

T.C.
ANADOLU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

SABİT VE DEĞİŞKEN KESİTLİ MÜTEMADİ KİRİŞLERİN
SABİT VE HAREKETLİ YÜKLER ALTINDA İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nevin YELENCE

Yöneten: Doç.M.Ruhi AYDIN

ESKİŞEHİR - 1986

Çalışmalarım süresince bilgilerinden ve fikirlerinden geniş ölçüde yararlandığım Sayın Hocam Doç.M.Ruhi AYDIN'a teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca şekillerin çiziminde yardımcı olan Münevver AS-LI'ya da teşekkür ederim.

Nevin YELENCE

İ Ç İ N D E K İ L E R

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iv
KULLANILAN NOTASYON	v
BÖLÜM I - HİPERSTATİK SİSTEMLER	1
I.1. GİRİŞ	1
I.2. BİLİNMEYENLER VE DENKLEM SAYISININ ARAŞTIRILMASI	2
I.3. HİPERSTATİK SİSTEMLERİN ÇÖZÜMLERİ	5
I.3.1. Kuvvet Metodu	5
I.3.2. Yer Değiştirme Büyüklükleri Metodu (Açı Metodu)	6
BÖLÜM II - MÜTEMADİ KİRİŞLER	7
II.1. GİRİŞ	7
II.2. ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ	8
II.2.1. Mütemadi Kirişlerde Üç Moment Denklemi (Clapeyron Denklemi)	8
İzostatik Esas Sistem ve Bilinmeyenlerin Seçilmesi	8
X=0 Yükleme	9
Birim Yükleme	9
n Numaralı Süreklilik Denklemine Kurulması	11
$\delta_{i,j}$ Dönmelerinin Hesabı	11
$\delta_{i,o}$ Dönmelerinin Hesabı	12
II.2.2. Mütemadi Kirişlerin Açı Metodu ile Çözümü	17
II.2.2.1. Giriş	17
İşaret Kabulleri	18
II.2.2.2. Üç Kuvvetleri ve Deformasyonlar Arasındaki Bağlılıklar	18

	<u>Sayfa</u>
II.2.2.2.1. İki Ucu Ankastre Kirişlerde Uç Kuvvetleri ve Deformasyonlar Arasındaki Bağıntılar (I=Sabit)	19
II.2.2.2.2. Bir Ucu Mafsallı Kirişlerde Uç Kuvvetleri ve Deformasyonlar Arasındaki Bağıntılar	22
II.2.2.2.3. Ankastrelik Momentleri	25
II.2.2.3. Açı Metodu Denklem Takımlarının Kurulması	26
II.2.3. Müttemadi Kirişlerin Sabit Noktalar Metodu ile Çözümü	28
Sabit Noktaların Tayini	29
BÖLÜM III - TESİR ÇİZGİLERİ	33
III.1. GİRİŞ	33
III.2. KUVVET METODUYLA TESİR ÇİZGİLERİNİN TAYİNİ	34
III.2.1. Tesir Çizgilerinin Süreklilik Denklemlerinden Elde Edilmesi	35
III.3. AÇI METODUYLA TESİR ÇİZGİLERİNİN TAYİNİ	37
III.3.1. Ankastre Momenti Tesir Çizgisi	37
III.3.2. Deformasyon Tesir Çizgileri	38
III.4. MÜTEMADI KİRİŞLERDE KESİT TESİRLERİNİ MAKSİMUM VE MİNİMUM YAPAN YÜKLEME DURUMLARI	40
BÖLÜM IV - DEĞİŞKEN KESİTLİ KİRİŞLER	43
IV.1. UÇ KUVVETLERİ VE DEFORMASYONLAR ARASINDAKİ BAĞINTILAR	43
BÖLÜM V - BETONARME KİRİŞLERİN TAŞIMA GÜCÜNE GÖRE HESABI	47
V.1. TEMEL İLKELER	47
V.2. BASİT DONATILI DİKDÖRTGEN KESİTLER	48

	<u>Sayfa</u>
V.3. ÇİFT DONATILI DİKDÖRTGEN KESİTLER	51
BÖLÜM VI - BİLGİSAYAR PROGRAMI	55
VI.1. PROGRAMLA İLGİLİ GENEL BİLGİLER	56
VI.1.1. Kiriş Tipleri	56
VI.1.2. Yük Tipleri	56
VI.1.3. Yük Birleşimleri	58
VI.1.4. Konsol Durumu	59
VI.1.5. Kesit Tipi	59
VI.1.6. Kiriş Boyutlarının Verilmesi	59
VI.1.7. Hesap Tipleri	61
VI.1.8. Betonarme Hesabı	62
VI.1.9. İşaret Kuralı	63
VI.1.10. Boyutlar	64
VI.2. PROGRAMIN KULLANILMASI	64
VI.3. ÖRNEKLER	65
BÖLÜM VII - SABİT VE DEĞİŞKEN KESİTLİ MÜTEMADİ KİRİŞLERİN KARŞILAŞTIRILMASI	91
SONUÇ	115
EK I - BİLGİSAYAR PROGRAMI	116
EK II - DENKLEM SİSTEMİNİN ÇÖZÜMÜ	126
YARARLANILAN KAYNAKLAR	128

Ö Z E T

Sabit ve değişken kesitli müttemadi kirişlerin, sabit ve hareketli yükler altında çözümlerini içeren bu çalışma, yedi bölümden oluşmaktadır.

Birinci bölümde, hiperstatik sistemlerin genel çözüm yöntemlerine değinilmektedir. İkinci bölümde ise müttemadi kirişlerin Clapeyron denklemi, Açık metodu ve Sabit Noktalar yöntemlerine göre çözümlerinden bahsedilmektedir. Üçüncü bölümde, müttemadi kirişlerin kuvvet ve açı metoduyla tesir çizgilerinin tayininden, ayrıca, müttemadi kirişlerde kesit tesirlerini maksimum ve minimum yapan yükleme durumlarından bahsedilmektedir. Dördüncü bölümde, değişken kesitli kirişler anlatılmaktadır. Beşinci bölümde, "Taşıma Gücü" yöntemine göre tek donatılı ve çift donatılı dikdörtgen kesitlerin betonarme hesaplarından bahsedilmektedir. Altıncı bölümde, sabit ve değişken kesitli müttemadi kirişlerin sabit ve hareketli yükler altında statik ve betonarme hesabını yapan, mesnet momenti tesir çizgileri ordinatlarını hesaplayan bir bilgisayar programı sunulmuştur. Bu programda, statik hesaplar için "Açık Metodu", betonarme hesaplar içinse "Taşıma Gücü" yöntemi kullanılmıştır. Programın kullanımı örneklerle açıklanmıştır. Yedinci bölümde, sabit ve değişken kesitli müttemadi kirişlerin, sabit yük etkisi durumunda karşılaştırılması, hareketli

KULLANILAN NOTASYON

A	Kiriş enkesit alanı
a	Dikdörtgene dönüştürülen basınç gerilme diyaframı derinliği
b	Kiriş genişliği
d	Kiriş yüksekliği
E	Elastisite modülü, deprem etkisi yük çarpanı
E_s	Çeliğin elastisite modülü
[E]	Tesir çizgisi matrisi
F_e	Çekme donatısı alanı
F'_e	Basınç donatısı alanı
f_{cd}	Hesapta kullanılacak beton basınç dayanımı
f_{yd}	Hesapta kullanılacak çelik akma dayanımı
g	Sabit yük
h	Faydalı yükseklik
h'	Beton basınç yüzünden basınç donatısı ağırlık merkezine olan uzaklık
I	Atalet momenti
[K]	Katsayılar matrisi
L	Açıklık
M	Açıklık momenti
M_d	Hesapta kullanılacak eğilme momenti
[M]	Yükleme terimleri matrisi
$M_{ij} = M_{ji}$	Uç momentleri
$\bar{M}_{ij} = \bar{M}_{ji}$	Ankastrelik momentleri
P	Tekil yük, hareketli yük

$Q_{ij}=Q_{ji}$	Kesme kuvvetleri
$R=S$	Yük terimleri
W	Mesnet çökmesi
x	Tarafsız eksen derinliği
α	Yapı malzemesi genleşme katsayısı
α_n	Sol geçiş katsayısı
β_n	Sağ geçiş katsayısı
$\alpha_i=\beta_j$	Birim yükleme dönüş açıları
$\psi_{ij}=\psi_{ji}$	Çubuk uçları dönme açıları
$[\psi]$	Bilinmeyenler matrisi
δ_{ij}	Çubuk uçlarının karşılıklı yer değiştirmesi
ψ_{ij}	Çubuk eksen dönüş açısı
Δ	Çubuk aksenal uzaması
Δ_t	Sıcaklık farkı
ϵ	Birim boy değişmesi
ϵ_s	Donatı çeliğindeki birim boy değişmesi
ϵ_{cu}	Betondaki en büyük birim boy değişmesi
ρ	Çekme donatısı oranı
ρ_d	Dengeli donatı oranı
ρ'	Basınç donatısı oranı
ρ_{min}	Minimum donatı oranı

BÖLÜM I

HİPERSTATİK SİSTEMLER(1,2,3)

I.1. GİRİŞ

Hiperstatik sistemler, mekaniğin üç denge denklemi ile çözülemeyen sistemlerdir.

Hiperstatik ve izostatik sistemler başlıca iki noktada önemli farklar gösterirler:

a) Hiperstatik sistemlerin analizinde yalnız sistemin geometrisi değil aynı zamanda malzemenin elastik özellikleri (Elastisite modülü E, Atalet momenti I, En kesit alanı A) de hesabın içine girer. Bu bakımdan hiperstatik bir sistemin dizaynını yaparken, elemanlar için birtakım boyutlar kabul edip analizi yapmak, elde edilen sonuçlara göre boyutları tahkik edip, gerekirse sistemin analizini yeniden yapmak gerekebilir.

b) Hiperstatik sistemlerde yalnız dış yüklerden dolayı değil, aynı zamanda ısı değişimleri, rötire, mesnet çökmeleri ve imalât hatalarından dolayı da gerilmeler meydana gelebilir.

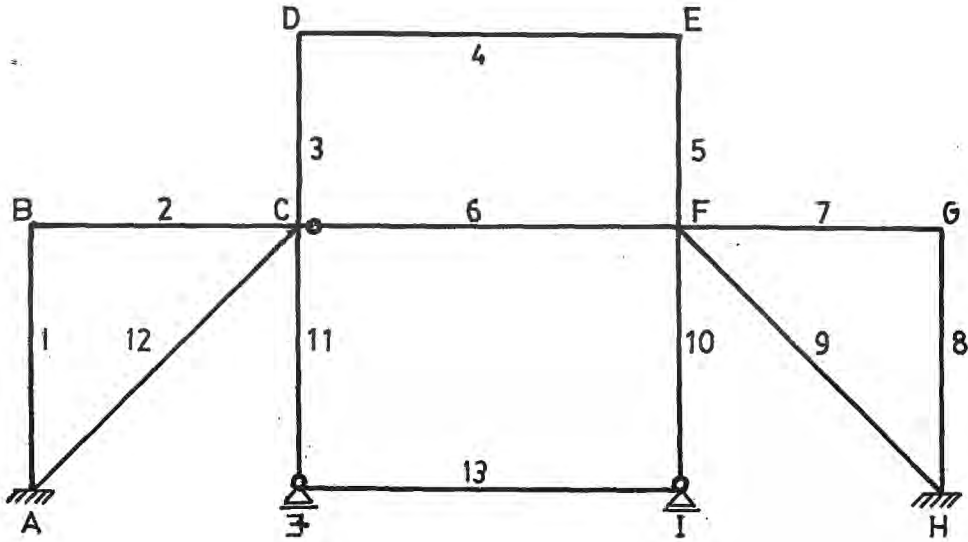
Hiperstatik sistemlerin analizi şüphesiz izostatik sistemlerin analizinden daha güçtür.

İzostatik sistemlerde mekaniğin denge denklemleriyle,

kesit tesirleri ve deplasmanlar bulunabilmesine karşın hiperstatik sistemlerde, yalnız denge denklemleri yeterli değildir. Bunlara, süreklilik şartları denilen geometrik uygunluk şartları ile gerilme deformasyon bağıntılarının da eklenmesi gerekir.

Bu bölümde hiperstatik düzlem çubuk sistemler incelenecektir.

I.2. BİLİNMEYENLER VE DENKLEM SAYISININ ARAŞTIRILMASI(3)



ŞEKİL I.1

Notasyonlar, Şekil I.1'deki sistem göz önüne alınarak tarif edilirse;

- S_1 Sistemdeki iki ucu mafsallı çubuk sayısı (13 çubuğu)
- S_2 Sistemdeki bir ucu mafsallı, diğer ucu eğilmeye mukavemetli bir düğüm noktasına bağlı çubuk sayısı (6, 10, 11 çubukları)
- S_3 Sistemdeki iki ucu eğilmeye mukavemetli düğüm noktalarına bağlı çubuksayısı (1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 12 çubukları)

- d_1 Sistemdeki mesnetler dahil olmak üzere mafsallı düğüm noktası sayısı (I, J)
- d_2 Sistemdeki mesnetler dahil olmak üzere eğilmeye mukavemetli düğüm noktası sayısı (A, B, C, D, E, F, G, H)

Bir düğüm noktasına ikiden fazla çubuk birleşiyorsa ve bunlardan en az ikisi eğilmeye mukavemetli birleşim meydana getiriyorsa bu tip düğümlerde d_2 olarak göz önüne alınır,

- a Bağımsız mesnet tepki kuvvetleri sayısı(8)

Sistemdeki toplam uç kuvvetleri ve mesnet tepkileri sayısı

$$4S_1 + 5S_2 + 6S_3 + a$$

kadardır. Bundan her çubuk için üçer adet olan denge denklemleri $3(S_1 + S_2 + S_3)$ çıkarılırsa geriye

$$S_1 + 2S_2 + 3S_3 + a \quad (I.1)$$

kadar bilinmeyen çubuk uç kuvveti ve mesnet tepkisi kalır.

Düğüm noktalarındaki yerdeğiştirmeleri ele alırsak, d_1 düğümünde bağımsız iki yerdeğiştirme büyüklüğü, d_2 düğümünde dönüş açısıyla birlikte üç yerdeğiştirme büyüklüğü olmak üzere toplam $2d_1 + 3d_2$ yerdeğiştirme büyüklüğü vardır. Ancak mesnetlerde çubuk uçlarının yerdeğiştirmeleri (mesnet şartı olarak) bilindiğinden $2d_1 + 3d_2$ sayıda yerdeğiştirmeden a bağımsız mesnet tepkisi sayısı kadar yerdeğiştirme çıkarılır. Böylece sistemde;

$$2d_1 + 3d_2 - a \quad (I.2)$$

kadar bilinmeyen yer değiştirme büyüklüğü bulunur.

Sonuç olarak sistemde toplam,

$$S_1 + 2S_2 + 3S_3 + 2d_1 + 3d_2 \quad (I.3)$$

kadar bilinmeyen uç kuvveti ve yer değiştirme büyüklüğü vardır. Bilinmeyenlerin elde edilebilmesi için yazılacak denklemler;

a) Çubuk uç kuvvetlerine ait

$$2d_1 + 3d_2 \quad (I.4)$$

sayıda düğüm denge denklemi yazılır.

b) Düğüm noktalarındaki öteleme ve dönme şeklindeki yerdeğiştirmelerle çubuk uç kuvvetleri arasında sıcaklık değişmelerini de göz önüne alarak şu bağıntılar yazılabilir.

Her çubuk için çubuktaki eksenel uç ötelemelerine bağlı olarak eksenel uç kuvveti denklemi kurulabilir. Ayrıca S_2 çubuklarında birer, S_3 çubuklarında ikişer adet uç momenti denklemleri yazılabilir. Yani $S_1+S_2+S_3$ eksenel uç kuvveti, S_2+2S_3 uç momenti olmak üzere

$$S_1+2S_2+3S_3 \quad (I.5)$$

kadar elâstisite şartı vardır.

Toplam düğüm dengesi ve elastisite şartı

$$2d_1 + 3d_2 + S_1 + 2S_2 + 3S_3 \quad (I.6)$$

kadardır. Bu da bilinmeyen sayısına eşittir.

I.3. HİPERSTATİK SİSTEMLERİN ÇÖZÜMLERİ

I.3.1. Kuvvet Metodu(3)

Hiperstatik sistemlerin kuvvet metoduyla hesabında esas bilinmeyenler kuvvetler olarak seçilirler. Bilinmeyenlerin hesabı için $2d_1+3d_2$ sayıda çubuk kuvvetleri düğüm denge denklemi vardır (Denklem I.4). Bilinmeyen uç kuvveti ve mesnet tepkisi sayısı ise $S_1+2S_2+3S_3+a$ kadardır (Denklem I.1).

$$2d_1 + 3d_2 = S_1 + 2S_2 + 3S_3 + a$$

ise taşıyıcı sistem "İzostatik Sistem" olarak adlandırılır.

$$2d_1 + 3d_2 < S_1 + 2S_2 + 3S_3 + a$$

ise taşıyıcı sistem "Hiperstatik Sistem" olarak adlandırılır.

$$n = S_1 + 2S_2 + 3S_3 + a - (2d_1 + 3d_2) \quad (I.7)$$

değeri "Hiperstatiklik Derecesi" olarak adlandırılır.

Şekil I.1'deki sistemde $n = 1+2 \times 3+3 \times 9+8-(2 \times 2+3 \times 8) = 14$ dür. 0 halde n kadar ilave denklem gerekmektedir. Bunun için $S_1+2S_2+3S_3$ (Denklem I.5) elâstisite şartı kullanılır. Bu denklemlerden sistemdeki toplam yer değiştirme sayısı olan $2d_1+3d_2-a$ kadar denklem elimine edilerek bilinmeyenler olarak sadece uç kuvvetlerinin bulunduğu bir denklem takımı elde edilir. Bu denklemlerin sayısı; $n = S_1+2S_2+3S_3+a-(2d_1+3d_2)$ hiperstatiklik derecesine eşittir.

Denklem çözümlerinden elde edilen kuvvetler ve (I.4) düğüm denge denklemleri yardımıyla bütün kesit ve mesnet kuvvetleri hesaplanabilir. Elâstisite şartları yardımıyla bütün yer değiştirmeler bulunabilir.

I.3.2. Yer Değiştirme Büyüklükleri Metodu (Açı Metodu)(3)

Sistemdeki bilinmeyen yer değiştirmelerin sayısı $2d_1+3d_2-a$ kadardır. Çubuk uç kuvvetleri elâstisite şartları yardımıyla yerdeğiştirmeler cinsinden ifade edilirse, bu ifadelerde bilinmeyen bütün yer değiştirmelere rastlanır ($2d_1+3d_2-a$ kadar). Çubuk uç kuvvetleri kullanılarak sistemde düğüm denge şartları yazılırsa $2d_1+3d_2-a$ sayıda denklem elde edilir. Mesnet kuvvetleri doğrudan mesnete bağlı çubukların dengesinden ifade edilebildiğinden toplam denge denklemi sayısından a kadar azaltmak gerekir. Şekil I.1'deki sistemde gerekli denklem sayısı;

$$2 \times 2 + 3 \times 8 - 8 = 20 \text{ bulunur.}$$

Temel bilinmeyenler olarak yer değiştirmelerin seçildiği bu yönteme "Yer Değiştirme Büyüklükleri Metodu" veya "Açı Metodu" denir. Yer değiştirmeler elde edildikten sonra elâstisite şartlarından uç kuvvetleri ve mesnet tepkileri bulunabilir.

Kuvvet ve açı metodlarındaki denklem sayısı sırası ile,

$$n = S_1 + 2S_2 + 3S_3 + a - (2d_1 + 3d_2)$$

$$m = 2d_1 + 3d_2 - a$$

olarak elde edilir.

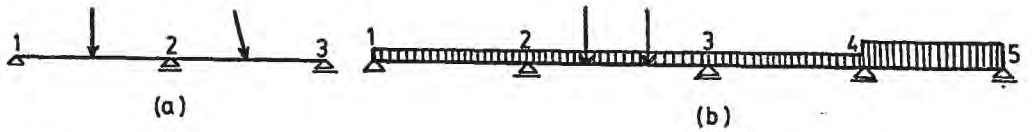
BÖLÜM II

MÜTEMADİ KİRİŞLER

II.1. GİRİŞ

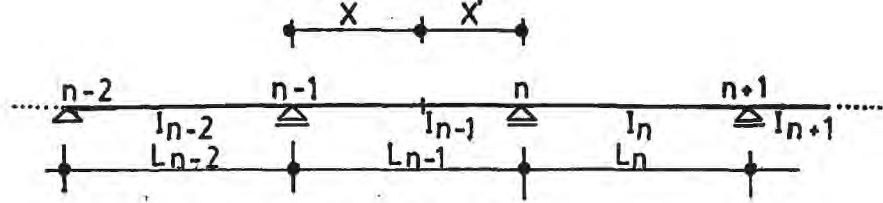
Mütemadi kirişler, ikiden fazla mesnet üzerine oturan doğru eksenli sürekli kirişlerdir. İlk ve son mesnetleri ankastre, sabit, kayıcı mesnet olabilmesine karşın ara mesnetleri kayıcı mesnet olan sistemlerdir. Genellikle yatay doğrultudaki hareketi önlemek için mesnetlerden sadece bir tanesinin sabit mesnet olması yeterlidir, diğerleri kayıcı mesnet olarak düzenlenir. Böylece üniform sıcaklık etkisinde çubukların kayıcı mesnetler üzerindeki hareketi sağlanmış olur ve üniform sıcaklık etkisinden dolayı mütemadi kirişlerde ek zorlamalar meydana gelmez.

Mütemadi kirişler, Şekil II.1'de görüldüğü gibi genellikle açıklık sayısına göre isimlendirilir. İki açıklıklı mütemadi kiriş (a), dört açıklıklı mütemadi kiriş (b) gibi.



ŞEKİL II.1

Mütemadi kirişin her açıklığındaki büyüklükler, açıklığın sol tarafındaki mesnedin indisi ile belirtilmişlerdir. Herhangi bir kesitin yeri, sol mesnetten x , sağ mesnetten x' uzaklığı ile belirtilmiştir (Şekil II.2).



ŞEKİL II.2

II.2. ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ

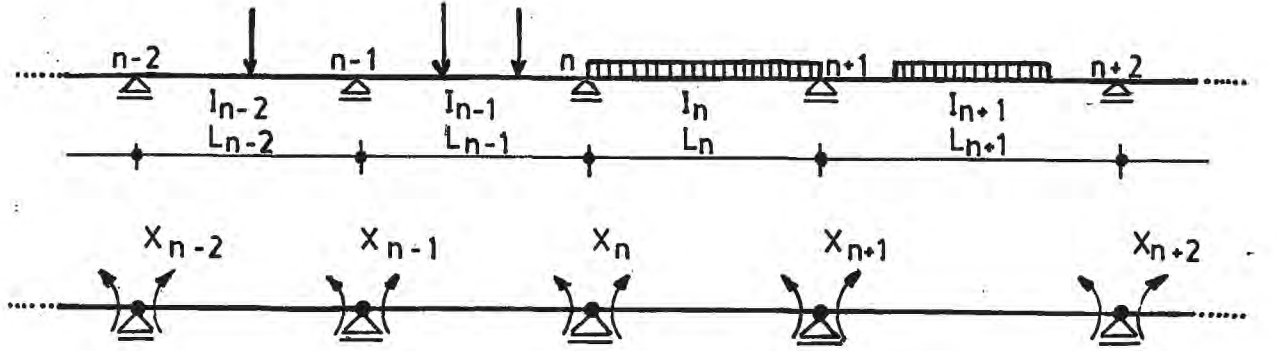
II.2.1. Mütemadi Kirişlerde Üç Moment Denklemi (Clapeyron Denklemi) (1,3,4)

İzostatik Esas Sistem ve Bilinmeyenlerin Seçilmesi

Mütemadi kirişlerin hiperstatiklik derecesi mesnet reaksiyon kuvvetleri sayısından (uç mesnetler ankastre ise mesnet momentleri dahil olmak üzere) denge denklemi sayısının (3) çıkarılmasıyla hesaplanır. Buna göre mesnet sayısı n olan sürekli bir kirişte hiperstatik bilinmeyen sayısı, ilk ve son mesnetin ankastre olması durumunda n , mesnetlerden birinin ankastre olması durumunda $n-1$ ilk mesnetin sabit diğerlerinin hareketli olması durumunda $n-2$ 'ye yani orta mesnet sayısına eşittir.

Mütemadi kirişlerin kuvvet metoduyla çözümünde hiperstatik bilinmeyen olarak mesnet momentlerinin seçilmesi hesaplarda kolaylık sağlar. Bu durumda izostatik esas sistem, basit kirişlerden oluşmuş bir sistem olarak seçilir, dış yüklerle ait moment diyagramı her açıklık için basit kirişte kolayca hesaplanabilir.

Buna göre bir mütemadi kirişe kuvvet metodu uygulanırsa;

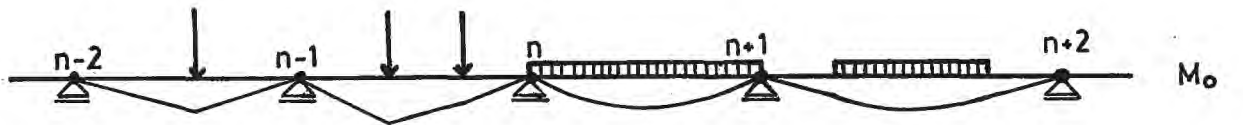


ŞEKİL II.3

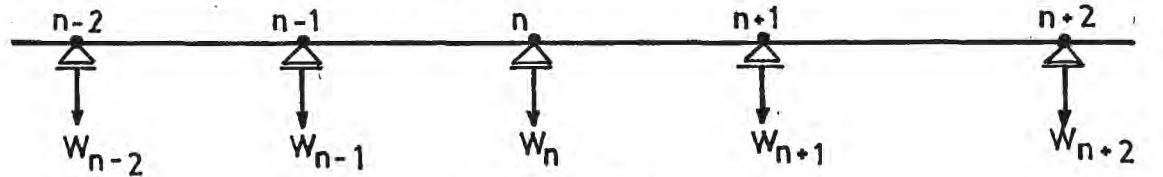
X=0 Yüklemesi

M_0 moment diyagramı, izostatik esas sistemde dış yüklerden meydana gelen moment diyagramıdır. Bu da yanyana gelmiş basit kirişlerin diyagramlarından meydana gelir.

W ile gösterilen mesnet çökmeleri ise aşağıya doğru pozitif kabul edilir.



Şekil II-4



ŞEKİL II.5

Birim Yükleme

Birim yüklemelere ait moment diyagramları ise sadece birim yükleme yapılan mesnedin iki tarafındaki açıklıkta devam eder. n numaralı mesnette yazılacak süreklilik denklemi

$$\delta_{n,n-1} = \int_{x=0}^{L_{n-1}} \frac{xx'}{L_{n-1}^2} \frac{dx}{EI_{n-1}} = \frac{1}{EI_{n-1}L_{n-1}^2} \int_{x=0}^{L_{n-1}} x(L_{n-1}-x) dx$$

$$\delta_{n,n-1} = \frac{1}{EI_{n-1} \cdot L_{n-1}^2} \int_{x=0}^{L_{n-1}} L_{n-1} \cdot x \cdot dx - \int_{x=0}^{L_{n-1}} x^2 dx$$

$$\delta_{n,n-1} = \frac{1}{EI_{n-1} \cdot L_{n-1}^2} \left[\left| L_{n-1} \frac{x^2}{2} \right|_0^{L_{n-1}} - \left| \frac{x^3}{3} \right|_0^{L_{n-1}} \right] = \frac{1}{EI_{n-1} \cdot L_{n-1}^2} \left[\frac{L_{n-1}^3}{2} - \frac{L_{n-1}^3}{3} \right]$$

$$\delta_{n,n-1} = \frac{1}{6E} \cdot \frac{L_{n-1}}{I_{n-1}}$$

$$\delta_{n,n} = \int_{x=0}^{L_{n-1}} \frac{x^2}{L_{n-1}^2} \frac{dx}{EI_{n-1}} + \int_{x=0}^{L_n} \frac{x'^2}{L_n^2} \cdot \frac{dx}{EI_n} = \frac{2}{6E} \left(\frac{L_{n-1}}{I_n} + \frac{L_n}{I_n} \right)$$

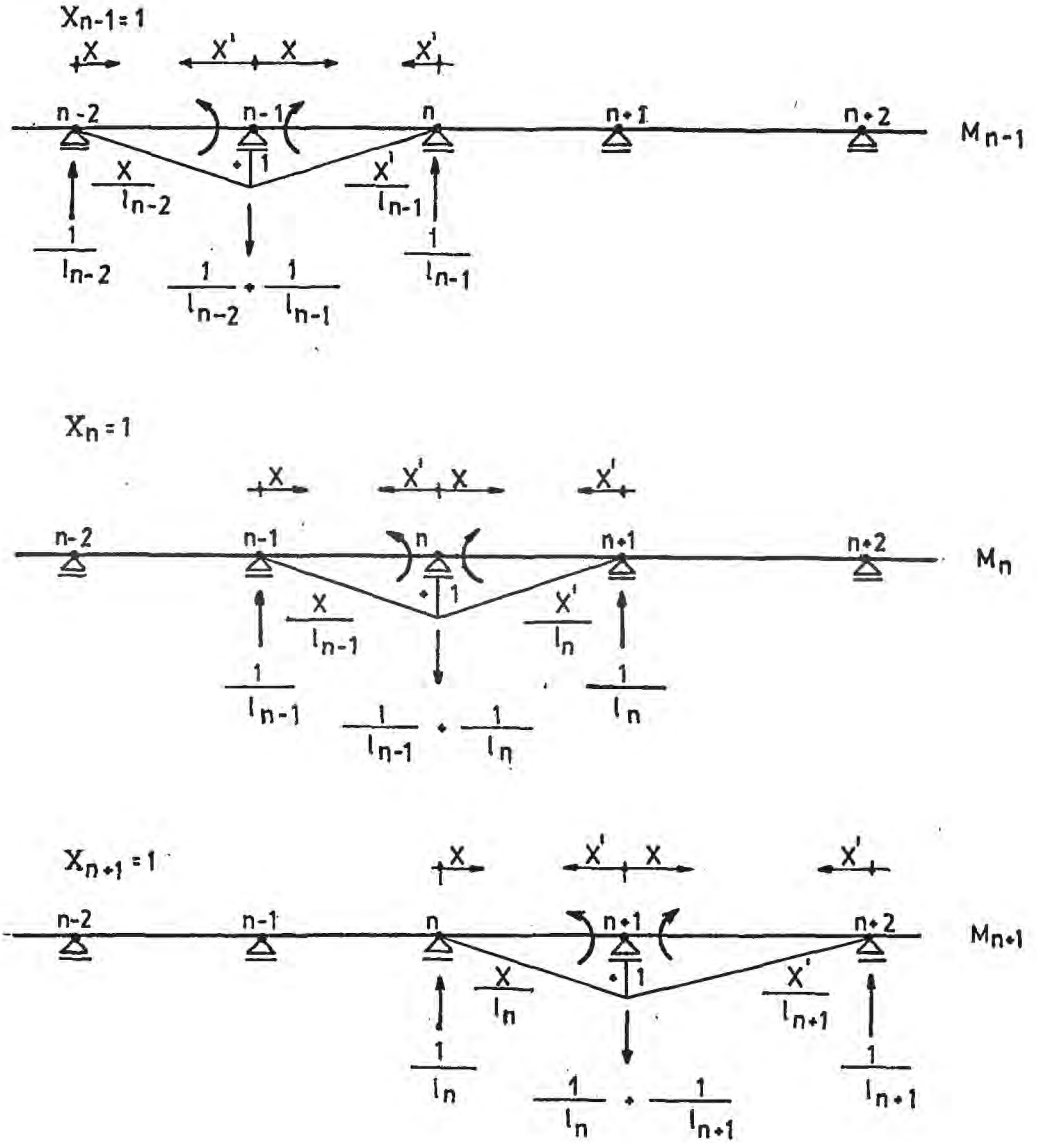
$$\delta_{n,n+1} = \int_{x=0}^{L_n} \frac{xx'}{L_n^2} \frac{dx}{EI_n} = \frac{1}{6E} \cdot \frac{L_n}{I_n} \quad (\text{II.1.2})$$

denklemleri bulunur.

$\delta_{i,0}$ Dönmelerinin Hesabı

$\delta_{i,0}$, izostatik esas sistemde i kesitinde dış tesirlerden (farklı sıcaklık değişmesi dahil olmak üzere) meydana gelen toplam yerdeğiştirme olduğuna göre izostatik esas sistemde i mafsalında birleşen çubukların rölatif dönme açısıdır.

için $n-1$, n , $n+1$ mesnetlerindeki X_i bilinmeyenlerine ait birim yüklemeler kullanılır. Çünkü, bunun dışında yapılan yüklemelerden oluşan moment alanlarının çarpımı sıfır olur (Şekil II.6).



ŞEKİL II.6

n Numaralı Süreklilik Denklemine Kurulması

n numaralı süreklilik denklemi;

$$\dots + 0 + \delta_{n,n-1} \cdot X_{n-1} + \delta_{n,n} \cdot X_n + \delta_{n,n+1} \cdot X_{n+1} + 0 + \dots + \delta_{n,0} + \delta_{n,t} = J_n$$

şeklindedir. Diğer denklemler n'e 1'den itibaren değerler verilerek elde edilirler. Denklem sayısı bilinmeyen sayısına eşittir (n = 1,2,3...).

δ_{ij} Dönmelerinin Hesabı

δ_{ij} , 7'deki birim momentten dolayı i mesnetindeki dönmelerdir. Virtüel iş teoreminden yararlanarak hesaplanır.

$$\delta_{ij} = \int M_i \cdot M_j \frac{ds}{EI}$$

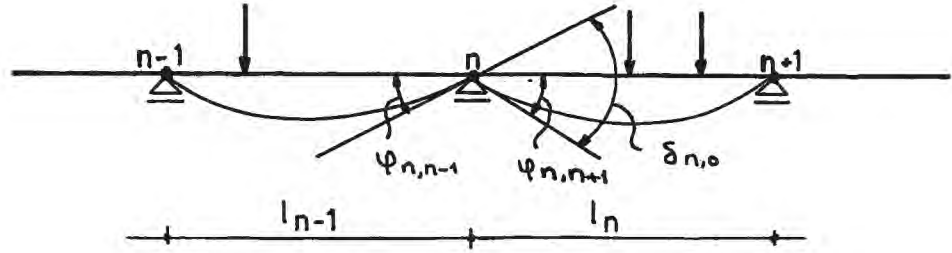
birim yüklemelerden oluşan moment alanlarının çarpılıp entegre edilmesiyle elde edilirler.

$$\delta_{n,n-1} = \int_{x=0}^{L_{n-1}} \frac{x \cdot x'}{L_{n-1}^2} \cdot \frac{dx}{EI_{n-1}}$$

$$\delta_{n,n} = \int_{x=0}^{L_{n-1}} \frac{x^2}{L_{n-1}^2} \cdot \frac{dx}{EI_{n-1}} + \int_{x=0}^{L_n} \frac{x'^2}{L_n^2} \cdot \frac{dx}{EI_n}$$

$$\delta_{n,n+1} = \int_{x=0}^{L_n} \frac{xx'}{L_n^2} \cdot \frac{dx}{EI_n} \quad (\text{II.1.1})$$

EI değerinin her açıklıkta sabit olduğunu varsayarsak II.1 denklemleri daha da basitleşir. Buna göre;



ŞEKİL II.7

$$\delta_{n,o} = \varphi_{n,n-1} + \varphi_{n,n+1} \text{ yazılabilir.}$$

Başka bir deyişle, $\delta_{n,o}$ terimi $(n-1,n)$ basit kirişinin sağ mesnetinin dönüş açısıyla, $(n,n+1)$ basit kirişinin sol mesnetinin dönüş açıları toplamıdır. Basit kirişlerin mesnetlerinin dönüş açıları çeşitli yüklemelere göre Mohr metodu veya virtüel iş teoremine göre hesaplamak mümkündür.

$$\delta_{n,o} = \int_{x=0}^{L_{n-1}} M_{o,n-1} \frac{x}{L_{n-1}} \cdot \frac{dx}{EI_{n-1}} + \int_{x=0}^{L_n} M_{o,n} \frac{x'}{L_n} \cdot \frac{dx}{EI_n} \quad (\text{II.1.3})$$

Burada, M genel olarak kullanılmıştır. Farklı sıcaklık değişiminin etkisi için de aynı şekilde hareket edilerek;

$$\delta_{n,o} = \int_{x=0}^{L_{n-1}} \frac{\Delta t \cdot \alpha}{d_{n-1}} \cdot \frac{x}{L_{n-1}} \cdot dx + \int_{x=0}^{L_n} \frac{\Delta t \cdot \alpha}{d_n} \cdot \frac{x'}{L_n} \cdot dx \quad (\text{II.1.4})$$

yazılabilir.

d_{n-1}, d_n Kiriş yüksekliği

Δt Alt ve üst lifler arasındaki sıcaklık farkı

α Yapı malzemesinin genleşme katsayısı (birim boyda birim sıcaklık değişimi için meydana gelen boy değişmesi)

Mesnet çökmelerinden dolayı süreklilik denklemlerine girecek terimlerin toplamı n.mesnet için J_n ile gösterilirse;

$$J_n = W_{n-1} \cdot \frac{1}{L_{n-1}} + W_n \left(\frac{1}{L_{n-1}} + \frac{1}{L_n} \right) + W_{n+1} \cdot \frac{1}{L_n} \quad (\text{II.1.5})$$

yazılır.

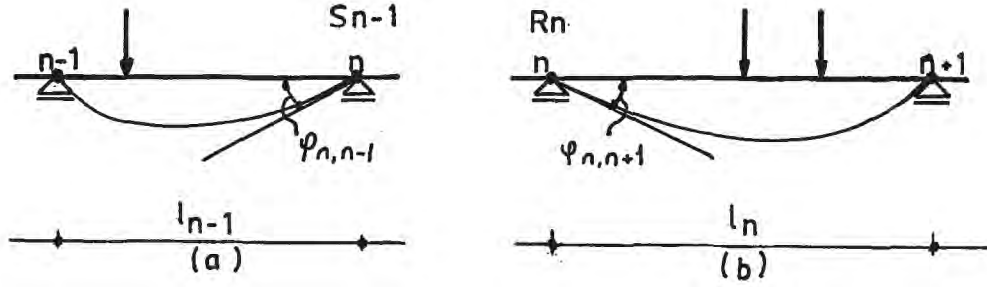
Yine, EI değerlerinin her açıklıkta sabit olduğu varsayılırsa; $\delta_{n,o}$ ifadesinin her iki tarafı $6EI_{n-1}$ ile çarpılır.

$$\begin{aligned} 6EI_{n-1} \delta_{n,o} &= \left[\frac{6EI_{n-1}}{L_{n-1}^2 EI_{n-1}} \cdot \int_{x=0}^{L_{n-1}} M_{o,n-1} x \cdot dx \right]_{L_{n-1}} + \left[\frac{6EI_{n-1}}{L_n^2 EI_n} \cdot \int_{x=0}^{L_n} M_{o,n} x' \cdot dx \right]_{L_n} \\ &= \underbrace{\left[\frac{6}{L_{n-1}^2} \int_{x=0}^{L_{n-1}} M_{o,n-1} x \cdot dx \right] \cdot L_{n-1}}_{S_{n-1}} + \underbrace{\left[\frac{6}{L_n^2} \int_{x=0}^{L_n} M_{o,n} x' \cdot dx \right]_{L_n} \cdot \frac{I_{n-1}}{I_n}}_{R_n} \quad (\text{II.1.6}) \end{aligned}$$

S ve R değerlerine yük terimleri denir.

S_{n-1} (n-1) açıklığının sağındaki (n mesnetinin solundaki) dönüş açısının $6EI_{n-1}/L_{n-1}$ ile çarpımına (Şekil II.8.a)

R_n (n) açıklığının solundaki (n mesnedinin sağındaki) dönüş açısının $6EI_n/L_n$ ile çarpımına eşittir (Şekil II.8.b)



ŞEKİL II.8

Yani;

$$\varphi_{n,n-1} = \frac{L_{n-1}}{6EI_{n-1}} \cdot S_{n-1}$$

$$\varphi_{n,n+1} = \frac{L_n}{6EI_n} \cdot R_n \text{ dir} \quad (\text{II.1.7})$$

$$\delta_{n,o} = \frac{1}{6EI_{n-1}} \left| S_{n-1} \cdot L_{n-1} + R_n \cdot L_n \cdot \frac{I_{n-1}}{I_n} \right| \quad (\text{II.1.8})$$

olur.

