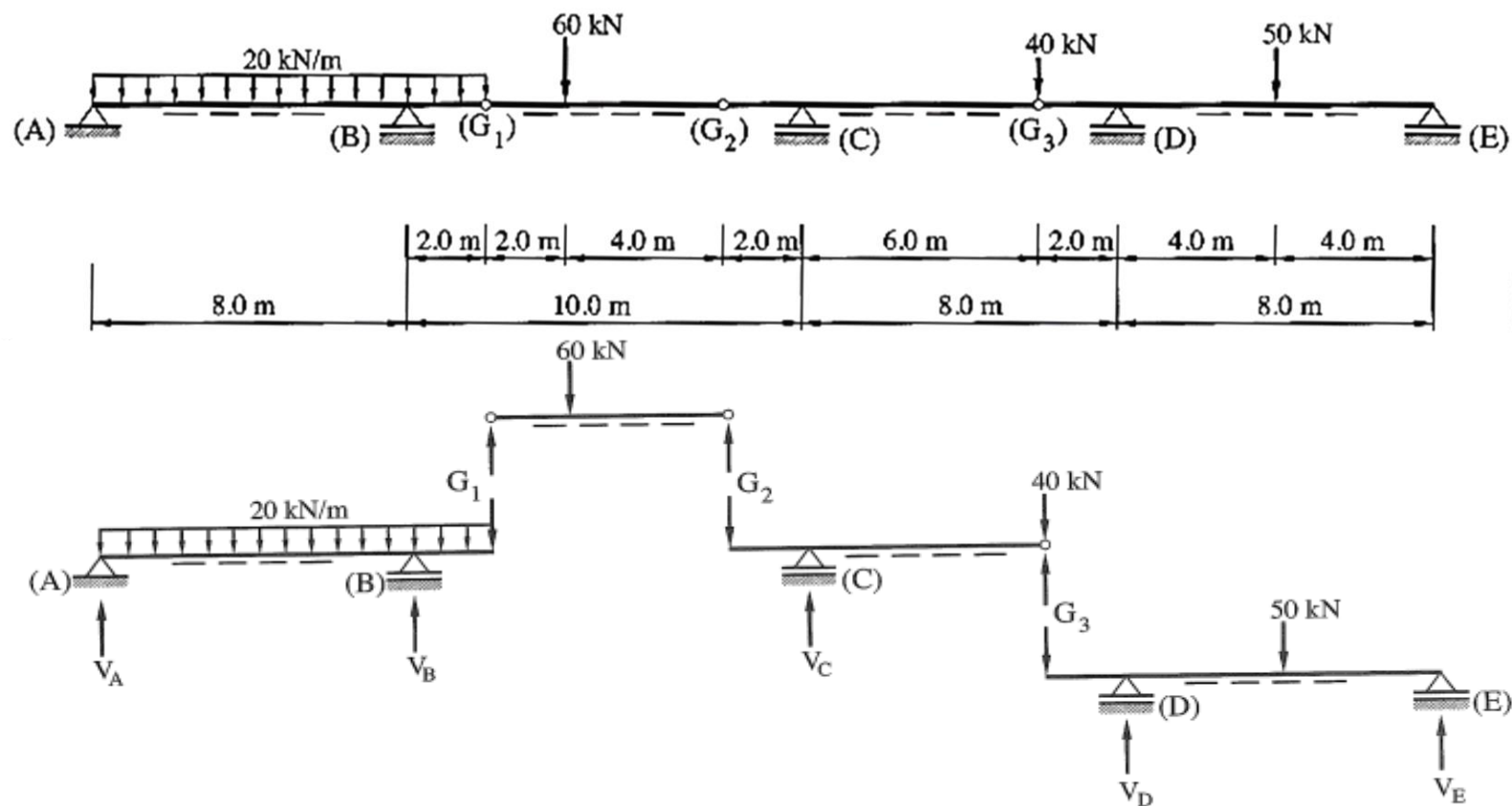
de oluşur. Bu değer moment ifadesinde yazılırsa;

$$M_2 = -1.5x^2 + 12.25x - 14 \quad M_{\max} \cong 11 \text{ tm bulunur.}$$

PROBLEM 6.5.

Şekil 6.5 de verilen gerber kirişin (ara mafsallı kirişin) M, T diyagramlarını çiziniz.

