MESLEK YÜKSEK OKULU

İNŞAAT BÖLÜMLERİ İÇİN

ÇÖZÜMLÜ ÖRNEKLERLE

YAPI STATİĞİ (İZOSTATİK)

EDİTÖR

Prof. Dr. Hicran AÇIKEL

YAZANLAR

Durmuş Ali AÇIKEL

İnşaat Yüksek Mühendisi

Hüsna AÇIKEL

İnşaat Yüksek Mühendisi

KONYA -2020

ÖNSÖZ

Günümüz yüksek öğretiminde özellikle ön lisans düzeyinde eğitim veren Meslek Yüksek Okullarının teknik eğitim veren bölümlerinde, aynı adı taşıyan lisans düzeyinde eğitim veren Mühendislik Fakültelerinin bölümlerinde aynı adı taşıyan dersler bulunmaktadır. Ancak bu dersler içerik olarak Mühendislik Fakültelerinde okutulanlar dan daha dar bir içeriğe sahiptir ve öyle de olmalıdır.

Bu durum, Meslek Yüksek Okullarındaki öğrenci ve hocaları kaynak açısından zorlamaktadır. Bu çalışma uzun yıllar tecrübe edilmiş ve Meslek Yüksek Okullarının inşaat bölümlerinde öğrencilere anlatılmış konu ve örnekleri içermektedir.

Bu çalışmadan amaç, Meslek Yüksek Okullarındaki öğrencilere YAPI STATİĞİ biliminin özüne sadık kalarak, İnşaat Teknikeri seviyesinde bir anlatımla ilgililere faydalı olabilmektir.

Bu çalışma **İZOSTATİK** taşıyıcı sistemleri kapsamaktadır.

Faydalı olması dileklerimizle.

Durmuş Ali AÇIKEL
İnşaat Yüksek Mühendisi

Hüsna AÇIKEL
İnşaat Yüksek Mühendisi

1.- GİRİŞ

Cisimlerin dengede kalabilmeleri için gerekli gerekli şartları ve kanunları, dengede olmayan cisimleri dengeye getirebilmek için neler yapılması gerektiği konularını inceleyen bilim dalı statik olarak tanımlanmaktadır.

Yapıların ve yapıların oluşmasını sağlayan sistemlerin, bu sistemleri meydana getiren taşıyıcı sistem elemanlarının dış kuvvetler etkisindeki davranışlarının incelenmesi yapı statiği biliminin ilgi alanı içerisindedir.

Yapıları meydana getiren taşıyıcı sistemler üzerlerine gelen dış yükleri belli bir sıra ve sistematik çerçevesinde birbirine aktararak dengeli kütleleri meydana getirirler.

Taşıyıcı sistemler yapıya her doğrultuda etkiyen bütün yükleri emniyetle taşıyarak uygun malzemelerden yapılmış yapı elemanları yardımı ile zemine aktaran uzaysal sistemlerdir.

Fakat mümkün olduğu takdirde statik inceleme uzay sistem, düzlem sistemlere indirgenerek yapılır. Düzlem sistemlere indirgenemeyen, Kabuk, Kubbe gibi sistemler ise uzaysal olarak çözülür.

Taşıyıcı sistem, dış kuvvetler altındaki yapı elemanları olan, temel, kolon, kiriş, döşeme ve bu elemanların yük aktarım noktaları olan mesnetlerinden meydana gelir.

Taşıyıcı sistemlerde dış yüklerin sebep olduğu, mesnet reaksiyonlarının değerlerinin hesaplanması, sistemdeki elemanların yük değişim noktalarında meydana gelen kesit tesiri değerlerinin hesaplanması ve elemanlarda meydana gelen şekil değişikliklerinin belirlenmesi, yapı statiğinin konusunu oluşturmaktadır.

Bu hususların incelenmesi ve hesaplanması, inşa edilecek yapılar ve bu yapıların ayakta kalabilmesi, mühendisin belirleyeceği taşıyıcı sistemlerle mümkün olmaktadır. Bu noktada mühendislerin yapacağı genel denge şartlarını ve mimari şartları esas alan çok çeşitli taşıyıcı sistem şekilleri ile karşılaşılabilmektedir.

Yapı statiğinde karşımıza çıkacak taşıyıcı sistemler aşağıda incelenmektedir.

1.1- TAŞIYICI SİSTEMLER

Taşıyıcı sistemler dış yükleri taşıyan gövde kısmı ve dış yükleri taşıdıktan sonra kendisinden sonraki taşıyıcı elemana aktaran mesnetlerden oluşmaktadır. Buradaki temel konu taşıyıcı sistemin dış yükler etkisinde dengede kalabilmesidir. Bu noktada taşıyıcı sistemin denge denklemleri uygulanması ve sistemde bilinmeyen olarak ortaya çıkan mesnet reaksiyon kuvvetlerinin belirlenmesi sistemin tipini belirleyen en önemli faktördür.

Taşıyıcı sistemler yapılarda bulundukları şekillere ve mesnetlenme durumlarına göre statik sistemleri açısından 2 çeşittir.

A-İzo statik taşıyıcı sistemler

Bu sistemler bilinmeyen sayısı 3 olan dolayısıyla bilinen denge denklemleri olan;

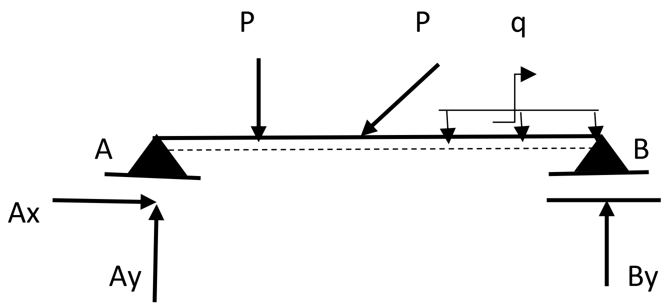
$\Sigma x=0$

$\Sigma y=0$

$\Sigma M=0$

Denge denklemleriyle çözülebilen sistemlerdir.

Aşağıda örnek bir taşıyıcı sistem şekli üzerinde izostatiklik incelemesi yapılmıştır.

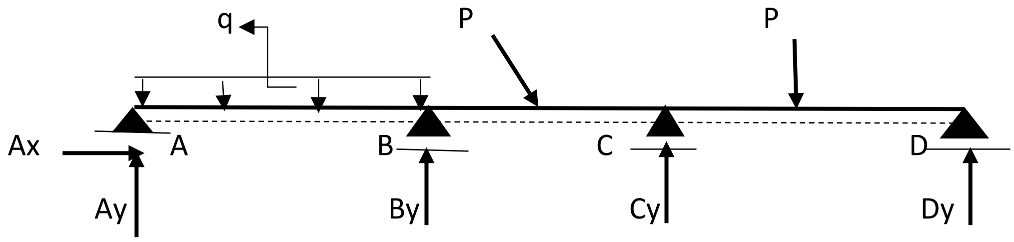


Yukarıdaki sistemde bilinmeyenler Mesnet reaksiyonları olan Ax,Ay,By olarak karşımıza çıkmakta ve 3 adettir. Bilinen denge denklemleri de 3 tane olduğundan, sistem bu denge denklemleri ile çözülebilir, o halde sistem İZOSTATİKTİR.

B-Hiper statik taşıyıcı sistemler

Bu sistemler bilinmeyen sayısı 3 ten fazla olan ve bilinen ve yukarıda verilen denge denklemleriyle çözülemeyen sistemlerdir.

Aşağıda örnek bir taşıyıcı sistem şekli üzerinde hiperstatiklik incelemesi yapılmıştır.



Yukarıdaki sistemde bilinmeyenler Mesnet reaksiyonları olan Ax,Ay,By,Cy,Dy olarak karşımıza çıkmakta ve 5 adettir. Bilinen denge denklemleri de 3 tane olduğundan, sistem bu denge denklemleri ile çözülemez, o halde sistem HİPERSTATİKTİR. Hiperstatiklik derecesi de Bilinmeyen sayısından denge denklemi sayısı çıkarılarak bulunur. O halde sistem 2°den Hiperstatiktir.

Bu kitapta **İZOSTATİK** sistemlerin çözümleri ele alınmıştır.

1.1-TAŞIYICI SİSTEMLERE ETKİYEN YÜKLER

Taşıyıcı sistemlere etkiyen yükleri aşağıdaki gibi sınıflandırmak mümkündür.

1.1.1- Etki ediş şekillerine göre

1.1.1.1- Düşey doğrultuda etki eden yükler

1.1.1.1.1-Hareketli yükler

İnsanlar, hayvanlar ve eşyalar gibi unsurların meydana getirdiği yükler.

1.1.1.1.2-Zati (sabit) Yükler

Binanın kendi ağırlığı (duvar, döşeme, kiriş, kolon) gibi unsurların ağırlıklarından meydana gelen yükler.

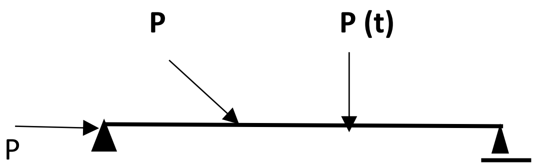
1.1.1.2- Yatay doğrultuda etkiyen yükler

Rüzgâr deprem gibi tabi olaylardan meydana gelen yükler.

1.1.2- Taşıyıcı sistemlere etki ediş geometrilerine göre

1.1.2.1- Tekil yükler

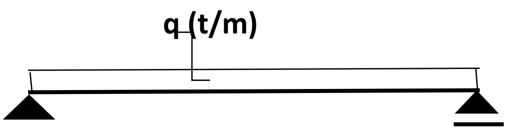
Taşıyıcı sistem üzerine noktasal olarak etki eden yüklerdir, dik, yatay ve açılı şekilde etki edebilirler.



1.1.2.2- Yayılı yükler

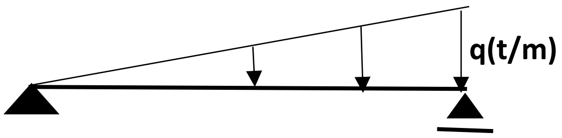
1.1.2.2.1- Düzgün yayılı yük

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



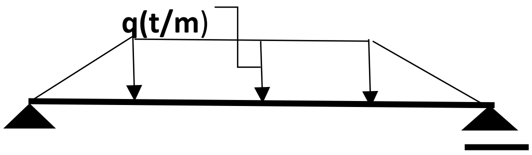
1.1.2.2.2-Üçgen yayılı yük

Taşıyıcı sistem üzerine üçgen şeklinde etki eden yüklerdir.



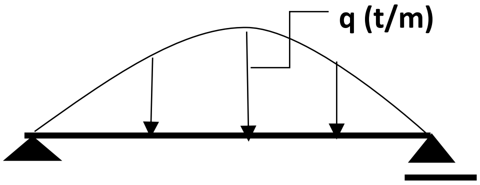
1.1.2.2.3-Trapez yayılı yük

Taşıyıcı sistem üzerine trapez şeklinde etki eden yükler



1.1.2.2.4- Parabol yayılı yükler

Taşıyıcı sistem üzerine parabol şeklinde etki eden yüklerdir.

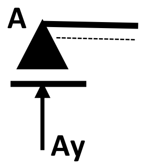


1.2- TAŞIYICI SİSTEMLERDE MESNETLER

MESNET: Taşıyıcı elemanın üzerine gelen yükü kendisinden sonra gelen diğer bir taşıyıcı elemana aktardığı noktaya mesnet denir.

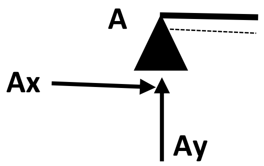
Statik sistemlerde en çok karşılaşılan mesnetler aşağıda verilmiştir.

1.2.1-Hareketli Mesnet



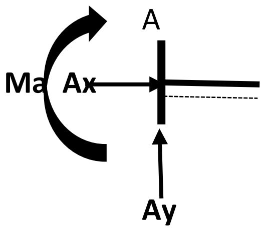
Yukarıdaki şekildeki gibi olup; sadece **düşey** reaksiyon kuvveti alır.

1.2.2- Sabit Mesnet



Yukarıdaki şekildeki gibi olup hem **yatay** hem **düşey** reaksiyon kuvveti alır

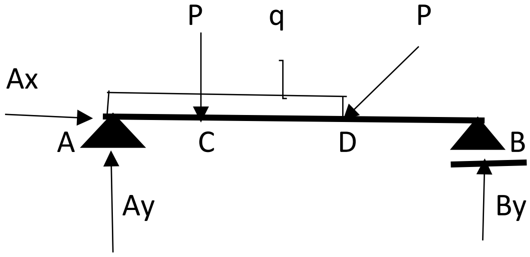
1.2.3- Ankastre Mesnet



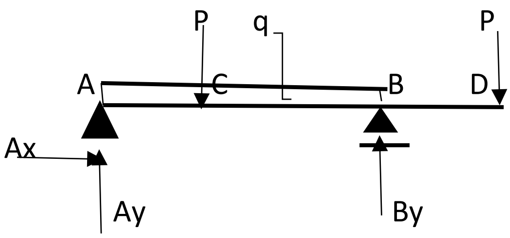
Yukarıdaki şekildeki gibi olup; **yatay**, **düşey** ve **moment** reaksiyon kuvvetlerini alır.

1.3- TAŞIYICI SİSTEM ÇEŞİTLERİ

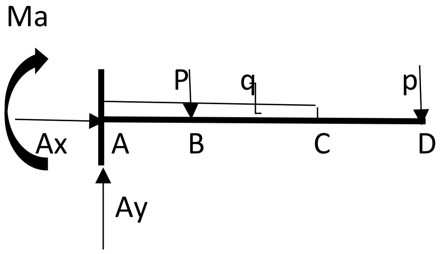
Taşıyıcı sistemler çeşitli şekillerde karşımıza çıkar ve bu şekillere göre isimlendirilirler.



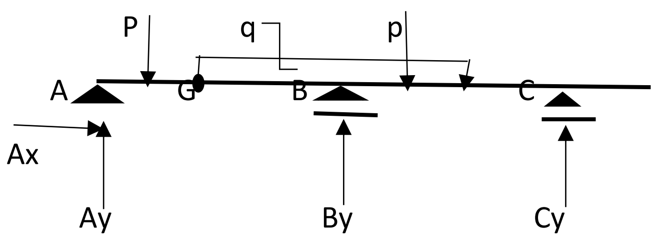
Basit Kiriş



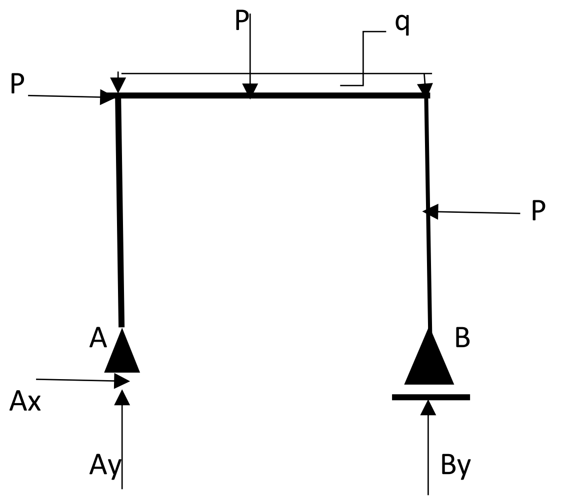
Çıkmalı Kiriş



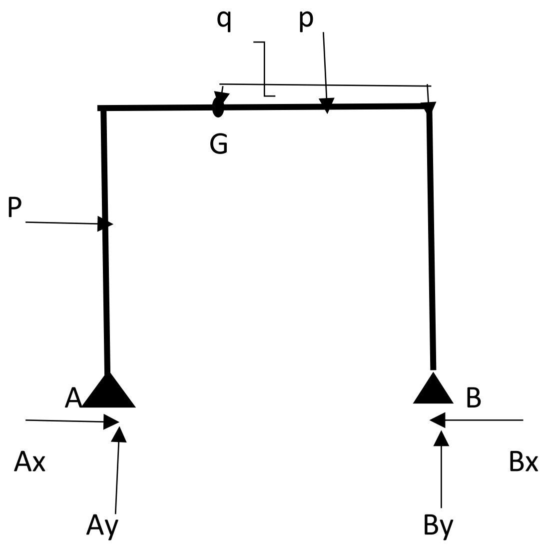
Konsol Kiriş



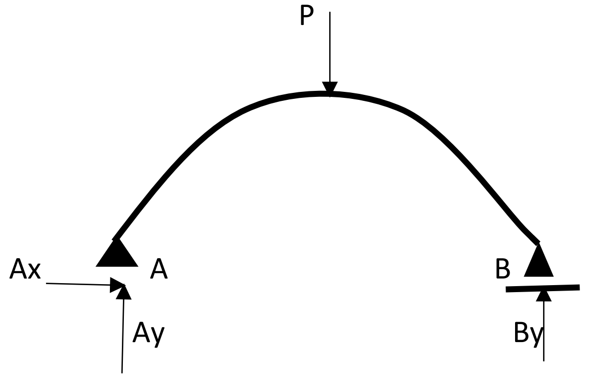
Mafsallı Sürekli (GERBER) Kiriş



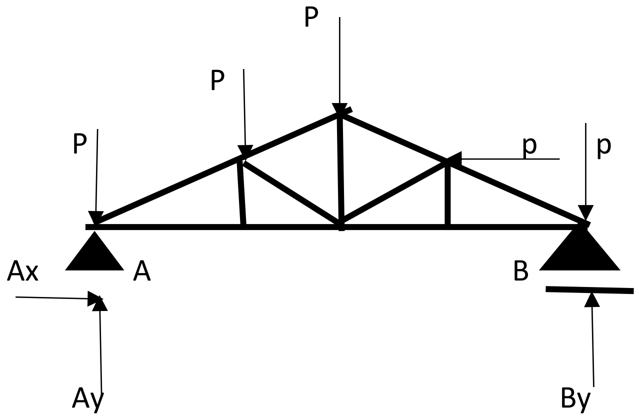
İzostatik Çerçeve



Üç Mafsallı Çerçeve



İzostatik Kemer



Kafes Kiriş

2. TAŞIYICI SİSTEMLERİN ÇÖZÜMÜ

Taşıyıcı sistemlerin çözümleri 3 temel aşamada gerçekleştirilir. Bu aşamalar;

A) Mesnet Reaksiyonlarının Hesabı
B) Kırık noktalarda yani yük değişim noktalarında kesit tesiri değerlerinin, yani iç kuvvetlerin hesaplanması.
   İç Kuvvetler
   N Normal Kuvvet
   T Kesme kuvveti
   M Moment
C) Hesaplanan iç kuvvet değerlerini esas alan kesit tesiri diyagramlarının çizilmesi

Aşamalarıdır.

2.1.- MESNET REAKSİYON KUVVETLERİNİN HESAPLANMASI

Mesnet reaksiyonları, dış yüklerin karşılanması, taşıyıcı sistemin dengede kalabilmesi için, mesnetlerde oluşan tepki kuvvetleridir.

Mesnet reaksiyon kuvvetleri hesaplanırken **DENGE** denklemlerinden yararlanılır. Taşıyıcı sistemin mevcut durumuna denge denklemleri uygulanır ve ortaya çıkan denklemler çözülerek başlangıçta bilinmeyen mesnet reaksiyon kuvvetleri bilinir hale getirilir, yani değerleri hesaplanır. Mesnet reaksiyonları hesaplanırken şu işlem sırası takip edilir;

A- Sistem üzerindeki yükler analiz edilir, yani; sistem üzerinde bulunan açılı yüklerin x ve y bileşenleri hesaplanır, yayılı yük sanal tekil yük haline getirilir.

B- Mesnet reaksiyonları işaretlenir.

C-Denge denklemleri kullanılarak mesnet reaksiyon kuvvetleri hesaplanır.

2.1.1.- DENGE DENKLEMLERİ

A) $\Sigma x=0$

Sistem üzerinde bulunan tüm yatay yüklerin yönleriyle birlikte (Cebrik) toplamları sıfır olmalıdır.

B) $\Sigma y=0$

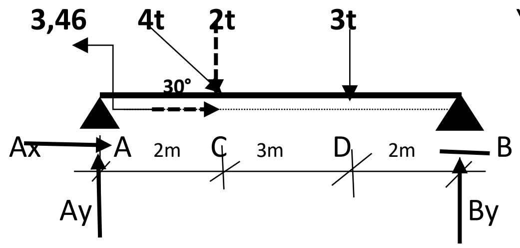
Sistem üzerinde bulunan tüm düşey yüklerin yönleriyle birlikte (Cebrik) toplamları sıfır olmalıdır.

D) $\Sigma M=0$

Sistem üzerinde bulunan herhangi bir noktaya göre alınacak momentin toplamı sıfır olmalıdır.

Aşağıda mesnet reaksiyon kuvvetlerinin hesaplanması ile ilgili örnekler görülmektedir.

ÖRNEK 1-



Yanda yükleme durumu ve şekli verilen basit kirişin mesnet reaksiyonlarını hesaplayınız?

ÇÖZÜM 1-

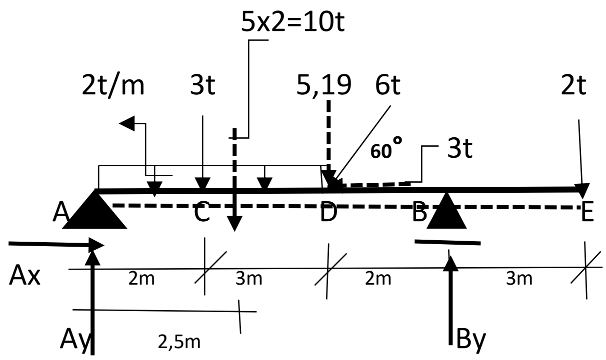
$\overrightarrow{\Sigma x=0}$ Ax+3,46=0 **Ax=-3,46t**

$\Sigma y=0$ Ay-2-3+By=0 Ay+By=5t

$\Sigma Ma=0$ +2x2+3x5-Byx7=0 7xBy=4+15 7xBy=19

By=2,71t Ay+2,71=5 **Ay=2,29t**

ÖRNEK 2-



Yanda şekli ve yükleme durumu verilen çıkmalı kirişin mesnet reaksiyonlarını hesaplayınız?

