

39645

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KONSOL "L" PLAKLARIN İNCELENMESİ VE
YAPI SİSTEMLERİNİN HESAP YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. N. Ercivan ÜNÜVAR

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 24 Ocak 1994

Tezin Savunulduğu Tarih : 11 Şubat 1994

Tez Danışmanı : Prof.Dr. Ahmet I. SAYGUN

Diğer Jüri Üyeleri : Doç.Dr. Sumru PALA

: Doç.Dr. Metin AYDOĞAN

ŞUBAT 1994

**F.E. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

ÖNSÖZ

Günümüzde, yapı mühendisliğinde esas olan hem güvenli hem de ekonomik yapı sistemlerinin uygulanmasıdır. Bugün bilgisayar teknolojisinin getirmiş olduğu kolaylıklar ve hesap yöntemlerindeki gelişmeler nedeniyle yapıların gerçek davranışlarının daha kolay incelenebilmesi, güvenliğin yanısıra mümkün olduğu kadar ekonomik yapı sistemlerinin uygulanmasına imkan sağlamaktadır. Bu durum Bu durum gözönüne alındığında, ülkemiz ekonomisinde önemli bir yer tutan yapı sektöründeki bu düşünce tarzının tüm yurttta hızla yaygınlaşmasını diliyorum.

Bu tezin hazırlanmasında bana imkan sağlayıp yol gösteren Sayın Prof. Dr. Ahmet I. SAYGUN 'a ve yardımlarını esirgemeyen Araştırma Görevlileri Sayın Mecit ÇELİK ve Sayın Engin ORAKDÖĞEN 'e, ayrıca öğrenimim sırasında değerli bilgilerinden yararlandığım başta Prof. Adnan ÇAKIROĞLU olmak üzere Yapı Statiği Çalışma Grubu 'nun tüm elemanlarına sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

ŞUBAT 1994

N. Ercivan ÜNÜVAR

İÇİNDEKİLER

ÖZET	v
SUMMARY	vi
BÖLÜM 1. KONSOL "L" PLAKLARIN SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE İNCELENMESİ	1
1.1. Giriş	1
1.2. Seçilen Sonlu Elemanın Özellikleri	2
1.3. Çözüm Yöntemi ve Hesapta İzlenen Yol	2
1.4. Sonuçların Karşılaştırılması	7
BÖLÜM 2. YAPI SİSTEMLERİNİN HESAP YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI	14
2.1. Giriş	14
2.2. Seçilen Sisteme Ait Karakteristik Değerler ..	15
2.2.1. Döşeme Hesapları	15
2.3. Kesin Hesaplar	17
2.3.1. Açık Yöntemi ile Statik Hesap	17
2.3.1.1. Doğru Eksenli Çubuklarda " Δ " Boy Değişmelerinden Meydana Gelen Tesirlerin Hesaplanması	30
2.3.2. p_1 , p_2 , p_3 Yükleri İçin Matris Deplasman Yöntemi ile Hesap	35
2.3.2.1. $p_1=12$ kN/M İçin Matris Deplasman Yöntemi ile Hesap	36
2.3.2.1.1. $p_1'=6$ kN/m 'lik Yük Simetrik Yüklenmiştir	36
2.3.2.1.2. $p_1'=6$ kN/m 'lik Yük Antimetrik Yüklenmiştir	42
2.3.2.2. $p_2=12$ kN/M İçin Matris Deplasman Yöntemi ile Hesap	48
2.3.2.2.1. $p_2'=6$ kN/m 'lik Yük Simetrik Yüklenmiştir	48

2.3.2.1.1.	$p_1'=6$ kN/m 'lik Yük Simetrik Yüklenmiştir	36
2.3.2.1.2.	$p_1'=6$ kN/m 'lik Yük Antimetrik Yüklenmiştir	42
2.3.2.2.	$p_2=12$ kN/M İçin Matris Deplasman Yöntemi ile Hesap	48
2.3.2.2.1.	$p_2'=6$ kN/m 'lik Yük Simetrik Yüklenmiştir	48
2.3.2.2.2.	$p_2'=6$ kN/m 'lik Yük Antimetrik Yüklenmiştir	51
2.3.2.3.	$p_3=12$ kN/M İçin Matris Deplasman Yöntemi ile Hesap	55
2.3.2.3.1.	$p_3'=6$ kN/m 'lik Yük Simetrik Yüklenmiştir	55
2.3.2.3.2.	$p_3'=6$ kN/m 'lik Yük Antimetrik Yüklenmiştir	58
2.3.3.	Düzgün Sıcaklık Değişimi İçin Matris Kuvvet Yöntemi ile Hesap	61
2.3.4.	Mesnet Çökmeleri İçin Cross Yöntemi ile Hesap	66
2.3.5.	Deprem Yükleri İçin Açık Yöntemi ile Hesap	72
2.3.6.	a, b, c, d, e, f ve g Kesitlerinde En Elverişsiz Tesirlere Göre Kesit Hesabı ..	76
2.3.7.	a ve e Kesitlerinde M, N, T Tesir Çizgilerinin Endirek Deplasman Yöntemi ile Çizilmesi	87
2.3.7.1.	X_i Bilinmeyenlerinin Birim Durumlarına Ait Çözümleri	90
2.3.7.2.	a ve e Kesitlerine Ait Tesir Çizgilerinin Çizilmesi	98
BÖLÜM 3.	SONUÇLAR	114
3.1.	"L" Biçimindeki Dışbükey İnce Plâğın Sonlu Elemanlar Yöntemi ile İncelenmesi	114
3.2.	Yapı Sistemlerinin Hesap Yöntemlerinin Karşılaştırılması	115
KAYNAKLAR		117
ÖZGEÇMİŞ		118

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi olarak yürütülen bu çalışma iki ana bölümden oluşmaktadır.

Çalışmanın birinci bölümünde "L" biçimindeki dışbükey konsol ince plağın farklı genişlik oranlarına göre (L_y/L_x) hesaplanan uç deplasmanların ve iç kuvvetlerin değişimi incelenmiştir. Hesaplarda Sonlu Elemanlar Yöntemi'nden yararlanılmıştır. Döşeme sistemi kendi içinde üç döşemeye bölünerek alt sistemler halinde çözüme gidilmiştir. İç kuvvetlerin hesabı için yaklaşık bir bağıntı önerilmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Yapı sistemlerinin hesap yöntemlerinin karşılaştırılması bölümünde, düzlemi içinde çeşitli yükler etkisinde bulunan dört açıklıklı bir düzlem çerçeve seçilmiş ve değişik yükleme durumu için farklı hesap yükleri kullanılarak statik hesapları yapılmıştır. Çerçevenin ön boyutlandırılması Açık Yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Daha sonra sırasıyla sabit yükler için Açık Yöntemi, P_1 , P_2 ve P_3 ilave yükleri için Matris Deplasman Yöntemi, Düzgün Sıcaklık Değişimi için Matris Kuvvet Yöntemi, mesnet çökmeleri için Cross Metodu ve son olarak (W)Deprem Yükleri için Açık Yöntemi kullanılarak kesit tesirleri hesaplanmıştır. Ayrıca elde edilen kesit tesirlerinin en elverişsiz kombinasyonlarına göre kesitler donatılmış ve Endirek Deplasman Metodundan yararlanılarak iki kesite ait M , N , T tesir çizgileri çizilmiştir.

THE SOLUTION OF An " L " SHAPED FIX BASED THIN PLATE
BY THE FINITE ELEMENT METHOD AND THE COMPARISON OF
METHODS OF STRUCTURAL ANALYSIS

SUMMARY

This M.Sci. thesis study consists of two parts :

In the first part, an "L" shaped fix based thin plate is examined by the Finite Element Method and a comparison of the displacements and the strength of the joints for different length ratios (L_y/L_x) is presented.

Instead of studying on one plate, three subplates are used in the solution. The aim of this is to show that a system can be solved by dividing into subsystems.

Dividing the plate into three subplates, shortens the width of the stiffness matrix of the plate. By the help of this, the calculation is more simple than the calculation of whole plate.

First of all, the first and the second numbered subplates, as shown in Fig.1 are solved. The reactions of the last three joints of the subplates are calculated by the help of a basic program.

Then the third subplate is solved with the reactions from other two subplates and the displacements of the third subplate joints are calculated.

By using the displacements of the joints that subplates have the same numbered joints, the all system joints ' displacements are found.

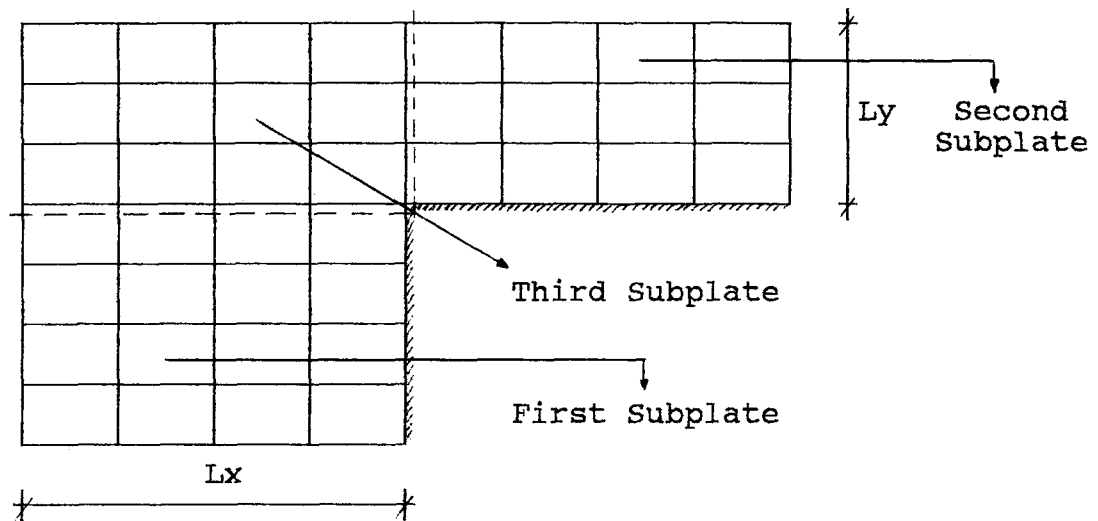


Figure 1. The Subplates

With the help of $[\sigma]$ Strength Matrix and the joints' displacements, the strengths $[M_x, M_y, M_{xy}]$ of the joints are solved.

The results obtained through the numerical investigations are compared and an approximate formula is proposed to calculate the strength of the joints.

In the second part, the analysis and design of a four span reinforced concrete plane frame subjected to various external effects, is presented.

Different method of analysis is used for each external effect. Application and comparison of these methods is also presented.

The preliminary cross-sectional dimensions of the frame have been determined through the utilization of the Slope-Deflection Method.

A sufficient result can be obtained in the preliminary design of the structural system by reducing the characteristic strenghts of material.

Both dead and live loadss are considered not only in the preliminary design but also in the definite design of the first chapter of the second part as well.

In the second chapter, the frame is analysed by Matrix Displacement Method for live loads P_1 , P_2 and P_3 acting on the structure. In the Matrix Displacement Method, unknowns are the displacements of the joints, forming the structural system.

This method is more useful for the systems having high degrees of statical indeterminacy. In another saying, this method enables to operate with lesser unknowns in system having more members united, at joints forming the system.

Although the band width of simulateneous equations is limited because of no elasticity in choosing of unknowns, enable to have a good stability. But, when the equations are not good in stability, returning in restricted because of the lackness elasticity in choosing unknowns.

Thus, it is easy to formulate the Matrix Displacement Method and this method is more suitable for computer programming.

In the third chapter of part two, the uniform temperature changes have been taken into account as an external effect on the structure. Uniform temperature change is the changing of the temperature at the upperside and underside of the Cross-Section.

To determine the internal forces acting on the Cross-Sections, the structure is analysed by the Matrix Force Method. This method enables to operate with lesser unknowns in systems which having more members in frames forming the system.

In addition, it is possible to obtain equations in which the band width is kept small and system equations is stable, by means of independence in choosing unknowns.

However the equations can be derived automatically because of its elasticity in choosing unknowns, they are also written systematically.

In the fourth chapter, the structure is analysed by the Cross Method for different support settlements as an external effect. Structural systems are expected to have support settlements during its lifetime. If these settlements are some on every support of system, there will not be any reactions acting on structures members. But if they are different, some reactions acting on the structures Cross-Sections are expected.

In Cross Method, the unknowns are the forces acting at the ends of the member. This forces can be obtained such as " $M_{ij} = M_o + M_1 \delta_1 + \dots + M_i \delta_i$ " where M_o is the moment ends of the member due to only external forces, M_1 is the end moments of the member due to while independent unit displacement δ_1 which can be choose by engineer.

The structure is analysed by Slope Deflection Method for lateral loads (W) in the fifth chapter. In Slope Deflection Method, the unknowns are the conversions of joints and the independent displacements of the ends of members forming the system. In this method, the equations can be obtained automatically.

At the end of these calculations, the dimensions of the critical Cross-Sections obtained from the preliminary analysis are checked under the most unsuitable loading conditions.

These loading conditions are some combinations which considers different external effects action in some proportions. It is observed that the most unsuitable loading condition is obtained " $1.4 \cdot G + 1.6 \cdot Q$ " in which G is Dead and Q is Live Load.

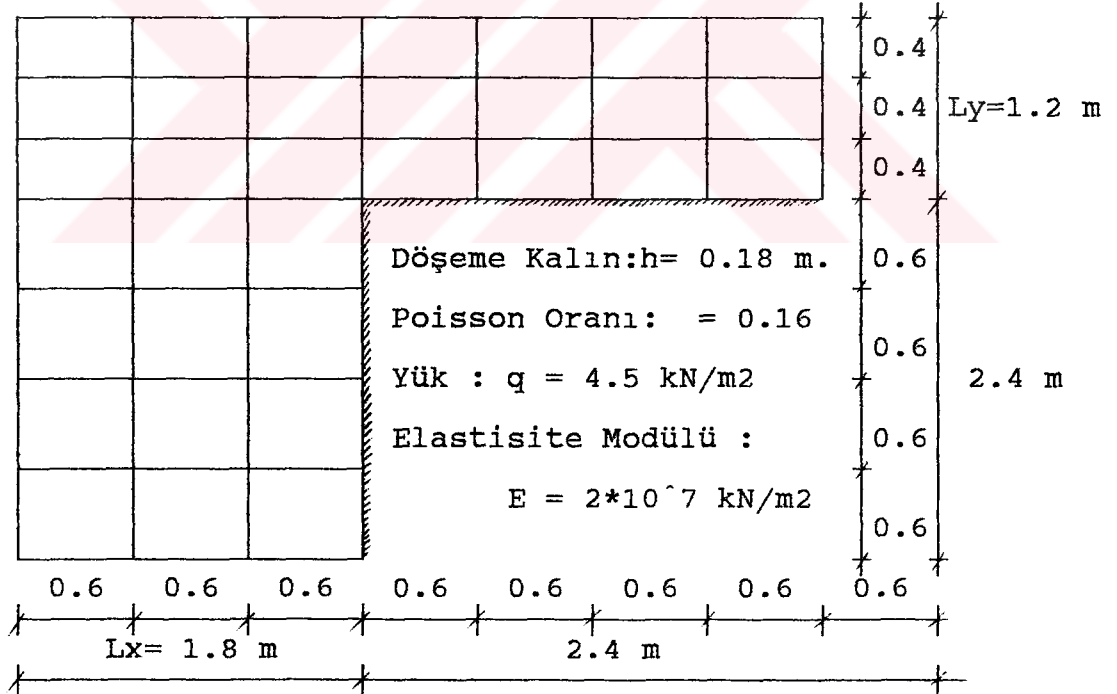
Finally, in the seventh chapter of part two, the influence lines for bending moment, axial force and shear force of two given Cross-Sections are obtained by means of The Indirect Displacement Method which is an efficient and reliable method.



BÖLÜM I. KONSOL "L" PLAKLARIN SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE İNCELENMESİ

1.1. GİRİŞ

Yüksek lisans tezi olarak sunulan bu çalışmanın ilk bölümünde Şekil 1.1. 'de görülen "L" biçimindeki dışbükey konsol ince plağın, düzgün yayılı yük altında farklı genişlik oranlarına göre (L_y/L_x) ortaya çıkan uç deplasmanların ve iç kuvvetlerin değişimi incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar grafikler halinde bölüm sonunda verilmiştir.



Şekil 1.1. Birinci Bölümde Ele Alınan " L " Biçimindeki Plağın Geometrik Özellikleri

1.2. SEÇİLEN SONLU ELEMANIN ÖZELLİKLERİ

Her düğüm noktasında bir çökme (w) ve iki dönme bileşeni (θ_x, θ_y) bulunan klasik plak sonlu elemanı uygulanmıştır. Şekil 1.2. 'de gösterilen $[K]$ " Birim Deplasman Matrisi " yardımıyla düğüm noktalarına ait uç deplasmanlar hesaplanmıştır. Düğüm noktalarındaki uç deplasmanlara bağlı olarak, Şekil 1.3. 'de verilen $[\sigma]$ " İç Kuvvet Matrisi " kullanılarak M_x , M_y ve M_{xy} iç kuvvetleri bulunmuştur. [1]

1.3. ÇÖZÜM YÖNTEMİ VE HESAPTA İZLENEN YOL

İncelenen dışbükey " L " biçimindeki konsol ince plak kendi içinde üç döşeme parçasına bölünerek " Alt Sistemler " oluşturulmuştur. Böylece eleman üzerinde bulunan düğüm noktalarına ait uç deplasmanlarının meydana getirdiği sistem rijitlik matrisinin band genişliği küçük kalmıştır. Bu bize hesapta kolaylık ve zaman kazandırmıştır.

Herbir döşemeyi sonlu büyüklükte olan yeter derecede küçük elemanlara bölerek, elemanların birleştiği düğüm noktaları, band matris genişliği en küçük olacak şekilde sistematik olarak numaralandırılmıştır.

Döşemelerdeki herbir eleman parçasına ait düğüm noktası deplasmanları Şekil 1.4. 'de görüldüğü gibi numara verilmiştir ve yönleri de şekilde gösterildiği gibidir.

D_1 D_2 D_3 D_4 D_5 D_6 D_7 D_8 D_9 D_{10} D_{11} D_{12}

$\frac{1}{12} \frac{E h^3}{a^3} (1-2\eta)(1-\eta) \frac{a}{b^2}$	$\frac{1}{12} \frac{E h^3}{a^3} \eta(2-3\eta) \frac{a}{b}$	$-\frac{1}{12} \frac{E h^3}{a^3} (2-3\eta)(1-\eta) \frac{a}{b}$	$\frac{1}{12} \frac{E h^3}{a^3} \eta(1-2\eta) \frac{a}{b^2}$	$\frac{1}{12} \frac{E h^3}{a^3} \eta(2-3\eta) \frac{a}{b}$	$-\frac{1}{12} \frac{E h^3}{a^3} (2-3\eta)(1-\eta) \frac{a}{b}$	$-\frac{1}{12} \frac{E h^3}{a^3} \eta(1-2\eta) \frac{a}{b^2}$	$-\frac{1}{12} \frac{E h^3}{a^3} \eta(2-3\eta) \frac{a}{b}$	$-\frac{1}{12} \frac{E h^3}{a^3} (2-3\eta)(1-\eta) \frac{a}{b}$	$-\frac{1}{12} \frac{E h^3}{a^3} \eta(1-2\eta) \frac{a}{b^2}$	$-\frac{1}{12} \frac{E h^3}{a^3} \eta(2-3\eta) \frac{a}{b}$	$-\frac{1}{12} \frac{E h^3}{a^3} (2-3\eta)(1-\eta) \frac{a}{b}$
$\frac{1}{12} \frac{E h^3}{a^3} (1-2\eta)(1-\eta) \frac{a}{b^2}$	$\frac{1}{12} \frac{E h^3}{a^3} \eta(2-3\eta) \frac{a}{b}$	$-\frac{1}{12} \frac{E h^3}{a^3} (2-3\eta)(1-\eta) \frac{a}{b}$	$\frac{1}{12} \frac{E h^3}{a^3} \eta(1-2\eta) \frac{a}{b^2}$	$\frac{1}{12} \frac{E h^3}{a^3} \eta(2-3\eta) \frac{a}{b}$	$-\frac{1}{12} \frac{E h^3}{a^3} (2-3\eta)(1-\eta) \frac{a}{b}$	$-\frac{1}{12} \frac{E h^3}{a^3} \eta(1-2\eta) \frac{a}{b^2}$	$-\frac{1}{12} \frac{E h^3}{a^3} \eta(2-3\eta) \frac{a}{b}$	$-\frac{1}{12} \frac{E h^3}{a^3} (2-3\eta)(1-\eta) \frac{a}{b}$	$-\frac{1}{12} \frac{E h^3}{a^3} \eta(1-2\eta) \frac{a}{b^2}$	$-\frac{1}{12} \frac{E h^3}{a^3} \eta(2-3\eta) \frac{a}{b}$	$-\frac{1}{12} \frac{E h^3}{a^3} (2-3\eta)(1-\eta) \frac{a}{b}$
$\frac{1}{12} \frac{E h^3}{a^3} (1-2\eta)(1-\eta) \frac{a}{b^2}$	$\frac{1}{12} \frac{E h^3}{a^3} \eta(2-3\eta) \frac{a}{b}$	$-\frac{1}{12} \frac{E h^3}{a^3} (2-3\eta)(1-\eta) \frac{a}{b}$	$\frac{1}{12} \frac{E h^3}{a^3} \eta(1-2\eta) \frac{a}{b^2}$	$\frac{1}{12} \frac{E h^3}{a^3} \eta(2-3\eta) \frac{a}{b}$	$-\frac{1}{12} \frac{E h^3}{a^3} (2-3\eta)(1-\eta) \frac{a}{b}$	$-\frac{1}{12} \frac{E h^3}{a^3} \eta(1-2\eta) \frac{a}{b^2}$	$-\frac{1}{12} \frac{E h^3}{a^3} \eta(2-3\eta) \frac{a}{b}$	$-\frac{1}{12} \frac{E h^3}{a^3} (2-3\eta)(1-\eta) \frac{a}{b}$	$-\frac{1}{12} \frac{E h^3}{a^3} \eta(1-2\eta) \frac{a}{b^2}$	$-\frac{1}{12} \frac{E h^3}{a^3} \eta(2-3\eta) \frac{a}{b}$	$-\frac{1}{12} \frac{E h^3}{a^3} (2-3\eta)(1-\eta) \frac{a}{b}$

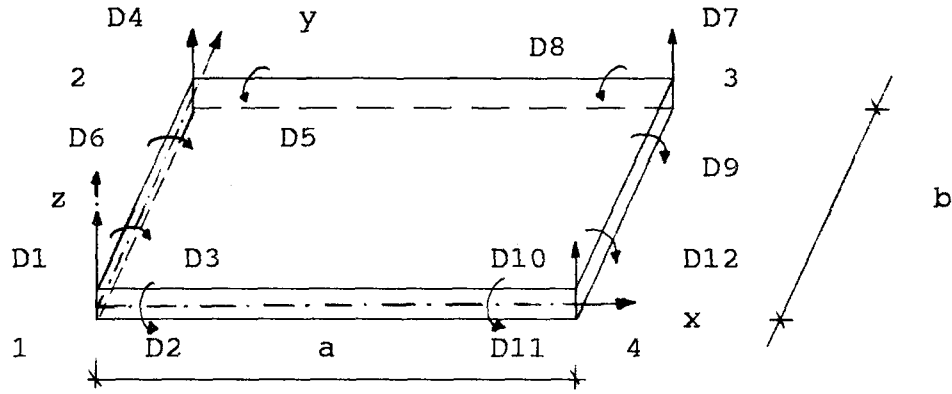
$$[\sigma] = \frac{E h^3}{12(1-\nu^2)}$$

$$[\sigma] = \begin{bmatrix} M_x \\ M_y \\ M_{xy} \end{bmatrix}$$

$$\eta = \frac{a}{b} ; \quad \eta = \frac{y}{b}$$

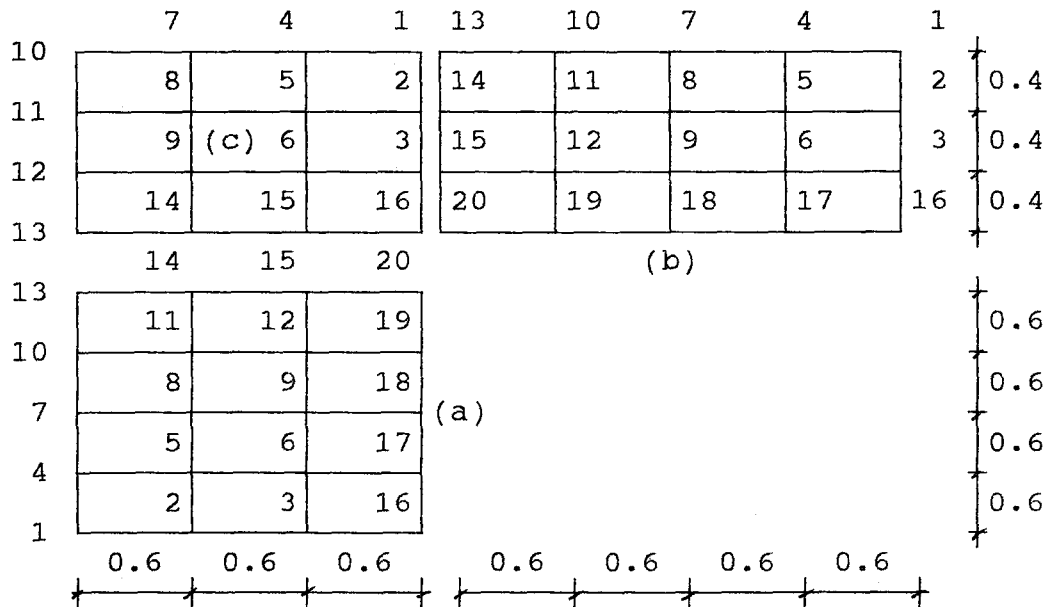


Şekil 1.3. $[\sigma]$ İç Kuvvet Matrisi

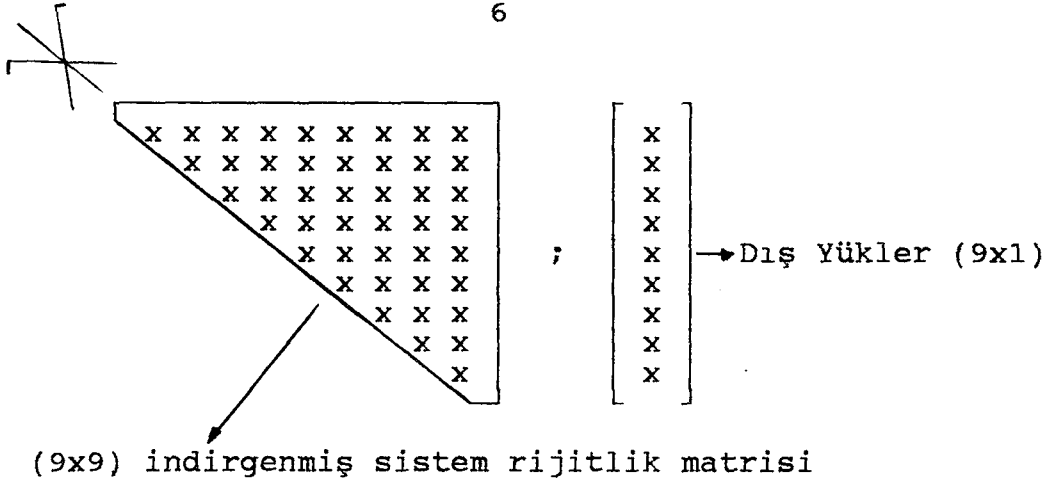


Şekil 1.4. Sonlu Elemana Ait Deplasman Numaraları ve Yönleri

Döşeme 1 ve Döşeme 2 sırasıyla Şekil 1.5a. ve Şekil 1.5b. 'de görüldüğü biçimde numaralandırılmış ve 1 numaralı düğüm noktasından 12 numaralı düğüm noktasına kadar uç deplasmanlarına ait sistem rijitlik matrisi küçük bir program yardımıyla indirgenmiştir. Geri kalan 13, 14 ve 15 numaralı düğüm noktalarına ait (9x9) boyutundaki eksene göre simetrik matris ve sözkonusu noktalara ait dış yükler ayrı olarak bastırılmıştır.