SAP2000



✓ **(G₁)-(G₂) sistem parçasına ait mafsal kuvvetlerinin hesabı :**

(G₂) noktasına göre moment denge denklemi yazıldığında

$$(\curvearrowright+) \Sigma M_{(G_2)} = 0 \quad G_1 \times 6.00 - 60 \times 4.00 = 0 \quad \Rightarrow G_1 = 40.00 \text{ kN} \checkmark$$

(G₁) noktasına göre moment denge denklemini yazıldığında ise

$$(\curvearrowright+) \Sigma M_{(G_1)} = 0 \quad -G_2 \times 6.00 + 60 \times 2.00 = 0 \quad \Rightarrow G_2 = 20.00 \text{ kN} \checkmark$$

olarak hesaplanır.

Kontrol: $(\uparrow+) \Sigma F_y = 0$ olmalıdır.

$$\Sigma F_y = G_1 + G_2 - 60 = 40 + 20 - 60 = 0 \checkmark$$

✓ **(A)-(B)-(G₁) sistem parçasına ait mesnet tepkilerinin hesabı :**

(A) mesnetine göre moment denge denklemi yazıldığında

$$(\curvearrowright+) \Sigma M_{(A)} = 0 \quad 20 \times 10.00 \times 5.00 - V_B \times 8.00 + 40 \times 10.00 = 0 \quad \Rightarrow V_B = 175.00 \text{ kN} \uparrow \checkmark$$

(B) mesnetine göre moment denge denklemi yazıldığında ise

$$(\curvearrowright+) \Sigma M_{(B)} = 0 \quad V_A \times 8.00 - 20 \times 8.00 \times 4.00 + 20 \times 2.00 \times 1.00 + 40 \times 2.00 = 0 \quad \Rightarrow V_A = 65.00 \text{ kN} \uparrow \checkmark$$

olarak hesaplanır.

Kontrol: $(\uparrow+) \Sigma F_y = 0$ olmalıdır.

$$\Sigma F_y = V_A + V_B - 40 - 20 \times 10 = 65 + 175 - 40 - 200 = 0 \checkmark$$

✓ **(G₂)-(C)-(G₃) sistem parçasına ait mesnet tepkisi ve mafsall kuvvetinin hesabı :**

(G₃) noktasına göre moment denge denklemi yazıldığında

$$\begin{aligned}(\cup+)\Sigma M_{(G_3)}=0 \quad V_c \times 6.00 - G_2 \times 8.00 = 0 &\Rightarrow V_c \times 6.00 - 20 \times 8.00 = 0 \\ &\Rightarrow V_c = 26.667 \text{ kN} \uparrow \checkmark\end{aligned}$$

(C) mesnetine göre moment denge denklemi yazıldığında ise

$$\begin{aligned}(\cup+)\Sigma M_{(C)}=0 \quad 40 \times 6.00 - G_3 \times 6.00 - G_2 \times 2.00 = 0 \\ 40 \times 6.00 - G_3 \times 6.00 - 20 \times 2.00 = 0 \quad \Rightarrow G_3 = 33.333 \text{ kN} \checkmark\end{aligned}$$

olarak hesaplanır. Kontrol: $(\uparrow+)\Sigma F_y=0$ olmalıdır.

$$\Sigma F_y = V_c + G_3 - 40 - 20 = 26.667 + 33.333 - 40 - 20 = 0 \checkmark$$

✓ **(G₃)-(D)-(E) sistem parçasına ait mesnet tepkilerinin hesabı :**

(E) mesnetine göre moment denge denklemi yazıldığında

$$\begin{aligned}(\cup+)\Sigma M_{(E)}=0 \quad V_D \times 8.00 - 50 \times 4.00 - G_3 \times 10.00 = 0 \\ V_D \times 8.00 - 200 - 33.333 \times 10.00 = 0 \quad \Rightarrow V_D = 66.666 \text{ kN} \checkmark\end{aligned}$$