ÇÖZÜM 2-

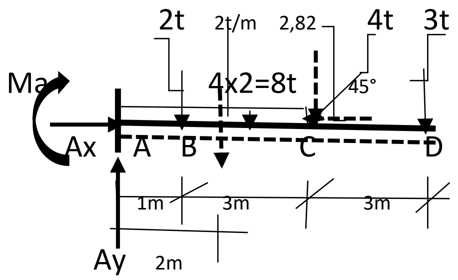
$\overrightarrow{\Sigma x=0}$ Ax-3=0 **Ax=3t**

Σy=0 Ay-3-10-5,19+By-2=0 Ay+By=18,19

ΣMa=0 3x2+10x2,5+5,19x5-Byx7+2x10=0 7xBy=6+25+25,95

7xBy=56,95 **By=8,13t** **Ay=18,19-8,13=10,06t**

ÖRNEK 3-



Yanda şekli ve yükleme durumu verilen konsol kirişin mesnet reaksiyonlarını hesaplayınız?

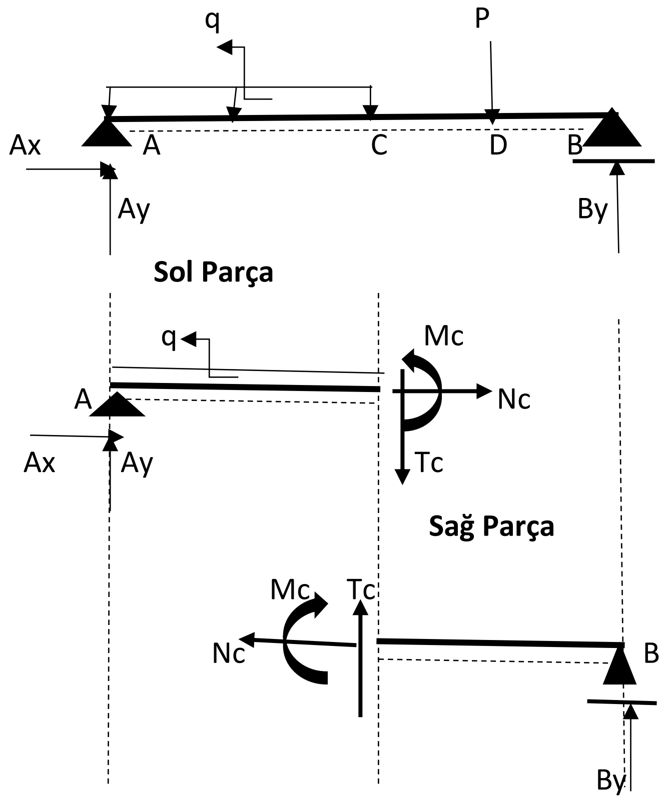
ÇÖZÜM 3-

Σx=0	Ax-2,82=0	**Ax=2,82t**
Σy=0	Ay-2-8-2,82-3=0	**Ay=15,82t**
ΣMa=0	Ma+2x1+8x2+2,82x4+3x7=0	Ma+2+16+11,28+21=0
	Ma=-50,28tm	

2.2.- İÇ KUVVETLER (KESİT TESİRLERİ)

Statik sistemlerin dış yükler ve bunları karşılayan mesnet reaksiyonları ile dengede olduğu bilinmektedir. Buradan yola çıkarak sistemi sistem üzerindeki herhangi bir noktadan hayali olarak ikiye ayırdığımızda ayrım düzlemine göre hem sağ hem de sol parçada kendi içinde dengededir.

Bu dengenin sağlanabilmesi için statik sistemin kesildiği noktada tepki kuvvetleri meydana gelir. Bu tepki kuvvetlerine iç kuvvetler ya da kesit tesirleri denir.



Yukarıdaki şekilden de anlaşılacağı gibi kesim düzlemine göre aynı noktada aynı değerlere sahip 3 adet kesit tesiri ya da iç kuvvet oluşmaktadır. Bu iç kuvvetlerin yön ve şekilleri yukarıdaki şekilde verilmiş olup iç kuvvet hesaplarında bu şekliyle kullanılacaktır.

Bu iç kuvvetler**; Normal Kuvvet, Kesme Kuvveti** ve **Moment** dir.

NORMAL KUVVET

Eksen doğrultusunda çekme yönünde oluşan kuvvettir. **N** harfi ile gösterilir, kesilen noktanın belirtilmesi için de noktanın harfi N harfi ile birlikte kullanılır.

KESME KUVVETİ

Eksene dik doğrultuda oluşan kuvvettir, eğer sol parça kullanılarak hesap yapılıyorsa aşağı doğru yönlü, eğer sağ parça kullanılarak hesap yapılıyorsa yukarı doğru yönlüdür. **T** harfi ile gösterilir.

MOMENT

Statik sistemin bakış yönüne göre içeriden dışarı doğru sistemi döndürecek şekilde oluşan kuvvettir. **M** harfi ile gösterilir.

2.2.1.- KESİT TESİRLERİNİN (İÇ KUVVETLERİN) HESAPLANMASI

Statik sistemlerde kesit tesirleri birkaç yöntemle hesaplanabilir. Burada iki temel yöntem anlatılacaktır.

- **A) Kesim yöntemi**
- **B) Alan yöntemi**

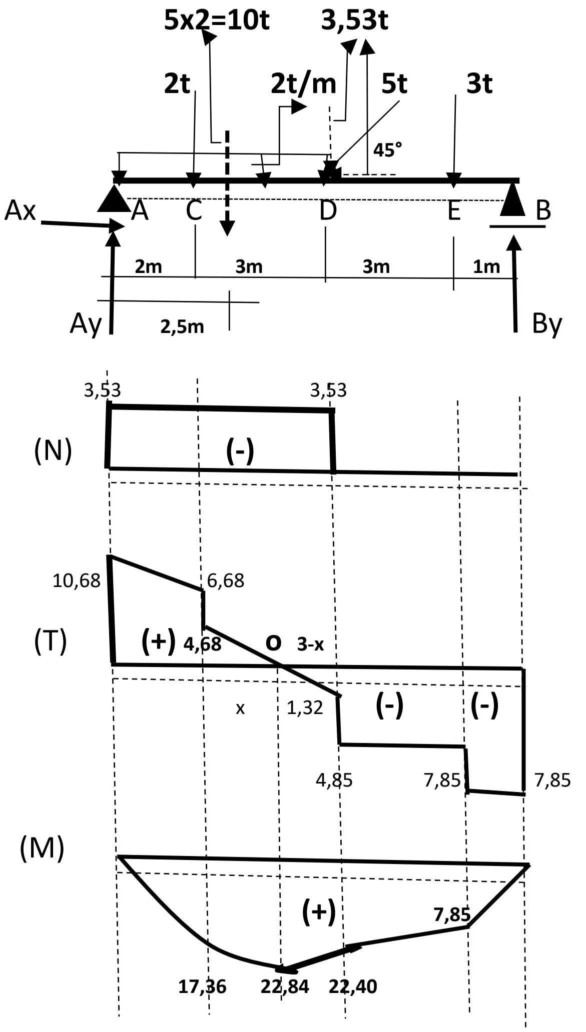
2.2.1.1.- KESİM YÖNTEMİ İLE KESİTTESİRLERİNİN HESABI

Bu yöntemde sistem kırık noktalarından yani yük değişim noktalarından kesilerek iki parçaya ayrılır. Tekil yüklerin bulundukları noktaların hem sağından he solundan kesim yapılır. Daha az işlemin yapılacağı sistem parçası tercih edilerek denge denklemleri kullanılarak o noktadaki kesit tesiri değerleri hesaplanır. Hesaplanan bu değerler göz ölçeği ile grafik hale getirilir, bu grafiklere kesit tesiri diyagramları denir. Kesit tesiri diyagramları elemanın bu yükleme altında uğradığı şekil değişikliğinin de göstergesidir. Kesim yöntemi en doğru sonucu veren yöntemdir. Kesim yöntemi ile hesap yapılırken aşağıdaki işlem sırası takip edilir.

- **A- Mesnet reaksiyonları hesaplanır**
- **B- Kesit tesiri diyagramlarının çizileceği alan hazırlanır**
- **C- Kırık noktalardan yani yük değişim noktalarından kesimler yapılır.**
- **D- Bu noktalarda oluşan iç kuvvetler işaretlenir ve denge denklemleri kullanılarak değerleri hesaplanır.**
- **E- Bulunan değerler daha önce ayrılan diyagram alanına göz ölçeği kullanılarak çizilir.**

Aşağıda kesim yöntemi kullanılarak yapılan sistem örnekleri görülmektedir.

ÖRNEK 4-



Yanda şekli ve yükleme durumu verilen Basit kirişin kesit tesiri diyagramlarını kesim yöntemini kullanarak çiziniz?

ÇÖZÜM 4-

Mesnet reaksiyonları hesabı (MR)

$\Sigma x=0$ Ax-3,53=0 **Ax=3,53t**

$\Sigma y=0$ Ay-2-10-3,53-3+By=0

Ay+By=18,53

$\Sigma Ma=0$ 2x2+10x2,5+3,53x5+3x8-Byx9=0

9xBy=4+25+17,65+24

9By=70,65 **By=$\frac{70,65}{9}$ =7,85t**

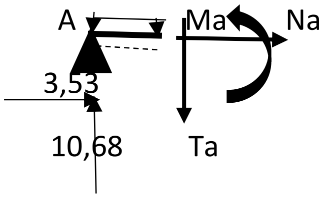
Ay+7,85=18,53 Ay=18,53-7,85

Ay=10,68t

$\frac{x}{3-x}=\frac{4,68}{1,32}$ **1,32X=4,68x3-4,68xX**

6x=14,04 x=2,34m

A Noktası Kesimi

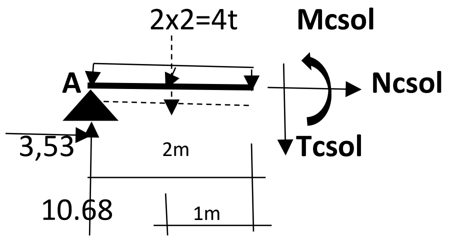


$\Sigma x=0$ 3,53+Na=0 **Na=-3,53t**

$\Sigma y=0$ 10,68-Ta=0 **Ta=10.68t**

$\Sigma Ma=0$ Mesafe sıfır olduğundan **Ma=0**

C Noktası Sol Kesimi

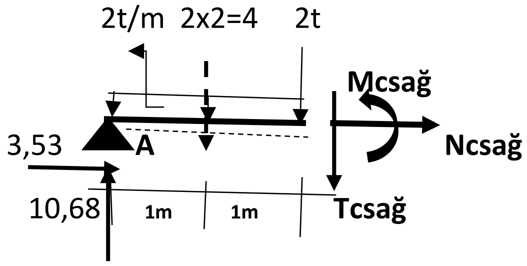


$\Sigma x=0$ 3,53+Ncsol=0 **Ncsol=-3,53t**

$\Sigma y=0$ 10.68-4-Tcsol=0 **Tcsol=6,68t**

$\Sigma Ma=0$ Mcsol+4.1-10.68x2=0 **Mcsol=+17,36tm**

C Noktası Sağ Kesimi



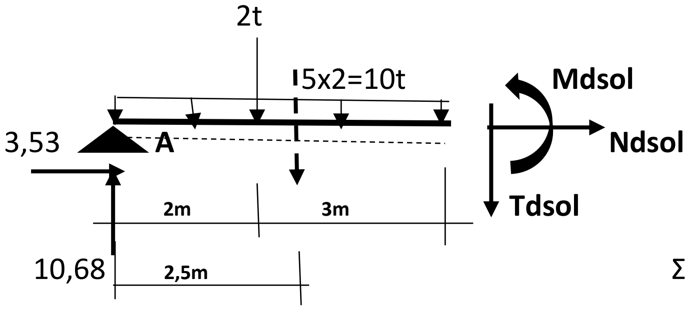
$\Sigma x=0$ 3,53+Ncsağ=0 **Ncsağ=-3,53t**

$\Sigma y=0$ 10,68-4-2-Tcsağ=0 **Tcsağ=4,68t**

ΣMcsağ= 17,36tm

Bir noktanın sağı ve solunda momentler aynıdır.

D Noktası Sol Kesimi



$\Sigma x=0$ 3,53+Ndsol=0 **Ndsol=-3,53t**

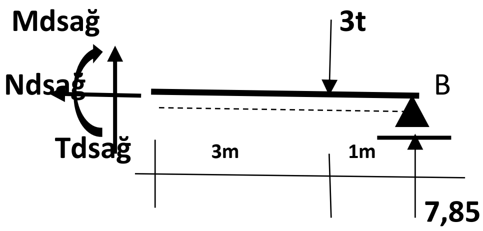
$\Sigma y=0$ 10,68-2-10-Tdsol=0

Tdsol=-1,32t

$\Sigma Md=0$ Mdsol+10x2,5+2x3-10,68x5=0

Mdsol+25+6-53,4=0 **Mdsol=22,4tm**

D Noktası Sağ Kesimi



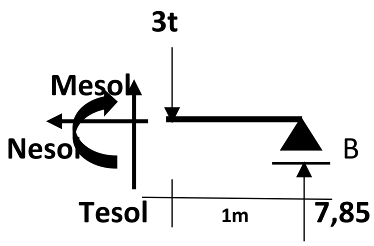
$\Sigma x=0$ **Ndsağ=0**

$\Sigma y=0$ Tdsağ-3+7,85=0 **Tdsağ=-4,85t**

$\Sigma M=0$ Mdsağ+3x3-7,85x4=0

Mdsağ=22,4tm

E Noktası Sol Kesimi

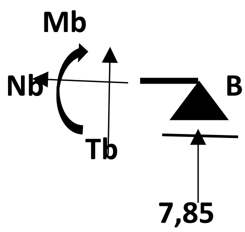


$\Sigma x=0$ **Nesol=0**

$\Sigma y=0$ Tesol-3+7,85=0 **Tesol=4,85t**

$\Sigma M=0$ Mesol-7,85x1=0 **Mesol=7,85tm**

B Noktası Kesimi

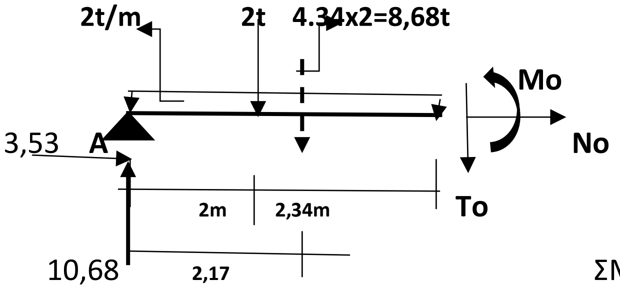


$\Sigma x=0$ **Nb=0**

$\Sigma y=0$ Tb+7,85=0 **Tb=-7,85t**

$\Sigma M=0$ **Mb=0**

O Noktası Kesimi



Σx=0   3,53+No=0   **No=-3,53t**

Σy=0   10,68-2-8,68-To=0   **To=0**

Kesme kuvvetinin 0 olduğu noktada Moment maksimum olur.

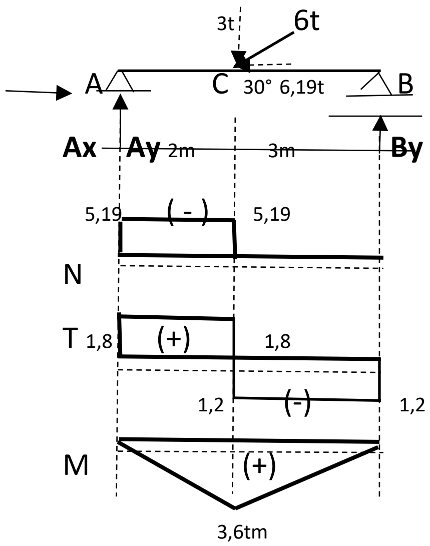
ΣM=0   Mo+8,68x2,17+2x2,34-10.68x4,34=0

Mo+18,83+4,68-46,35=0   **Mo=22,84tm**

ÖRNEK: 5

Aşağıda şekli ve yükleme durumu verilen

Basit kirişin M, N, T diyagramlarını çiziniz?



ÇÖZÜM 5

Mesnet reaksiyonları (MR)

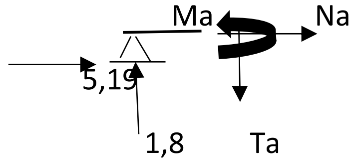
+ $\Sigma x=0$ $Ax-5,19=0$ **$Ax=5,19t$**

+ $\Sigma y=0$ $Ay-3+By=0$ $Ay+By=3$

+ $\Sigma MA=0$ $3x2-Byx5=0$ $5xBy=6$

$By=1,2t$ **$Ay=1,8t$**

A noktası kesimi



$\Sigma x=0$ $5,19+Na=0$

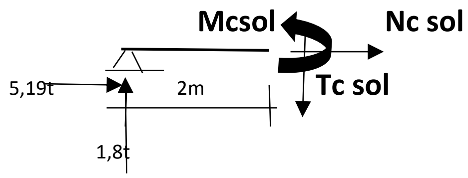
$Na=-5,19t$

$\Sigma y=0$ $1,8-Ta=0$

$Ta=1,8t$

$\Sigma Ma=0$ **$Ma=0$**

C noktası SOL taraf kesimi

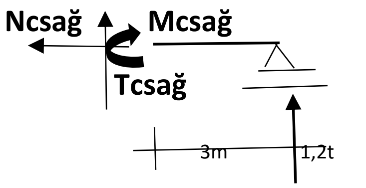


$\Sigma x=0$ $5,19+Nc\ sol=0$ **$Nc\ sol=-5,19t$**

$\Sigma y=0$ $1,8-Tc\ sol=0$ **$Tc\ sol=1,8t$**

$\Sigma Mcsol=0$ $Mcsol-1,8x2=0$ **$Mcsol=3,6tm$**

C noktası SAĞ taraf kesimi

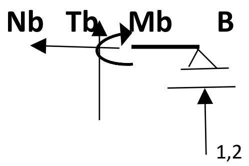


$\Sigma x=0$ **Ncsağ=0**

$\Sigma y=0$ Tcsağ+1,2=0   **Tcsağ=-1,2t**

ΣMcsağ-1,2x3=0   **Mcsağ=3,6tm**

B noktası kesimi



$\Sigma x=0$ **$Nb=0$**

$\Sigma y=0$ **$Tb+1,2=0$**   **$Tb=-1,2t$**

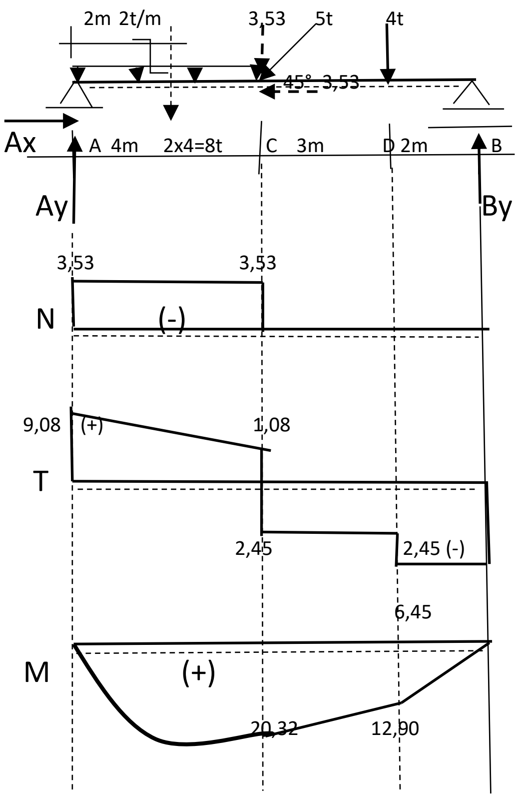
$\Sigma Mb=0$ **$Mb=0$**

ÖRNEK:6

Aşağıda yükleme durumu ve şekli verilen

Basit kirişin M, N, T diyagramlarını kesim

Yöntemini kullanarak çiziniz?



ÇÖZÜM: 6

Mesnet Reaksiyonları Hesabı

+ Σx=0 Ax-3,53=0 **Ax=3,53t**

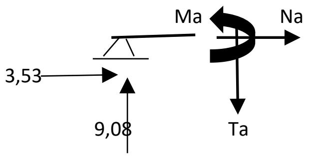
+ Σy=0 Ay-8-3,53-4+By=0 Ay+By=15,53

ΣMa=0 +8x2+3,53x4+4x7-Byx9=0

9xBy=58,12 **By=6,45t**

Ay=9,08t

A Noktası kesimi

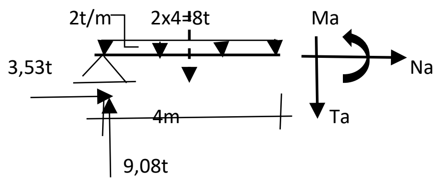


Σx=0 3,53+Na=0 Na=-3,53t

Σy=0 9,08-Ta=0 Ta=9,08t

ΣM=0 Ma=0

C noktası SOL taraf kesimi



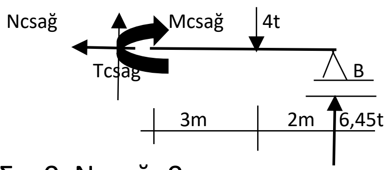
Σx=0 3,53+Ncsol=0 Ncsol=-3,53t

Σy=0 9,08-8-Tcsol=0 Tcsol=1,08t

ΣMcsol=0 Mcsol+8x2-9,08x4=0

Mcsol=20,32tm

C noktası SAĞ kesimi

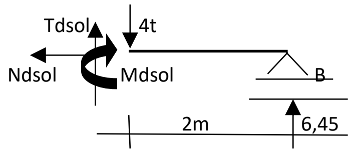


Σx=0 Ncsağ=0

Σy=0 Tcsağ-4+6,45=0 Tcsağ=-2,45t

ΣM=0 Mcsağ=20,32tm

D noktası SOL kesimi

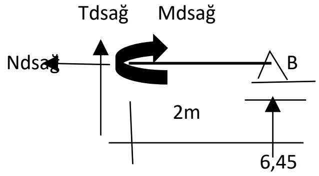


Σx=0 Ndsol=0

Σy=0 Tdsol-4+6,45=0 Tdsol=-2,45t

ΣM=0 Mdsol-6,45x2=0 Mdsol=12,90tm

D noktası SAĞ kesim

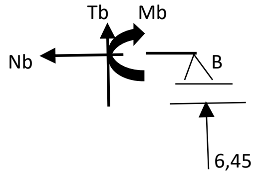


Σx=0 Ndsağ=0

Σy=0 Tdsağ=-6,45t

ΣM=0 Mdsağ=12,90tm

B noktası kesimi



Σx=0 Nb=0

Σy=0 Tb=-6,45t

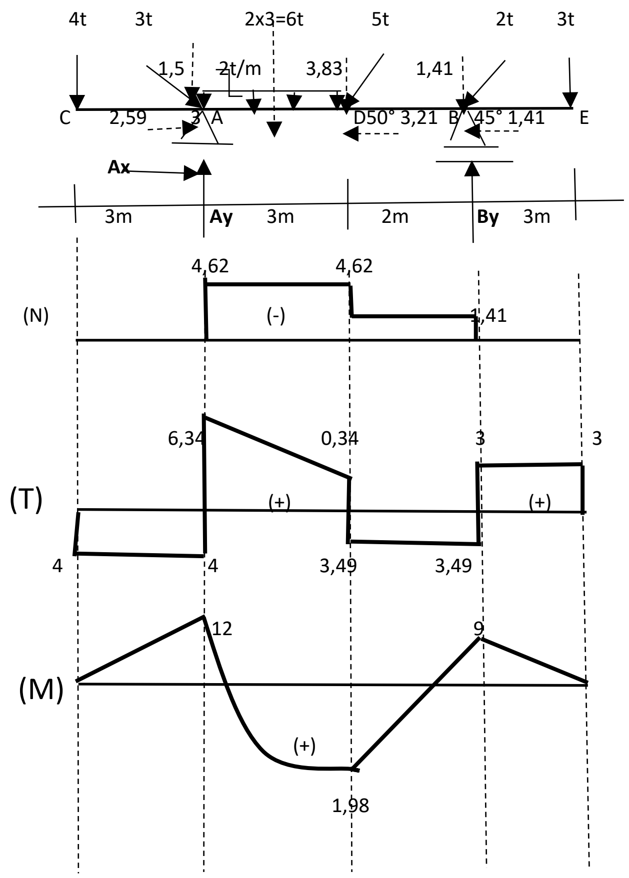
ΣM=0 Mb=0

ÖRNEK:7

Aşağıda şekli ve yükleme durumu verilen

Çıkmalı kirişin M,N,T diyagramlarını

Kesim yöntemini kullanarak çiziniz?