Şekil 1.5. Döşeme 1, 2 ve 3 'ün Numaralandırılması



Şekil 1.6. İndirgenmiş Elemanlar

"3" Numaralı döşemeye ait Sistem Rijitlik Matrisi 'nde ve dış yüklere ait kolon matriste, "1" ve "2" numaralı döşemeden gelen etkileri içeren son üç adet düğüm noktasına ait (9x9) boyutundaki rijitlik matrisleri ile ilgili terimler ve dış yüklere ait terimler ilave edilmiştir.

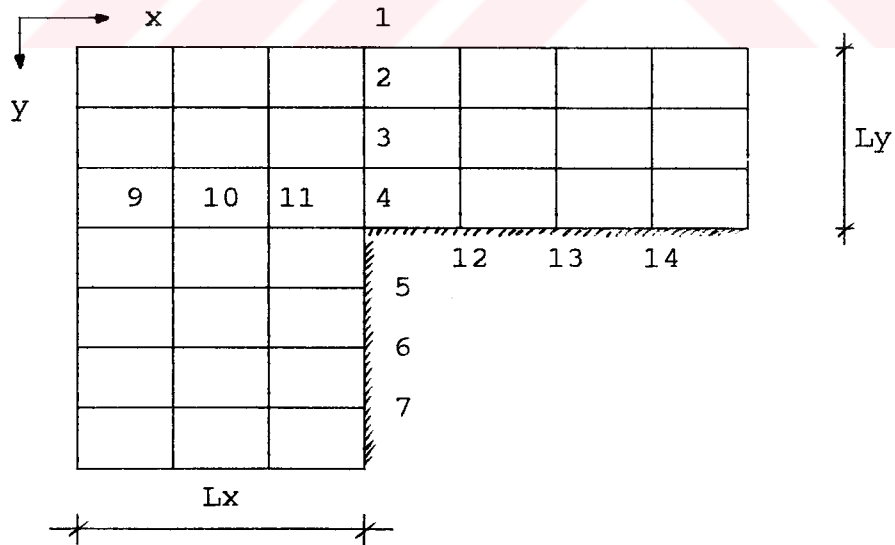
Döşeme 1 ve Döşeme 2 'nin de etkisi gözönüne alınarak oluşturulan Döşeme 3 'e ait sistem rijitlik matrisi çözülerek uç deplasmanları bulunmuştur. 3 numaralı döşeme ile diğer döşemelerin kesişen düğüm noktalarına ait uç deplasmanları, Döşeme 1 ve 2 'ye ait uç deplasmanların çözümünde yerlerine konularak diğer düğüm noktalarına ait uç deplasmanlarının tamamı hesaplanmıştır.

Daha sonra Şekil 1.3. 'de verilen " İç Kuvvet Matrisi " yardımı ile ankastre mesnet üzerindeki düğüm noktaları ve döşemelerin kesiştiği kritik düğüm noktalarındaki uç deplasmanlara bağlı olarak $[\sigma] = [M_x \ M_y \ M_{xy}]^T$ iç kuvvetler hesaplanmıştır. İç kuvvet alanı düğüm noktalarında her eleman için bulunan iç kuvvetlerin ortalamalarından

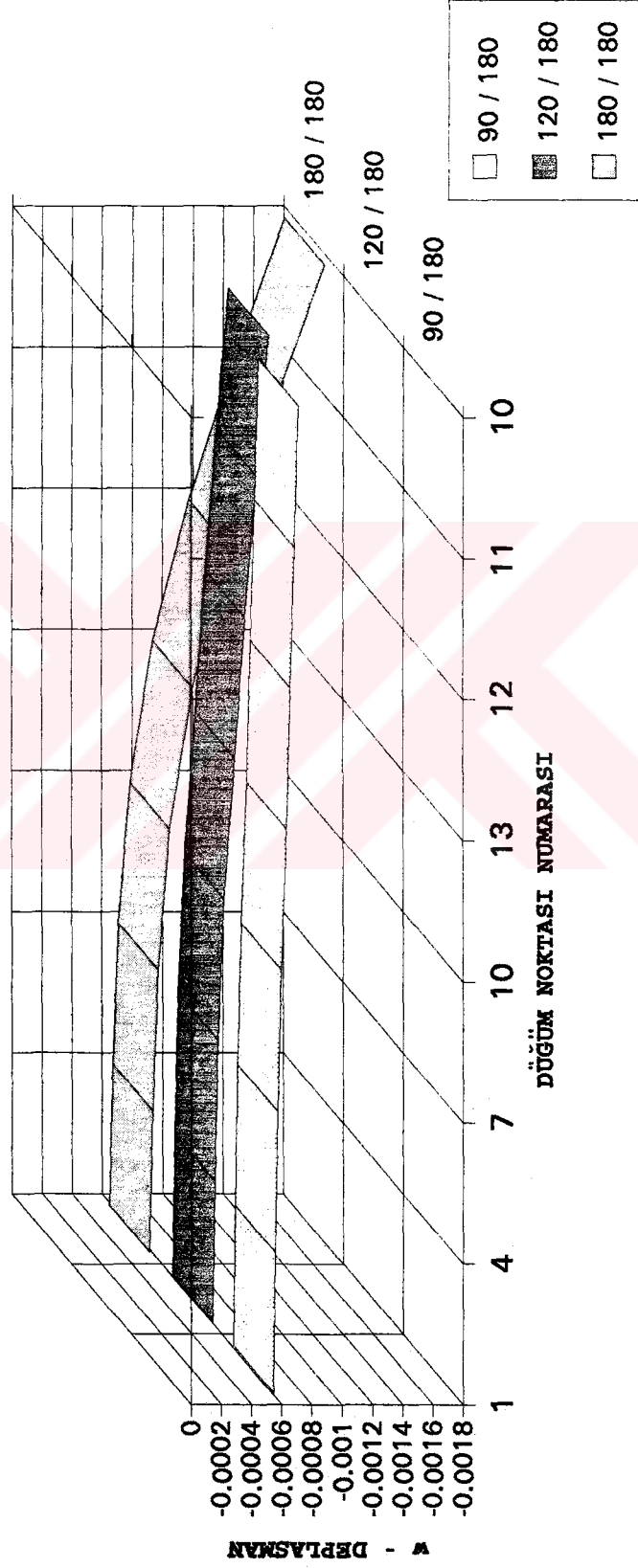
yararlanılarak elde edilmiştir. L_y/L_x oranı $1.80/1.80=1.0$, $1.20/1.80=0.667$ ve $0.90/1.80=0.5$ için aynı işlemler yapılarak uç deplasman ve iç kuvvetler hesaplanmıştır.

1.4. SONUÇLARIN KARŞILAŞTIRILMASI

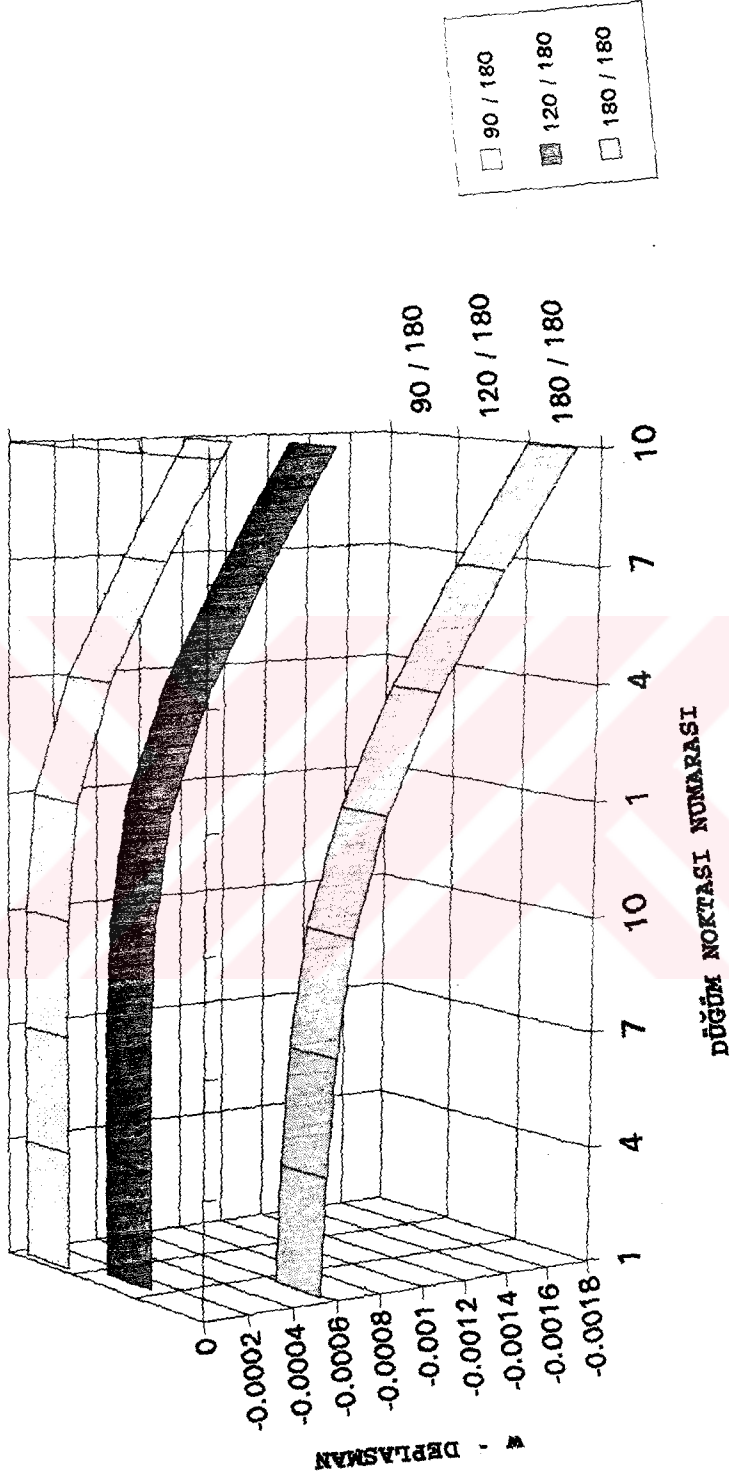
Alt sistemler oluşturularak hesaplanan uç deplasmanları ve iç kuvvetleri, sistemin tümünü gözönüne alarak çözen, her bir düğüm noktasında "wxy" deplasmanlarını da ilave ederek 4 'er adet deplasman kabulüyle hazırlanmış bir bilgisayar programı ile yapılan çözümde bulunan değerlerle karşılaştırıldığında yakınsaklık göstermiştir. Bu çözümlerde elde edilen sonuçları Şekil 1.7. 'de gösterilen döşeme gözönünde tutularak grafikler halinde sunulmuştur:



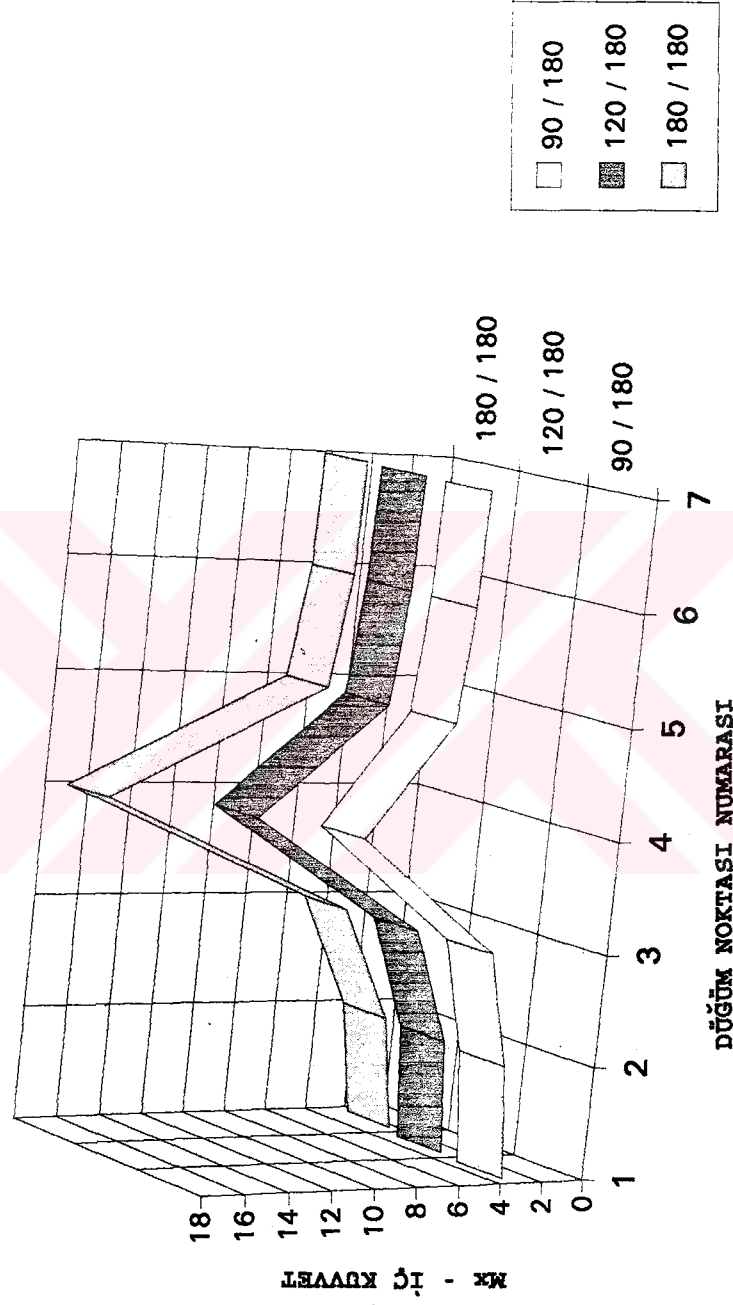
Şekil 1.7. Sonuçların Karşılaştırılmasında Kullanılan Döşeme ve Düğüm Noktası Numaraları



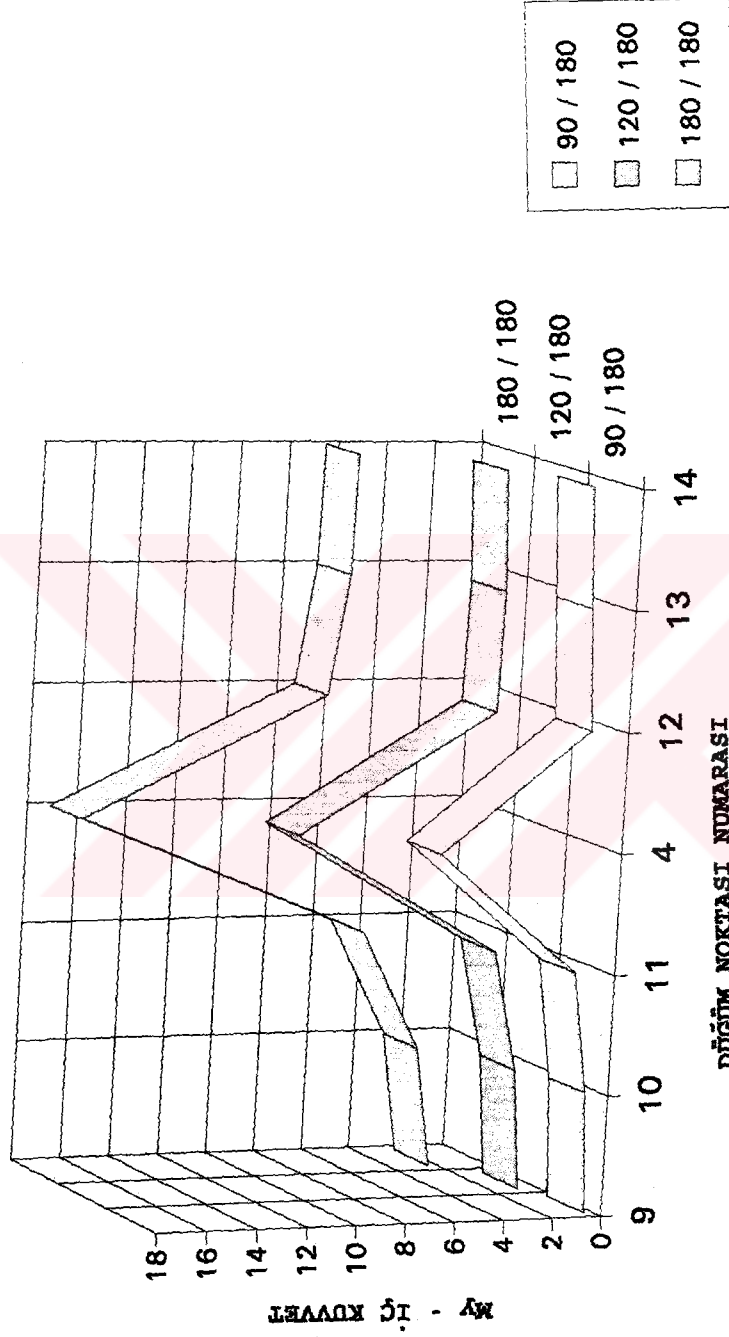
Şekil 1.8. Y - Doğrultusundaki Uç Düğüm Noktalarına Ait " w " Deplasmanlarının Kıyaslanması



Şekil 1.9. X - Doğrultusundaki Uç Düğüm Noktalarına Ait " w " Deplasmanlarının Kıyaslanması



Şekil 1.10. Y - Doğrultusunda Kritik Düzüm Noktalarına Ait " M_x " İç Kuvvetlerinin Kıyaslanması



Şekil 1.11. X - Doğrultusunda Kritik Düğüm Noktalarına Ait " My " İç Kuvvetlerinin Kıyaslanması

1.4.5. X VE Y-DOĞRULTUSUNDAKİ M_y VE M_x İÇ KUVVETLERİN HESABI İÇİN YAKLAŞIK BİR FORMÜL ÖNERİSİ

" L " biçimindeki dışbükey konsol ince plağın farklı (L_y/L_x) oranlarına göre düğüm noktalarına ait iç kuvvetler için bulunan sayısal sonuçlar gözönünde tutularak aşağıdaki yaklaşık formüller önerilmiştir. Sırasıyla X ve Y-Doğrultusundaki konsol etkisinin kaybolduğu kesitlerdeki birim boya gelen eğilme momentleri:

$$M_x = q * L_x^2 / 2 \quad ; \quad M_y = q * L_y^2 / 2$$

Konsol etkisiyle köşe noktasında oluşacak max. M_{x1} ve M_{y1} plak momentleri için önerilen yaklaşık formüller :

$$M_{x1} = (q/2) * (L_x + L_y) * L_x + (q/2) * (L_x + L_y) * L_y * \nu$$

$$M_{x1} = (q/2) * (L_x + L_y) * (L_x + \nu * L_y)$$

$$M_{y1} = (q/2) * (L_x + L_y) * (\nu * L_x + L_y)$$

Bu köşe noktasında köşegen doğrultusunda maksimum asal moment için ise:

$$M_{\text{asal}} = (q/2) * (L_x + L_y) * \text{SQR}(L_x^2 + L_y^2) * (1 + \nu)$$

Formülü yeter yaklaşıklıkla uygun sonuçlar vermektedir.(Tablo 1.1.b.)

q : Düzgün Yayılı Yük [4.5 kN/m²] ν : Poisson Oranı

L_x : X-Doğrultusundaki Döşeme genişliği

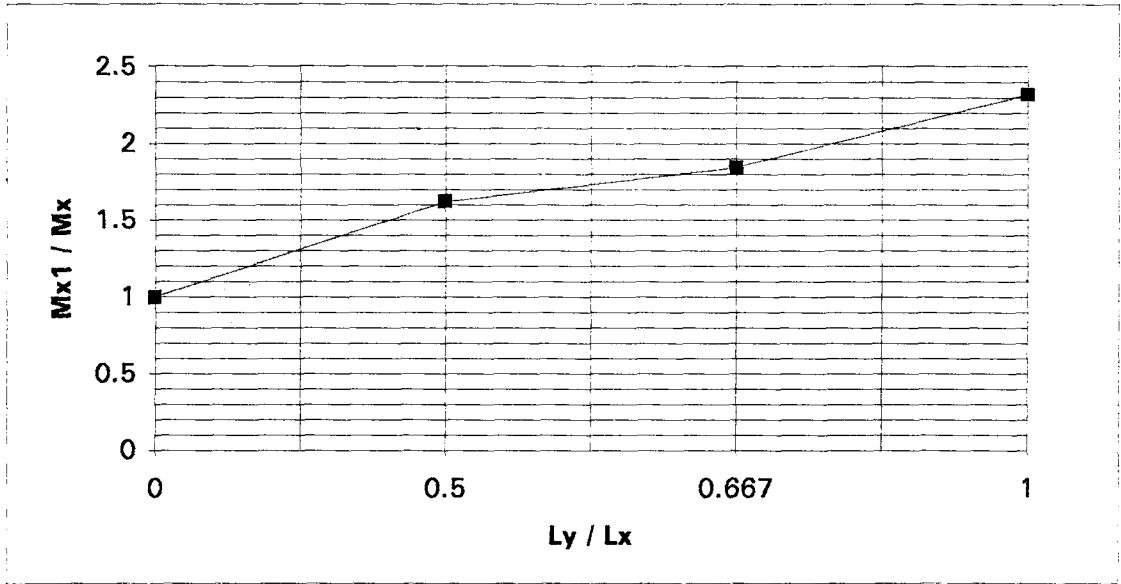
L_y : Y-Doğrultusundaki Döşeme genişliği

Tablo 1.1.a. Ankastre Mesnet Üzerindeki "4" Numaralı
Düğüm Noktasındaki İç Kuvvet Değerlerinin Kıyaslanması :

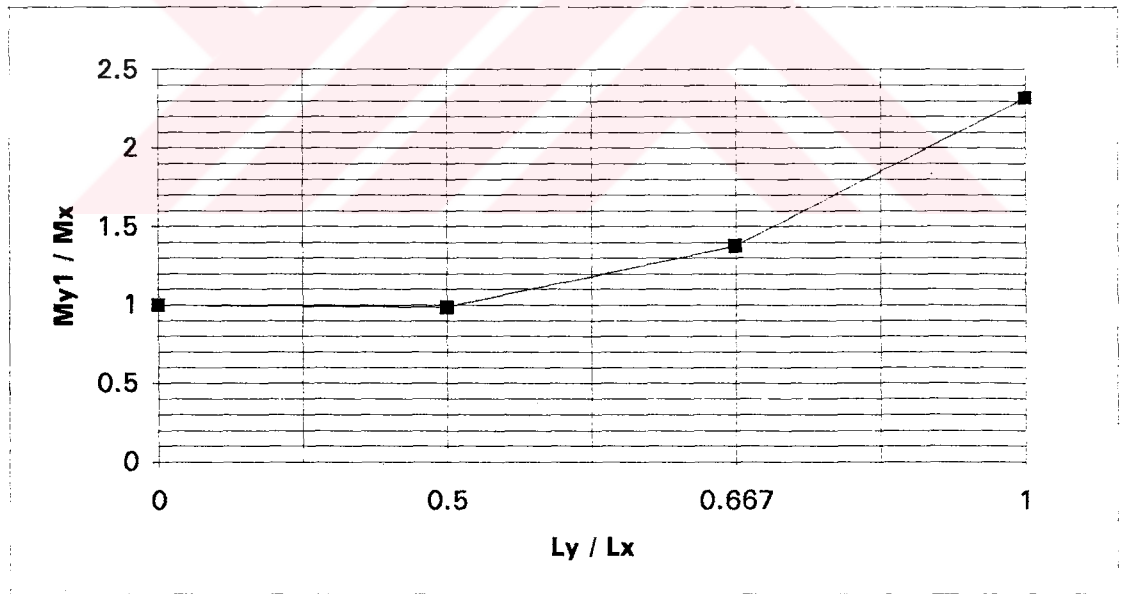
Ly/Lx	Hata Oranı [%]	Formülden [kNm/m]	Sonlu Elemanlar Met. İle Yapılan Hesapta Bulun. Değer.[kNm/m]
1.0	3 ; 3	Mx=16.91 ; My=16.91	Mx=17.41 ; My=17.41
0.667	0.1;5.8	Mx=13.45 ; My=10.05	Mx=13.47 ; My=10.63
0.5	2.4;3.7	Mx=11.81 ; My= 7.22	Mx=11.53 ; My= 6.95

Tablo 1.1.b. Ankastre Mesnet Üzerindeki "4" Numaralı
Düğüm Noktasındaki M Moment Değerlerinin Kıyaslanması:
asal

Ly/Lx	Hata Oranı [%]	Formülden [kNm/m]	Sonlu Elemanlar Met. İle Yapılan Hesapta Bulun. Değer.[kNm/m]
1.0	0.167	M asal = 23.92	M asal = 23.96
0.667	0.059	M asal = 16.94	M asal = 16.93
0.5	3.456	M asal = 14.18	M asal = 13.69



Şekil 1.12. M_{x1} / M_x - L_y / L_x Değişimi

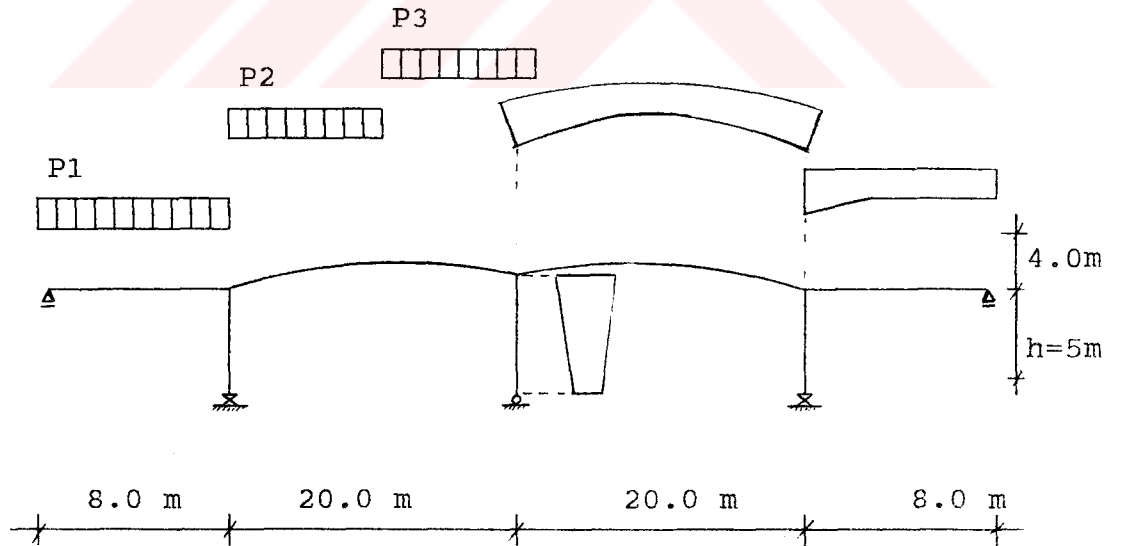


Şekil 1.13. M_{y1} / M_x - L_y / L_x Değişimi

BÖLÜM 2. YAPI SİSTEMLERİNİN HESAP YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

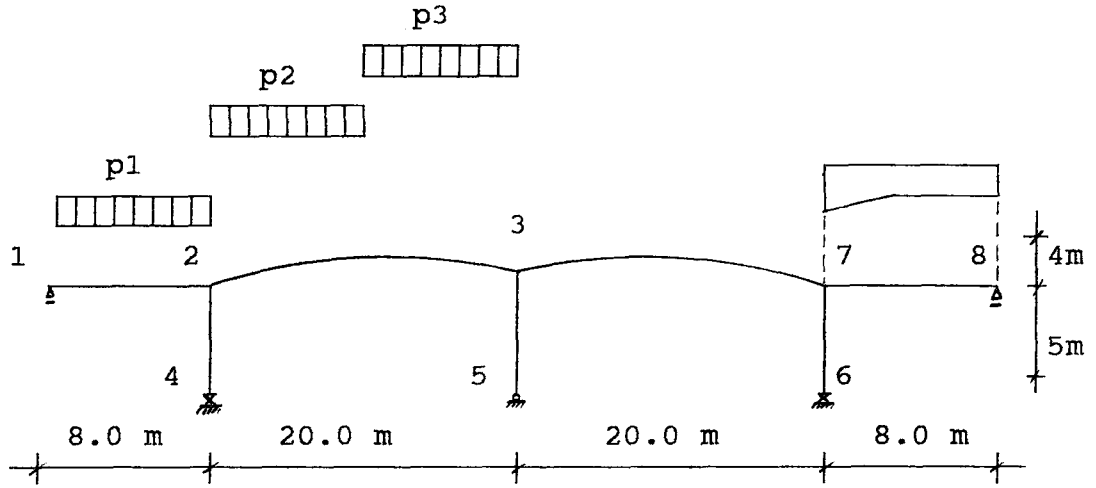
2.1. GİRİŞ

Bu bölümde Şekil 2.1'deki yapı sistemi ele alınarak ön boyutlandırma sonucu ortaya çıkan kesin boyutlar esas alınıp değişik yükleme durumları için farklı hesap yöntemleri uygulanarak kesin statik hesabı yapılmıştır. Bu hesapların sonunda elde edilen en elverişsiz tesirlere göre yapılan kesin boyutlandırmadan sonra iki kesite ait M, N, T tesir çizgilerinin çizilmiştir.