Farklı sıcaklık değişimi için integral alırsak;

$$\delta_{n,t} = \frac{\Delta t \cdot \alpha}{d_{n-1} \cdot L_{n-1}} \int_{x=0}^{L_{n-1}} x \cdot dx + \frac{\Delta t \cdot \alpha}{d \cdot L_n} \int_{x=0}^{L_n} x' \cdot dn$$

$$\delta_{n,t} = \frac{\Delta t \cdot \alpha}{d_{n-1} \cdot L_{n-1}} \left| \frac{x^2}{2} \right|_0^{L_{n-1}} + \frac{\Delta t \cdot \alpha}{d \cdot L_n} \left| \frac{x'^2}{2} \right|_0^{L_n}$$

$$\delta_{n,t} = \frac{1}{2} \Delta t \alpha \left| \frac{L_{n-1}}{d_{n-1}} + \frac{L_n}{d_n} \right| \quad (\text{II.1.9})$$

bulunur.

Bulunan bu denklemlerden yararlanarak süreklilik denklemini yazarsak;

$$\frac{1}{6} \frac{L_{n-1}}{EI_{n-1}} X_{n-1} + \frac{2}{6E} \left(\frac{L_{n-1}}{I_{n-1}} + \frac{L_n}{I_n} \right) X_n + \frac{1}{6} \frac{L_n}{EI_n} X_{n+1} = - \frac{1}{6E} \frac{S_{n-1} \cdot L_{n-1}}{I_{n-1}} -$$

$$\frac{1}{6E} \cdot \frac{R_n \cdot L_n}{I_{n-1}} \cdot \frac{I_{n-1}}{I_n} - \frac{1}{2} \cdot \Delta t \cdot \alpha \left| \frac{L_{n-1}}{d_{n-1}} + \frac{L_n}{d_n} \right| -$$

$$\left| \frac{W_{n-1}}{L_{n-1}} - W_n \left(\frac{1}{L_{n-1}} + \frac{1}{L_n} \right) + \frac{W_{n+1}}{L_n} \right| \quad (\text{II.1.10})$$

elde edilir. Bu denkleme Clapeyron veya Üç Moment Denklemi denir.

Her ara mesnet için bu işlemler tekrar edilerek bilinmeyen sayısı kadar süreklilik denklemi yazılır. Elde edilen bu denklem takımı çözülerek X_1, X_2, \dots, X_n bilinmeyenleri bulunur.

Kenar mesnedin ankastre olması durumunda, ankastre mesnet ara mesnet haline getirilir (Şekil II.9). Bu suretle elde edilen hesabı belli mütemadi kiriş asıl sisteme eşdeğer olur. Ara mesnet sayısı bir tane arttığından bilinmeyenlerin sayısı da bir tane artar. Yeni ara mesnet için aşağıdaki denklem yazılır.

$$L' = 0$$

$$0 + 2 \left(0 + \frac{L_1}{I_1} \right) X_1 + \frac{L_1}{I_1} X_2 = - \frac{L_1}{I_1} R_1 \quad (\text{II.1.11})$$

Sağ mesnetin ankastre olması halinde benzer şekilde,

$$L_n = 0$$

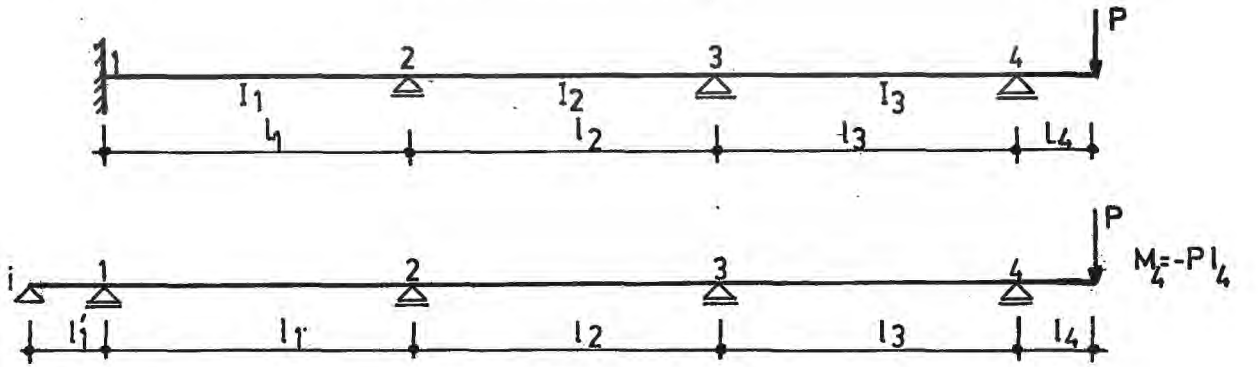
$$\frac{L_{n-1}}{I_{n-1}} \cdot X_{n-1} + 2 \left(\frac{L_{n-1}}{I_{n-1}} + 0 \right) X_n + 0 = -\frac{L_{n-1}}{I_{n-1}} \cdot S_{n-1} \quad (\text{II.1.12})$$

olur.

Konsol bulunması halinde, Clapeyron denkleminde kenar mesnet momenti yerine, bilinen konsol momenti yazılır. Örneğin 3 mesnedine ait Clapeyron denkleminde

$$\frac{L_2}{I_2} X_2 + 2 \left(\frac{L_2}{I_2} + \frac{L_3}{I_3} \right) X_3 + \frac{L_3}{I_3} M_4 = -\frac{L_2}{I_2} \cdot S_2 - \frac{L_3}{I_3} R_3$$

belli olan M_4 konsol momenti X_4 yerine yazılacaktır. İşareti göz önünde tutulmalıdır (Şekil II.9).



ŞEKİL II.9

II.2.2. Müttemadi Kirişlerin Açık Metodu ile Çözümü

II.2.2.1. Giriş(3)

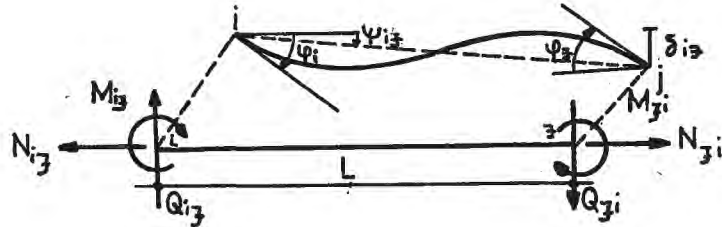
Açık metodu ile çözümde esas bilinmeyenler şekil değiştirmelerdir. Bundan dolayı bu metoda şekil değiştirme metodu ya da yer değiştirme büyüklükleri metodu denir. Bilinmeyenler

olarak çubuk uçlarındaki ve eksenlerindeki açıların seçilmesi nedeniyle genellikle Açı Metodu olarak adlandırılır. Bilinmeyenler, sistemin denge şartlarını sağlayacak şekilde kurulan denklem takımlarının çözümünden elde edilir. Şekil değiştirmeler bulunduktan sonra bütün çubuk uç kuvvetleri ve mesnet tepkileri hesaplanabilir. Kuvvet metodunda şekil değiştirme şartlarından kuvvetler elde edilmesine karşın, açı metodunda kuvvetlerin denge şartlarından şekil değiştirmeler elde edilir. Kurulacak denge denklemleri sayısı Paragraf I.3.2'de açıklandığı üzere $2d_1 + 3d_2 - a$ 'dır. Ancak bu sayı normal kuvvet deformasyonlarının ihmal edilmesiyle daha da azalır (Paragraf II.2.2.3).

İşaret Kabulleri

Bütün moment, çubuk uç ve çubuk eksen dönüş açıları için saat dönüş yönü pozitif, saat dönüş yönünün tersi negatif kabul edilmiştir. Kesici kuvvetler için saat dönüş yönü, normal kuvvetler için çekme yönü pozitif kabul edilir.

II.2.2.2. Uç Kuvvetleri ve Deformasyonlar Arasındaki Bağlantılar



ŞEKİL II.10

M_{ij}, M_{ji} i ve j uçlarındaki uç momentleridir

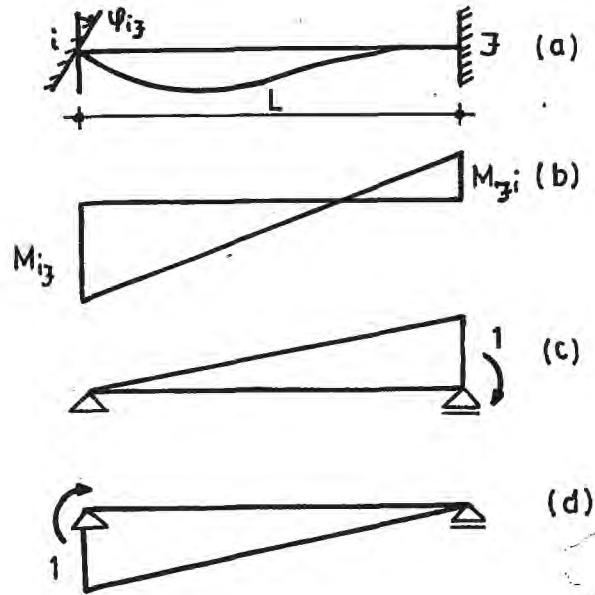
Q_{ij}, Q_{ji} i ve j uçlarında ij doğrultusuna dik uç kuvvetlerdir (doğru eksenli çubuklarda kesme kuvveti)

N_{ij}, N_{ji}	i ve uçlarında ij doğrultusundaki uç kuvvetlerdir . (doğru eksenli çubuklarda normal kuvvet)
φ_i, φ_j	Çubuk uç dönmeleridir. Çubuk ucuna çizilen teğetle çubuğun ilk eksen doğrultusu arasındaki açıdır
ψ_{ij}	Çubuk ekseninin yeni konumu ile çubuğun ilk eksen doğrultusu arasındaki açıdır
δ_{ij}	Çubuk uçlarının birbirlerine göre karşılıklı çubuk eksenine dik yer değiştirmesidir. $\delta_{ij} = \psi_{ij} \cdot L$ 'dir. İşareti ψ_{ij} 'ye bağlıdır.

Bu bölümde atalet momenti sabit çubuklar için bağıntılar elde edilecektir.

II.2.2.2.1. İki Ucu Ankastre Kirişlerde Uç Kuvvetleri ve Deformasyonlar Arasındaki Bağıntılar ($I = \text{Sabit}$)(3)

Bir ij çubuğunun i ucunu φ_{ij} kadar döndürelim. Bundan dolayı oluşan moment alanı Şekil II.11'de gösterilmiştir.



ŞEKİL II.11

Bu momentlerden dolayı i ve j uçlarındaki dönmeler virtüel iş ve kısaltma teoremi ile bulunabilir. j ucundaki dönmeyi bulmak için Şekil II.11(b)'deki alan (c)'deki izostatik sisteme ait alanla çarpılırsa

$$\varphi_{ji} = \frac{1}{EI} \left(-\frac{1}{6} M_{ij}L + \frac{1}{3} M_{ji}L \right) = 0$$

$$M_{ji} = \frac{M_{ij}}{2} \quad (II.2.1)$$

bulunur.

Dönme olmayan uçtaki moment dönme olan uçtaki momentin yarısına eşittir. φ_{ij} dönüş açısını ise Şekil II.11(b)deki alanın (d)'deki izostatik sisteme ait alanla çarpımından bulunur.

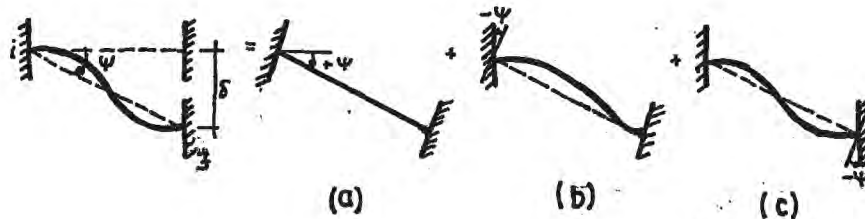
II.2.1. denklemini de göz önüne alınarak

$$\varphi_{ij} = \frac{1}{EI} \left(\frac{1}{3} M_{ij} \cdot L - \frac{1}{6} \frac{M_{ij}}{2} \cdot L \right) = \frac{L}{4EI} \text{ veya}$$

$$M_{ij} = \frac{4EI}{L} \cdot \varphi_{ij} \quad (II.2.2)$$

olur.

Görüldüğü gibi momentler dönüş açıları ile aynı yöndedir. δ çubuk uçlarının karşılıklı yerdeğiştirmesinin etkisi:



ŞEKİL II.12

tadır. Bu durumda mütemedi kirişlerin açılı metodu ile çözümünde, bilinmeyenler olarak çubuk uçlarındaki ψ dönmeleri alınır. Bu bilinmeyenleri tayin etmek için, bilinmeyenlerle aynı sayıda olan düğüm noktalarının moment denge denklemlerinden yararlanılır. İlk ve son mesnetlerde ise moment denge denklemleri yazılmaz. Diğer düğüm noktalarında düğüm dengesi için önce, her çubuğun uç momentlerini uç deplasmanlarına bağlı olarak veren

$$M_{ij} = \frac{4EI}{L} \psi_{ij} + \frac{2EI}{L} \psi_{ji} + \bar{M}_{ij}$$

$$M_{ji} = \frac{4EI}{L} \psi_{ji} + \frac{2EI}{L} \psi_{ij} + \bar{M}_{ji} \quad (\text{II.2.12})$$

denklemleri yazılır.

i düğüm noktasında momentlerin dengede olacağı yani $\sum M = 0$ şartı yazılırsa;

$$\psi_i \cdot d_i + \sum_n k_n \cdot \psi_n + \sum_n \bar{M}_{in} = 0 \quad (\text{II.2.13})$$

olur. Bu denklemde;

$d_i = i$ düğümüne birleşen çubukların $2k$ ve $2k'$ 'leri toplamıdır. İki ucu eğilmeye mukavemetli çubuklarda $k = \frac{2EI}{L}$ dir. Bir ucu mafsallı çubuklarda ise $k' = \frac{1,5 \cdot EI}{L}$ dir.

$\sum_n k_n \cdot \psi_n =$ Düğümdeki çubukların yukarıda belirtildiği şekilde hesaplanan k 'larla çubukların diğer uçlarındaki ψ açıların çarpımlarının toplamıdır.

$\sum_n \bar{M}_{in} :$ i düğümünde birleşen çubukların i 'deki ankastrelik momentleri toplamıdır. Konsol olması durumunda i düğümüne bir moment gelmiş ise bunu da bu terime katmak gerekir (Şekil II.19).

Bu yer değiştirme durumu iki çubuk uç dönmesinin süperpozisyonundan oluşur (şekil II.12).

$$M_{ij} = M_{ji} = -\left(\frac{4EI}{L} \psi + \frac{2EI}{L} \psi\right) = -\frac{6EI}{L} \psi = -\frac{6EI}{L^2} \delta \quad (\text{II.2.3})$$

Momentler, eksen dönüş aılları ile ters yönlüdür.

Δ çubuğun aksenal uzamasının etkisi:

ubuk eksenini Δ kadar uzadığında çubukta meydana gelen normal kuvvet

$$N_{ij} = N_{ji} = \frac{EF}{L} \Delta \quad (\text{II.2.4})$$

Değişken ısı değişikliği etkisi altında oluşan dönme

$$d\psi = \frac{\alpha \Delta t}{d} \cdot dL \quad (\text{II.2.5})$$

şekil II.13a'daki basit kirişte farklı sıcaklık değişmesinden dolayı i ucundaki dönme virtüel iş teoreminden yararlanarak,

$$1. \psi_{ij} = \int \bar{M} \cdot d\psi = \frac{\alpha \Delta t}{d} \int \bar{M} \cdot dL = \frac{\alpha L}{2d} \cdot \Delta t$$

bulunur.

$\Delta t = t_{\text{st}} - t_{\text{alt}}$ ise $\Delta t > 0$ ise $\psi_{ij} > 0$, $\Delta t < 0$ ise $\psi_{ij} < 0$ 'dır

iki ucu ankastre kiriş ele alındığından (şekil II.13b)



şEKİL II.13

$+\varphi_{ij}$ ve $-\varphi_{ij}$ dönüş açılarını yok etmek üzere ters yönde sisteme uygulanacak momentler

$$-M_{ij} = M_{ji} = \frac{4EI}{L} \varphi_{ij} - \frac{2EI}{L} \varphi_{ji} = \frac{EI \cdot \alpha \cdot \Delta t}{d} \quad (\text{II.2.6})$$

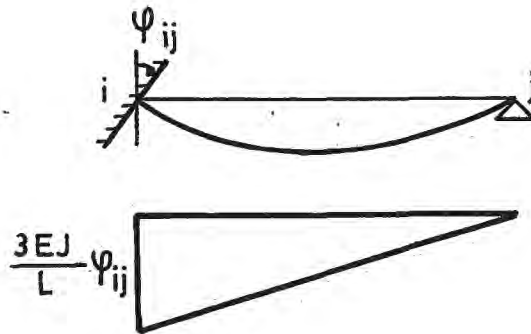
bulunur.

Dış yükler ve uç deplasmanları etkisi altındaki bir çubuğun uç kuvvetleri şu değerlerin toplanması ile elde edilir.

- 1- Dış yükler (yükler ankastre kirişe etki etmektedir)
- 2- i ucunun dönmesinin etkisi
- 3- j ucunun dönmesinin etkisi
- 4- i ve j uçlarının karşılıklı çubuk eksenine dik yer değiştirmesi
- 5- Çubuğun aksenal uzaması
- 6- Sıcaklık değişmesi terimleri

Bunlardan sıcaklık değişmesi ve çubuğun aksenal uzaması terimleri, dış yük terimlerine katılabilir.

II.2.2.2.2. Bir Ucu Mafsallı Kirişlerde Uç Kuvvetleri ve Deformasyonlar Arasındaki Bağantılar(3)



ŞEKİL II.14

Şekil II.14'deki çubuğun i ucu φ_{ij} kadar dönsün. j ucu mafsallı olduğundan $M_{ji}=0$ 'dır.

İki ucu ankastre olması durumunda j ucundaki M_{ji} momentini sıfır yapan ters bir moment uygulanırsa j ucundaki toplam moment sıfır olacağından bir ucu mafsallı sisteme eşdeğer sistem elde ederiz.

Buna göre j ucundaki moment,

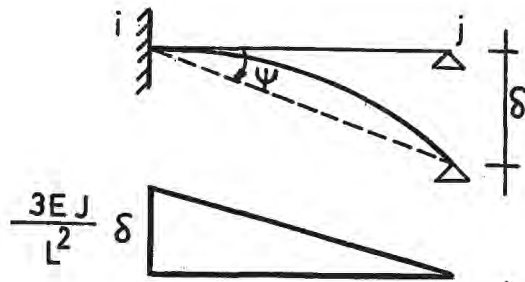
$$-M_{ji} = -\frac{2EI}{L} \varphi_{ij} \text{ momentin yarısı diğer uca geçeceğinden}$$

$-\frac{M_{ji}}{2} = -\frac{EI}{L} \varphi_{ij}$ değeri $M_{ij} = \frac{4EI}{L} \varphi_{ij}$ ile toplanırsa mafsallı çubuk için

$$M_{ij} = \frac{3EI}{L} \varphi_{ij} \quad (\text{II.2.7})$$

bulunur.

δ çubuk uçlarının karşılıklı yer değiştirmesinin etkisi:



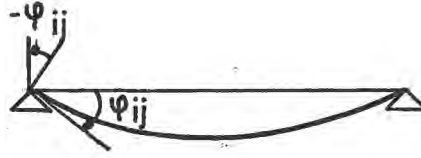
ŞEKİL II.15

Yine aynı düşünce ile, iki ucu ankastre halde j ucundaki momentin ters işaretlisi sisteme uygulanırsa, bir ucu mafsallı duruma eşdeğer sistem elde edilir. Buradaki momentin yarısı karşı uca geçeceğinden i ucunda

$$M_{ij} = -\frac{6EI}{L^2} \delta + \frac{3EI}{L^2} \delta = -\frac{3EI}{L^2} \delta \quad (\text{II.2.8})$$

bulunur (Şekil II.15).

Farklı sıcaklık değişmesi durumunda, φ_{ij} açısını yok etmek üzere sisteme uygulanacak moment



ŞEKİL II.16

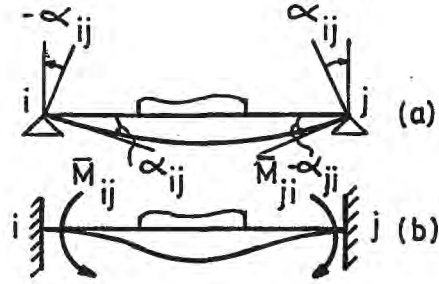
$$-M_{ij} = \frac{3EI}{L} \varphi_{ij} = \frac{3EI}{L} \cdot \frac{\alpha \Delta t}{2d} \cdot L$$

$$-M_{ij} = \frac{3}{2} \frac{E.I.\alpha.\Delta t}{d} \quad (\text{II.2.9})$$

bulunur (Şekil II.16).

II.2.2.2.3. Ankastrelik Momentleri(3)

Ankastrelik momenti, iki ucu ankastre bir kirişte dış yükler dolayısıyla meydana gelen uç momentleridir.



Şekil II.17

Şekil II.17'deki basit kirişin atalet momentinin sabit olduğunu düşünelim. Ankastrelik momentleri, basit kirişin mesnetlerinde dış yükten dolayı oluşan dönüşleri ortadan kaldıran momentlerdir.

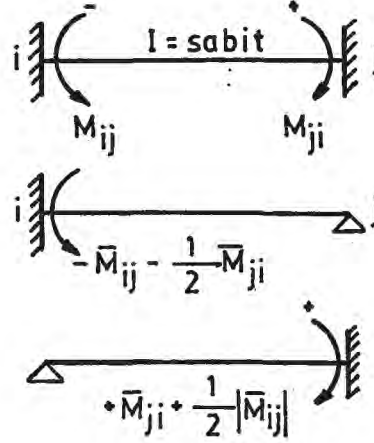
$$-\bar{M}_{ij} = \frac{4EI}{L} \alpha_{ij} - \frac{2EI}{L} \alpha_{ji}$$

$$+\bar{M}_{ji} = \frac{4EI}{L} \alpha_{ji} - \frac{2EI}{L} \alpha_{ij} \quad (II.2.10)$$

α_{ij} ve α_{ji} dönüş açıları Mohr metoduna göre hesaplanır. Bu metoda göre hesaplanan fiktif yükün sırasıyla i ve j uçlarında oluşturdukları mesnet tepkileri α_{ij} ve α_{ji} 'ye eşittir. Eğer çubuğun bir ucu ankastre diğer ucu mafsallı ise,

$$\bar{M}_{ij} = -\frac{3EI}{L} \alpha_{ij} \quad \text{ve} \quad \bar{M}_{ji} = 0 \quad (II.2.11)$$

\bar{M}_{ij} değeri, II.2.10 denklemlerindeki \bar{M}_{ij} değeri ile $-\frac{\bar{M}_{ji}}{2}$ değerinin toplamına eşittir. Bunu Şekil II.18'de şema halinde göstermek mümkündür.



Şekil II.18

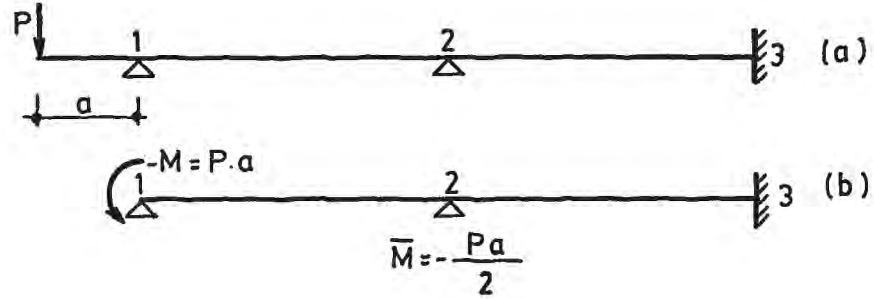
II.2.2.3. Açık Metodu Denklem Takımlarının Kurulması(1,2,3)

Açık metodunu düğüm noktaları sabit ve hareketli sistemler olmak üzere iki ana grupta inceleyebiliriz:

Açık metodunda amaç şekil değiştirme büyüklüklerinin hesabıdır. Şekil değiştirmiş durumdaki sistemin geometrisini bulabilmek için önce sistem geometrik olarak belirli bir hale getirilir. Bunun için bütün çubuk uç ve eksen dönüşlerinin sıfır alındığı geometrik belirli bir sistem seçilir.

Her düğüm noktasında birleşen çubuk uçlarında, dış yükler, uç (düğüm) dönmesi, eksen dönmesinden dolayı meydana gelen uç kuvvetlerinin dengesine ait denklemler yazılır. Bu denklemlerin çözümünden her çubuk için şekil değiştirmeler bulunur.

Düğüm noktaları sabit sistemlerde yani çubuk eksen dönüş açıları sıfır olan sistemlerde hesap oldukça kolaylaşır. Bu sistemlerde normal kuvvetten oluşan boy değişmelerinin ihmal edilmesiyle bilinmeyen sayısı çubuk sayısı kadar azalmak-



Şekil II.19

II.2.13 denklemi her düğüm için yazılarak φ 'lere göre lineer denklem takımı elde edilir. Bu denklem takımı kapalı matris şeklinde şöyle gösterilebilir.

$$[K][\varphi] + [M] = 0$$

Burada $[K]$ katsayılar matrisi sistem rijitlik matrisi, $[M]$ sabitler matrisi ise yükleme terimleri matrisi olarak adlandırılır. Bu denklem takımının çözümüyle $[\varphi]$ bilinmeyenleri bulunur. (II.2.12) denklemlerinden yararlanarak her çubuğa ait uç momentleri bulunur. Kesme kuvvetleri ise;

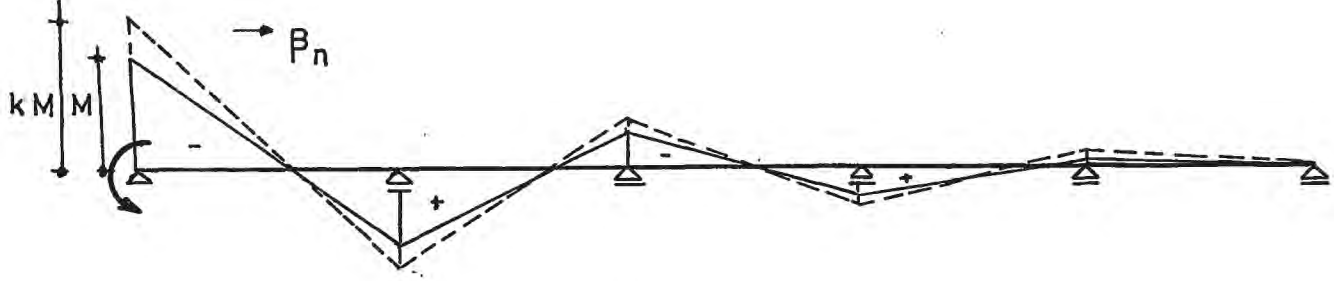
$$Q_{ij} = -\frac{M_{ij} + M_{ji}}{L} + \bar{Q}_{ij}$$
$$Q_{ji} = -\frac{M_{ij} + M_{ji}}{L} + \bar{Q}_{ji} \quad (II.2.14)$$

denklemlerinden bulunur.

II.2.3. Müttemadi Kirişlerin Sabit Noktalar Metodu ile Çözümü

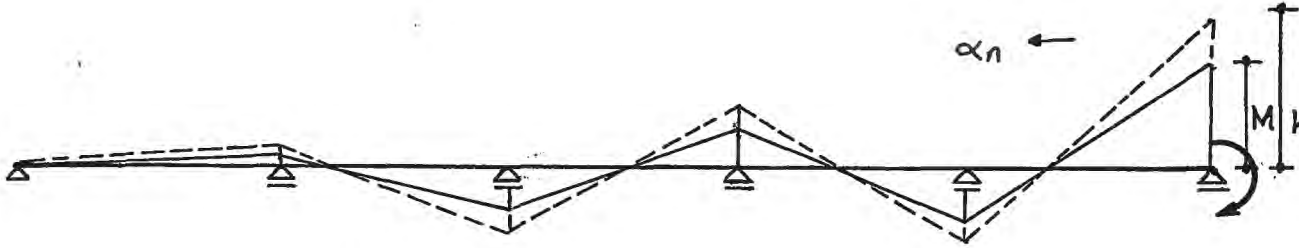
Şekil II.20'de 5 açıklıklı bir müttemadi kiriş görülmektedir. Kirişin sol kenar mesnedine etkiyen M momentinden dolayı oluşan eğilme momenti diyagramı, sistemde yük bulunmadığından doğrusal olacaktır. M momenti yerine kM momenti tat-

bik edilirse, eğilme momentleri de k katı olur. O halde, her açıklığın belirli bir noktasında eğilme momentleri sıfırdır. Bunlara sağ sabit noktalar denir.



Şekil II.20

Aynı şekilde mütemadi kirişe sağ kenar mesnetten bir M momenti etkimesi halinde, eğilme momenti diyagramı sol sabit noktalardan doğrular geçirilerek tayin edilirler (Şekil II.21).



Şekil II.21

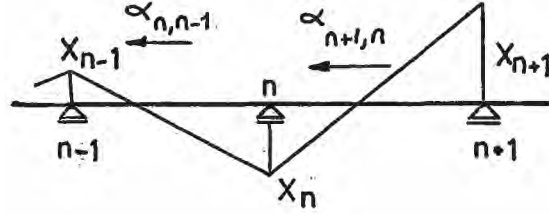
Sabit noktaların yeri α_n ve β_n katsayıları ile bulunur. Bunlara geçiş katsayıları denir. Sol sabit noktanın yeri α_n = Sol geçiş katsayısı ile sağ sabit noktanın yeri β_n = Sağ geçiş katsayısı ile bulunur.

Sabit Noktaların Tayini(1)

Sabit noktaların tayini için, bir önceki açıklıktaki sabit nokta belli iken bir sonraki açıklığa ait sabit noktayı

veren formüller elde edilir. Bu formüller yardımıyla, birinci açıklıktaki sabit nokta belli iken diğer açıklıklardaki sabit noktalar bulunabilir.

a) Sol sabit noktaların tayini:



Şekil II.22

Yükler bulunmadığından, n mesnedine ait süreklilik denklemi;

$$\delta_{n,n-1} X_{n-1} + \delta_{nn} X_n + \delta_{n,n+1} X_{n+1} = 0 \quad \text{dır.}$$

Mesnet momentleri arasındaki sabit oranlar

$$\frac{X_{n-1}}{X_n} = \alpha_{n,n-1} \quad \frac{X_n}{X_{n+1}} = \alpha_{n+1,n} \quad (\text{II.3.1})$$

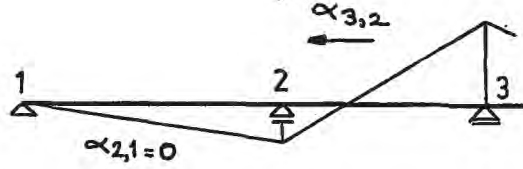
ile gösterilirse

$$\alpha_{n+1,n} = - \frac{\delta_{n,n+1}}{\delta_{n,n-1} \alpha_{n,n-1} + \delta_{n,n}} \quad \text{elde edilir. (II.3.2)}$$

Burada $\alpha_{n,n-1}$ bilinen, $\alpha_{n+1,n}$ ise aranan sol geçiş katsayılarıdır.

Birinci sol açıklığa ait α değeri belli iken diğerleri bu formül yardımıyla bulunabilir.

Birinci mesnet mafsalı olması halinde



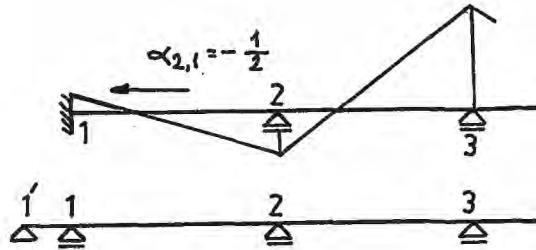
Şekil II.23

$$\alpha_{2,1} = \frac{M_1}{M_2} = \frac{0}{M_2} = 0 \quad \text{dır.}$$

Birinci mesnet ankastre iken eşdeğer sisteme (II.3.2) formülü uygulanarak

$$\alpha_{1,1'} = 0$$

$$\alpha_{21} = -\frac{\delta_{12}}{\delta_{11}} \quad \text{elde edilir (Şekil II.24)}$$



Şekil II.24

Atalet momentinin her açıklıkta sabit olması durumunda

$$\delta_{n,n-1} = \frac{1}{6E} \frac{L_{n-1}}{I_{n-1}}, \quad \delta_{n,n} = \frac{1}{3E} \left(\frac{L_{n-1}}{I_{n-1}} + \frac{L_n}{I_n} \right), \quad \delta_{n,n+1} = \frac{1}{6E} \frac{L_n}{I_n}$$

idi. Bu değerler(II.3.2) formülünde yerine konursa

$$\alpha_{n+1,n} = -\frac{1}{\frac{L_{n-1}}{L_n} \cdot \frac{I_n}{I_{n-1}} (\alpha_{n,n-1} + 2)} \quad (\text{II.3.3})$$

elde edilir.

Kenar mesnedin ankastre olması durumunda ise

$$\alpha_{2,1} = -\frac{1}{2} \quad \text{bulunur} \quad (\text{II.3.4})$$

b) Sağ sabit noktaların tayini

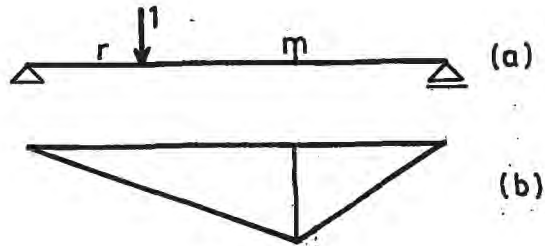
Mesnetler sağdan sola doğru numaralanır ise aynı formüller kullanılabilir.

BÖLÜM III TESİR ÇİZGİLERİ

III.1. GİRİŞ(4)

Taşıyıcı sistemin üzerinde hareketli yükler varsa, örneğin katar yükü, kamyon yükü v.b., yükün bulunduğu yere göre kesit tesirleri ve deformasyonlar her seferinde değişik değerler alırlar. Tesir çizgileri, hareketli yükün her konumu için herhangi bir kesitteki kesit tesirlerinin değerini veren diyagramlardır. Tesir çizgileri yardımıyla söz konusu kesitteki kesit tesirlerini max ve min yapan yükleme durumları bulunabilir.

Tesir çizgileri sistem üzerinde hareketli yük olarak $P=1$ birim yükleme dolaştığına göre çizilir.

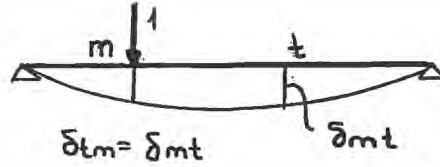


Şekil III.1

Şekil III.1a'da m kesitine ait moment tesir çizgisi çizilmek isteniyorsa $P=1$ yükü r'de iken m'de meydana gelen moment hesaplanır. Belirli bir ölçekle r'nin altına taşınır. Buna tesir çizgisinin r'deki ordinatı denir ve n_r ile gösterilir. $r=1,2,3\dots$ gibi birçok noktalar için bu işlem tekrarlanırsa $n_1, n_2, n_3\dots$ lerin uçlarını birleştiren çizgi m kesitindeki momentin tesir çizgisini verir (Şekil III.1b). İzo- statik sistemlerde tesir çizgileri lineer, hiperstatik sistemlerde eğrisel olur.

III.2. KUVVET METODUYLA TESİR ÇİZGİLERİNİN TAYİNİ(3)

Kesit tesirleri için tesir çizgisinin hesabına geçmeden önce sehim tesir çizgisinden bahsedelim.



Şekil III.2

Şekil III.2'deki sistemde t kesitine ait sehim tesir çizgisi aranmaktadır. Kuvvet çeşitli m, n, o noktalarında iken t'de meydana gelen sehimler $\delta_{tm}, \delta_{tn}, \delta_{to} \dots$ olur. Maxwell prensibi gereğince $\delta_{tm} = \delta_{mt}, \delta_{tn} = \delta_{nt}, \delta_{to} = \delta_{ot}$ olur. Görüldüğü gibi kuvvetin yerini gösteren ikinci indis hep t olmaktadır. Bu ise birim kuvvetin t'ye uygulanması halinde m, n, o noktalarındaki çökmeleri yani bütün kesitler için sistemin elâstik eğrisini ifade eder.

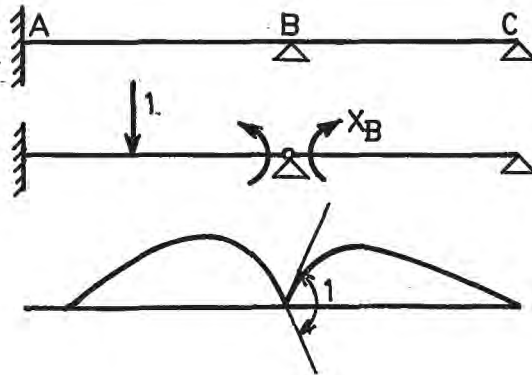
Sonuç olarak bir t kesitindeki sehim tesir çizgisi birim kuvvetin t'ye uygulanması halindeki elâstik eğriye eşit olur.

III.2.1. Tesir Çizgilerinin Süreklilik Denklemlerinden Elde Edilmesi(3)

Tesir çizgisi aranan hiperstatik büyüklük X_m ise sadece bu X_m büyüklüğü hiperstatik büyüklük olarak seçilir. Hiperstatiklik derecesi bir azaltılmış sistem için süreklilik denklemi yazılır.

$$\delta_{mm} \cdot X_m + \delta_{m0} = 0 \quad \delta_{m0} = \delta_{om} \quad (\text{Maxwell prensibi})$$
$$X_m = - \frac{\delta_{om}}{\delta_{mm}} \quad (\text{III.1})$$

Burada X_m bir kuvvet ise δ 'lar uzunluk boyutunda, bir moment ise dönmedir (Virtüel iş prensibi). Buna göre;
 $\delta_{om} = (X_{m=1})$ kuvvetinin m'ye uygulanması durumunda hiperstatiklik derecesi bir azaltılmış sistemin elastik eğrisi
 $\delta_{mm} =$ Elde edilen elastik eğrinin m noktasındaki değeri, yani X_m kuvvet ise m noktasındaki çökme, moment ise m'deki karşılıklı dönmedir.

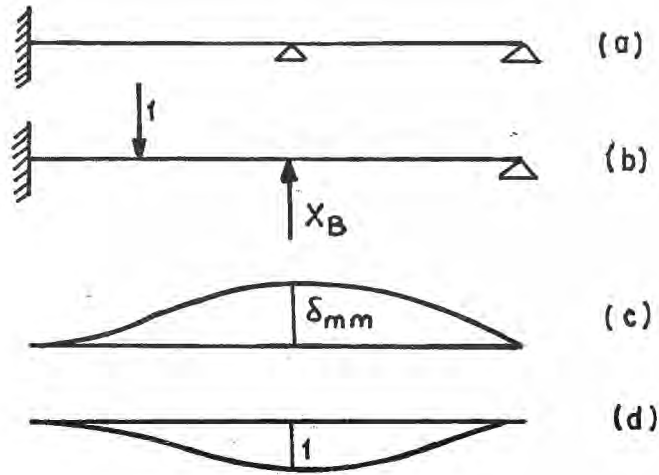


Şekil III.3

Şekil III.3'deki sistemde B mesnet momentine ait tesir çizgisinin elde edilmesi gösterilmiştir.

Elastik eğrinin elde edilmesi için önce hiperstatiklik derecesi bir azaltılmış sistemin $X_m=1$ yüklemesine göre çözülmesi gerekir. Bu sistemin Mohr metodu ile elastik eğrisi elde edilir. Bu elastik eğri ordinatları δ_{mm} değerine bölünür ve işareti değiştirilir. Tesir çizgisi bir mesnet kuvveti için çiziliyorsa δ_{mm} elastik eğrinin tam o noktadaki ordinatına eşit olur. Yani elastik eğrinin m kesitindeki değeri 1 olacak şekilde bütün ordinatlar bölünür (Şekil III.4).