ÇÖZÜM:7

Mesnet Reaksiyonları Hesabı

$\Sigma x=0$ Ax+2,59-3,21-1,41=0 Ax=2,03t

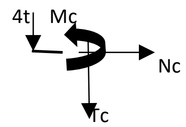
$\Sigma y=0$ Ay+By-4-1,5-6-3,83-1,41-3=0

Ay+By=19,74

$\Sigma Ma=0$ -4x3+6x1,5+3,83x3+1,41x5-Byx5+3x8=0

5xBy=39,54 **By=7,90t** **Ay=11,84t**

C noktası kesimi

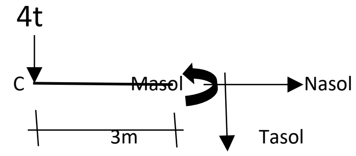


$\Sigma x=0$ Nc=0

$\Sigma y=0$ 4+Tc=0 Tc=-4t

$\Sigma M=0$ Mc=0

A noktası SOL kesimi

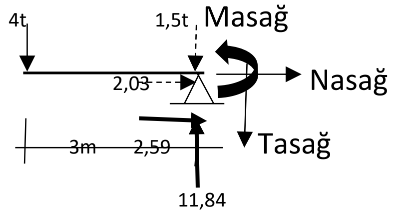


$\Sigma x=0$ Nasol=0

$\Sigma y=0$ 4+Tasol=0 Tasol=-4t

$\Sigma M=0$ Masol+4x3=0 Masol=-12tm

A noktası SAĞ kesimi

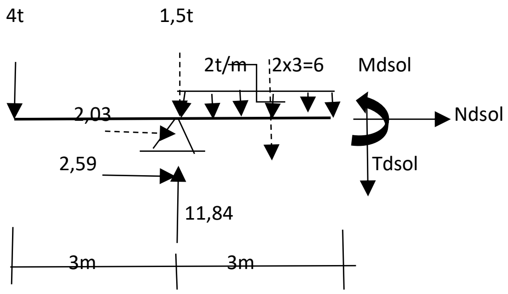


$\Sigma x=0$ Nasağ+2,59+2,03=0 Nasağ=-4,62t

$\Sigma y=0$ 4+1,5+Tasağ-11.84=0 Tasağ=6,34t

$\Sigma M=0$ Masağ=-12tm

D noktası SOL kesimi

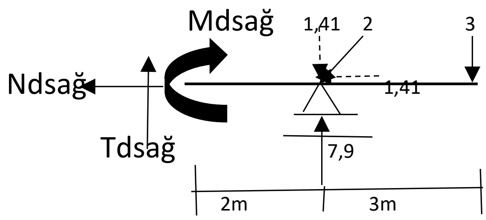


$\Sigma x=0$ 2,03+2,59+Ndsol=0 **Ndsol=-4,62t**

$\Sigma y=0$ 4+1,5-11,84+6+Tdsol=0 **Tdsol=0,34**

$\Sigma M=0$ Mdsol+6x1,5+1,5x3-11.84x3+4x6=0 **Mdsol=1,98tm**

D noktası SAĞ Kesimi

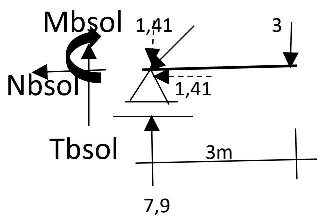


$\Sigma x=0$ Ndsağ+1,41=0 Ndsağ=-1,41t

$\Sigma y=0$ Tdsağ+7,9-1,41-3=0 Tdsağ=-3,49t

$\Sigma m=0$ Mdasağ+1,41x2-7,9x2+3x5=0 Mdsağ=1,98tm

B noktası SOL kesimi

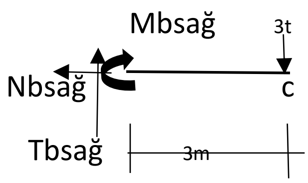


$\Sigma x=0$ Nbsol+1,41=0 Nbsol=-1,41t

$\Sigma y=0$ Tbsol-1,41+7,9-3=0 Tbsol=-3,49t

$\Sigma M=0$ Mbsol+3x3=0 Mbsol=-9tm

B noktası SAĞ kesimi

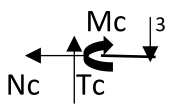


$\Sigma x=0$ Nbsağ=0

$\Sigma y=0$ Tbsağ-3=0 Tbsağ=3t

$\Sigma M=0$ Mbsağ=-9tm

C noktası kesimi



$\Sigma x=0$ Nc=0

$\Sigma y=0$ Tc=3t

$\Sigma m=0$ Mc=0

Yukarıdaki örnekten de anlaşılacağı üzere en doğru sonucu vermesine rağmen çok uzun bir çözüm yolu olan kesim yöntemi pek tercih edilmez. Ancak hatlı çözüm noktalarında doğru çözüme ulaşmak için başvurulan bir yöntemdir.

Bunun yerine statik çözümlerde daha hızlı ve kısa yoldan sonuca ulaşmamızı sağlayan yöntem olan alan yöntemi tercih edilir. Alan yöntemi diyagramlar arsı ilişkilerden yararlanılarak ortaya çıkarılmıştır.

Bu çalışmada da yapılacak statik sistem çözümlerinde alan yöntemi anlatılacak ve kullanılacaktır.

2.2.1.2.- ALAN YÖNTEMİ

Statik sistemlerin çözümünde daha kısa olan bir çözüm yöntemidir. Alan yönteminin temelinde kesit tesiri diyagramlarının birbirleriyle olan ilişkileri bize yardımcı olmaktadır.

Bu yöntemle statik sistemler çözülürken aşağıda sıralan işlem basamakları takip edilir.

a) Sistem üzerindeki yükler analiz edilir. Yani yükler denge denklemlerinde kullanmaya uygun hale getirilir.
b) Sistemde bulunan mesnetlerin reaksiyonları işaretlenir.
c) İşaretlenen mesnet reaksiyon kuvvetleri hesaplanır.
d) Normal kuvvet diyagramı çizilirken, sistem üzerinde hayali kesimler yapılarak eksen el yönde oluşacak normal kuvvet değerleri hesaplanır. Normal kuvvet diyagramı çizilirken sıfır çizgisi referans alındığında ve bakış yönü aşağıda olmak kaydıyla, sıfır çizgisinin üst kısmı negatif (-) bölgeyi, alt kısmı pozitif (+) bölgeyi gösterecektir.
e) Kesme kuvveti diyagramı çizilirken, sistem üzerinde bulunan eksene dik yöndeki yükler bize yol göstererek kesintisiz ve kapalı bir diyagramın çizilmesine yardımcı olacaktır. Şöyle ki; Sistem üzerinde bulunan eksene dik yüklerin yönleri yönümüz şiddetleri de o noktalardaki kesme kuvvetleri değerlerini verecektir. Kesme kuvveti diyagramı çizilirken sıfır çizgisi referans alındığında ve bakış yönü aşağıda olmak kaydıyla, sıfır çizgisinin üst kısmı pozitif (+) bölgeyi, Alt kısmı negatif (-) bölgeyi gösterecektir.
f) Moment diyagramları çizilirken, kesme kuvveti diyagramında ortaya çıkan kapalı geometrik alanlar işaretleriyle birlikte kümülatif olarak toplanır, elde edilen noktasal moment değerleri kullanılarak moment diyagramı çizilir.

Alan yöntemi ile sistem çözümleri yapılırken şu iki önemli hususa özellikle dikkat etmek gereklidir.

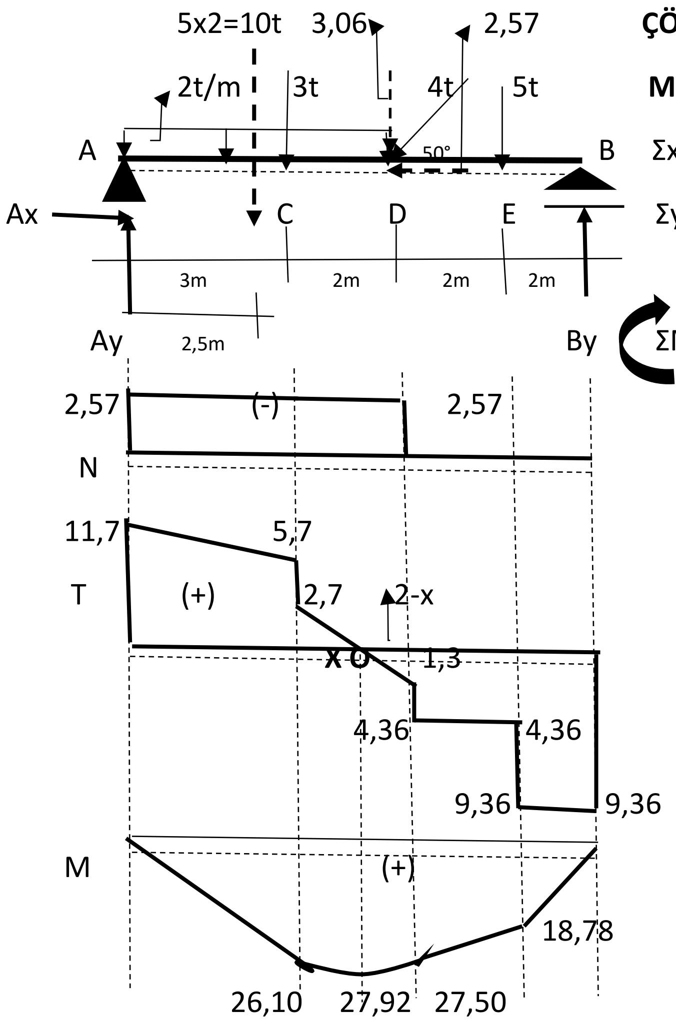
a) Sistemin kesme kuvveti diyagramının çözüm sonucu kapalı alan olarak çözülüp çizilmesi, sistemin tümünün doğru çözüldüğünü göstermez.
b) Sistemin doğru olarak çözülüp çizildiğinin en temel göstergesi, moment diyagramının kapalı alan olarak çözülüp çizilmesiyle gerçekleşecek durumdur.
c) Buradan yola çıkarak***;" Statikte yanlış hesap moment diyagramından döner"*** diyebiliriz.

Aşağıda alan yöntemi kullanılarak yapılan statik sistem çözümleri görülmektedir.

3.- İZOSTATİK KİRİŞ ÖRNEK ÇÖZÜMLERİ

ÖRNEK 8-

Aşağıda yükleme durumu ve şekli verilen basit kirişin **M, N, T** diyagramlarını alan yöntemini kullanarak çiziniz?



ÇÖZÜM 5-

Mesnet reaksiyon Kuvvetleri hesabı

Σx=0 Ax-2,57=0 **Ax=2,57t**

Σy=0 Ay-10-3-3,06-5+By=0

Ay+By=21,06

ΣMa=0 10x2,5+3x3+3,06x5+5x7

-9xBy=0

9xBy=25+9+15,30+35

9xBy=84,**3** **By=9,36t**

Ay=21,06-9,36=11,7t

O noktasının yeri

$\frac{x}{2-x} = \frac{2{,}7}{1{,}3}$ 1,3x=2x2,7-2,7x

4x=5,4 X=1,35

Moment değerleri hesapları

Ma=0

Mc=0+$\frac{11{,}7+5{,}7}{2}$x3=26,10tm

Mo=+26,10+$\frac{2{,}7x1{,}35}{2}$=27,92tm

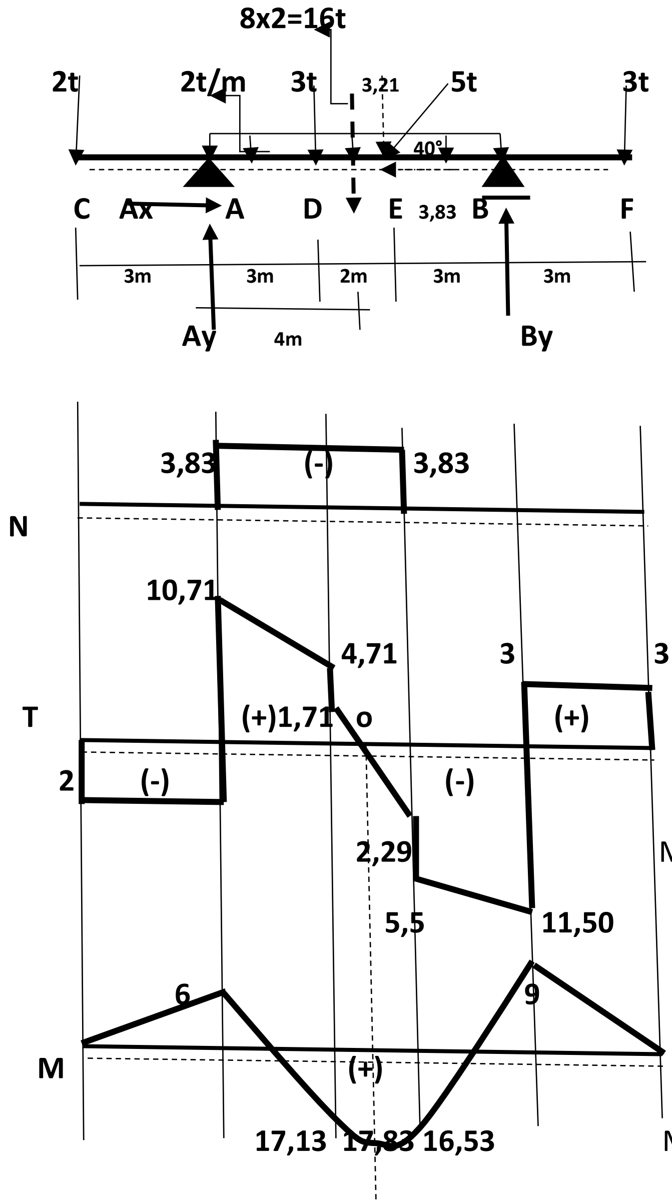
Md=27,92-$\frac{0{,}65x1{,}3}{2}$=+27,50tm

Me=27,5-4,36x2=+18,78tm

Mb=18,78-9,36x2=0

ÖRNEK 9-

Aşağıda yükleme durumu ve şekli verilen çıkmalı kirişin **MNT** diyagramlarını alan metodunu kullanarak çiziniz?



ÇÖZÜM 6-

Mesnet Reaksiyonları

Σx=0 Ax-3,83=0 **Ax=3,83t**

Σy=0 Ay-2-3-16-3,21+By-3=0

Ay+By=27,21

ΣMa=0 -2x3+3x3+16x4

3,21x5-Byx8+3x11=0

8By=-6+9+64+16,05+33

By=14,5t Ay=12,71t

Moment Hesapları

Mc**=0**

Ma=0-2x3**=-6tm**

Md=-6+$\frac{10,71+4,71}{2}x3 = +\mathbf{17,13}$**tm**

O noktasının yeri

$\frac{x}{2-x} = \frac{1,71}{2,29}$ 2,29x=2x1,71-1,71x

4x=3,42 x=0,85m

Mo=+17,13+$\frac{1,71x0,85}{2} = \mathbf{17,85}tm$

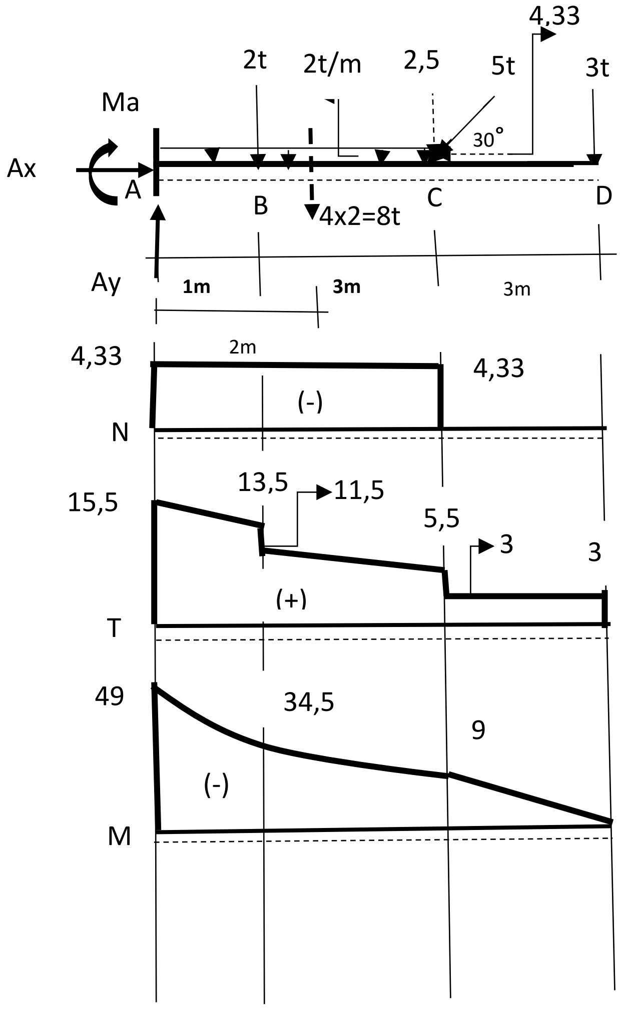
Me=17,85-$\frac{2,29x1,15}{2} = \mathbf{16,53}tm$

Mb=16,53-$\frac{5,5+11,5}{2}\mathbf{x3} =$ **-8,97tm**

Mf= -8,97+3x3**=0**

ÖRNEK 10-

Aşağıda yükleme durumu verilen konsol kirişin **MNT** diyagramlarını alan metodunu kullanarak çiziniz?



ÇÖZÜM

MESNET REAKSİYONLARI

Σx=0 Ax-4,33=0 Ax=4,33t

Σy=0 Ay-2-8-2,5-3=0 Ay=15,5t

ΣM=0 Ma+2x1+8x2+2,5x4+3x7=0 Ma=-49tm

MOMENT DEĞERLERİ

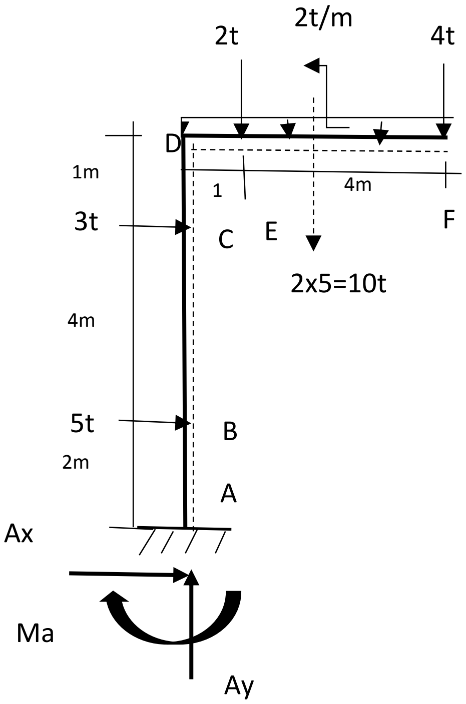
Ma=-49tm

Mb=-49+((15,5+13,5)/2)x1=-34,5tm

Mc=-34,5+((11,5+5,5)/2x3)=-9tm

Md=-9+(3x3)=0

ÖRNEK 11- Aşağıda şekli ve yükleme durumu verilen kırıklı kirişin **MNT** diyagramlarını alan metodunu kullanarak çiziniz?