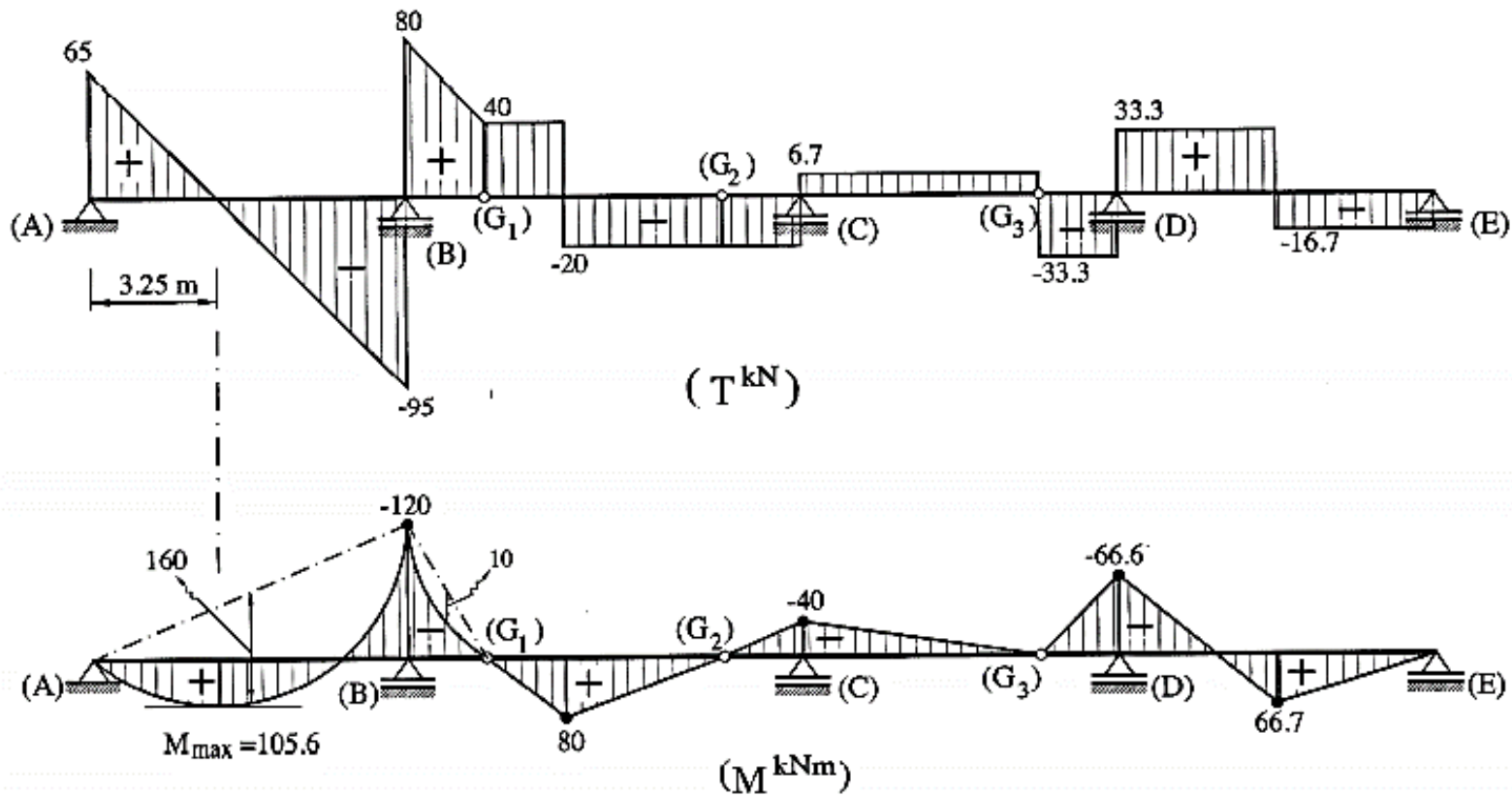
(D) mesnetine göre moment denge denklemi yazıldığında ise

$$\begin{aligned}(\cup+)\Sigma M_{(D)}=0 \quad 50 \times 4.00 - V_E \times 8.00 - G_3 \times 2.00 = 0 \\ 200 - V_E \times 8.00 - 33.333 \times 2.00 = 0 \quad \Rightarrow V_E = 16.667 \text{ kN} \checkmark\end{aligned}$$

olarak hesaplanır.