Şekil III.4c'de $X_B=1$ için elastik eğri, d'de ise tesir çizgisi gösterilmiştir.



Şekil III.4

Tesir çizgisi bir mesnet momenti için çiziliyorsa δ_{mm} karşılıklı dönmesi Mohr metodu ile elastik eğri hesaplanırken M/EI yükünün mesnetin sol ve sağında meydana getirdiği kesici kuvvetlerin toplamına eşittir.

Herhangi bir kesitte tesir çizgisi hesaplanacaksa karşılıklı birim moment veya kuvvetlerin etkisiyle oluşan moment alanının kendisi ile çarpımından δ_{mm} değeri hesaplanır (Virtüel iş prensibi).

III.3. AÇI METODUYLA TESİR ÇİZGİLERİNİN TAYİNİ(3)

Bir ij çubuğunun i ucu için uç momentinin değeri

$$M_{ij} = \frac{2EI}{L} (2 \psi_{ij} + \psi_{ji} - \frac{3}{L} \delta) + \bar{M}_{ij}$$

Çubuğun bir ucu mafsallı ise

$$M_{ij} = \frac{3EI}{L} (\psi_{ij} - \frac{\delta}{L}) + \bar{M}_{ij} \text{ olarak bulunmuş idi.}$$

Bir uç momentine ait tesir çizgisinin, ankastre moment tesir çizgisi ile uç dönüş açıları ve çubuk eksen kaymasının tesir çizgilerinin belirli katsayılarla çarpımının süperpozisyonundan elde edildiği bu formüllerden görülmektedir.

Bu tesir çizgilerini sırasıyla elde edelim.

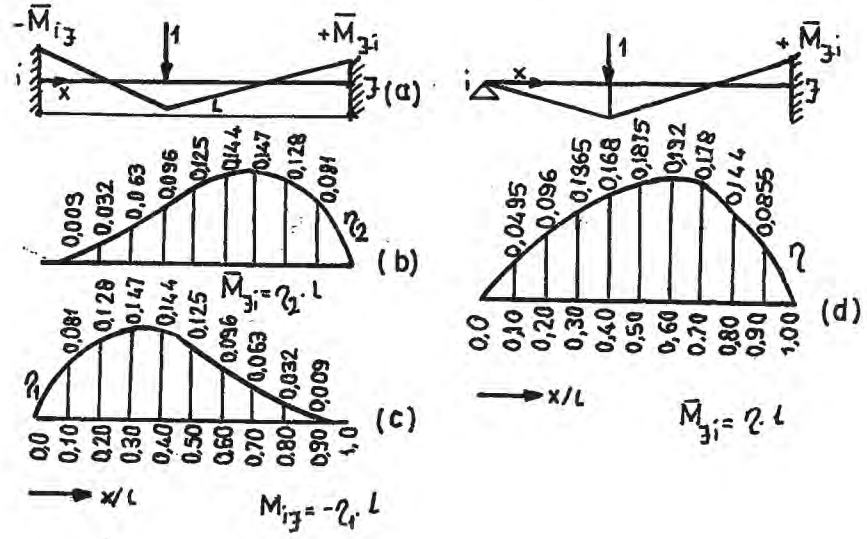
III.3.1. Ankastre Momenti Tesir Çizgisi

Şekil III.5a'daki bir kirişte hareketli birim kuvvet altında oluşan ankastrelik momentleri;

$$\bar{M}_{ij} = - \frac{1 \cdot a \cdot b^2}{L^2}$$

$$\bar{M}_{ji} = - \frac{1 \cdot b \cdot a^2}{L^2} \text{ olur.}$$

Kuvvetin yerine göre bu fonksiyonların grafiği çizilirse ankastre moment tesir çizgisi elde edilmiş olur (Şekil III.5b ve c). Bir ucu mafsallı çubukta Şekil III.5d'deki grafikten yararlanılır.



Şekil III.5

III.3.2. Deformasyon Tesir Çizgileri

Herhangi bir büyüklüğe ait deformasyon tesir çizgisi, aranan deformasyon büyüklüğünün bulunduğu kesite birim yükleme yapılarak elde edilen elastik eğriye eşittir (Par.III.2).

Şekil III.6'daki müttemadi kirişi ele alalım.



Şekil III.6

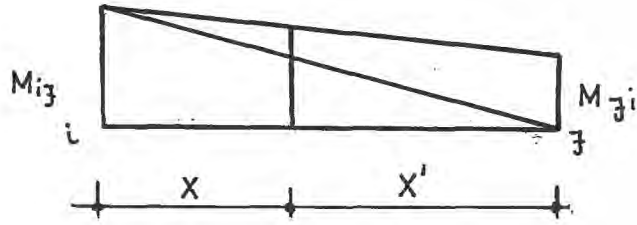
2-3 çubuğunun 2 ucu için uç momenti tesir çizgisi, şekildeki yüklemeden elde edilecek elastik eğriye eşittir. Elastik eğri hesabında Mohr metodundan yararlanılır.

İşaret Kuralı: Tesir çizgisine uygulanan birim kuvvetlerin, pozitif yönlerinin yukarıda aşağıya doğru olduğu kabul

edilirse, bu durumda yatay çubuklarda eksenin altında meydana gelen elastik eğri ordinatları Maxwell prensibi ve açı metodu işaret kuralı gereği pozitif olacaktır.

Sonuç olarak Şekil III.6'daki sistemde 2-3 çubuğunun 2 ucuna ait tesir çizgisi, Şekil III.5'te açıklanan ankastre moment tesir çizgisi ile Şekil III.6'dan bulunacak elastik eğrinin toplamına eşittir. Bulunan tesir çizgileri açı metodu işaret kuralına uygun olur.

Ara kesitlere ait tesir çizgileri ise uç momentleri tesir çizgilerinden hesaplanabilir (Şekil III.7).



Şekil III.7

$$M_x = M_0 + M_{ij} \frac{x'}{L} + M_{ji} \cdot \frac{x}{L} \quad (\text{Klasik moment işaret kuralı ile yazılmıştır}).$$

Değişken kesitli sistemlerde Şekil III.6'daki yüklemeler;

$$M_{ij} = a_{ij} \cdot \psi_{ij} + b \cdot \psi_{ji} + \bar{M}_{ij}$$

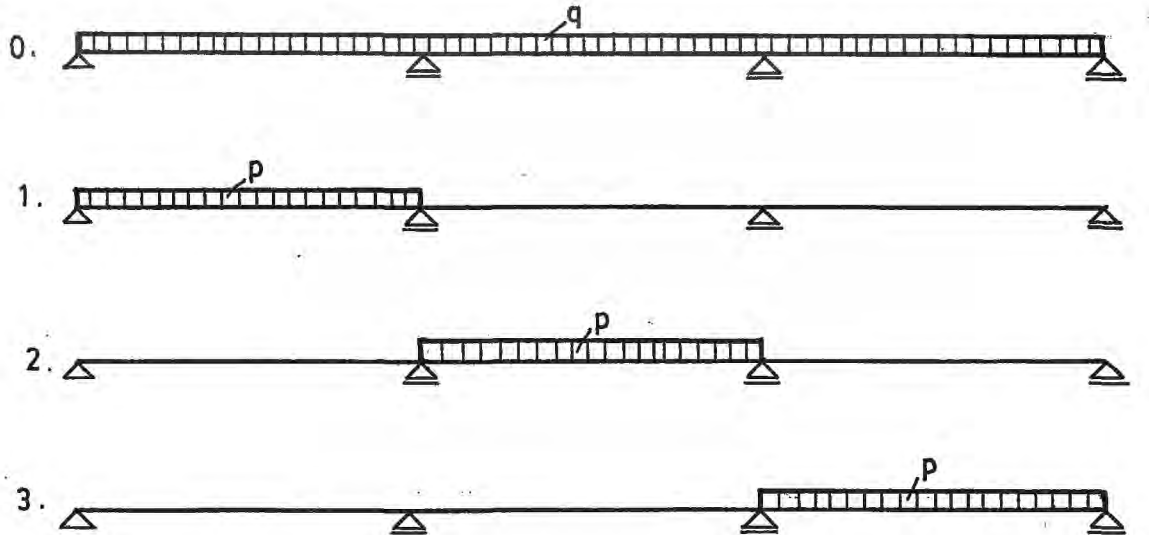
$$M_{ji} = a_{ji} \cdot \psi_{ji} + b \cdot \psi_{ij} + \bar{M}_{ji}$$

denklemlerine uygun seçilir (Bak. Bölüm IV).

III.4. MÜTEMADİ KİRİŞLERDE KESİT TESİRLERİNİ MAX VE MİN YAPAN YÜKLEME DURUMLARI(4)

Sistemdeki P hareketli yüklerinin bir açıklığı tam olarak dolduracak şekilde etkidiği kabul edilir. Buna göre mütemadi kirişlerde bazı açıklıkları (P+g) ile bazılarını da sadece g ile yüklemek suretiyle açıklıktaki veya mesnetteki iç kuvvetleri max veya min yapan yükleme durumunu bulmak mümkündür. Max ve min ifadeleri söz konusu açıklıkta veya mesnette meydana gelebilecek olan en büyük veya en küçük kesit tesiri anlamındadır.

Hangi açıklıkların (P+g) ile hangilerinin sadece g ile yüklenmesi gerektiği ise tesir çizgilerinin şekline bakarak bulunur. Örneğin, üç açıklıklı bir mütemadi kirişe ait temel yüklemeler Şekil III.8'de gösterilmiştir.

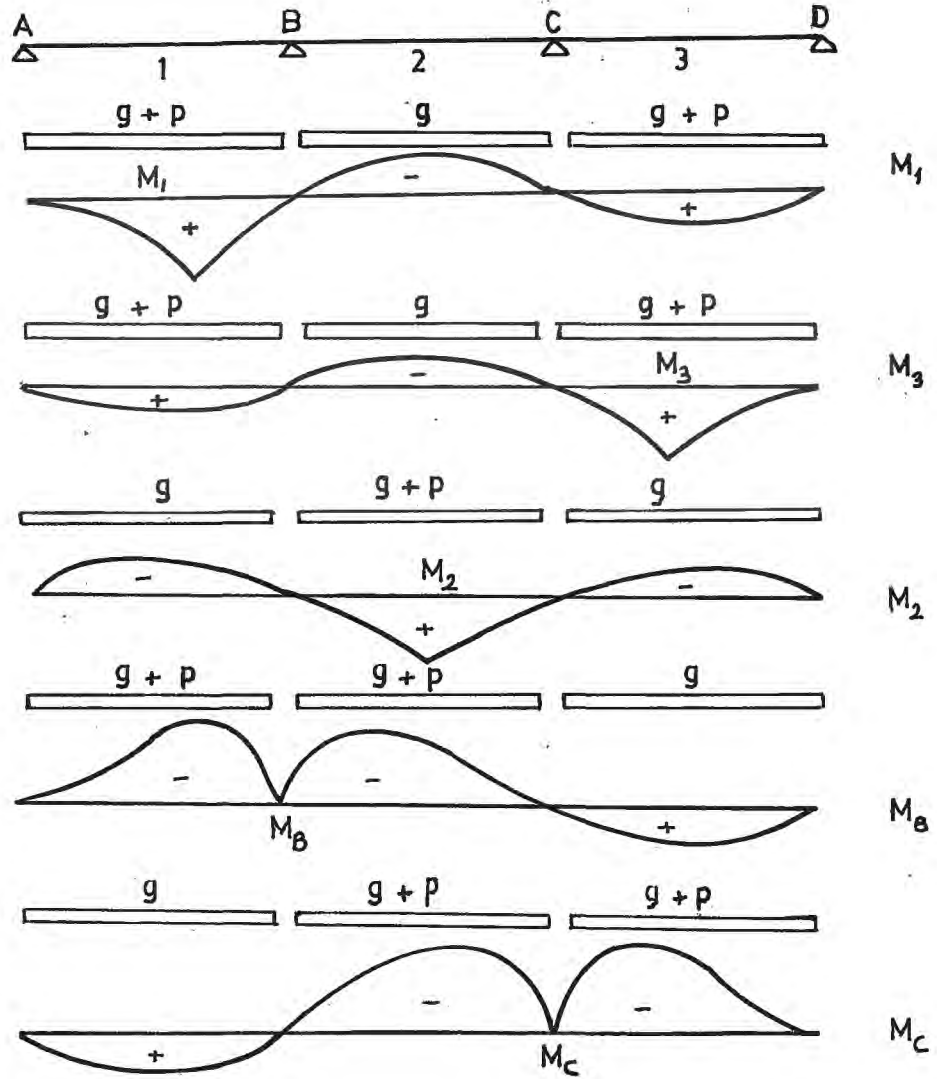


Şekil III.8

0 ile gösterilen yükleme bütün açıklıkların g sabit yükü ile yüklenmesi halidir. 1, 2, 3. yüklemeleri ise P hareketli yükünün yalnızca 1., 2., 3. açıklıklarda bulunması halleridir.

Aşağıdaki Şekil III.9'da gösterilen tesir çizgilerinin şekline göre temel yüklemelerin çeşitli süperpozisyonları yapılarak 1, 2, 3. açıklıklarında ve B, C mesnetlerinde en elverişsiz yükleme durumları belirlenmiştir.

Tesir Çizgileri:



Şekil III.9

Uniform yayılı yüklerden meydana gelen kesit tesirlerini hesaplamak için tesir çizgilerinin giriş eksenleriyle meydana getirdikleri alanı yayılı yüklerle çarpmak gerekir. Şekil III.9'dan görüleceği gibi bu alanlar bazı açıklıklarda pozitif bazı açıklıklarda negatiftir. Örneğin M_1 tesir çizgisinde 1. ve 3. açıklıklar pozitif 2. açıklık negatif değer verir. Bu durumda 1. açıklıktaki kesitlerde Max M_1 değerleri P hareketli yükünün 1. ve 3. açıklıklarda bulunması halinde meydana gelir. M_3 tesir çizgisi incelendiğinde de aynı yüklemenin 3. açıklıktaki kesitlerde de max M_3 meydana getirdiği görülür. M_2 tesir çizgisi incelenirse, 1. ve 3. açıklıklar negatif değer verdiğinden, bu yükleme durumunun 2. açıklıktaki kesitlerde min M_2 meydana getirdiği görülür.

Sonuç olarak; en büyük mesnet momentini veren yükleme durumu o mesnetin sağ ve solundaki açıklıkların yüklü, ondan sonra gelen açıklıklar bir boş bir yüklü olan yükleme durumudur. En büyük açıklık momentini veren yükleme durumu, o açıklığın yüklü ondan sonra gelen açıklıkların bir boş bir yüklü olması durumudur.

Verilen bir sistemde tüm açıklık ve mesnet momentlerinin en büyük değerlerinin en büyük değerlerini elde etmek için açıklık sayısından bir fazla sayıda yükleme yapmak gerektiği görülmektedir.

BÖLÜM IV

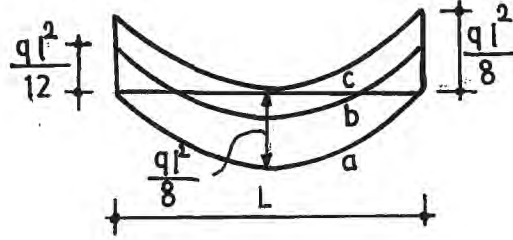
DEĞİŞKEN KESİTLİ KİRİŞLER

IV.1. UÇ KUVVETLERİ VE DEFORMASYONLAR ARASINDAKİ BAĞINTILAR(2,3,5)

Mesnet kesitlerinin açıklık ortasına göre rijitleştirilmesiyle elde edilen çubuklara guseli çubuklar denir. Bu tür çubuklarda moment dağılışı guseli kısımlarda yoğunlaşır, açıklıkta ise azalır. Simetrik guseli ankastre bir kirişte uniform yayılı yük altında oluşan mesnet momenti en fazla % 50 oranında artabilir, açıklık momenti ise bu durumda sıfır olur.

Şekil IV.1'deki a eğrisi basit kirişe ait moment eğrisini b eğrisi ise ankastre kirişteki eğriyi göstermektedir. Kirişin mesnetleri açıklık ortasına göre rijitleştirilirse limit durumda mesnet kesitlerinin atalet momentinin açıklık ortasına göre oranı sonsuz olur. Kiriş bu durumda iki konsol kiriş gibi düşünülebilir. Bu kirişlerin mesnet momenti $qL^2/8$ olur.

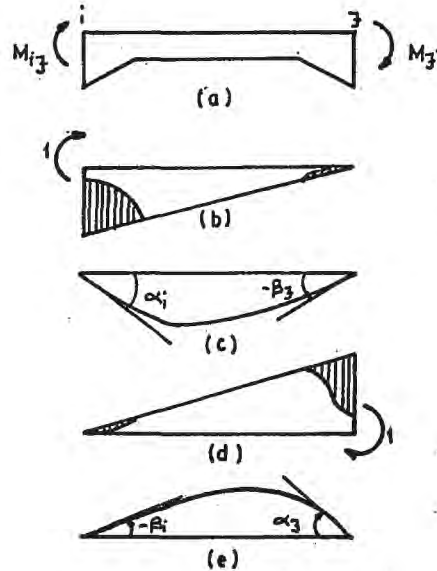
Bu momentin, gusesiz ankastre kirişin $qL^2/12$ momentinden % 50 fazla olduğu görülmektedir (Şekil IV.1'deki C eğrisi).



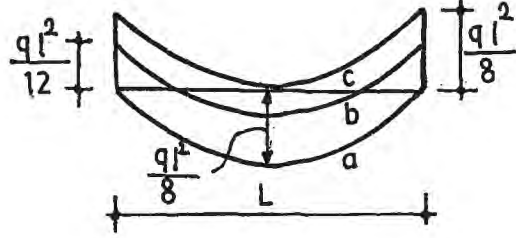
Şekil IV.1

Şekil IV.2a'daki guseli kirişin uç momentleri M_{ij} ve M_{ji} olsun. Bu uç momentleri eğer çubuk ekseninin ψ_{ij} dönüş açısı sıfır ise; ve j uçlarının dönüşlerinden ve dış yükten oluşan momentlerin süperpozisyonuna eşittir. Bunun için bir basit kiriş ele alınıp sırasıyla;

a) i ucuna $M_{ij}=1$ momenti etki ettirilir ve Mohr metodu ile i ve j uçlarındaki α_i ve β_j dönüş açıları bulunur (Şekil IV.2b,c). Guseli kısımlarda atalet momenti arttığından Mohr metodundaki EI'ya bölünmüş alan bu artışa uygun olarak azaltılır (Şekil IV.2b'deki taralı kısım)



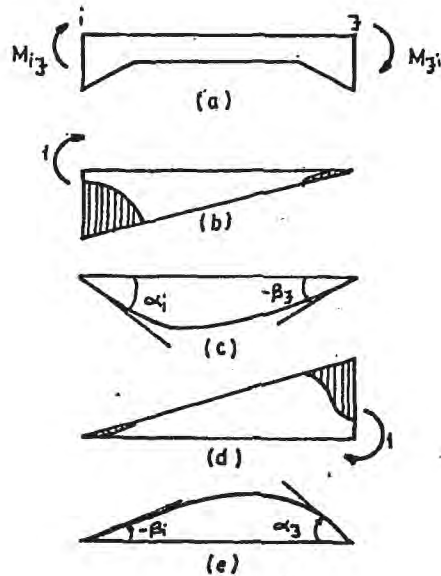
Şekil IV.2



Şekil IV.1

Şekil IV.2a'daki guseli kirişin uç momentleri M_{ij} ve M_{ji} olsun. Bu uç momentleri eğer çubuk ekseninin ψ_{ij} dönüş açısı sıfır ise; ve j uçlarının dönüşlerinden ve dış yükten oluşan momentlerin süperpozisyonuna eşittir. Bunun için bir basit kiriş ele alınıp sırasıyla;

a) i ucuna $M_{ij}=1$ momenti etki ettirilir ve Mohr metodu ile i ve j uçlarındaki α_i ve β_j dönüş açıları bulunur (Şekil IV.2b,c). Guseli kısımlarda atalet momenti arttığından Mohr metodundaki EI'ya bölünmüş alan bu artışa uygun olarak azaltılır (Şekil IV.2b'deki taralı kısım)



Şekil IV.2

b) j ucuna $M_{ji} = 1$ momenti uygulanıp aynı işlemler tekrarlanırsa $-\beta_i$ ve α_j dönüş açıları bulunur. Maxwell prensibi gereği,

$$\beta_i = \beta_j = \beta \quad \text{olur.}$$

(Şekil IV.2d,c).

c) Dış yüklerden dolayı i ve j uçlarındaki dönüş açıları

$$\alpha_{ij} \text{ ve } -\alpha_{ji} \text{ dir.}$$

Sonuç olarak;

$$\psi_i = M_{ij} \cdot \alpha_i - M_{ji} \cdot \beta + \alpha_{ij}$$

$$\psi_j = M_{ji} \cdot \alpha_j - M_{ij} \cdot \beta + \alpha_{ji} \quad \text{olur.}$$

Bu ifadelerin iki ucu ankastre kirise uygulanabilmesi için aşağıdaki gibi hareket edilir.

$$1- \psi_i = \psi_{ij}, \psi_j = \psi_{ji} = 0, \quad \text{dış yük yok}$$

$$M_{ij} = \frac{\alpha_j}{\alpha_i \alpha_j - \beta^2} \cdot \psi_{ij} = a_{ij} \cdot \psi_{ij}$$

$$M_{ji} = \frac{\beta}{\alpha_i \alpha_j - \beta^2} \cdot \psi_{ji} = b \cdot \psi_{ji}$$

$$2- \psi_j = \psi_{ji}, \psi_i = \psi_{ij} = 0, \quad \text{dış yük yok}$$

$$M_{ji} = \frac{\alpha_i}{\alpha_i \alpha_j - \beta^2} \cdot \psi_{ji} = a_{ji} \cdot \psi_{ji}$$

$$M_{ij} = \frac{\beta}{\alpha_i \alpha_j - \beta^2} \psi_{ij} = b \cdot \psi_{ij}$$

3- $\varphi_i = \varphi_j = 0$, dış yük hali (Bak.Par.II.2.2.2.3)

$$\bar{M}_{ij} = -a_{ij} \cdot \alpha_{ij} + b \cdot \alpha_{ji}$$

$$\bar{M}_{ji} = -b \cdot \alpha_{ij} + a_{ji} \cdot \alpha_{ji} \quad \text{olur.}$$

Sonuç uç momentleri;

$$M_{ij} = a_{ij} \cdot \varphi_{ij} + b \cdot \varphi_{ji} + \bar{M}_{ij}$$

$$M_{ji} = a_{ji} \cdot \varphi_{ji} + b \cdot \varphi_{ij} + \bar{M}_{ji} \quad \text{olur} \quad (\text{IV.1})$$

Burada a , b çubuk geometrisine, \bar{M} 'lerse çubuk geometrisine ve dış yüke bağlı değerlerdir. Sistemde çubuk eksenini ψ dönüş açısı yapıyorsa, IV.1 denklemlerine sırası ile $-(a_{ij}+b)\psi$ ve $-(a_{ji} + b)\psi$ terimleri eklenir.

a ve b katsayılarının statik anlamı ise, incelenen de-ğişken kesitli kirişin i ucuna birim dönüş açısı verilirse (j ucunun dönüşü ve dış yük sıfır olmak şartıyla) uçlarda meydana gelen momentler a_{ij} ve b değerlerine eşit olur. Aynı şekilde j ucuna birim dönüş açısı verilirse (i ucunun dönüşü ve dış yük sıfır olmak şartıyla) uçlarda meydana gelen momentler a_{ji} ve b olur.

Yani bu değerler iki ucu ankastre kirişin uçlarının birim dönmesiyle elde edilen uç momentlerine eşittir.

BÖLÜM V

BETONARME KİRİŞLERİN TAŞIMA GÜCÜNE GÖRE HESABI

V.1. TEMEL İLKELER(9)

1- Kiristeki birim deformasyon dağılımı doğrusaldır. Donatıdaki birim deformasyonlar tam aderans varsayımı nedeniyle aynı düzeydeki beton birim deformasyonları ile özdeştir.

2- Taşıma gücüne ulaşıldığında, en uç lifteki Max beton birim kısalması $\epsilon_{cu} = 0,003$ kabul edilmiştir.

3- Donatı çeliğinin gerilme-birim deformasyon eğrisi elastoplastiktir. Yani, donatı çeliğindeki gerilme, $\sigma_s = \epsilon_s \cdot E_s \leq f_{yd}$ denklemiyle hesaplanacaktır. Ancak çelikteki birim deformasyon hiçbir zaman 0,01 değerini geçmemelidir.

4- Donatı çeliğinin elastisite modülü $E_s = 2 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ dir.

5- Betonun çekme dayanımı yoktur.

6- Betonarme kesit taşıma gücüne ulaştığında gerilmeler birim deformasyonlarla orantılı değildir. Beton basınç bölgesindeki gerilme dağılımı dikdörtgen kabul edilecektir. Bu dikdörtgen dağılımın genişliği (şiddeti) 0,85 f_{cd} alınır.

V.2. BASİT DONATILI DİKDÖRTGEN KESİTLER(9,10)

Sisteme etkiyen yüklerin hesaplardaki varsayılandan değişik olabileceği düşünülerek moment değeri yük katsayısı ile çarpılarak büyütülmelidir. Yük katsayıları, yapıya etkiyen yüklerin nitelik ve niceliğine göre değişir. TS 500'de öngörülen yük katsayıları ve değişik tür yüklerin etkidiği durumlarda dikkate alınmasını gereken yük kombinezonları şöyle verilmiştir.

Yalnız düşey yükler için:

$$1,4 G + 1,6 Q$$

$$1,0 G + 1,2 Q + 1,2 T \text{ dir.}$$

Burada G sabit yükü, Q hareketli yükü gösterir.

İkinci kombinezondaki T ise farklı oturma, sıcaklık farkı vb. şekil değiştirmeler nedeni ile oluşan yük etkisidir. Deprem söz konusu olduğunda,

$$1,0 G + 1,0 Q + 1,0 E$$

veya

$$1,4 G + 1,6 Q \text{ veya } 0,9 G + 1,0 E \text{ alınabilir.}$$

E: Deprem Etkisi

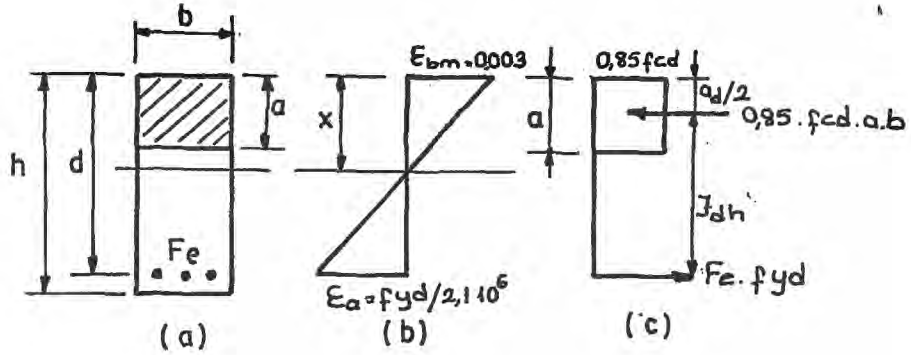
Hareketli yükün öz ağırlığa oranının 1/3 veya daha az olduğu ve çerçeveyi oluşturan kirişlerin eşit açıklıklı veya en küçük açıklığın en büyük açıklığa oranının 0,8'den küçük olmadığı durumlarda, birinci yük kombinezonu basit olarak $1,5(G+Q)$ alınabilir.

Hesaplarda kullanılacak "Malzeme Hesap Dayanımı", karakteristik malzeme dayanımı belirli bir "Malzeme Katsayısına" bölünerek elde edilir. Beton ve çeliğin hesap dayanımları ise

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{1,5} , \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{1,5} \quad \text{olarak alınır.}$$

f_{yd} : Boyuna donatı çeliği hesap akma dayanımı

f_{cd} = Beton silindirik basınç hesap dayanımı (28 günlük)



Şekil V.1

Basit donatılı dikdörtgen kesitli kirişte (Şekil V.1a), birim deformasyonlar (b)'de, iç kuvvetler (c) de gösterilmiştir.

Moment dengesi ve kuvvetlerin dengesi yazılırsa;

$$M = F_e \cdot f_{yd} \cdot j_{dh} = F_e \cdot f_{yd} \left(h - \frac{a}{2} \right) \quad (V.1)$$

$$0,85 f_{cd} \cdot b \cdot a = F_e \cdot f_{yd} \quad (V.2)$$

$$a = \frac{F_e \cdot f_{yd}}{0,85 f_{cd} \cdot b} \quad (V.3)$$

$$x = \frac{\epsilon_{bm}}{\epsilon_{bm} + \epsilon_a} \cdot h = \frac{0,003}{0,003 + \frac{f_{yd}}{2,1 \cdot 10^6}} \cdot h \quad (V.4)$$

$$x = \frac{6300}{6300 + f_{yd}} \cdot h \quad (V.5)$$

$$a = 0,85 x = 0,85 \cdot h \cdot \frac{6300}{6300 + f_{yd}} \quad (V.6)$$

(V.6) ve (V.3) denklemlerinden

$$F_e = 0,72 \cdot b \cdot h \cdot \frac{6300}{6300 + f_{yd}} \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \quad \text{bulunur.} \quad (V.7)$$

$$\rho = \frac{F_e}{b \cdot h} \quad \text{olmak üzere;}$$

$$M = b \cdot h^2 \cdot \rho \cdot f_{yd} (1 - 0,59 \rho \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}}) \quad (V.8)$$

formülünden yararlanarak donatı alanı hesaplanır.

Basit donatılı dikdörtgen kesitlerde, betondaki basınç ezilmesi ile donatı çeliğinin akmasının aynı anda olduğu sınır durumu belirleyen "Dengeli Donatı" yüzdesi

$$\rho_d = \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot f_{cd}}{f_{yd}} \left(\frac{0,003 \cdot E_s}{0,003 \cdot E_s + f_{yd}} \right) \quad (V.9)$$

bağıntısından hesaplanır.

$$\text{Kirişlerde çekme donatısı yüzdesi, } \rho = \frac{F_e}{b \cdot h}$$

$$\rho_{\min} = \frac{12}{f_{yd}} \quad (V.10)$$

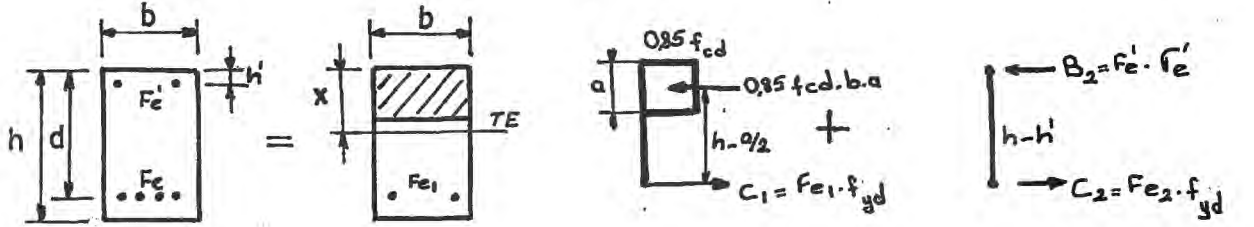
bağıntısıyla verilen değerden az olamaz.

Sağlanan donatının hesaplanan gerekli donatı alanından en az % 30 fazla olması durumunda (V.10) bağıntısına uyulmayabilir. Ancak bu gibi durumlarda BÇ-I için $\rho \geq 0.0025$ BÇ-III ve BÇ-IV için ise $\rho \geq 0.0015$ koşuluna mutlaka uyulur. Ayrıca çekme donatı yüzdesi, (V.9) ile belirlenen yüzdenin % 85'inden fazla olamaz.

$$\rho \leq 0.85 \rho_d \quad (V.11)$$

V.3. ÇİFT DONATILI DİKDÖRTGEN KESİTLER(10)

Çift donatılı kirişte kesit momentini Şekil V.2'de gösterilmiştir.



Şekil V.2

Şekil V.2'den de görüldüğü gibi birinci kuvvet çifti beton basınç bileşkesi, B_1 ve çekme donatısının bir kısmını karşılayan C_1 çekme kuvvetinden oluşmaktadır. Kiriş denge altı kabul edildiğinden çekme donatısındaki gerilme f_{yd} olarak alınmıştır.

Beton ve çelikten oluşan birinci kuvvet çifti için yazılacak denge denklemi basit donatılı kirişler için çıkarılanların eşi olacaktır.

$$B_1 = C_1$$

$$0.85 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot a = Fe_1 \cdot f_{yd}$$

$$a = \frac{Fe_1 \cdot f_{yd}}{0.85 \cdot f_{cd} \cdot b} \quad (V.12)$$

$$M_1 = Fe_1 \cdot f_{yd} \left(h - \frac{a}{2} \right) \quad (V.13)$$

İkinci kuvvet çifti ise basınç donatısı ve geriye kalan çekme donatısından oluşmaktadır.

$$B_2 = C_2$$

$$Fe' \cdot \sigma_e' = Fe_2 \cdot f_{yd}$$

$$Fe_1 + Fe_2 = Fe$$

$$M_2 = Fe_2 \cdot f_{yd} (h-h') = Fe' \cdot \sigma_e' \cdot (h-h') \quad (V.14)$$

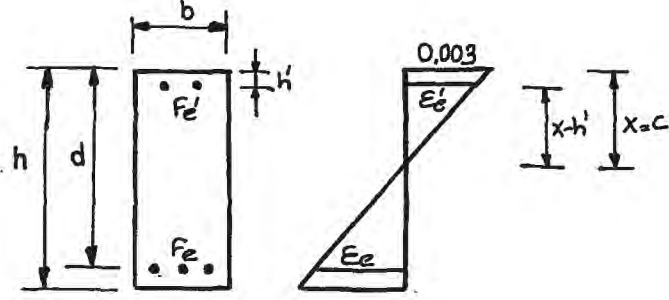
Basınç donatısındaki gerilme σ' Şekil V.3'de gösterildiği gibi, doğrusal deformasyon dağılımı kabulünden yararlanarak bulunur (uygunluk şartı).

$$\epsilon_e' = \frac{x-h'}{x} \cdot 0.003$$

$$\sigma_e' = 2,1 \cdot 10^6 (\epsilon_e') = 6300 \cdot \frac{x-h'}{x}$$

$$x = \frac{a}{k_1} = \frac{a}{0,85}$$

$$\sigma_e' = 6300 \cdot \frac{a-0,85 \cdot h'}{a} = f_{yd} \quad (V.15)$$



Şekil V.3

Elde edilen bu denklemde (V.12, V.13, V.14, V.15) dört bilinmeyen olduğundan (a , F_{e1} , M , σ_e') çözüm mümkündür. Ancak genellikle bu dört denkleme gerek kalmaz. Birçok durumlarda basınç donatısı akma sınırına ulaşacaktır. Basınç donatısı ancak derinliği az olan, kullanılan çeliğin akma sınırı yüksek olan ve basınç donatısı çok fazla olan kesitlerde, akma limitine ulaşamaz. Bu durum pratikte çok az rastlanır.

O halde önerilen hesap yöntemi şöyledir:

- Basınç donatısı akma sınırına ulaşmış kabul edilir.

Bu kabule göre;

$$F_{e2} = F_{e'}$$

$$F_{e1} = F_e - F_{e2} = F_e - F_{e'}$$

$F_{e'}$ bilindiğinden

$$- a = \frac{F_{e1} \cdot f_{yd}}{0,85 \cdot f_{cd} \cdot b} \quad \text{bulunur.}$$

- a değerinden yararlanılarak σ' hesaplanır.

$\sigma_e' > f_{yd}$ çıkarsa basınç donatısı akma sınırına ulaşmıştır.

$$M_1 = Fe_1 \cdot f_{yd} (h-a/2)$$

$$M_2 = Fe' \cdot f_{yd} (h-h')$$

$$M = M_1 + M_2$$

$\sigma_e' < f_{yd}$ ise genel çözüme gidilir. Yani 4 bilinmeyenli 4 denklem çözülecektir.

Çift donatılı kirişlerin kırılmasının gevrek ya da düktil olması M_2 momentinden bağımsızdır. Bunun nedeni M_2 'yi meydana getiren kuvvet çiftinin kesitin alt ve üstüne yerleştirilen çelikten oluşmasıdır. O halde Fe' ve Fe_2 ne kadar büyük olursa olsun kırılmayı gevrekleştiremez. M_1 için ise, buradaki kuvvet çiftinden biri betondaki basınç gerilmesinden oluşmaktadır. Öyleyse M_1 için, donatı akmadan betonun ezilmesini önlemek gerekir. Yani M_1 için kırılma, donatının (Fe_1) akma limitine ulaşması ile olmalıdır. Bunun için birinci kuvvet çiftini oluşturan donatı yüzdesi $\rho_1 = Fe_1/b \cdot h$ dengeli donatı yüzdesi değerlerini aşmamalıdır. Basınç donatısının da akma sınırına ulaştığı kabul edilirse;

$$\rho_1 = \frac{Fe_1}{b \cdot h} = \frac{Fe - Fe'}{b \cdot h} = \rho - \rho'$$

$$\rho' = \frac{Fe'}{b \cdot h} \quad \text{olur.}$$

Basınç donatısının akma limitine ulaşmadığı durumlarda Fe_1 yukarıda anlatıldığı gibi 4 bilinmeyenli 4 denklemin çözümünden elde edilir.

BÖLÜM VI

BİLGİSAYAR PROGRAMI

Ek-I'de verilen bu program, sabit ve değişken kesitli mütemadi kirişlerin sabit yük ya da hareketli yük etkisinde statik ve betonarme hesabını yapar. Mesnet momenti tesir çizgilerinin ordinatlarını hesaplar.

Mütemadi kirişlerin statik hesabı "Açı Metodu" ile, betonarme hesabı ise "Taşıma Gücü" esasına göre mesnet ve maksimum açıklık momenti kesitlerinde dikdörtgen kesit olarak yapılmaktadır.

Mütemadi kiriş konsollu, sabit, ankastre mesnetli olabilir. Programda AØ, BØ, CØ, DØ olmak üzere dört tip mütemadi kiriş tariflenmiştir (Şekil V-1).

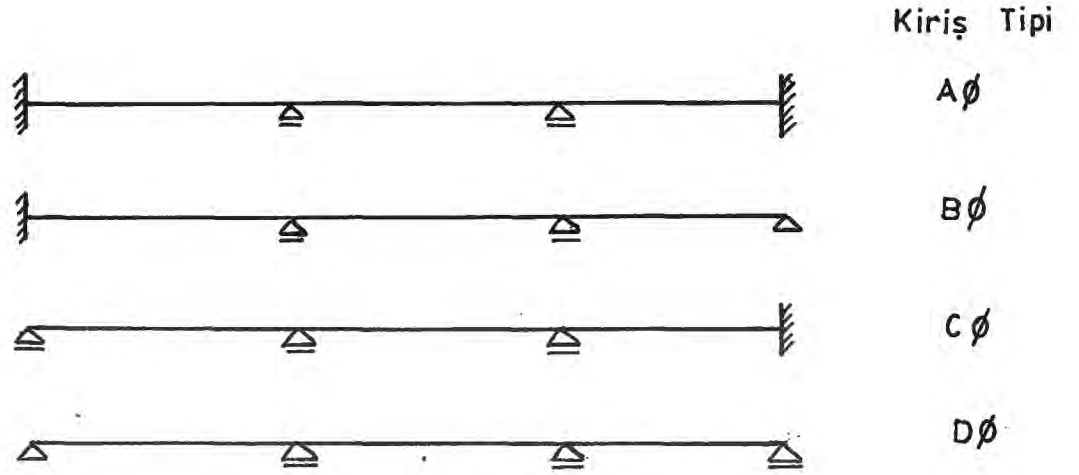
Program değişken kesitli kiriş olması durumunda da kullanılmaktadır. Düz guseli, parabolik guseli, gelişigüzel guseli olmak üzere üç tip değişken kesit öngörülmüştür (Şekil VI-4-5-6).

Ayrıca programda 9 tip yük verilmiş olup bazı özel durumlar göz önüne alındığında 12 tip yük tariflenebilmektedir (Şekil VI-2).