ÇÖZÜM 8-

MESNET REAKSİYONLARI HESABI

$\Sigma x=0$ Ax+5+3=0 Ax=-8t

$\Sigma y=0$ Ay-2-10-4=0 Ay=16t

$\Sigma Ma=0$ Ma+5x2+3x6+2x1+10x2,5+4x5=0 Ma=-75tm

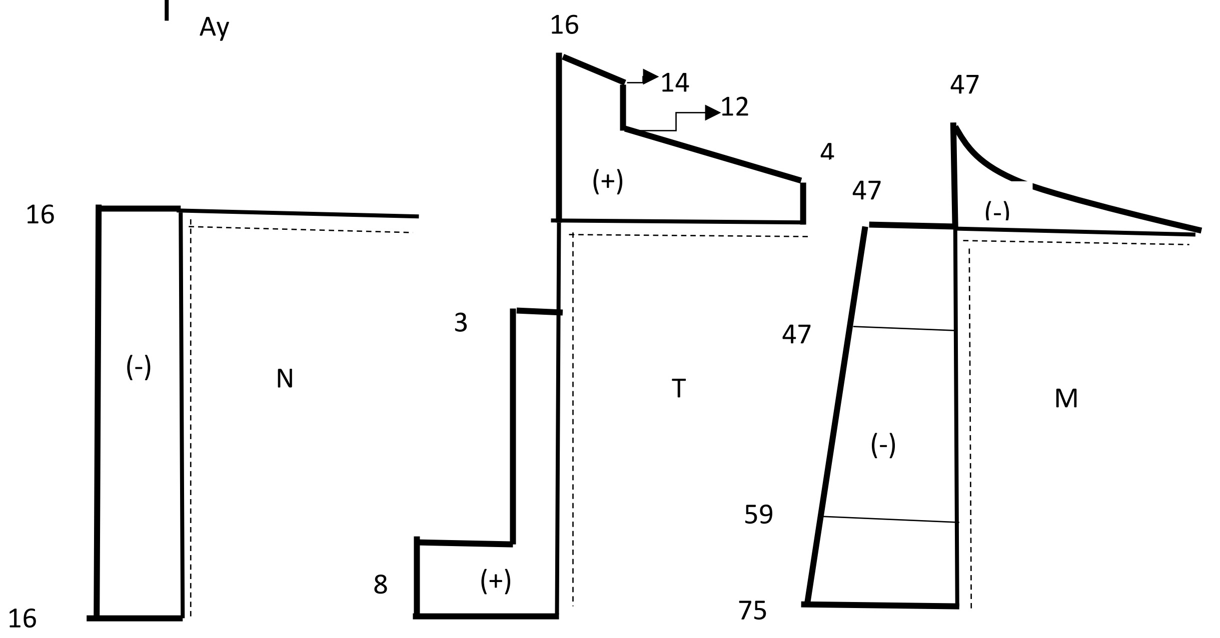
MOMENT NOKTALARI HESABI

Ma=-75tm Mb=-75+8x2=-59tm Mc=-59+4x3=-47tm

Mda=-47tm Mdü=-47tm

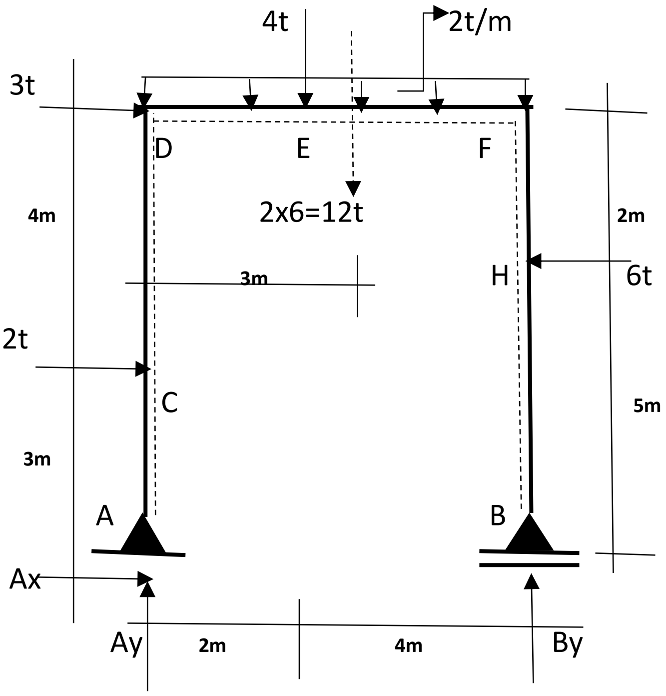
Me=-47+((16+14)/2)1=-32tm

Mf=-32+((12+4)/2)4=0



4.- ÇERÇEVE ÖRNEK ÇÖZÜMLERİ

SORU 12- Aşağıda şekli ve yükleme durumu verilen izostatik çerçevenin **MNT** diyagramlarını alan yöntemini kullanarak çiziniz?



ÇÖZÜM 9-

MESNET REAKSİYONLARI

Σx=0   Ax+2+3-6=0   **Ax=1t**

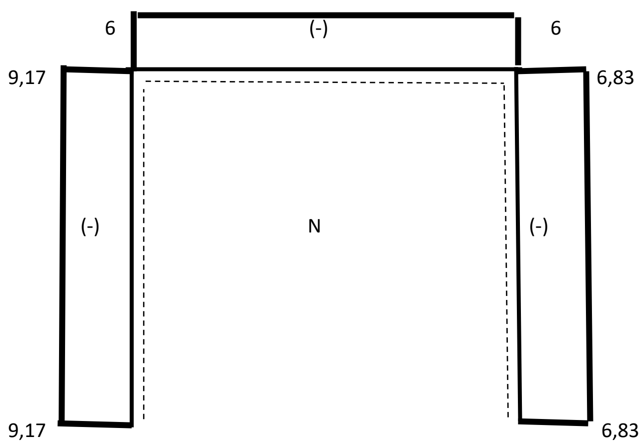
Σy=0   Ay+By-4-12=0   Ay+By=16

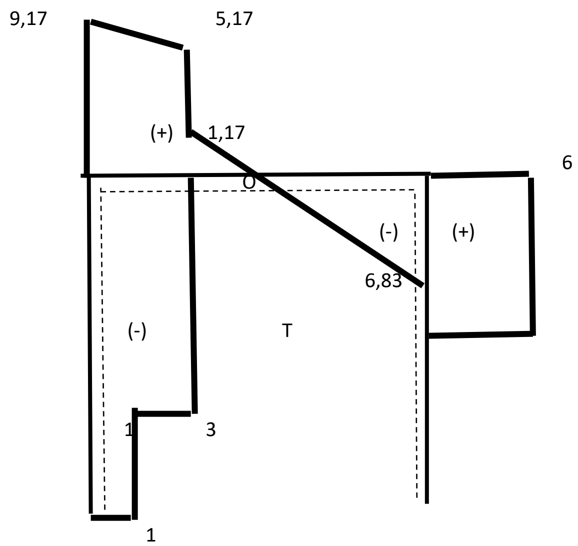
ΣMa=0 2x3+3x7+4x2+12x3-6x5-Byx6=0

6xBy=41   **By=6,83t**   **Ay=9,17t**

(x/4-x)=1,17/6,83

X=0,58





MOMENT HESAPLARI

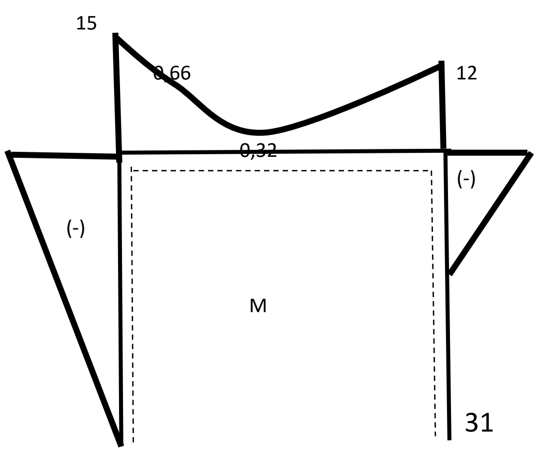
Ma=0   Mc=-1x3=3tm   Mdalt=-3-3x4=-15tm

Mdüst=-15tm Me=-15+(((9,17+5,17)/2)x2)=-0,66tm

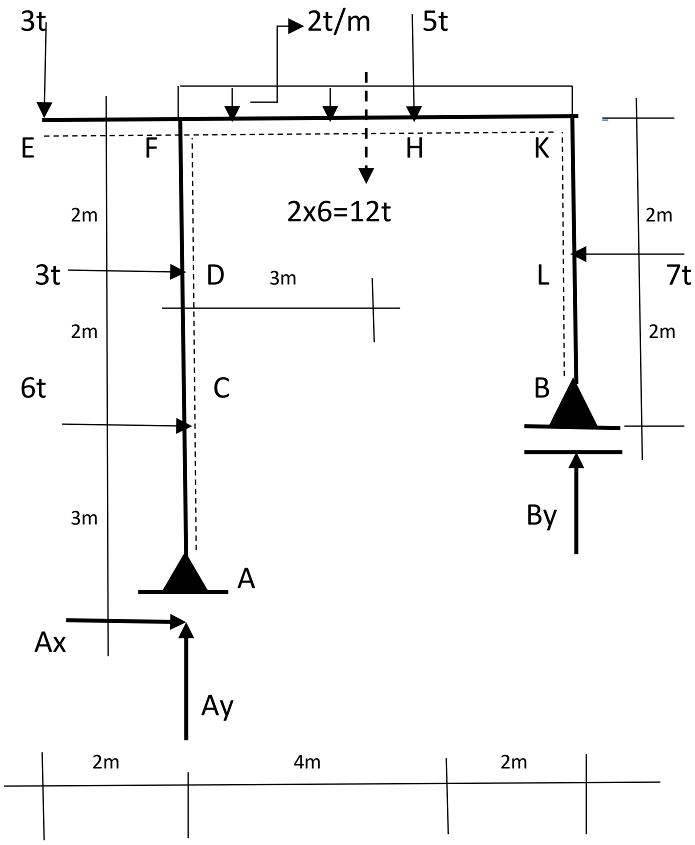
Mo=-0,66+((0,58X1,17)/2)=-0,32tm

Mfüst=-0,32-((3,42x6,83)/2)=-12tm

Mfalt=-12tm   Mh=-12+(6x2)=0



ÖRNEK 13- Aşağıda şekli ve yükleme durumu verilen izostatik çerçevenin **MNT** diyagramlarını alan metodunu kullanarak çiziniz?



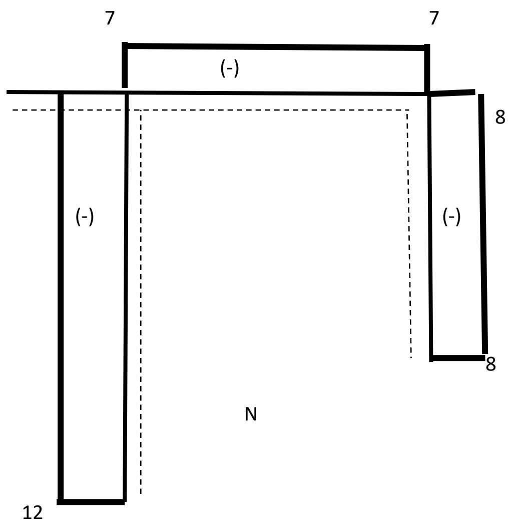
MESNET REAKSİYONLARI HESABI

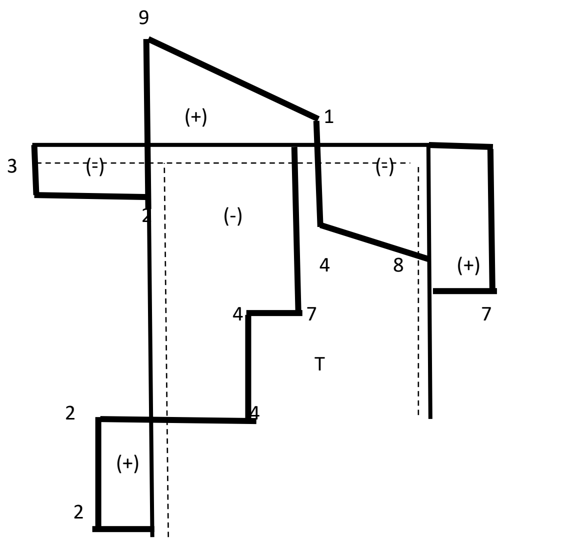
ΣX=0 Ax+6+3-7=0 **Ax=-2t**

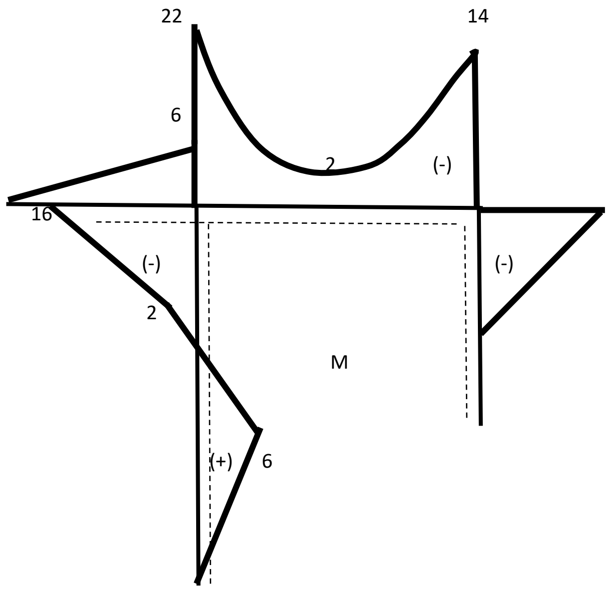
Σy=0 Ay-3-12-5+By=0 Ay+By=20t

ΣMa=0 6x3+3x5-3x2+12x3+5x4-7x5-Byx6=0

6xBy=48 **By=8t** **Ay=20-8=12t**







MOMENT HESAPLARI

Ma=0

Mc=0+2x3=+6tm

Md=+6-(4x2)=-2tm

Mfalt=-2-(7x2)=-16tm

Me=0

Mfsol=-(3x2)=-6tm

NOT: Üçlü düğüm noktalarında 3. Noktanın momenti bulunurken kesim veya moment yön dengelemesi yapılmalıdır.

Mfsağ=-22tm

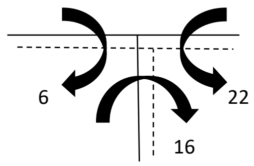
Mh=-22+(((9+1)/2)x4)=-2tm

Mküst=-2-(((4+8)/2)x2)=-14tm

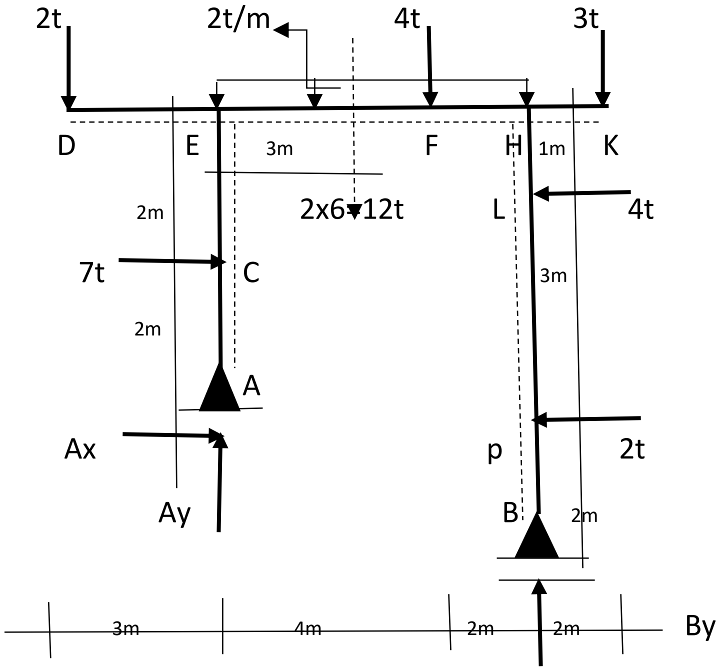
Mkalt=-14

Ml=-14+(7x2)=0

DÜĞÜM NOKTASI MOMENT DENGELEMESİ



ÖRNEK 14- Aşağıda şekli ve yükleme durumu verilen izostatik çerçevenin **MNT** diyagramlarını alan metodunu kullanarak çiziniz?



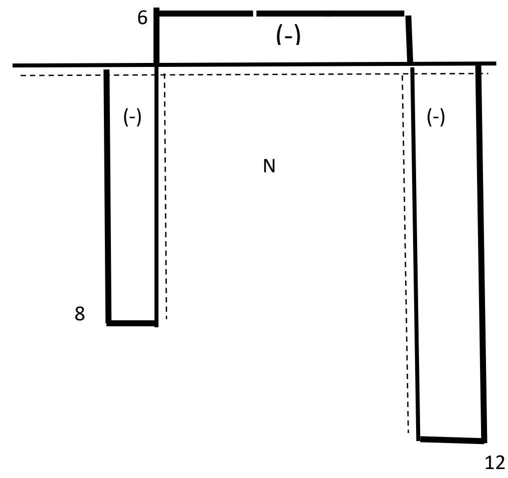
MESNET REAKSİYONLARI HESABI

ΣX=0 Ax+7-4-2=0 **Ax=-1t**

Σy=0 Ay-2-12-4+By-3=0 Ay+By=21t

ΣMa=0 +(7x2)-(2x3)+(12x3)+(4x4)+(3x8)-(4x3)-(Byx6)=0

6xBy=72 **By=12t** **Ay=21-12=9t**



O Noktasının Yeri

((x/(4-x))=7/1

1x=28-(7x)   x=3,5m

MOMENT HESAPLARI

Ma=0

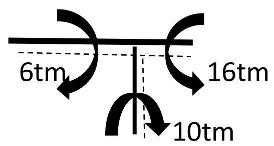
Mc=0+(1x2)=+2tm

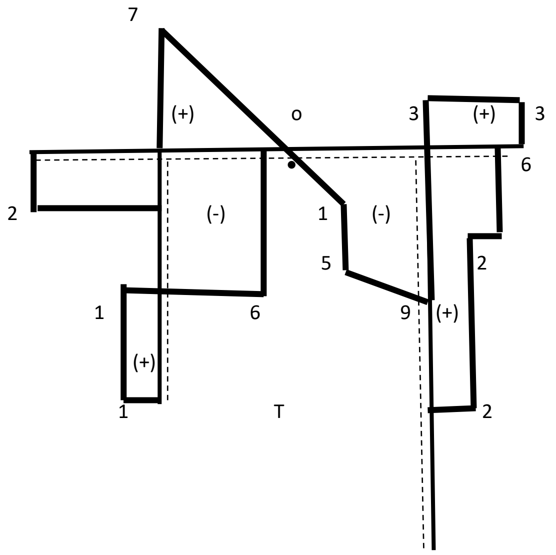
Mea=+2-(6x2)=-10tm

Md=0

Mesol=0-(2x3)=-6tm

Meü=-16tm





Mo=-16+((7x3,5)/2)=-3,75tm

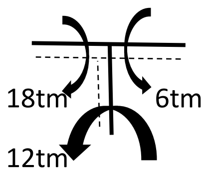
Mf=-3,75-((0,5x1)/2)=-4tm

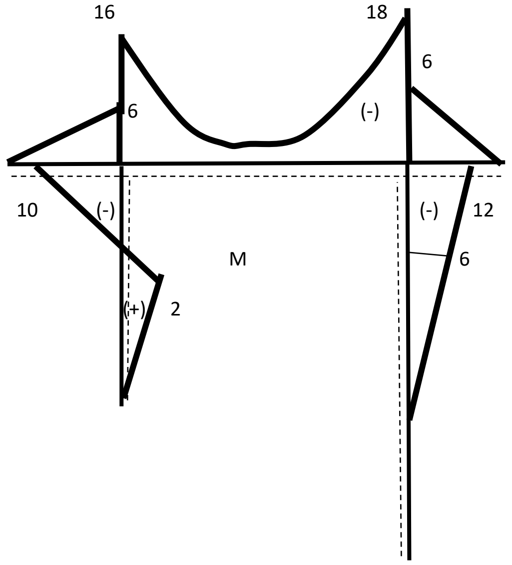
Mhsol=-4-(((5+9)/2)x2)=-18tm

Mk=0

Mhsağ=-(2x3)=-6

Mhalt=-12





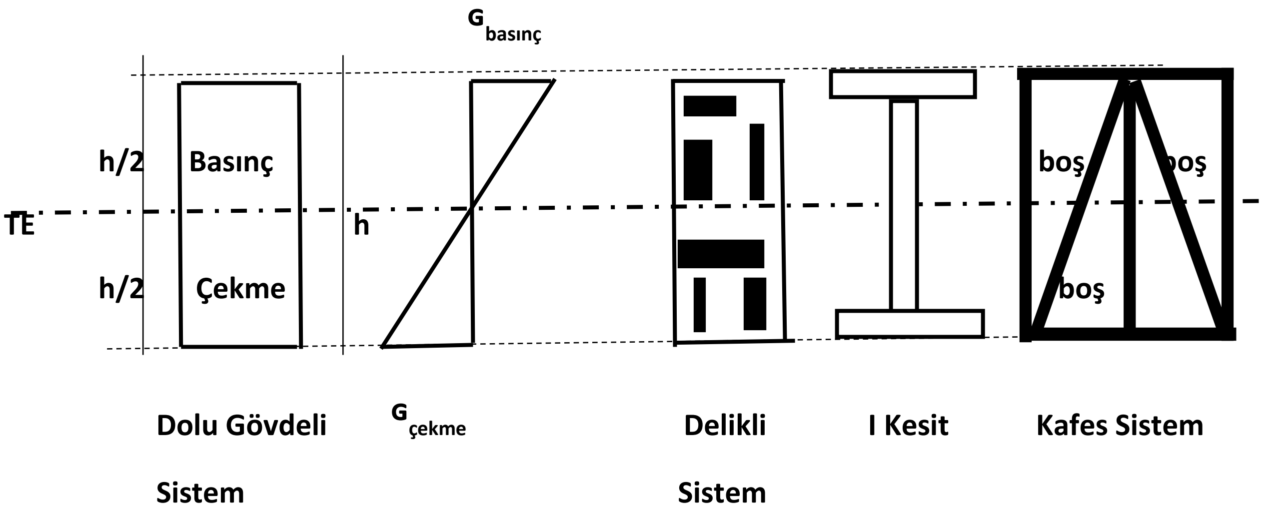
Ml=-12+(6x1)=-6tm

Mp=-6+(2x3)=0

Mb=0

5.-KAFES SİSTEMLER

Taşıyıcı sistemlerin açıklıkları artıkça taşıyıcı elemanların zati ağırlıklarının artmasından dolayı, dolu gövdeli sistemler ekonomik olmazlar*. **AÇIKLIK; Kirişin iki mesnedi arasındaki akslar arası mesafedir."*** Bu durumda açıklığı fazla olan sistemlerin başka şekillerde çözülmesi gerekliliği ortaya çıkar. Bu gereklilik kafes sistemleri gündeme getirir ve dolu gövdeli sistemlerin yerini kafes sistemler alır. Taşıyıcı sistemlerde taşıyıcı elemanın gövdesinin genellikle ortasından geçen tarafsız eksenin üst ve alt kısmında oluşan gerilmelerin, tarafsız eksenden uzaklaştıkça arttığı tarafsız eksene yaklaştıkça azaldığı görülecektir. Bu nedenle dolu gövdeli sistemlerin gövdesinde tarafsız eksene yakın kısımların alınmasında herhangi bir sakınca olmadığı anlaşılmaktadır. Açıklıkların artması ile kesit büyüklüklerinin artması, dolayısıyla zati ağırlığın artması demektir. Gerilmelerin karşılanmasına yardımcı olmayan gövdedeki bu kısımların alınarak zati ağırlığın azaltılmasında statik ve ekonomik fayda vardır. Yukarıda anlatılmaya çalışılan durum aşağıda şekilsel olarak ortaya konmaktadır.