Şekil 2.1. Birinci bölümde ele alınan, yapı sistemi ve geometrik özellikleri.

2.2. SEÇİLEN SİSTEME AİT KARAKTERİSTİK DEĞERLER



Şekil 2.2. Hesabı Yapılacak Olan Sistem ve Geometrisi

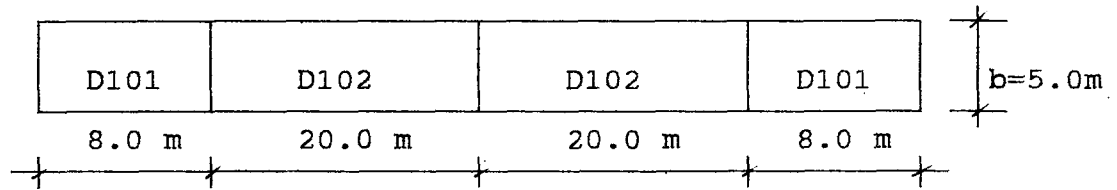
Sistem: Betonarme (BS 25)

Çerçeve aralığı: $b=5.0$ m

$p_1=p_2=p_3=12$ kN/m

Kemerde atalet momenti değişimi: $I \cdot \cos \alpha = \frac{I_o}{1 - (1-n) \cdot \frac{4x^2}{L^2}}$

2.2.1. Döşeme Hesapları



Şekil 2.3. Hesabı Yapılacak Döşeme ve Boyutları

Not: Kemerdeki eğrilik gözönüne alınmayacaktır.

- Döşeme Kalınlığı Kontrolü

D101 :

$m = 8/5 = 1.6 < 2.0 \Rightarrow$ Çift Doğrultuda Çalışan Döşeme.

$$h \geq \frac{l_{yn} \cdot (800 + 0.07 \cdot f_{yd})}{36000 + 5000 \cdot m \cdot (1 + \alpha_p)} ; h_{\min} \geq 10 \text{ cm}$$

lyn: Serbest Açılık

ap = Sürekli Kenar Uzunluğu / Toplam Kenar Uzunluğu

lyn = 800 cm

$$m = 1.6 \quad h > \frac{500 \cdot (800 + 0.07 \cdot 3650)}{36000 + 5000 \cdot 1.6 \cdot (1 + 0.5)} = 10.99 \text{ cm}$$

$$ap = 13/26 = 0.5$$

D102 :

$$m = 20/5 = 4 > 2.0 \Rightarrow \text{Tek Doğrultuda Çalışan Döşemedir.}$$

$$h \geq \frac{l_p}{35} \quad ; \quad h_{\min} \geq 6 \text{ cm}$$

lp: moment sıfır noktaları arası uzaklık

(sürekli plak=4/5*1)

$$h > \frac{4/5 \cdot 500}{35} = 11.43 \text{ cm}$$

h = 11.43 cm yararlı yüksekliğine donatı çapı ve pas payı da ilave edilerek d = 14 cm alınabilir.

- Yük Analizi

Döşeme Kalınlığı $d = 14 \text{ cm}$

İzolasyon (ısı + su) $= 0.60 \text{ kN/m}^2$

Tesviye betonu + şap kalınlığı $= 4 \text{ cm}$

Sıva $= 1.5 \text{ cm}$

Hareketli Yük $q = 2.5 \text{ kN/m}^2$

- Hesap Yükleri

$$\text{Kendi ağırlığı} , 0.14 \cdot 25 = 3.50 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Sıva} , 0.015 \cdot 22 = 0.33 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Isı + Su İzolasyonu} , = 0.60 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Tes. bet. ve şap} , 0.04 \cdot 22 = 0.88 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{ÖZ YÜK} \quad g = 5.31 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{HAREKETLİ YÜK} \quad q = 2.50 \text{ kN/m}^2$$

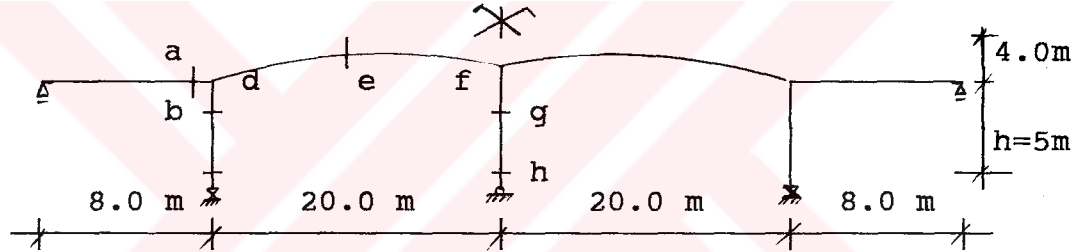
$$\text{ÇERÇEVE HESAP YÜKÜ} = p = (g + q) * \frac{lx}{2} * 2$$

$$\Rightarrow p = (5.31 + 2.5) * \frac{5}{2} * 2 = 39.05 \text{ kN/m}$$

2.3. KESİN HESAPLAR

2.3.1. Açık Yöntemi ile Statik Hesap

Açık yöntemi ile yapılan ön boyutlandırmada yalnız sabit yükler kullanılmış, doğru eksenli çubuklarda eksenel boy değişimleri ihmal edilmiş ve sistem simetrik olduğundan yarısı ile hesap yapılmıştır. Yapılan hesaplar sonucunda bulunan kesitler Şekil 2.4 ve Tablo 2.1'deki gibidir. [2]



Şekil 2.4. Sistem ve Kesitleri

Tablo 2.1. Kesitlerin boyutları ve Atalet momentleri

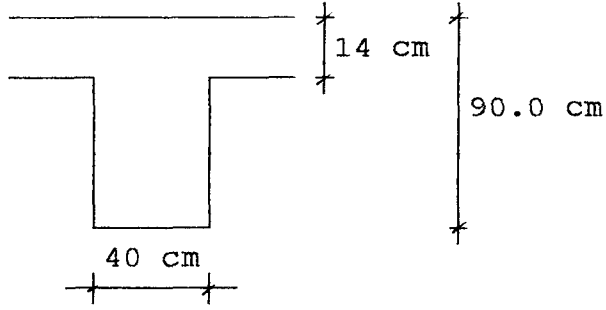
KESİT	KESİT BOYUTLARI (cm)	I (dm ⁴)	I/I _o
a	40 / 90 (Tablalı)	347.780	0.308
b	40 / 80 (Dikdörtgen)	170.667	0.151
c	40 / 80 (Dikdörtgen)	170.667	0.151
d	40 / 140 (Tablalı)	1554.674	1.377
e	40 / 125 (Tablalı)	1128.974	1.000
f	40 / 140 (Tablalı)	1554.674	1.377
g	40 / 80 (Dikdörtgen)	170.667	0.151
h	40 / 50 (Dikdörtgen)	41.667	0.037

- Ankastrelik Momentler

-Ankastrelik momentlere esas olacak Kiriş Zati

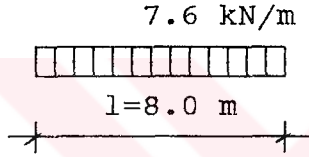
Ağırlıklarının Hesabı :

1-2 KİRİŞİ :



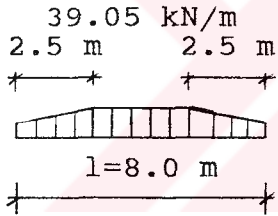
$$g = (0.9 - 0.14) * 0.4 * 25$$

$$g = 7.6 \text{ kN/m}$$



M21

$$M_{21} = - \frac{7.6 * 8^2}{8} = -60.80 \text{ kNm.}$$



M21

$$M_{21} = - \frac{39.05 * 8^2}{8} * \left\{ 1 - 2 * \frac{2.5^2}{8^2} + \frac{2.5^3}{8^3} \right\}$$

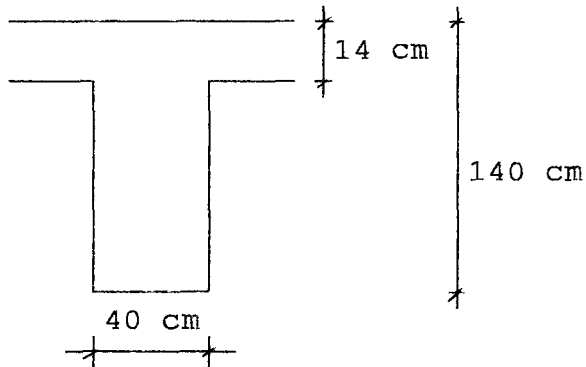
M21

$$M_{21} = -260.918 \text{ kNm.}$$

$$\text{Toplam } M_{21} = -321.718 \text{ kNm.}$$

$$\implies -321.718 = - \frac{q * 8^2}{8} \implies \underline{\underline{q = 40.215 \text{ kN/m}}}$$

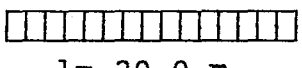
2-3 KİRİŞİ :



$$g = (1.4 - 0.14) * 0.4 * 25$$

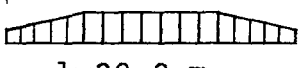
$$g = 12.6 \text{ kN/m}$$

12.6 kN/m

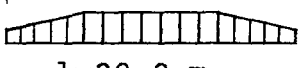
M23  M32 $M23 = -M32 = \frac{12.6 \cdot 20^2}{12} = 420 \text{ kNm.}$

39.05 kN/m

2.5 m 2.5 m

M23  M32 $M23 = -M32 = -\frac{39.05 \cdot 20^2}{12} \cdot \left\{ 1 - 2 \cdot \frac{2.5^2}{20^2} + \frac{2.5^3}{20^3} \right\}$

l=20.0 m

M23  M32 $M23 = -M32 = 1263.532 \text{ kNm.}$

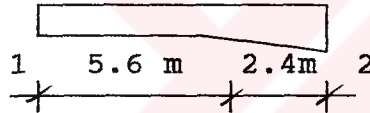
Toplam $M23 = -M32 = 1683.532 \text{ kNm.}$

$\implies -1263.532 = -\frac{q \cdot 20^2}{12} \implies \underline{\underline{q = 50.506 \text{ kN/m}}}$

- Çubukların birim deplasman ve yükleme sabitleri

1-2 Çubuğu : [3]

(40 / 70) (40 / 90)



$$\lambda_k = 0.30 \implies \lambda_k \cdot l = 0.30 \cdot 1$$

$$n = \frac{I_o}{I_k} = \frac{167.474}{347.780} = 0.482 \approx 0.50$$

Tablodan : $c1 = 0.3318$

$$c2 = 0.26335$$

$$c3 = 0.31740$$

$$a1 = 0.04105$$

$$a2 = 0.03825$$

$$\alpha_i = \frac{l}{E I_o} \cdot c1 = 2.6544 / E I_o$$

$$\alpha_k = \frac{l}{E I_o} \cdot c2 = 2.1068 / E I_o$$

$$\beta = \frac{l}{E I_o} \cdot c3 = 2.5392 / E I_o$$

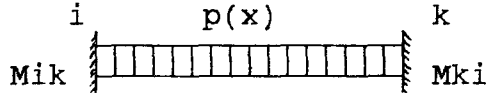
$$\alpha_{io} = \frac{l^3}{E I_o} \cdot a1 = 21.0176 / E I_o$$

$$\alpha_{ko} = \frac{l^3}{E I_o} \cdot a2 = 19.5840 / E I_o$$

$$m_{101} = \frac{\alpha_k}{\alpha_i \cdot \alpha_k - \beta^2} = -2.463383$$

$$m_{102} = m_{201} = \frac{\beta}{\alpha_i \alpha_k - \beta^2} = -2.968968$$

$$m_{202} = \frac{\alpha_i}{\alpha_i \alpha_k - \beta^2} = -3.103666$$



$$M_{ik} = m_{i\theta i} \alpha_{io} - m_{i\theta k} \alpha_{ko} = 6.369871$$

$$M_{ki} = m_{k\theta i} \alpha_{io} - m_{k\theta k} \alpha_{ko} = -1.618387$$

$$M_{ki} = M_{ki} - M_{ik} \frac{m_{i\theta k}}{m_{i\theta i}} = -9.295611$$

Tablo 2.2. (1-2) Kirişine ait birim deplasman matrisi

	θ_i	θ_k	Δ	δ	θ_i	θ_k	Δ	δ
m_i	$m_{i\theta i}$	$m_{i\theta k}$	$m_{i\Delta}$	$m_{i\delta}$	0	0	0	0
m_k	$m_{k\theta i}$	$m_{k\theta k}$	$m_{k\Delta}$	$m_{k\delta}$	0	.070249	0	.008781
n_i	$n_{i\theta i}$	$n_{i\theta k}$	$n_{i\Delta}$	$n_{i\delta}$	0	0	.409221	0
t_i	$t_{i\theta i}$	$t_{i\theta k}$	$t_{i\Delta}$	$t_{i\delta}$	0	.008781	0	.001098
n_k	$n_{k\theta i}$	$n_{k\theta k}$	$n_{k\Delta}$	$n_{k\delta}$	0	0	.409221	0
t_k	$t_{k\theta i}$	$t_{k\theta k}$	$t_{k\Delta}$	$t_{k\delta}$	0	.008781	0	.001098

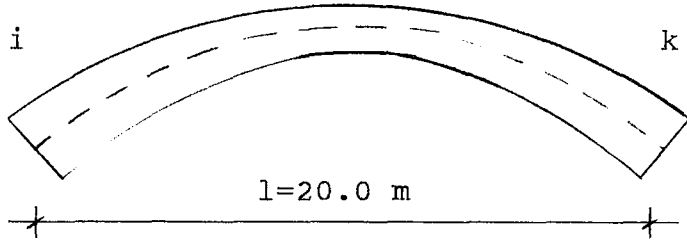
$$m_{k\theta k} = m_{k\theta k} - \frac{m_{i\theta k}}{m_{i\theta i}} * m_{k\theta i} = 0.474653$$

$$(40/70) \implies (\text{Güçsüz kısım}) \quad I/I_0 = 0.148$$

$$\implies m_{k\theta k} = 0.474653 * 0.148 = 0.070249$$

2-3 Çubuğu :

(40 /140) (40 /125) (40 /140)



$$f=4.0 \text{ m}$$

$$I_o=1128.974 \text{ dm}^4$$

$$I_i=I_k=1554.674 \text{ dm}^4$$

$$\tan \theta_i = \frac{2*f}{l/2} = \frac{4*f}{l} = 0.8$$

$$\theta_i = 38.66^\circ$$

$$n = \frac{I_o}{I_i * \cos \theta_i} \approx 0.90$$

$$I_i * \cos \theta_i = \frac{I_o}{1 - (1-n) * 4 * x^2 / l^2}$$

$$\begin{bmatrix} f = 4.0 \text{ m} \\ l = 20.0 \text{ m} \end{bmatrix}$$

Tablodan : $c_1=c_2=0.3200$

$$c_3 = 0.1633$$

$$c_4=c_5=0.3273$$

$$c_6 = 0.5258$$

$$a_1=a_2=0.0408$$

$$a_3 = 0.0657$$

$$a_1''=a_2''= 0.00814$$

$$a_3''= 0.01249$$

$$a_1'''=0.0229$$

$$a_2'''=0.0179$$

$$a_3'''=0.0329$$

$$\alpha_i = \frac{l}{E I_o} * c_1 = 6.40 / E I_o$$

$$\alpha_k = \frac{l}{E I_o} * c_2 = 6.40 / E I_o$$

$$\beta = \frac{l * f}{E I_o} * c_3 = 3.266 / E I_o$$

$$\Delta M_i = \frac{E I_o}{l * f} * c_4 = 26.184 / E I_o$$

$$\Delta M_k = \frac{E I_o}{l * f^2} * c_5 = 26.184 / E I_o$$

$$\Delta H = \frac{E I_o}{M_i} * c_6 = 168.256 / E I_o$$

$$Y_g = \frac{M_i}{\alpha_i + \beta} = 2.7088765$$

$$\delta_{11} = 2 * (\alpha_i + \beta) = 19.332$$

$$\delta_{22} = \Delta H - \frac{2 * \Delta M_i^2}{(\alpha_i + \beta)} = 26.3975568$$

$$\delta_{33} = \frac{l^2}{2} * (\alpha_i + \beta) = 626.80$$

$$m_{i\theta_i} = m_{k\theta_k} = \frac{1}{\delta_{11}} + \frac{Y_g^2}{\delta_{22}} + \frac{l^2}{4 * \delta_{33}} = 0.489249$$

$$m_{i\theta k} = m_{k\theta i} = \frac{1}{\delta_{11}} + \frac{Yg^2}{\delta_{22}} + \frac{l^2}{4\delta_{33}} = -0.170168$$

$$n_{i\theta i} = \frac{Yg}{\delta_{22}} = 0.102618$$

$$n_{i\theta k} = -\frac{Yg}{\delta_{22}} = -0.102618 \quad ; \quad n_i = \frac{1}{\delta_{22}} = 0.037882$$

Tablo 2.3. (2-3) Kemerine ait birim deplasman matrisi

	θi	θk	Δ	δ	θi	θk	Δ	δ
m_i	$m_{i\theta i}$	$m_{i\theta k}$	$m_{i\Delta}$	$m_{i\delta}$	.489249	-.17017	.102618	.015954
m_k	$m_{k\theta i}$	$m_{k\theta k}$	$m_{k\Delta}$	$m_{k\delta}$	-.17017	.489249	-.10262	.015954
n_i	$n_{i\theta i}$	$n_{i\theta k}$	$n_{i\Delta}$	$n_{i\delta}$	.102618	-.10262	.037882	0
t_i	$t_{i\theta i}$	$t_{i\theta k}$	$t_{i\Delta}$	$t_{i\delta}$	.015954	.015954	0	.001595
n_k	$n_{k\theta i}$	$n_{k\theta k}$	$n_{k\Delta}$	$n_{k\delta}$	.102618	-.10262	.037782	0
t_k	$t_{k\theta i}$	$t_{k\theta k}$	$t_{k\Delta}$	$t_{k\delta}$	.015954	.015954	0	.001595

$$a_{io} = \frac{l^2}{8f} * M_i = 327.3$$

$$a_{ko} = \frac{l^2}{8f} * M_k = 327.3$$

$$\Delta_o = \frac{l^2}{8f} * H = 2103.20$$

$p = 1 \text{ kN/m}$ lik Düzgün Yayılı Yük için Yükleme Sabitleri

$$M_{ik} = m_{i\theta i} * a_{io} - m_{i\theta k} * a_{ko} - m_{i\Delta} * \Delta_o = 0.00$$

$$M_{ki} = m_{k\theta i} * a_{io} - m_{k\theta k} * a_{ko} - m_{k\Delta} * \Delta_o = 0.00$$

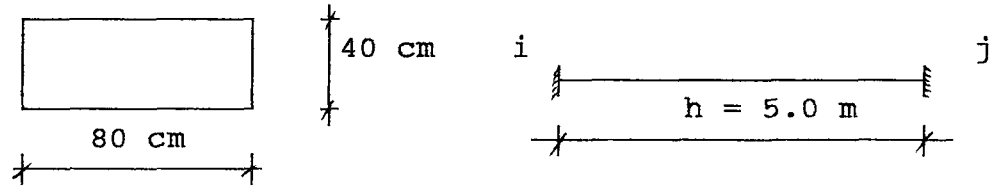
$$N_{ik} = n_{i\theta i} * a_{io} - n_{i\theta k} * a_{ko} - n_{i\Delta} * \Delta_o = -12.49968$$

$$N_{ki} = n_{k\theta i} * a_{io} - n_{k\theta k} * a_{ko} - n_{k\Delta} * \Delta_o = -12.49968$$

$$T_{ik} = t_{i\theta i} * a_{io} - t_{i\theta k} * a_{ko} - t_{i\Delta} * \Delta_o = 505.06$$

$$T_{ki} = t_{k\theta i} * a_{io} - t_{k\theta k} * a_{ko} - t_{k\Delta} * \Delta_o = 505.06$$

2-4 Çubuğu :



Doğru Eksenli Sabit Kesitli İki Ucu Ankastre Çubuklara
Ait Birim Deplasman Sabitleri

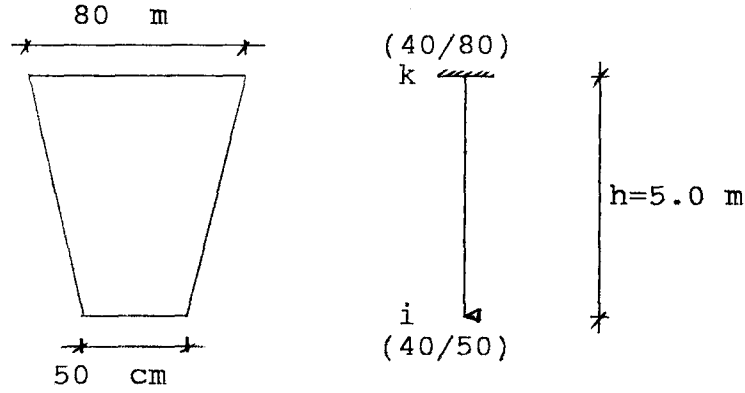
Tablo 2.4. (2-4) Çubuğuna ait birim deplasman matrisi

	θ_i	θ_k	Δ	δ	θ_i	θ_k	Δ	δ
m_i	$m_{i\theta i}$	$m_{i\theta k}$	$m_{i\Delta}$	$m_{i\delta}$	.120936	.060468	0	.036281
m_k	$m_{k\theta i}$	$m_{k\theta k}$	$m_{k\Delta}$	$m_{k\delta}$	.060468	.120936	0	.036281
n_i	$n_{i\theta i}$	$n_{i\theta k}$	$n_{i\Delta}$	$n_{i\delta}$	0	0	.566886	0
t_i	$t_{i\theta i}$	$t_{i\theta k}$	$t_{i\Delta}$	$t_{i\delta}$	.036281	.036281	0	.014512
n_k	$n_{k\theta i}$	$n_{k\theta k}$	$n_{k\Delta}$	$n_{k\delta}$	0	0	.566886	0
t_k	$t_{k\theta i}$	$t_{k\theta k}$	$t_{k\Delta}$	$t_{k\delta}$	.036281	.036281	0	.014512

3-5 Çubuğu :

Simetri eksenini Üzerinde Bulunan, Kesiti Lineer Değişen

3-5 Çubuğuna Ait Birim Deplasman Sabitlerinin Hesabı



$$I_i = 41.667 \text{ dm}^4$$

$$n = \frac{I_i}{I_k} = 0.244$$

$$I_k = 170.667 \text{ dm}^4$$

$$I_{ort} = 106.167 \text{ dm}^4 = 0.09404 I_o$$

$$\lambda = 1.0 ; n = 0.244$$

$$\text{Tablodan : } c_1 = 0.2066 \quad \alpha_i = \frac{1}{EI_o} * c_1 = 27.92$$

$$c_2 = 0.1044$$

$$c_3 = 0.0708 \quad \alpha_k = \frac{1}{EI_o} * c_2 = 14.11$$

$$a_1 = 0.0203$$

$$a_2 = 0.0150 \quad \beta = \frac{1}{EI_o} * c_3 = 9.57$$

$$m_{i\theta i} = \frac{\alpha_k}{\alpha_i * \alpha_k - \beta^2} = 0.04666 ; m_{i\theta k} = m_{k\theta i} = \frac{\beta}{\alpha_i * \alpha_k - \beta^2} = 0.03165$$

$$m_{k\theta k} = \frac{\alpha_i}{\alpha_i * \alpha_k - \beta^2} = 0.09234 ; m_{k\theta k} = m_{i\theta i} - \frac{i\theta k}{m_{i\theta i}} * m_{k\theta i} = 0.0709$$

$$I_{ort} = 0.09404 I_o \implies m_{k\theta k} = 0.0709 * 0.09404 = 0.006667436$$

$$\frac{F_{ort}}{I_o} = \frac{0.26}{0.1128974} = 2.302976$$

Tablo 2.5. (3-5) Çubuğuna ait birim deplasman matrisi

	θ_i	θ_k	Δ	δ	θ_i	θ_k	Δ	δ
m_i	$m_{i\theta_i}$	$m_{i\theta_k}$	$m_{i\Delta}$	$m_{i\delta}$	0	0	0	0
m_k	$m_{k\theta_i}$	$m_{k\theta_k}$	$m_{k\Delta}$	$m_{k\delta}$	0	.006667	0	.001334
n_i	$n_{i\theta_i}$	$n_{i\theta_k}$	$n_{i\Delta}$	$n_{i\delta}$	0	0	.460595	0
t_i	$t_{i\theta_i}$	$t_{i\theta_k}$	$t_{i\Delta}$	$t_{i\delta}$	0	.001334	0	.000267
n_k	$n_{k\theta_i}$	$n_{k\theta_k}$	$n_{k\Delta}$	$n_{k\delta}$	0	0	.460595	0
t_k	$t_{k\theta_i}$	$t_{k\theta_k}$	$t_{k\Delta}$	$t_{k\delta}$	0	.001334	0	.000267

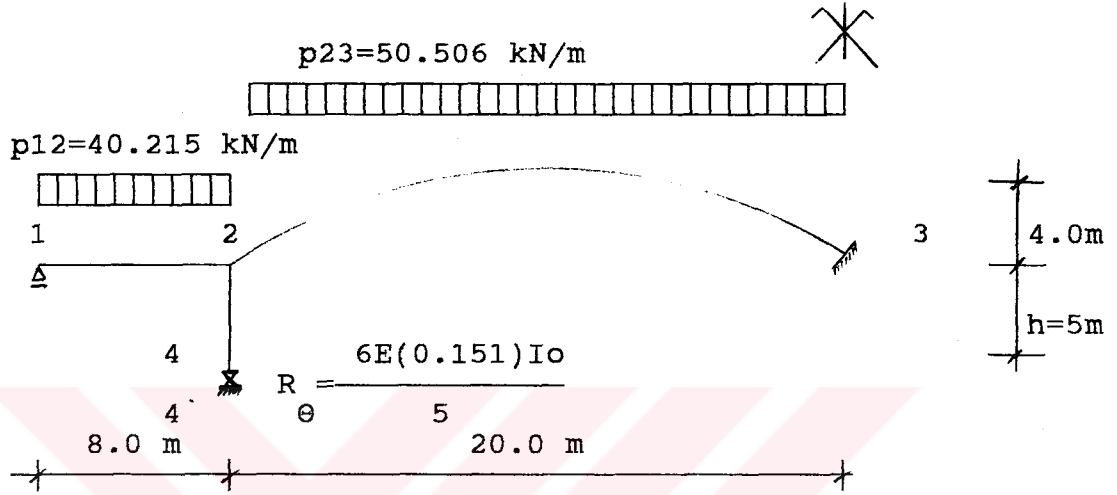
"2.3.2." Bölümünde simetrik sisteme uygulanan antimetrik yükleme durumunun çözümünde 3-5 çubuğunun Atalet Momenti (I_{ort}) ve Kesit Alanının ($F_{ort}/2$ 'si) gözönüne alınacağından : $I_{ort}/2$ ve $F_{ort}/2 \rightarrow$ Birim Deplasman Sabitleri Tablo 2.6'da gösterilmiştir.