VI.1. PROGRAMLA İLGİLİ GENEL BİLGİLER

VI.1.1. Kiriş Tipleri

Programda dört tip kiriş için hesap yapılabilir. Kiriş tipleri Şekil VI-1'de gösterilmiştir.

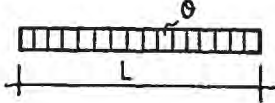
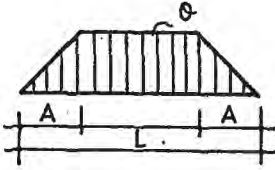
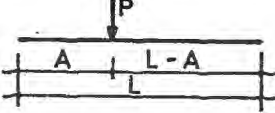
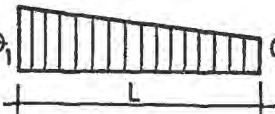
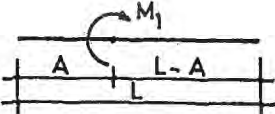
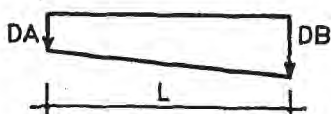

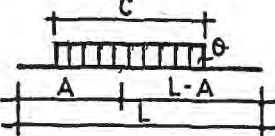
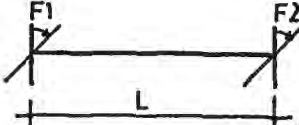


ŞEKİL VI-1

Ankastre olmayan mesnede oturan uçlarda konsolda olabilir.

VI.1.2. Yük Tipleri

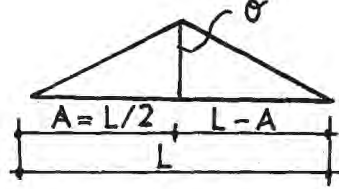
Programda 9 tip yük vardır. Ancak, bu yüklerin özel durumları ele alındığında 12 tip yük tariflenebilir. Şekil VI.2'de 9 yük tipi ve karakteristikleri gösterilmiştir.

Yük Tipi	Karakteristiği
	θ
	$\theta \cdot A$
	$P \cdot A$
	$\theta_1 \cdot \theta_2$
	$M_1 \cdot A$
	$DA \cdot DB$
	$ALFA \cdot DT$
	$\theta \cdot A \cdot C$
	$F_1 \cdot F_2$

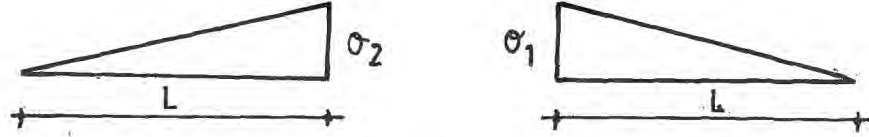
ŞEKİL VI-2

Özel Durumlar;

2. yük tipinde $A=L/2$ olması durumu üçgen yüke karşılıktır.

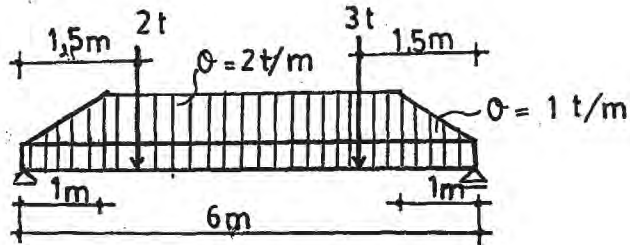


4. yük tipinde $Q_1=0$ ya da $Q_2=0$ olmasıyla iki ayrı yük tipi elde edilir.



VI.1.3. Yük Birleşimleri

Bir açıklıkta birden fazla yük olabilir. Bu durumda yük tipleri yan yana yazılarak tek bir sayı olarak verilir. Daha sonra sırasıyla her yüke ait karakteristik değerler verilir. Örneğin Şekil VI-3'deki yükleme durumu için



ŞEKİL VI-3

1233,1,2,1,2,1.5,3,4.5 dir

VI.1.4. Konsol Durumu

Sistemde konsollar varsa "k" yoksa "ks" kontrol terimleri ile programa verilir. Konsollu tipte ("k") her iki uca ait konsol momentleri klasik moment işaret kuralı ile verilir. BØ ve CØ tipleri konsollu ise konsol olan kısma ait konsol momenti klasik moment işaret kuralı ile verilmeli, konsol olmayan kısımda konsol momenti sıfır verilmelidir.

VI.1.5. Kesit Tipi

Sistemin kesit tipleri sabit kesit durumunda "sk" değişken kesit durumunda "dk" kontrol terimleri ile programa verilir. Programda üç tip değişken kesit tanımlanmıştır. Bunlar da programa "c" kontrol terimi ile verilir.

c=1 tipi Düz Guseli kirişi

c=2 tipi Parabolik Guseli kirişi

c=3 tipi Gelişigüzel kesitli kirişi tanımlar.

VI.1.6. Kiriş Boyutlarının Verilmesi

Kiriş Kesitlerinin Sabit Olması Durumunda;

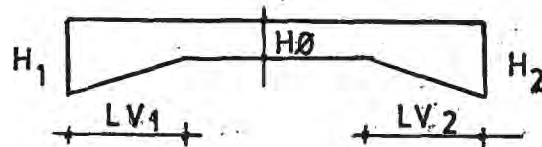
B1: Kiriş genişliği (m)

D2: Kiriş yüksekliği (m)

olarak programa verilir.

Kiriş Kesitlerinin Değişken Olması Durumunda;

c=1; Düz guseli kiriş tipidir (Şekil VI-4).

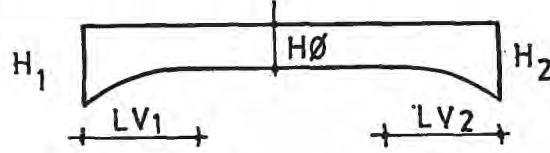


ŞEKİL VI-4

Sırasıyla,

B_1 = Kiriş genişliği (m), H_1 (m), H_2 (m), H_0 (m), LV_1 (m), LV_2 (m) değerleri verilir.

$c=2$; Parabolik guseli kiriş tipidir (Şekil VI-5)



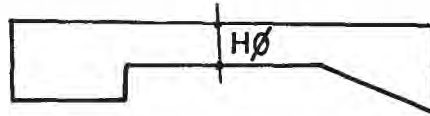
ŞEKİL VI-5

Sırasıyla,

B_1 (m), H_1 (m), H_2 (m), H_0 (m), LV_1 (m), LV_2 (m) değerleri verilir.

$c=3$; Gelişigüzel kesitli kiriş tipidir.

Kesit tipi Şekil VI-6'daki gibi olabilir.



ŞEKİL VI-6

B_1 : Kiriş Genişliği (m)

H_0 : Kirişin minimum yüksekliği (m)

Depth: Kiriş açıklığının 1/20 noktalarındaki kiriş yükseklikleri (m) değerleri verilir.

Değişken kesitli kirişlerde a_{ij} , a_{ji} , b birim deplasman sabitleri

$$a_{ij} = \frac{\alpha_j}{\alpha_i \alpha_j - \beta^2}, \quad a_{ji} = \frac{\alpha_i}{\alpha_i \alpha_j - \beta^2}, \quad b = \frac{\beta}{\alpha_i \alpha_j - \beta^2} \quad \text{idi}$$

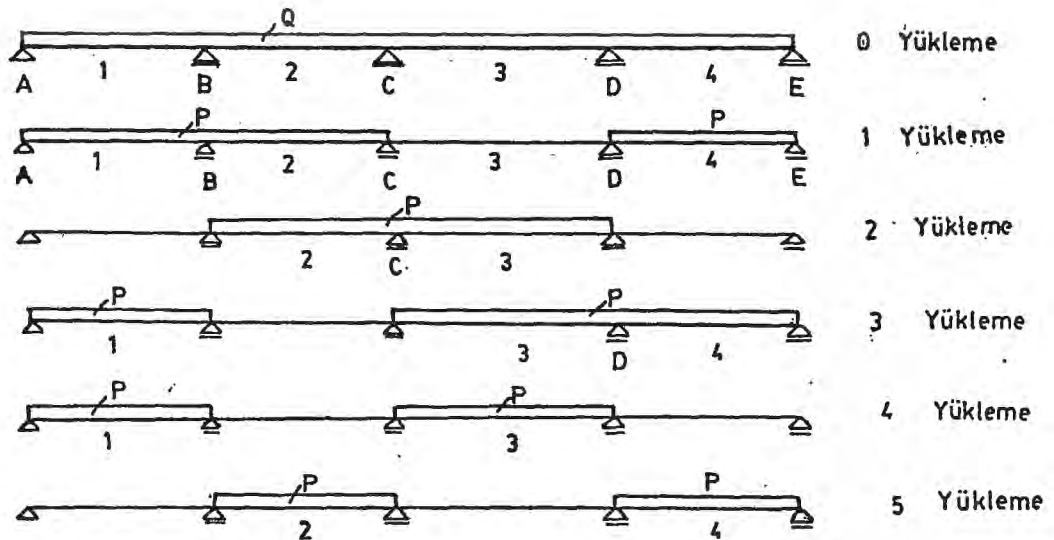
(Bak. Bölüm IV).

Buradaki α_i , α_j , β dönüş açıları Mohr teoremine göre bulunur. Bunun için giriş 20 eşit parçaya bölünür. Bu parçalarda atalet momenti sabit kabul edilecektir. Kolaylık sağlaması amacıyla açıklıklar birim olarak yüksekliklerin ise $H\phi$ 'a oranı hesaplarda kullanılır. Bu değerler hesabın sonunda gerçek değerlerine dönüştürülür.

VI.1.7. Hesap Tipleri

Programda, üç tip hesap yapılabilir. Bunlar, sabit yük için "sy", hareketli yük için "hs", tesir çizgisi için "tc" kontrol terimleri ile programa verilir.

Sistemde hareketli yük olması durumunda, mesnetlerde ve açıklıklarda max moment değerlerini veren yükleme durumları programca seçilir. Örneğin Şekil VI-7'deki sistemde sadece hareketli yük için mesnetlerde ve açıklıklarda max momentleri veren yüklemelerin sistematığı programca bir matriste toplanır.



ŞEKİL VI-7

$$\begin{bmatrix} 1 & 2 & 0 & 4 \\ 0 & 2 & 3 & 0 \\ 1 & 0 & 3 & 4 \\ 1 & 0 & 3 & 0 \\ 0 & 2 & 0 & 4 \end{bmatrix}$$

Bu matris sayesinde hangi açıklığın boş hangi açıklığın yüklü olduğu belirlenir. Bu yüklemelerin sabit yükleme ile toplanmasıyla sistemin elverişsiz yüklemeleri programca tariflenmiş olur.

Programda, tesir çizgisi hesabı için özel bir metod kullanılmamıştır. Açıklıklar 20 eşit parçaya bölünür. P=1 kuvveti bu parçaların orta noktalarına gelecek şekilde dolaştırılır. P=1 kuvvetinin her konumu için sistem çözülerek uç momentleri hesaplanır. Bulunan değerler bir matriste depolanır. Sonuçta tesir çizgisi ordinatları, her mesnet için ayrı ayrı elde edilir.

VI.1.8. Betonarme Hesabı

TS500 Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları Bölüm 8'de verilen "Taşıma Gücü" esasına göre mesnet ve max. açıklık momenti kesitlerinde dikdörtgen kesit olarak betonarme hesabı yapılmaktadır. Programdaki değişkenler,

$$F_{ck} = 28 \text{ günlük beton silindir basınç dayanımı, kg/cm}^2$$

$$F_{yk} = \text{Donatı çeliği akma dayanımı, kg/cm}^2.$$

Bu değerler programda yönetmelik gereği 1,5 ve 1,15 katsayılarına bölünerek kullanılmaktadırlar.

R_{min} = Betonarme kesitte bulunması gereken minimum donatı yüzdesidir. Bu konuda TS500 Betonarme Şartnamesi ile Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelik Esasları ara-

sındaki farklılıklar bulunmaktadır. Bu değerlerden biri seçilebilir. Çelik cinsine göre R_{min} değerleri,

	<u>BÇI</u>	<u>BCIII</u>
TS500	0,0025	0,0015
A.B.Y.Y.H.Y.	0,005	0,003

Programda ayrıca TS500 (12.1) no.lu denklemle verilen koşul da sağlanmaktadır.

Program önce tek donatılı olarak hesap yapmakta kesit tek donatı için yetersiz kalırsa çift donatılı olarak hesaba devam edilmektedir. Min ve max. donatı yüzdeleri için yönetmelik madde 12-2 esaslarına uyulmakta, çift donatı olması halinde max. donatı koşulu aşılsa üst donatı -99 olarak çıktıda görülmektedir. Bu durum kesitin çift donatılı dahi yeterli olmadığını gösterir.

Çift donatılı hesapta basınç bölgesi donatı gerilmesi çalıştığı değer itibariyle göz önüne alınmıştır.

Taşıma gücüne göre hesapta yüklerin yönetmelik 8-1-2'ye göre arttırılması gerekmektedir. Bunun için sonuç momentler verilen yük katsayısı ile çarpılıp betonarme hesaba alınır. Buna göre statik yükler yük şartnamesinden aynı alınır. Dolayısıyla bulunan statik değerler gerçek değerlerdir. Yük arttırması betonarme hesap esnasında programca sağlanmaktadır.

VI.1.9. İşaret Kuralı

Mesnet ve açıklık momentlerinde klasik moment işaret kuralı geçerlidir. Yani kesitin alt liflerinde çekme meydana getiren momentler pozitif alınır.

Kesici kuvvetlerde ise saat dönüş yönü pozitif alınır.

VI.1.10. Boyutlar

Betonarme hesap sonucu bulunacak demir alanının cm^2 olması için programa F_{ck} ve F_{yk} değerleri dışında kalan boyutların, uzunluk boyutları m , kuvvet boyutları da t olarak girilmesi gerekir.

VI.2. PROGRAMIN KULLANILMASI

Data Veriş Sırası

- 1- Aş: Müttemadi kiriş tipi (Şekil VI-1)
- 2- Kş: Konsol durumu (ks: Konsolsuz, k: Konsollu)
- 3- Bş: Kesit tipi (sk:sabit kesit, dk: değişken kesit)
- 4- N: Açıklık sayısı
- 5- Htş: Hesap tipi (tc: Tesir çizgisi, sy: Sabit yük,
hs: Hareketli yük)
- 6- E: Elastisite modülü (t/m^2)
- 7- F_{ck} : 28 günlük beton silindir basınç mukavemeti (kg/cm^2)
- 8- F_{yk} : Çelik akma gerilmesi (kg/cm^2)
- 9- R_{min} : Minimum donatı yüzdesi
- 10- Yk: Yük katsayısı (TS500 8-1-2)
- 11- L: Açıklık değerleri (m)
- 12- Kesit değerleri
- 12-a- Eğer kesitler sabitse (Bş="sk"),
Açıklıklardaki kesit genişlik ve yükseklikleri (m) boyutunda sıra ile verilir.
- 12-b- Eğer kesitler değişken ise (Bş="dk"), her açıklık için
12-b-1, 12-b-2 ve 13 üncü maddeler sırası ile verilir.
- 12-b-1. c=Gusetipi (1,2,3)
- 12-b-2. Guse özellikleri, şayet;
c=1 ise, kiriş genişliği, H1,H2,HØ,LV1,LV2 sırası ile
(m) boyutunda verilir (Şekil VI-4).
c=2 ise, kiriş genişliği, H1,H2,HØ,LV1,LV2 sırası ile
(m) boyutunda verilir (Şekil VI-5).

$c=3$ ise, kiriş genişliği, en küçük yükseklik (H_0), açıklığın $1/20$ noktalarındaki yükseklikler sırası ile (m) boyutunda verir (Şekil VI-6).

13- Yük değerleri (t ve m boyutunda)

13-a. $Ht\beta = "tc"$ ise; herhangi bir data verilmez.

13-b. $Ht\beta = "sy"$ ise; her açıklık için sıra ile yük tipleri yanyana yazılarak tek bir sayı olarak verilir, daha sonra yük tipleri için yük karakteristikleri sıra ile verilir (Şekil VI-3). Konsol varsa, konsol momentleri klasik moment işaret kuralı ile verilir. B \emptyset ve C \emptyset tiplerinde ankastre uçlar için ayrıca sıfır değeri vermek gerekir.

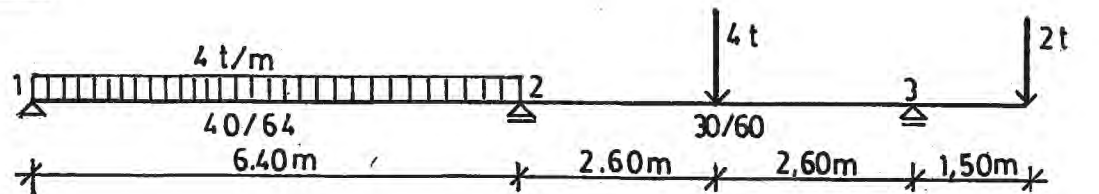
13-c. $Ht\beta = "hs"$ ise; her açıklık için sıra ile sabit yük tipleri ve karakteristikleri, hareketli yük tipleri ve karakteristikleri madde (13-b)'deki gibi verilir.

NOT: Kiriş kesitinin değişken olması durumunda, her açıklık için sırası ile, önce kesit tipi verilir (12-b-1). Sonra bu kesit tipine ait özellikler verilir (12-b-2). Daha sonra da açıklıktaki yük değerleri verilir(13).

VI.3. ÖRNEKLER

Programın kullanılmasını çeşitli örneklerle açıklayalım.

Örnek 1



ŞEKİL VI-8

Data Veriş Sırası

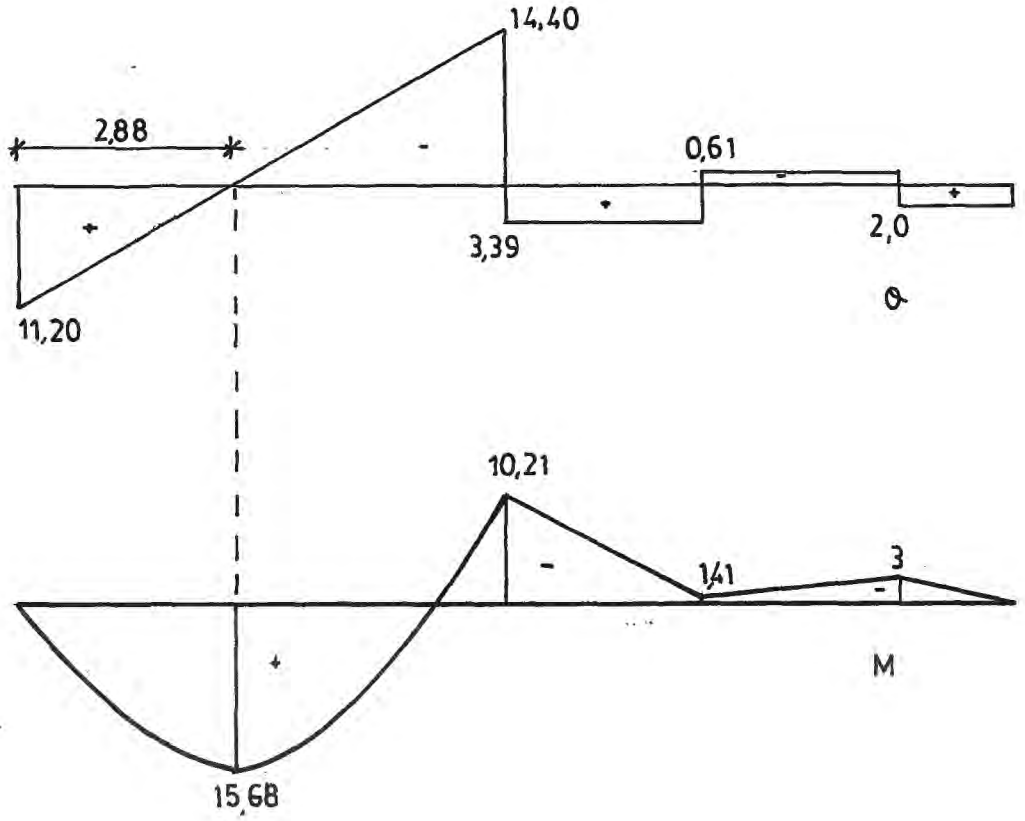
- 1- Kiriş tipi= DØ
- 2- Konsol durumu= k
- 3- Kesit tipi= sk
- 4- Açıklık sayısı= 2
- 5- Hesap tipi= sy
- 6- Kirişin elastisite modülü: 2e6
- 7- F_{ck} değeri (kg/cm^2)=120
- 8- F_{yk} değeri (kg/cm^2)=2200
- 9- R_{min} minimum porsantaj değeri=.0015
- 10- Y¼k katsayısı=1.5
- 11- Açıklıklar=6.4,5.2
- 12- Sabit kesitte B1 ve D2 değerleri=.4,.64,.3,.6
- 13- Y¼kler (Açıklıklardaki y¼k tipleri tek ifade olarak daha sonra y¼k karakteristikleri verilir (t,m), konsol momentleri klasik moment işaret kuralına g¼re verilir.)= 1,4,3,4,2.6,0,-3

i350 REM YAPI STATIĞI Ruhi AYDIN 11.11
1360 DATA DØ,k,sk,2,sy,2e6,120,2200,.0015,1.5,6.4,5.2,.4,.64,.3,.6,1,4,3,4,2.6,0,-3

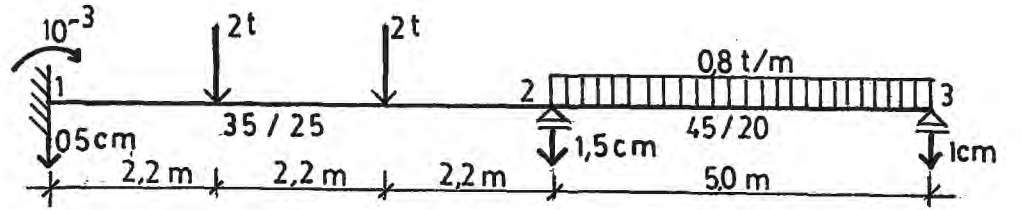
Açıklık	Sol uc mom(tm)	$f_e(\text{cm}^2)$	Sağ uc mom(tm)	$f_e(\text{cm}^2)$	x(m)	Maxmac(tm)	$f_e(\text{cm}^2)$	Q sol(ton)	Q sağ(ton)
1	+0.00	4.76	-10.21	15.31	2.88	+15.68	24.40	+11.20	-14.40
2	-10.21	16.25	-3.00	6.67	2.60	-1.41	3.33	+3.39	-0.61

Mesnet teokileri

- 1 .mesnet f=+11.20 (t)
- 2 .mesnet f=+17.78 (t)
- 3 .mesnet f= +0.61 (t)



Örnek 2



ŞEKİL VI-9

a-)

DATA VERİŞ SIRASI

- 1- Kiriş tipi: BØ
- 2- Konsol durumu: ks
- 3- Kesit tipi: sk
- 4- Açıklık sayısı: 2
- 5- Hesap tipi: sy
- 6- Kirişin elastisite modülü: 2e6

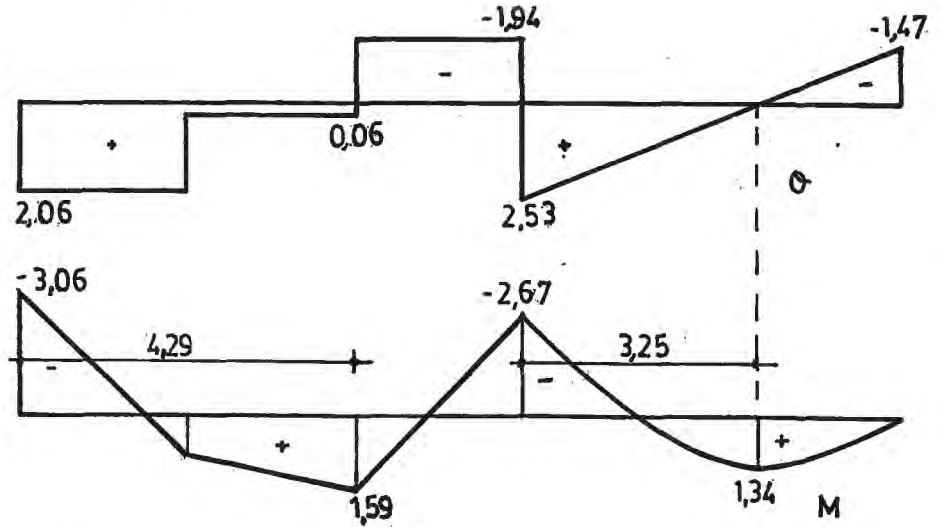
- 7- F_{ck} değeri (kg/cm^2) = 120
- 8- F_{yk} değeri (kg/cm^2) = 2200
- 9- R_{min} min porsantaj değeri = .0015
- 10- Yük katsayısı = 1.5
- 11- Açıklıklar = 6.6, 5
- 12- Sabit kesitte B1 ve D2 değerleri: .35, .25, .45, .2
- 13- Yükler = 33, 2, 2.2, 2, 4.4, 1, .8

1350 REM YAPI STATİĞİ Rumi AYDIN 12.12-a
1360 DATA BØ, ks, sk, 2, sy, 2.1e5, 120, 2200, .0015, 1.5, 6.6, 5, .35, .25, .45, .2, 33, 2, 2.2, 2, 4.4, 1, .8

Açıklık	Sol uc mom(tm)	$f_e(\text{cm}^2)$	Sağ uc mom(tm)	$f_e(\text{cm}^2)$	x(m)	Maxmac(tm)	$f_e(\text{cm}^2)$	Q sol(ton)	Q sağ(ton)
1	-3.06	2.00/16.12	-2.67	0.00/12.32	4.29	+1.59	6.55/ 0.00	+2.06	-1.94
2	-2.67	2.00/16.02	+0.00	0.00/ 1.49	3.25	+1.34	7.27/ 0.00	+2.53	-1.47

Mesnet tepkileri

- 1 .mesnet $f = +2.06$ (t)
- 2 .mesnet $f = +4.47$ (t)
- 3 .mesnet $f = +1.47$ (t)



b-)

DATA VERİŞ SIRASI

- 1- Giriş tipi: BØ
- 2- Konsol durum: ks
- 3- Kesit tipi: sk

- 4- Açıklık sayısı: 2
- 5- Hesap tipi: sy
- 6- Kirişin elastisite modülü: $2e6$
- 7- F_{ck} değeri: 120
- 8- F_{yk} değeri: 2200
- 9- R_{min} : .0015
- 10- Yük katsayısı: 1.5
- 11- Açıklıklar: 6.6,5
- 12- Sabit kesitte B1 ve D2 değerleri: .35,.25,.45,.2
- 13- Yükler: 69,.005,.015,.001,0,6,.015,.01

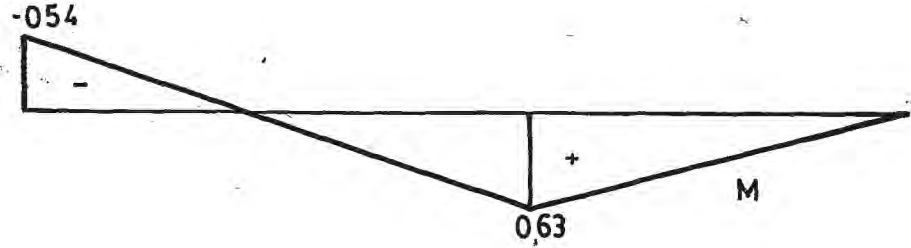
1350 REM YAPI STATIGI Ruhi AYDIN 12.12-b

1360 DATA B0, ks, sk, 2, sy, 2.1e6, 120, 2200, .0015, 1.5, 6.6, 5, .35, .25, .45, .2, 69, .005, .015, .001, 0, 6, .015, .01

Açıklık	Sol uc mom(tm)	$f_e(cm^2)$	Sağ uc mom(tm)	$f_e(cm^2)$	x(m)	Maxmac(tm)	$f_e(cm^2)$	Q sol(ton)	Q sağ(ton)
1	-0.54	3.00	+0.63	3.50	6.60	+0.63	3.50	+0.18	+0.18
2	+0.63	4.48	+0.00	1.49	0.00	+0.63	4.48	-0.13	-0.13

Mesnet tepkileri

- 1 .mesnet $f= +0.18$ (t)
- 2 .mesnet $f= -0.31$ (t)
- 3 .mesnet $f= +0.13$ (t)



c-)

DATA VERİŞ SIRASI

- 1- Kiriş tipi: B0
- 2- Konsol durumu: ks
- 3- Kesit tipi: sk
- 4- Açıklık sayısı: 2

- 5- Hesap tipi: sy
- 6- Kirişin elastisite modülü: $2e6$
- 7- F_{ck} değeri: 120
- 8- F_{yk} değeri: 2200
- 9- R_{min} : .0015
- 10- Yük katsayısı: 1.5
- 11- Açıklıklar: 6.6,5
- 12- Sabit kesitte B1 ve D2 değerleri: .35, .25, .45, .2
- 13- Yükler: $7,1e-5, 25, 7,1e-5, 25$

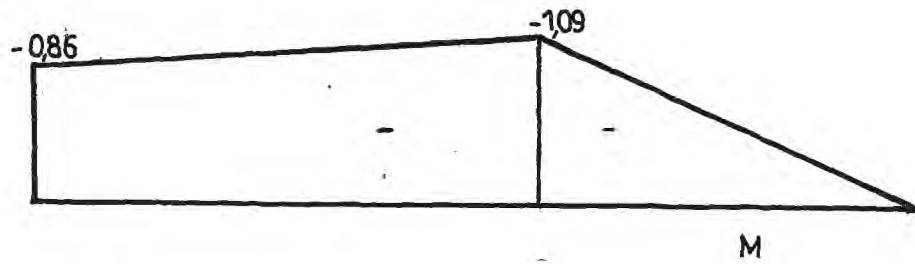
1350 REK YAPI STATIGI Ruhi AYDIN 12.12-c

1350 DATA B0, ks, sk, 2, sy, 2.1e6, 120, 2200, .0015, 1.5, 6.6, 5, .35, .25, .45, .2, 7,1e-5, 25, 7,1e-5, 25

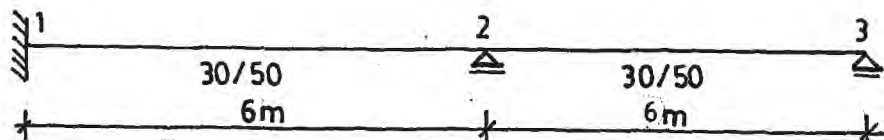
Açıklık	Sol uc mom(tn)	$f_e(cm^2)$	Sag uc mom(tn)	$f_e(cm^2)$	x(m)	Maxmac(tn)	$f_e(cm^2)$	Q sol(ton)	Q sag(ton)
1	-0.89	4.50	-1.09	4.83	0.00	-0.89	4.50	-0.03	-0.03
2	-1.09	5.74	+0.00	1.49	5.00	+0.00	1.49	+0.22	+0.22

Mesnet tepkileri

- 1 .mesnet $f = -0.03$ (t)
- 2 .mesnet $f = +0.25$ (t)
- 3 .mesnet $f = -0.22$ (t)



Örnek 3



ŞEKİL VI-10

DATA VERİŞ SIRASI

- 1- Kiriş tipi: BØ
- 2- Konsol durumu: ks
- 3- Kesit tipi: sk
- 4- Açıklık sayısı: 2
- 5- Hesap tipi: tc
- 6- Kirişin elastisite modülü: 2.1e6
- 7- F_{ck} değeri: 120
- 8- F_{yk} değeri: 2200
- 9- R_{min} : .0015
- 10- Yük katsayısı: 1.5
- 11- Açıklıklar: 6,6
- 12- Sabit kesitte B1 ve D2 değerleri: .3, .5, .3, .5

1350 REM YAPI STATİĞİ Ruhi AYDIN i2.13
1350 DATA BØ, ks, sk, 2, tc, 2.1e6, 120, 2200, .0015, 1.5, 6, 6, .3, .5, .3, .5

TESİR ÇİZGİSİ

1 .MESNET

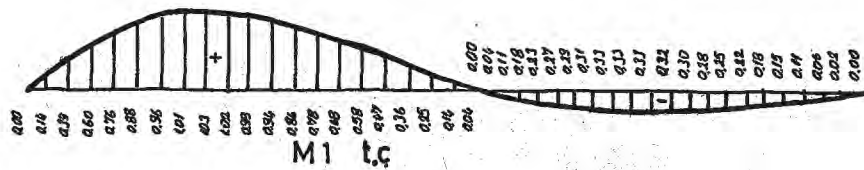
1 .aciklik -0.14 -0.39 -0.60 -0.76 -0.88 -0.96 -1.01 -1.03 -1.02 -0.99 -0.94 -0.86 -0.78 -0.68 -0.58 -0.47 -0.36 -0.25 -0.14 -0.04
2 .aciklik +0.04 +0.11 +0.18 +0.23 +0.27 +0.29 +0.31 +0.33 +0.33 +0.33 +0.32 +0.30 +0.28 +0.25 +0.22 +0.18 +0.15 +0.11 +0.06 +0.02

2 .MESNET

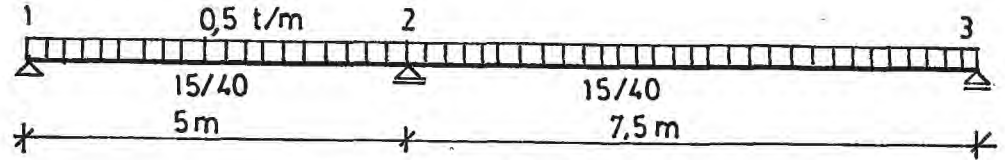
1 .aciklik -0.00 -0.01 -0.04 -0.06 -0.10 -0.14 -0.18 -0.23 -0.27 -0.30 -0.34 -0.36 -0.38 -0.38 -0.37 -0.35 -0.31 -0.25 -0.17 -0.06
2 .aciklik -0.00 -0.23 -0.35 -0.45 -0.53 -0.59 -0.63 -0.65 -0.66 -0.65 -0.63 -0.60 -0.55 -0.50 -0.44 -0.37 -0.29 -0.21 -0.13 -0.04

3 .MESNET

1 .aciklik +0.00
2 .aciklik +0.00



Örnek 4



ŞEKİL VI-11

a-)

DATA VERİŞ SIRASI

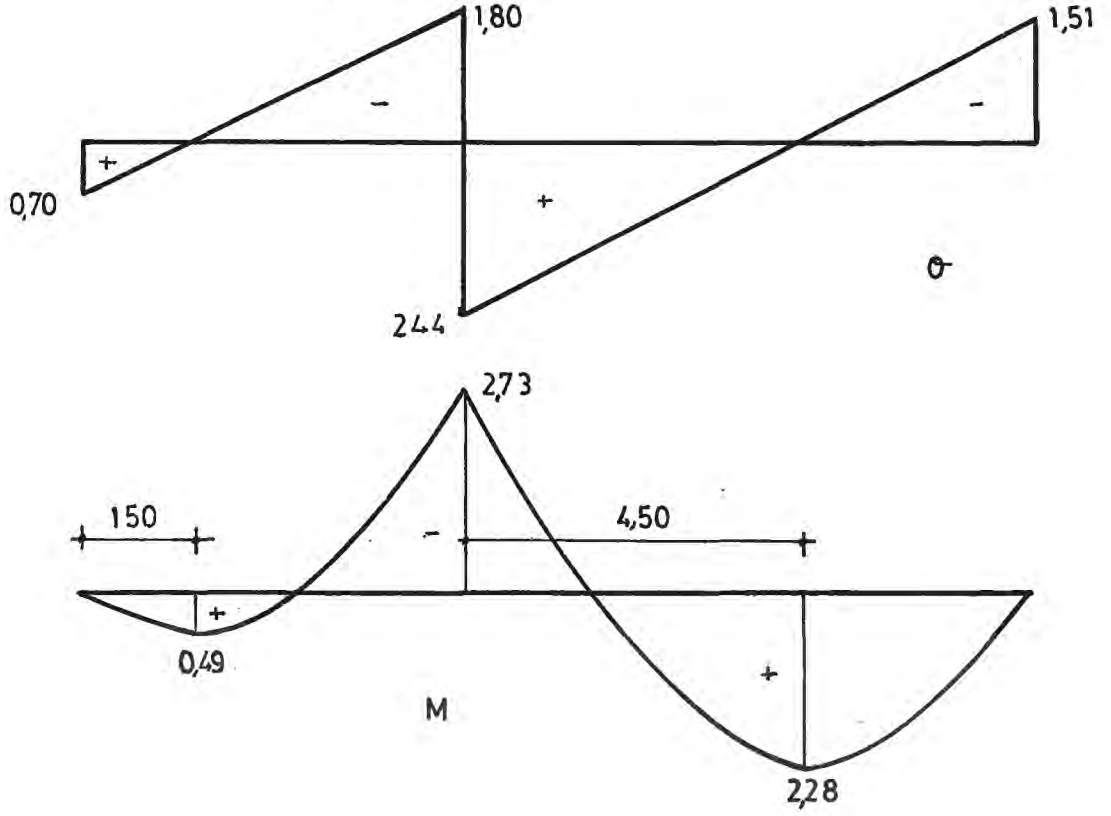
- 1- Kiriş tipi: BØ
- 2- Konsol durumu: ks
- 3- Kesit tipi: sk
- 4- Açıklık sayısı: 2
- 5- Hesap tipi: sy
- 6- Kirişin elastisite modülü: 2.1e6
- 7- F_{ck} değeri: 120
- 8- F_{yk} değeri: 2200
- 9- R_{min} : .0015
- 10- Yük katsayısı: 1.5
- 11- Açıklıklar: 5,7.5
- 12- Sabit kesitle B1 ve D2 değerleri: .15,.4,.15,.4
- 13- Yükler: 1,.5,1,.5

1350 REM Rahmentragwerke und Durchlaufträger-Richard GULBAN sf:350 29-a
1360 DATA DØ,ks,sk,2,sy,2.1e6,120,2200,.0015,1.5,5,7.5,.15,.4,.15,.4,1,.5,1,.5

Açıklık	Sol uc mom(tm)	f_e (cm ²)	Sap uc mom(tm)	f_e (cm ²)	x(m)	Maxmac(tm)	f_e (cm ²)	Q sol(ton)	Q sağ(ton)
1	+0.00	1.08	-2.73	7.22	1.50	+0.49	1.44	+0.70	-1.00
2	-2.73	7.22	+0.00	1.08	4.50	+2.28	5.83	+2.24	-1.51

Mesnet teokileri

- 1 .mesnet f= +0.70 (t)
- 2 .mesnet f= +4.04 (t)
- 3 .mesnet f= +1.51 (t)



b-)

DATA VERİŞ SIRASI

- 1- Kiriş tipi: BØ
- 2- Konsol durumu: ks
- 3- Kesit tipi: sk
- 4- Açıklık sayısı: 2
- 5- Hesap tipi: sy
- 6- Kirişin elastisite modülü
- 7- F_{ck} değeri: 120
- 8- F_{yk} değeri: 2200
- 9- R_{min} : .0015
- 10- Yük katsayısı: 1.5
- 11- Açıklıklar: 5,7.5
- 12- Sabit kesitte B1, D2 değerleri: .15,.4,.15,.4
- 13- Yükler: $7,2e-5,-15,7,2e-5,-15$

1350 REM Rahmentraegerwerke und Durchlauftrager-Richard GULBAN sf:350 29-b
1360 DATA D0, ks, sk, 2, sy, 2.1e6, 120, 2200, .0015, 1.5, 5, 7.5, .15, .4, .15, .4, 7, 1.2e-5, -15, 7, 1.2e-5, -15

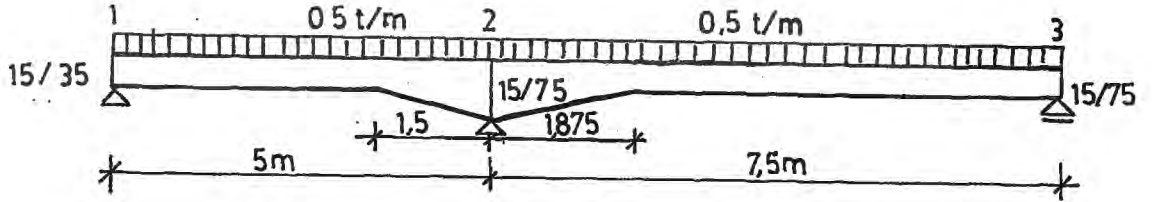
Aciklik	Sol uc mom(tm)	fe(cm2)	Sag uc mom(tm)	fe(cm2)	x(m)	Maxmac(tm)	fe(cm2)	Q sol(ton)	Q sag(ton)
1	+0.00	1.08	+1.13	3.48	5.00	+1.13	3.48	+0.23	+0.23
2	+1.13	3.48	+0.00	1.08	0.00	+1.13	3.48	-0.15	-0.15