Buradan yola çıkarak I kesitli sistemler, delikli sistemler veya çubuk sistemler dediğimiz kafes sistemler ortaya çıkarılır.

Kafes sistemler yalnız normal kuvvetleri taşıyarak doğru eksenli çubukların düğüm noktalarında eksenleri çakışacak şekilde birleştirilmesi ile oluşturulurlar. Çubuklar sürtünmesiz bir mafsal ile birbirlerine bağlanırlar*." **MAFSAL; Düşey yönde hareketi kısıtlı olan, ancak yatay ve dönme yönünde hareketi serbest olan bir bağlantı şeklidir."*** Uygulamada düğüm noktalarında mafsallar mevcut değildir. Çelik inşaatta mafsal yerine perçinli, bulonlu veya kaynaklı birleşimler yapılmaktadır.

Düğüm noktalarının uygulamada mafsallı olmamasından dolayı sistemde eğilme momentleri dolayısıyla ilave gerilmeler meydana gelir, bunlara parazit gerilmeler denir. Parazit gerilmelerin büyük olmaması için kafes sistemler oluşturulurken aşağıdaki kurallara dikkat edilmelidir.

5.1.- KAFES SİSTEMLERİN OLUŞTURULMASI SIRASINDA UYULMASI GEREKLİ KURALLAR

1- Çubuklar arası açılar 30°den az olmamalıdır.

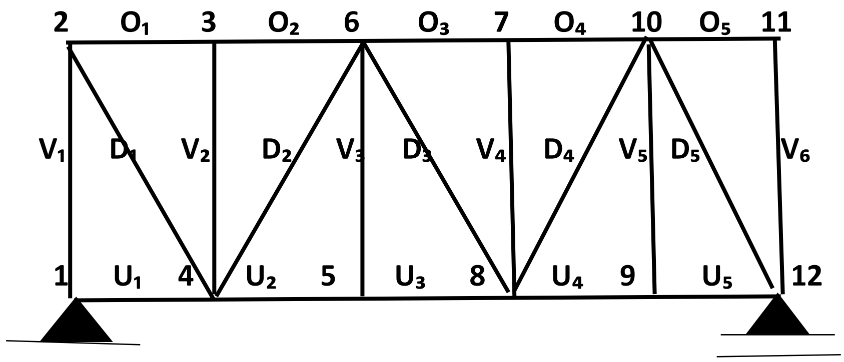
2- Çubuk eksenleri doğru olmalıdır.

3- Çubukların eksenleri ve dış kuvvetler aynı düzlem içinde olmalıdır.

4- Dış kuvvetler düğüm noktalarına etki ettirilmelidir.

5.2.- KAFES SİSTEMLERDE DÜĞÜM NOKTALARININ VE ÇUBUKLARIN İSİMLENDİRİLMESİ

Kafes sistemlerin statik çözümü sırasında çözümde evrensellik adına düğüm noktalarına numara ve çubuklara bulundukları konum ile özdeş isimler ve bu isimleri simgeleyen harf notasyonları verilmelidir. Bu notasyonlar aşağıda görülmektedir.



O simgeli çubuklar **Üst Başlık** çubuklarıdırlar

V simgeli çubuklar **Dik** çubuklardır

D simgeli çubuklar **Diyagonal** çubuklardır

U simgeli çubuklar **Alt Başlık** çubuklarıdır

5.3.- KAFES SİSTEMLERDE İZOSTATİKLİK VE STABİLİTE ŞARTI

Kafes sistemlerin çubuklarında eğilme momentleri ve kesme kuvvetleri 0 dır, yalnız normal kuvvetler vardır. Bunlara çubuk kuvvetleri denir.

Düğüm noktaları sayısı **d** ile,

Mesnet reaksiyonları sayısı **r** ile,

Çubuk sayısı **ç** ile, simgeleştirilir.

Her çubukta bilinmeyen olarak **1** çubuk kuvveti olduğuna göre mesnet reaksiyonlarıyla birlikte bilinmeyen sayısı;

r+ç dir.

Buradan hareketle kafes sistemin izostatik olabilmesi için;

2d=r+ç

Denklemini sağlaması gereklidir. Bu tek başına yeterli değildir, kafes sistemler birbirine bitişik üçgenlerden meydana gelmelidir. Bu da stabilite şartıdır. O halde kafes sistemin çözülebilmesi için hem **izostatik** hem de **stabil** olması gereklidir.

Eğer**,2d=r+ç** ise sistem **izostatiktir,**

Eğer, **2d<r+ç** ise sistem **hiperstatiktir**,

Eğer, **2d>r+ç** ise sistem **labildir.**

"STABİL;Sistemin taşıyıcı olduğunu gösteren bir ifadedir."

"LABİL;Sistemin taşıyıcı olmadığını gösteren bir ifadedir."

5.4.- KAFES SİSTEM ÇEŞİTLERİ

Uygulamada karşımıza 2 tip kafes sistem çıkar.

a) Düzlemsel yani iki boyutlu kafes sistemler
b) Uzaysal yani üç boyutlu kafes sistemler

Bu seviyede burada **düzlemsel kafes sistemler** incelenecektir. Bu tip kafes sistemlerin çözümleri yapılacaktır.

5.5.-KAFES SİSTEMLERİN ÇÖZÜMÜ

Kafes sistemlerin çözümü hem analitik hem de grafik metotlar kullanılarak yapılabilir.

Analitik olarak iki tip çözüm yapılabilir.

a) Düğüm noktaları metodu
b) Kesim (Ritter) metodu

Grafik olarak iki tip çözüm metodu vardır.

a) Cromena metodu
b) Culman metodu

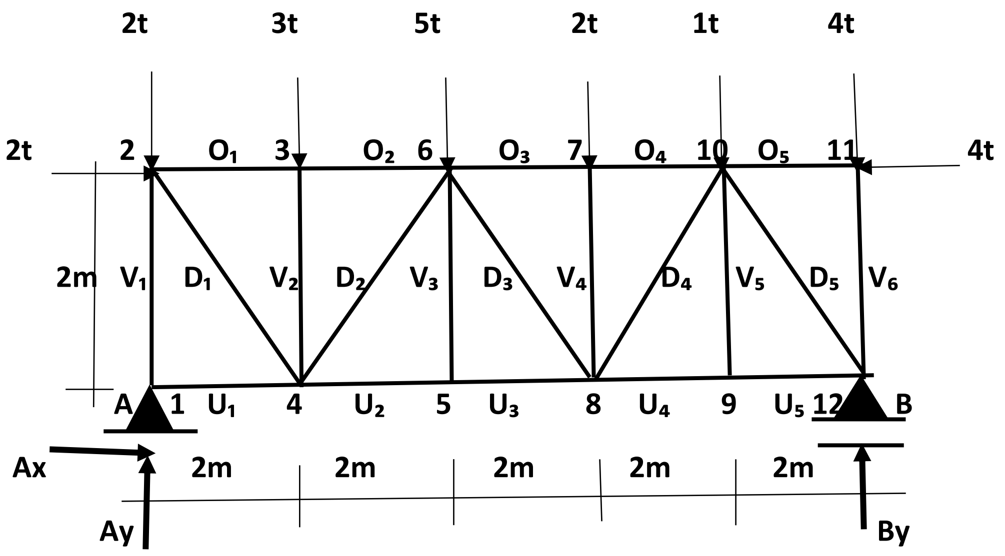
Bu seviyede burada analitik metotlar incelenecek ve çözümler yapılacaktır.

5.5.1.- DÜĞÜM NOKTALARI METODU İLE ÇÖZÜM

Kafes sistemlerin analitik olarak düğüm noktaları metodu ile çözümünde uygulanacak çözüm yolu sırasıyla aşağıda verilmektedir.

1- Çubuklar isimlendirilir, düğüm noktaları numaralandırılır.
2- Mesnet reaksiyon kuvvetleri işaretlenir.
3- İzostatiklik ve stabilite şartına bakılır.
4- Eğer izostatik ve stabil ise mesnet reaksiyonları hesaplanır. Kirişlerden bilinen yöntemle denge denklemlerinden faydalanılarak
5- En az çubuğa sahip düğüm noktasından çözüme başlanır. Buradaki temel felsefe çözülecek düğüm noktasında bulunan çubuklarda maksimum 2 bilinmeyen olmasına dikkat edilmesidir.
6- Çözümde düğüm noktasında değeri bilinmeyen çubuklar çekme yönünde kabul edilmelidir. ***"Çekme yönü düğüm noktasından uzaklaşan yön, Basınç yönü düğüm noktasına yaklaşan yöndür."***
7- Oluşan sistemde $\Sigma x=0$ ve $\Sigma y=0$ denklemleri kurularak bilinmeyen çubuk değerleri hesaplanır.
8- Hesaplanmış yani değeri bilinen çubuk kuvvetleri bir sonraki düğüm noktasına olduğu gibi aktarılır ve hesaplar zincirleme şekilde devam eder.
9- Değeri bulunan çubukların değerleri ve nitelikleri oluşturulan çubuk kuvvetleri tablosuna işlenir.
10- Son düğüm noktasına gelindiğinde, $\Sigma x=0$ ve $\Sigma y=0$ denge denklemleri elde edilmelidir.
11- Elde edilmişse çözüm doğru yapılmış demektir, aksi durumda sondan başlayarak tekrar çözüm gerçekleştirilmeli ve doğru sonuçlar elde edilmelidir.

ÖRNEK 15.- Aşağıda şekli ve yükleme durumu verilen kafes kirişi düğüm noktaları metodunu kullanarak çözünüz. Çubuk kuvvetleri tablosunu oluşturunuz?



ÇÖZÜM 12.-

İzostatiklik ve Stabilite şartı

2d=r+ç

2x12=3+5+6+5+5

24=24 olduğundan ve sistemimiz üçgenlerden oluştuğundan izostatik ve stabildir.

Bundan dolayı çözüm vardır.

Mesnet Reaksiyonları Hesabı

$\Sigma x=0$ Ax+2-4=0 **Ax=2t**

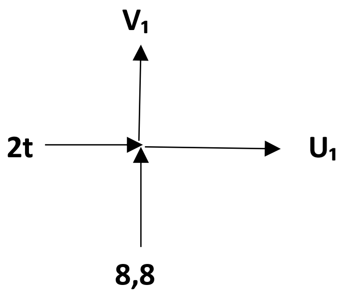
$\Sigma y=0$ Ay-2-3-5-2-1+By=0 Ay+By=17

$\Sigma Ma=0$ +(2x2)+(3x2)+(5x4)+(2x6)+(1x8)+(4x10)-(4x2)-(Byx10)=0

10xBy=82 **By=8,2t** **Ay=8,8t**

Düğüm Noktalarının Çözümü

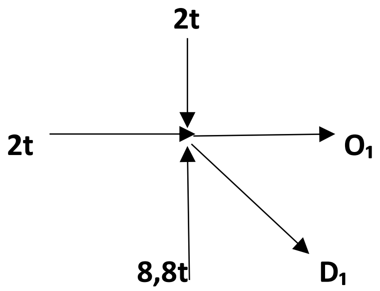
1 Nolu Düğüm Noktası **$Sin45=Cos45=0,707$**



$\Sigma x=0 \quad 2+U_1=0 \quad \mathbf{U_1=-2t(B)}$

$\Sigma y=0 \quad V_1+8,8=0 \quad \mathbf{V_1=-8,8t(B)}$

2 Nolu Düğüm Noktası



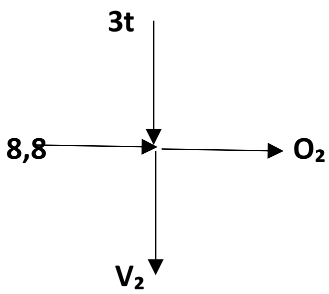
$\Sigma x=0 \quad 2+O_1+(D_1x0,707)=0$

$\mathbf{O_1=-8,8t(B)}$

$\Sigma y=0 \quad -2+8,8-(D_1xSin45)=0$

$\mathbf{D_1=6,8/0,707=+9,62t(Ç)}$

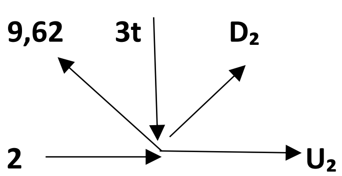
3 Nolu Düğüm Noktası



$\Sigma x=0 \quad 8,8+O_2=0 \quad \mathbf{O_2=-8,8t(B)}$

$\Sigma y=0 \quad 3+V_2=0 \quad \mathbf{V_2=-3t(B)}$

4 Nolu Düğüm Noktası



$\Sigma x=0 \quad 2-(9,62x0,707)+(D_2x0,707)+U_2=0$

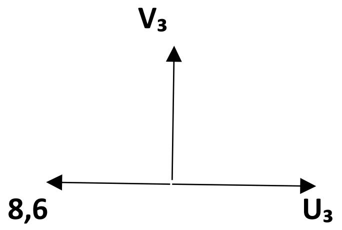
$\Sigma y=0 \quad 3-(D_2xSin45)-(9,62xSin45)=0$

$D_2=-(3,8/Sin45) \quad \mathbf{D_2=-5,37t(B)}$

$2-(9,62xCos45)+(-5,37xCos45)+U_2=0$

$\mathbf{U_2=+8,6t(Ç)}$

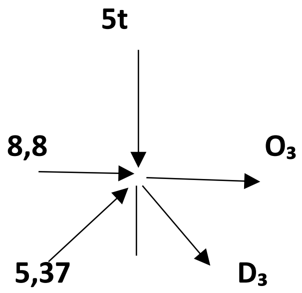
5 Nolu Düğüm Noktası



$\Sigma x=0$ $8{,}6-U_3=0$ $\mathbf{U_3=+8{,}6t(Ç)}$

$\Sigma y=0$ $\mathbf{V_3=0}$

6 Nolu Düğüm Noktası



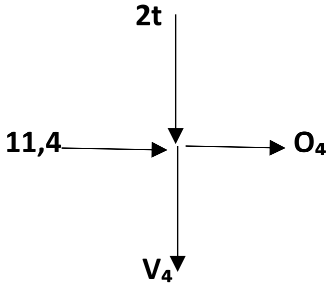
$\Sigma x=0$ $8{,}8+O_3+(D_3Cos45)+(5{,}37xCos45)=0$

$\Sigma y=0$ $5-(5{,}37xSin45)+(D_3xSin45)=0$

$D_3=-(1{,}2/Sin45)$ $\mathbf{D_3=-1{,}69t(B)}$

$8{,}8+O_3+(-1{,}69xSin45)+3{,}8=0$ $\mathbf{O_3=-11{,}4t(B)}$

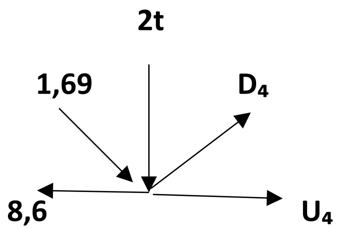
7 Nolu Düğüm Noktası



$\Sigma x=0$ $11{,}4+O_4=0$ $\mathbf{O_4=-11{,}4t(B)}$

$\Sigma y=0$ $2+V_4=0$ $\mathbf{V_4=-2t(B)}$

8 Nolu Düğüm Noktası



$\Sigma x=0$ $8{,}6-(1{,}69xCos45)-(D_4xCos45)-U_4=0$

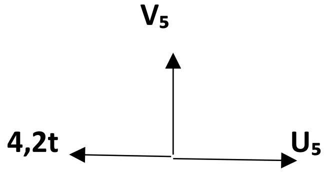
$\Sigma y=0$ $2+(1{,}69xSin45)-(D_4xSin45)=0$

$\mathbf{D_4=+(3{,}2/Sin45)=+4{,}52t(Ç)}$

$8{,}6-3{,}2-1{,}2-U_4=0$

$\mathbf{U_4=+4{,}2t(Ç)}$

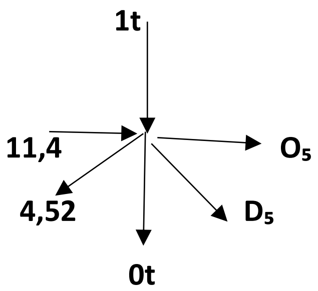
9 Nolu Düğüm Noktası



$\Sigma x=0$ $\quad$ $4,2-U_5=0$ $\quad$ **$U_5=+4,2t(B)$**

$\Sigma y=0$ $\quad$ **$V_5=0$**

10 Nolu Düğüm Noktası



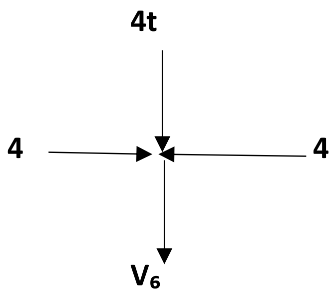
$\Sigma x=0$ $\quad$ $11,4+O_5-(4,52xCos45)+(D_5xCos45)=0$

$\Sigma y=0$ $\quad$ $1+(4,52xSin45)+(D_5xSin45)=0$

$D_5=-(4,2/Sin45)=-5,92t(B)$

$11,4-3,2-4,2+O_5=0$ $\quad$ **$O_5=-4t(B)$**

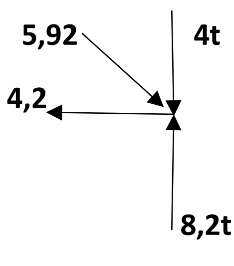
11 Nolu Düğüm Noktası



$\Sigma x=0$ $\quad$ $4-4=0$ $\quad$ $0=0$

$\Sigma y=0$ $\quad$ $4+V_6=0$ $\quad$ $V_6=-4t(B)$

12 Nolu Düğüm Noktası



$\Sigma x=0$ $\quad$ $4,2-(5,92xCos45)=0$ $\quad$ $0=0$

$\Sigma y=0$ $\quad$ $(5,92xSin45)-8,2+4=0$

$0=0$

ÇUBUK KUVVETLERİ TABLOSU

ÇUBUK ADI	BASINÇ (Ton)	ÇEKME (Ton)
O1	8,8	
O2	8,8	
O3	11,4	
O4	11,4	
O5	4	
V1	8,8	
V2	3	
V3	0	
V4	2	
V5	0	
V6	4	
D1		9,62
D2	5,37	
D3	1,69	
D4		4,52
D5	5,92	
U1	2	
U2		8,6
U3		8,6
U4		4,2
U5		4,2

5.5.2.- KAFES SİSTEMLERİN KESİM (RİTTER) METODU İLE ÇÖZÜMÜ

Ritter metodunun en önemli özelliği herhangi bir çubuktaki çubuk kuvvetlerinin kafes kirişteki tüm düğüm noktaları çözülmeden bulunabilmesidir.

Herhangi bir çubuğun çubuk kuvvet değeri bulunmak istenirse, değeri bulunacak çubuktan geçmek ve en fazla 3 çubuğu kesmek üzere kafes kirişte bir kesim yapılır. Bu kesim düzlemiyle ikiye ayrılan kirişin her iki parçası da dengededir. Dengede olan bu parçalardan herhangi birisi tercih edilerek denge denklemlerinin bir bilinmeyenli olarak düzenlenmesi ile aranan çubuk kuvveti hesaplanır.

Bu yöntem daha çok hesabı yapılmış kafes kirişlerin kontrolünde yani tahkikinde tercih edilen bir yöntemdir.

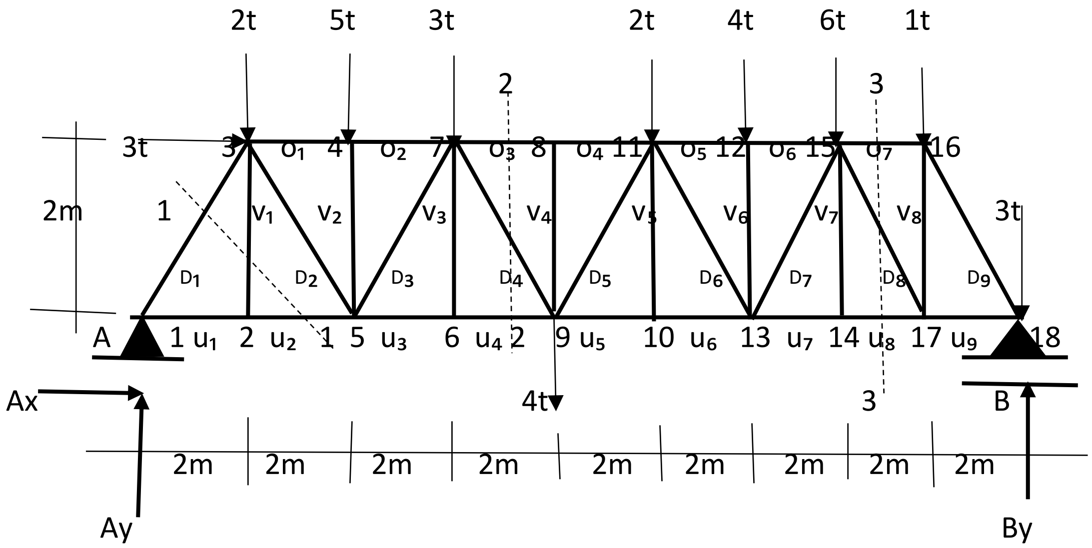
5.5.2.1.- RİTTER (KESİM) METODU İLE ÇÖZÜMDE İZLENEN YOL

Ritter metodu ile çözüm yapılırken aşağıda verilen sıra ile işlem yapılır.