Tablo 2.6. (3-5) Çubuğuna ait birim deplasman matrisi

	θ_i	θ_k	Δ	δ	θ_i	θ_k	Δ	δ
m_i	$m_{i\theta_i}$	$m_{i\theta_k}$	$m_{i\Delta}$	$m_{i\delta}$	0	0	0	0
m_k	$m_{k\theta_i}$	$m_{k\theta_k}$	$m_{k\Delta}$	$m_{k\delta}$	0	.003334	0	.000667
n_i	$n_{i\theta_i}$	$n_{i\theta_k}$	$n_{i\Delta}$	$n_{i\delta}$	0	0	.230298	0
t_i	$t_{i\theta_i}$	$t_{i\theta_k}$	$t_{i\Delta}$	$t_{i\delta}$	0	.000667	0	.000133
n_k	$n_{k\theta_i}$	$n_{k\theta_k}$	$n_{k\Delta}$	$n_{k\delta}$	0	0	.230298	0
t_k	$t_{k\theta_i}$	$t_{k\theta_k}$	$t_{k\Delta}$	$t_{k\delta}$	0	.000667	0	.000133

NOT : Bütün birim deplasman sabitleri kemerin $I_o=(40/125)$ kesitli değeri esas alınarak hesaplanmıştır.

Sabit yükler için açı metoduyla M, N, T hesabında sistem ve yükleme simetrik olduğundan yarısıyla hesap yapılmıştır.



Şekil 2.5. Sistem Geometrisi ve Yükleri

$$\begin{aligned} \Delta_{12} &= 0 & ; & & \Delta_{24} &= 0 & ; & & \Delta_{23} &= -\delta_{24} = -\delta_1 \\ \delta_{12} &= 0 & & & \delta_{24} &= \delta_1 & & & \delta_{23} &= 0 \end{aligned}$$

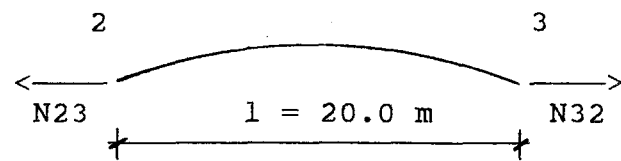
- Bilinmeyenler : $\theta_2, \theta_4, \delta_1$

- Yükleme Sabitlerinin Tayini

1-2 Çubuğu :

$$M_{21} = M_{ki} * p_{12} = -9.295611 * 40.215 = -373.823 \text{ kNm}$$

2-3 Çubuğu :



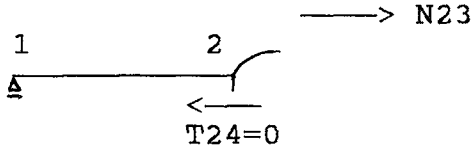
$$N_{23} = N_{32} = N_{ki}(=N_{ik}) * p_{23} = -12.49968 * 50.506$$

$$N_{23} = N_{32} = -631.309 \text{ kN}$$

- Denge Denklemleri

$$\Sigma M_2=0 \implies M_{21} + \theta \left(\frac{m}{2} + \frac{m}{2\theta^2} + \frac{m}{2\theta^2} \right) + \theta \frac{m}{4} + \frac{m}{2\theta^4} \delta_1 + \frac{m}{2\delta} \delta_1 + \frac{m}{2\Delta} \delta_1 = 0$$

$$\Sigma M_4=0 \implies \theta \frac{m}{2} + \theta \left(\frac{m}{4\theta^2} + \frac{m}{4\theta^4} \right) + \frac{m}{4\theta^4} \delta_1 = 0$$



$$\Sigma X=0 \implies -N_{23} + \theta \left(-\frac{n}{2} + \frac{t}{2\theta^2} + \frac{t}{2\theta^2} \right) + \frac{t}{2\theta^4} \theta - \frac{n}{4} \delta_1 + \frac{t}{2\delta} \delta_1 = 0$$

$$-373.823 + 0.680434 \frac{EI\theta\theta}{2} + 0.060468 \frac{EI\theta\theta}{4} - 0.066337 \frac{EI\theta\delta_1}{4} = 0$$

$$0.060468 \frac{EI\theta\theta}{2} + 0.302136 \frac{EI\theta\theta}{4} - 0.036281 \frac{EI\theta\delta_1}{4} = 0$$

$$-631.309 - 0.066337 \frac{EI\theta\theta}{2} + 0.036281 \frac{EI\theta\theta}{4} - 0.052394 \frac{EI\theta\delta_1}{4} = 0$$

$$\implies \frac{EI\theta\theta}{2} = -1068.10$$

$$\frac{EI\theta\theta}{4} = -1988.39$$

$$\frac{EI\theta\delta_1}{1} = -14778.50$$

- Uç Kuvvetlerinin Tayini

- Uç Momentleri

$$M_{21} = M_{21} + \frac{m}{2\theta^2} \theta = -373.823 + 0.070249 \cdot (-1068.10) = -448.856 \text{ kNm}$$

$$M_{23} = \frac{m}{2\theta^2} \theta + \frac{m}{2\Delta} \delta_1 = 0.489249 \cdot (-1068.10) + 0.102618 \cdot (14778.50)$$

$$M_{23} = 993.9733 \text{ kNm}$$

$$M_{32} = \frac{m}{3\theta^2} \theta + \frac{m}{3\Delta} \delta_1 = -0.170168 \cdot (-1068.10) - 0.102618 \cdot (14778.50)$$

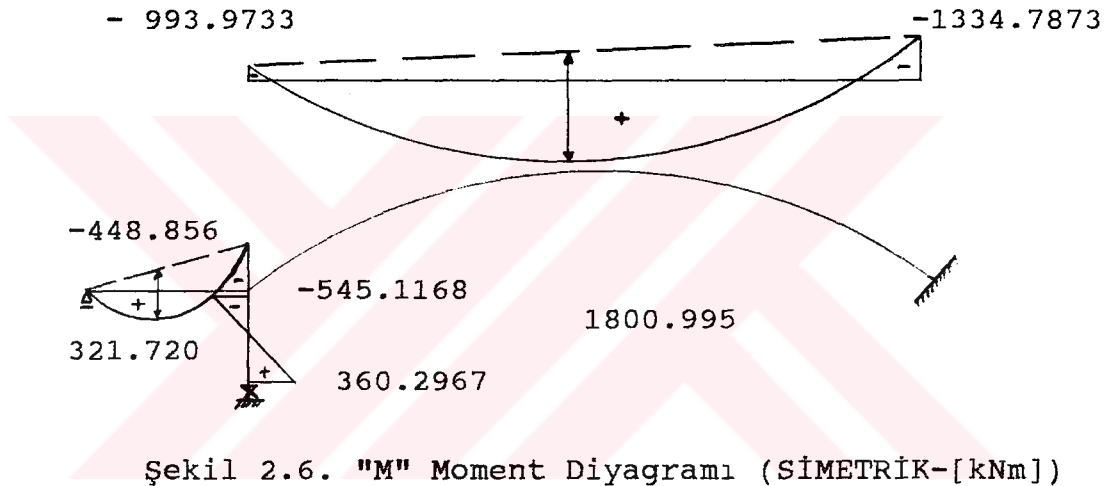
$$M_{32} = -1334.7837 \text{ kNm}$$

$$M_{24} = m \frac{24}{2\theta^2} * \theta + m \frac{24}{2\theta^4} * \theta + m \frac{24}{4} * \delta_1 = - 545.1165 \text{ kNm}$$

$$M_{42} = m \frac{24}{4\theta^2} * \theta + m \frac{24}{4\theta^4} * \theta + m \frac{24}{4} * \delta_1 = - 360.2967 \text{ kNm}$$

$$M_{44} = m \frac{44}{4\theta^4} * \theta = 0.1812 * 1988.39 = 360.2963 \text{ kNm}$$

Moment diyagramı simetrik olacağından diğer yarısının hesaplanmasına gerek görülmemiştir. Bu yüklemeden dolayı elde edilen moment diyagramı Şekil 2.5'de gösterilmiştir.



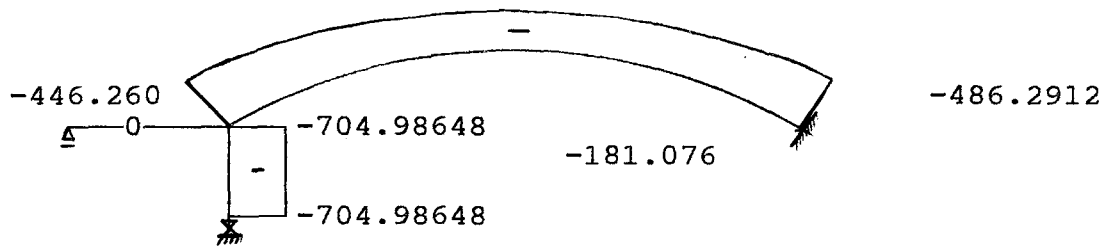
Şekil 2.6. "M" Moment Diyagramı (SİMETRİK-[kNm])

- N Uç Kuvvetleri

$$N_{23} = N_{23} + n \frac{23}{2\theta^2} * \theta + n \frac{23}{2\Delta} * \Delta$$

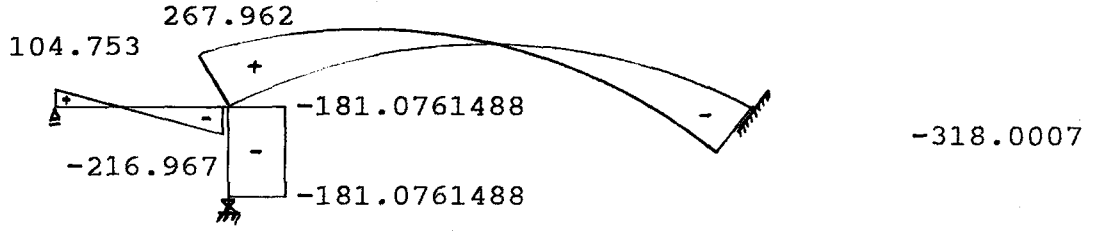
$$N_{23} = N_{23} = -631.309 + 0.102618 * (-1068.1) + 0.037782 * (+14778.5)$$

$$N_{23} = N_{23} = -181.0761488 \text{ kN.}$$



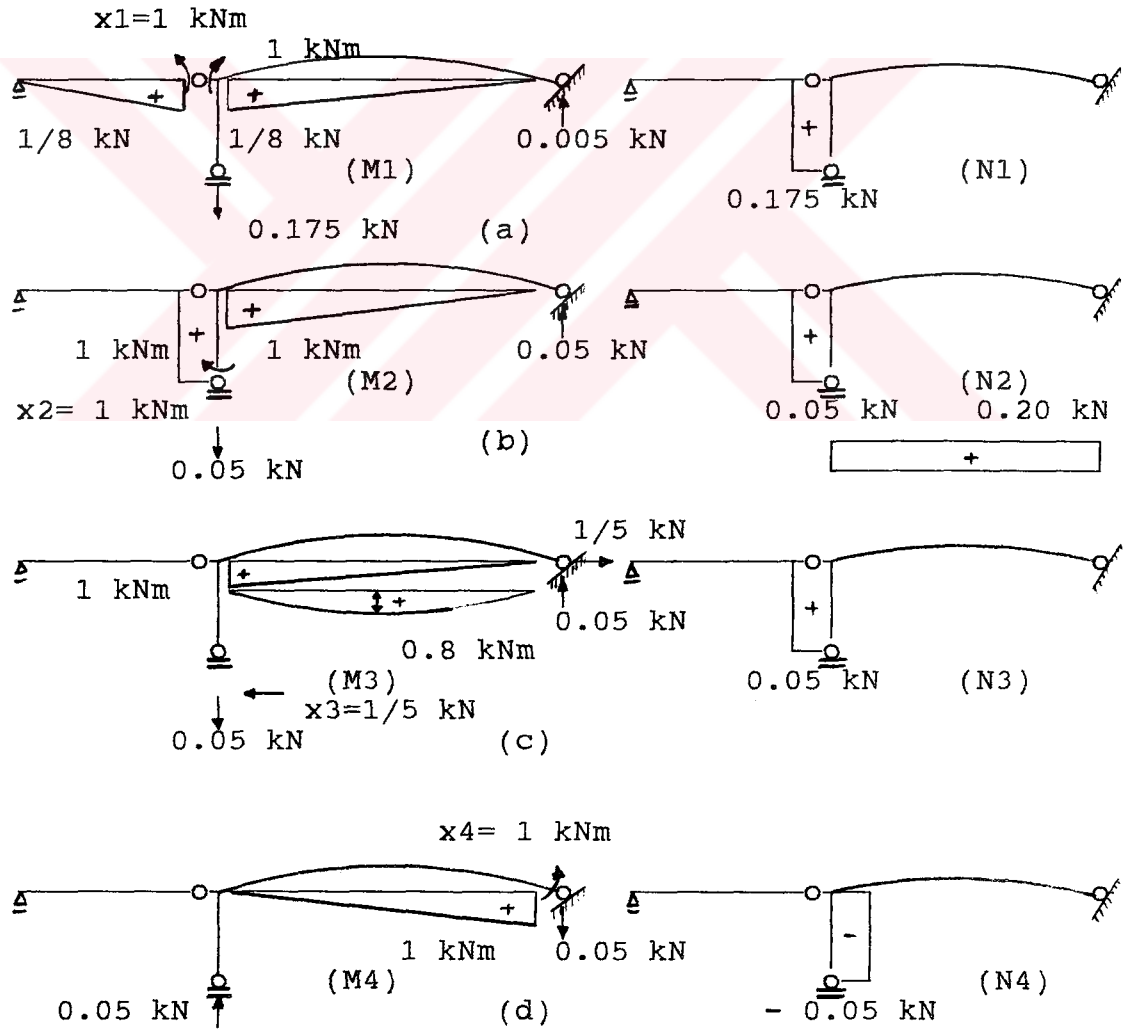
Şekil 2.7. "N" Normal KUVVET Diyagramı (SİMETRİK-[kN])

- T Uç Kuvvetleri



Şekil 2.8. "T" Kesme Kuvveti Diyagramı (ANTİMETRİK-[kN])

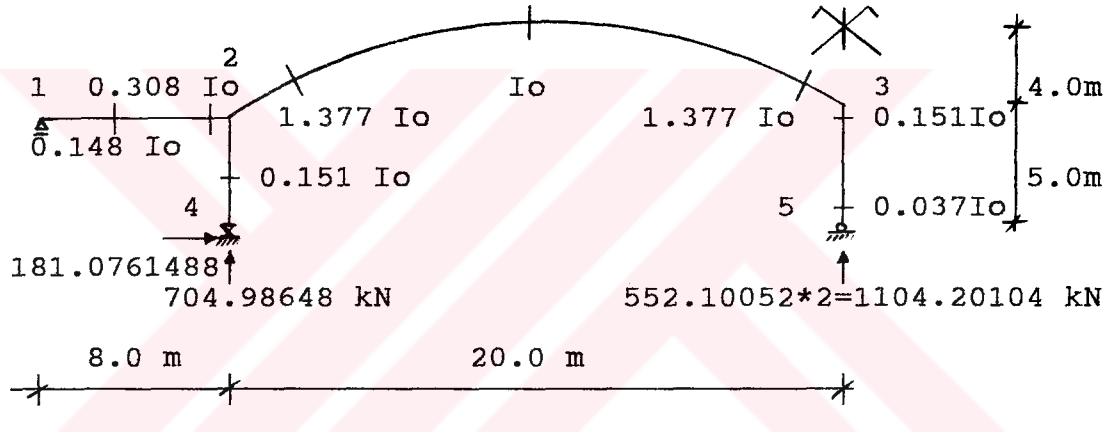
Kapalı Süreklilik Denklemleriyle diyagramların kontrolunda Şekil 2.9'deki birim yükleme diyagramlarında yararlanılmıştır.



Şekil 2.9. Birim Yükleme Diyagramları

$$\begin{aligned}
\int M^3 ds * \left[\frac{I_c}{I} \right] &= \frac{1}{6} * 5 * 1 * (360.2967 - 2 * 545.1165) * \left[\frac{1}{0.151} \right] \\
&+ \frac{8}{20^2} * 327.3 * 1 * 1800.995405 * [1] + (6.4 * -993.9733 \\
&+ 3.266 * -1334.7837) * 1 * [1] + \frac{8}{400} * (327.3 * -993.9733 \\
&- 327.3 * 1334.7837) * [1] * 0.8 + 168.256 * 0.8 * 1800.995405 / 16 * [1] \\
&= -3.68331 \implies r.h. = \% 0.013671
\end{aligned}$$

2.3.1.1. Doğru Eksenli Çubuklarda Δ Boy Değişmelerinden Meydana Gelen Tesirlerin Hesaplanması (Açı Yöntemi)



Şekil 2.10. Sistem Geometrisi ve Etkiyen Normal Kuvvetler

$$\frac{F_{24}}{I_o} = \frac{0.32}{0.1128974} = 2.834431971 \implies F_{24} = 2.834431971 I_o$$

$$\frac{F_{ort23}}{I_o} = \frac{0.754}{0.1128974} = 6.678630332 \implies F_{23} = 6.678630332 I_o$$

$$\frac{F_{ort35}}{I_o} = \frac{0.260}{0.1128974} = 2.302975976 \implies F_{35} = 2.302975976 I_o$$

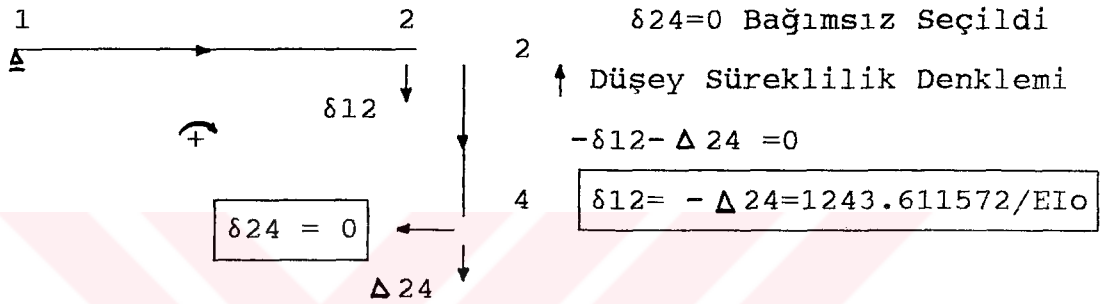
$$\implies \Delta_{24}^N = - \frac{704.98648}{E * 2.834431971 I_o} * 5 = -1243.611572 / E I_o$$

$$\Rightarrow \Delta_{23}^N = - \frac{181.0761488}{E \cdot 6.678630332 I_o} * 20 = -542.2553422 / E I_o$$

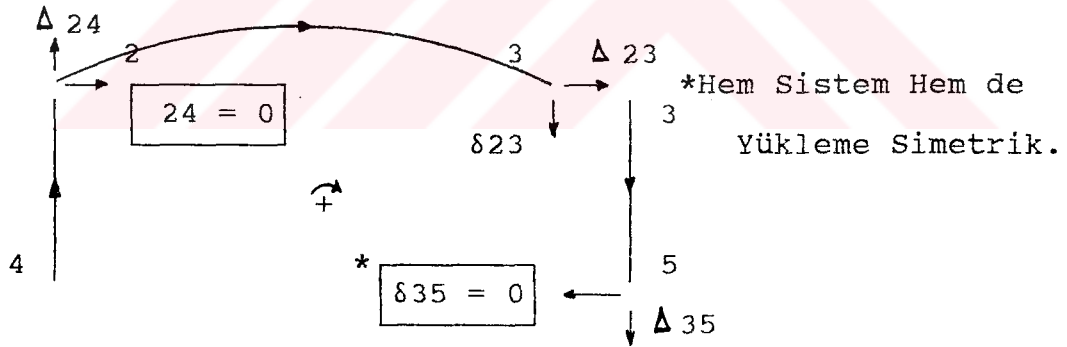
$$\Rightarrow \Delta_{35}^N = - \frac{1104.20104}{E \cdot 2.302975976 I_o} * 5 = -2397.335125 / E I_o$$

- Çerçeve Süreklilik Denklemleri

- 1 - 2 - 4 ÇERÇEVESİ :



- 4 - 2 - 3 - 5 ÇERÇEVESİ :



↑ Düşey Süreklilik Denklemi

$$\Delta_{24} - \delta_{23} - \Delta_{35} = 0 \Rightarrow \delta_{23} = \Delta_{24} - \Delta_{35}$$

$$\delta_{23} = (-1243.611572 + 2397.335125) * \frac{1}{E I_o}$$

$$\delta_{23} = 1153.723553 / E I_o$$

→ Yatay Süreklilik Denklemi

$$\Delta_{23} = 0$$

- Yükleme Sabitlerinin Tayini

$$\underline{1 - 2 \text{ Çubuğunda :}} \quad \underline{M_{12} = m \cdot \frac{\delta_{12}}{2\delta} = 10.920 \text{ kNm}}$$

$$\underline{2 - 3 \text{ Çubuğunda :}} \quad N_{23} = N_{32} = n \cdot \frac{\delta_{23}}{2\delta} + n \cdot \frac{\Delta_{23}}{2\Delta} \cdot \frac{N}{23} = -20.542 \text{ kN}$$

$$M_{23} = m \cdot \frac{\delta_{23}}{2\delta} + m \cdot \frac{\Delta_{23}}{2\Delta} \cdot \frac{N}{23} = -37.239 \text{ kNm}$$

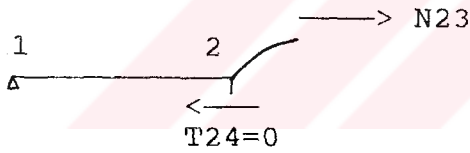
$$M_{32} = m \cdot \frac{\delta_{32}}{3\delta} + m \cdot \frac{\Delta_{32}}{3\Delta} \cdot \frac{N}{23} = 74.052 \text{ kNm}$$

$$\text{- Bilinmeyenler : } \theta_2, \theta_4, \delta_1 = \delta_{24}$$

- Denge Denklemleri

$$\Sigma M_2 = 0 \implies M_{21} + M_{23} + \theta_2 \left(m \cdot \frac{12}{2\theta_2} + m \cdot \frac{24}{2\theta_2} + m \cdot \frac{23}{2\theta_2} \right) + \theta_2 \cdot m \cdot \frac{24}{4\theta_2} + m \cdot \frac{24}{2\delta} \cdot \frac{23}{2\Delta} \cdot \delta_1 + m \cdot \frac{23}{2\delta} \cdot (-\delta_1) = 0$$

$$\Sigma M_4 = 0 \implies \theta_4 \cdot m \cdot \frac{24}{4\theta_2} + \theta_4 \left(m \cdot \frac{44}{4\theta_4} + m \cdot \frac{24}{4\theta_4} \right) + m \cdot \frac{24}{4\delta} \cdot \delta_1 = 0$$



$$\Sigma X = 0 \implies -N_{23} + \theta_2 \left(-n \cdot \frac{23}{2\theta_2} + t \cdot \frac{24}{2\theta_2} \right) + t \cdot \frac{24}{2\theta_4} \cdot \theta_4 - n \cdot \frac{23}{2\Delta} \cdot (-\delta_1) + t \cdot \frac{24}{2\delta} \cdot \delta_1 = 0$$

$$-400.142 + 0.680434 \frac{EI\theta_2}{2} + 0.060468 \frac{EI\theta_4}{4} - 0.066337 \frac{EI\delta_1}{2} = 0$$

$$0.060468 \frac{EI\theta_2}{2} + 0.302136 \frac{EI\theta_4}{4} - 0.036281 \frac{EI\delta_1}{2} = 0$$

$$-651.851 - 0.066337 \frac{EI\theta_2}{2} + 0.036281 \frac{EI\theta_4}{4} - 0.052394 \frac{EI\delta_1}{2} = 0$$

$$\implies \frac{EI\theta_2}{2} = -1077.38$$

$$\frac{EI\theta_4}{4} = -2043.30$$

$$\frac{EI\delta_1}{1} = -15220.30$$

- Uç Kuvvetlerinin Tayini

- Uç Momentleri

$$M_{21} = M_{21} + m_{21} \cdot \theta = 10.920 - 373.823 + 0.070249 \cdot (-1077.38) = -438.588 \text{ kNm}$$

$$M_{23} = M_{23} + m_{23} \cdot \theta + m_{23} \cdot \Delta = 997.531 \text{ kNm}$$

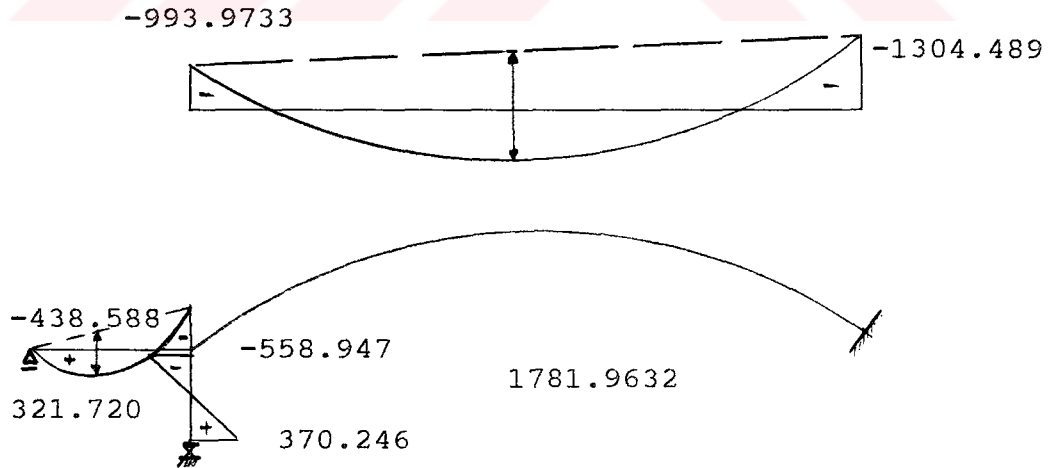
$$M_{32} = M_{32} + m_{32} \cdot \theta + m_{32} \cdot \Delta = -1304.489 \text{ kNm}$$

$$M_{24} = m_{24} \cdot \theta + m_{24} \cdot \theta + m_{24} \cdot \delta_1 = -558.947 \text{ kNm}$$

$$M_{42} = m_{42} \cdot \theta + m_{42} \cdot \theta + m_{42} \cdot \delta_1 = -370.246 \text{ kNm}$$

$$M_{44} = m_{44} \cdot \theta = 0.1812 \cdot 2043.3 = 370.246 \text{ kNm}$$

Moment diyagramı simetrik olacağından diğer yarısının hesaplanmasına gerek görülmemiştir. Bu yüklemeden dolayı elde edilen moment diyagramı Şekil 2.11'de gösterilmiştir



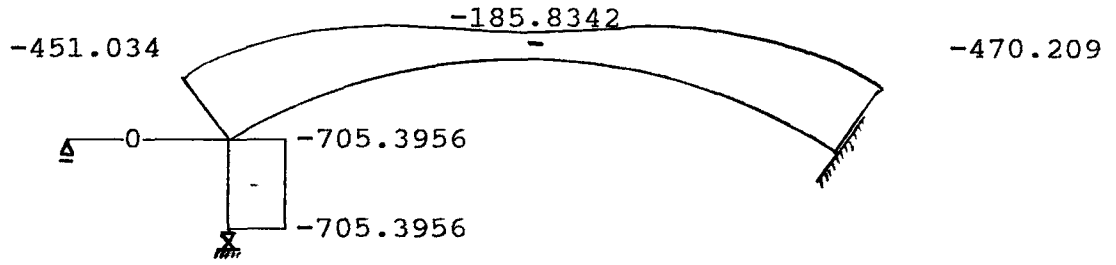
Şekil 2.11. "M" Moment Diyagramı (SİMETRİK-[kNm])

- N Uç Kuvvetleri

$$N_{23} = N_{23} + n \frac{23}{2\theta_2} * \theta + n \frac{23}{2\Delta} * \Delta$$

$$N_{23} = N_{23} = -631.309 - 20.542 + 0.102618 * (-1077.38) + 0.037782 * (+15220.3)$$

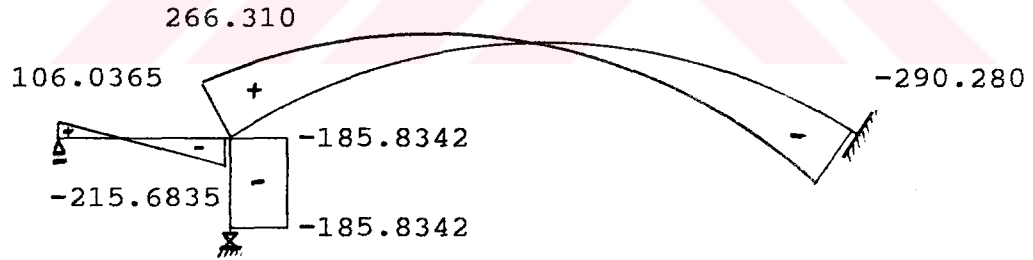
$$N_{23} = N_{23} = -185.8342 \text{ kN.}$$



Şekil 2.12. "N" Normal KUVVET Diyagramı (SİMETRİK-[kN])

- T Uç Kuvvetleri

Kesme kuvvetleri kiriş üzerindeki düzgünyayılı yük ve uç momentleri yardımıyla bulunmuştur.