Kontrol: $(\uparrow+)\Sigma F_y=0$ olmalıdır.

$$\Sigma F_y = V_D + V_E - 50 - G_3 = 66.666 + 16.667 - 50 - 33.333 = 0 \checkmark$$



Şekil 6.5b: T ve M diyagramları

20 kN/m lik düzgün yayılı yük altında oluşan maksimum eğilme momenti, kesme kuvvetinin (T=0) sıfır olduğu noktanın (A) mesnetine olan uzaklığı

$$x = \frac{65}{20} \Rightarrow x = 3.25 \text{ m} \checkmark$$

olmak üzere

$$M_{\text{maks}} = \frac{65 \times 3.25}{2} \Rightarrow M_{\text{maks}} = 105.6 \text{ kNm} \checkmark$$

olarak elde edilir.



Elde edilen maksimum eğilme momentinin doğruluğunu kontrol etmek amacıyla, sözkonusu çubukta kesme kuvvetinin sıfır olduğu noktanın sağında kalan alan dikkate alınarak

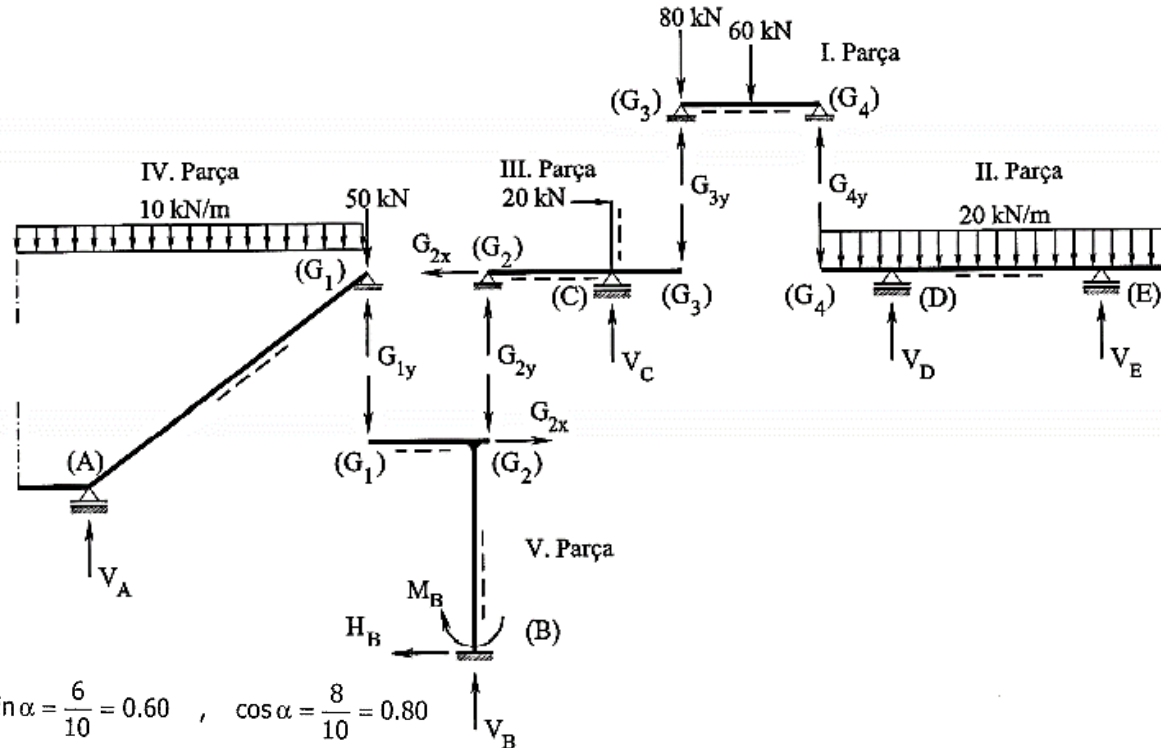
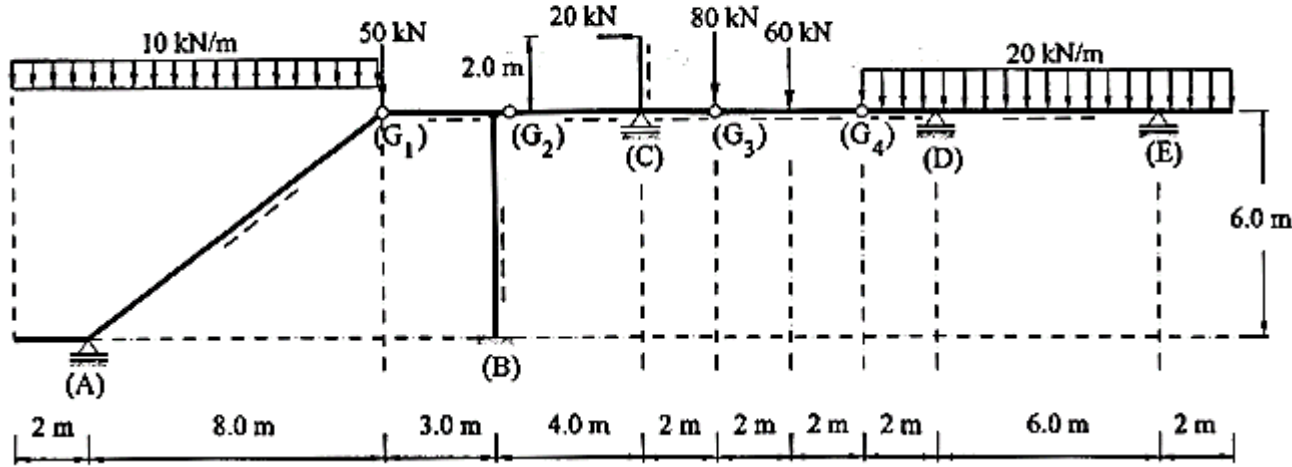
$$M_{\text{maks}} = -120 + \frac{95 \times (8 - 3.25)}{2} = 105.6 \text{ kNm} \checkmark$$