1- İzostatiklik ve stabilite kontrolü yapılır.
2- Kafes kirişin mesnet reaksiyonları hesaplanır.
3- Aralarında hesabı yapılacak çubuğun da bulunduğu en fazla 3 çubuktan geçen bir kesim yapılır.
4- Kesim düzleminin herhangi bir tarafında kalan parçaya ait $\Sigma M_i=0$ denge denklemi yazılır***. "Bu denge denklemi yazılırken moment alınan nokta, değeri bulunacak iki çubuğun kendilerinin veya uzantılarının kesişme noktaları olmayacak şekilde olmalıdır ki; denklem bir bilinmeyenli olsun, diğer iki çubuk etkisiz hale gelsin."***
5- Daha sonra $\Sigma x=0$ ve $\Sigma y=0$ denge denklemleri yazılarak diğer çubuk kuvveti değeri hesaplanır.

Not: Kesit düzlemine göre hangi parçanın kullanılacağının tercihinde daha az hesap yapılacak kısa parça tercihi önemlidir.

ÖRNEK 16-



ÇÖZÜM 13-

İzostatiklik ve Stabilite şartı

2xd=r+ç

2x18=3+7+8+9+9

36=36 olduğundan İzostatik, üçgenlerden oluştuğundan Stabildir.

Mesnet Reaksiyonları Hesabı

Σx=0 Ax+3=0 Ax=-3t

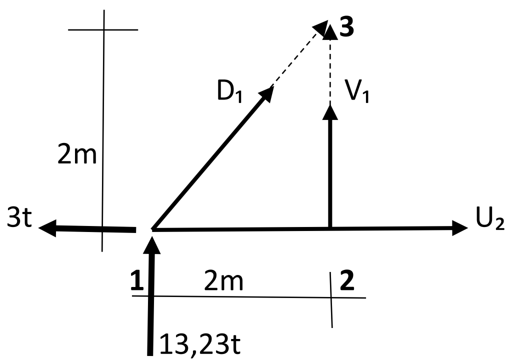
Σy=0 Ay-2-5-3-4-2-4-6-1+By-3=0 Ay+By=30

ΣMa=0 +(3x2)+(2x2)+(5x4)+(3x6)+(4x8)+(2x10)+(4x12)+(6x14)+(1x16)+(3x18)-(Byx18)=0

18xBy=302

By=16,77t Ay=13,23t

1.1 KESİTİ ÇUBUKLARI HESABI

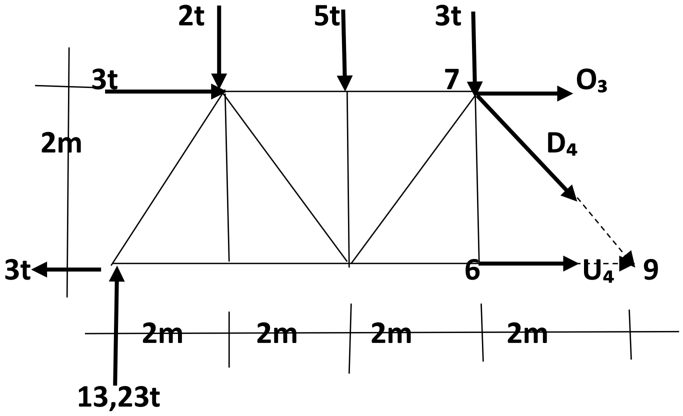


ΣM₃=0 +(3x2)+(13,23x2)-(U₂x2)=0 2xU₂=+32,46 **U₂=+16,23t(Ç)**

ΣM₂=0 +(D₁XSin45x2)+(13,23x2)=0 D₁XSin45x2=-26,46 **D₁=-18,71t(B)**

Σy=0 13,23+(-18,71xSin45)+V₁=0 **V₁=0**

2-2 KESİTİ ÇUBUKLARI HESABI

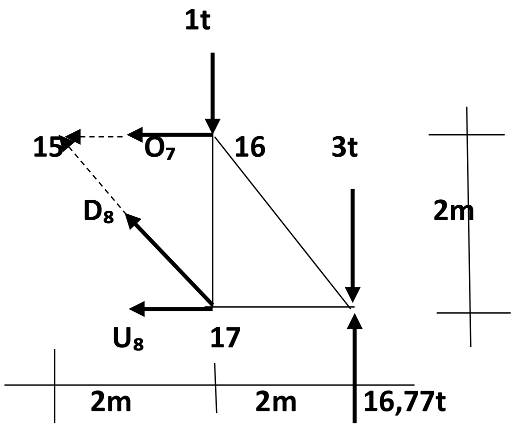


ΣM₇=0 +(U₄x2)+(5x2)+(2x4)-(3x2)-(13,23x6)=0 **U₄=+33,69t(Ç)**

ΣM₉=0 +(13,23x8)-(2x6)-(5x4)-(3x2)+(O₃x2)=0 **O₃=-33,92t(B)**

Σy=0 13,23-2-5-3-(D₄xSin45)=0 **D₄=+4,56t(Ç)**

3-3 KESİTİ ÇUBUKLARI HESABI



$\Sigma M_{15}=0$ $+(U_8x2)+(1x2)+(3x4)-(16,77x4)=0$ **U_8=+26,54(Ç)**

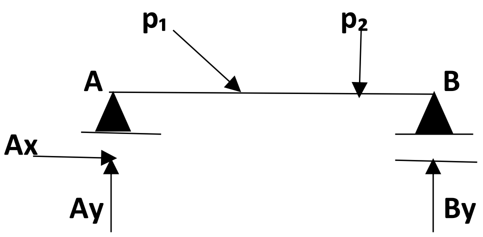
$\Sigma M_{17}=0$ $-(O_7x2)+(3x2)-(16,77x2)=0$ **O_7=-13,77(B)**

$\Sigma y=0$ $+(D_8xSin45)-1-3+16,77=0$ **D_8=-18,06(B)**

6.- MAFSALLI SÜREKLİ KİRİŞLER

(GERBER KİRİŞLER)

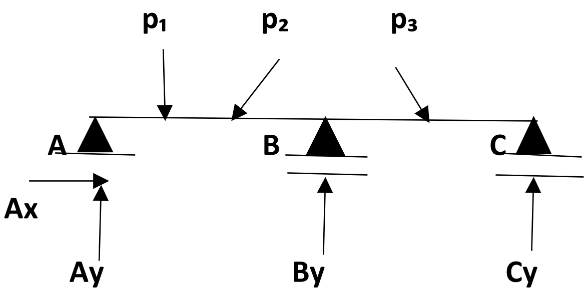
Doğru eksenli çubuk elemanların eksen doğrultusunda birleştirilmesi ile oluşturulan çok mesnetli, çok açıklıklı sürekli kirişler hiperstatik sistemlerdir. En basit düzenlemede mesnetlerinden biri sabit diğerleri hareketli olup, mesnet reaksiyonlarının sayısı mesnet sayısından bir fazladır. Bu nedenle çözümde yazılması gereken ek denklem sayısı mesnet sayısından iki eksik ya da ara mesnet sayısı kadardır.



Mesnet reaksiyonu sayısı 3

Denge denklemi sayısı 3

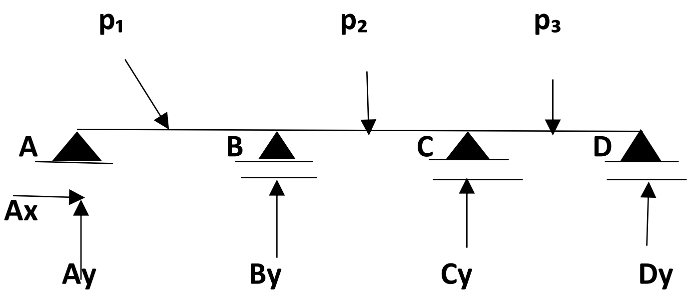
İzostatik Basit Kiriş



Mesnet Reaksiyonu sayısı 4

Denge Denklemi Sayısı 3

1. Dereceden Hiperstatik Sürekli Kiriş



Nesnet reaksiyonu sayısı 5

Denge Denklemi Sayısı 3

2. Dereceden Hiperstatik

Sürekli Kiriş

Hiperstatik sürekli kirişler açıklıklara uygun şekilde yerleştirilen uygun sayıda mafsal ile izostatik hale getirilebilirler. Çünkü her mafsal bir denklem demektir.

Bu şekilde elde edilen izostatik sistemlere, **mafsallı sürekli kirişler** veya **GERBER kirişler** denir.

Mafsallarda eğilme momenti 0 olduğundan mafsal sayısı kadar ek denklem yazılarak mafsallı sürekli kirişlerin çözümü yapılabilecektir. Mafsalların uygun yerleştirilmesi ise mafsallara bölüne kiriş parçalarının izostatik ve dengede olmalarının gereğidir. Bu nedenle mafsallar yerleştirilirken aşağıdaki kurallara uyulmalıdır.

6.1.- MAFSALLAR YERLEŞTİRİLİRKEN UYULMASI GEREKLİ KURALLAR

1- Kenar açıklığa en çok 1 orta açıklığa en çok 2 mafsal konulmalıdır.

2- 2 Mafsal konulan açıklığa komşu olan açıklığa mafsal konulmaz.

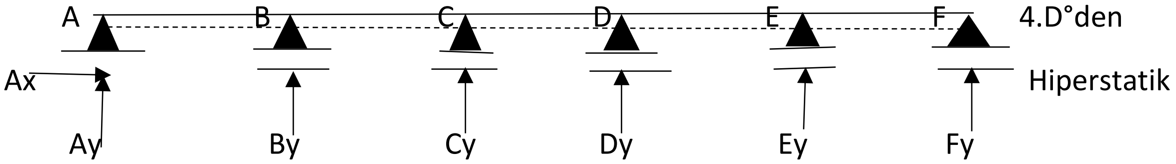
3- Yanyana komşu açıklıkların ikisi birden mafsalsız bırakılmaz

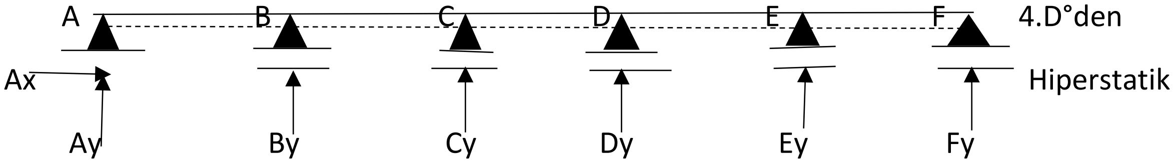
4- Mafsallar nasıl konulursa konulsun 1 açıklık mutlaka mafsalsız bırakılır.

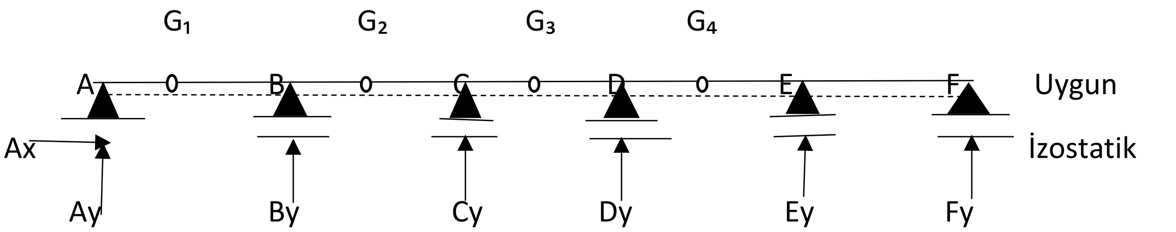
Hem izostatik sistemlerin hem de sürekli kirişlerin özelliklerini taşıyan, mafsallı sürekli kirişler geniş bir uygulama alanı bulurlar.

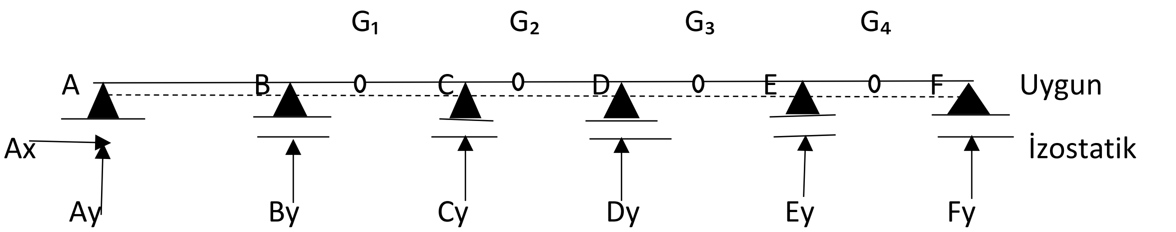
Köprülerde, köprü kirişleri, çelik çatılarda aşıklar, mafsallı sürekli kirişlere örnek olarak gösterilebilir.

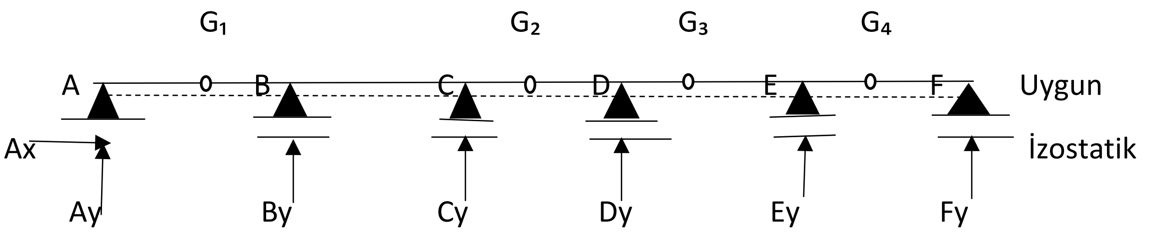
Aşağıda mafsalların yerleştirilme şekillerine örnekler verilmiştir.

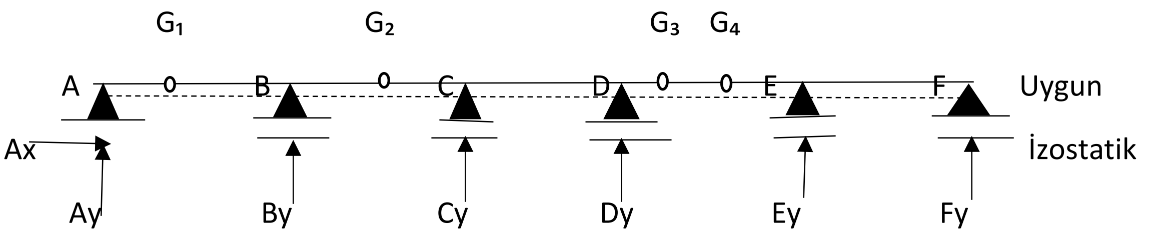


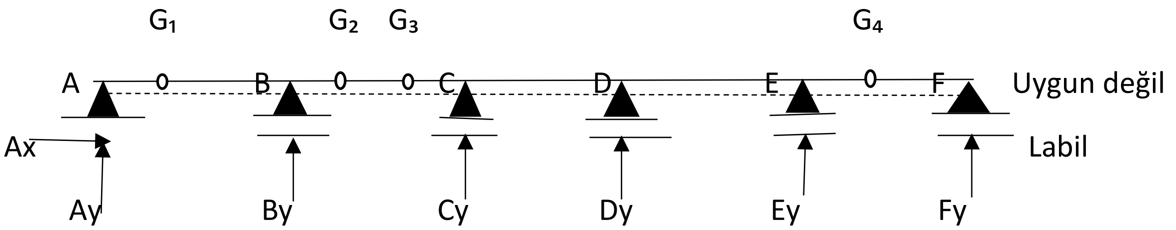


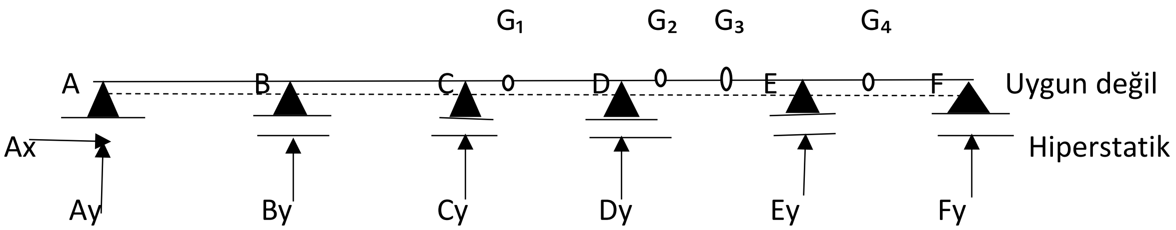


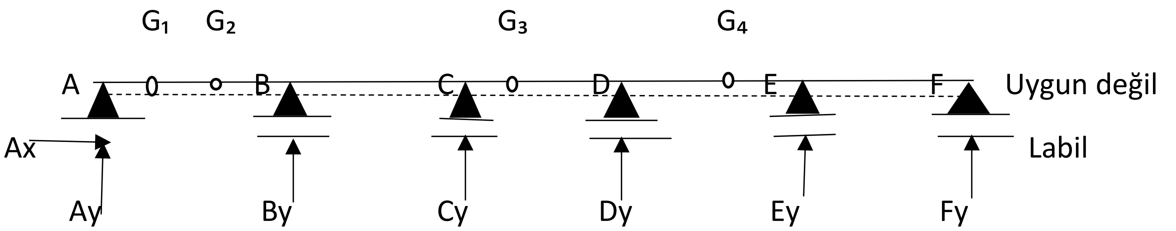







G1 G2 G3 G4
A B C D E F
Uygun değil
Labil
Ax
Ay By Cy Dy Ey Fy


G1 G2 G3 G4
A B C D E F
Uygun değil
Hiperstatik
Ax
Ay By Cy Dy Ey Fy


G1 G2 G3 G4
A B C D E F
Uygun değil
Labil
Ax
Ay By Cy Dy Ey Fy

6.2.- GERBER (MAFSALLI SÜREKLİ) KİRİŞLERİN ÇÖZÜMÜ

Gerber kirişlerin çözümleri iki farklı yöntem kullanılarak yapılabilir.

1- Taşıma şeması ile çözüm
2- Basit kiriş diyagramları ve karşılaştırma ile çözüm

Burada taşıma şeması ile çözüm anlatılacak ve bu yönteme ait örnekler çözülecektir.

6.2.1.- TAŞIMA ŞEMASI YÖNTEMİ İLE GERBER KİRİŞLERİN ÇÖZÜMÜ

Gerber kirişlerin taşıma şeması yöntemiyle çözümüne, kirişin mafsal noktalarından ayrılmasıyla ortaya çıkacak olan taşıma şemasının çizimi yapılarak başlanır. Mafsal noktalarından ayrılan kirişlerin nitelikleri tespit edilir. Nitelik tespiti demek kirişlerin taşıyan ve taşınan mı olup olmadığının tespitidir. Bu tespit taşıma şemasının çizimi için de önemli olduğundan son derece önemlidir.

TAŞINAN KİRİŞ; tek mesnetli olup diğer ucunda mafsal mesnedi bulunduran kiriştir.

TAŞIYAN KİRİŞ; iki mesnetli kirişler olup uçlarında mafsal olan kirişlerdir.

Taşıma şemasında taşınan kirişler üst kısımda taşıyan kirişler alt kısımda gösterilerek yük aktarım zinciri ve taşımanın ruhuna uygun hareket etmek gereklidir.

Taşıma şeması ile birbirinden ayrılan ve nitelikleri tespit edilen kirişler, birden çok basit kirişe ve çıkmalı kirişe dönüşmüş ve çözüm bu kirişlerin bilinen yöntemlerle çözümü haline dönüşmüştür.

Basit ve çıkmalı kirişlerin bilinen yöntemlerle çözümü, yani mesnet reaksiyon kuvvetlerinin hesaplanması ve kesit tesiri diyagramlarının ayrı ayrı çizilmesi ve çözüm bittikten sonra birleştirilmesi ile gerber kirişlerin çözümü gerçekleştirilmiş olur.

Ancak bu işlemler yapılırken Gerber kirişlerin birtakım özelliklerinin olduğu ve bu özelliklerin çözüm sırasında dikkate alınması gerektiği unutulmamalıdır.