Mesnet tepkileri

- 1 .mesnet f= +0.23 (t)
- 2 .mesnet f= -0.38 (t)
- 3 .mesnet f= +0.15 (t)



Örnek 5



VI-12

DATA VERİŞ SIRASI

- 1- Kiriş tipi: DØ
- 2- Konsol durumu: ks
- 3- Kesit tipi: dk
- 4- Açıklık sayısı: 2
- 5- Hesap tipi: sy
- 6- Kirişin elastisite modülü: 2.1e6
- 7- F_{ck} değeri: 120
- 8- F_{yk} değeri: 2200
- 9- R_{min} değeri: .0015

10- Yük katsayısı: 1.5

11- Açıklıklar: 5,7.5

12- Gse tipi, gse boyutları ve açıklıktaki yükler:

1,.15,.35,.75,.35,0,1.5,1,.5

1,.15,.35,.75,.35,1,875,0,1,.5

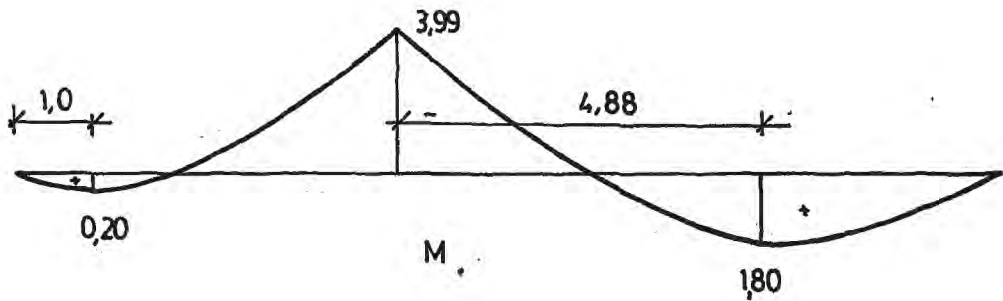
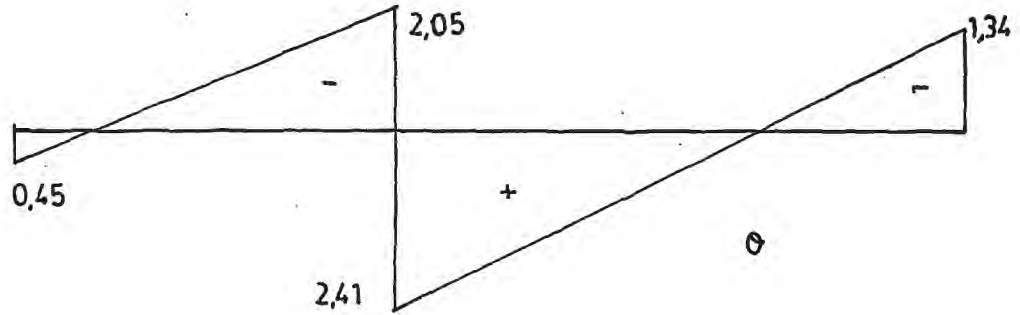
1350 AEM Rahmentragwerke und Durchlauftrager-Richard GULBAN sf:351 30

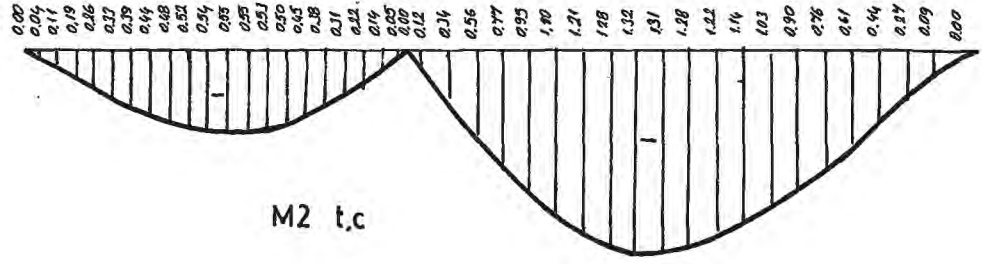
1360 DATA D0, ks, dk, 2, sy, 2.1e6, i20, 2200, .0015, 1.5, 5, 7.5, 1, .15, .35, .75, .35, 0, 1.5, 1, .5, 1, .15, .75, .75, .35, 1.875, 0, 1, .5

Aciklik	Sol uc mom(tm)	fe(cm2)	Sag uc mom(tm)	fe(cm2)	x(m)	Maxmac(tm)	fe(cm2)	Q sol(ton)	Q sag(ton)
1	+0.00	0.94	-3.99	6.32	1.00	+0.20	0.94	+0.45	-2.05
2	-3.99	6.32	+0.00	2.11	4.88	+1.80	5.28	+2.41	-1.34

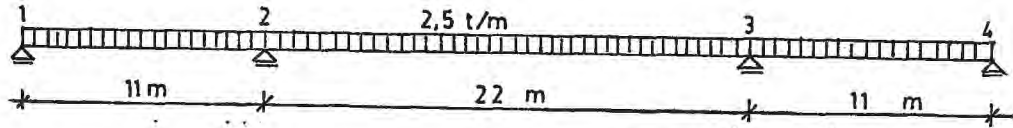
Mesnet teokileri

- 1 .mesnet f= +0.45 (t)
- 2 .mesnet f= +4.46 (t)
- 3 .mesnet f= +1.34 (t)





Örnek 7



ŞEKİL VI-14

DATA VERİŞ SIRASI

- 1- Kiriş tipi: DØ
- 2- Konsol durumu: ks
- 3- Kesit tipi: sk
- 4- Açıklık sayısı: 3
- 5- Hesap tipi: sy
- 6- Elastisite modülü: 2.1e6
- 7- F_{ck} değeri: 120
- 8- F_{yk} değeri: 2200
- 9- R_{min} değeri: .0015
- 10- Yük katsayısı: 1.5
- 11- Açıklıklar: 11,22,11
- 12- Sabit kesitte B1 ve D2 değerleri: 1,1,1,1,1,1
- 13- Yükler: 1,2.5,1,2.5,1,2.5

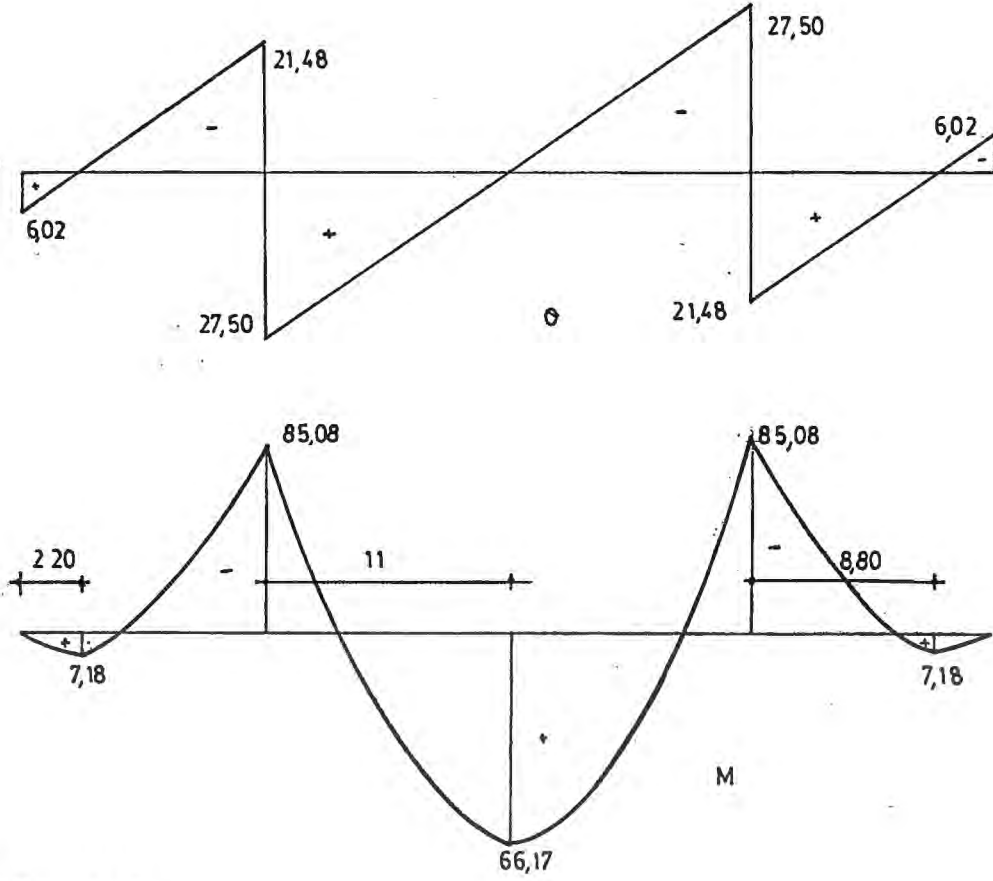
1350 RCM Rahmentragwerke und Durchlaufträger-Richard GULBAN sf:353 31-a

1360 DATA DØ, ks, sk, 3, sy, 2.1e6, 120, 2200, .0015, 1.5, 11, 22, 11, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 2.5, 1, 2.5, 1, 2.5

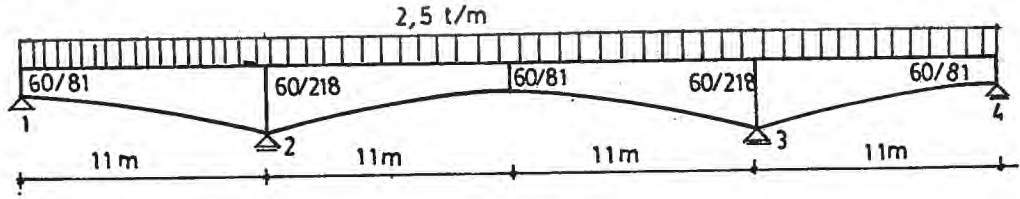
Açıklık	Sol uc mom(tm)	$f_e(cm^2)$	Sap uc mom(tm)	$f_e(cm^2)$	x(m)	Maxmac(tm)	$f_e(cm^2)$	Q sol(ton)	Q sağ(ton)
1	+0.00	18.92	-85.08	77.60	2.20	+7.18	18.92	+6.02	-21.48
2	-85.08	77.60	-85.08	77.60	11.00	+66.17	63.05	+27.50	-27.50
3	-85.08	77.60	+0.00	18.92	8.80	+7.18	18.92	+21.48	-6.02

Mesnet teokileri

1. mesnet $f = +6.02$ (t)
2. mesnet $f = +48.98$ (t)
3. mesnet $f = +48.98$ (t)
4. mesnet $f = -6.02$ (t)



Örnek 8



ŞEKİL VI-15

DATA VERİŞ SIRASI

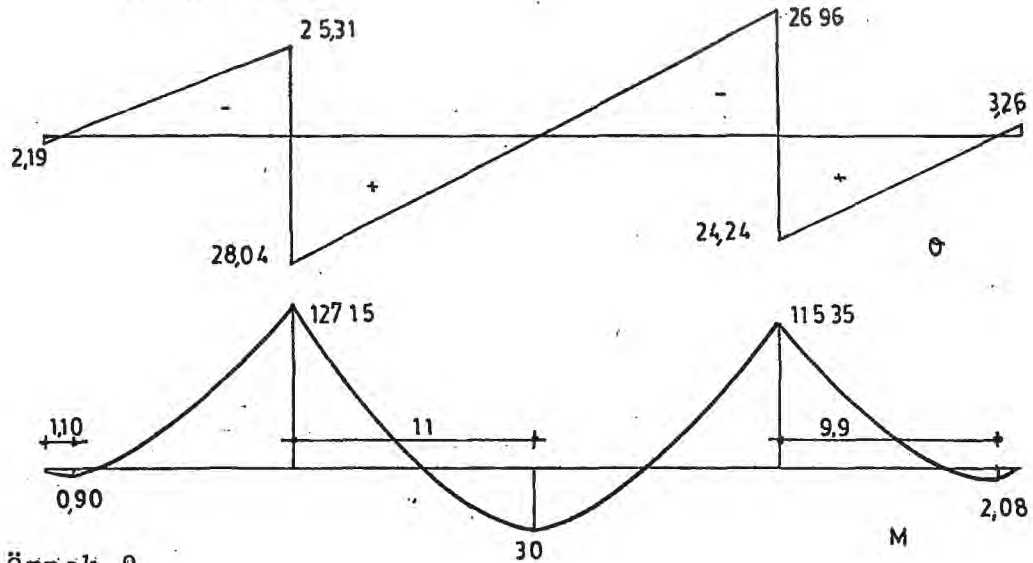
- 1- Giriş tipi: DØ
- 2- Konsol durumu: ks
- 3- Kesit tipi: dk
- 4- Açıklık sayısı: 3
- 5- Hesap tipi: sy
- 6- Elastisite modülü: 2.1e6
- 7- F_{ck} değeri: 120
- 8- F_{yk} değeri: 2200

- 9- R_{min} değeri: .0015
10- Yük katsayısı: 1.5
11- Açıklıklar: 11,22,11
12- Guse tipi, guse boyutları ve yükler:
2,.6,.81,2.18,.81,0,11,1,2.5
2,.6,2.18,2.18,.81,11,11,1,2.5
2,.6,1.84,.81,.81,11,0,1,2.5
1350 REM Rahmenträgerwerk und Durchlaufträger—Richard GULBAN sf:353 3i-b
1360 DATA D0, ks, dk, 3, sy, 2.1e6, i20, 2200, .0015, 1.5, 11, 22, 11, 2, .6, .81, 2.18, .81, 0, 11, 1, 2.5, 2, .6, 2.18, 2.18, .81, 11, 11, 1, 2.5, 2, .6, 1.84, .81, .81, 11, 0, 1, 2.5

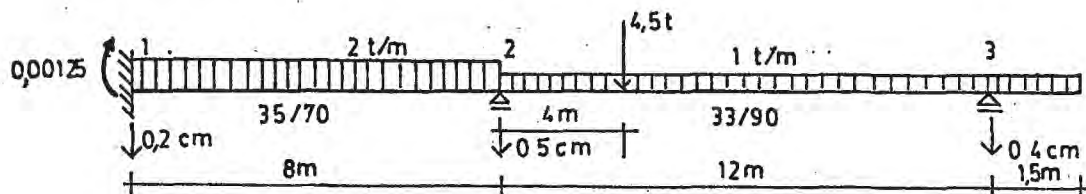
Acıklık	Sol uc mom(tm)	fe(cm2)	Sag uc mom(tm)	fe(cm2)	x(m)	Maxmac(tm)	fe(cm2)	Q sol(ton)	Q sag(ton)
1	+0.00	9.13	-127.15	67.08	1.10	+0.90	9.22	+2.19	-25.31
2	-127.15	67.08	-115.35	58.70	11.00	+30.00	35.25	+28.04	-26.96
3	-115.35	68.12	+0.00	9.13	9.90	+2.08	9.31	+24.24	-3.26

Mesnet teakileri

1. mesnet $f = +2.19$ (t)
2. mesnet $f = +53.35$ (t)
3. mesnet $f = +51.20$ (t)
4. mesnet $f = +3.26$ (t)



Örnek 9



ŞEKİL VI-16

a-)

DATA VERİŞ SIRASI

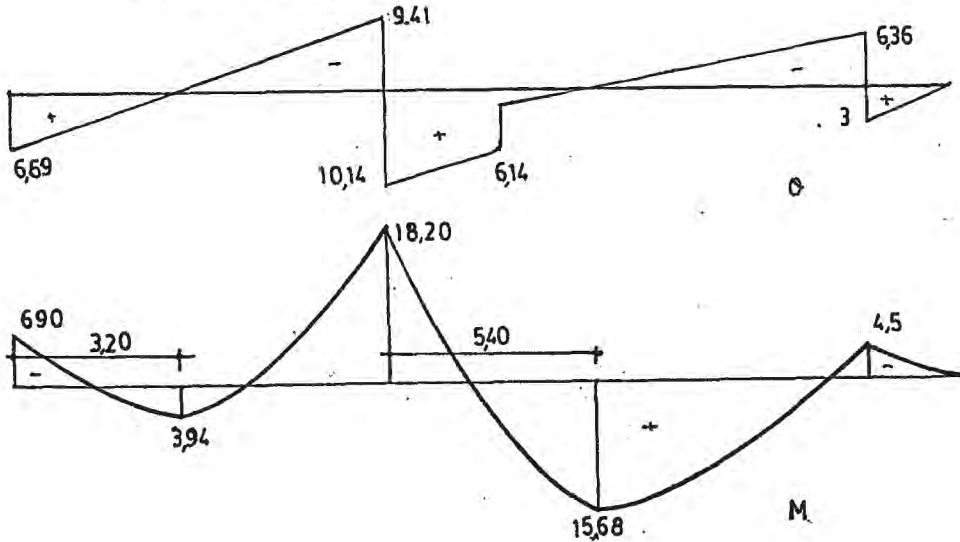
- 1- Kiriş tipi: BØ
- 2- Konsol durumu: k
- 3- Kesit tipi: sk
- 4- Açıklık sayısı: 2
- 5- Hesap tipi: sy
- 6- Elastisite modülü: $2e6$
- 7- F_{ck} değeri: 120
- 8- F_{yk} değeri: 2200
- 9- R_{min} değeri: .0015
- 10- Yük katsayısı: 1.5
- 11- Açıklıklar: 8,12
- 12- Sabit kesitte B1 ve D2 değerleri: .35,.7,.33,.9
- 13- Yükler: 1,2,13,1,4.5,4,0,-4.5

1350 R2M YAPI STATİĞİ CİLT II A.CAKIROĞLU-E.CETİNELİ sf 131 I-a
1360 DATA BØ,k,sk,2,sy,2e6,120,2200,.0015,1.5,8,12,.35,.7,.33,.9,1,2,13,1,4.5,4,0,-4.5

Açıklık	Sol uc mom(tm)	$f_e(cm^2)$	Sağ uc mom(tm)	$f_e(cm^2)$	x(m)	Maxmac(tm)	$f_e(cm^2)$	Q sol(ton)	Q sağ(ton)
1	-6.90	12.19	-18.80	25.80	3.20	+3.94	7.62	+6.59	-9.41
2	-18.20	18.66	-4.50	5.60	5.40	+15.68	18.01	+18.14	-6.36

Mesnet teokileri

- 1 .mesnet $f=+6.59$ (t)
- 2 .mesnet $f=+19.55$ (t)
- 3 .mesnet $f=+6.36$ (t)



b-)

DATA VERİŞ SIRASI

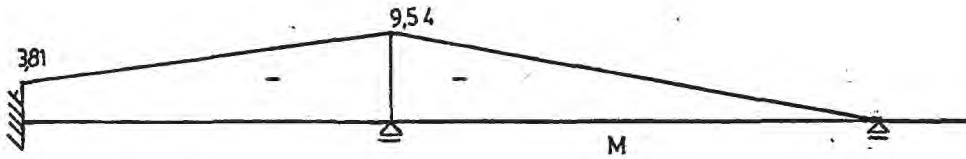
- 1- Giriş tipi: BØ
- 2- Konsol durumu: k
- 3- Kesit tipi: sk
- 4- Açıklık sayısı: 2
- 5- Hesap tipi: sy
- 6- Elastisite modülü: 2e6
- 7- F_{ck} değeri: 120
- 8- F_{yk} değeri: 2200
- 9- R_{min} değeri: .0015
- 10- Yük katsayısı: 1.5
- 11- Açıklıklar: 8,12
- 12- Sabit kesitte B1 ve D2 değerleri: .35,.7,.33,.9
- 13- Yükler: 7,1e-5,20,7,1e-5,20,0,0

1350 REN YAPI STATİĞİ CİLT II A.CAKIROĞLU-E.CETMELİ sf 131 I-b
1360 DATA BØ,k,sk,2,sy,2e6,120,2200,.0015,1.5,8,12,.35,.7,.33,.9,7,1e-5,20,7,1e-5,20,0,0

Açıklık	Sol uc mom(tm)	$f_e(cm^2)$	Sag uc mom(tm)	$f_e(cm^2)$	x(m)	Maxmac(tm)	$f_e(cm^2)$	Q sol(ton)	Q sag(ton)
1	-3.81	6.10	-9.54	14.71	0.00	-3.81	6.10	-0.72	-0.72
2	-9.54	13.06	+0.00	5.60	12.00	+0.00	5.60	+0.79	+0.79

Mesnet tepkileri

- 1 .mesnet $f = -0.72$ (t)
- 2 .mesnet $f = +1.51$ (t)
- 3 .mesnet $f = -0.79$ (t)



c-)

DATA VERİŞ SIRASI

- 1- Kiriş tipi: BØ
- 2- Konsol durumu: k
- 3- Kesit tipi: sk
- 4- Açıklık sayısı: 2
- 5- Hesap tipi: sy
- 6- Elastisite modülü: 2e6
- 7- F_{ck} değeri: 120
- 8- F_{yk} değeri: 2200
- 9- R_{min} değeri: .0015
- 10- Yük katsayısı: 1.5
- 11- Açıklıklar: 8,12
- 12- Sabit kesitte B1 ve D2 değerleri: .35,.7,.33,.9
- 13- Yükler: 69,.002,.005,.00125,0,6,.005,.004,0,0

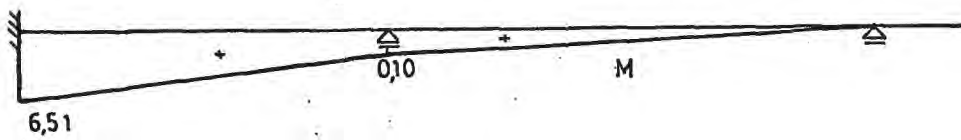
1350 REM YAPI STATISI CİLT II A.CAKIROĞLU-E.CETNELİ sf 131 I-c

1350 DATA BØ, k, sk, 2, sy, 2e6, 120, 2200, .0015, 1.5, 8, 12, .35, .7, .33, .9, 69, .002, .005, .00125, 0, 6, .005, .004, 0, 0

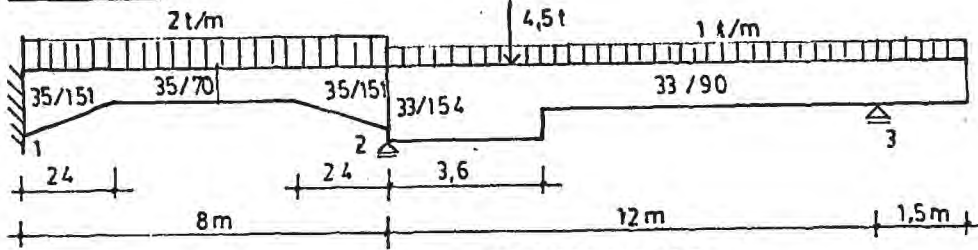
Açıklık	Sol uc mon(tm)	$f_e(cm^2)$	Sağ uc mon(tm)	$f_e(cm^2)$	x(m)	Maxmac(tm)	$f_e(cm^2)$	D sol(ton)	D sağ(ton)
1	+6.51	10.67	+0.10	4.57	0.00	+6.51	10.67	-0.80	-0.80
2	+0.10	5.60	+0.00	5.60	0.00	+0.10	5.60	-0.01	-0.01

Mesnet teakileri

- 1 .mesnet $f = -0.80$ (t)
- 2 .mesnet $f = +0.79$ (t)
- 3 .mesnet $f = +0.01$ (t)



Örnek 10.



ŞEKİL VI-17

DATA VERİŞ SIRASI

- 1- Kiriş tipi: BØ
- 2- Konsol durumu: k
- 3- Kesit tipi: dk
- 4- Açıklık sayısı: 2
- 5- Hesap tipi: sy
- 6- Elastisite modülü: 2e6
- 7- F_{ck} değeri: 120
- 8- F_{yk} değeri: 2200
- 9- R_{min} değeri: .0015
- 10- Yük katsayısı: 1.5
- 11- Açıklıklar: 8,12
- 12- Guse tipi, guse özellikleri, yükler:
1, .35, 1.51, 1.51, 7, 2.4, 2.4, 1, 2, 3, .33, .9, 1.54, 1.54, 1.54,
1.54, 1.54, 1.54, .9, .9, .9, .9, .9, .9, .9, .9, .9, .9, .9, .9, .9,
13, 1, 4.5, 3.6, 0, -4.5

1350 REM YAPI STATİĞİ CİLT II A.CAKIROĞLU-E.DETMELİ sf 134 2

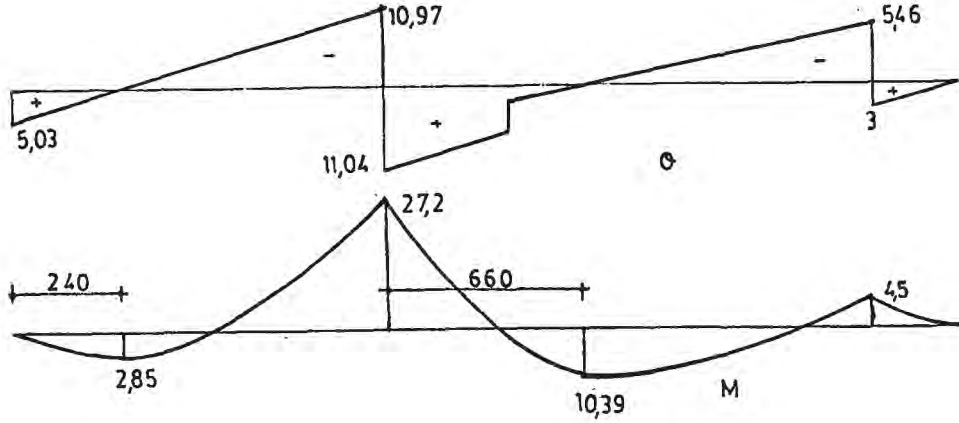
1360 DATA BØ, k, dk, 2, sy, 2e6, 120, 2200, .0015, 1.5, 8, 12, 1, .35, 1.51, 1.51, 7, 2.4, 2.4, 1, 2, 3, .33, .9, 1.54, 1.54, 1.54, 1.54, 1.54, 1.54, .9, .9, .9, .9, .9, .9, .9

1361 DATA .9, .9, .9, .9, .9, .9, .9, 13, 1, 4.5, 3.6, 0, -4.5

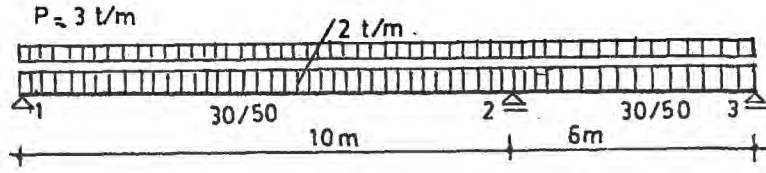
Açıklık	Sol uc mom(tm)	f_e (cm ²)	Sag uc mom(tm)	f_e (cm ²)	x(m)	Maxmac(tm)	f_e (cm ²)	Q sol(ton)	Q sag(ton)
1	-3.47	10.10	-27.20	20.20	2.40	+2.85	5.03	+5.03	-10.97
2	-27.20	10.03	-4.50	6.24	6.60	+10.39	13.06	+11.04	-5.46

Mesnet teokileri

- 1 .mesnet $f = +5.03$ (t)
- 2 .mesnet $f = +22.01$ (t)
- 3 .mesnet $f = +5.46$ (t)



Örnek 11



ŞEKİL VI-18

ORTA VERİŞ SIRASI

- 1- Kiriş tipi: DØ
- 2- Konsol durumu: ks
- 3- Kesit tipi: sk
- 4- Açıklık sayısı: 2
- 5- Hesap tipi: hs
- 6- Elastisite modülü: $2e6$
- 7- F_{ck} değeri: 120
- 8- F_{yk} değeri: 2200
- 9- R_{min} değeri: .0015
- 10- Yük katsayısı: 1.5
- 11- Açıklıklar: 10,6
- 12- Sabit kesitte B1 ve D2 değerleri: .3,.5,.3,.5
- 13- Yükler: 1,2,1,3,1,2,1,3

1350 REA YAPI STATIGI CILT II A. CAKIROGLU-E. CETMELI sf 158-3
1350 DATA D0, ks, sk, 2, ns, 2e6, 120, 2200, .0015, 1.5, 10, 6, .3, .5, .3, .5, 1, 2, 1, 3, 1, 2, 1, 3

Aciklik	Sol uc mom(tm)	fe(cm2)	Sag uc mom(tm)	fe(cm2)	x(m)	Maxmac(tm)	fe(cm2)	Q sol(ton)	Q sag(ton)
1	+0.00	0.00/ 2.75	-47.50	x-99 /27.68	4.00	+41.00	27.68/x-99	+20.25	-29.75
2	-47.50	x-99 /27.68	+0.00	0.00/ 2.75	4.50	+5.00	9.87/ 0.00	+22.92	-7.08

Mesnet teokileri

- 1 .mesnet f=+20.25 (t)
- 2 .mesnet f=+22.67 (t)
- 3 .mesnet f= +7.08 (t)

Aciklik	Sol uc mom(tm)	fe(cm2)	Sag uc mom(tm)	fe(cm2)	x(m)	Maxmac(tm)	fe(cm2)	Q sol(ton)	Q sag(ton)
1	+0.00	0.00/ 2.75	-42.44	x-99 /27.68	4.00	+43.03	27.68/x-99	+20.76	-29.24
2	-42.44	x-99 /27.68	+0.00	0.00/ 2.75	6.00	+0.00	2.75/ 0.00	+13.07	+1.07

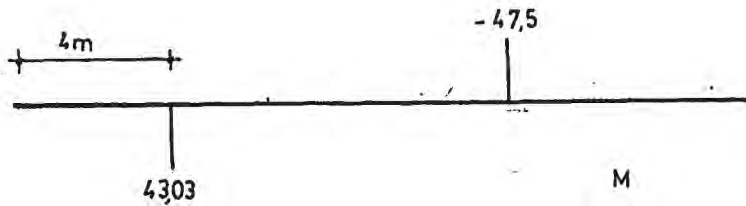
Mesnet teokileri

- 1 .mesnet f=+20.76 (t)
- 2 .mesnet f=+42.32 (t)
- 3 .mesnet f= -1.07 (t)

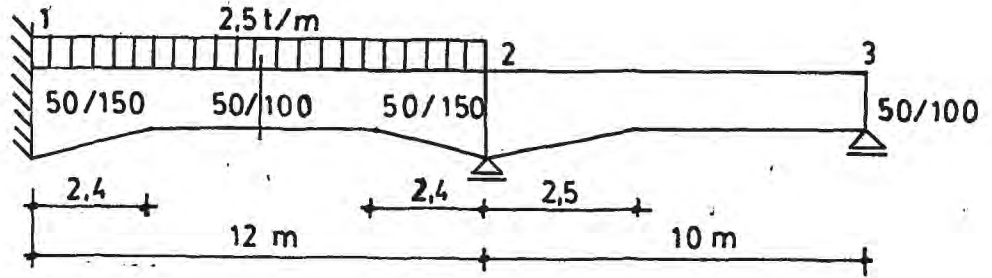
Aciklik	Sol uc mom(tm)	fe(cm2)	Sag uc mom(tm)	fe(cm2)	x(m)	Maxmac(tm)	fe(cm2)	Q sol(ton)	Q sag(ton)
1	+0.00	0.00/ 2.75	-24.06	x-99 /27.68	4.00	+14.38	30.68/ 4.00	+7.59	-12.41
2	-24.06	x-99 /27.68	+0.00	0.00/ 2.75	3.90	+12.05	28.68/ 2.00	+19.01	-10.99

Mesnet teokileri

- 1 .mesnet f= +7.59 (t)
- 2 .mesnet f=+31.42 (t)
- 3 .mesnet f=+10.99 (t)



Örnek 12



ŞEKİL VI-19

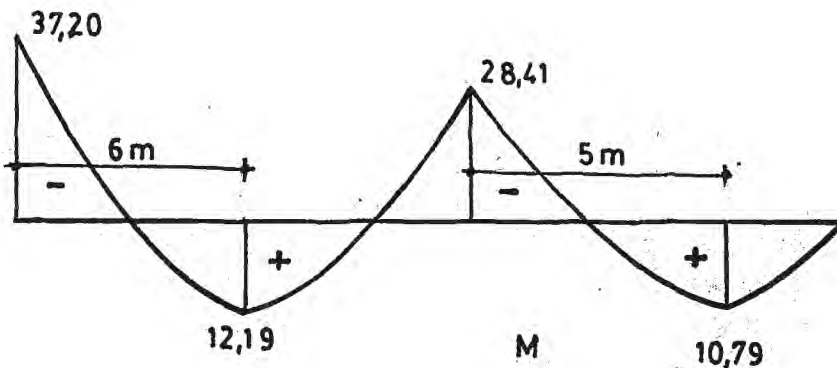
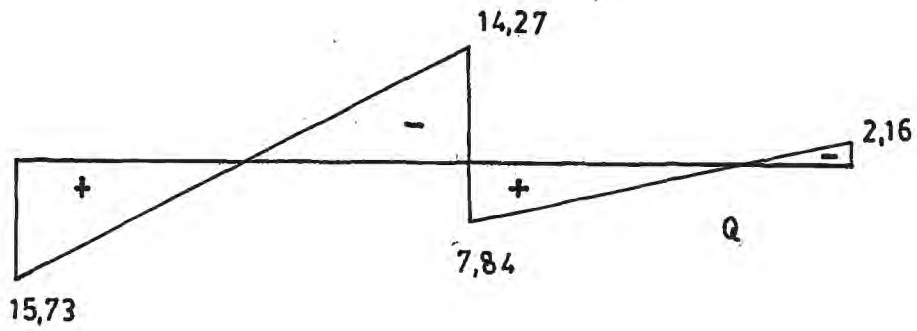
1350 RKA Baustatik Theorie und Beispiele -Kurt HIRSCHFELD sf 663-20

1360 DATA B0, ks, dk, 2, sy, 2e6, 120, 2200, .0015, 1.5, 12, 10, 1, .5, 1.5, 1.5, 1, 2.4, 2.4, 1, 2.5, 1, .5, 1.5, 1, 1, 2.5, 0, 3, 10, 5

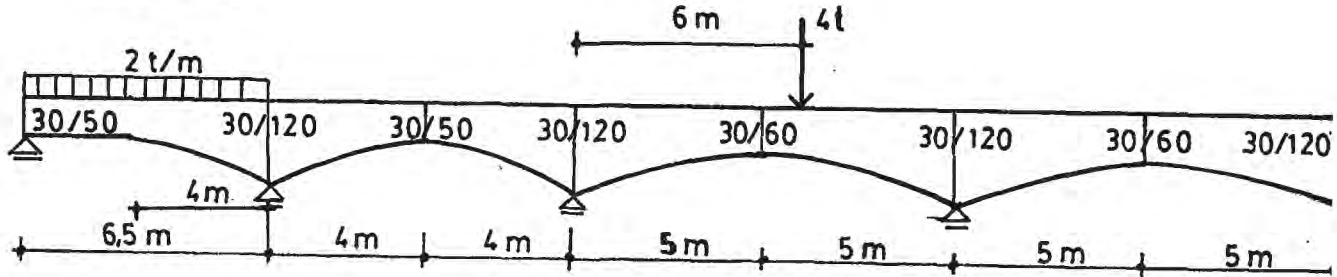
Aciklik	Sol uc mon(tm)	fe(cm2)	Sag uc mon(tm)	fe(cm2)	x(m)	Maxmac(tm)	fe(cm2)	Q sol(ton)	Q sag(ton)
1	-37.20	28.67	-28.41	23.89	6.00	+12.19	15.76	+15.73	-14.27
2	-28.41	23.89	+0.00	9.46	5.00	+10.79	12.61	+7.84	-2.16

Mesnet tonkileri

- 1 .mesnet f=+15.73 (t)
- 2 .mesnet f=+22.11 (t)
- 3 .mesnet f= +2.16 (t)



Örnek 13



ŞEKİL VI-20

DATA VERİŞ SIRASI

- 1- Kiriş tipi: CØ
- 2- Konsol durumu: ks
- 3- Kesit tipi: dk
- 4- Açıklık sayısı: 4
- 5- Hesap tipi: sy
- 6- Elastisite modülü: 2e6
- 7- F_{ck} değeri: 120
- 8- F_{yd} değeri: 2200
- 9- R_{min} değeri: .0015
- 10- Yük katsayısı: 1.5
- 11- Açıklıklar: 6.5,8,10,10
- 12- Guse tipi, özellikleri,yükler:
2,.3,.5,1.2,.5,0,4,1,2,2,.3,1.2,1.2,.5,4,4,0,2,.3,1.2,1.2,
.6,5,5,3,4,6,2,.3,1.2,1.2,.6,5,5,0

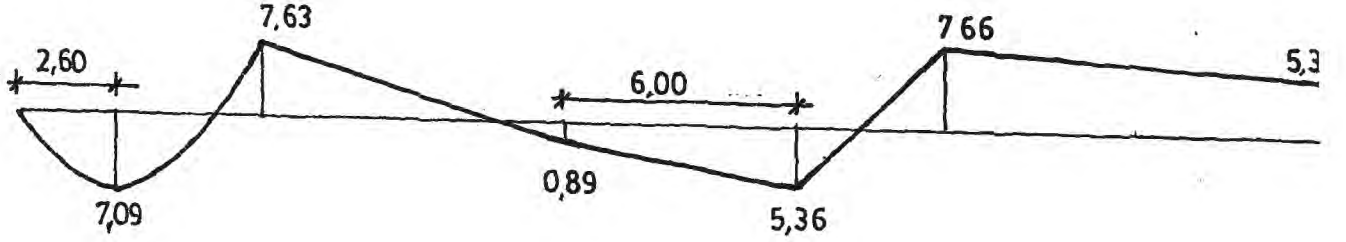
i350 AEM Baustatik Theorie und Beispiele -Kurt HIRSCHFELD sf 558-12

1360 DATA CØ,ks,dk,4,sy,2e6,120,2200,.0015,1.5,6.5,8,10,10,2,.3,.5,1.2,.5,0,4,1,2,2,.3,1.2,1.2,.5,4,4,0,2,.3,1.2,1.2,.6,5,5,3,4,6,2,
.3,1.2,1.2,.6,5,5,0

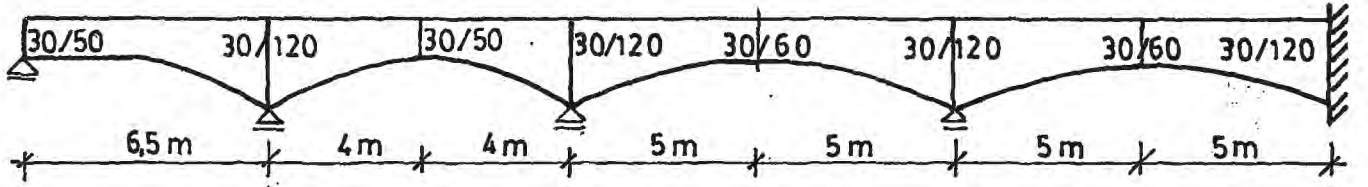
Açıklık	Sol uc mom(tm)	f_e (cm ²)	Sağ uc mom(tm)	f_e (cm ²)	x(m)	Maxmac(tm)	f_e (cm ²)	Q sol(ton)	Q sağ(ton)
1	+0.00	2.75	-7.63	6.84	2.60	+7.09	14.10	+5.33	-7.67
2	-7.63	6.84	+0.89	6.84	8.00	+0.89	6.45	+1.07	+1.07
3	+0.89	6.84	-7.66	6.84	6.00	+5.36	10.24	+0.74	-3.26
4	-7.66	6.84	+5.32	6.84	10.00	+5.32	6.50	+1.30	+1.30

Mesnet teokileri

- 1 .mesnet f= +5.33 (t)
- 2 .mesnet f= +0.74 (t)
- 3 .mesnet f= -0.32 (t)
- 4 .mesnet f= +4.55 (t)
- 5 .mesnet f= -1.30 (t)