şeklinde aynı değer bulunur.

PROBLEM 6.8

SAP2000

Şekil 6.8 de verilen ara mafsallı birleşik sistemin M, N, T diyagramlarını çiziniz. Yayılı yüklerin altındaki maksimum eğilme momentlerini bulunuz.



$$\sin \alpha = \frac{6}{10} = 0.60 \quad , \quad \cos \alpha = \frac{8}{10} = 0.80$$

I. parça için hesap:

I. parçada, G_4 mesnetine göre moment denge denklemi yazıldığında

$$(\circ+) \Sigma M_{G4} = 0 \quad G_{3y} \times 4.00 - 80 \times 4.00 - 60 \times 2.00 = 0 \quad \Rightarrow G_{3y} = 110 \text{ kN} \checkmark$$

G_3 mesnetine göre moment denge denklemi yazıldığında ise

$$(\circ+) \Sigma M_{G3} = 0 \quad 60 \times 2.00 - G_{4y} \times 4.00 = 0 \quad \Rightarrow G_{4y} = 30.00 \text{ kN} \checkmark$$

olarak hesaplanır.

$$\text{Kontrol: } (\uparrow+) \Sigma F_y = 0 \text{ olmalıdır.}$$
$$\Sigma F_y = G_{3y} + G_{4y} - 80 - 60 = 0 \checkmark$$

II. parça için hesap:

II. parçada, E mesnetine göre moment denge denklemi yazıldığında

$$(\circ+) \Sigma M_E = 0 \quad V_D \times 6.00 - G_{4y} \times 8.00 - 20 \times 8.00 \times 4.00 + 20 \times 2.00 \times 1.00 = 0$$
$$\Rightarrow V_D = 140.00 \text{ kN} \checkmark$$

D mesnetine göre moment denge denklemi yazıldığında ise

$$(\circ+) \Sigma M_D = 0 \quad 20 \times 8.00 \times 4.00 - V_E \times 6.00 - 20 \times 2.00 \times 1.00 - G_{4y} \times 2.00 = 0$$
$$\Rightarrow V_E = 90.00 \text{ kN} \checkmark$$

olarak elde edil

$$\text{Kontrol: } (\uparrow+) \Sigma F_y = 0 \text{ olmalıdır.}$$
$$\Sigma F_y = V_D + V_E - 20 \times 10 - G_{4y} = 0 \checkmark$$

III. parça için hesap:

III. parçada, yatay izdüşüm denge denklemi yazıldığında

$$(\rightarrow+) \Sigma F_x = 0 \quad 20 - G_{2x} = 0 \quad \Rightarrow G_{2x} = 20.00 \text{ kN} \checkmark$$