Bu özellikler;

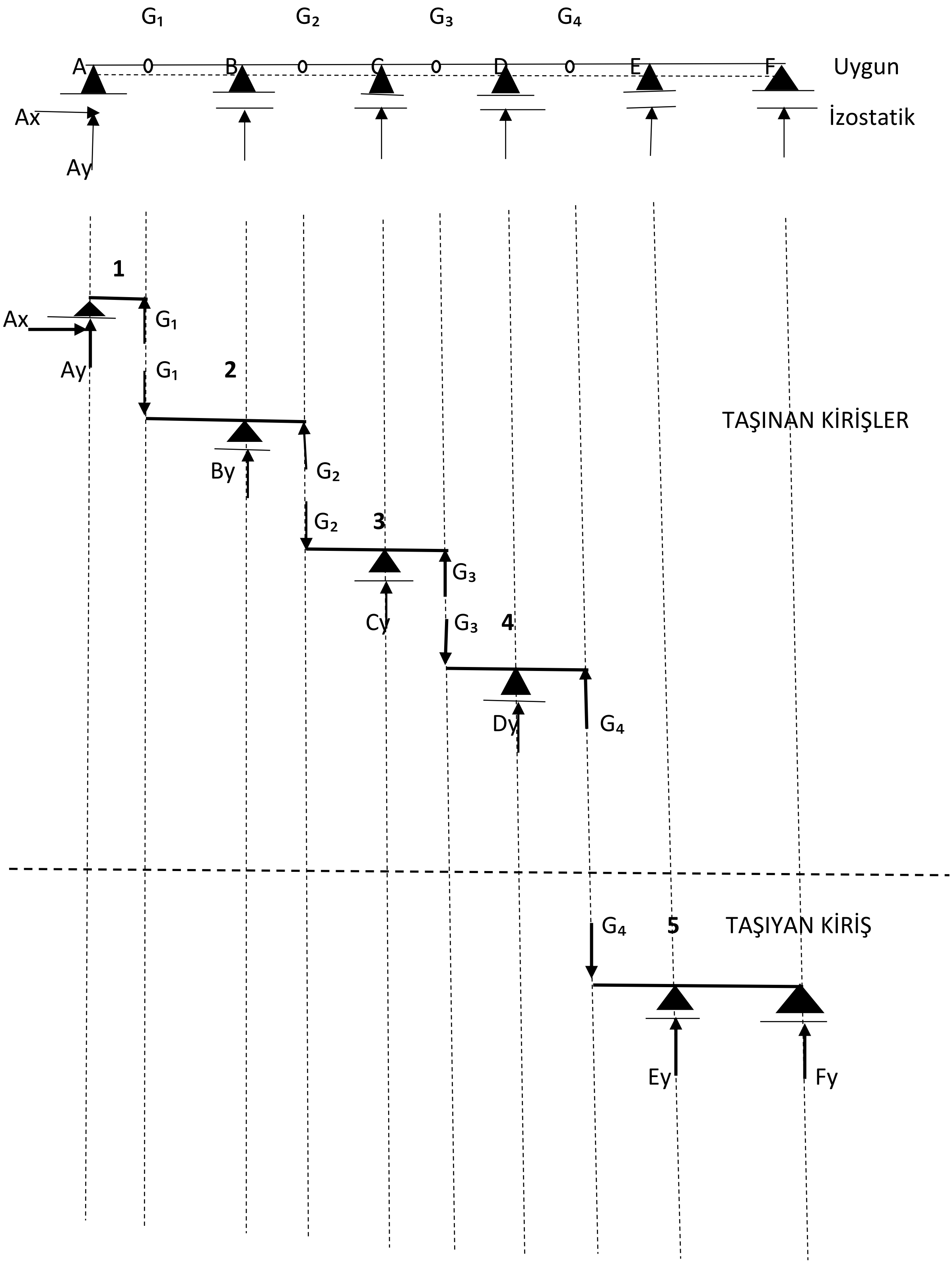
a) Mafsal noktalarında meydana gelen ve hesaplanan mafsal reaksiyon kuvvetleri kendisinden sonraki kirişe aynı noktada bir tekil yük olarak etki ettirilir.
b) Kesme kuvveti diyagramının çizilmesi sırasında mafsal noktalarında oluşan kesme kuvvetleri mafsal reaksiyon kuvvetleriyle aynı değeri taşımalıdır.
c) Moment diyagramı çizilirken mafsal noktalarında moment değerleri sıfır olmalıdır.

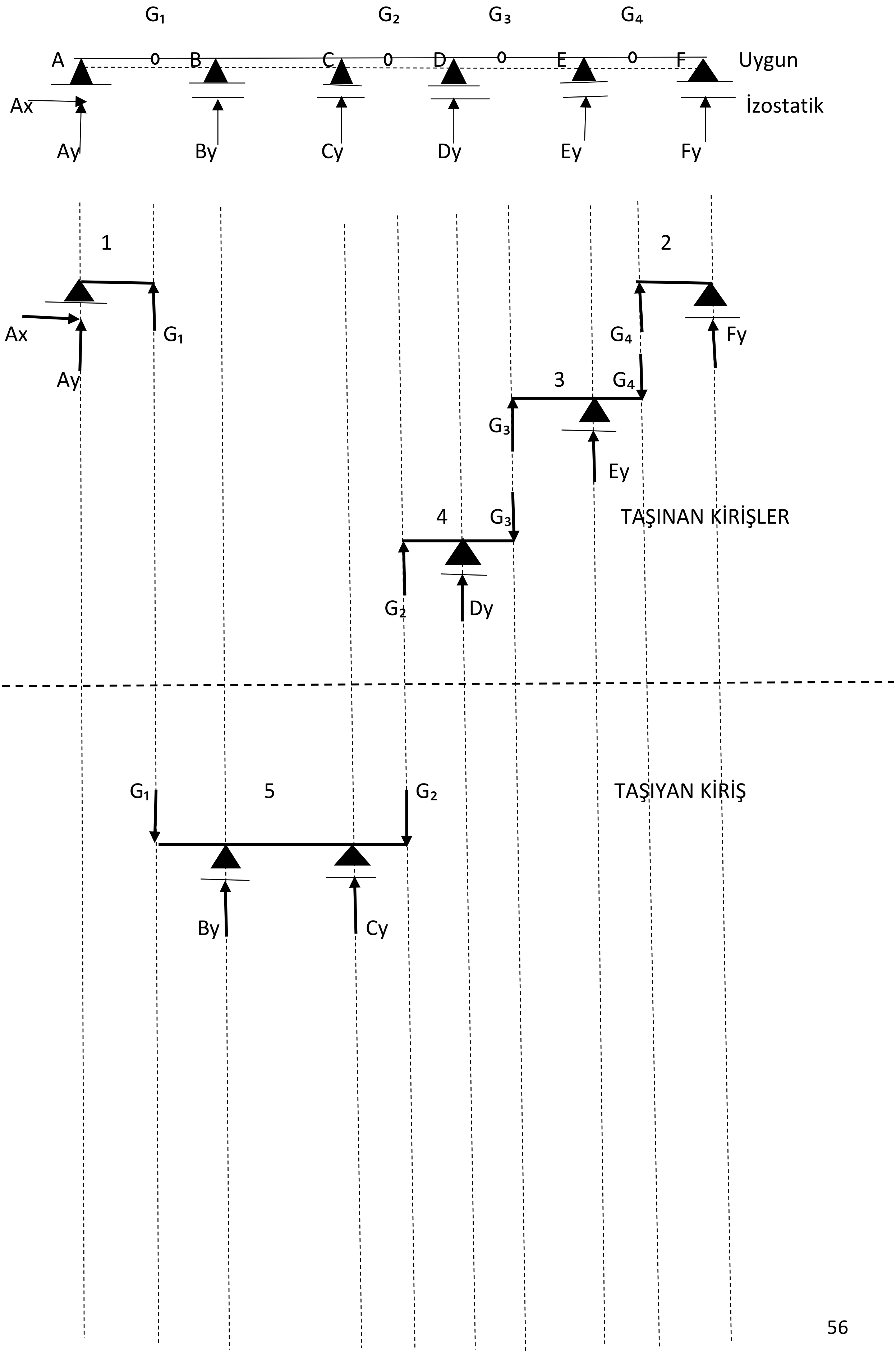
6.2.1.1.- TAŞIMA ŞEMASI ÇİZİLMESİ

Taşıma şemasının çizilmesi sırasında aşağıdaki işlem sırası takip edilir.

a) Mafsal ve mesnet noktalarından aşağıya doğru düşey kılavuz çizgiler çizilir.
b) Kılavuz çizgiler sınır olacak şekilde kiriş mafsal noktalarından ayrılarak birden çok kiriş elde edilir.
c) Bu kirişler taşınanlar üste, taşıyanlar altta olacak şekilde çizilir.
d) Çizilen kirişler yük aktarım sistemine uygun olarak ve en uç kirişten başlayarak numaralandırılır.
e) Bu numaralar aynı zamanda kirişlerin çözüm sırasını da vereceğinden oldukça önemlidir.
f) Kirişler, en küçük numaralı kirişten başlayarak çözüm yapılır.
g) Çözüm yapılırken bir kirişte hesaplanan mafsal reaksiyon kuvveti bir sonraki kirişe ters çevrilerek tekil yük olarak etki ettirilir.
h) Çözülen kirişlerin kesit tesiri diyagramları alan yöntemi kullanılarak çizilir.
i) Çizilen kesit tesiri diyagramları birleştirilerek (süperpoze edilerek) gerber kirişin kesit tesiri diyagramları ortaya çıkarılır.

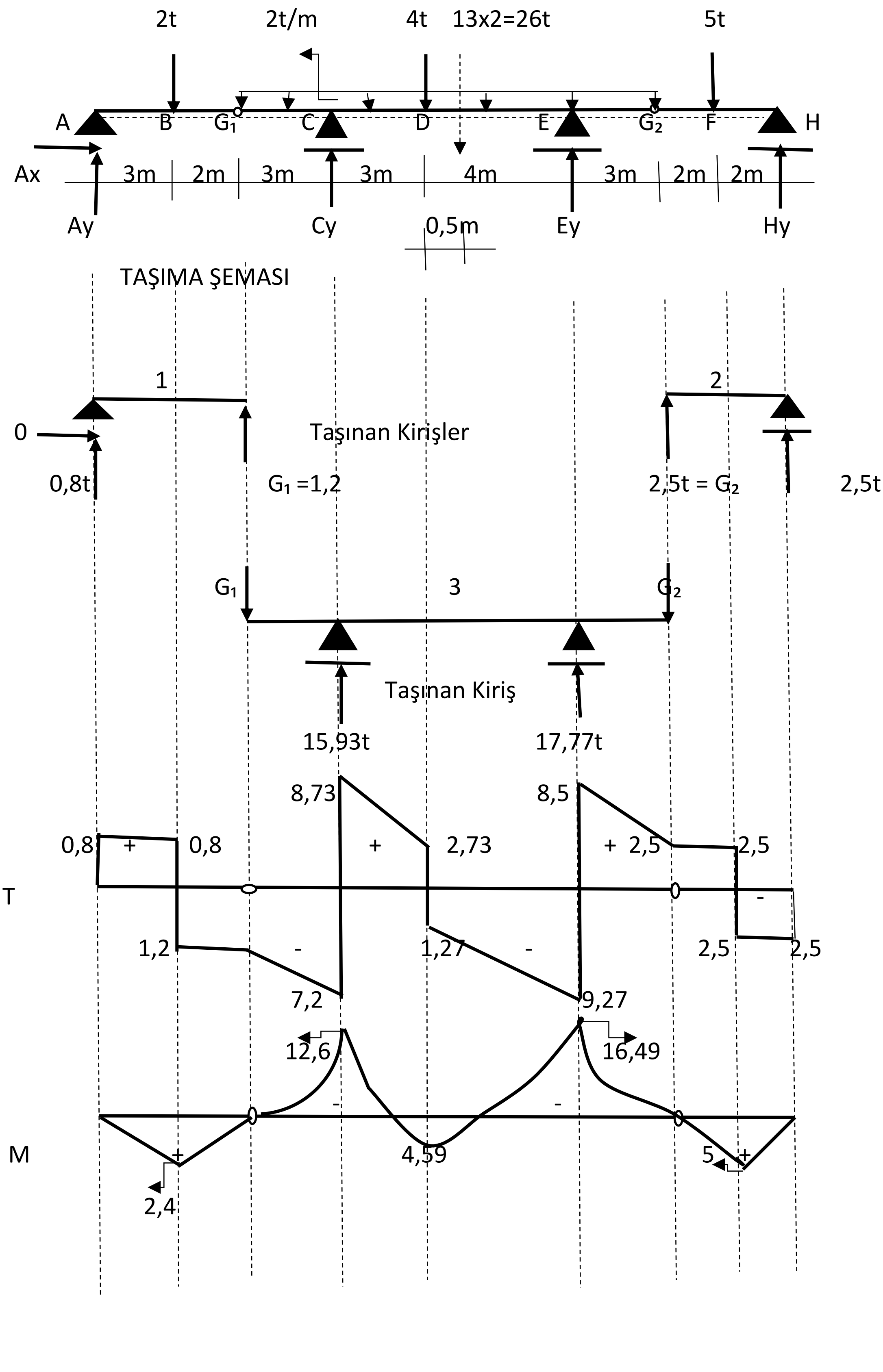
6.2.1.2.- TAŞIMA ŞEMASI ÖRNEKLERİ



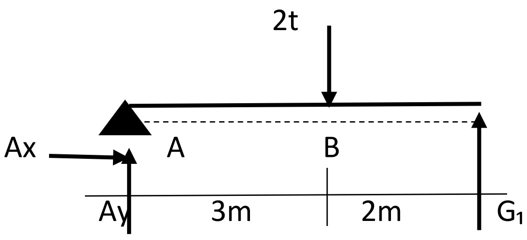


G_1
G_2
G_3
G_4
A
B
C
D
E
F
Uygun
İzostatik
Ax
Ay
By
Cy
Dy
Ey
Fy
1
2
3
4
TAŞINAN KİRİŞLER
5
TAŞIYAN KİRİŞ

ÖRNEK 17.-Aşağıda şekli ve yükleme durumu verilen gerber kirişin MNT diyagramlarını taşıma şeması yöntemini kullanarak çiziniz?



1 NOLU KİRİŞ

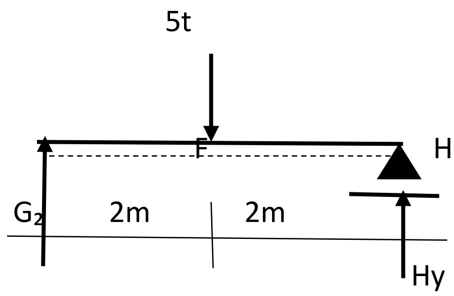


$\Sigma x=0$ $Ax=0$

$\Sigma y=0$ $Ay+G_1-2=0$ $Ay+G_1=2$

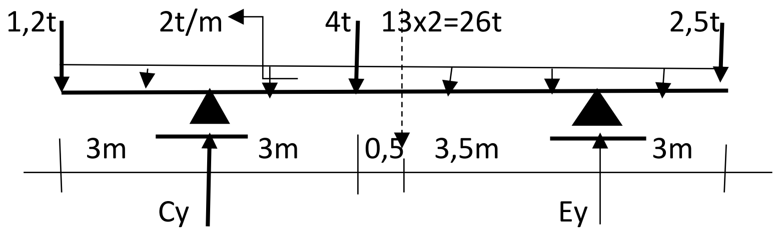
$\Sigma Ma=0$ $(2x3)-(G_1x5)=0$ $G_1=6/5$ $\mathbf{G_1=+1,2t}$ $\mathbf{Ay=+0,8t}$

2 NOLU KİRİŞ



$\mathbf{G_2=2,5t}$ **Hy=2,5t**

3 NOLU KİRİŞ



$\Sigma y=0$ $Cy+Ey-1,2-4-26-2,5=0$ $Cy+Ey=33,7$

$\Sigma Mc=0$ $(-1,2x3)+(4x3)+(26x3,5)-(Eyx7)+(2,5x10)=0$

$7xEy=124,4$ **Ey=17,77t** **Cy=15,93t**

MOMENT HESAPLARI

(Kesme kuvveti alanlarının kümülatif cebrik toplamları)

Ma=0

Mb=0+(0,8x3)=+2,4tm

MG_1=+2,4-(1,2x2)=0

Mc=0-(((1,2+7,2)/2)x3)=-12,6tm

Md=-12,6+(((8.73+2,73)/2)x3)=+4,59tm

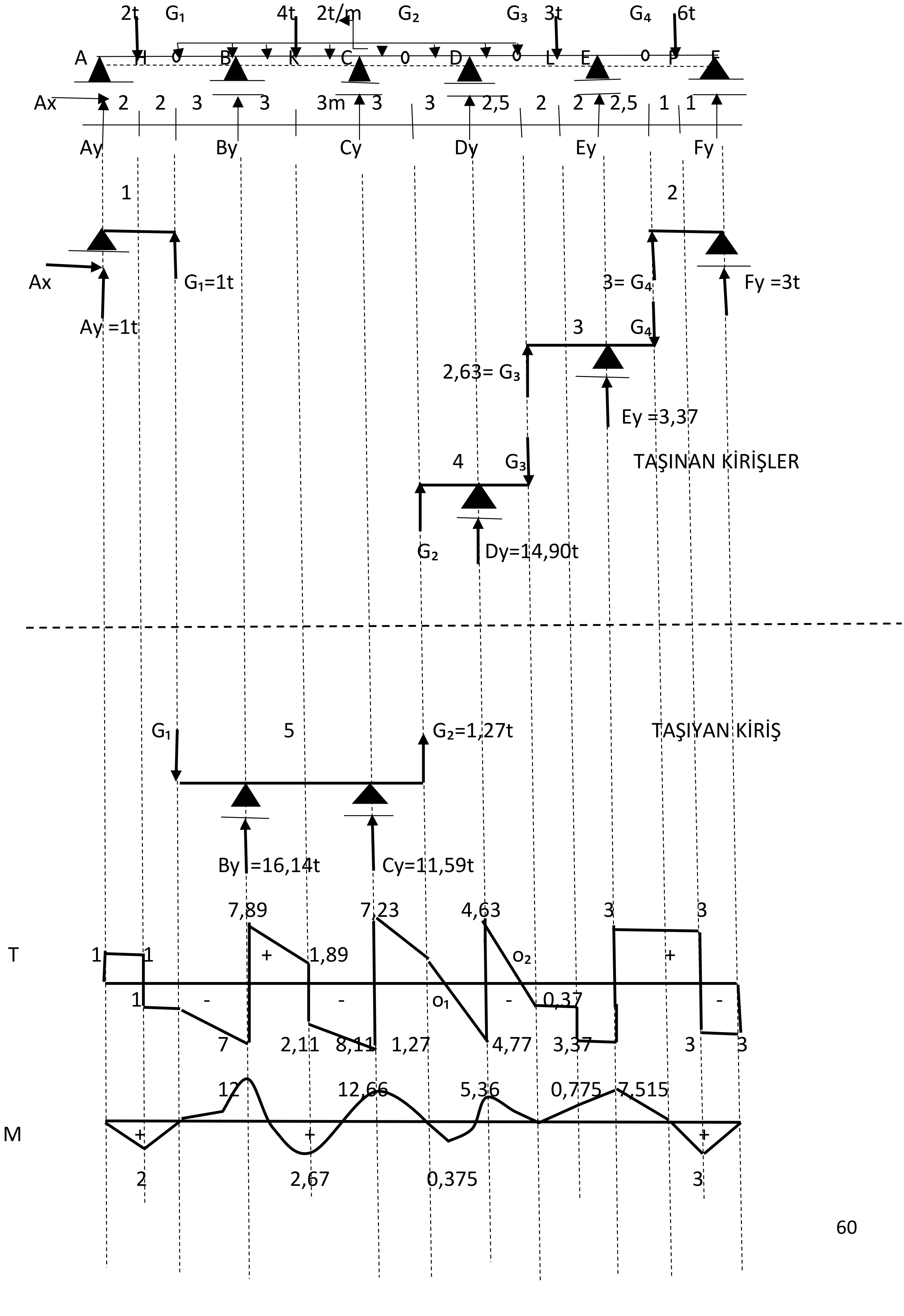
Me=+4,59-(((1,27+9,27)/2)x3)=-16,49tm

MG_2=-16,49+(((8,5+2,5)/2)x3)=0

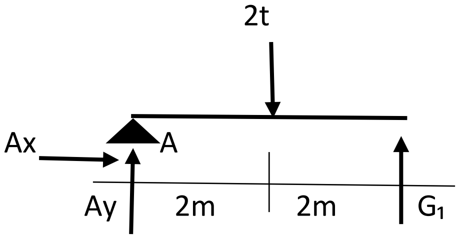
Mf=0+(2,5x2)=+5tm

Mh=+5-(2,5x2)=0

ÖRNEK 18.-Aşağıda şekli ve yükleme durumu verilen gerber kirişin MNT diyagramlarını taşıma şeması yöntemini kullanarak çiziniz?



1 NOLU KİRİŞ



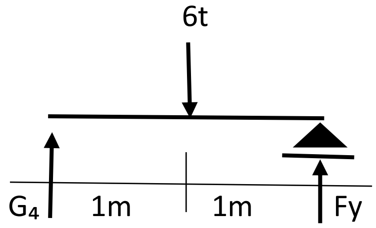
$\Sigma x=0$ $Ax=0$

$\Sigma y=0$ $Ay+G_1=2$

$\Sigma Ma=0$ $(2x2)-(G_1x2)=0$

$G_1=1t$ $Ay=1$

2 NOLU KİRİŞ

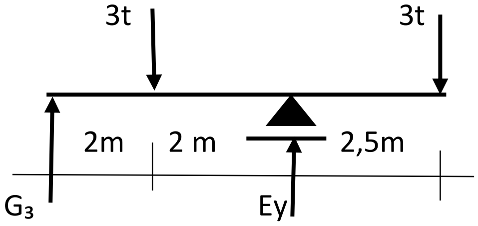


$\Sigma y=0$ $G_4+Fy=6$

$\Sigma MG_4=0$ $(6x1)-(Fyx2)=0$

$G_4=3t$ $Fy=3t$

3 NOLU KİRİŞ

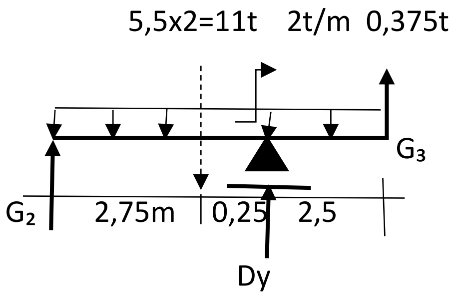


$\Sigma y=0$ $G_3+Ey=6$

$\Sigma MG_3=0$ $(3x2)-(Eyx4)+(3x6,5)=0$ $4xEy=25,5$

Ey=6,37t **G_3=-0,375t**

4 NOLU KİRİŞ



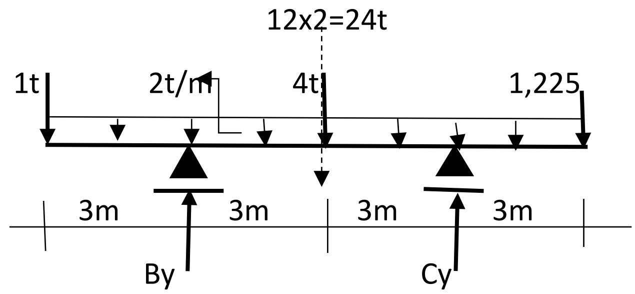
$\Sigma y=0$ $G_2+Dy=11-0,375=10,625$

$\Sigma MG_2=$ $(11X2,75)-(Dyx3)-(0,375x5,5)=0$

$3xDy=28,188$

Dy=9,40t **G_2=1,225t**

5 NOLU KİRİŞ



Σy=0 By+Cy=1+24+4+1,225=30,225

ΣMb=0 (-1x3)+(24x3)+(4x3)-(Cyx6)+(1,225x9)=0

Cy=15,34t **By=14,89t**

O_1 NOKTASININ YERİ

(X/(3-X)=1,23/4,77

X=0,61m

O_2 NOKTASININ YERİ

(X/(2,5-X)=4,63/0,37

X=2,31m

MOMENT HESAPLARI

Ma=0

Mh=0+(1x2)=+2tm

MG_1=+2-(1x2)=0

Mb=0-(((1+7)/2)x3)=-12tm

Mk=-12+(((7,89+1,89)/2)x3)=+2,67tm

Mc=+2,67-(((2,11+8,11)/2)x3)=-12,66tm

MG_2=-12,66+(((7,23+1,23)/2)x3)=0

Mo_1=0+((1,23x0,61)/2)=+0,375tm

Md=+0,375-((4,77x2,39)/2)=-5,32tm

MG_3=-5,32+((4,62x2,31)/2)=0

Mo_2=0-((0,37x0,19)/2)=-0,035tm

Ml=-0035-(0,37x2)=-0,775tm

Me=-0,775-(3,37x2)=-7,515tm

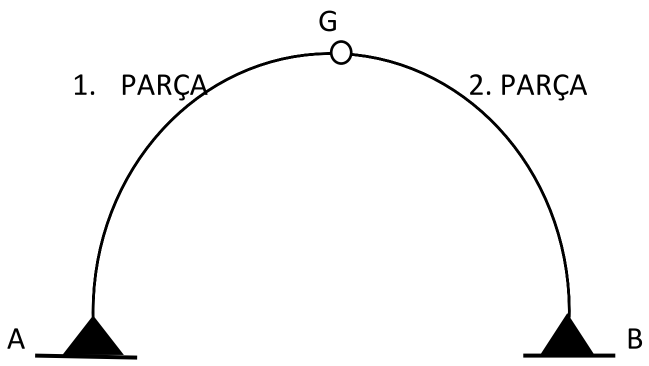
MG_4=-7,515+(3x2,5)=0

Mp=0+(3x1)=+3tm

Mf=+3-(3x1)=0

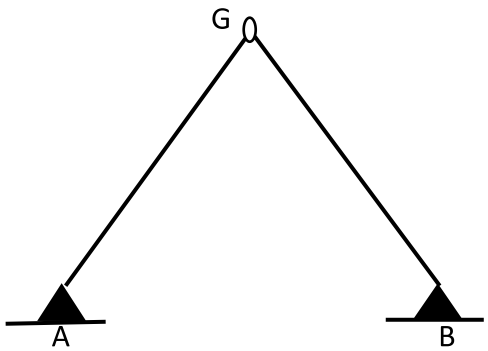
7.- ÜÇ MAFSALLI SİSTEMLER

Üç cismin birbirine üç mafsal ile bağlanması sonucu taşıyıcı bir sistem elde edilir. Her biri mafsal niteliğindeki A ve B sabit mesnetlerine oturan sabit cismin 1 ve 2 parçalarının birbirine G mafsalı ile bağlanması ile gerçekleştirilen sistemlerdir.