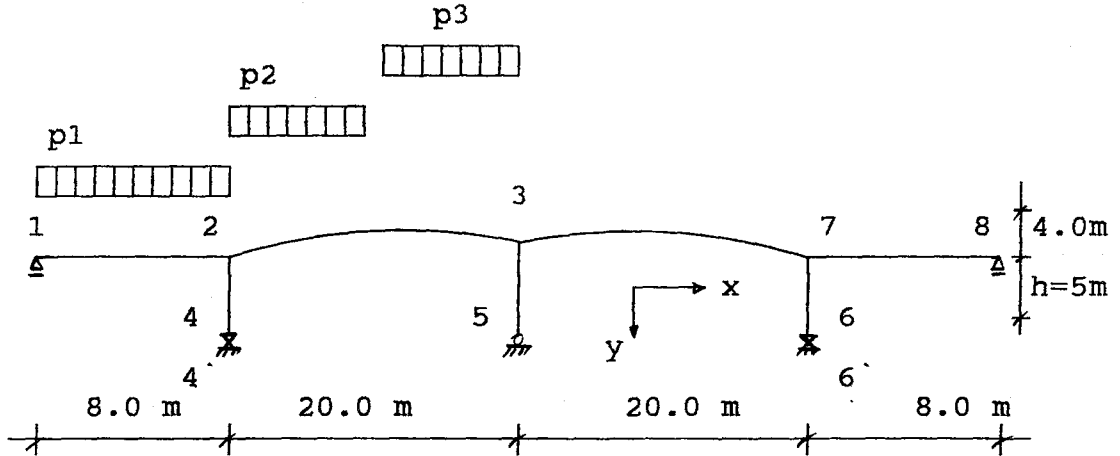


Şekil 2.13. "T" Kesme Kuvveti Diyagramı (ANTİMETRİK-[kN])

- K. S. D. ile Kontrol :

$$\int M_2 * M * ds * \left[\frac{I_c}{I} \right] = \frac{8}{20^2} * 327.3 * 1 * 1781.9632 * [1] + (6.4 * -997.531 + 3.266 * -1304.489) * 1 * [1] + \frac{1}{2} * 5 * (370.246 - 558.947) * \left[\frac{1}{0.151} \right] + 370.246 * \left[\frac{1}{0.1812} \right] = -60.81688 \quad \Rightarrow > r.h. = \% 0.442677$$

2.3.2. p_1 , p_2 , p_3 Yükleri İçin Matris Deplasman Yöntemi ile Hesap



Şekil 2.14. Sistem, Yükleme Şekli ve Ortak Eksenler

$$p_1 = p_2 = p_3 = 12 \text{ kN/m}$$

Yapı sistemlerinin hesabının amacı dış etkilere meydana gelen iç kuvvetlerin, şekil değiştirmelerin ve yer değiştirmelerin tayinidir. Herhangi bir dış etkiye maruz herhangi bir yapı sistemine ait bir iç kuvvet durumunun çözüm olabilmesi için bu duruma ait uç kuvvetleri ile uç deplasmanlarının bazı koşulları sağlanması gerekir ki bunlar ise ; [4]

- i. Denge Koşulları
- ii. Geometrik süreklilik koşulları
- iii. İç kuvvet ile şekil değiştirmeler arasındaki bağıntılardır. (Bünye koşulları)

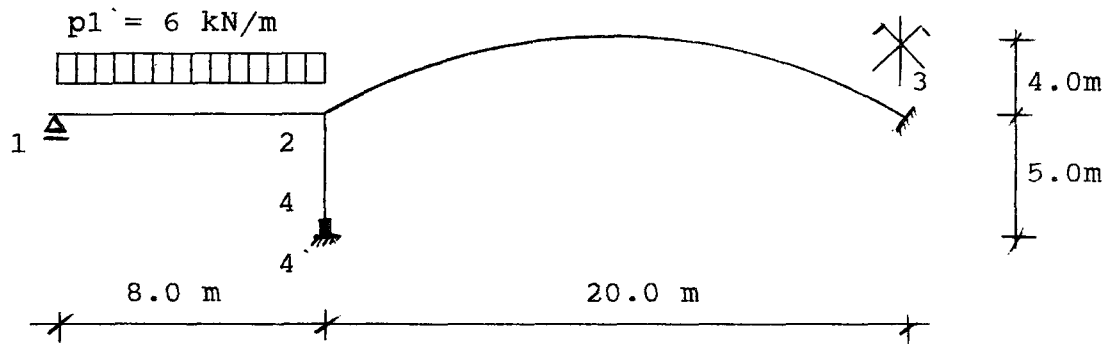
Matris Deplasman Metodu'nda önce sistemin uç deplasman durumu geometrik uygunluk şartlarını sağlayan birbirinden lineer olarak bağımsız uç deplasman durumlarının lineer kombinezonu olarak ifade edilir. Daha sonra bu bağıntıda bulunan ve sistemin geometrik serbestlik derecesine eşit sayıda bilinmeyen katsayılar, denge ve bünye koşulları

sağlanacak şekilde tayin edilerek sistemin uç deplasman durumu tayinedilir. Uç kuvvetleri bu uç deplasmanlarına bağlı olarak tayin edilir. Hesapta önce elemanlara ait rijitlik ve yükleme matrisleri hesaplanmış, bunların direkt yerlerine konması ile sistem rijitlik ve yükleme matrisi elde edilmiştir. Denklem takımı çözülerek elde edilen uç deplasmanları ile, eleman rijitlik ve yükleme matrisleri yardımı ile uç kuvvetleri bulunarak hesaba son verilmiştir. Sistem simetrik, yükleme simetrik olmadığından her bir "pi" yükünün yarısı simetrik, diğer yarısını ise antimetrik olarak yüklenmiştir. Her iki hesapta da sistemin simetrikliğinden yararlanılmıştır.

Tüm elemanlar için ortak eksen takımı Şekil 2.14'deki gibi seçilmiştir. Ortak eksen takımına dönüştürülmüş rijitlik ve yükleme matrisleri tanımlar gereğince doğrudan doğruya yazılarak ara hesaplardan kaçınılmıştır.

2.3.2.1. $p_1=12$ kN/m için Matris Deplasman Yöntemi ile Hesap

2.3.2.1.1. $p_1'=6$ kN/m'lik Yük Simetrik Olarak Yüklenmiştir.



Şekil 2.15. Sistem ve Yükleme Şekli

- Sistem Hakkında

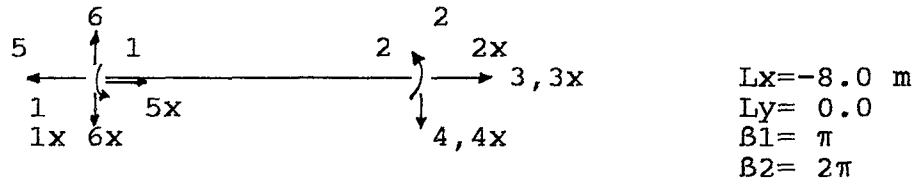
i. Hem sistem, hem de yükleme simetrik

ii. Düğüm noktası sayısı = 2 (1 ve 2)

iii. Bilinmeyen sayısı $2 \times 3 - 2 + 1(\text{ELASTİK MESNET DÖNMESİ}) = 5$

- Elemanlara ait rijitlik ve yükleme matrislerinin tayini

(1-2) Kirişine ait rijitlik ve yükleme matrisi



$$[T2]_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$[T2]_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$M21 = -9.295611 \times 6 = -55.773666 \text{ kNm}$$

$$[Po]_2 = \begin{bmatrix} M21 \\ 0 \\ -5ql/8 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -55.773666 \\ 0 \\ -30 \end{bmatrix}$$

$$[Po]_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 3ql/8 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 18 \end{bmatrix}$$

$$[Po]_{2x} = [T2]_2 * [Po]_2 = \begin{bmatrix} -55.773666 \\ 0 \\ -30 \end{bmatrix}$$

$$[Po]_{1x} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -18 \end{bmatrix}$$

$$[k]_{22} = \begin{bmatrix} 0.070249 & 0 & 0.008781 \\ 0 & 0.409221 & 0 \\ 0.008781 & 0 & 0.001098 \end{bmatrix}$$

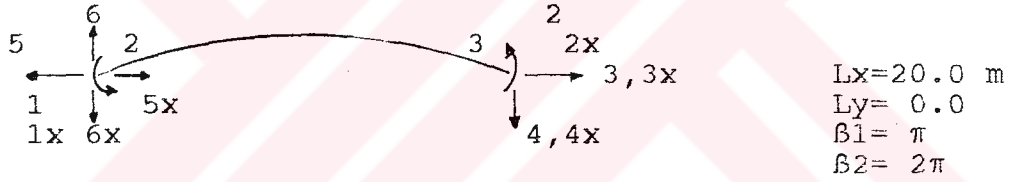
$$[k]_{2x2x} = [T2]_2^T * [k]_{22} * [T2]_2$$

1-2 Çubuğuna ait rijitlik matrisleri aşağıdaki gibidir:

$$\begin{bmatrix} 0.070249 & 0 & 0.008781 \\ 0 & 0.409221 & 0 \\ 0.008781 & 0 & 0.001098 \\ \hline 0 & 0 & 0 \\ 0 & -0.409221 & 0 \\ -0.008781 & 0 & -0.001098 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 0 & -0.08781 \\ 0 & -0.409221 & 0 \\ 0 & 0 & -0.001098 \\ \hline 0 & 0 & 0 \\ 0 & -0.409221 & 0 \\ 0 & 0 & 0.001098 \end{bmatrix}$$

$$\begin{array}{c|c} \begin{bmatrix} k \end{bmatrix}_{2 \times 2x} & \begin{bmatrix} k \end{bmatrix}_{2 \times 1x} \\ \hline \begin{bmatrix} k \end{bmatrix}_{1 \times 2x} & \begin{bmatrix} k \end{bmatrix}_{1 \times 1x} \end{array}$$

(2-3) Kemerine ait rijitlik matrisi



$$\begin{bmatrix} T_2 \end{bmatrix}_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} k \end{bmatrix}_{22} = \begin{bmatrix} 0.489249 & 0.102618 & 0.015954 \\ 0.102618 & 0.037782 & 0 \\ 0.015954 & 0 & 0.0015954 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} k \end{bmatrix}_{2 \times 2x} = \begin{bmatrix} T_2 \end{bmatrix}_2^T * \begin{bmatrix} k \end{bmatrix}_{22} * \begin{bmatrix} T_2 \end{bmatrix}_2$$

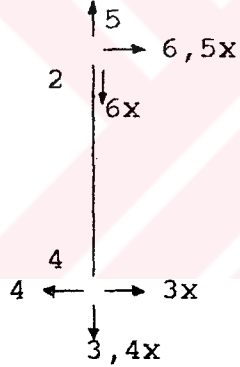
$$\begin{bmatrix} k \end{bmatrix}_{2 \times 2x} = \begin{bmatrix} 0.489249 & -0.102618 & -0.015954 \\ -0.102618 & 0.037782 & 0 \\ -0.015954 & 0 & 0.0015954 \end{bmatrix}$$

2-3 Çubuğuna ait rijitlik matrisleri aşağıdaki gibidir :

$$\begin{bmatrix} 0.489249 & -0.10262 & -0.01595 & -0.170169 & 0.10262 & 0.01595 \\ -0.10262 & 0.037882 & 0 & 0.10262 & -0.037782 & 0 \\ -0.01595 & 0 & 0.001595 & -0.01595 & 0 & -0.001595 \\ -0.170169 & 0.10262 & -0.01595 & 0.489249 & -0.10262 & 0.01595 \\ 0.10262 & -0.037782 & 0 & -0.10262 & 0.037882 & 0 \\ 0.01595 & 0 & -0.001595 & 0.01595 & 0 & 0.001595 \end{bmatrix}$$

$$\begin{array}{c|c} \begin{bmatrix} k \end{bmatrix}_{2 \times 2x} & \begin{bmatrix} k \end{bmatrix}_{2 \times 3x} \\ \hline \begin{bmatrix} k \end{bmatrix}_{3 \times 2x} & \begin{bmatrix} k \end{bmatrix}_{3 \times 3x} \end{array}$$

(2-4) Kolonuna ait rijitlik matrisi



$$\begin{aligned} Lx &= 0.0 \\ Ly &= 5.0 \text{ m} \\ \beta_2 &= 3\pi/2 \\ \beta_4 &= \pi/2 \end{aligned}$$

$$\begin{bmatrix} T_2 \end{bmatrix}_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} k \end{bmatrix}_{22} = \begin{bmatrix} 0.120936 & 0 & 0.036281 \\ 0 & 0.566886 & 0 \\ 0.036281 & 0 & 0.014512 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} k \end{bmatrix}_{2 \times 2x} = \begin{bmatrix} T_2 \end{bmatrix}_2^T * \begin{bmatrix} k \end{bmatrix}_{22} * \begin{bmatrix} T_2 \end{bmatrix}_2$$

$$\begin{bmatrix} k \end{bmatrix}_{2 \times 2x} = \begin{bmatrix} 0.120936 & 0.036281 & 0 \\ 0.036281 & 0.014512 & 0 \\ 0 & 0 & 0.566886 \end{bmatrix}$$

2-4 Çubuğuna ait rijitlik matrisleri aşağıdaki gibidir :

$$\begin{bmatrix}
 0.120936 & 0.03628 & 0 & 0.060469 & -0.03628 & 0 \\
 0.03628 & 0.014512 & 0 & 0.03628 & -0.014512 & 0 \\
 0 & 0 & 0.566886 & 0 & 0 & -0.566886 \\
 0.060469 & 0.03628 & 0 & 0.120936 & -0.03628 & 0 \\
 -0.03628 & -0.014512 & 0 & -0.03628 & 0.014512 & 0 \\
 0 & 0 & -0.566886 & 0 & 0 & 0.566886
 \end{bmatrix}$$

$$\begin{array}{c|c}
 \begin{bmatrix} k \\ 2 \times 2 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} k \\ 2 \times 4 \end{bmatrix} \\
 \hline
 \begin{bmatrix} k \\ 4 \times 2 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} k \\ 4 \times 4 \end{bmatrix}
 \end{array}$$

(4-4') Çubuğuna ait rijitlik matrisi

$$R = 0.1812 EI \theta \Rightarrow \begin{bmatrix} k \\ 44 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k \\ 4 \times 4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.1812 & 0 & 0 \\ 0 & \infty & 0 \\ 0 & 0 & \infty \end{bmatrix}$$

- Sistem Rijitlik Matrisi

$$\begin{bmatrix}
 0.40922 & 0 & -0.40922 & 0 & 0 \\
 0 & 0.680434 & -0.06634 & -0.007173 & 0.060469 \\
 -0.40922 & -0.066337 & 0.46162 & 0 & 0.036281 \\
 0 & -0.007173 & 0 & 0.56957946 & 0 \\
 0 & 0.060469 & 0.03628 & 0 & 0.302136
 \end{bmatrix}
 \begin{bmatrix}
 0 \\
 -55 \\
 0 \\
 -30 \\
 0
 \end{bmatrix}$$

$$\begin{array}{c} \parallel \\ [S] \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{c} \parallel \\ [Po]_x \end{array}$$

$$[S] * [d] + [Po]_x = 0 \quad \text{Denklem Takımı Çözümü :}$$

$$[d] = \begin{bmatrix} 154.87464 \\ 101.08617 \\ 154.87464 \\ 53.94347 \\ -38.82883 \end{bmatrix}$$

- Uç Kuvvetlerinin Bulunması -

$$[P]_{ix} = [k]_{ixix} * [d]_{ix} + [k]_{ixjx} * [d]_{jx} + [Po]_{ix}, [P]_i = [T2]_i^T * [P]_{ix}$$

(1-2) Kirişinde

$$[P]_{2x} = [k]_{2x2x} * [d]_{2x} + [k]_{2x1x} * [d]_{1x} + [Po]_{2x}, [P]_2 = [T2]_2^T * [P]_{2x}$$

$$[P]_{2x} = \begin{bmatrix} -48.19879 \\ 0 \\ -29.05313 \end{bmatrix} \Rightarrow [P]_2 = \begin{bmatrix} -48.19879 \\ 0 \\ -29.05313 \end{bmatrix}$$

$$[P]_{1x} = [k]_{1x2x} * [d]_{2x} + [k]_{1x1x} * [d]_{1x} + [Po]_{1x}, [P]_1 = [T2]_1^T * [P]_{1x}$$

$$[P]_{1x} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -18.94687 \end{bmatrix} \Rightarrow [P]_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 18.94687 \end{bmatrix}$$

(2-3) Kemerinde $[d]_{3x} = [Po]_{3x} = 0$

$$[P]_{2x} = [k]_{2x2x} * [d]_{2x}; [P]_2 = [T2]_2^T * [P]_{2x}$$

$$[P]_{2x} = \begin{bmatrix} 32.70277 \\ -4.50630 \\ -1.52667 \end{bmatrix} \Rightarrow [P]_2 = \begin{bmatrix} 32.70277 \\ 4.50630 \\ 1.52667 \end{bmatrix}$$

$$[P]_{3x} = [k]_{3x2x} * [d]_{2x} ; \quad [P]_3 = [T2]_3^T * [P]_{3x}$$

$$[P]_{3x} = \begin{bmatrix} -2.16942 \\ 4.50630 \\ 1.52667 \end{bmatrix} \Longrightarrow [P]_3 = \begin{bmatrix} -2.16942 \\ 4.50630 \\ 1.52667 \end{bmatrix}$$

(2-4) Kolonunda

$$[P]_{2x} = [k]_{2x2x} * [d]_{2x} + [k]_{2x4x} * [d]_{4x} ; \quad [P]_2 = [T2]_2^T * [P]_{2x}$$

$$[P]_{2x} = \begin{bmatrix} 15.49602 \\ 4.50630 \\ 30.57980 \end{bmatrix} \Longrightarrow [P]_2 = \begin{bmatrix} 15.49602 \\ -30.57980 \\ 4.50630 \end{bmatrix}$$

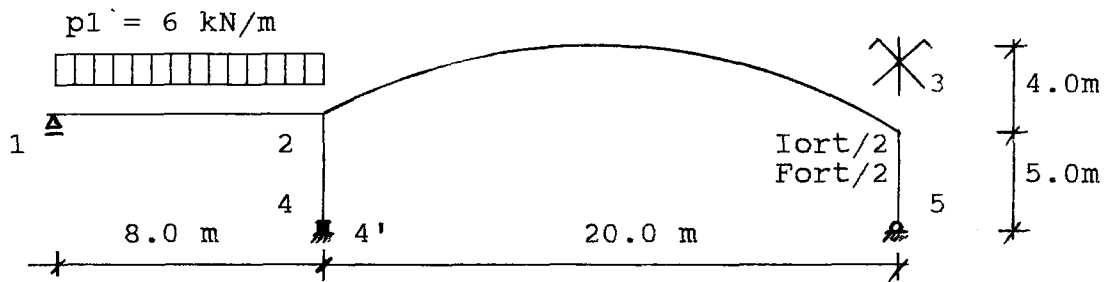
$$[P]_{4x} = [k]_{4x2x} * [d]_{2x} + [k]_{4x4x} * [d]_{4x} ; \quad [P]_4 = [T2]_4^T * [P]_{4x}$$

$$[P]_{4x} = \begin{bmatrix} 7.03579 \\ -4.50630 \\ -30.57980 \end{bmatrix} \Longrightarrow [P]_4 = \begin{bmatrix} 7.03579 \\ -30.57980 \\ 4.50630 \end{bmatrix}$$

$$[P]_{4x} = [k]_{4x4x} * [d]_{4x} ; \quad [P]_4 = [T2]_4^T * [P]_{4x}$$

$$[P]_{4x} = \begin{bmatrix} 0.1812 & 0 & 0 \\ 0 & \infty & 0 \\ 0 & 0 & \infty \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} -38.8288 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -7.03579 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} ; [P]_4 = \begin{bmatrix} -7.03579 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

2.3.2.1.2. $p1' = 6 \text{ kN/m}$ 'lik Yük Antimetrik Olarak
Yüklenmiştir.



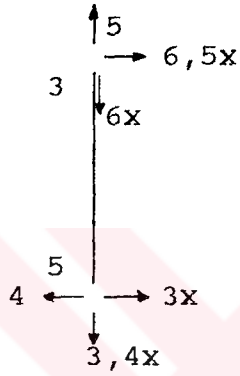
Şekil 2.16. Sistem ve Yükleme Şekli

- Sistem Hakkında

- i. Sistem simetrik, yükleme ise antimetrik
- ii. Düğüm noktası sayısı = 3 (1, 2 ve 3)
- iii. Bilinmeyen sayısı $3 \times 3 - 2 + 1(\text{ELASTİK MESNET DÖNMESİ}) = 8$

- Elemanlara ait rijitlik ve yükleme matrislerinin tayini

(3-5) Kolonuna ait rijitlik matrisi



$$\begin{aligned} Lx &= 0.0 \\ Ly &= 5.0 \text{ m} \\ \beta_2 &= 3\pi/2 \\ \beta_4 &= \pi/2 \end{aligned}$$

$$[T_2]_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \quad [k]_{33} = \begin{bmatrix} 0.003334 & 0 & 0.0006668 \\ 0 & 0.2302976 & 0 \\ 0.0006668 & 0 & 0.00013336 \end{bmatrix}$$

$$[k]_{3 \times 3x} = [T_2]_3^T * [k]_{33} * [T_2]_3$$

$$[k]_{3 \times 3x} = \begin{bmatrix} 0.003334 & 0.0006668 & 0 \\ 0.0006668 & 0.00013336 & 0 \\ 0 & 0 & 0.2302976 \end{bmatrix}$$

3-5 Çubuğuna ait rijitlik matrisleri aşağıdaki gibidir :

$$\begin{bmatrix} 0.003334 & 0.0006668 & 0 & 0 & -0.0006668 & 0 \\ 0.036281 & 0.0001334 & 0 & 0 & -0.0001334 & 0 \\ 0 & 0 & 0.2302976 & 0 & 0 & -0.2302976 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -0.0006668 & -0.0001334 & 0 & 0 & 0.00013336 & 0 \\ 0 & 0 & -0.2302976 & 0 & 0 & 0.230298 \end{bmatrix}$$

$$\begin{array}{c|c} \begin{bmatrix} k \end{bmatrix}_{3 \times 3x} & \begin{bmatrix} k \end{bmatrix}_{3 \times 5x} \\ \hline \begin{bmatrix} k \end{bmatrix}_{5 \times 3x} & \begin{bmatrix} k \end{bmatrix}_{5 \times 5x} \end{array}$$

- Sistem Rijitlik Matrisi

$$[S] =$$

$$\begin{bmatrix} 0.409 & 0 & -0.409 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.680 & -0.066 & -0.007 & -0.170 & 0.103 & 0.016 & 0.060 \\ -0.409 & -0.066 & 0.462 & 0 & 0.103 & -0.038 & 0 & 0.036 \\ 0 & -0.007 & 0 & 0.570 & -0.016 & 0 & -0.002 & 0 \\ 0 & 0.170 & 0.103 & -0.016 & 0.493 & -0.102 & 0.016 & 0 \\ 0 & 0.103 & -0.038 & 0 & -0.102 & 0.038 & 0 & 0 \\ 0 & 0.016 & 0 & -0.002 & 0.016 & 0 & 0.232 & 0 \\ 0 & 0.060 & 0.036 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.302 \end{bmatrix}$$

$$[P_o]_x = \begin{bmatrix} 0 \\ -55.77367 \\ 0 \\ -30.00 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$[S] * [d] + [P_o]_x = 0 \quad \text{Denklem Takımı Çözümü :}$$

$$[d] = \begin{bmatrix} -580.05726 \\ 211.59814 \\ -580.05726 \\ 52.67218 \\ -94.30273 \\ -1402.1118 \\ -7.70742 \\ 27.30535 \end{bmatrix}$$

- Uç Kuvvetlerinin Bulunması

$$[P]_{ix} = [k]_{ixix} * [d]_{ix} + [k]_{ixjx} * [d]_{jx} + [P_o]_{ix}, [P]_i = [T2]_i^T * [P]_{ix}$$

(1-2) Kirişinde

$$[P]_{2x} = [k]_{2x2x} * [d]_{2x} + [k]_{2x1x} * [d]_{1x} + [P_o]_{2x}, [P]_2 = [T2]_2^T * [P]_{2x}$$

$$[P]_{2x} = \begin{bmatrix} -40.44660 \\ 0 \\ -28.08412 \end{bmatrix} \implies [P]_2 = \begin{bmatrix} -40.44660 \\ 0 \\ -28.08412 \end{bmatrix}$$

$$[P]_{1x} = [k]_{1x2x} * [d]_{2x} + [k]_{1x1x} * [d]_{1x} + [Po]_{1x}, \quad [P]_1 = [T2]_1^T * [P]_{1x}$$

$$[P]_{1x} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -19.91588 \end{bmatrix} \implies [P]_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 19.91588 \end{bmatrix}$$

(2-3) Kemerinde :

$$[P]_{2x} = [k]_{2x2x} * [d]_{2x} + [k]_{2x3x} * [d]_{3x} ; \quad [P]_2 = [T2]_2^T * [P]_{2x}$$

$$[P]_{2x} = \begin{bmatrix} 34.25069 \\ -0.24987 \\ -1.77500 \end{bmatrix} \implies [P]_2 = \begin{bmatrix} 34.25069 \\ 0.24987 \\ 1.77500 \end{bmatrix}$$

$$[P]_{3x} = [k]_{3x2x} * [d]_{2x} + [k]_{3x3x} * [d]_{3x} ; \quad [P]_3 = [T2]_3^T * [P]_{3x}$$

$$[P]_{3x} = \begin{bmatrix} 1.24934 \\ 0.24987 \\ 1.77500 \end{bmatrix} \implies [P]_3 = \begin{bmatrix} 1.24934 \\ 0.24987 \\ 1.77500 \end{bmatrix}$$