C mesnetine göre moment denge denklemi yazıldığında

$$(\curvearrow+) \Sigma M_C = 0 \quad G_{2y} \times 4.00 + 20 \times 2.00 + G_{3y} \times 2.00 = 0 \quad \Rightarrow G_{2y} = -65.00 \text{ kN} \checkmark$$

G₂ mesnetine göre moment denge denklemi yazıldığında ise

$$(\curvearrow+) \Sigma M_{G_2} = 0 \quad 20 \times 2.00 + G_{3y} \times 6.00 - V_C \times 4.00 = 0 \quad \Rightarrow V_C = 175.00 \text{ kN} \checkmark$$

olarak elde edilir.

Kontrol-1: $(\uparrow+) \Sigma F_y = 0$ olmalıdır.

$$\Sigma F_y = G_{2y} + V_C - G_{3y} = 0 \checkmark$$

Kontrol-2: $(\curvearrow+) \Sigma M_{G_3} = 0$ olmalıdır.

$$\Sigma M_{G_3} = G_{2y} \times 6 + 20 \times 2 + V_C \times 2 = 0 \checkmark$$

IV. parça için hesap:

IV. parçada, G₁ mesnetine göre moment denge denklemi yazıldığında

$$(\curvearrow+) \Sigma M_{G_1} = 0 \quad V_A \times 8.00 - 10 \times 10.00 \times 5.00 = 0 \quad \Rightarrow V_A = 62.50 \text{ kN} \checkmark$$

A mesnetine göre moment denge denklemi yazıldığında ise

$$(\curvearrow+) \Sigma M_A = 0 \quad 10 \times 8.00 \times 4.00 + 50 \times 8.00 - G_{1y} \times 8.00 - 10 \times 2.00 \times 1.00 = 0$$

$$\Rightarrow G_{1y} = 87.50 \text{ kN} \checkmark$$

olarak elde edilir. Kontrol: $(\uparrow+) \Sigma F_y = 0$ olmalıdır.

$$\Sigma F_y = V_A + G_{1y} - 50 - 10 \times 10 = 0 \checkmark$$

V. parça için hesap:

V. parçada, yatay izdüşüm denge denklemini yazıldığında

$$(\rightarrow+) \Sigma F_x = 0 \quad G_{2x} - H_B = 0 \quad \Rightarrow H_B = 20.00 \text{ kN} \checkmark$$

B mesnetine göre moment denge denklemini yazıldığında

$$(\cup+) \Sigma M_B = 0 \quad -G_{1y} \times 3.00 + G_{2x} \times 6.00 + M_B = 0 \quad \Rightarrow M_B = 142.50 \text{ kNm} \checkmark$$

G₁ noktasına göre moment denge denklemini yazıldığında ise

$$(\cup+) \Sigma M_{G1} = 0 \quad G_{2y} \times 3.00 + M_B + H_B \times 6.00 - V_B \times 3.00 = 0 \quad \Rightarrow V_B = 22.50 \text{ kN} \checkmark$$