Örnek 14



ŞEKİL VI-21

DATA VERİŞ SIRASI

- 1- Kiriş tipi: CØ
- 2- Konsol durumu: ks
- 3- Kesit tipi: dk
- 4- Açıklık sayısı: 4
- 5- Hesap tipi: tc
- 6- Elastisite modülü: $2e6$
- 7- F_{ck} değeri: 120
- 8- F_{yk} değeri: 2200
- 9- R_{min} değeri: .0015
- 10- Yük katsayısı: 1.5
- 11- Açıklıklar: 6.5,8,10,10
- 12- Guse tipi, özellikleri:
2,.3,.5,1.2,.5,0,4,2,.3,1.2,1.2,.5,4,4,2,.3,1.2,1.2,.6,5,5,
2,.3,1.2,1.2,.6,5,5

1350 REK Baustatik Theorie und Beispiele -Kurt HIRSCHFELD sf 558-12-b
1350 DATA CO,ks,dk,4,tc,2ec,120,2200,.0015,1.5,6.5,8,10,10,2,.3,.5,1.2,5,0,4,2,.3,1.2,1.2,.5,4,4,2,.3,1.2,1.2,.6,5,5,2,.3,1.2,1.2,
6,5,5

TESIR CIZGISI

1 .MESNET

1 .aciklik +0.00
2 .aciklik +0.00
3 .aciklik +0.00
4 .aciklik +0.00

2 .MESNET

1 .aciklik -0.05 -0.14 -0.24 -0.33 -0.41 -0.48 -0.54 -0.59 -0.62 -0.64 -0.63 -0.62 -0.58 -0.53 -0.47 -0.40 -0.32 -0.24 -0.14 -0.05
2 .aciklik -0.05 -0.16 -0.26 -0.35 -0.42 -0.49 -0.53 -0.56 -0.57 -0.55 -0.52 -0.47 -0.41 -0.35 -0.29 -0.23 -0.17 -0.12 -0.07 -0.02
3 .aciklik +0.05 +0.14 +0.22 +0.30 +0.36 +0.41 +0.44 +0.46 +0.46 +0.45 +0.42 +0.38 +0.33 +0.28 +0.23 +0.18 +0.14 +0.09 +0.05 +0.02
4 .aciklik -0.02 -0.05 -0.08 -0.10 -0.12 -0.13 -0.14 -0.14 -0.13 -0.12 -0.10 -0.09 -0.07 -0.05 -0.03 -0.02 -0.01 -0.01 -0.00 +0.00

3 .MESNET

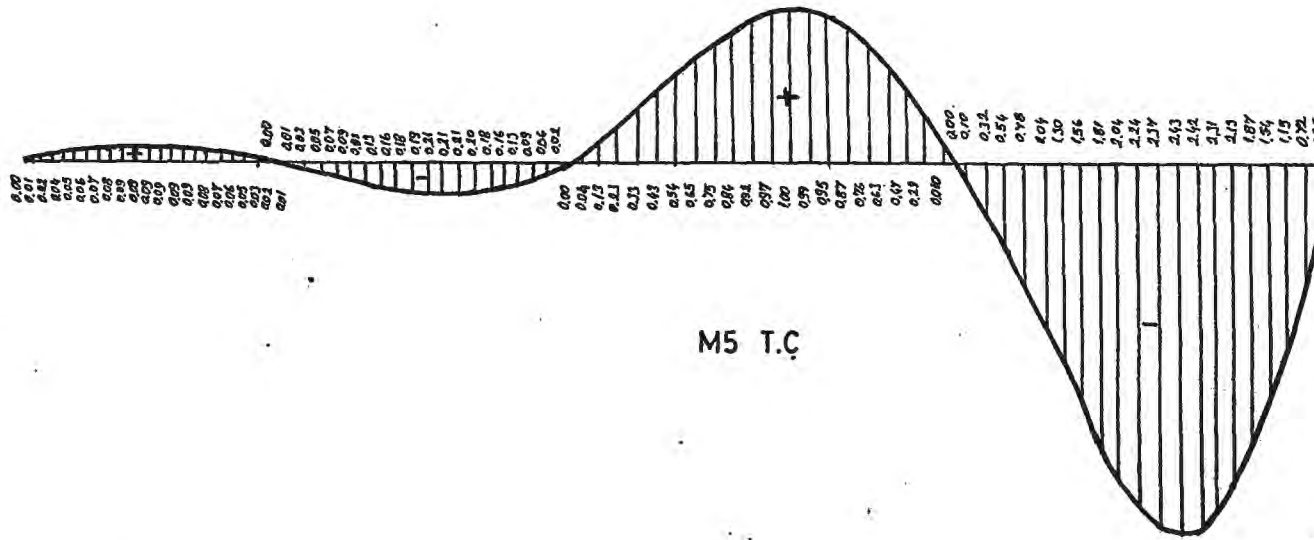
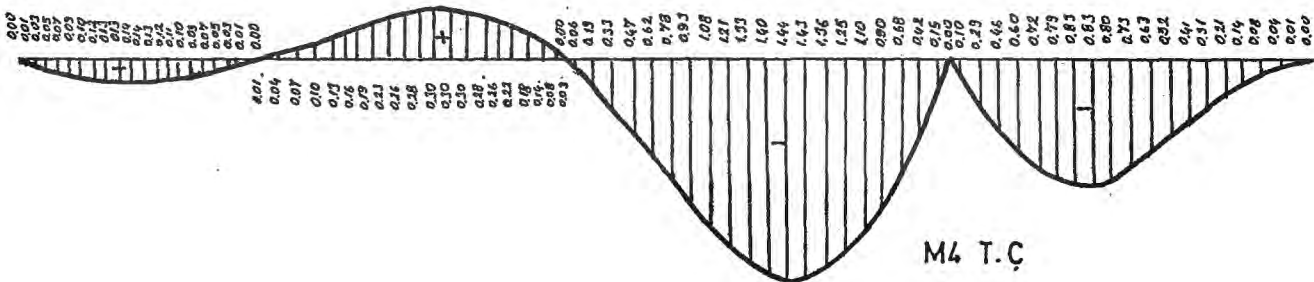
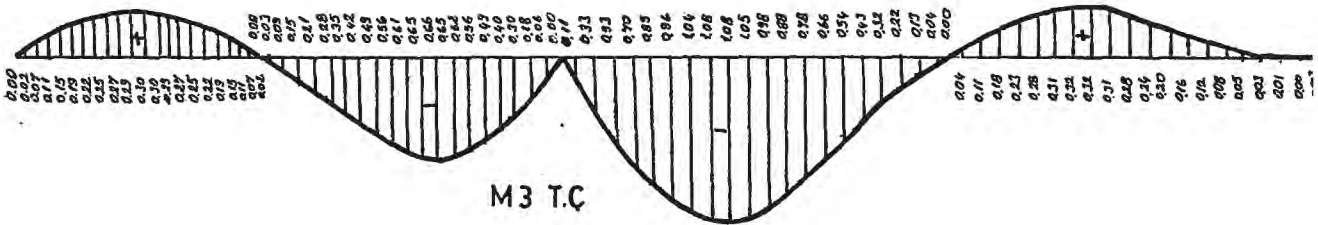
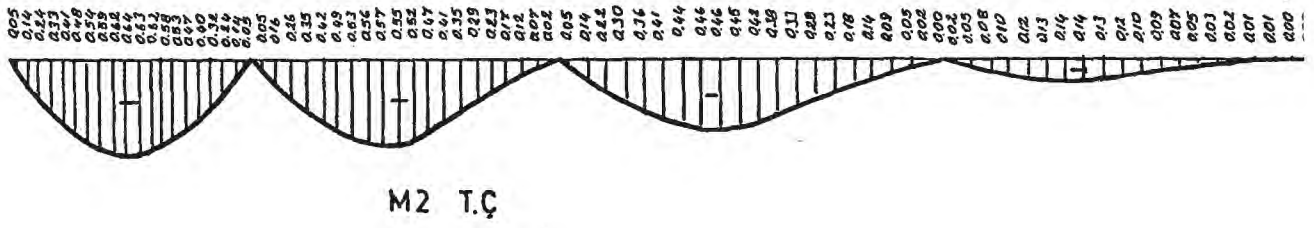
1 .aciklik +0.02 +0.07 +0.11 +0.15 +0.19 +0.22 +0.25 +0.27 +0.29 +0.30 +0.30 +0.29 +0.27 +0.25 +0.22 +0.19 +0.15 +0.11 +0.07 +0.02
2 .aciklik -0.03 -0.09 -0.15 -0.21 -0.28 -0.35 -0.42 -0.49 -0.56 -0.61 -0.65 -0.66 -0.65 -0.62 -0.56 -0.49 -0.40 -0.30 -0.18 -0.06
3 .aciklik -0.11 -0.33 -0.53 -0.70 -0.85 -0.96 -1.04 -1.08 -1.08 -1.05 -0.98 -0.88 -0.78 -0.66 -0.54 -0.43 -0.32 -0.22 -0.13 -0.04
4 .aciklik +0.04 +0.11 +0.18 +0.23 +0.28 +0.31 +0.32 +0.32 +0.31 +0.28 +0.24 +0.20 +0.16 +0.12 +0.08 +0.05 +0.03 +0.01 +0.00 +0.00

4 .MESNET

1 .aciklik -0.01 -0.03 -0.05 -0.07 -0.09 -0.10 -0.12 -0.13 -0.13 -0.14 -0.14 -0.13 -0.12 -0.11 -0.10 -0.09 -0.07 -0.05 -0.03 -0.01
2 .aciklik +0.01 +0.04 +0.07 +0.10 +0.13 +0.16 +0.19 +0.23 +0.26 +0.28 +0.30 +0.30 +0.30 +0.28 +0.25 +0.22 +0.18 +0.14 +0.08 +0.03
3 .aciklik -0.06 -0.19 -0.33 -0.47 -0.62 -0.78 -0.93 -1.08 -1.21 -1.33 -1.40 -1.44 -1.43 -1.36 -1.25 -1.10 -0.90 -0.68 -0.42 -0.15
4 .aciklik -0.10 -0.29 -0.46 -0.60 -0.72 -0.79 -0.83 -0.83 -0.80 -0.73 -0.63 -0.52 -0.41 -0.31 -0.21 -0.14 -0.08 -0.04 -0.01 +0.00

5 .MESNET

1 .aciklik +0.01 +0.02 +0.04 +0.05 +0.06 +0.07 +0.08 +0.09 +0.09 +0.09 +0.09 +0.09 +0.09 +0.08 +0.07 +0.06 +0.05 +0.03 +0.02 +0.01
2 .aciklik -0.01 -0.03 -0.05 -0.07 -0.09 -0.11 -0.13 -0.16 -0.18 -0.19 -0.21 -0.21 -0.21 -0.20 -0.18 -0.16 -0.13 -0.09 -0.06 -0.02
3 .aciklik +0.04 +0.13 +0.23 +0.33 +0.43 +0.54 +0.65 +0.75 +0.84 +0.92 +0.97 +1.00 +0.99 +0.95 +0.87 +0.76 +0.63 +0.47 +0.29 +0.10
4 .aciklik -0.10 -0.32 -0.54 -0.78 -1.04 -1.30 -1.56 -1.81 -2.04 -2.24 -2.37 -2.43 -2.42 -2.31 -2.13 -1.87 -1.54 -1.15 -0.72 -0.25



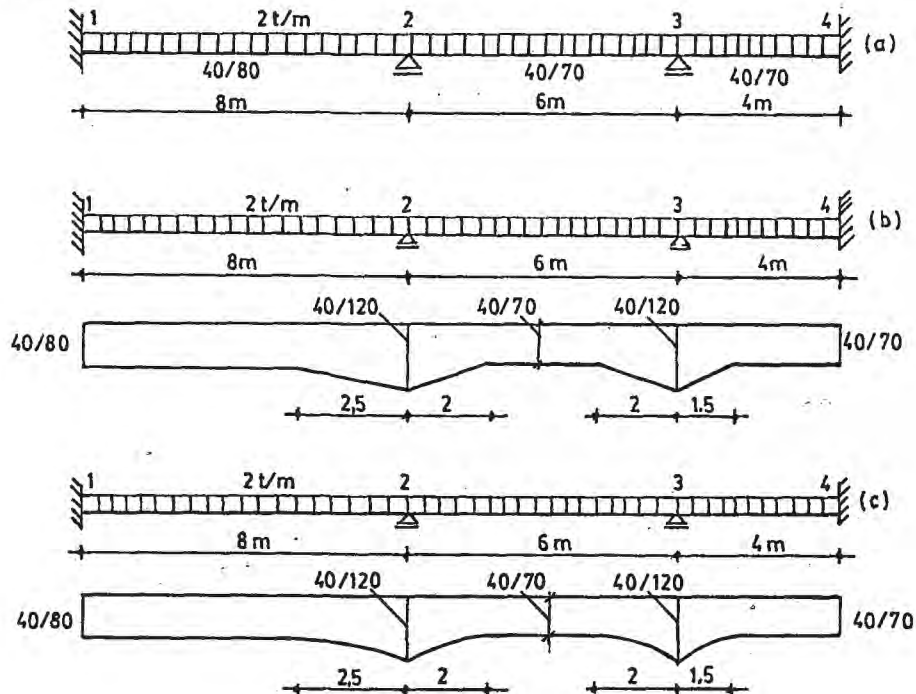
BÖLÜM VII

SABİT VE DEĞİŞKEN KESİTLİ MÜTEMADİ KİRİŞLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

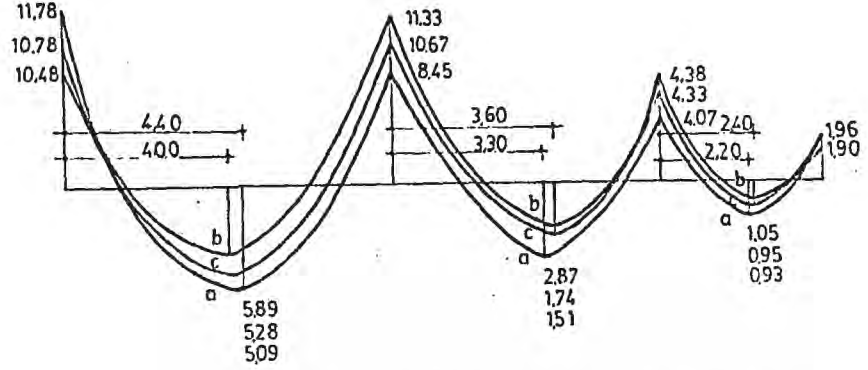
Bu bölümde, sabit ve değişken kesitli mütemadi kirişlerin, sabit ve hareketli yükler altında çözümleri, çeşitli örneklerle yorumlanmıştır.

İlk olarak, kesitleri sabit, düz güseli, parabolik güseli olan mütemadi kirişlerin, aynı sabit yük etkisi altındaki çözümleri ele alınmıştır. Aşağıda bunlarla ilgili örnekler verilmiştir.

Örnek 1



ŞEKİL VII-1



	Mesnet Momentleri				Acıklık Momentleri		
	M1	M2	M3	M4	M1aç	M2aç	M3aç
Sabit Kesit	11.78	8.45	4.07	1.96	5.89	2.87	1.05
Değişken K.	10.78	11.33	4.33	1.96	5.09	1.51	0.93
Fark %	-8.5	34.1	6.4	—	-13.6	-47.4	-11.4

(a) 1368 DATA A0, ks, sk, 3, sy, 2e5, 120, 2200, 0015, 1.5, 8, 6, 4, 4, 4, 8, 4, 4, 7, 4, 7, 1, 2, 1, 2, 1, 2

Acıklık	Sol uc mom(tm)	fe(cm ²)	Sap uc mom(tm)	fe(cm ²)	x(m)	Maxnac(tm)	fe(cm ²)	D sol(ton)	D sağ(ton)
1	-11.78	18.02	-8.45	12.01	4.40	+5.89	18.01	+8.42	-7.58
2	-8.45	13.94	-4.07	6.97	3.30	+2.87	5.23	+6.73	-5.27
3	-4.07	6.97	-1.96	5.23	2.20	+1.05	5.23	+4.53	-3.47

Mesnet teokileri

- 1 .mesnet f= +8,42 (t)
- 2 .mesnet f=+14,31 (t)
- 3 .mesnet f= +9,80 (t)
- 4 .mesnet f= +3,47 (t)

(b) 1368 DATA A0, ks, dk, 3, sv, 2e5, 120, 2200, 0015, 1.5, 8, 6, 4, 1, 4, 8, 1, 2, 8, 0, 2, 5, 1, 2, 1, 4, 1, 2, 1, 2, 7, 2, 2, 1, 2, 1, 4, 1, 2, 7, 7, 1, 5, 0, 1, 2

Acıklık	Sol uc mom(tm)	fe(cm ²)	Sap uc mom(tm)	fe(cm ²)	x(m)	Maxnac(tm)	fe(cm ²)	D sol(ton)	D sağ(ton)
1	-10.48	16.02	-11.33	12.17	4.00	+5.09	8.01	+7.89	-8.11
2	-11.33	12.17	-4.33	9.13	3.60	+1.51	5.23	+7.17	-4.83
3	-4.33	9.13	-1.96	5.23	2.20	+0.93	5.23	+4.59	-3.41

Mesnet teokileri

- 1 .mesnet f= +7,89 (t)
- 2 .mesnet f=+15,27 (t)
- 3 .mesnet f= +9,43 (t)
- 4 .mesnet f= +3,41 (t)

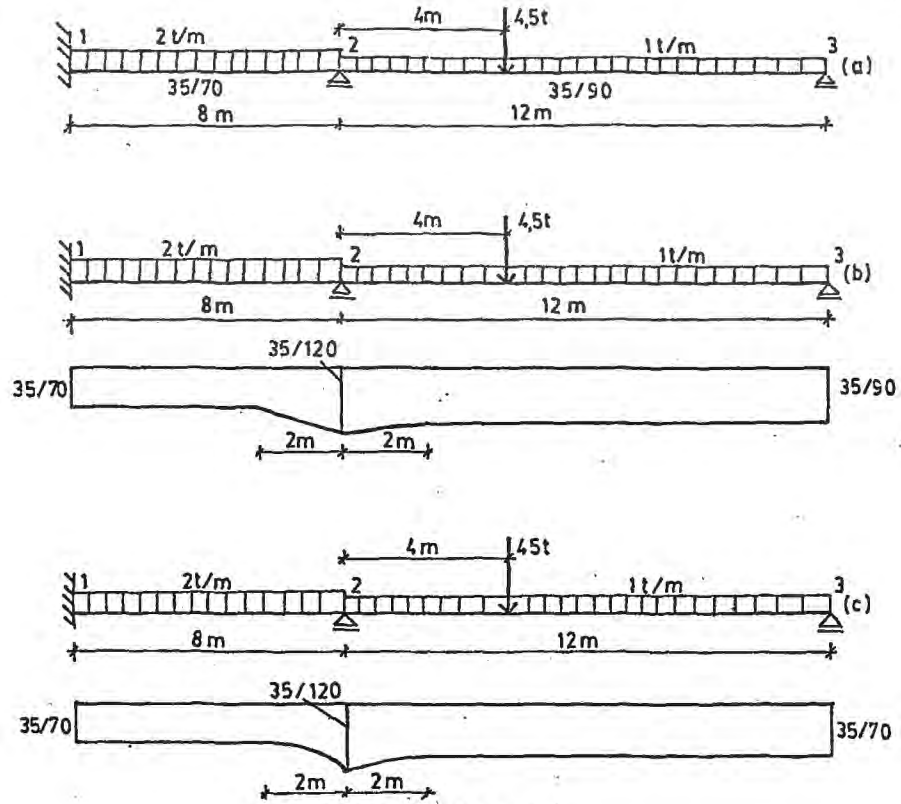
(c) 1363 DATA A0, ks. dk. 3. sv. 2e6. i20. 2200. 0015. 1.5.8.6.4.2.4.8.1.2.8.0.2.5.1.2.2.4.1.2.1.2.7.2.2.1.2.2.4.1.2.7.7.1.5.0.1.2

Acıklık	Sol uc mom(tm)	fe(cm2)	Sag uc mom(tm)	fe(cm2)	x(m)	Maxmac(tm)	fe(cm2)	Q sol(ton)	Q sag(ton)
1	-10.78	16.02	-10.67	12.17	4.00	+5.28	8.01	+8.01	-7.99
2	-10.67	12.17	-4.38	9.13	3.60	+1.74	5.23	+7.05	-4.95
3	-4.38	9.13	-1.90	5.23	2.40	+0.95	5.23	+4.62	-3.38

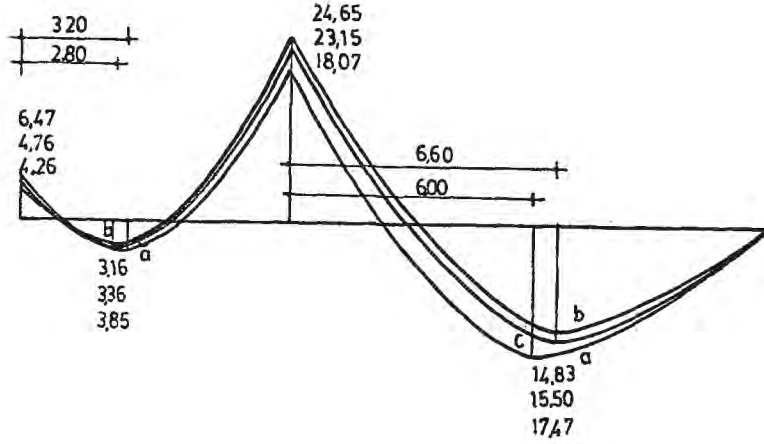
Mesnet tepkileri

- 1 .mesnet f= +8.01 (t)
- 2 .mesnet f=+15.03 (t)
- 3 .mesnet f= +9.57 (t)
- 4 .mesnet f= +3.38 (t)

Örnek 2



ŞEKİL VII-2



	Mesnet Mom.		Açıklık Mom.	
	M1	M2	M1ac	M2ac
Sabit Kesit	6,47	18,07	3,85	17,47
Değişken K.	4,26	24,65	3,16	14,83
Fark %	-34,2	36,4	-18,0	-15,1

(a) 1360 DATA 00. ks. sk. 2. sy. 2e6. 120. 2200. 0015. i. 5. 8. 12. . 35. . 7. . 35. . 9. i. 2. 13. 1. 4. 5. 4

Açıklık	Sol uc mom(tm)	fe(cm2)	Sag uc mom(tm)	fe(cm2)	x(m)	Maxmac(tm)	fe(cm2)	Q sol(ton)	Q sağ(ton)
1	-6.47	10.67	-19.07	26.97	3.20	+3.85	6.10	+6.42	-9.58
2	-19.07	19.79	+0.00	5.94	6.00	+17.47	19.10	+10.59	-5.91

Mesnet tepkileri

- 1. mesnet f= +6.42 (t)
- 2. mesnet f=+20.16 (t)
- 3. mesnet f= +5.91 (t)

(b) 1360 DATA 00. ks. sk. 2. sy. 2e6. 120. 2200. 0015. i. 5. 8. 12. i. . 35. . 7. i. 2. . 7. 0. 2. i. 2. i. . 35. i. 2. . 9. . 9. 2. 0. i. 3. 1. 4. 5. 4

Açıklık	Sol uc mom(tm)	fe(cm2)	Sag uc mom(tm)	fe(cm2)	x(m)	Maxmac(tm)	fe(cm2)	Q sol(ton)	Q sağ(ton)
1	-4.26	7.62	-24.65	23.96	2.00	+3.16	6.10	+5.45	-10.55
2	-24.65	23.96	+0.00	5.94	6.60	+14.83	19.10	+11.05	-5.45

Mesnet tepkileri

- 1. mesnet f= +5.45 (t)
- 2. mesnet f=+21.60 (t)
- 3. mesnet f= +5.45 (t)

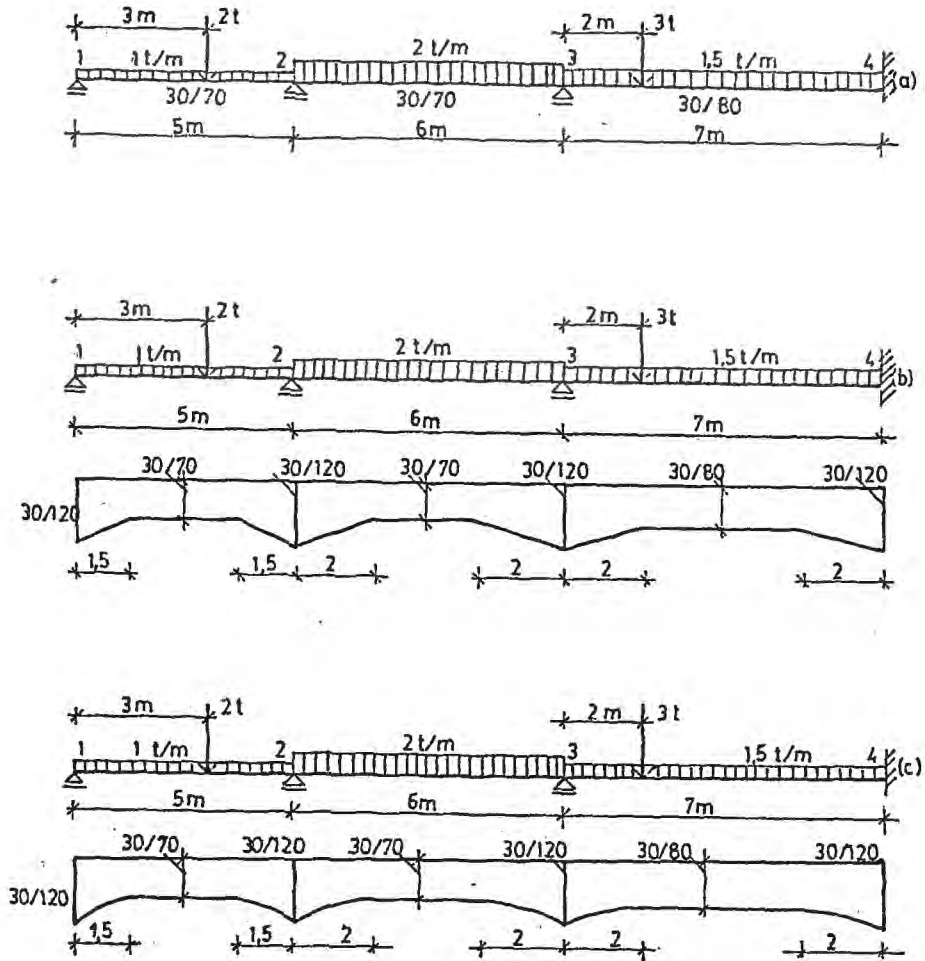
(c) 1360 DATA 20. ks. dk. 2. sv. 2eb. 100. 2200. 0015. 1. 5. 8. 12. 2. 35. 7. 1. 2. 7. 0. 2. 1. 2. 2. 35. 1. 2. 9. 9. 2. 0. 13. 1. 4. 5. 4

Katkılık	Sol uc mon(tw)	re(cm ²)	Sag uc mon(tw)	re(cm ²)	x(m)	maxmac(tw)	re(cm ²)	Q sol(ton)	Q sag(ton)
1	-4.76	7.62	-23.15	23.96	2.80	+3.36	6.10	+5.70	-10.30
2	-23.15	23.96	+0.00	5.94	6.60	+15.50	19.10	+10.93	-5.57

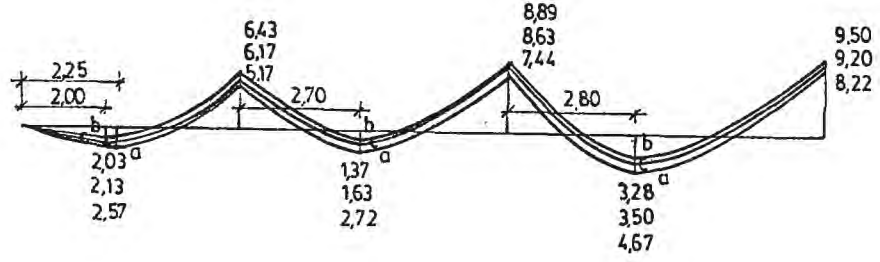
Mesnet tepkileri

- 1 .mesnet f= +5.70 (t)
- 2 .mesnet f=+21.23 (t)
- 3 .mesnet f= +5.57 (t)

Örnek 3



ŞEKİL VII-3



	Mesnet Momentleri			Açıklık Momentleri		
	M2	M3	M4	M1aç	M2aç	M3aç
Sabit Kesit	5,17	7,44	8,22	2,57	2,72	4,67
Değişken K.	6,43	8,89	9,50	2,03	1,37	3,28
Fark %	24,8	19,5	15,6	-21,0	-19,6	-29,8

(a) 1360 DATA C0. ks. sk. 3. sy. 2e6. 120. 2200. .0015. 1.5. 5. 6. 7. 1. .3. .7. .3. .7. .3. .8. 13. 1. 2. 3. 1. 2. 13. 1. 5. 3. 2

Açıklık	Sol uc mom(tm)	fe(cm2)	Sag uc mom(tm)	fe(cm2)	x(m)	Maxmac(tm)	fe(cm2)	Q sol(ton)	Q sag(ton)
1	+0.00	3.92	-5.17	9.15	2.25	+2.57	5.23	+2.27	-4.73
2	-5.17	9.15	-7.44	12.61	2.70	+2.72	5.23	+5.62	-6.38
3	-7.44	10.51	-8.22	12.01	2.80	+4.67	7.51	+7.28	-6.22

Mesnet teokileri

- 1 .mesnet f= +2.27 (t)
- 2 .mesnet f=+10.36 (t)
- 3 .mesnet f=+13.66 (t)
- 4 .mesnet f= +6.22 (t)

(b) 1360 DATA C0. ks. dk. 3. sy. 2e6. 120. 2200. .0015. 1.5. 5. 6. 7. 1. .3. 1. 2. 1. 2. .7. 1. 5. 1. 5. 13. 1. 2. 3. 1. .3. 1. 2. 1. 2. .7. 2. 2. 1. 2. 1. .3. 1. 2. 1. 2. .8. 2. 2. 13. 1. 5. 3. 2

Açıklık	Sol uc mom(tm)	fe(cm2)	Sag uc mom(tm)	fe(cm2)	x(m)	Maxmac(tm)	fe(cm2)	Q sol(ton)	Q sag(ton)
1	+0.00	6.84	-6.43	6.84	2.00	+2.03	3.92	+2.01	-4.99
2	-6.43	6.84	-8.89	9.13	2.70	+1.37	3.92	+5.59	-6.41
3	-8.89	9.13	-9.50	9.13	2.80	+3.28	4.50	+7.31	-6.19

Mesnet teokileri

- 1 .mesnet f= +2.01 (t)
- 2 .mesnet f=+10.58 (t)
- 3 .mesnet f=+13.71 (t)
- 4 .mesnet f= +6.19 (t)

(c) 1360 DATA C0. ks. dk. 3. sv. 2e6. i20. 2200. .0015. 1.5.5.6.7.2. .3. 1.2. 1.2. .7. i.5. 1.5. 13. 1.2.3.2. .3. 1.2. 1.2. .7.2.2. i.2.2. .3. 1.2. 1.2. .8.2.2. 13 .1.5.3.2

Aciklik	Sol uc mom(tm)	fe(cm2)	Sag uc mom(tm)	fe(cm2)	x(m)	Maxmac(tm)	fe(cm2)	Q sol (ton)	Q sag (ton)
1	+0.00	6.84	-6.17	6.84	2.00	+2.13	3.92	+2.07	-4.93
2	-6.17	6.84	-8.63	9.13	2.70	+1.63	3.92	+5.59	-6.41
3	-8.63	9.13	-9.20	9.13	2.80	+3.56	6.01	+7.31	-6.19

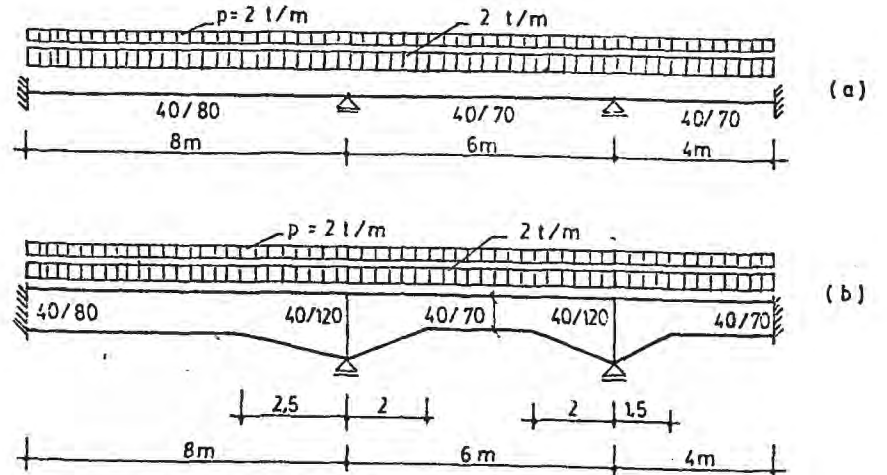
Mesnet teokileri

- 1 .mesnet f= +2.07 (t)
- 2 .mesnet f=+10.52 (t)
- 3 .mesnet f=+13.72 (t)
- 4 .mesnet f= +6.19 (t)

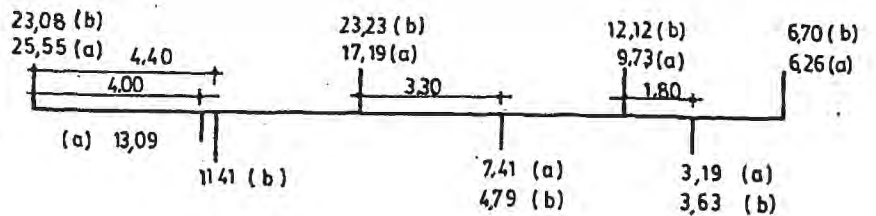
Örneklerden de görüldüğü üzere, kesitin guseli olması durumunda, guse kısımlarında moment artmakta, açıklıkta ise azalmaktadır. Bu artış, örneklerimizden alınan sonuca göre % 20 civarında olmaktadır.

İkinci olarak, sabit ve değişken kesitli mütemadi kirişlerin dama yüklemesi altında çözümleri ele alınmıştır. Bununla ilgili örneklerse aşağıda verilmiştir.