(2-4) Kolonunda : $[Po]_{4x} = 0$

$$[P]_{2x} = [k]_{2x2x} * [d]_{2x} + [k]_{2x4x} * [d]_{4x} ; \quad [P]_2 = [T2]_2^T * [P]_{2x}$$

$$[P]_{2x} = \begin{bmatrix} 6.19591 \\ 0.24987 \\ 29.85912 \end{bmatrix} \implies [P]_2 = \begin{bmatrix} 6.19591 \\ -29.85912 \\ 0.24987 \end{bmatrix}$$

$$[P]_{4x} = [k]_{4x2x} * [d]_{2x} + [k]_{4x4x} * [d]_{4x} ; \quad [P]_4 = [T2]_4^T * [P]_{4x}$$

$$[P]_{4x} = \begin{bmatrix} -4.94773 \\ -0.24987 \\ -29.85912 \end{bmatrix} \implies [P]_4 = \begin{bmatrix} -4.94773 \\ -29.85912 \\ 0.24987 \end{bmatrix}$$

$$[P]_{4x} = [k]_{4x4x} * [d]_{4x} ; \quad [P]_4 = [T2]_4^T * [P]_{4x}$$

$$[P]_{4x} = \begin{bmatrix} 0.1812 & 0 & 0 \\ 0 & \infty & 0 \\ 0 & 0 & \infty \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 27.30535 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4.94773 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$[P]_4 = \begin{bmatrix} 4.94773 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

(3-5) Kolonunda

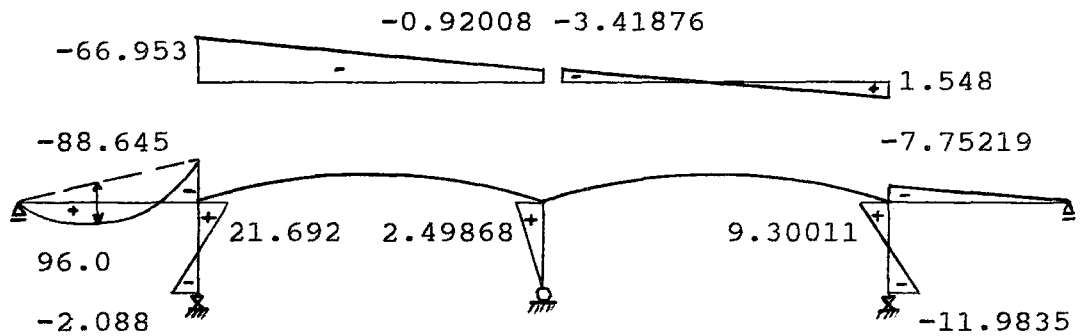
$$[P]_{3x} = [k]_{3x3x} * [d]_{3x} ; \quad [P]_3 = [T2]_{3x}^T * [P]_{3x}$$

$$[P]_{3x} = \begin{bmatrix} -1.24934 \\ -0.24987 \\ -1.77500 \end{bmatrix} \Rightarrow [P]_3 = \begin{bmatrix} -1.24934 \\ 1.77500 \\ -0.24987 \end{bmatrix}$$

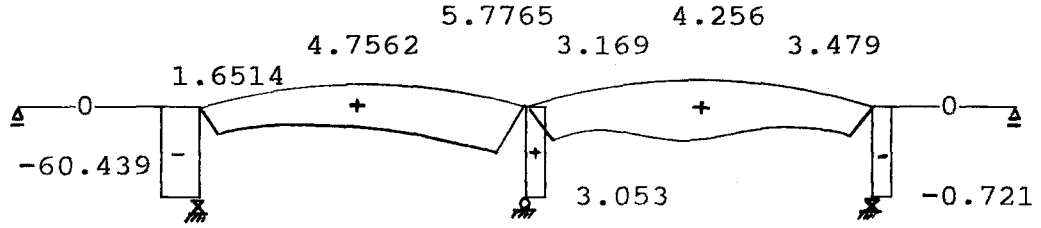
$$[P]_{5x} = [k]_{5x3x} * [d]_{3x} ; \quad [P]_5 = [T2]_{5x}^T * [P]_{5x}$$

$$[P]_{5x} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0.24987 \\ 1.77500 \end{bmatrix} \Rightarrow [P]_5 = \begin{bmatrix} 0 \\ 1.77500 \\ -0.24987 \end{bmatrix}$$

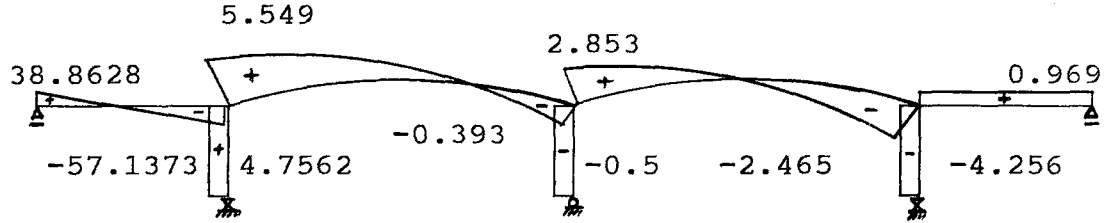
NOT : 2.3.2.1.1.ve 2.3.2.1.2.'de elde edilen M, N, T değerleri aritmetik olarak toplanarak $p_1 = 12 \text{ kN/m}$ lik yük için diyagramlar çizilir.



Şekil 2.17. $p_1 = 12 \text{ kN/m}$ "M" Moment Diyagramı [kNm]



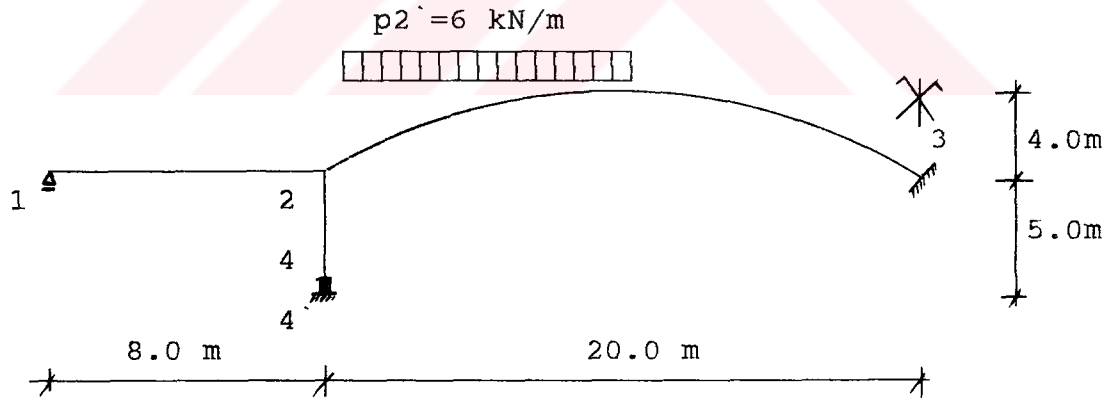
Şekil 2.18. $p_1=12$ kN/m "N" Normal Kuvvet Diyagramı [kN]



Şekil 2.19. $p_1=12$ kN/m "T" Kesme Kuvveti Diyagramı [kN]

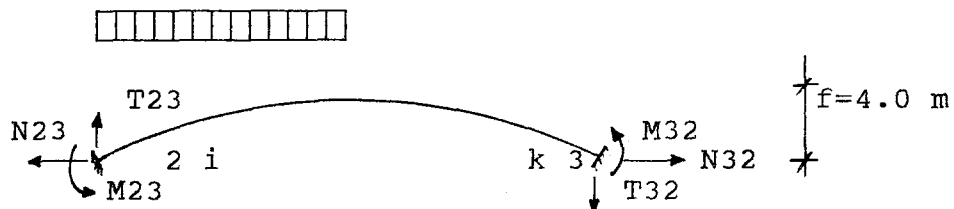
2.3.2.2. $p_2= 12$ kN/m için Matris Deplasman Yöntemi ile Hesap

2.3.2.2.1. $p_2'= 6$ kN/m'lik Yük Simetrik Olarak Yüklenmiştir.



Şekil 2.20. Sistem ve Yükleme Şekli

(2-3) Kemerine ait yükleme matrisi



$$a_1 = 0.0229 \quad a_{io} = \frac{l^3}{EI_o} * a_1 = 183.20 / EI_o$$

$$a_2 = 0.0179 \quad a_{ko} = \frac{l^3}{EI_o} * a_2 = 143.20 / EI_o$$

$$a_3 = 0.0329 \quad \Delta_o = \frac{l^3 * f}{EI_o} * a_3 = 1052.80 / EI_o$$

$$M_{23} = m_{i\theta i} * a_{io} - m_{i\theta k} * a_{ko} - m_{i\Delta o} * \Delta = 5.962$$

$$M_{32} = m_{k\theta i} * a_{io} - m_{k\theta k} * a_{ko} - m_{k\Delta o} * \Delta = 6.800$$

$$N_{23} = n_{i\theta i} * a_{io} - n_{i\theta k} * a_{ko} - n_{i\Delta o} * \Delta = -6.387$$

$$N_{32} = n_{k\theta i} * a_{io} - n_{k\theta k} * a_{ko} - n_{k\Delta o} * \Delta = -6.387$$

$$T_{23} = T_{ik} + t_{i\theta i} * a_{io} - t_{i\theta k} * a_{ko} = 8.138$$

$$T_{32} = T_{ki} + t_{k\theta i} * a_{io} - t_{k\theta k} * a_{ko} = -1.862$$

$$M_{ort} = \frac{5.962 + 6.80}{2} = 6.381$$

$$\Rightarrow M_{23} = 6.381 * 6 = 38.286 \text{ kNm}$$

$$N_{23} = -6.387 * 6 = -38.322 \text{ kN}$$

$$T_{23} = 8.138 * 6 = 48.828 \text{ kN}$$

$$M_{32} = 6.381 * 6 = 38.286 \text{ kNm}$$

$$N_{32} = -6.387 * 6 = -38.322 \text{ kN}$$

$$T_{32} = -1.826 * 6 = -11.172 \text{ kN}$$

$$\begin{bmatrix} P_o \end{bmatrix}_{2x} = \begin{bmatrix} T_2 \end{bmatrix}_2 * \begin{bmatrix} P_o \end{bmatrix}_2 = \begin{bmatrix} 38.286 \\ 38.322 \\ -48.828 \end{bmatrix}; \begin{bmatrix} P_o \end{bmatrix}_{3x} = \begin{bmatrix} T_2 \end{bmatrix}_3 * \begin{bmatrix} P_o \end{bmatrix}_3 = \begin{bmatrix} 38.286 \\ -38.322 \\ -11.172 \end{bmatrix}$$

- Sistem Rijitlik Matrisi -

$$[S] = \begin{bmatrix} 0.409221 & 0 & -0.409221 & 0 & 0 \\ 0 & 0.680434 & -0.066337 & -0.007173 & 0.060469 \\ -0.409221 & -0.066337 & 0.461615 & 0 & 0.036281 \\ 0 & -0.007173 & 0 & 0.56957946 & 0 \\ 0 & 0.060469 & 0.036281 & 0 & 0.302136 \end{bmatrix}$$

- Sistem Yükleme Matrisi

$$[P_o]_x = \begin{bmatrix} 0 \\ 38.286 \\ 38.322 \\ -48.828 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$[S] * [d] + [P_o]_x = 0 \quad \text{Denklem Takımı Çözümü :}$$

$$[d] = \begin{bmatrix} 154.87464 \\ 101.08617 \\ 154.87464 \\ 53.94347 \\ -38.82883 \end{bmatrix}$$

- Uç Kuvvetlerinin Bulunması

Uç kuvvetlerinin hesaplanmasında "2.3.2.1.1. bölümünde" kullanılan yollar izlenmiştir.

(1-2) Kirişinde

$$[P]_2 = \begin{bmatrix} -11.45569 \\ 0 \\ -1.43191 \end{bmatrix} ; \quad [P]_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -1.43191 \end{bmatrix}$$

(2-3) Kemerinde $[d]_{3x} = 0$

$$[P]_2 = \begin{bmatrix} 61.20539 \\ -15.83655 \\ 45.92646 \end{bmatrix} ; \quad [P]_3 = \begin{bmatrix} -42.66424 \\ -15.83655 \\ -14.07254 \end{bmatrix}$$

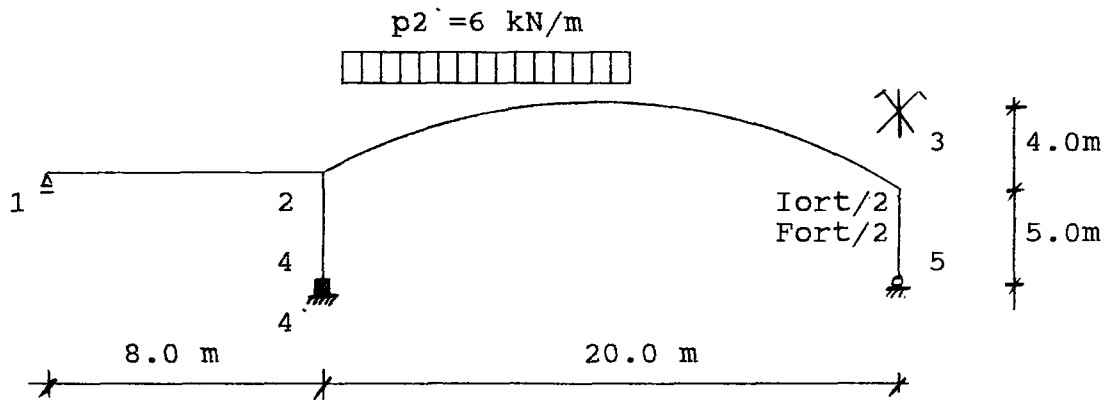
(2-4) Kolonunda $[Po]_{4x} = 0$

$$[P]_2 = \begin{bmatrix} -49.74971 \\ -47.35837 \\ -15.83655 \end{bmatrix} ; \quad [P]_4 = \begin{bmatrix} -29.43517 \\ -47.35837 \\ -15.83655 \end{bmatrix}$$

$$[P]_{4x} = \begin{bmatrix} 0.1812 & 0 & 0 \\ 0 & \infty & 0 \\ 0 & 0 & \infty \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 162.44571 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 29.43517 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$[P]_4 = \begin{bmatrix} 29.43517 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

2.3.2.2.2. $p_2' = 6 \text{ kN/m}$ lik Yük Antimetrik Olarak
Yüklenmiştir.



Şekil 2.21. Sistem ve Yükleme Şekli

- Sistem Rijitlik Matrisi -

$$[S] =$$

$$\begin{bmatrix} 0.409 & 0 & -0.409 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.680 & -0.066 & -0.007 & -0.170 & 0.103 & 0.016 & 0.060 \\ -0.409 & -0.066 & 0.462 & 0 & 0.103 & -0.038 & 0 & 0.036 \\ 0 & -0.007 & 0 & 0.570 & -0.016 & 0 & -0.002 & 0 \\ 0 & 0.170 & 0.103 & -0.016 & 0.493 & -0.102 & 0.016 & 0 \\ 0 & 0.103 & -0.038 & 0 & -0.102 & 0.038 & 0 & 0 \\ 0 & 0.016 & 0 & -0.002 & 0.016 & 0 & 0.232 & 0 \\ 0 & 0.060 & 0.036 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.302 \end{bmatrix}$$

$$[P_o]_x = \begin{bmatrix} 0 \\ 38.286 \\ 38.322 \\ -48.828 \\ 38.286 \\ -38.322 \\ -11.172 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$[S] * [d] + [P_o] = 0 \text{ Denklem Takımı}$$

Çözümü :

$$[d] = \begin{bmatrix} 1742.25296 \\ -651.61907 \\ 1742.25296 \\ 94.51374 \\ 601.46285 \\ 6116.20493 \\ 52.27833 \\ -78.79871 \end{bmatrix}$$

- Uç Kuvvetlerinin Bulunması

Uç kuvvetlerinin hesaplanmasında "2.3.2.1.2. bölümünde" kullanılan yollar izlenmiştir.

(1-2) Kirişinde

$$\begin{bmatrix} P \end{bmatrix}_2 = \begin{bmatrix} -44.94566 \\ 0 \\ -5.61809 \end{bmatrix} ; \quad \begin{bmatrix} P \end{bmatrix}_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -5.61809 \end{bmatrix}$$

(2-3) Kemerinde

$$\begin{bmatrix} P \end{bmatrix}_2 = \begin{bmatrix} 65.30407 \\ -1.21671 \\ 47.96042 \end{bmatrix} ; \quad \begin{bmatrix} P \end{bmatrix}_3 = \begin{bmatrix} -6.08356 \\ -1.21671 \\ -12.03958 \end{bmatrix}$$

(2-4) Kolonunda

$$\begin{bmatrix} P \end{bmatrix}_2 = \begin{bmatrix} -20.35840 \\ -53.57852 \\ -1.21671 \end{bmatrix} ; \quad \begin{bmatrix} P \end{bmatrix}_4 = \begin{bmatrix} 14.27833 \\ -53.57852 \\ -1.21671 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} P \end{bmatrix}_{4x} = \begin{bmatrix} 0.1812 & 0 & 0 \\ 0 & \infty & 0 \\ 0 & 0 & \infty \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} -78.79871 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -14.27833 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} P \end{bmatrix}_4 = \begin{bmatrix} -14.27833 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

(3-5) Kolonunda

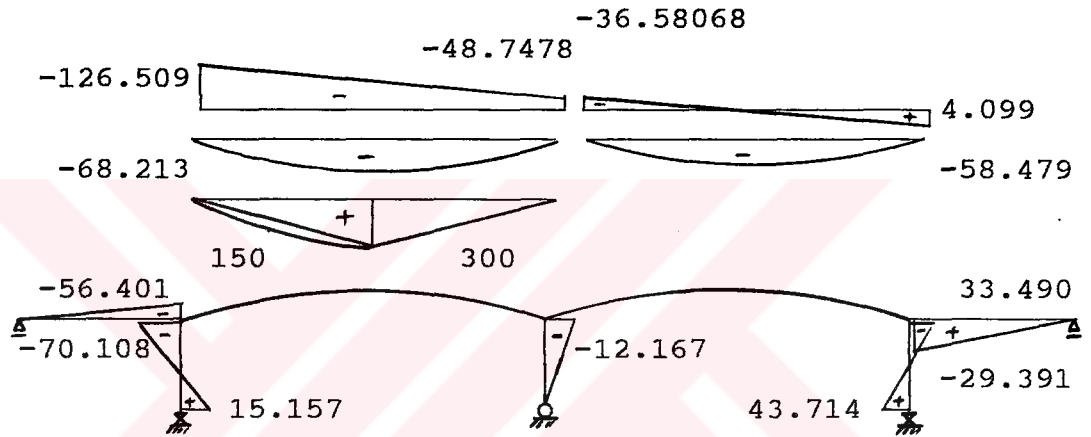
$$\begin{bmatrix} P \end{bmatrix}_{3x} = \begin{bmatrix} k \end{bmatrix}_{3x3x} * \begin{bmatrix} d \end{bmatrix}_{3x} ; \quad \begin{bmatrix} P \end{bmatrix}_3 = \begin{bmatrix} T2 \end{bmatrix}_{3x}^T * \begin{bmatrix} P \end{bmatrix}_{3x}$$

$$\begin{bmatrix} P \end{bmatrix}_{3x} = \begin{bmatrix} 6.08356 \\ 1.21671 \\ 12.03957 \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{bmatrix} P \end{bmatrix}_3 = \begin{bmatrix} 6.08356 \\ -12.03957 \\ 1.21671 \end{bmatrix}$$

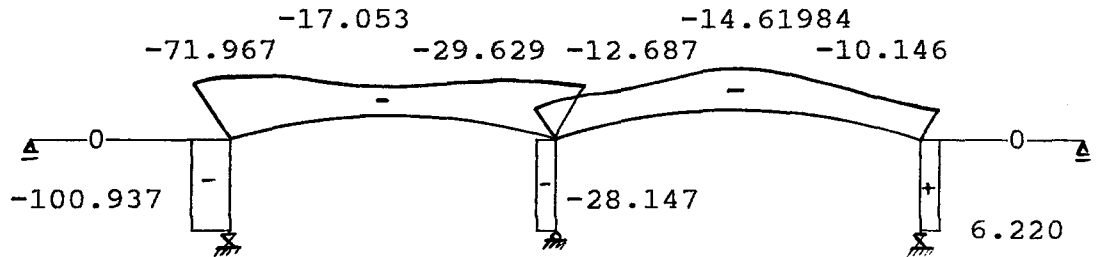
$$[P]_{5x} = [k]_{5x3x} * [d]_{3x} ; \quad [P]_5 = [T2]_5^T * [P]_{5x}$$

$$[P]_{5x} = \begin{bmatrix} 0 \\ -1.21671 \\ -12.03957 \end{bmatrix} \implies [P]_5 = \begin{bmatrix} 0 \\ -12.03957 \\ 1.21671 \end{bmatrix}$$

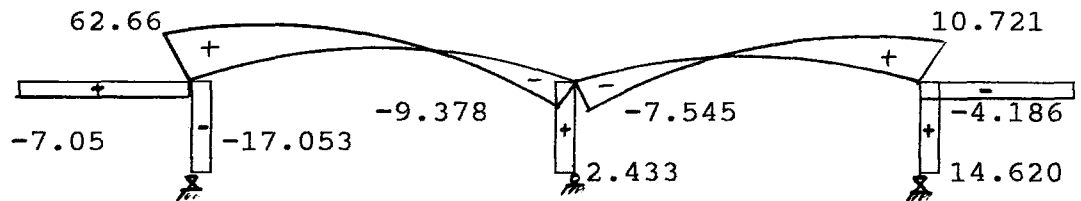
NOT : 2.3.2.2.1. ve 2.3.2.2.2.'de elde edilen M, N, T değerleri aritmetik olarak toplanarak $p_2 = 12 \text{ kN/m}$ lik yük için diyagramlar çizilir.



Şekil 2.22. $p_2 = 12 \text{ kN/m}$ "M" Moment Diyagramı [kNm]



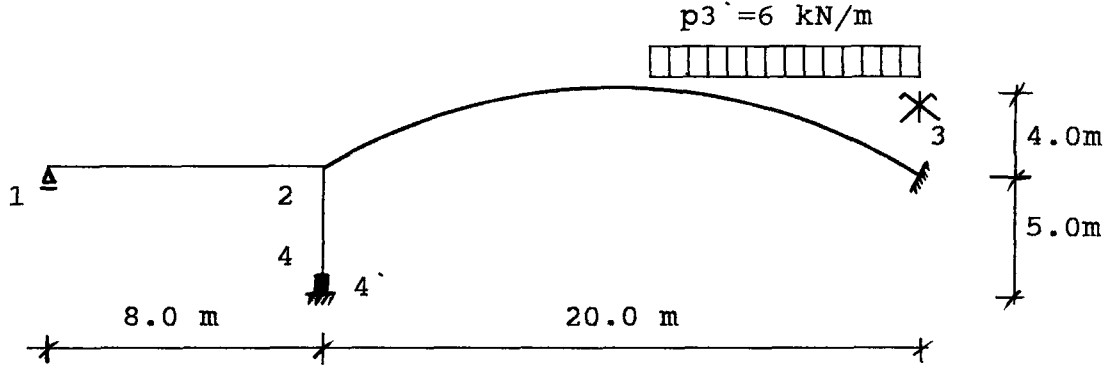
Şekil 2.23. $p_2 = 12 \text{ kN/m}$ "N" Normal Kuvvet Diyagramı [kN]



Şekil 2.24. $p_2 = 12 \text{ kN/m}$ "T" Kesme Kuvveti Diyagramı [kN]

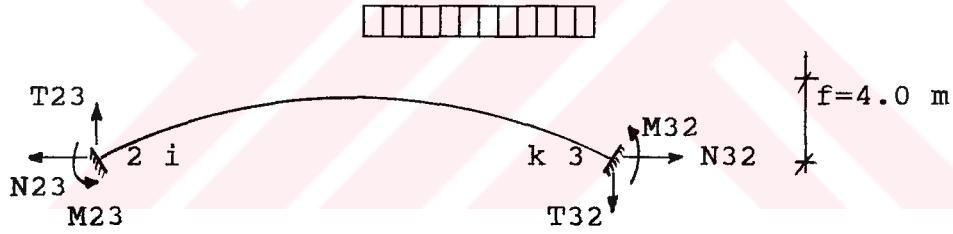
2.3.2.3. $p_3 = 12 \text{ kN/m}$ için Matris Deplasman Yöntemi
İle Hesap

2.3.2.3.1. $p_3' = 6 \text{ kN/m}$ 'lik Yük Simetrik Olarak
Yüklenmiştir.



Şekil 2.25. Sistem ve Yükleme Şekli

(2-3) Kemerine ait yükleme matrisi :



$$a_1 = 0.0229 \quad a_{1o} = \frac{l^3}{EI_o} * a_1 = 183.20 / EI_o$$

$$a_2 = 0.0179 \quad a_{2o} = \frac{l^3}{EI_o} * a_2 = 143.20 / EI_o$$

$$a_3 = 0.0329 \quad \Delta_o = \frac{l^3 * f}{EI_o} * a_3 = 1052.80 / EI_o$$

$$M_{23} = m_{i\theta i} * a_{1o} - m_{i\theta k} * a_{2o} - m_{i\Delta o} * \Delta_o = -6.800$$

$$M_{32} = m_{k\theta i} * a_{1o} - m_{k\theta k} * a_{2o} - m_{k\Delta o} * \Delta_o = -5.962$$

$$N_{23} = n_{i\theta i} * a_{1o} - n_{i\theta k} * a_{2o} - n_{i\Delta o} * \Delta_o = -6.387$$

$$N_{32} = n_{k\theta i} * a_{1o} - n_{k\theta k} * a_{2o} - n_{k\Delta o} * \Delta_o = -6.387$$

$$T_{23} = T_{ik} + t_{i\theta i} \cdot a_{io} - t_{i\theta k} \cdot a_{ko} = -3.138$$

$$T_{32} = T_{ki} + t_{k\theta i} \cdot a_{io} - t_{k\theta k} \cdot a_{ko} = 6.862$$

$$M_{ort} = \frac{-5.962 - 6.80}{2} = -6.381$$

$$\Rightarrow M_{23} = -6.381 \cdot 6 = -38.286 \text{ kNm}$$

$$N_{23} = -6.387 \cdot 6 = -38.322 \text{ kN}$$

$$T_{23} = -3.138 \cdot 6 = -18.828 \text{ kN}$$

$$M_{32} = -6.381 \cdot 6 = -38.286 \text{ kNm}$$

$$N_{32} = -6.387 \cdot 6 = -38.322 \text{ kN}$$

$$T_{32} = 6.862 \cdot 6 = 41.172 \text{ kN}$$

$$[Po]_{2x} = [T2]_2 * [Po]_2 = \begin{bmatrix} -38.286 \\ 38.322 \\ 18.828 \end{bmatrix}; [Po]_{3x} = [T2]_3 * [Po]_3 = \begin{bmatrix} -38.286 \\ -38.322 \\ 41.172 \end{bmatrix}$$

- Sistem Rijitlik Matrisi

$$[S] = \begin{bmatrix} 0.409221 & 0 & -0.409221 & 0 & 0 \\ 0 & 0.680434 & -0.066337 & -0.007173 & 0.060469 \\ -0.409221 & -0.066337 & 0.461615 & 0 & 0.036281 \\ 0 & -0.007173 & 0 & 0.56957946 & 0 \\ 0 & 0.060469 & 0.036281 & 0 & 0.302136 \end{bmatrix}$$

-Sistem Yükleme Matrisi

$$[Po]_x = \begin{bmatrix} 0 \\ -38.286 \\ 38.322 \\ 18.828 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$[S] * [d] + [Po]_x = 0 \quad \text{Denklem Takımı Çözümü :}$$

$$[d] = \begin{bmatrix} -854.75061 \\ -37.20097 \\ -854.75061 \\ -33.52446 \\ 110.08523 \end{bmatrix}$$

- Uç Kuvvetlerinin Bulunması

Uç kuvvetlerinin hesaplanmasında "2.3.2.2.1. bölümünde" kullanılan yollar izlenmiştir.