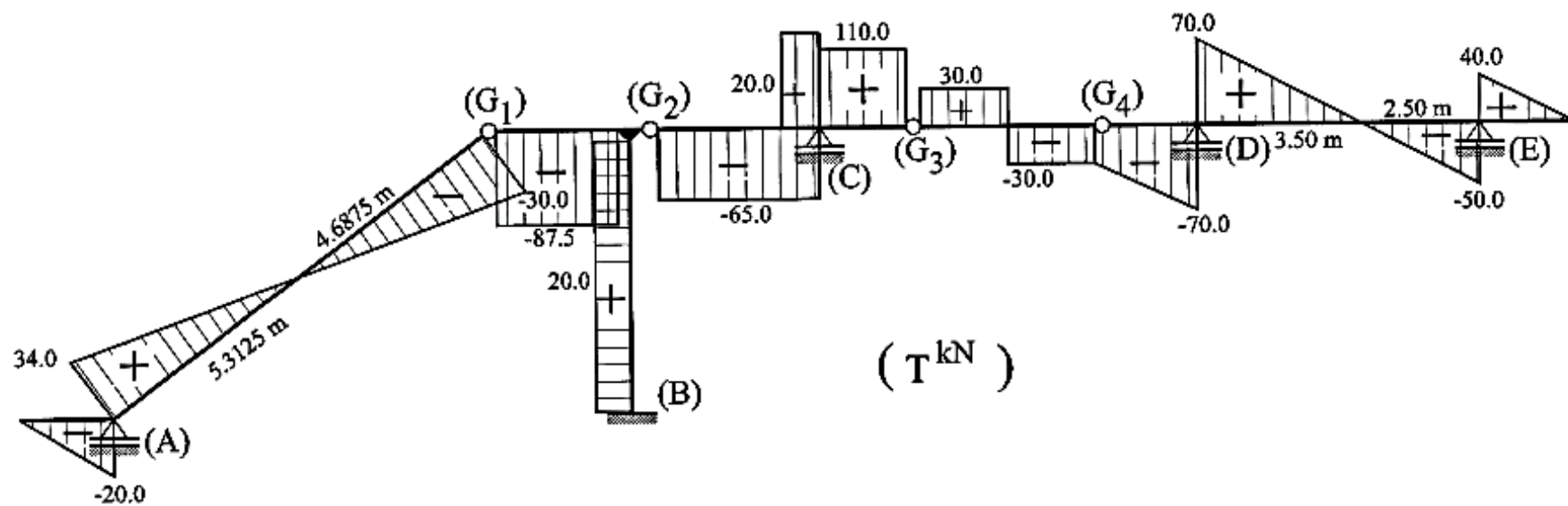
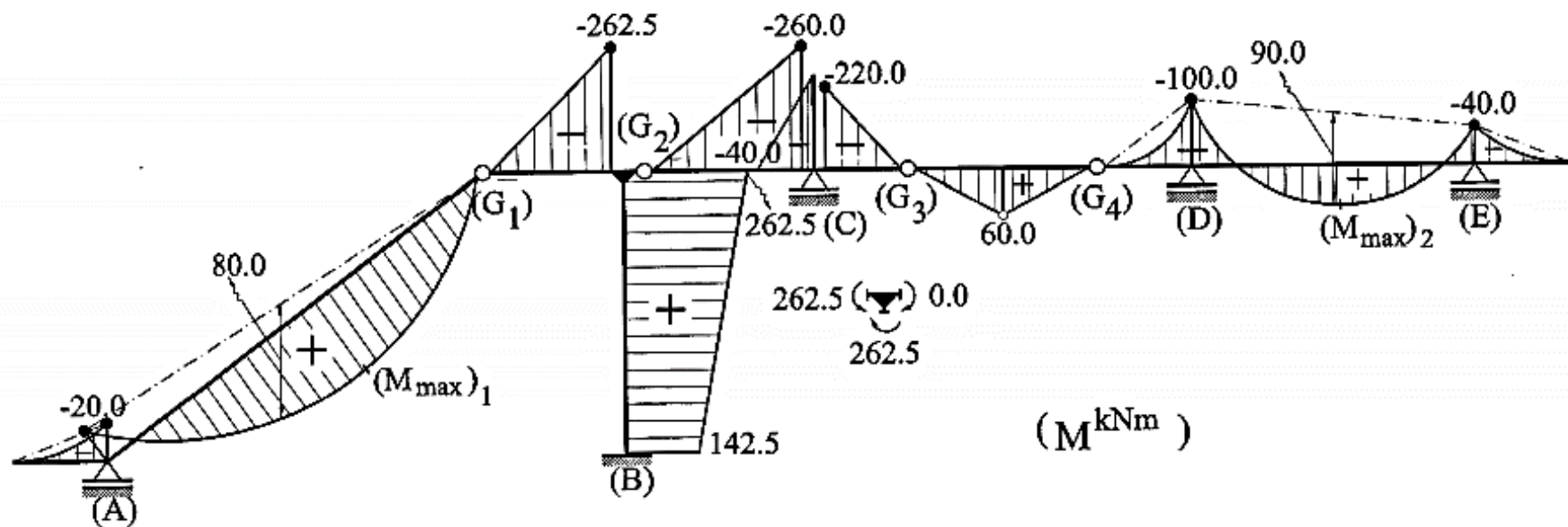
olarak bulunur.