Örnek 1



ŞEKİL VII-4



	Mesnet Momentleri				Açıklık Momentleri		
	M1	M2	M3	M4	M1ac	M2ac	M3ac
Sabit Kesit	25,55	17,19	9,73	6,70	13,09	7,41	3,19
Değişken K.	23,08	23,23	12,12	6,26	11,41	4,79	3,63
Fark %	-9,0	35,14	24,56	-6,6	-12,8	-35,4	13,8

(a) 1360 DATA A0. ks. 5k. 3. hs. 2e6. 120. 2200. 0015. 1.5. 8. 6. 4. .4. .8. .4. .7. .4. .7. 1.2. 1.2. 1.2. 1.2. 1.2. 1.2

Açıklık	Sol uc mom(tm)	fe(cm ²)	Sağ uc mom(tm)	fe(cm ²)	x(m)	Maxmac(tm)	fe(cm ²)	Q sol(ton)	Q sağ(ton)
1	-23.40	27.72	-17.19	20.02	4.00	+11.70	18.02	+16.78	-15.22
2	-17.19	24.12	-7.16	12.19	3.30	+6.15	10.45	+13.67	-10.33
3	-7.16	12.19	-0.42	5.23	2.80	+0.92	5.23	+5.68	-2.32

Mesnet teokileri

- 1 .mesnet f=+16.78 (t)
- 2 .mesnet f=+20.90 (t)
- 3 .mesnet f=+16.01 (t)
- 4 .mesnet f= +2.32 (t)

Açıklık	Sol uc mom(tm)	fe(cm ²)	Sağ uc mom(tm)	fe(cm ²)	x(m)	Maxmac(tm)	fe(cm ²)	Q sol(ton)	Q sağ(ton)
1	-9.93	14.01	-12.14	18.02	4.00	+4.96	8.01	+7.72	-8.28
2	-12.14	16.81	-9.73	16.81	3.00	+7.06	12.19	+12.40	-11.60
3	-9.73	16.81	-3.14	5.23	2.40	+1.91	5.23	+9.65	-6.35

Mesnet teokileri

- 1 .mesnet f= +7.72 (t)
- 2 .mesnet f=+20.68 (t)
- 3 .mesnet f=+21.25 (t)
- 4 .mesnet f= +6.35 (t)

Açıklık	Sol uc mom(tm)	fe(cm ²)	Sağ uc mom(tm)	fe(cm ²)	x(m)	Maxmac(tm)	fe(cm ²)	Q sol(ton)	Q sağ(ton)
1	-25.55	30.80	-12.91	19.32	4.40	+13.09	19.32	+17.58	-14.42
2	-12.91	17.42	-3.48	6.97	3.90	+1.41	5.23	+7.57	-4.43
3	-3.48	6.97	-6.26	10.45	1.80	+3.19	5.23	+7.30	-8.70

Mesnet teokileri

- 1 .mesnet f=+17.58 (t)
- 2 .mesnet f=+21.99 (t)
- 3 .mesnet f=+11.73 (t)
- 4 .mesnet f= +8.70 (t)

Açıklık	Sol uc mom(tm)	fe(cm ²)	Sağ uc mom(tm)	fe(cm ²)	x(m)	Maxmac(tm)	fe(cm ²)	Q sol(ton)	Q sağ(ton)
1	-9.78	14.01	-12.44	18.02	4.00	+4.89	8.01	+7.67	-8.33
2	-12.44	16.81	-8.74	15.68	3.30	+7.41	12.19	+12.62	-11.38
3	-8.74	15.68	+0.37	5.23	3.20	+1.11	5.23	+6.28	-1.72

Mesnet teokileri

- 1 .mesnet f= +7.67 (t)
- 2 .mesnet f=+20.95 (t)
- 3 .mesnet f=+17.66 (t)

(b) 1360 DATA AB. ks. dk. 3. ns. 2e6. 120. 2200. 0015. 1. 5. 8. 6. 4. 1. 4. 8. 1. 2. 8. 0. 2. 5. 1. 2. 1. 2. 1. 4. 1. 2. 1. 2. 7. 2. 2. 1. 2. 1. 2. 1. 4. 1. 2. 7. 7. 1. 5. 0. 1. 2. 1. 2

Acıklık	Soi uc mom(tm)	fe(cm2)	Sag uc mom(tm)	fe(cm2)	x(m)	Maxmac(tm)	fe(cm2)	Q sol(ton)	Q sag(ton)
1	-20.70	24.64	-23.23	21.29	4.00	+10.04	14.01	+15.68	-16.32
2	-23.23	21.29	-7.21	9.13	3.60	+3.66	6.97	+14.67	-9.33
3	-7.21	9.13	-0.69	5.23	2.80	+0.71	5.23	+5.63	-2.37

Mesnet teokileri

- 1 .mesnet f=+15.68 (t)
- 2 .mesnet f=+30.99 (t)
- 3 .mesnet f=+14.96 (t)
- 4 .mesnet f= +2.37 (t)

Acıklık	Soi uc mom(tm)	fe(cm2)	Sag uc mom(tm)	fe(cm2)	x(m)	Maxmac(tm)	fe(cm2)	Q sol(ton)	Q sag(ton)
1	-8.62	12.01	-15.34	15.21	3.60	+4.20	6.01	+7.16	-8.84
2	-15.34	15.21	-12.12	12.17	3.00	+4.27	6.97	+12.54	-11.46
3	-12.12	12.17	-2.39	5.23	2.60	+1.48	5.23	+10.43	-5.57

Mesnet teokileri

- 1 .mesnet f= +7.16 (t)
- 2 .mesnet f=+21.37 (t)
- 3 .mesnet f=+21.90 (t)
- 4 .mesnet f= +5.57 (t)

Acıklık	Sol uc mom(tm)	fe(cm2)	Sag uc mom(tm)	fe(cm2)	x(m)	Maxmac(tm)	fe(cm2)	Q sol(ton)	Q sag(ton)
1	-23.08	27.72	-18.09	18.25	4.00	+11.41	16.02	+16.62	-15.38
2	-18.09	18.25	-2.31	9.13	4.20	+0.51	5.32	+8.63	-3.37
3	-2.31	9.13	-6.70	12.19	1.80	+3.63	6.97	+6.90	-9.10

Mesnet teokileri

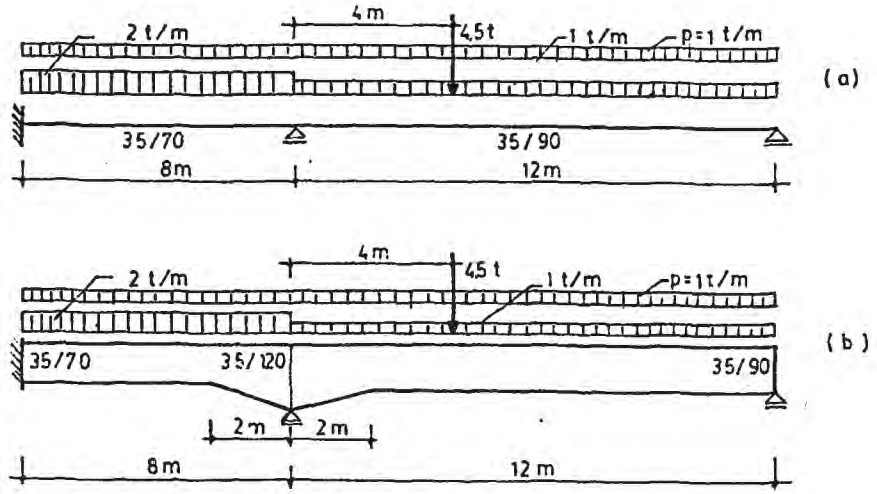
- 1 .mesnet f=+16.62 (t)
- 2 .mesnet f=+24.01 (t)
- 3 .mesnet f=+10.27 (t)
- 4 .mesnet f= +9.10 (t)

Acıklık	Soi uc mom(tm)	fe(cm2)	Sag uc mom(tm)	fe(cm2)	x(m)	Maxmac(tm)	fe(cm2)	Q sol(ton)	Q sag(ton)
1	-8.36	12.01	-15.90	15.21	3.60	+4.09	6.01	+7.06	-8.94
2	-15.90	15.21	-10.68	12.17	3.30	+4.79	8.71	+12.87	-11.13
3	-10.68	12.17	+0.83	5.23	3.40	+1.15	5.23	+6.88	-1.12

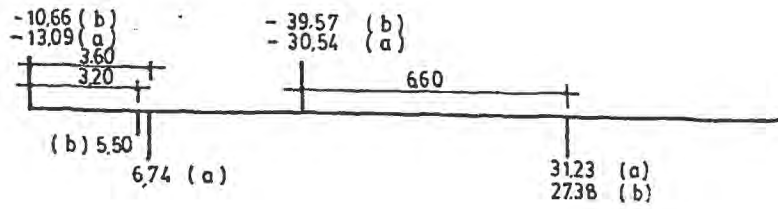
Mesnet teokileri

- 1 .mesnet f= +7.06 (t)
- 2 .mesnet f=+21.81 (t)
- 3 .mesnet f=+10.01 (t)
- 4 .mesnet f= +1.12 (t)

Örnek 2

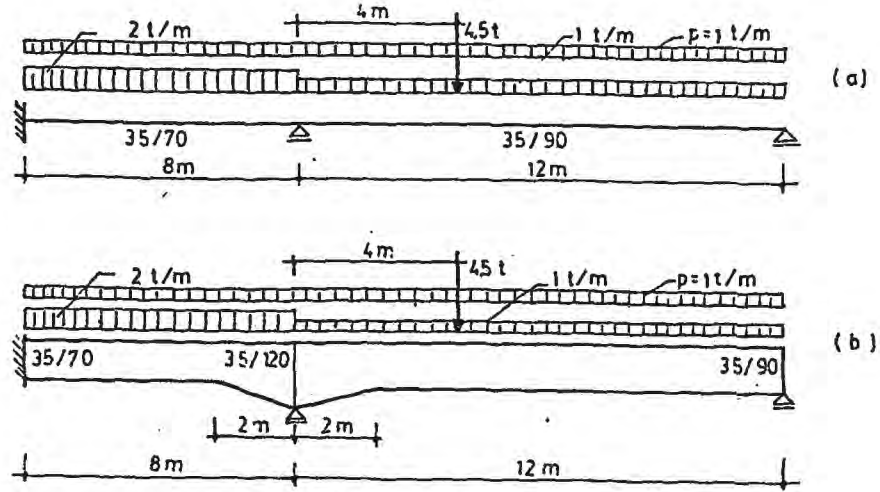


ŞEKİL VII-5

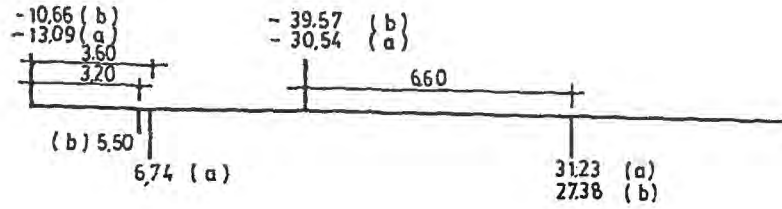


	Mesnet Mom.		Açıklık Mom.	
	M ₁	M ₂	M _{1aç}	M _{2aç}
Sabit Kesit	13,09	30,54	6,74	31,23
Değişken K.	10,66	39,57	5,50	27,38
Fark %	-19	30	-18,4	-12,3

Örnek 2



ŞEKİL VII-5



	Mesnet Mom.		Açıklık Mom.	
	M1	M2	M1aç	M2aç
Sabit Kesit	13,09	30,54	6,74	31,23
Değişken K.	10,66	39,57	5,50	27,38
Fark %	-19	30	-18,4	-12,3

(a) 1360 DATA 80, ks, sk, 2, hs, 2e6, 120, 2200, .0015, 1.5, 8, 12, .35, .7, .35, .9, 1, 2, 1, 1, 13, 1, 4, 5, 4, 1, 1

Açıklık	Sol uc mom(tm)	fe(cm2)	Sag uc mom(tm)	fe(cm2)	x(m)	Maxmac(tm)	fe(cm2)	Q sol(ton)	Q sag(ton)
1	-8.73	0.00/14.71	-30.54	2.00/47.04	3.20	+5.59	9.15/ 0.00	+9.27	-14.73
2	-30.54	33.50	+0.00	5.94	6.60	+30.00	31.97	+17.55	-10.95

Mesnet teokileri

- 1 .mesnet f= +9.27 (t)
- 2 .mesnet f=+32.27 (t)
- 3 .mesnet f=+10.95 (t)

Açıklık	Sol uc mom(tm)	fe(cm2)	Sag uc mom(tm)	fe(cm2)	x(m)	Maxmac(tm)	fe(cm2)	Q sol(ton)	Q sag(ton)
1	-13.09	17.59	-21.82	31.66	3.60	+6.74	12.19	+10.91	-13.09
2	-21.82	22.84	+0.00	5.94	6.60	+16.10	19.10	+10.82	-5.68

Mesnet teokileri

- 1 .mesnet f=+10.91 (t)
- 2 .mesnet f=+23.91 (t)
- 3 .mesnet f= +5.68 (t)

Açıklık	Sol uc mom(tm)	fe(cm2)	Sag uc mom(tm)	fe(cm2)	x(m)	Maxmac(tm)	fe(cm2)	Q sol(ton)	Q sag(ton)
1	-2.10	4.57	-27.80	44.55	2.40	+3.63	6.10	+4.79	-11.21
2	-27.80	30.45	+0.00	5.94	6.60	+31.23	33.50	+17.32	-11.18

Mesnet teokileri

- 1 .mesnet f= +4.79 (t)
- 2 .mesnet f=+20.53 (t)
- 3 .mesnet f=+11.18 (t)

T. C.
Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi

(b) 1360 DATA B0.ks.dk.2.hs.2e6.120.2200.0015.1.5.8.12.1.35.7.1.2.7.0.2.1.2.1.1.1.35.1.2.9.9.2.0.13.1.4.5.4.1.1

Aciklik	Sol uc mom(tm)	fe(cm2)	Sag uc mom(tm)	fe(cm2)	x(m)	Maxmac(tm)	fe(cm2)	Q sol(ton)	Q sag(ton)
1	-5.17	9.15	-39.57	30.71	2.40	+4.67	7.62	+7.70	-16.30
2	-39.57	30.71	+0.00	5.94	6.60	+25.93	27.41	+18.30	-10.20

Mesnet teokileri

- 1 .mesnet f= +7.70 (t)
- 2 .mesnet f=+34.60 (t)
- 3 .mesnet f=+10.20 (t)

Aciklik	Sol uc mom(tm)	fe(cm2)	Sag uc mom(tm)	fe(cm2)	x(m)	Maxmac(tm)	fe(cm2)	Q sol(ton)	Q sag(ton)
1	-10.66	14.71	-27.86	25.69	3.20	+5.50	9.15	+9.85	-14.15
2	-27.86	25.69	+0.00	5.94	6.60	+13.38	17.81	+11.32	-5.18

Mesnet teokileri

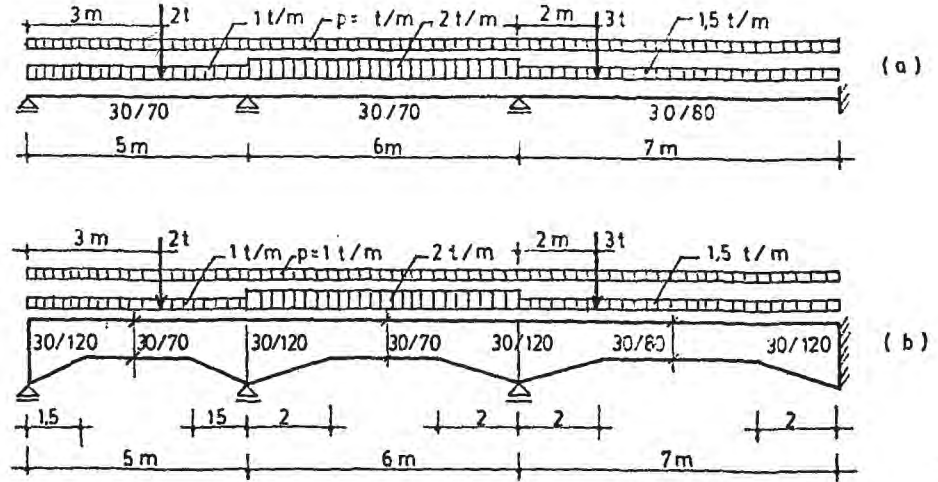
- 1 .mesnet f= +9.85 (t)
- 2 .mesnet f=+25.47 (t)
- 3 .mesnet f= +5.18 (t)

Aciklik	Sol uc mom(tm)	fe(cm2)	Sag uc mom(tm)	fe(cm2)	x(m)	Maxmac(tm)	fe(cm2)	Q sol(ton)	Q sag(ton)
1	+1.23	4.57	-36.36	28.67	1.60	+3.95	7.62	+3.30	-12.70
2	-36.36	28.67	+0.00	5.94	6.60	+27.38	28.93	+18.03	-10.47

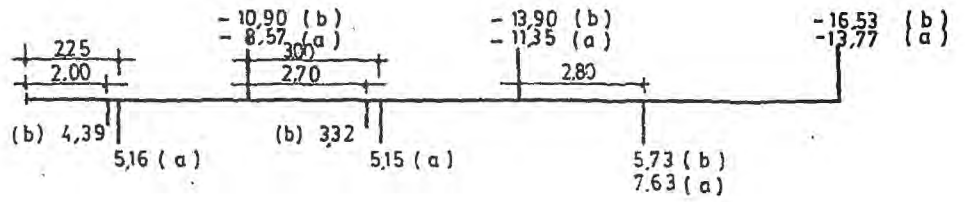
Mesnet teokileri

- 1 .mesnet f= +3.30 (t)
- 2 .mesnet f=+30.73 (t)
- 3 .mesnet f=+10.47 (t)

Örnek 3



ŞEKİL VII-6



	Mesnet Momentleri			Açıklık Momentleri		
	M2	M3	M4	M1ac	M2ac	M3ac
Sabit Kesit	8,57	11,35	13,77	5,16	5,15	7,63
Değişken K.	10,90	13,90	16,53	4,39	3,32	5,73
Fark %	27,2	22,5	20	-14,9	-35,5	-24,9

(a) 1360 DATA C0, ks, sk, 3, hs, 2e6, i20, 2200, .0015, 1.5, 5, 6, 7, .3, .7, .3, .7, .3, .8, 13, 1, 2, 3, 1, 1, 1, 2, 1, 1, 13, 1.5, 3, 2, 1, i

Aciklik	Sol uc mom(tm)	fe(cm2)	Sag uc mom(tm)	fe(cm2)	x(m)	Maxmac(tm)	fe(cm2)	Q sol(ton)	Q sag(ton)
1	+0.00	3.92	-8.57	12.61	2.00	+4.17	7.84	+4.09	-7.91
2	-8.57	12.61	-9.21	12.61	3.00	+4.61	7.84	+8.89	-9.11
3	-9.21	13.51	-7.34	10.51	3.15	+4.03	6.01	+7.66	-5.84

Mesnet teokileri

- 1 .mesnet f= +4.09 (t)
- 2 .mesnet f=+16.81 (t)
- 3 .mesnet f=+16.77 (t)
- 4 .mesnet f= +5.84 (t)

Aciklik	Sol uc mom(tm)	fe(cm2)	Sag uc mom(tm)	fe(cm2)	x(m)	Maxmac(tm)	fe(cm2)	Q sol(ton)	Q sag(ton)
1	+0.00	3.92	-6.56	11.76	2.00	+1.98	3.92	+1.99	-5.01
2	-6.56	11.76	-11.35	15.08	2.70	+4.65	7.84	+8.20	-9.80
3	-11.35	14.49	-12.39	14.49	3.15	+6.64	10.51	+10.74	-9.76

Mesnet teokileri

- 1 .mesnet f= +1.99 (t)
- 2 .mesnet f=+13.22 (t)
- 3 .mesnet f=+20.54 (t)
- 4 .mesnet f= +9.76 (t)

Aciklik	Sol uc mom(tm)	fe(cm2)	Sag uc mom(tm)	fe(cm2)	x(m)	Maxmac(tm)	fe(cm2)	Q sol(ton)	Q sag(ton)
1	+0.00	3.92	-6.28	10.45	2.25	+5.16	9.15	+4.54	-7.46
2	-6.28	10.45	-8.60	12.61	2.70	+1.59	3.92	+5.61	-6.39
3	-8.60	13.51	-13.77	16.17	2.80	+7.63	12.01	+10.15	-10.35

Mesnet teokileri

- 1 .mesnet f= +4.54 (t)
- 2 .mesnet f=+13.07 (t)
- 3 .mesnet f=+16.54 (t)
- 4 .mesnet f=+10.35 (t)

Aciklik	Sol uc mom(tm)	fe(cm2)	Sag uc mom(tm)	fe(cm2)	x(m)	Maxmac(tm)	fe(cm2)	Q sol(ton)	Q sag(ton)
1	+0.00	3.92	-7.01	11.76	2.00	+1.79	3.92	+1.90	-5.10
2	-7.01	11.76	-9.70	13.07	3.00	+5.15	9.15	+8.55	-9.45
3	-9.70	14.49	-7.09	10.51	3.15	+3.87	6.01	+7.76	-5.74

Mesnet teokileri

- 1 .mesnet f= +1.90 (t)
- 2 .mesnet f=+13.66 (t)
- 3 .mesnet f=+17.21 (t)
- 4 .mesnet f= +5.74 (t)

(b) 1350 DATA CD. ks. dk. 3. hs. 2e6. 120. 2200. 0015. 1.5.5.6.7.1.3.1.2.1.2.7.1.5.1.5.13.1.2.3.1.1.1.3.1.2.1.2.7.2.2.1.2.1.1.1.3.1.2.1.2.8.2.2.13.1.5.3.2.1.1

Aciklik	Sol uc mom(tm)	fe(cm2)	Sag uc mom(tm)	fe(cm2)	x(m)	Maxmac(tm)	fe(cm2)	Q sol(ton)	Q sag(ton)
1	+0.00	6.84	-10.90	11.41	1.75	+3.27	5.23	+3.62	-8.38
2	-10.90	11.41	-10.83	11.41	3.00	+2.63	5.23	+9.01	-8.99
3	-10.83	11.41	-8.29	9.13	3.15	+2.71	4.50	+7.76	-5.74

Mesnet teokileri

- 1 .mesnet f= +3.62 (t)
- 2 .mesnet f=+17.39 (t)
- 3 .mesnet f=+16.74 (t)
- 4 .mesnet f= +5.74 (t)

Aciklik	Sol uc mom(tm)	fe(cm2)	Sag uc mom(tm)	fe(cm2)	x(m)	Maxmac(tm)	fe(cm2)	Q sol(ton)	Q sag(ton)
1	+0.00	6.84	-7.88	9.13	1.75	+1.49	3.92	+1.72	-5.28
2	-7.88	9.13	-13.83	13.69	2.70	+2.80	5.23	+8.01	-9.99
3	-13.83	13.69	-14.00	13.69	3.15	+4.51	7.51	+10.86	-9.64

Mesnet teokileri

- 1 .mesnet f= +1.72 (t)
- 2 .mesnet f=+13.28 (t)
- 3 .mesnet f=+20.85 (t)
- 4 .mesnet f= +9.64 (t)

Aciklik	Sol uc mom(tm)	fe(cm2)	Sag uc mom(tm)	fe(cm2)	x(m)	Maxmac(tm)	fe(cm2)	Q sol(ton)	Q sag(ton)
1	+0.00	6.84	-8.01	9.13	2.00	+4.39	7.84	+4.20	-7.80
2	-8.01	9.13	-9.92	9.13	2.70	+0.04	3.92	+5.68	-6.32
3	-9.92	9.13	-16.53	15.97	2.80	+5.73	9.01	+9.95	-10.55

Mesnet teokileri

- 1 .mesnet f= +4.20 (t)
- 2 .mesnet f=+13.48 (t)
- 3 .mesnet f=+16.27 (t)
- 4 .mesnet f=+10.55 (t)

Aciklik	Sol uc mom(tm)	fe(cm2)	Sag uc mom(tm)	fe(cm2)	x(m)	Maxmac(tm)	fe(cm2)	Q sol(ton)	Q sag(ton)
1	+0.00	6.84	-8.60	9.13	1.50	+1.24	4.16	+1.58	-5.42
2	-8.60	9.13	-11.82	11.41	2.70	+3.32	5.23	+8.46	-9.54
3	-11.82	11.41	-7.67	6.84	3.15	+2.44	4.50	+7.99	-5.51

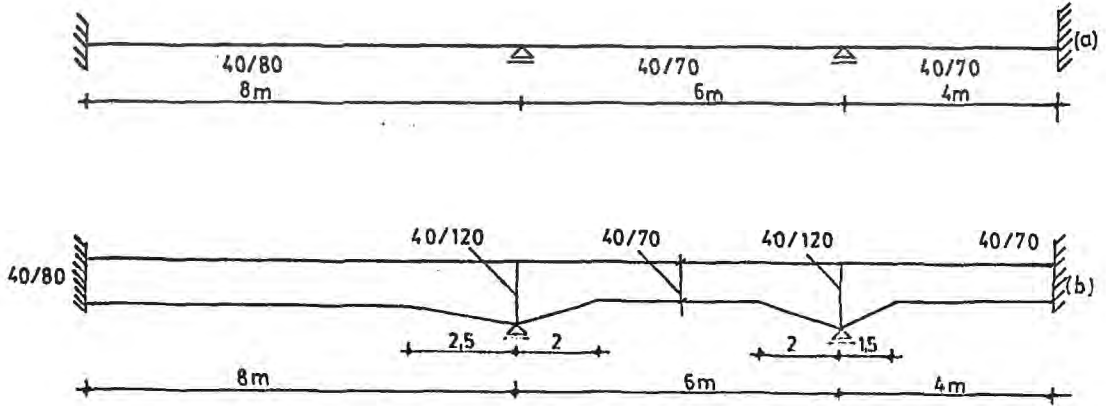
Mesnet teokileri

- 1 .mesnet f= +1.58 (t)
- 2 .mesnet f=+13.88 (t)
- 3 .mesnet f=+17.52 (t)
- 4 .mesnet f= +5.51 (t)

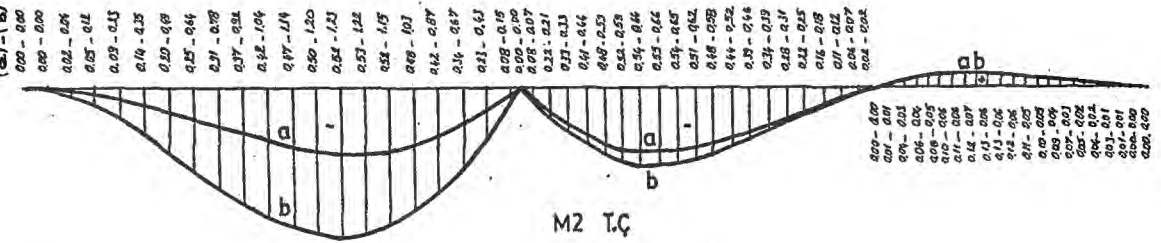
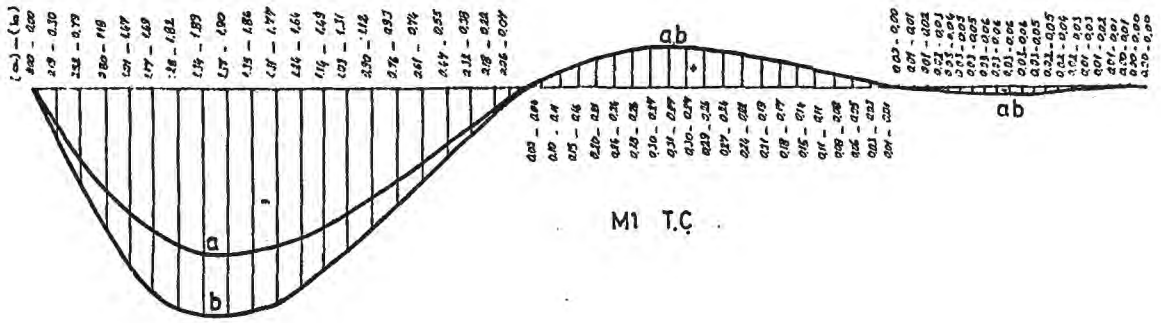
Örneklerden görüldüğü üzere, dama yüklemesi durumunda da değişken kesitli mütemadi kirişlerin guseli kısımlarında moment artışı, açıklıkta ise azaltma olmaktadır. Mesnetlerdeki artış verilen örneklerimize göre % 20 oranındadır.

Son olarak sabit ve değişken kesitli mütemadi kirişlerin tesir çizgileri ele alınmıştır. İlgili örnekler aşağıda verilmiştir.

Örnek 1



ŞEKİL VII-7



(a) 1360 DATA 00,KS,SK,3,TC,2e6,120,2200,.0015,1.5,8,6,4,.4,.8,.4,.7,.4,.7

TESİR ÇİZGİSİ

1 .MESNET

1 .aciklik -0.19 -0.52 -0.80 -1.01 -1.17 -1.28 -1.34 -1.37 -1.35 -1.31 -1.24 -1.14 -1.03 -0.90 -0.76 -0.61 -0.47 -0.32 -0.18 -0.05

2 .aciklik +0.04 +0.11 +0.16 +0.21 +0.24 +0.26 +0.27 +0.27 +0.27 +0.26 +0.24 +0.22 +0.19 +0.17 +0.14 +0.11 +0.08 +0.05 +0.03 +0.01

3 .aciklik -0.01 -0.01 -0.02 -0.03 -0.03 -0.03 -0.03 -0.03 -0.03 -0.03 -0.03 -0.02 -0.02 -0.02 -0.01 -0.01 -0.01 -0.00 -0.00 +0.00

2 .MESNET

1 .aciklik -0.00 -0.02 -0.05 -0.09 -0.14 -0.20 -0.25 -0.31 -0.37 -0.42 -0.47 -0.50 -0.52 -0.53 -0.52 -0.48 -0.42 -0.34 -0.23 -0.08

2 .aciklik -0.08 -0.22 -0.33 -0.41 -0.48 -0.52 -0.54 -0.55 -0.54 -0.51 -0.48 -0.44 -0.39 -0.34 -0.28 -0.22 -0.16 -0.11 -0.06 -0.02

3 .aciklik +0.01 +0.03 +0.04 +0.05 +0.05 +0.06 +0.07 +0.06 +0.06 +0.06 +0.05 +0.05 +0.04 +0.03 +0.02 +0.02 +0.01 +0.01 +0.00 +0.00

3 .MESNET

1 .aciklik +0.00 +0.01 +0.02 +0.03 +0.05 +0.07 +0.08 +0.10 +0.12 +0.14 +0.16 +0.17 +0.17 +0.18 +0.17 +0.16 +0.14 +0.11 +0.08 +0.03

2 .aciklik -0.02 -0.08 -0.14 -0.20 -0.27 -0.34 -0.40 -0.46 -0.52 -0.56 -0.60 -0.62 -0.63 -0.62 -0.60 -0.55 -0.47 -0.37 -0.25 -0.09

3 .aciklik -0.04 -0.10 -0.14 -0.18 -0.20 -0.21 -0.22 -0.22 -0.21 -0.19 -0.18 -0.15 -0.13 -0.11 -0.08 -0.05 -0.04 -0.02 -0.01 +0.00

4 .MESNET

1 .aciklik +0.00 -0.00 -0.01 -0.02 -0.02 -0.03 -0.04 -0.05 -0.05 -0.07 -0.08 -0.08 -0.09 -0.09 -0.09 -0.08 -0.07 -0.05 -0.04 -0.01

2 .aciklik +0.01 +0.04 +0.07 +0.10 +0.13 +0.17 +0.20 +0.23 +0.25 +0.28 +0.30 +0.31 +0.32 +0.31 +0.30 +0.27 +0.24 +0.19 +0.12 +0.05

3 .aciklik -0.03 -0.10 -0.18 -0.25 -0.33 -0.40 -0.47 -0.54 -0.59 -0.64 -0.67 -0.69 -0.70 -0.68 -0.65 -0.59 -0.51 -0.40 -0.26 -0.10

(b) 1350 DATA 00, ks, dk, 3, tc, 2e6, 120, 2200, .0015, 1.5, 8, 6, 4, 1, .4, .8, 1, 2, .8, 0, 2, 5, 1, .4, 1, 2, 1, 2, .7, 2, 2, 1, .4, 1, 2, .7, 1, 5, 0

TESİR CİZGİSİ

1 .MESNET

1 .acıklık -0.30 -0.79 -1.18 -1.47 -1.69 -1.82 -1.89 -1.90 -1.86 -1.77 -1.64 -1.49 -1.31 -1.12 -0.93 -0.74 -0.55 -0.38 -0.22 -0.07
2 .acıklık +0.03 +0.10 +0.15 +0.20 +0.24 +0.28 +0.30 +0.31 +0.30 +0.29 +0.27 +0.24 +0.21 +0.18 +0.15 +0.11 +0.08 +0.06 +0.03 +0.01
3 .acıklık -0.01 -0.02 -0.03 -0.04 -0.05 -0.05 -0.06 -0.06 -0.06 -0.06 -0.05 -0.05 -0.04 -0.03 -0.03 -0.02 -0.01 -0.01 -0.00 +0.00

2 .MESNET

1 .acıklık +0.00 -0.04 -0.12 -0.23 -0.35 -0.49 -0.64 -0.78 -0.92 -1.04 -1.14 -1.20 -1.23 -1.22 -1.15 -1.03 -0.87 -0.67 -0.43 -0.15
2 .acıklık -0.07 -0.21 -0.33 -0.44 -0.53 -0.59 -0.64 -0.66 -0.65 -0.62 -0.58 -0.52 -0.46 -0.39 -0.31 -0.25 -0.18 -0.12 -0.07 -0.02
3 .acıklık +0.01 +0.04 +0.06 +0.08 +0.10 +0.11 +0.12 +0.13 +0.13 +0.12 +0.11 +0.10 +0.09 +0.07 +0.05 +0.04 +0.03 +0.01 +0.00 +0.00

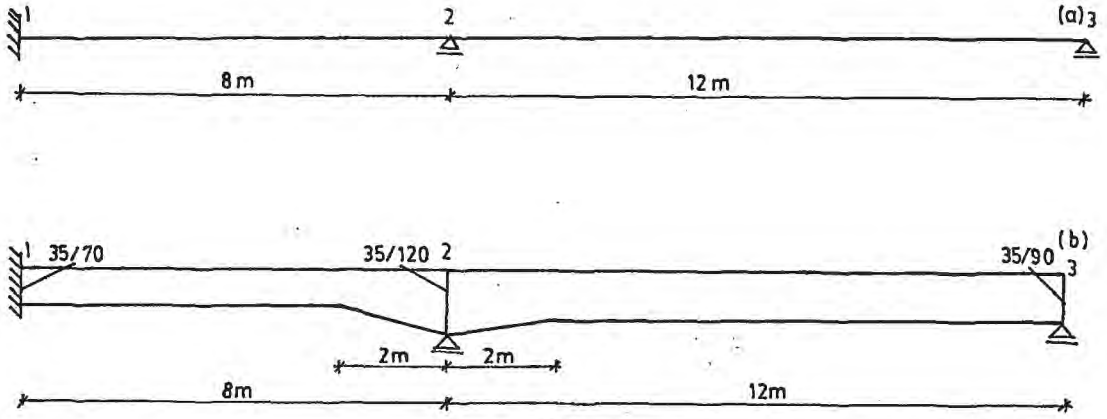
3 .MESNET

1 .acıklık +0.00 +0.02 +0.06 +0.11 +0.17 +0.23 +0.30 +0.37 +0.43 +0.49 +0.54 +0.57 +0.58 +0.58 +0.54 +0.49 +0.41 +0.32 +0.20 +0.07
2 .acıklık -0.04 -0.11 -0.20 -0.28 -0.38 -0.47 -0.57 -0.66 -0.74 -0.81 -0.86 -0.89 -0.89 -0.86 -0.79 -0.70 -0.57 -0.43 -0.27 -0.10
3 .acıklık -0.04 -0.10 -0.16 -0.21 -0.26 -0.29 -0.32 -0.33 -0.32 -0.31 -0.29 -0.25 -0.22 -0.18 -0.14 -0.10 -0.06 -0.03 -0.01 +0.00

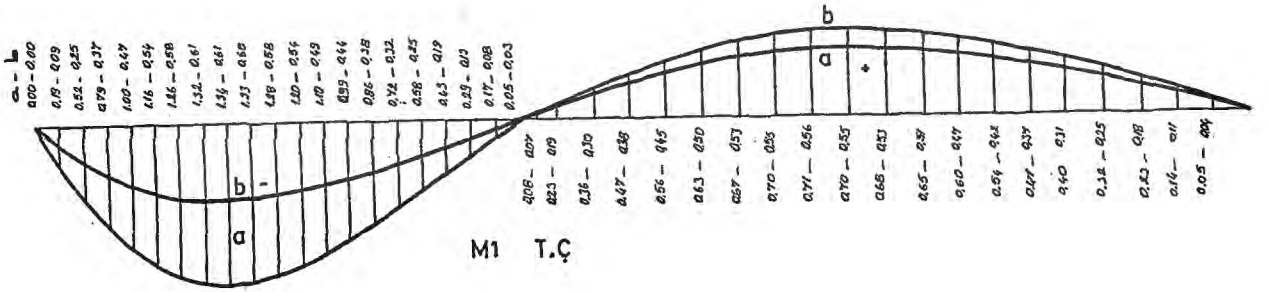
4 .MESNET

1 .acıklık +0.00 -0.01 -0.02 -0.05 -0.07 -0.10 -0.13 -0.16 -0.19 -0.22 -0.24 -0.25 -0.26 -0.25 -0.24 -0.21 -0.18 -0.14 -0.09 -0.03
2 .acıklık +0.02 +0.05 +0.09 +0.13 +0.17 +0.21 +0.25 +0.29 +0.33 +0.36 +0.38 +0.39 +0.39 +0.38 +0.35 +0.31 +0.25 +0.19 +0.12 +0.04
3 .acıklık -0.03 -0.09 -0.15 -0.21 -0.28 -0.34 -0.41 -0.47 -0.53 -0.58 -0.62 -0.64 -0.66 -0.65 -0.62 -0.57 -0.50 -0.40 -0.26 -0.10

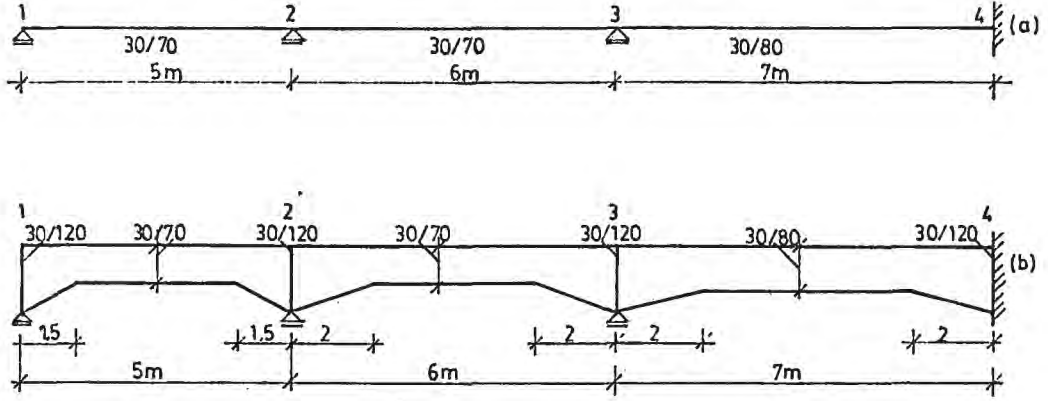
Örnek 2



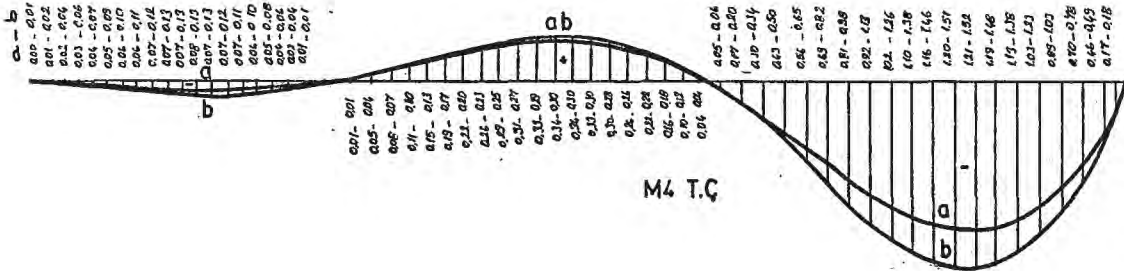
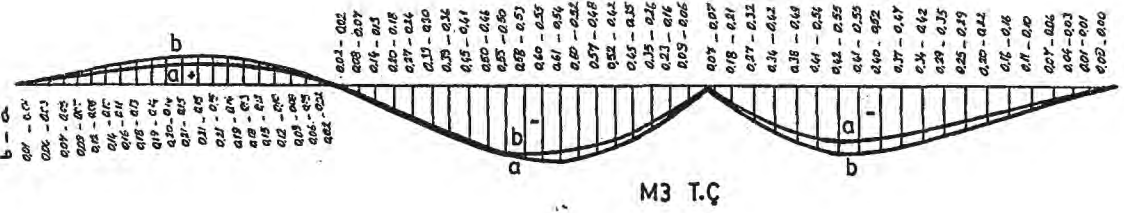
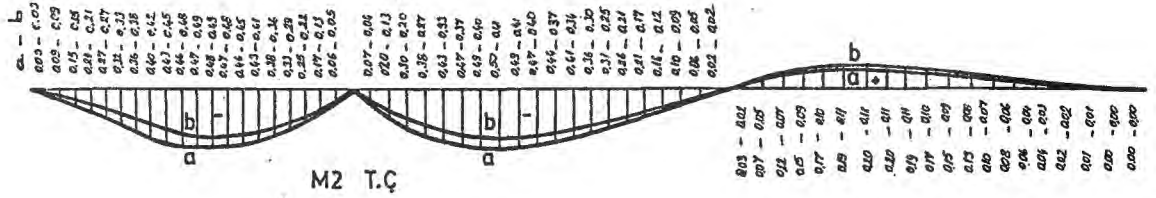
ŞEKİL VII-8



Örnek 3



ŞEKİL VII-9



(a) 1360 DATA C0,ks,sk,3,tc,2e6,120,2200,.0015,1.5,5,6,7,.3,.7,.3,.7,.3,.8

TESIR CIZGISI

1 .MESNET

1 .aciklik +0.00
2 .aciklik +0.00
3 .aciklik +0.00

2 .MESNET

1 .aciklik -0.03 -0.09 -0.15 -0.21 -0.27 -0.32 -0.36 -0.40 -0.43 -0.46 -0.47 -0.48 -0.47 -0.46 -0.43 -0.38 -0.33 -0.25 -0.17 -0.06
2 .aciklik -0.07 -0.20 -0.30 -0.38 -0.43 -0.47 -0.49 -0.50 -0.49 -0.47 -0.44 -0.41 -0.36 -0.31 -0.26 -0.21 -0.16 -0.10 -0.06 -0.02
3 .aciklik +0.02 +0.05 +0.07 +0.09 +0.10 +0.11 +0.11 +0.11 +0.11 +0.10 +0.09 +0.08 +0.07 +0.06 +0.04 +0.03 +0.02 +0.01 +0.00 +0.00

3 .MESNET

1 .aciklik +0.01 +0.03 +0.05 +0.07 +0.08 +0.10 +0.11 +0.13 +0.14 +0.14 +0.15 +0.15 +0.15 +0.14 +0.13 +0.12 +0.10 +0.08 +0.05 +0.02
2 .aciklik -0.02 -0.08 -0.14 -0.20 -0.27 -0.33 -0.39 -0.45 -0.50 -0.55 -0.58 -0.60 -0.61 -0.60 -0.57 -0.52 -0.45 -0.35 -0.23 -0.09
3 .aciklik -0.07 -0.18 -0.27 -0.34 -0.38 -0.41 -0.42 -0.41 -0.40 -0.37 -0.34 -0.29 -0.25 -0.20 -0.16 -0.11 -0.07 -0.04 -0.01 -0.00

4 .MESNET

1 .aciklik -0.00 -0.01 -0.02 -0.03 -0.04 -0.05 -0.05 -0.06 -0.07 -0.07 -0.07 -0.08 -0.07 -0.07 -0.07 -0.06 -0.05 -0.04 -0.03 -0.01
2 .aciklik +0.01 +0.04 +0.07 +0.10 +0.13 +0.17 +0.20 +0.23 +0.25 +0.27 +0.29 +0.30 +0.30 +0.30 +0.28 +0.26 +0.22 +0.18 +0.12 +0.04
3 .aciklik -0.05 -0.17 -0.30 -0.43 -0.56 -0.69 -0.81 -0.92 -1.02 -1.10 -1.16 -1.20 -1.21 -1.19 -1.13 -1.03 -0.89 -0.70 -0.46 -0.17

(b) 1360 DATA C0. ks. dk. 3. tc. 2e6. i20.2200. .0015. i.5.5.6.7.1. .3. i.2. i.2. .7. i.5.1.5.1. .3. i.2. i.2. .7.2.2. i. .3. i.2.1.2. .8.2.2

TESİR ÇİZGİSİ

1 .MESNET

1 .aciklik +0.00
2 .aciklik +0.00
3 .aciklik +0.00

2 .MESNET

1 .aciklik -0.03 -0.09 -0.15 -0.21 -0.27 -0.33 -0.38 -0.42 -0.45 -0.48 -0.49 -0.49 -0.48 -0.45 -0.41 -0.36 -0.29 -0.22 -0.13 -0.05
2 .aciklik -0.04 -0.13 -0.20 -0.27 -0.33 -0.37 -0.40 -0.41 -0.41 -0.40 -0.37 -0.34 -0.30 -0.25 -0.21 -0.17 -0.12 -0.09 -0.05 -0.02
3 .aciklik +0.03 +0.07 +0.12 +0.15 +0.17 +0.19 +0.20 +0.20 +0.19 +0.17 +0.15 +0.13 +0.10 +0.08 +0.06 +0.04 +0.02 +0.01 +0.00 +0.00

3 .MESNET

1 .aciklik +0.01 +0.04 +0.07 +0.09 +0.12 +0.14 +0.16 +0.18 +0.19 +0.20 +0.21 +0.21 +0.21 +0.19 +0.18 +0.15 +0.12 +0.09 +0.06 +0.02
2 .aciklik -0.02 -0.07 -0.13 -0.18 -0.24 -0.30 -0.36 -0.41 -0.46 -0.50 -0.53 -0.55 -0.54 -0.52 -0.48 -0.42 -0.35 -0.26 -0.16 -0.06
3 .aciklik -0.07 -0.21 -0.32 -0.42 -0.49 -0.54 -0.55 -0.55 -0.52 -0.47 -0.42 -0.35 -0.29 -0.22 -0.16 -0.10 -0.06 -0.03 -0.01 +0.00

4 .MESNET

1 .aciklik -0.01 -0.02 -0.04 -0.06 -0.07 -0.09 -0.10 -0.11 -0.12 -0.13 -0.13 -0.13 -0.13 -0.12 -0.11 -0.10 -0.08 -0.06 -0.04 -0.01
2 .aciklik +0.01 +0.05 +0.08 +0.11 +0.15 +0.19 +0.22 +0.26 +0.29 +0.31 +0.33 +0.34 +0.34 +0.33 +0.30 +0.26 +0.22 +0.16 +0.10 +0.04
3 .aciklik -0.06 -0.20 -0.34 -0.50 -0.65 -0.82 -0.98 -1.13 -1.26 -1.38 -1.46 -1.51 -1.52 -1.48 -1.38 -1.23 -1.03 -0.78 -0.49 -0.18

S O N U Ç

Bu çalışmada, Basic dilinde hazırlanan bir bilgisayar programı yardımıyla sabit ve değişken kesitli mütemadi kirişlerin sabit ve hareketli yükler altındaki çözümleri ve bu çözümlerle ilgili yorumlar yapılmıştır.