(1-2) Kirişinde

$$[P]_2 = \begin{bmatrix} -2.90771 \\ 0 \\ -0.36347 \end{bmatrix} ; [P]_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -0.36347 \end{bmatrix}$$

(2-3) Kemerinde

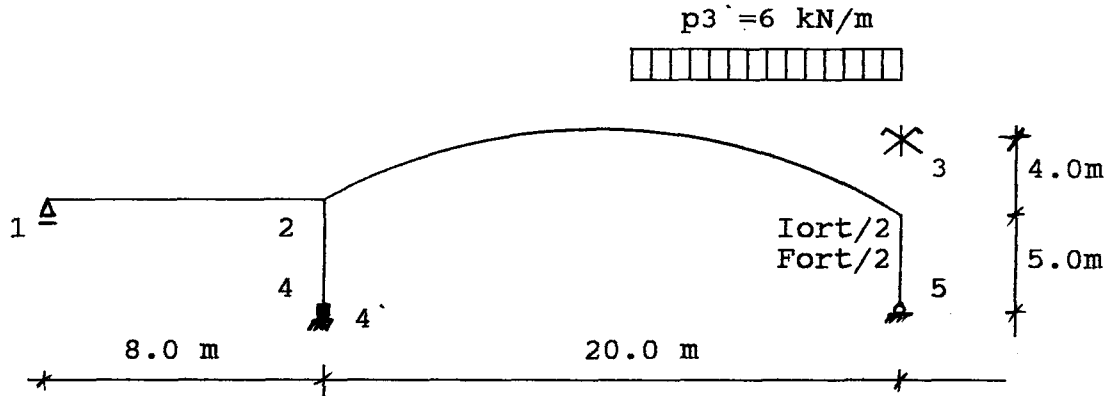
$$[P]_2 = \begin{bmatrix} 31.76111 \\ -9.75983 \\ -19.36802 \end{bmatrix} ; [P]_3 = \begin{bmatrix} -119.1335 \\ -9.75983 \\ 40.63198 \end{bmatrix}$$

(2-4) Kolonunda

$$[P]_2 = \begin{bmatrix} -28.85340 \\ 19.00455 \\ -9.75983 \end{bmatrix} ; [P]_4 = \begin{bmatrix} -19.94744 \\ 19.00455 \\ -9.75983 \end{bmatrix}$$

$$[P]_4 = \begin{bmatrix} 19.94744 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

2.3.2.3.2. $p_3' = 6 \text{ kN/m}$ lik Yük Antimetrik Olarak
Yüklenmiştir.



Şekil 2.26. Sistem ve Yükleme Şekli

- Sistem Rijitlik Matrisi

$$[S] =$$

$$\begin{bmatrix} 0.409 & 0 & -0.409 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.680 & -0.066 & -0.007 & -0.170 & 0.103 & 0.016 & 0.060 \\ -0.409 & -0.066 & 0.462 & 0 & 0.103 & -0.038 & 0 & 0.036 \\ 0 & -0.007 & 0 & 0.570 & -0.016 & 0 & -0.002 & 0 \\ 0 & 0.170 & 0.103 & -0.016 & 0.493 & -0.102 & 0.016 & 0 \\ 0 & 0.103 & -0.038 & 0 & -0.102 & 0.038 & 0 & 0 \\ 0 & 0.016 & 0 & -0.002 & 0.016 & 0 & 0.232 & 0 \\ 0 & 0.060 & 0.036 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.302 \end{bmatrix}$$

$$[Po]_x = \begin{bmatrix} 0 \\ 38.286 \\ 38.322 \\ -48.828 \\ 38.286 \\ -38.322 \\ -11.172 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$[S] * [d] + [Po] = 0 \text{ Denklem Takımı}$$

Çözümü :

$$[d] = \begin{bmatrix} 1259.14575 \\ -488.35157 \\ 1259.14575 \\ -14.97411 \\ 885.61034 \\ 5956.10979 \\ -204.98142 \\ -53.46247 \end{bmatrix}$$

- Uç Kuvvetlerinin Bulunması

Uç kuvvetlerinin hesaplanmasında "2.3.2.2.2. bölümünde" kullanılan yollar izlenmiştir.

(1-2) Kirişinde

$$[P]_2 = \begin{bmatrix} -34.43770 \\ 0 \\ -4.30466 \end{bmatrix} ; [P]_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -4.30466 \end{bmatrix}$$

(2-3) Kemerinde

$$[P]_2 = \begin{bmatrix} 51.04673 \\ -1.38483 \\ -12.79327 \end{bmatrix} ; [P]_3 = \begin{bmatrix} -6.92416 \\ -1.38483 \\ 47.20673 \end{bmatrix}$$

(2-4) Kolonunda

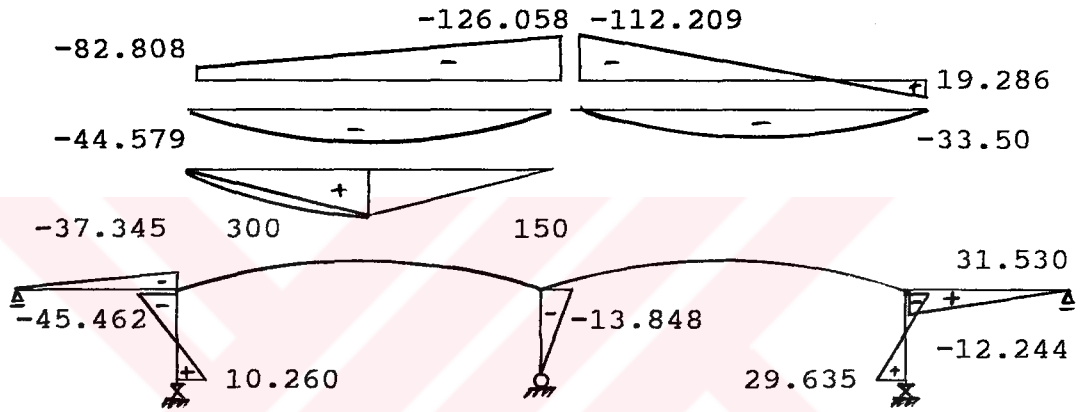
$$[P]_2 = \begin{bmatrix} -16.60904 \\ 8.48861 \\ -1.38483 \end{bmatrix} ; [P]_4 = \begin{bmatrix} 9.68740 \\ 8.48861 \\ -1.38483 \end{bmatrix}$$

$$[P]_4 = \begin{bmatrix} -9.68740 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

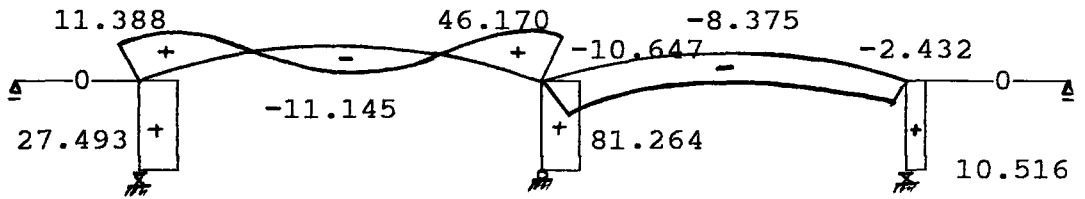
(3-5) Kolonunda

$$\begin{bmatrix} P \end{bmatrix}_3 = \begin{bmatrix} 6.92416 \\ 47.20673 \\ 1.38483 \end{bmatrix} ; \quad \begin{bmatrix} P \end{bmatrix}_5 = \begin{bmatrix} 0 \\ 47.20673 \\ 1.38483 \end{bmatrix}$$

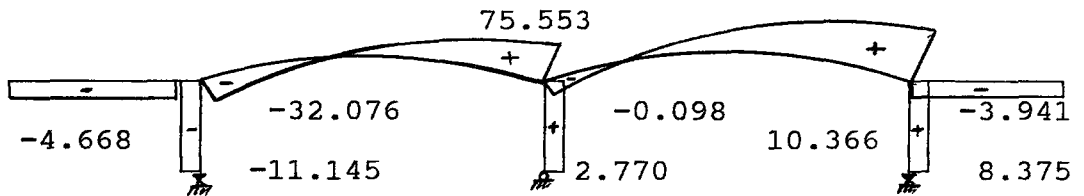
NOT : 2.3.2.3.1. ve 2.3.2.3.2. 'de elde edilen M, N, T değerleri aritmetik olarak toplanarak $p_3 = 12 \text{ kN/m}$ 'lik yük için diyagramlar çizilir.



Şekil 2.27. $p_3 = 12 \text{ kN/m}$ "M" Moment Diyagramı [kNm]



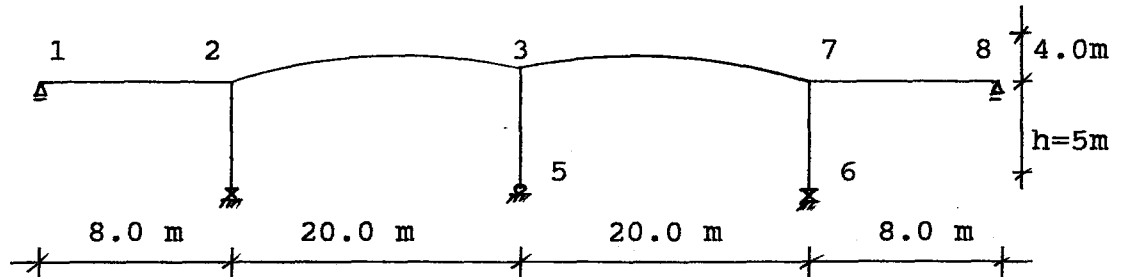
Şekil 2.28. $p_3 = 12 \text{ kN/m}$ "N" Normal Kuvvet Diyagramı [kN]



Şekil 2.29. $p_3 = 12 \text{ kN/m}$ "T" Kesme Kuvveti Diyagramı [kN]

2.3.3. Düzgün Sıcaklık Değişmesi için Matris Kuvvet Yöntemi ile Hesap

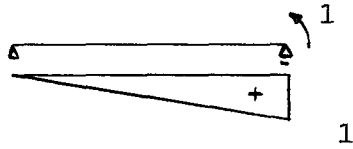
Matris kuvvet yönteminin esası önce yalnız denge koşullarını sağlayan bütün iç kuvvet durumlarının belirlenmesi, daha sonra bunların arasında bünye ve geometrik süreklilik koşullarını da sağlayan uç kuvvet durumunu tayin ederek çözümün elde edilmesidir. Daha sonra bütün iç kuvvetler, yer değiştirmeler ve şekil değiştirmeler bulunan uç kuvvetlerine bağlı olarak tayin edilir. Bu bölümde düzgün sıcaklık değişimi ele alınmıştır. Sistem ve etkinin simetrik olması, bilinmeyenlerin yarısı ile çalışılmasını ve dolayısı ile hesabın kolaylaşmasını sağlamıştır. Homojen çözüm matrisi hesaplanırken yalnız simetrik grup yüklemeler kullanılmıştır. Hesapta önce elemanların özellikleri belirlenmiş ve bunlara göre herbirinin flexibilitate matrisleri bulunmuştur. Daha sonra grup yüklemelerden elde edilen homojen çözüm matrisi ile mesnetlenmiş eleman yükleme matrisi hesaplanmıştır. Bu yöntem için verilmiş olan algorithmadan yararlanarak bulunan uç kuvvetler yardımı ile iç kuvvetler hesaplanmış ve diyagramları çizilerek hesap tamamlanmıştır.



Şekil 2.30. Yapı Sistemi

- Elemanların birim kuvvet (flexibilite) matrislerinin elde edilmesi ($EIo = 2257948 \text{ kNm}^2$)

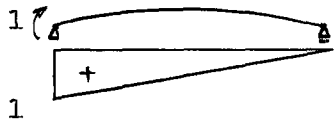
(1-2) Kirişi



$$f_{11} = \alpha_k * A * B = 2.1068 * 1 * 1 / E * 0.148 I_o$$

$$f_{11} = 14.235 / EIo$$

(2-3) Kirişi



$$f_{11} = \alpha_i * A * B = 6.4 * 1 * 1 / EIo = 6.4 / EIo$$

$$f_{12} = \beta * A * B = 3.266 * 1 * 1 / EIo = 3.266 / EIo$$

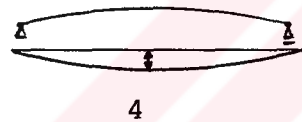
$$f_{13} = \alpha_{io} * A * B * 8 / L^2 / EIo = 26.184 / EIo$$



$$f_{22} = \alpha_k * A * B = 6.4 * 1 * 1 / EIo = 6.40 / EIo$$

$$f_{23} = \alpha_{ko} * A * B * 8 / L^2 / EIo = 26.184 / EIo$$

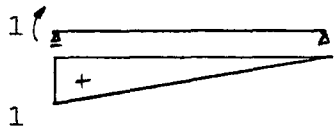
$$f_{33} = \frac{H}{f^2} * A * B / EIo = 168.256 / EIo$$



→ 1

$$[f]_{23} = \begin{bmatrix} 6.40 & 3.266 & 26.184 \\ 3.266 & 6.40 & 26.184 \\ 26.184 & 26.184 & 168.256 \end{bmatrix} \frac{1}{EIo}$$

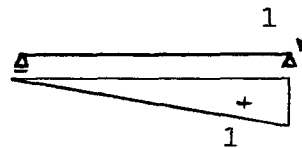
(2-4) Kolonu



$$f_{11} = 1/3 * 5 * 1 * 1 / E * 0.151 I_o = 11.0375 / EIo$$

$$f_{12} = 1/6 * 5 * 1 * 1 / E * 0.151 I_o = 5.5188 / EIo$$

$$f_{13} = 0$$



$$f_{22} = 1/3 * 5 * 1 * 1 / E * 0.151 I_o = 11.0375 / EIo$$

$$f_{23} = 0$$

$$f_{33} = 0$$



$$[f]_{42} = \begin{bmatrix} 11.0375 & 5.5188 & 0 \\ 5.5188 & 11.0375 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \frac{1}{EI\alpha}$$

Normal kuvvetin 1-2 ve 2-4 elemanları (doğru eksenli) üzerindeki etkisi ihmal edilmiştir.

(4) Noktasındaki elastik mesnet :

$$R_{\Theta} = 0.1812 EI_{\Theta} \quad \left[f \right]_{44} = \frac{1}{R_{\Theta}} = \frac{1}{0.1812 EI_{\Theta}}$$

- Yükleme terimleri

$$v_{it} = \int M_i * \frac{\epsilon * t}{d} * ds + \int N_i * \epsilon * t * ds \quad \begin{matrix} \epsilon = 10^{-5} \\ t = 20^\circ\text{C} \end{matrix}$$

X1 = 1 kNm : N24=0.175 kN. $\psi_{24t} = 0.175 \cdot 10^{-5} \cdot 20 \cdot 5 = 17.5 \cdot 10^{-5}$
 N23=0 $\psi_{23t} = 0$

X2 = 1 kNm : N24 = 0.05 kN. $v_{24t} = 0.05 \cdot 10^{-5} \cdot 20 \cdot 5 = 5 \cdot 10^{-5}$
 N23 = 0 $v_{23t} = 0$

X3=1/5kNm : N24=0.05 kN. $\gamma_{24t} = 0.05 \cdot 10^{-5} \cdot 20 \cdot 5 = 5 \cdot 10^{-5}$.
N23=0.20 kN $\gamma_{23t} = 0.20 \cdot 10^{-5} \cdot 20 \cdot 20 = 80 \cdot 10^{-5}$

X4 = 1 kNm : N24 = -0.05 kN. $\mathcal{V}_{24t} = -0.05 \cdot 10^{-5} \cdot 20 \cdot 5 = -5 \cdot 10^{-5}$
N23 = 0 $\mathcal{V}_{23t} = 0$

Hesapla ilgili algoritma Tablo 2.7`de gösterilmiştir.

Denklem takımı çözüldükten sonra (süperpozisyon)

$[P] = [P_x] * [X] + [P_q]$ yapılarak uç kuvvetleri elde edilmiş ve uç kuvvet diyagramları Şekil 2.29, 2.30 ve 2.31`de gösterilmiştir.

TABLO 2.7. Matris Kuvvet Metodu için Algoritma Tablosu

ELEM NO:	[P]	[f]				[Px]				[Pq]			
.1-2	M21	6.304	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	M23	2.834	1.446	11.596	1.000	1.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
.2-3	M32	1.446	2.834	11.596	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	N	11.596	11.596	74.517	0.000	0.000	0.200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	M42	4.888	2.444	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
.4-2	M24	2.444	4.888	0.000	0.000	1.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	N	0.000	0.000	0.000	0.175	0.050	0.050	-0.050	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
.4-4'	M44'	2.444	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

* 10⁻⁶

ELEM NO:	[P]	[Vt]				[f] [Px]				[f] [Pq] + [Vt]			
.1-2	M21	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	M23	0.000	0.000	0.000	0.000	2.834	2.834	5.154	1.446	0.000	0.000	0.000	0.000
.2-3	M32	0.000	0.000	0.000	0.000	1.446	1.446	3.766	2.834	0.000	0.000	0.000	0.000
	N	0.000	0.000	80.000	0.000	11.596	11.596	26.499	11.596	0.000	0.000	80.000	0.000
	M42	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	7.332	2.444	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
.4-2	M24	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	7.332	4.888	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	N	17.500	5.000	5.000	-5.000	0.000	0.000	0.000	0.000	17.500	5.000	5.000	-5.000
.4-4'	M44'	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.444	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

* 10⁻⁵* 10⁻⁶* 10⁻⁵

$$E = 20 \cdot 10^6 \text{ kN/m}^2$$

$$I_0 = 0.1128974 \text{ m}^4$$

$$1/EI_0 = 4.428799955 \cdot 10^{-7} \text{ kNm}^2$$

$$9.1388 X_1 + 2.8344 X_2 + 5.1536 X_3 + 1.4464 X_4 = -175$$

$$2.8344 X_1 + 19.9424 X_2 + 12.4856 X_3 + 1.4464 X_4 = -50$$

$$5.1536 X_1 + 12.4856 X_2 + 15.3415 X_3 + 3.7656 X_4 = -850$$

$$1.4464 X_1 + 1.4464 X_2 + 3.7656 X_3 + 2.8344 X_4 = 50$$

$$\implies X_1 = 29.0175$$

$$X_2 = 106.523$$

$$X_3 = -206.555$$

$$X_4 = 222.889$$

K.S.D. İLE KONTROL :

$$\int M_1 * M + \delta it = 0$$

$$\delta_{24t} = N_{24} * \epsilon * t * l * E I_0 = 0.175 * 10^{-5} * 20 * 5 * 2257948 = 395.1409$$

$$2.1068 * 1 * (29.0175) * \left[\frac{1}{0.148} \right] + (6.4 * (-71.0145))$$

$$+ 3.266 * (222.889) * 1 + \frac{8}{400} * 327.3 * (-165.244) + 395.1409 =$$

$$= -395.1565462 + 395.1409 = -0.0156162$$

$$r.h. = \% 3.952 * 10^{-3}$$

$$\int M_3 * M + \delta it = 0$$

$$\delta_{24t} = N_{24} * \epsilon * t * l * E I_0 = 0.050 * 10^{-5} * 20 * 5 * 2257948 = 112.8974$$

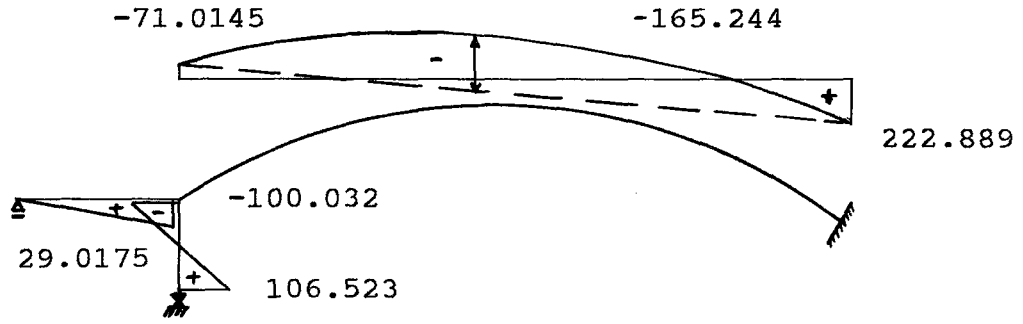
$$\delta_{23t} = N_{23} * \epsilon * t * l * E I_0 = 0.20 * 10^{-5} * 20 * 20 * 2257948 = 1806.3584$$

$$\delta_{24t} + \delta_{23t} = 1919.2558$$

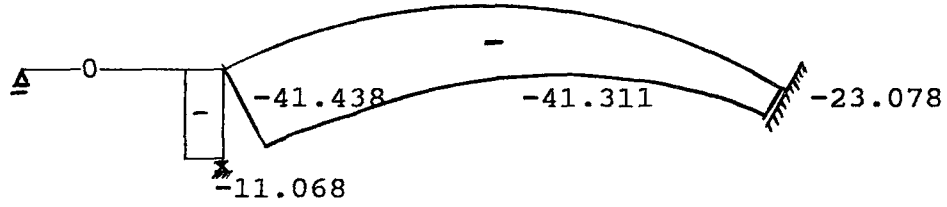
$$1/6 * 5 * 1 * (106.523 - 2 * 100.032) * \left[\frac{1}{.151} \right] + (6.4 * (-71.0145) + 3.266 * (222.889) * 1 + \frac{8}{400} * 327.3 * (-165.244) + \frac{8}{400} * (327.3 * (-71.0145) + 222.889) * 0.8 + \frac{168.256}{16} * (-165.244) * 0.8$$

$$= -1919.283576 + 1919.2558 = -0.027776$$

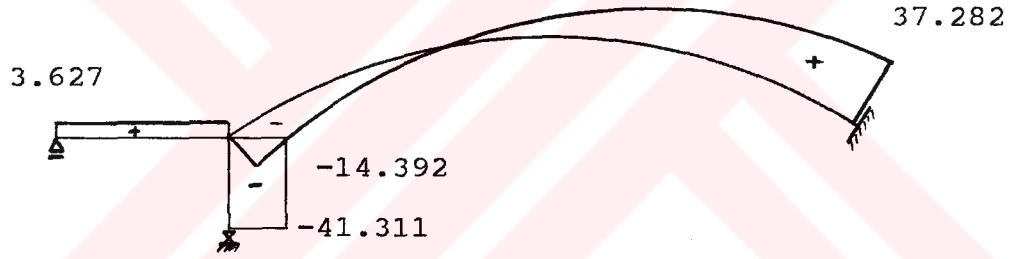
$$r.h. = \% 1.44722 * 10^{-3}$$



Şekil 2.31. "M" Moment Diyagramı (SİMETRİK-[kNm])



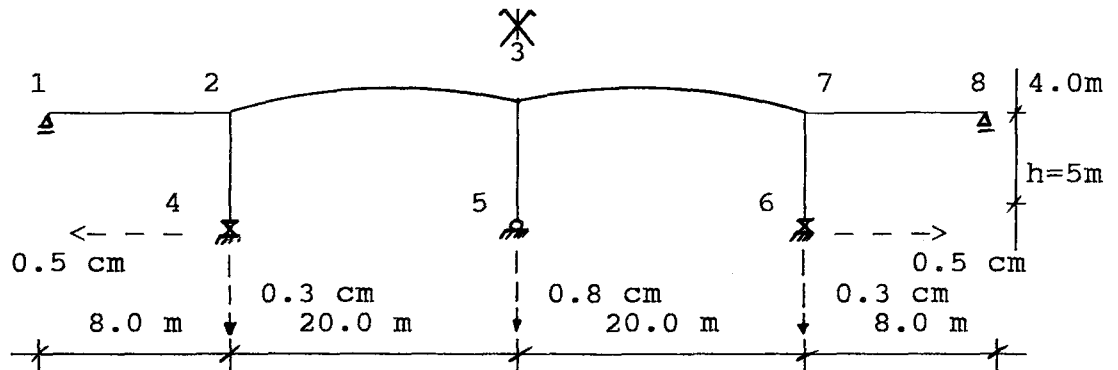
Şekil 2.32. "N" Normal KUVVET Diyagramı (SİMETRİK-[kN])



Şekil 2.33. "T" Kesme Kuvveti Diyagramı (ANTİMETRİK-[kN])

2.3.4. Mesnet Çökmeleri İçin Cross Yöntemi ile Hesap

- Genel Bilgiler



Şekil 2.34. Mesnet Çökmeleri

Sistem ve mesnet çökmeleri simetrik olduğundan sistemin yarısı ile hesap yapılabilmiştir. Sistem düğüm noktaları hareketli olduğundan çözüm aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır.

i. $\delta=0$ durumu : Bu durumda katların relatif deplasmanları sıfırdır, dolayısı ile düğüm noktaları sabittir. Bu durumda elemanlarda oluşan uç kuvvetleri M_0 'dır. Katlarda oluşan kat kesme kuvvetlerinin toplamı

sıfırdır. $X_{10}, X_{20}, \dots, X_{i0}$ olarak hesaplanır.

ii. $\delta=1$ durumu : Bu durumda dış yükleri almayız, "i" sayılı katın relatif deplasmanı $\delta_i = 1$ alınır. Diğer katların relatif deplasmanı $\delta_j = 0$ ($j \neq i$). Bu halde i. kat kolonlarının uçlarında oluşan $m_{i\delta}$ ankastrelik momentleri hesaplanır ve Coss şemasında dengelenir, kat kesme kuvvetleri hesaplanır. ($X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{in}$) Bu durumda oluşan uç kuvvetleri M_i 'dir.

iii. Süreklilik denklemi ($X_{i1} \delta_1 + X_{i2} \delta_2 + \dots + X_{i0} \delta_0 = 0$) yazılarak bilinmeyen kat deplasmanları bulunur.

iv. Süperpozisyon yapılarak uç kuvvetler bulunur.

$$(M_{ij} = M_0 + M_1 \delta_1 + \dots + M_i \delta_i)$$

Bizim sistemimizde relatif olarak δ_{24} alınarak hesap yapılacaktır. $\delta_{24} = 1$ durumunda çerçeve süreklilik denklemlerinden $\Delta_{23} = -1$ olduğu gözönünde tutulmuştur. Birim deplasman sabitleri bölüm 2.3.1'den alınmıştır.