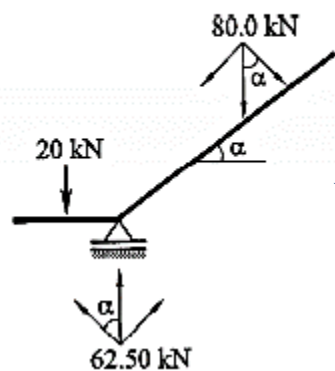
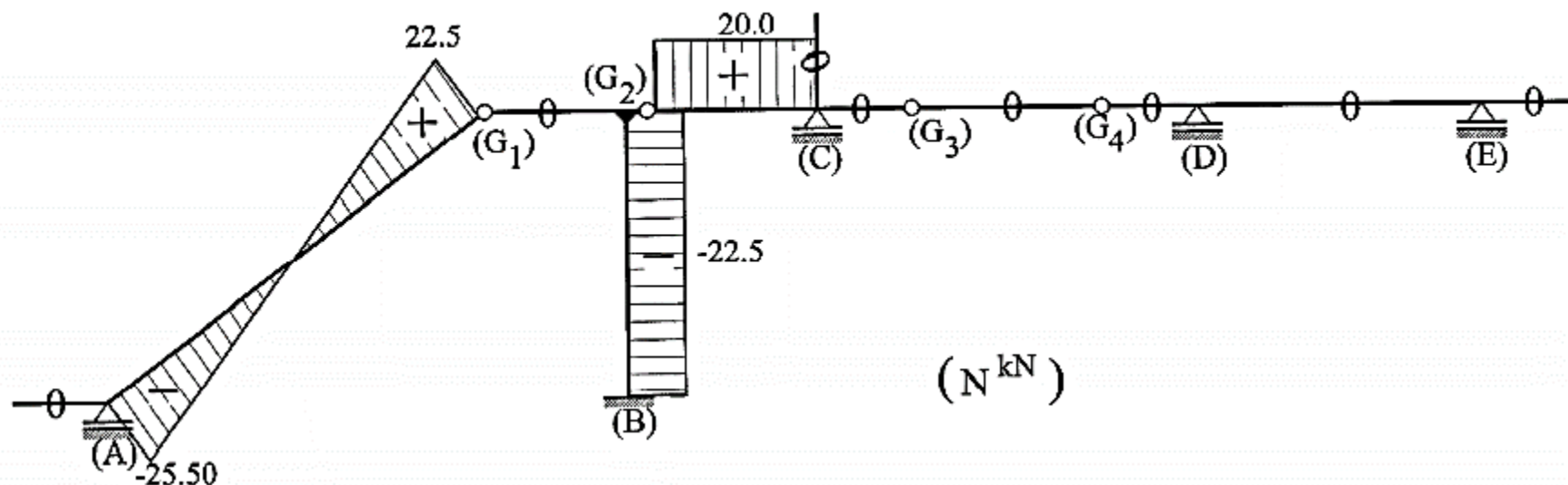
Kontrol-1: $(\uparrow+) \Sigma F_y = 0$ olmalıdır.

$$\Sigma F_y = V_B - G_{1y} - G_{2y} = 0 \checkmark$$

Kontrol-2: $(\cup+) \Sigma M_{G2} = 0$ olmalıdır.

$$\Sigma M_{G2} = -G_{1y} \times 3 + M_B + H_B \times 6 = 0 \checkmark$$





★ Yayılı yükler altında oluşan maksimum eğilme momentlerinin bulunmasında, sözkonusu yüklerin etkidiği çubuklarda kesme kuvvetinin sıfırdan geçtiği noktaların belirlenmesi gereklidir. Bu noktalar belirlendikten sonra, eğik çubuktaki maksimum eğilme momenti

$$(M_{\text{maks}})_1 = -20 + \frac{34 \times 5.3125}{2}$$

$$\Rightarrow (M_{\text{maks}})_1 = 70.313 \text{ kNm} \checkmark$$

20 kN/m lik yayılı yükün etkidiği çubuktaki maksimum eğilme momenti ise

$$(M_{\text{maks}})_2 = -100 + \frac{70 \times 3.5}{2}$$

$$\Rightarrow (M_{\text{maks}})_2 = 22.50 \text{ kNm} \checkmark$$