Buna göre; değişken kesitli mütemadi kirişlerde, guseden dolayı mesnet momentlerinde artış, açıklık momentlerinde ise azalma söz konusudur.

Çeşitli literatürlerde, belirli tipte değişken kesitler için birim deplasman sabitleri ve ankastrelik momentlerini (sistem geometrisine ve yüke bağlı olarak) veren ve ayrıca, sabit kesitli, eşit açıklıklı mütemadi kirişler için çeşitli tablolar düzenlenmiştir. Bu tablolar özel durumlar için hazırlanmış olup, bu çalışmada ise daha genel durumlar için inceleme yapılmıştır.

Bölüm VII'deki örneklere göre, sabit yük etkisi altında mesnet momentlerinde yaklaşık olarak % 20 oranında artış, açıklık momentlerinde ise yaklaşık olarak % 15 oranında azalma görülmüştür. Dama yüklemesi altında da yine yaklaşık olarak aynı oranlar mevcuttur.

Tesir çizgisi ordinatları ise, tesir çizgisi çizilen mesnede yakın açıklıkta artmakta, mesnetten uzaklaştıkça azalmaktadır.

EK I. BİLGİSAYAR PROGRAMI

```
10 EXTEND
20 OPEN "or:" AS FILE 1
30 : #1 CHR$(29)
40 READ A$,K$
50 READ B$,N,Ht$,E,Fck,Fyk,Rmin,Yk
60 DIM L(N+1),B1(N+2),A1j(N+2),Aji(N+2),Bij(N+2)
70 Fyd=Fyk/1.15 : Fcd=Fck/1.5
80 Rd=.72*Fcd/Fyd*6300/(6300+Fyd)
90 Rmax=.85*Rd
100 FOR I=1 TO N
110 READ L(I)
120 NEXT I
130 IF B$="dk" GOTO 240
140 DIM D2(N),Em(N+1)
150 Em(0)=0 : L(0)=1 : Em(N+1)=0 : L(N+1)=1
160 FOR I=1 TO N
170 READ B1(I),D2(I)
180 Em(I)=B1(I)*D2(I)^3/12
190 A1j(I)=4*E*Em(I)/L(I)
200 Aji(I)=A1j(I)
210 Bij(I)=A1j(I)/2
220 NEXT I
230 IF B$="sk" GOTO 250
240 DIM H1(N),H2(N),H0(N),Depth(20),Deo(N*21),E2(20),Ei(20*N)
250 IF Ht$="tc" GOTO 290
260 DIM X1(N+1),X2(N+1),T1(N+1),T2(N+1),M1(21*N),M2(21*N),M12(21*N)
270 IF Ht$="sy" GOTO 290
280 DIM G(N),V(N),Y(N),Z1(N),D(N+1,N+1),F(N+1,N+1),P(N+1,N+1),R(N+1,N+1),D1(N+1,N+1)
290 FOR I=1 TO N
300 IF B$="sk" 330
310 READ C
320 ON C GOSUB 1370,1520,1670
330 IF Ht$="tc" GOTO 510
340 READ Y$
350 GOSUB 1990
360 IF Ht$="sy" GOTO 510
370 G(I)=X1(I) : V(I)=X2(I) : Y(I)=T1(I) : Z1(I)=T2(I)
380 READ Y$
390 C$="T"
400 X1(I)=0 : X2(I)=0 : T1(I)=0 : T2(I)=0
410 GOSUB 1990
420 D(I,I)=X1(I) : F(I,I)=X2(I) : P(I,I)=T1(I) : R(I,I)=T2(I)
430 D(I-1,I)=X1(I) : F(I-1,I)=X2(I) : P(I-1,I)=T1(I) : R(I-1,I)=T2(I)
440 IF I=N D(I,I)=0 : F(I,I)=0 : P(I,I)=0 : R(I,I)=0
450 FOR J=I TO N-1 STEP 2
460 D(J,I)=X1(I) : F(J,I)=X2(I) : P(J,I)=T1(I) : R(J,I)=T2(I)
470 NEXT J
480 FOR K=I-1 TO 1 STEP -2
490 D(K,I)=X1(I) : F(K,I)=X2(I) : P(K,I)=T1(I) : R(K,I)=T2(I)
500 NEXT K : C$=""
```

```
510 NEXT I
520 IF Ht$() "hs" GOTO 630
530 FOR I=1 TO N STEP 2
540 D(N,I)=X1(I) : F(N,I)=X2(I) : P(N,I)=T1(I) : R(N,I)=T2(I)
550 D(N+1,I+1)=X1(I+1) : F(N+1,I+1)=X2(I+1) : P(N+1,I+1)=T1(I+1) : R(N+1,I+1)=T2(I+1)
560 NEXT I
570 FOR I=1 TO N+1
580 FOR J=1 TO N
590 Di(I,J)=D(I,J)+G(J) : F(I,J)=F(I,J)+V(J) : P(I,J)=P(I,J)+Y(J) : R(I,J)=R(I,J)+Z1(J)
600 NEXT J
610 :
620 NEXT J
630 DIM A(N+1),B(N+1),C(N+1),X(N+1),W(N+1),U(N+1),Li(N+1),M1(N*20),M2(N*20),I(N+1)
640 IF Ht$="tc" GOTO 660
650 DIM Fe1(N),F21(N),Fe2(N),F22(N),Ti(N+1),Tj(N+1)
660 REM katsayilar matrisi
670 FOR I=1 TO N+1
680 A(I)=Aj1(i-1)+A1j(I)
690 NEXT I
700 FOR I=1 TO N
710 B(I)=Bij(I)
720 NEXT I
730 IF Ht$="sy" GOTO 1120
740 IF Ht$="hs" GOTO 1170
750 DIM E(N+1,20*N),Ei(20*N)
760 Ji=1
770 FOR I=1 TO N
780 So=L(I)/20
790 FOR A=So/2 TO L(I) STEP So
800 GOSUB 2570
810 C(I)=-X1 : X1(I)=X1
820 C(I+1)=-X2 : X2(I)=X2
830 IF A$="A0" A(1)=i : B(1)=0 : C(1)=0 : A(N+1)=1 : B(N)=0 : C(N+1)=0
840 IF A$="B0" A(1)=1 : B(1)=0 : C(1)=0
850 IF A$="C0" A(N+1)=1 : B(N)=0 : C(N+1)=0
860 GOSUB 3850 : GOSUB 4020
870 FOR I1=i TO N+1 : X(I1)=0 : X1(I1)=0 : X2(I1)=0 : C(I1)=0 : NEXT I1
880 FOR J3=1 TO N
890 E(J3,J1)=Xi(J3)
900 NEXT J3
910 Ji=J1+1
920 E(N+1,J1-1)=-Mj(N)
930 NEXT A
940 NEXT I
950 ;
960 ; #1 "
970 ; #1 "
980 ; #1 : : #1
990 FOR J=1 TO N+1
1000 ; #1 J; ".MESNET"
```

TESIR CIZGISI"

```
1010 : #1
1020 FOR J1=1 TO N
1030 : #1 J1;"acikliik ";
1040 FOR J2=1 TO 20
1050 Ki=(J1-1)*20+J2
1060 : #1 USING "+#.## " E(J,K1);
1070 NEXT J2 : : #1
1080 NEXT J1
1090 : #1
1100 NEXT J
1110 IF Ht$="tc" STOP
1120 REM yukleme terimleri matrisi
1130 FOR I=1 TO N+1
1140 C(I)=-(X2(I-1)+X1(I))
1150 NEXT I
1160 IF Ht$="sy" GOTO 1240
1170 FOR J=1 TO N+1
1180 FOR I=1 TO N+1
1190 C(I)=-(F(J,I-1)+D1(J,I))
1200 NEXT I
1210 GOTO 1240
1220 NEXT J
1230 IF Ht$="ns" STOP
1240 IF A$="A0" A(1)=1 : B(1)=0 : C(1)=0 : A(N+1)=1 : B(N)=0 : C(N+1)=0
1250 IF A$="B0" A(1)=1 : B(1)=0 : C(1)=0
1260 IF A$="C0" A(N+1)=1 : B(N)=0 : C(N+1)=0
1270 IF K$="k" READ K1,K2 : C(1)=C(1)+K1 : C(N+1)=C(N+1)-K2
1280 GOSUB 3850
1290 IF Ht$="ns" GOSUB 4170 : GOTO 1310
1300 GOSUB 4020
1310 GOSUB 4300
1320 IF Ht$="ns" GOTO 1220
1330 STOP
1340 END
1350 REM Baustatik Theorie und Beispiele -Kurt HIRSCHFELD sf 558-i2-b
1360 DATA C0,ks,dk,4,tc,2e6,120,2200,.0015,1.5,6.5,8,10,10,2,.3,.5,1.2,.5,0,4,2,.3,1.2,1.2,.5
.4,4,2,3,1.2,1.2,.6,5,5,2,.3,1.2,1.2,.6,5,5
1370 REM C=i TIPI KIRIS
1380 Di=.025
1390 READ B1(I),H1(I),H2(I),H0(I),Lv1,Lv2
1400 Lv1=Lv1/L(I) : Lv2=Lv2/L(I)
1410 Ii=0
1420 FOR X=1 TO 20
1430 IF Di<=Lv1 Deoth(X)=(H1(I)-(H1(I)+H0(I))*D1/Lv1)/H0(I)
1440 IF Di>Lv1 AND Di<=Lv2 Deoth(X)=i
1450 IF Di>Lv2 Deoth(X)=(H0(I)+(H2(I)-H0(I))*D2/Lv2)/H0(I)
1460 Di=Di+.05 : D2=D1-(1-Lv2)
1470 K=(I-1)*20+X
1480 Deo(K)=Deoth(X)
1490 NEXT X
1500 GOSUB 1770
```



```
1510 RETURN
1520 REM C=2 TIPI KIRIS
1530 D1=.025
1540 READ B1(I),H1(I),H2(I),H0(I),Lv1,Lv2
1550 I1=0
1560 Lv1=Lv1/L(I) : Lv2=Lv2/L(I)
1570 FOR X=1 TO 20
1580 IF D1<=Lv1 Deoth(X)=(H0(I)+(H1(I)-H0(I))/Lv1^2*(Lv1-D1)^2)/H0(I)
1590 IF D1<Lv1 AND D1<=Lv2 Deoth(X)=1
1600 IF D1<=Lv2 Deoth(X)=(H0(I)+(H2(I)-H0(I))*D2^2/Lv2^2)/H0(I)
1610 D1=D1+.05 : D2=D1-(1-Lv2)
1620 K=(I-1)*20+X
1630 Deo(K)=Deoth(X)
1640 NEXT X
1650 GOSUB 1770
1660 RETURN
1670 REM C=3 TIPI KIRIS
1680 READ B1(I),H0(I)
1690 FOR I2=1 TO 20
1700 READ Deoth(I2)
1710 Deoth(I2)=Deoth(I2)/H0(I)
1720 K=(I-1)*20+I2
1730 Deo(K)=Deoth(I2)
1740 NEXT I2
1745 H1(I)=Deoth(1) : H2(I)=Deoth(20)
1750 GOSUB 1770
1760 RETURN
1770 E0=10000
1780 FOR I2=1 TO 20
1790 E2(I2)=Deoth(I2)^3
1800 J2=(I-1)*20+I2
1810 Ei(J2)=E2(I2)
1820 IF E2(I2)<E0 E0=E2(I2)
1830 NEXT I2
1840 E0=E0*(H0(I))^3*B1(I)/I2
1850 D1=.025 : K=0 : R=0 : S1=0
1860 FOR X=1 TO 20
1870 J3=(I-1)*20+X
1880 A1=D1^2*.05/Ei(J3)
1890 B=D1*(1-D1)*.05/Ei(J3)
1900 Ai=(1-D1)^2*.05/Ei(J3)
1910 K=K+Ai : R=R+A1 : S1=S1+B
1920 D1=D1+.05
1930 NEXT X
1940 P=(K*R-S1^2)
1950 Aij(I)=R*E0*E/L(I)/P
1960 Aji(I)=K*E0*E/L(I)/P
1970 Bij(I)=S1*E0*E/L(I)/P
1980 RETURN
1990 IF VAL(Y$)=0 RETURN
2000 FOR L=1 TO LEN(Y$)
```

```
2010 Yy$=MID$(Y$,L,1)
2020 ON VAL(Yy$) GOSUB 2140,2340,2570,2870,3080,3290,3360,3520,3760
2030 X1(I)=X1+X1(I)
2040 X2(I)=X2+X2(I)
2050 T1(I)=T1+T1(I)
2060 T2(I)=T2+T2(I)
2070 FOR I3=1 TO 21
2080   I2=(I-1)*21+I3-1
2090   IF C$="T" M12(I2)=M12(I2)+M1(I3) : GOTO 2110
2100   M1(I2)=M1(I2)+M1(I3)
2110 NEXT I3
2120 NEXT L
2130 RETURN
2140 REM 1-DUZGUN YAYILI YUK
2150 READ Q : S0=L(I)/20 : I3=1 : D1=.025 : K=0 : R=0
2160 X1=-Q*L(I)^2/I2 : X2=-X1 : T1=Q*L(I)/2 : T2=-T1
2170 FOR X=0 TO L(I) STEP S0
2180   M1(I3)=Q/2*(L(I)*X-X^2)
2190   I3=I3+1
2200 NEXT X
2210 IF B$="sk" RETURN
2220 FOR X=1 TO 20
2230   M=D1/2*(1-D1)
2240   A1=M*D1*.05/E2(X)
2250   A2=M*(1-D1)*.05/E2(X)
2260   K=K+A1 : R=R+A2
2270   D1=D1+.05
2280 NEXT X
2290 A1=R*L(I)^3*Q/E/E0
2300 A2=K*L(I)^3*Q/E/E0
2310 X1=-A1(I)*A1+B1(I)*A2
2320 X2=A2(I)*A1-B1(I)*A2
2330 RETURN
2340 REM 2-TRAPEZ YUK
2350 READ Q,A : S0=L(I)/20 : I3=1 : D1=.025 : K=0 : R=0 : A1=A/L(I)
2360 X1=-Q*(L(I)^2-A^2*(2-A/L(I)))/12 : X2=-X1
2370 T1=Q*(L(I)-A)/2 : T2=-T1
2380 FOR X=0 TO L(I) STEP S0
2390   IF X<=A M1(I3)=Q*(3*(L(I)-A)-X^2/A)*X/6
2400   IF X>A AND X<=L(I)-A M1(I3)=Q*A^2*(-3*X^2/A^2+3*X*L(I)/A^2-1)/6
2410   IF X>L(I)-A M1(I3)=M1(22-I3)
2420   I3=I3+1
2430 NEXT X
2440 IF B$="sk" RETURN
2450 FOR X=1 TO 20
2460   IF D1<=A1 M=(3*(1-A1)-D1^2/A1)*D1/6 : A1=M*D1*.05/E2(X) : A2=M*(1-D1)*.05/E2(X)
2470   IF D1>A1 AND D1<=1-A1 M=A1^2*(-3*D1^2/A1^2+3*D1/A1^2-1)/6 : A1=M*D1*.05/E2(X) : A2=M*(1-D1)*.05/E2(X)
2480   IF D1>1-A1 M=(3*(1-A1)-(1-D1)^2/A1)*(1-D1)/6 : A1=M*D1*.05/E2(X) : A2=M*(1-D1)*.05/E2(X)
2490   K=K+A1 : R=R+A2
2500   D1=D1+.05
```

```
2010 Yy$=MID$(Y$,L,1)
2020 ON VAL(Yy$) GOSUB 2140,2340,2570,2870,3080,3290,3360,3520,3760
2030 Xi(I)=X1+Xi(I)
2040 X2(I)=X2+X2(I)
2050 T1(I)=T1+T1(I)
2060 T2(I)=T2+T2(I)
2070 FOR I3=i TO 21
2080 I2=(I-1)*21+I3-1
2090 IF C$="T" M12(I2)=M12(I2)+M1(I3) : GOTO 2110
2100 M1(I2)=M1(I2)+M1(I3)
2110 NEXT I3
2120 NEXT L
2130 RETURN
2140 REM 1-DUZGUN YAYILI YUK
2150 READ Q : S0=L(I)/20 : I3=1 : D1=.025 : K=0 : R=0
2160 X1=-Q*L(I)^2/i2 : X2=-X1 : T1=Q*L(I)/2 : T2=-T1
2170 FOR X=0 TO L(I) STEP S0
2180 M1(I3)=Q/2*(L(I)*X-X^2)
2190 I3=I3+1
2200 NEXT X
2210 IF B$="sk" RETURN
2220 FOR X=1 TO 20
2230 M=D1/2*(1-D1)
2240 A1=M*D1*.05/E2(X)
2250 Ai=M*(1-D1)*.05/E2(X)
2260 K=K+Ai : R=R+A1
2270 D1=D1+.05
2280 NEXT X
2290 A1=R*L(I)^3*Q/E/E0
2300 A2=K*L(I)^3*Q/E/E0
2310 X1=-Ai*(I)*Ai+Bi*(I)*A1
2320 X2=A1*(I)*A1-Bi*(I)*A1
2330 RETURN
2340 REM 2-TRAPEZ YUK
2350 READ Q,A : S0=L(I)/20 : I3=i : D1=.025 : K=0 : R=0 : Ai=A/L(I)
2360 X1=-Q*(L(I)^2-A^2*(2-A/L(I)))/i2 : X2=-X1
2370 T1=Q*(L(I)-A)/2 : T2=-T1
2380 FOR X=0 TO L(I) STEP S0
2390 IF X(=A M1(I3)=Q*(3*(L(I)-A)-X^2/A)*X/6
2400 IF X)A AND X(=L(I)-A M1(I3)=Q*A^2*(-3*X^2/A^2+3*X*L(I)/A^2-1)/6
2410 IF X)L(I)-A M1(I3)=M1(22-I3)
2420 I3=I3+1
2430 NEXT X
2440 IF B$="sk" RETURN
2450 FOR X=1 TO 20
2460 IF D1(=A1 M=(3*(1-A1)-D1^2/A1)*D1/6 : A1=M*D1*.05/E2(X) : Ai=M*(1-D1)*.05/E2(X)
2470 IF D1)A1 AND D1(=1-A1 M=A1^2*(-3*D1^2/A1^2+3*D1/A1^2-1)/6 : A1=M*D1*.05/E2(X) : Ai=M*(1-D1)*.05/E2(X)
2480 IF D1)1-A1 M=(3*(1-A1)-(1-D1)^2/A1)*(1-D1)/6 : A1=M*D1*.05/E2(X) : Ai=M*(1-D1)*.05/E2(X)
2490 K=K+Ai : R=R+A1
2500 D1=D1+.05
```

```
2510 NEXT X
2520 Aj=R*L(I)^3*Q/E/E0
2530 Ai=K*L(I)^3*Q/E/E0
2540 X1=-Aj(I)*Ai+Bij(I)*Aj
2550 X2=Aji(I)*Aj-Bij(I)*Ai
2560 RETURN
2570 IF Ht$="tc" P=i : GOTO 2610
2580 REM 3-TEKIL YUK
2590 READ P,A
2600 S0=L(I)/20 : I3=i
2610 Di=.025 : K=0 : R=0 : Ai=A/L(I)
2620 X1=-P*A*(L(I)-A)^2/L(I)^2 : X2=P*(L(I)-A)*A^2/L(I)^2
2630 T1=P*(L(I)-A)/L(I) : T2=-P*A/L(I)
2640 IF Ht$="tc" GOTO 2700
2650 FOR X=0 TO L(I) STEP S0
2660 IF X(=A Mi(I3)=T1*X
2670 IF X)A Mi(I3)=-T2*(L(I)-X)
2680 I3=I3+1
2690 NEXT X
2700 IF B$="sk" RETURN
2710 FOR X=i TO 20
2720 IF Ht$() "tc" GOTO 2770
2730 X1=(I-i)*20+X
2740 IF Di(=Ai M=(i-Ai)*Di : Aj=M*Di*.05/Ei(X1) : Ai=M*(i-Di)*.05/Ei(X1)
2750 IF Di)Ai M=((i-Ai)*Di-(Di-Ai)) : Aj=M*Di*.05/Ei(X1) : Ai=M*(i-Di)*.05/Ei(X1)
2760 GOTO 2790
2770 IF Di(=Ai M=(i-Ai)*Di : Aj=M*Di*.05/E2(X) : Ai=M*(i-Di)*.05/E2(X)
2780 IF Di)Ai M=((i-Ai)*Di-(Di-Ai)) : Aj=M*Di*.05/E2(X) : Ai=M*(i-Di)*.05/E2(X)
2790 K=K+Ai : R=R+Aj
2800 Di=Di+.05
2810 NEXT X
2820 Aj=R*L(I)^2*P/E/E0
2830 Ai=K*L(I)^2*P/E/E0
2840 X1=-Aj(I)*Ai+Bij(I)*Aj
2850 X2=Aji(I)*Aj-Bij(I)*Ai
2860 RETURN
2870 REM 4-TRAPEZ YUK
2880 READ Q1,Q2 : S0=L(I)/20 : I3=1 : Di=.025 : K=0 : R=0
2890 X1=-L(I)^2*(3*Q1+2*Q2)/60 : X2=L(I)^2*(2*Q1+3*Q2)/60
2900 T1=L(I)*(2*Q1+Q2)/6 : T2=-L(I)*(Q1+2*Q2)/6
2910 FOR X=0 TO L(I) STEP S0
2920 Mi(I3)=L(I)^2*(Q1*(2*X/L(I)-3*(X/L(I))^2+(X/L(I))^3)+Q2*(X/L(I)-(X/L(I))^3))/6
2930 I3=I3+1
2940 NEXT X
2950 IF B$="sk" RETURN
2960 FOR X=i TO 20
2970 M=(Q1*(2*Di-3*Di^2+Di^3)+Q2*(Di-Di^3))/6
2980 Aj=M*Di*.05/E2(X)
2990 Ai=M*(i-Di)*.05/E2(X)
3000 K=K+Ai : R=R+Aj
```

```
3010 Di=D1+.05
3020 NEXT X
3030 Aj=R*L(I)^3/E/E0
3040 Ai=K*L(I)^3/E/E0
3050 X1=-Aij(I)*Ai+Bij(I)*Aj
3060 X2=Aji(I)*Aj-Bij(I)*Ai
3070 RETURN
3080 REM 5-MOMENT ETKISI
3090 READ M1,A : S0=L(I)/20 : I3=i : D1=.05 : K=0 : R=0 : Ai=A/L(I)
3100 X1=M1*(L(I)-A)/L(I)*(3*A/L(I)-1) : X2=M1*A/L(I)*(3*(L(I)-A)/L(I)-1)
3110 T1=-M1/L(I) : T2=T1
3120 FOR X=0 TO L(I) STEP S0
3130 IF X<=A M1(I3)=T1*X
3140 IF X>A M1(I3)=-T2(L(I)-X)
3150 I3=I3+1
3160 NEXT X
3170 IF B#="sk" RETURN
3180 FOR X=i TO 20
3190 IF X<=A M=-D1 : Aj=M*D1*.05/E2(X) : Ai=M*(1-D1)*.05/E2(X)
3200 IF X>A M=1-D1 : Aj=M*D1*.05/E2(X) : Ai=M*D1*.05/E2(X)
3210 K=K+Ai : R=R+Aj
3220 D1=D1+.05
3230 NEXT X
3240 Aj=R*L(I)*M1/E/E0
3250 Ai=K*L(I)*M1/E/E0
3260 X1=-Aij(I)*Ai+Bij(I)*Aj
3270 X2=Aji(I)*Aj-Bij(I)*Ai
3280 RETURN
3290 REM 6-MESNET CORMESI
3300 READ Da,Db
3310 X1=-6*E*Em(I)*(Db-Da)/L(I)^2 : X2=X1
3320 IF B#="sk" RETURN
3330 FOR I3=i TO 21 : M1(I3)=0 : NEXT I3
3340 X1=-Aij(I)+Bij(I)/L(I)*(Db-Da) : X2=X1
3350 RETURN
3360 REM 7-FARKLI SICAKLIK DEGISMESI
3370 READ Alfa,Dt : Di=.025 : K=0 : R=0
3380 X1=-E*Em(I)*Alfa*Dt/D2(I) : X2=-X1
3390 IF B#="sk" RETURN
3400 FOR I3=i TO 21 : M1(I3)=0 : NEXT I3
3410 FOR X=i TO 20
3420 Aj=Di*.05/Depth(X)
3430 Ai=(1-Di)*.05/Depth(X)
3440 K=K+Ai : R=R+Aj
3450 Di=Di+.05
3460 NEXT X
3470 Ai=K*L(I)*Alfa*Dt
3480 Aj=R*L(I)*Alfa*Dt
3490 X1=-Aij(I)*Ai+Bij(I)*Aj
3500 X2=Aji(I)*Aj-Bij(I)*Aj
```

```
3510 RETURN
3520 REM 8-KISMI DUZGUN YAYILI YUK
3530 READ Q,A,C : S0=L(I)/20 : I3=1 : D1=.05 : K=0 : R=0 : A1=A/L(I) : C1=C/L(I)
3540 X1=-Q*C*(A*(L(I)-A)^2+(C^2*(L(I)-3*(L(I)-A)))/12)/L(I)^2
3550 X2=Q*C*(L(I)-A)*A^2+(C^2*(L(I)-3*A))/12/L(I)^2
3560 T1=Q*(L(I)-A)*C/L(I) : T2=-Q*A*C/L(I)
3570 FOR X=0 TO L(I) STEP S0
3580 IF X=(A-C/2) M1(I3)=Q*C*(L(I)-A)*X/L(I)
3590 IF X=A-C/2 AND X=(A+C/2) M1(I3)=Q*(C*(L(I)-A)*X/L(I)-(X-A+C/2)^2/2)
3600 IF X=(A+C/2) M1(I3)=Q*C*A*(X-A-C/2)/L(I)
3610 I3=I3+1
3620 NEXT X
3630 IF B$="sk" RETURN
3640 FOR X=1 TO 20
3650 IF D1=(A1-C1/2) M=C1*(1-A1)*D1 : A2=M*D1*.05/E2(X) : A1=M*(1-D1)*.05/E2(X)
3660 IF D1>A1-C1/2 M=C1*(1-A1)*D1-(D1-A1-C1/2)^2/2 : A2=M*D1*.05/E2(X) : A1=M*(1-D1)*.05/E2(X)
3670 IF D1>A1+C1/2 M=C1*A1*(D1-A1-C1/2) : A2=M*D1*.05/E2(X) : A1=M*(1-D1)*.05/E2(X)
3680 K=K*A1 : R=R+A2
3690 D1=D1+.05
3700 NEXT X
3710 A2=R*L(I)^3*Q/E/E0
3720 A1=K*L(I)^3*Q/E/E0
3730 X1=-A1j(I)*A1+B1j(I)*A2
3740 X2=A1j(I)*A2-B1j(I)*A1
3750 RETURN
3760 REM 9-MESNET DONMESI
3770 READ F1,F2 : S0=L(I)/20 : I3=1 : D1=.025 : K=0 : R=0
3780 IF I=1 X1=4*E*Em(I)/L(I)*F1 : X2=2*E*Em(I)/L(I)*F1
3790 IF I=N X1=2*E*Em(I)/L(I)*F2 : X2=4*E*Em(I)/L(I)*F2
3800 FOR I3=1 TO 21 : M1(I3)=0 : NEXT I3
3810 IF B$="sk" RETURN
3820 IF I=1 X1=A1j(I)*F1 : X2=B1j(I)*F1
3830 IF I=N X1=B1j(I)*F2 : X2=A1j(I)*F2
3840 RETURN
3850 REM DENKLEM COZUMU
3860 W(1)=A(1)
3870 U(1)=B(1)/W(1)
3880 Z(1)=C(1)/W(1)
3890 L1(1)=0
3900 B(N+1)=0
3910 FOR L=2 TO N+1
3920 L1(L)=B(L-1)
3930 W(L)=A(L)-U(L-1)*L1(L)
3940 U(L)=B(L)/W(L)
3950 Z(L)=(C(L)-L1(L)*Z(L-1))/W(L)
3960 NEXT L
3970 X(N+1)=Z(N+1)
3980 FOR L=N TO 1 STEP -1
3990 X(L)=Z(L)-U(L)*X(L+1)
4000 NEXT L
```

```

4010 RETURN
4220 FOR L=1 TO N
4030 M1(L)=A1J(L)*X(L)+B1J(L)*X(L+1)+X1(L)
4240 IF Ht$="tc" GOTO 4080
4050 H=D2(L)-.03 : Fe=0 : F2=0
4060 IF B$="dk" H=H1(L)-.03 : Fe=0 : F2=0
4070 M1=M1(L) : GOSUB 4740 : Fe1(L)=Fe : F21(L)=F2
4080 M2(L)=B2J(L)*X(L)+A2J(L)*X(L+1)+X2(L)
4090 H=D2(L)-.03 : Fe=0 : F2=0
4100 IF Ht$="tc" GOTO 4150
4110 IF B$="dk" H=H2(L)-.03 : Fe=0 : F2=0
4120 M2=M2(L) : GOSUB 4740 : Fe2(L)=Fe : F22(L)=F2
4130 T1(L)=-(M1(L)+M2(L))/L(L)+T1(L)
4140 T2(L)=-(M1(L)+M2(L))/L(L)+T2(L)
4150 NEXT L
4160 RETURN
4170 FOR L=1 TO N
4180 M1(L)=A1J(L)*X(L)+B1J(L)*X(L+1)+D1(J,L)
4190 H=D2(L)-.03 : Fe=0 : F2=0
4200 IF B$="dk" H=H1(L)-.03 : Fe=0 : F2=0
4210 M1=M1(L) : GOSUB 4740 : Fe1(L)=Fe : F21(L)=F2
4220 M2(L)=B2J(L)*X(L)+A2J(L)*X(L+1)+F(J,L)
4230 H=D2(L)-.03 : Fe=0 : F2=0
4240 IF B$="dk" H=H2(L)-.03 : Fe=0 : F2=0
4250 M2=M2(L) : GOSUB 4740 : Fe2(L)=Fe : F22(L)=F2
4260 T1(L)=-(M1(L)+M2(L))/L(L)+P(J,L)
4270 T2(L)=-(M1(L)+M2(L))/L(L)+R(J,L)
4280 NEXT L
4290 RETURN
4300 ; #1 : ; #1
4310 ; #1 "Aciklik Sol uc mom(tm) fe(cm2) Sag uc mom(tm) fe(cm2)";
4320 ; #1 " x(m) Maxmac(tm) fe(cm2) Q sol(ton) Q sag(ton)"
4330 ; #1 " _____ "
4340 ; #1 " _____ "
4350 DIM Mii(21*N), M1J(21*N), Maxm(N), Fe3(N), F2k(N)
4360 FOR L=1 TO N
4370 I4=1 : So=L(L)/20
4380 FOR X=0 TO L(L)+.2*So STEP So
4390 Mii(I4)=M1(L)/L(L)*(L(L)-X)
4400 M1J(I4)=-(M2(L)/L(L)*X)
4410 I3=(L-1)*21+I4-1
4420 IF Ht$="hs" AND D(J,L)=0 Mii(I4)=Mii(I4)+M1J(I4)+M1(I3) : GOTO 4440
4430 Mii(I4)=Mii(I4)+M1J(I4)+M1(I3)+M12(I3)
4440 I4=I4+1
4450 NEXT X
4460 Maxm(L)=Mii(I4-21) : Xm=0
4470 FOR J1=1 TO 21
4480 IF Mii(J1)>Maxm(L) THEN Maxm(L)=Mii(J1) : Xm=So*(J1-1)
4490 NEXT J1
4500 M1=Maxm(L) : H=D2(L)-.03 : Fe=0 : F2=0

```

```
4510 IF B#="dk" X1=INT(Xm*20/L(L)+.5) : K=(L-1)*20+X1 : h=Dep(K)*h0(L)-.03 : Fe=0 : F2=0
4520 GOSUB 4740 : Fe3(L)=Fe : F2k(L)=F2
4530 IF F2i(L)<0 OR F2j(L)<0 OR F2k(L)<0 GOTO 4580
4540 PRINT #1 USING " #          +###.##          ##.##          +###.##          ";L,Mi(L),Fei(L),-Mj(L);
4550 PRINT #1 USING " ##.##          ##.##          +###.##" Fe2(L),Xm,Maxm(L);
4560 PRINT #1 USING "          ##.##          " Fe3(L);
4570 GOTO 4640
4580 PRINT #1 USING " #          +###.##" L,Mi(L);
4590 PRINT #1 USING "          ##.##/##.##" F2i(L),Fei(L);
4600 PRINT #1 USING "          +###.##" (-Mj(L));
4610 PRINT #1 USING "          ##.##/##.##" F2j(L),Fe2(L);
4620 PRINT #1 USING "          ##.##          +###.##" Xm,Maxm(L);
4630 PRINT #1 USING "          ##.##/##.##          " Fe3(L),F2k(L);
4640 PRINT #1 USING "          +###.##          +###.##          " Ti(L),Tj(L)
4650 NEXT L
4660 PRINT #1 : PRINT #1
4670 PRINT #1 "          Mesnet teokileri"
4680 PRINT #1 "          _____"
4690 FOR L=1 TO N+1
4700 X(L)=-Tj(L-1)+Ti(L)
4710 PRINT #1 "          " L;"mesnet f="; : : #1 USING "+###.## (t)" X(L)
4720 NEXT L
4730 RETURN
4740 REM Betonarme alt programi
4750 M1=M1*Yk*100000 : B3=i00*B1(L) : H=i00*hi : Rm=12/Fyd
4760 FOR R=Rmin TO Rmax STEP .0005
4770 M2=B3*H^2*Fyd*R*(1-.59*R*Fyd/Fcd)
4780 IF M1=ABS(M2) GOTO 4940
4790 NEXT R
4800 Fe=Rmax*B3*H : F2=1 : Fei=Fe
4810 Fei=Fei+i : F2=F2+i : C=3
4820 G1=6300*(H-C)/C : G2=6300*(C-3)/C
4830 IF G1>Fyd THEN G1=Fyd
4840 IF G2>Fyd THEN G2=Fyd
4850 R=Fei/B3/H : R1=F2/B3/H
4860 R2=(R-R1)*G2/Fyd
4870 IF R2=Rmax OR R1=.01 OR R1)=R/2 THEN F2=-99 : RETURN
4880 Fc=.77*Fcd*C*B3 : B1=Fc+G2*F2
4890 C1=G1*Fei : C2=G2*F2
4900 IF B1<C1 THEN C=C+1 : GOTO 4820
4910 M1=C1*(H-C)+C2*(C-3)+Fc*(C-.4i*C)
4920 IF M1<ABS(M2) GOTO 4810
4930 Fe=Fei : RETURN
4940 IF R<Rm THEN R=1.3*R : IF R)=Rm THEN R=Rm
4950 Fe=R*B3*H : RETURN
```


$$\begin{aligned} \omega_1 &= a_1 & \alpha_1 &= b_1 / \omega_1 & \alpha_i &= \frac{b_i}{\omega_i} \quad (i=2,3,\dots,n-1) \\ \beta_i &= b_{i-1} & \omega_i &= a_i - \alpha_{i-1} \cdot \beta_i \\ \beta_n &= b_{n-1} & \omega_n &= a_n - \alpha_{n-1} \cdot \beta_n \end{aligned}$$

Böylece \underline{Z} ara vektörü kullanılarak $\underline{A} \cdot \underline{X} = \underline{C}$ denklem sistemi

$$\underline{\alpha} \cdot \underline{X} = \underline{Z}$$

$\underline{\beta} \cdot \underline{Z} = \underline{C}$ şeklinde ikidenklem sistemi halinde yazılır.

$$\underline{Z} = \underline{\beta}^{-1} \cdot \underline{C}$$

$$\underline{X} = \underline{\alpha}^{-1} \underline{\beta}^{-1} \cdot \underline{C} \text{ şeklinde bilinmeyenler çözülür.}$$

Ya da çözüm adım adım incelenecek olursa, birinci sisteminin çözümü

$$Z_1 = \frac{C_1}{\omega_1}$$

$$Z_2 = \frac{C_2 - \beta_2 \cdot Z_1}{\omega_2}$$

$$Z_i = \frac{C_i - \beta_i \cdot Z_{i-1}}{\omega_i} \quad (i=2,3,\dots,n)$$

$$Z_n = \frac{C_n - \beta_n \cdot Z_{n-1}}{\omega_n}$$

bu çözüm yardımıyla ikinci sisteminin çözümü asıl bilinmeyenleri verir.

$$X_n = Z_n$$

$$X_{n-1} = Z_{n-1} - \alpha_{n-1} \cdot X_n$$

$$X_{n-i} = Z_{n-i} - \alpha_{n-i} \cdot X_{n-i+1} \quad (i=1,2,3,\dots,n-1)$$

$$X_1 = Z_1 - \alpha_1 \cdot X_2$$

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- 1- ÇAKIROĞLU,A., ÇETMELİ,E.: "Yapı Statiği" Cilt II Arı Kitabevi Matbaası - 1971.
- 2- ÇAKIROĞLU,A.: "Hiperstatik Sistemlerin Hesap Metodları", Matbaa Teknisyenleri Basımevi - 1974.
- 3- AYDIN,R.: "Yapı Statiği" Hiperstatik Sistemler, Matris Metodlar, Anadolu Üniversitesi Yayınları - 1985.
- 4- GÖĞÜS,İ.: "Yapı Statiği" İzostatik Sistemlerde Şekil Değiştirmeler, Hiperstatik Sistemlerin Kuvvet Metoduyla Çözümü, İ.D.M.M.A. Yayınları - 1978.
- 5- TEZCAN,S.: "Çubuk Sistemlerin Elektronik Hesap Makinaları ile Çözümü", Arı Kitabevi - 1970.
- 6- HIRSCHFELD,K.: "Baustatik, Theorie u.Beispiele", Springer Verlag - 1969.
- 7- GULDAN,R.: "Rahmentragwerke u.Durchlaufträger", Springer Verlag - 1956.
- 8- AKTAŞ,Z.: "Elektronik Hesaplayıcılarla Programlama ve Uygulama" Bölüm II, Nümerik Metodlar ve Mühendislik Uygulamaları, O.D.T.Ü. - 1973.
- 9- "TS500 Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları", Türk Standartları Enstitüsü - 1982.
- 10- ERSOY,U.: "Betonarme", Temel İlkeler ve Taşıma Gücü Hesabı, Bizim Büro Basımevi - 1985.
- 11- "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik", İmar ve İskan Bakanlığı Deprem Araştırma Enstitüsü Başkanlığı - 1975.