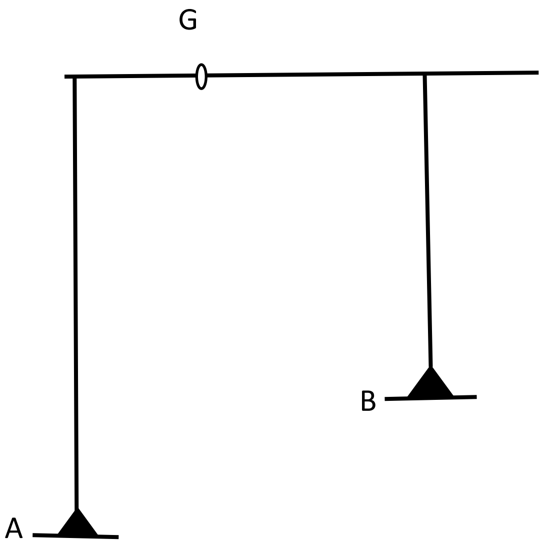


1 ve 2 parçaları doğru veya eğri eksenli elemanlar olabileceği gibi mesnetlerinden biri hareketli düzenlenerek stabilitesi bir gergi çubuğuyla sağlanan gergili sistemlerle de karşılaşılabilir.

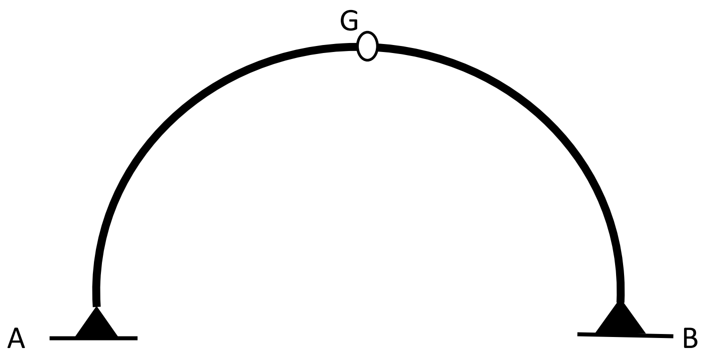
Aşağıda Üç mafsallı sistem örnekleri görülmektedir:



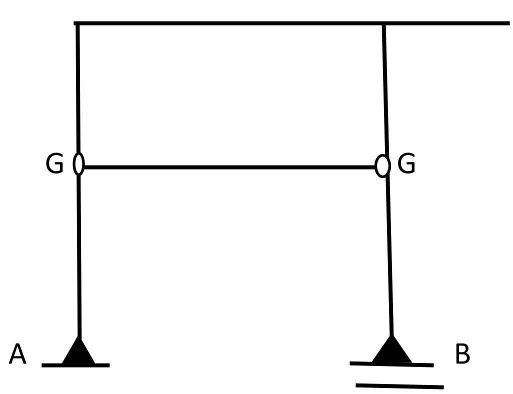
Üçgen Üç mafsallı çerçeve



Çıkmalı Topal Üç mafsallı çerçeve



Üç Mafsallı Kemer



Gergi Çubuklu Çerçeve

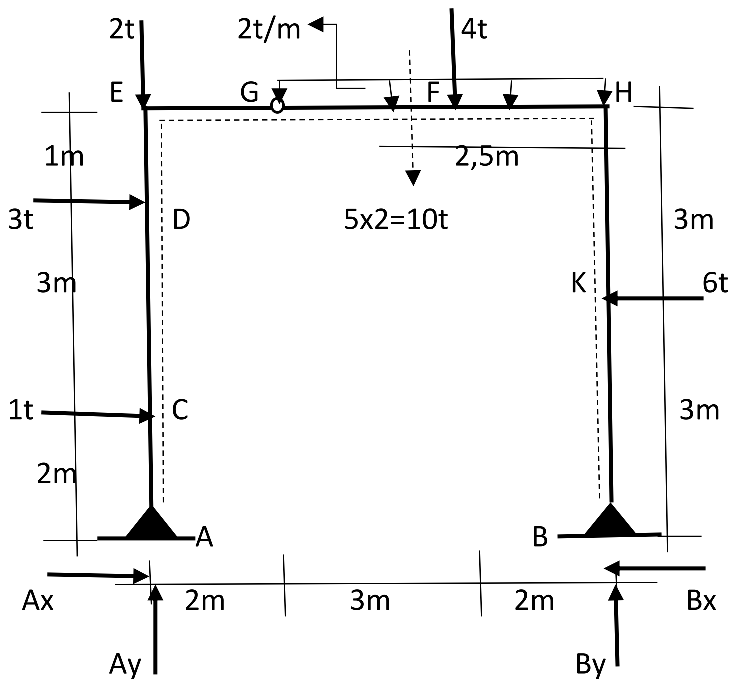
7.1.- ÜÇ MAFSALLI ÇERÇEVELERİN ÇÖZÜMÜ

Doğru eksenli elemanlarla düzenlenmiş üç mafsallı sistemlerdir. Sistemin çözümü genel yöntemle yapılır. Mesnet reaksiyonlarının bulunmasında denge denklemlerine ek olarak mafsalın sağından ya da solundan;

ΣMmaf sağ=0 veya ΣMmaf sol=0 denklemi yazılır.

Mesnet reaksiyonları hesaplandıktan sonra kesim veya alan yöntemi kullanılarak kesit tesiri diyagramları çizilir. Böylece sistemin çözümü gerçekleştirilmiş olur.

ÖRNEK 19.- Aşağıda şekli ve yükleme durumu verilen üç mafsallı çerçevenin MNT diyagramlarını alan yöntemini kullanarak çiziniz?



ÇÖZÜM 16.-

MESNET REAKSİYONLARI HESABI

ΣX=0 Ax+1+3-6-Bx=0 Ax-Bx=2

Σy=0 Ay-2-10-4+By=0 Ay+By=16

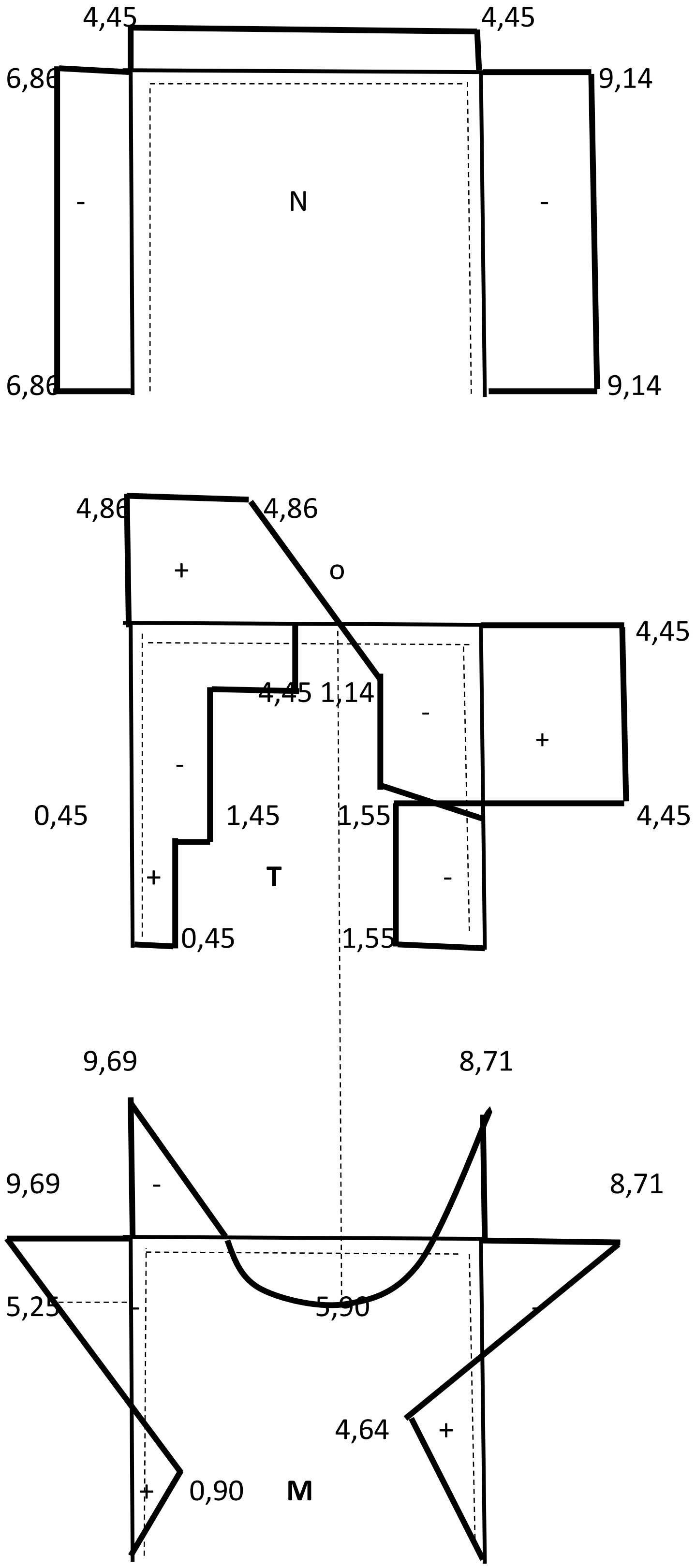
ΣMa=0 +(1x2)+(3x5)+(10x4,5)+(4x5)-(6x3)-(Byx7)=0 7xBy=64

By=9,14t Ay=6,86t

ΣMgsol=0 +(2x2)+(3x1)+(1x4)+(6xAx)-(Ayx2)=0 6xAx=-2,72

Ax=+0,45t +0,45-Bx=2 **Bx=-1,55t**

KESİT TESİRİ DİYAGRAMLARI



O NOKTASININ YERİ

(4,86/1,14)=((X/(3-X))

6xX=14,58

X=2,43m

MOMENT HESAPLARI

Ma=0

Mc=0-(0,45x2)=-0,90tm

Md=-0,90-(1,45x3)=-5,25tm

Mealt=-5,25-(4,45x1)=-9,69tm

Meüst=-9,69

MG=-9,69+(4,86x2)=0

Mo=0+((4,86x2,43)/2)=+5,90tm

Mf=+5,90-((0,57x1,14)/2)=+5,57tm

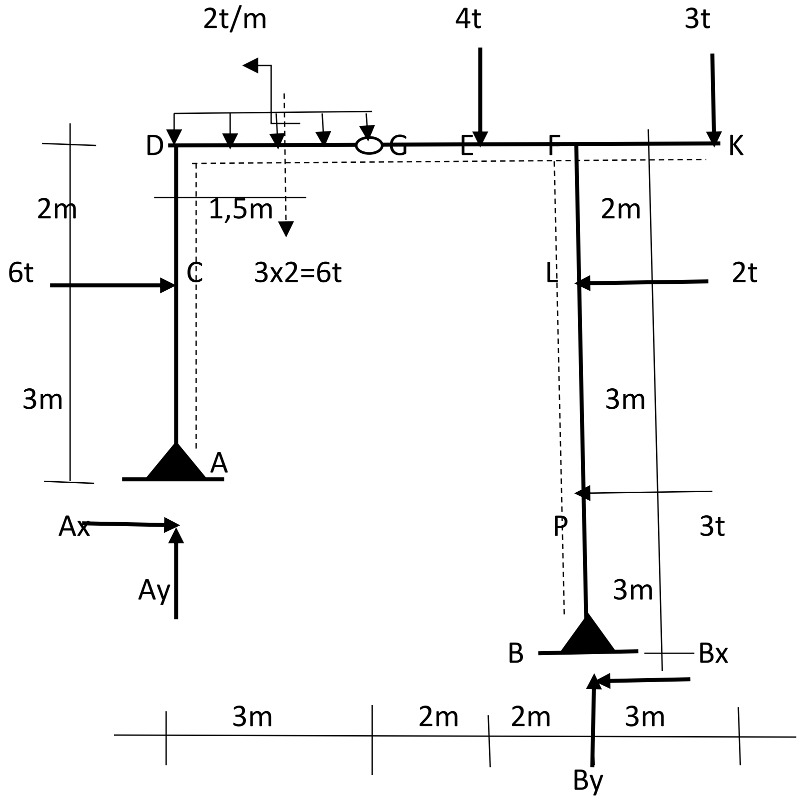
Mhüst=+5,57-(((5,14+9,14)/2)x2)=-8,71tm

Mhalt=-8,71tm

Mk=-8,71+(4,45x3)=+4,64tm

Mb=44,64-(1,55x3)=0

ÖRNEK 20.- Aşağıda şekli ve yükleme durumu verilen üç mafsallı çerçevenin MNT diyagramlarını alan yöntemini kullanarak çiziniz?



ÇÖZÜM 17.-

MESNET REAKSİYONLARI HESABI

Σx=0 Ax+6-2-3-Bx=0 Ax-Bx=-1 1

Σy=0 Ay-6-4-3+By=0 Ay+By=13 2

ΣMa=0 +(6x3)+(6x1,5)+(4x5)+(3x10)-(2x3)+(3xBx)-(Byx7)=0

18+9+20+30-6+3Bx-7By=0 3Bx-7By=-71 3

ΣMGsağ=0 +(4x2)+(3x7)+(2x2)+(3x5)+(8xBx)-(4xBy)=0

8+21+4+15+8Bx-4By=0 8Bx-4By=-48 4

Yukarıda elde edilen 4 adet denklemin birbirine benzeşenlerinin taraf tarafa toplamı ile çözüm gerçekleştirilerek bilinmeyenler çözülecektir.

3-4 Denklemleri üzerinden işlem yapılarak; -4/ 3Bx-7By=-71

7/8Bx-4By=-48

-12Bx+28By=+284

56Bx-28By=-336

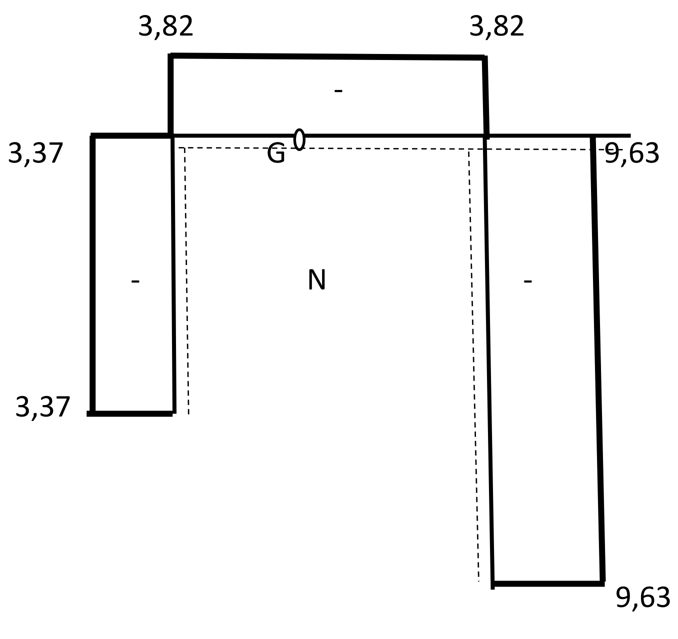
+

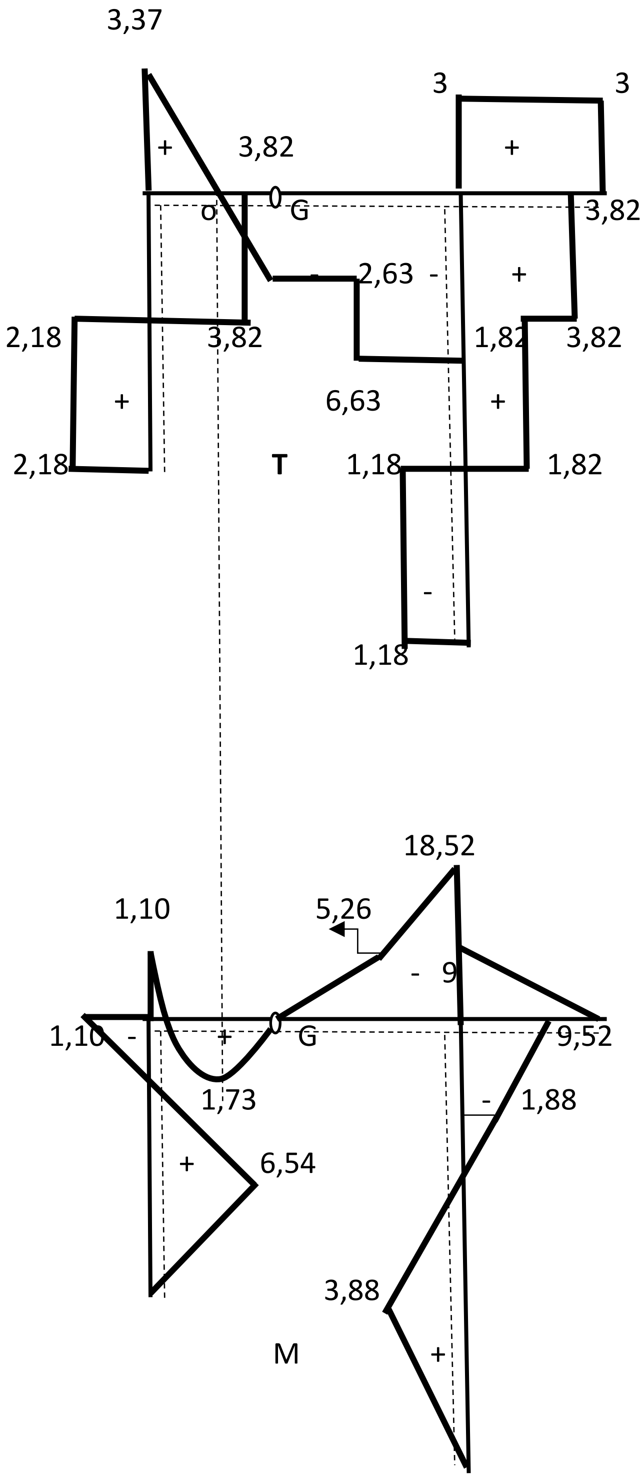
44Bx=-52 **Bx=-1,18t**

Bx diğer denklemlerde yerine yazılarak çözüm gerçekleştirilir.

-(3x1,18)-7By=-71 **By=9,63t** **Ay=3,37t** Ax-(-1,18)=-1 **Ax=-2,18t**

KESİT TESİRİ DİYAGRAMLARI





O NOKTASININ YERİ

(3,33/2,63)=((X/(3-X))

X=1,68m

MOMENT HESAPLARI

Ma=0

Mc=0+(2,18x3)=+6,54tm

Mdalt=+6,54-(3,82x2)=-1,10tm

Mdüst=-1,10tm

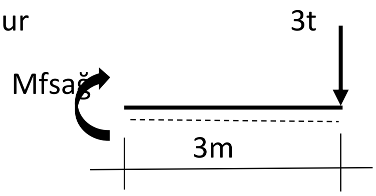
Mo=-1,10+((3,37x1,68)/2)=+1,73tm

MG=+1,73-((1,32x2,63)/2)=0

Me=0-(2,63x2)=-5,26tm

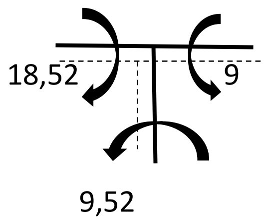
Mfsol=-5,26-(6,63x2)=-18,52tm

Mfsağ= Kesim yapılarak bulunur



Mfsağ=-9tm

Mfalt= Noktada Moment dengelemesi yapılarak bulunur.



Mfalt=-9,52tm

Ml=-9,52+(3,82x2)=-1,88tm

Mp=-1,88+(1,82x3)=+3,58tm

Mb=+3,58-(1,18x3)=0