-Dağıtma Sayılarının Hesabı

$$\text{-2 düğ.nok. } m_{202}^{21} = 0.070249 \text{ EIo} \longrightarrow r_{21}^{21} = 0.10324$$

$$m_{202}^{23} = 0.489249 \text{ EIo} \longrightarrow r_{23}^{23} = 0.71903$$

$$m_{202}^{24} = 0.120936 \text{ EIo} \longrightarrow r_{24}^{24} = 0.17773$$

$$\text{-4 düğ.nok. } m_{404}^{42} = 0.120936 \text{ EIo} \longrightarrow r_{42}^{42} = 0.40027$$

$$m_{404}^{44} = 0.1812 \text{ EIo} \longrightarrow r_{44}^{44} = 0.59973$$

- Geçiş Sayılarının Hesabı

$$\mu_{23} = \frac{m_{202}^{23}}{m_{202}^{23}} = \frac{-0.170168}{0.489249} = -0.34781$$

$$\mu_{24} = 0.5$$

$\delta = 0$ DURUMU :

Bu durumda çerçeve süreklilik denklemleri yardımıyla

$$\delta_{24} = 0 \text{ için } 1-2-4 \text{ çerçevesinde } \delta_{12} = 0.3 \text{ cm,}$$

$$4-2-3 \text{ çerçevesinde } \delta_{23} = 0.5 \text{ cm ve } \Delta_{23} = 0.5 \text{ cm bulunmuştur}$$

- Mesnet Çökmelerinden Meydana Gelen Uç Momentleri :

$$\text{- } M_{21} = m_{202}^{21} * \delta_{12} = 26.343 \text{ EIo} * 10^{-6} \text{ kNm.}$$

$$M_{23} = m_{202}^{23} * \delta_{23} + m_{202}^{23} * \Delta_{23} = 592.860 \text{ EIo} * 10^{-6} \text{ kNm.}$$

$$M_{32} = m_{304}^{23} * \delta_{23} + m_{304}^{23} * \Delta_{23} = -433.320 \text{ EIo} * 10^{-6} \text{ kNm.}$$

4		2			3
4 - 4'	4 - 2	0.5	2 - 4	2 - 1	2 - 3
0.59973	0.40027	<—>	0.17773	0.10324	0.71903
					-0.34781
	-55.025		-110.051	26.343	592.860
33.000	22.025		11.013	-63.927	-445.226
	-0.979		-1.957	-1.137	-7.918
0.587	0.392		0.196		
	-0.017		-0.035	-0.020	-0.141
0.010	0.007		0.003		
			0.000	0.000	-0.003
33.597	-33.597		-100.831	-38.741	139.572
					-275.662

$$\theta_2 = \frac{-453.288 \cdot 10^{-6}}{0.489249} = -9.265 \cdot 10^{-4}$$

N23 —>

$$\theta_4 = \frac{33.597 \cdot 10^{-6}}{0.1812} = 1.854 \cdot 10^{-4}$$

<— T24
ΣX = 0

$$T24 = \frac{(-33.597 - 100.831) \cdot 10^{-6}}{5} = -26.886 \cdot 10^{-6} \text{ kN.}$$

$$N23 = n_{2\Delta}^{23} \cdot \Delta_{23} + n_{2\theta_2}^{23} \cdot \theta_2 = 9.433 \cdot 10^{-5} \text{ EIo kN.}$$

$$\implies X_{10} = -121.220 \cdot 10^{-6} \text{ EIo}$$

δ1= 1 DURUMU :

$$\delta_1 = \delta_{24} = 1 \implies \Delta_{23} = -\delta_1 = -1$$

$$\implies M_{23} = -1 \cdot m_{2\Delta}^{23} = -102.618 \cdot 10^{-3} \text{ EIo kNm}$$

$$M_{32} = -1 \cdot m_{3\Delta}^{23} = 102.618 \cdot 10^{-3} \text{ EIo kNm}$$

$$N_{23} = -1 \cdot n_{2\Delta}^{23} = -37.882 \cdot 10^{-3} \text{ EIo kNm}$$

$$M_{24} = M_{42} = m_{2\delta}^{24} \cdot \delta_1 = 36.281 \cdot 10^{-3} \text{ EIo kNm}$$

4		0.5 ←→	2			-0.34781 →
4 - 4'	4 - 2		2 - 4	2 - 1	2 - 3	
0.59973	0.40027		0.17773	0.10324	0.71903	
	36.281		36.281		-102.618	102.618
	5.895		11.790	6.849	47.698	-16.590
-25.294	-16.882		-8.441			
	0.750		1.500	0.872	6.069	-2.111
-0.450	-0.300		-0.150			
	0.130		0.028	0.015	0.108	-0.038
-0.008	-0.005		-0.003			
			0.000	0.000	0.002	-0.001
-25.752	25.752		41.005	7.736	-48.741	83.878

$$\theta_2 = \frac{53.877 \cdot 10^{-3}}{0.489249} = 110.122 \cdot 10^{-3}$$

$$\theta_4 = \frac{-25.752 \cdot 10^{-3}}{0.1812} = 13.351 \cdot 10^{-3}$$

$$T_{24} = \frac{(25.752 + 41.005) \cdot 10^{-3}}{5} = 13.351 \cdot 10^{-3} \text{ kN.}$$

$$N_{23} = n_{2\Delta}^{23} \cdot \Delta_{23} + n_{2\theta_2}^{23} \cdot \theta_2 = -26.582 \cdot 10^{-3} \text{ EIo kN.}$$

$$\Rightarrow X_{11} = 39933 \cdot 10^{-6} \text{ EIo}$$

- Denge Denklemi :

$$\Rightarrow X_{11} \cdot \delta_1 + X_{10} = 0$$

$$39933 \cdot 10^{-6} \text{ EIo} \cdot \delta_1 - 121.220 \cdot 10^{-6} \text{ EIo} = 0$$

$$\delta_1 = 0.003035584 \text{ m}$$

- Süperpozisyonla Uç Momentlerinin Bulunması

$$M = M_0 + M_1 \cdot \delta_1$$

$$M_{21} = -34.451 \text{ kNm}$$

$$M_{23} = 18.934 \text{ kNm}$$

$$M_{32} = 47.515 \text{ kNm}$$

$$M_{24} = 53.385 \text{ kNm}$$

$$M_{42} = -100.649 \text{ kNm}$$

$$M_{44} = -100.649 \text{ kNm}$$

K.S.D. İLE KONTROL :

$$\int M_1 * M * \frac{ds}{EI} * \left[\frac{I_c}{I_o} \right] = E * I_o * J_1$$

$$2.1068 * 1 * (-34.451) * \left[\frac{1}{.15} \right] + (6.4 * (18.934) + 3.266 * (-47.515)) * 1$$

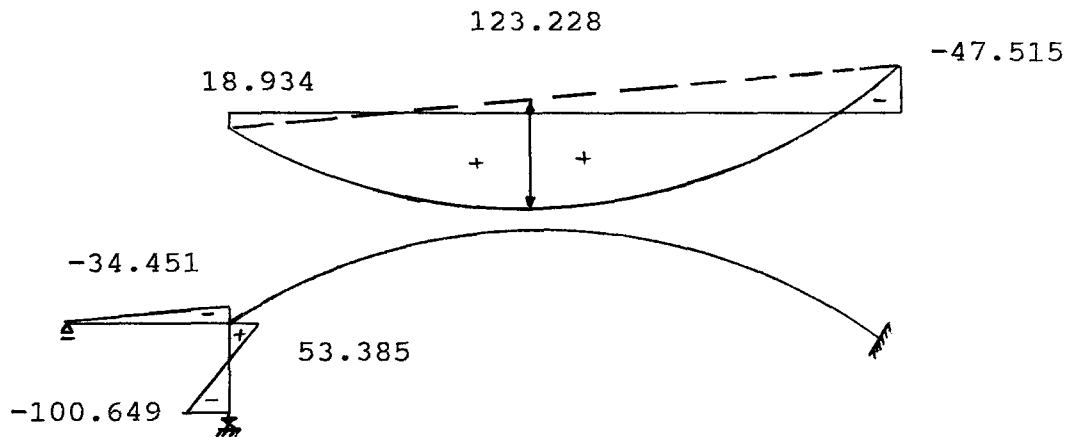
$$* \left[1 \right] + \frac{8}{400} * 327.3 * 1 * (123.228) = \left[.175 * .003 + 0.008 * (-0.05) \right] * E I_o$$

$$-490.4146405 - 34.00639 + 806.650488 = 282.2435$$

$$282.2295 = 282.2435$$

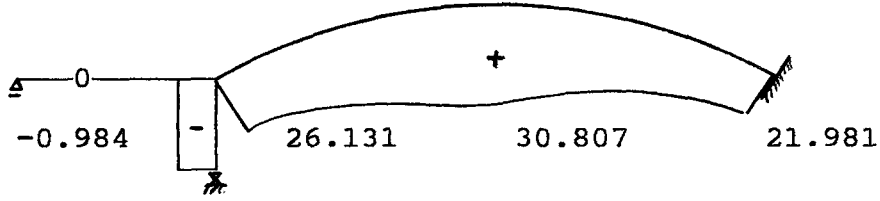
$$r.h. = \% 4.9604 * 10^{-3}$$

Moment diyagramı simetrik olacağından diğer yarısının hesaplanmasına gerek görülmemiştir. Bu yüklemekten dolayı elde edilen moment diyagramı Şekil 2.35'de gösterilmiştir



Şekil 2.35. "M" Moment Diyagramı (SİMETRİK-[kNm])

- N Uç Kuvvetleri



Şekil 2.36. "N" Normal KUVVET Diyagramı (SİMETRİK-[kN])

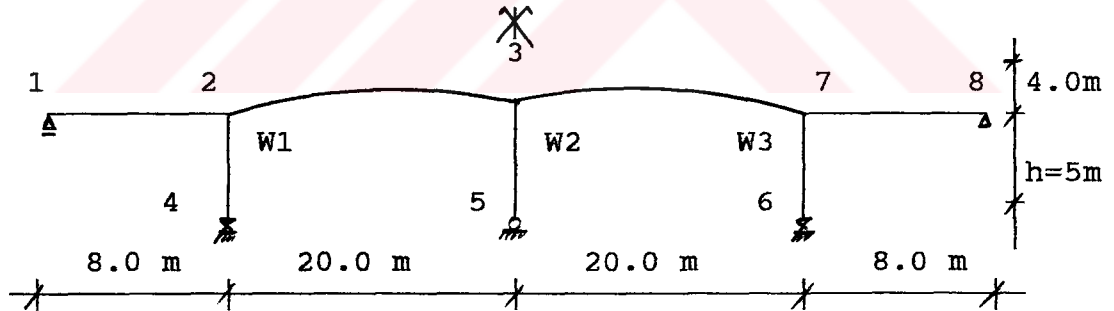
- T Uç Kuvvetleri



Şekil 2.37. "T" Kesme Kuvveti Diyagramı (ANTİMETRİK-[kN])

2.3.5. Deprem Yükleri için Açı Yöntemi ile Hesap
($C=C_0=0.10$)

- Genel Bilgiler



Şekil 2.38. Deprem Yükleri

Düğüm noktalarındaki W1, W2 ve W3 yükleri, boyuna kirişler ve çerçeveyi oluşturan esas kirişlerdeki en elverişsiz kesme kuvveti değerleri ile bulunmuştur. Boyuna kirişlere ait en elverişsiz kesme kuvveti değerleri sürekli kiriş kabulü yapılarak, kiriş zati ve döşemeden gelen yükler gözönüne alınarak hesaplanmıştır.

$$[W = Q + G]$$

$$W1 = W3 = 704.986 + 252.402 = 957.388 \text{ kN.}$$

$$W2 = 1104.201 + 252.402 = 1356.603 \text{ kN.}$$

$$[C = C_o * K * S * I] \quad C_o = 0.10$$

$$I = 1.0 \text{ (Endüstri Yapısı)}$$

$$S = K = 1.0$$

$$\implies C = C_o * K * S * I = 0.10$$

$$\Sigma W_i = 957.388 + 1356.603 + 957.388 = 3271.379 \text{ kN.}$$

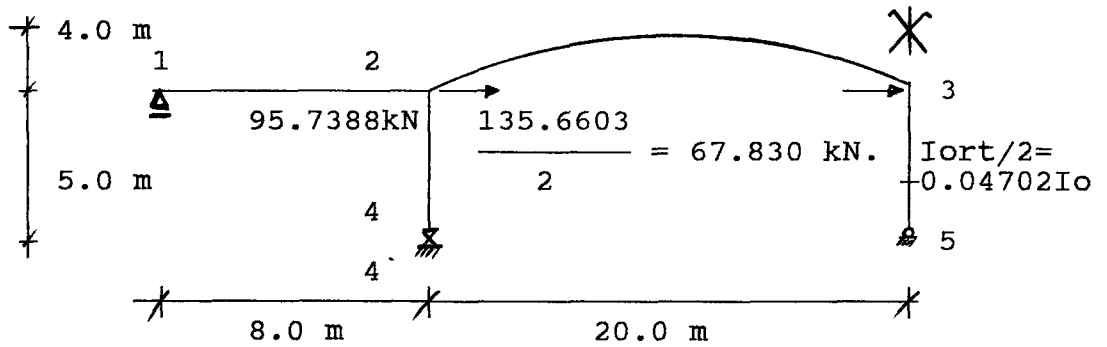
$$\Sigma F = C * \Sigma W_i = 0.10 * 3271.379 = 327.1379 \text{ kN.}$$

$$F_i = (\Sigma F - F_t) * \frac{W_i * h_i}{\Sigma W_i} \quad ; \quad \frac{H}{D} \leq 3 \implies F_t = 0$$

TABLO 2.8 Deprem Yükleri

i	W_i [kN]	h_i [m]	$W_i * h_i$ [kNm]	$\frac{\Sigma F}{\Sigma W_i * h_i}$	F_i [kN]
1	957.388	5	4786.940	0.02	95.7388
2	1356.603	5	6783.015	0.02	135.6603
3	957.388	5	4786.940	0.02	95.7388

$$\Sigma = 16356.895 \text{ kNm}$$



Şekil 2.39. Sistem Geometrisi ve Yükleri

(SİSTEM SİMETRİK, YÜKLEME İSE ANTİMETRİK)

- Denge Denklemleri

Bilinmeyenler : $\theta_2, \theta_3, \theta_4, \delta_1, \delta_{24}, \delta_2, \delta_{35}, \Delta_{23} = \delta_2 - \delta_1$

$$\Sigma M_2 = 0 \Rightarrow \theta_2 * \left(m_{202}^{21} + m_{202}^{24} + m_{202}^{23} \right) + \theta_3 * m_{203}^{23} + \theta_4 * m_{204}^{24} +$$

$$m_{2\delta}^{24} * \delta_1 + m_{2\Delta}^{23} * (\delta_2 - \delta_1) = 0$$

$$\Sigma M_3 = 0 \Rightarrow \theta_3 * \left(m_{303}^{23} + m_{303}^{-35} \right) + \theta_2 * m_{302}^{23} + m_{3\delta}^{-35} * \delta_2 + m_{3\Delta}^{23} * (\delta_2 - \delta_1) = 0$$

$$\Sigma M_4 = 0 \Rightarrow \theta_4 * \left(m_{404}^{42} + m_{404}^{44} \right) + \theta_2 * m_{402}^{24} + m_{2\delta}^{24} * \delta_1 = 0$$

$$1 \quad 2 \quad \longrightarrow N_{23} = 0$$

$$95.7388 \text{ kN} \quad \longleftarrow \quad \Sigma X = 0 \Rightarrow \theta_2 * \left(-n_{202}^{23} + t_{202}^{24} \right) + t_{2\delta}^{24} * \delta_1$$

$$T_{24} = 0$$

$$- n_{2\Delta}^{23} * (\delta_2 - \delta_1) + \theta_3 * \left(-n_{203}^{23} \right) + t_{204}^{24} * \theta_4 - 95.7388 = 0$$

$$\longleftarrow N_{23} = 0$$

$$67.83015 \quad \longleftarrow \quad \Sigma X = 0 \Rightarrow \theta_3 * \left(n_{303}^{23} + t_{303}^{-35} \right) + t_{3\delta}^{-35} * \delta_2 + \theta_2 * n_{302}^{23}$$

$$\longleftarrow T_{35} = 0$$

$$+ n_{3\Delta}^{23} * (\delta_2 - \delta_1) - 67.83015 = 0$$

$$.680434 * \theta_2 - .170168 * \theta_3 + .060468 * \theta_4 - .066337 * \delta_1 + .102618 * \delta_2 = 0$$

$$- .170168 * \theta_2 + .492583 * \theta_3 + .102618 * \delta_1 - .1019512 * \delta_2 = 0$$

$$0.060468 * \theta_2 + .302136 * \theta_4 + .036281 * \delta_1 = 0$$

$$- .066337 * \theta_2 + .102618 * \theta_3 + .036281 * \theta_4 + .052394 * \delta_1 - .037882 * \delta_2 = 95.7388$$

$$.102618*\theta_2 - .1019512*\theta_3 - .037882*\delta_1 + .03801535*\delta_2 = 67.83015$$

$$\begin{bmatrix} 0.6804 & -0.1702 & 0.0605 & -0.0663 & 0.1026 \\ -0.1702 & 0.4926 & 0 & 0.1026 & -0.1020 \\ 0.0605 & 0 & 0.3021 & 0.0363 & 0 \\ -0.0663 & 0.1026 & 0.0363 & 0.0524 & -0.0379 \\ 0.1026 & -0.1020 & 0 & -0.0379 & 0.0380 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \theta_2 \\ \theta_3 \\ \theta_4 \\ \delta_1 \\ \delta_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 95.7388 \\ 67.83015 \end{bmatrix}$$

$$\theta_2 = -2711.4963601$$

$$\delta_1 = 23227.781022$$

$$\theta_3 = 2020.9493132$$

$$\delta_2 = 37669.822632$$

$$\theta_4 = -2246.5656571$$

$$\Delta_{23} = (\delta_2 - \delta_1) = 14442.04161$$

-UÇ KUVVETLERİNİN TAYİNİ :

-Uç Momentleri

$$M_{21} = -190.480 \text{ kNm}$$

$$M_{35} = -31.856 \text{ kNm}$$

$$M_{23} = 188.484 \text{ kNm}$$

$$M_{35} = 0$$

$$M_{32} = -31.856 \text{ kNm}$$

$$M_{42} = -407.077 \text{ kNm}$$

$$M_{24} = 378.964 \text{ kNm}$$

$$M_{44} = -407.077 \text{ kNm}$$

K.S.D. İLE KONTROL :

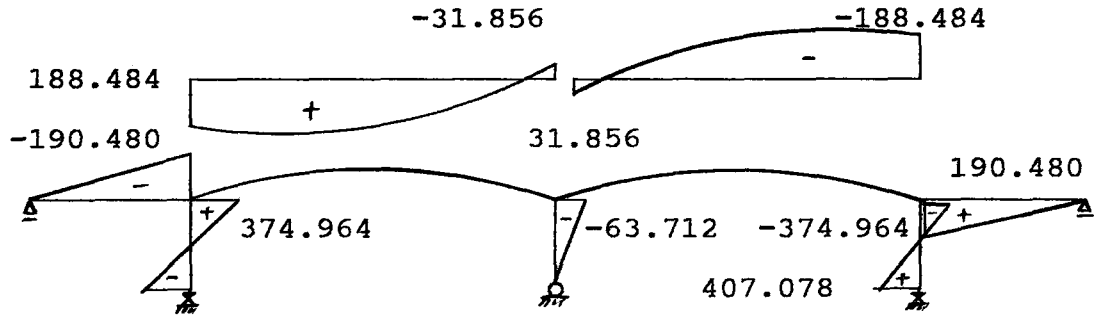
$$\int M_1 * M * \frac{ds}{EI} * \left[\frac{I_c}{I_o} \right] = 0$$

$$2.1068*1*(-190.480)*\left[\frac{1}{0.148}\right] + (6.4*(188.484))$$

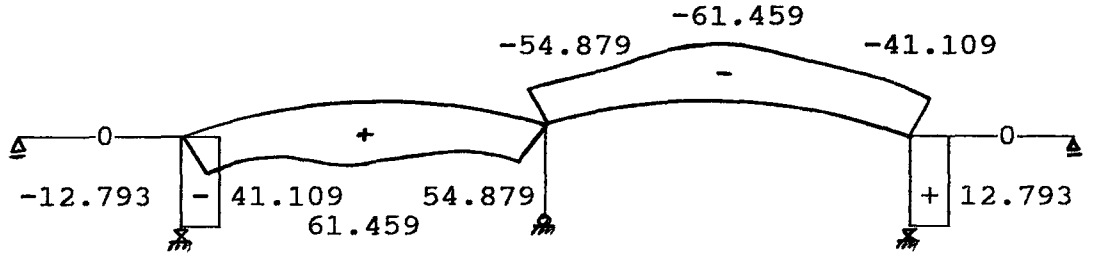
$$+ 3.266*(-31.856))*1*\left[1\right] + \frac{8}{400}*327.3*1*(245.837) = 0$$

$$-2711.507259 + 1101.997083 + 1609.250578 = -0.259598$$

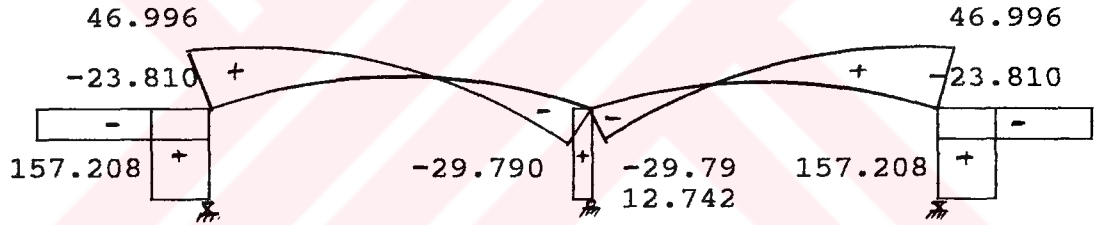
$$r.h. = \% 9.5744*10^{-3}$$



Şekil 2.40. "M" Moment Diyagramı [kNm]

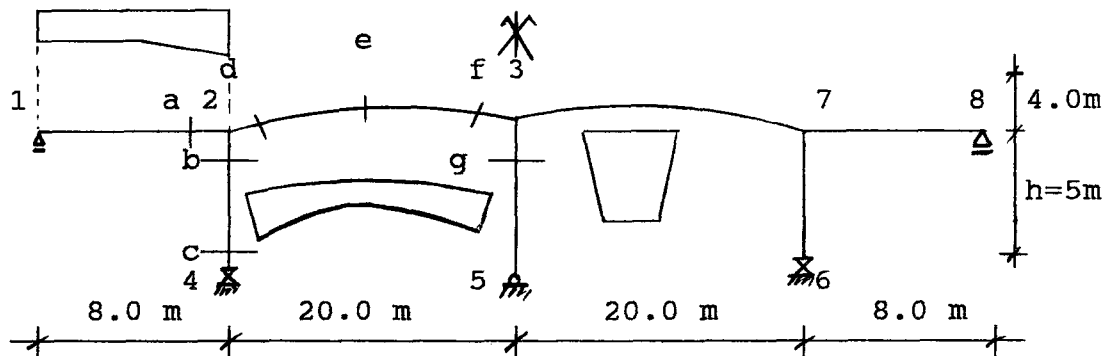


Şekil 2.41. "N" Normal Kuvvet Diyagramı [kN]



Şekil 2.42. "T" Kesme Kuvveti Diyagramı [kN]

2.3.6. a, b, c, d, e, f ve g Kesitlerinde En Elverişsiz
Tesirlere Göre Kesit Hesabı



Şekil 2.43. Hesabı Yapılacak Kesitler

Kesit hesapları Taşıma Gücüne göre yapılacağından en elverişsiz tesirler aşağıdaki yük kombinezonları içerisinde belirlenecektir. [5]

- i. $1.4*G + 1.6*Q$
- ii. $1.0*G + 1.0*Q + 1.2*T$
- iii. $1.0*G + 1.0*Q + 1.0*W$

Bu ifadelerdeki sembollerin anlamı aşağıdadır :

G : Yapıya, kullanım sırasında hayatı boyunca sürekli etkileyen yapı yükü.

Q : Yapıya zaman zaman etkileyen hareketli yük.

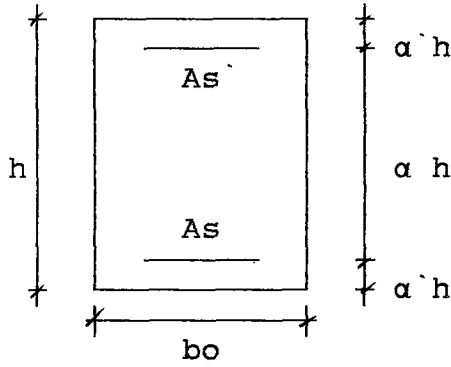
T : Farklı mesnet çökmeleri, sıcaklık değişimi, sünme, rötre etkileri.

W : Deprem etkisi.

Şekil 2.43 'de görülen hesabı yapılacak yedi kesitte söz konusu yüklerden meydana gelen iç etkiler Tablo 2.9 'da, yüklerin süperpozisyonu ise Tablo 2.10 'da gösterilmiştir

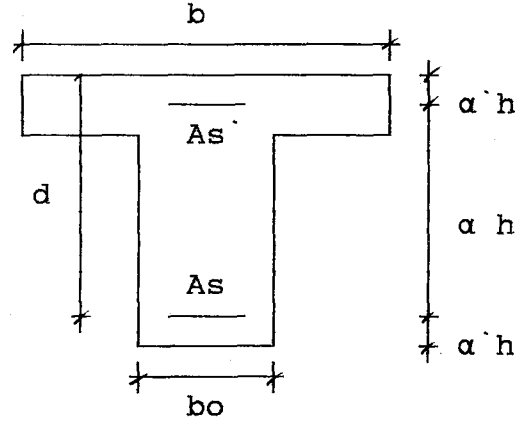
- i. Max. moment ve max. momente ait olan yüklemeden oluşan Normal Kuvvet (M1)
- ii. Min. moment ve min. momente ait olan yüklemeden oluşan Normal Kuvvet (M2)
- iii. Max. normal kuvvet ve max. normal kuvvete ait olan yüklemeden oluşan Moment (M3)
- iv. Min. normal kuvvet ve min. normal kuvvete ait olan yüklemeden oluşan Moment (M3)

Kesme kuvvetinin ise max. ve minimumlarının hesaplanmasıyla yetinilmiştir.



Şekil 2.44

Dikdörtgen Kesit

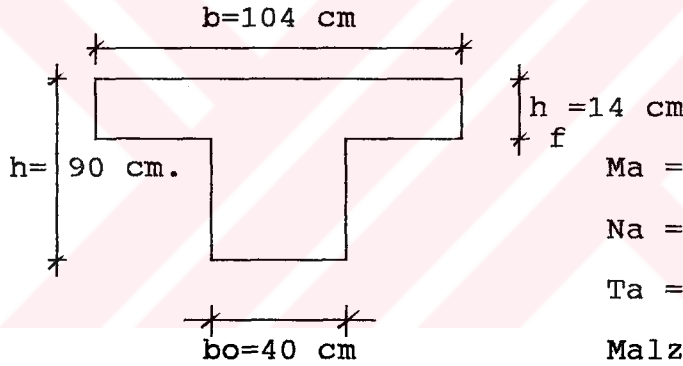


Şekil 2.45

Tablalı Kesit

- Kesit Hesapları

- (a) Kesiti (Tablalı) [6]



$$M_a = -987.749 \text{ kNm.}$$

$$N_a = 0$$

$$T_a = -433.815 \text{ kN.}$$

$$\text{Malz : BS25 / BÇ III}$$

$$f_{ck}/f_{yk} = 25 / 420 \text{ N/mm}^2$$

$$\alpha = \frac{h - 2 \cdot h'}{h} = \frac{0.90 - 2 \cdot 0.05}{0.90} = 0.90$$

$$m = \frac{987749}{0.40 \cdot (0.9)^2 \cdot 25 \cdot 10^6} = 0.122 \xrightarrow{\text{abak}} \mu = 0.170$$

$$\beta = 0.50$$

$$\mu' = 0.085$$

$$A_{s'} = \beta \cdot \mu \cdot \frac{f_{ck}}{f_{yk}} \cdot b_o \cdot h \cdot \frac{0.8}{\alpha} = 0.5 \cdot 0.170 \cdot \frac{25}{420} \cdot 40 \cdot 90 \cdot \frac{0.8}{0.9}$$

$$A_{s'} = 16.19 \text{ cm}^2.$$

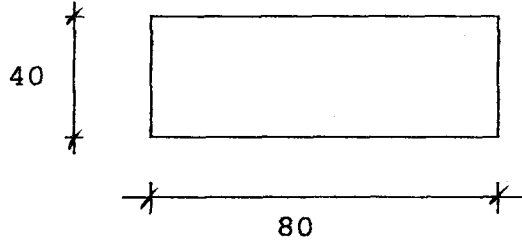
$$A_s = \mu \cdot \frac{f_{ck}}{f_{yk}} \cdot b_o \cdot h \cdot \frac{0.8}{\alpha} = 0.170 \cdot \frac{25}{420} \cdot 40 \cdot 90 \cdot \frac{0.8}{0.9}$$

$$A_s = 32.38 \text{ cm}^2.$$

$$\text{Çekme Donatısı} : 6 \phi 28 (36.94 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Basınç Donatısı} : 4 \phi 24 (18.10 \text{ cm}^2)$$

- (b) Kesiti (Dikdörtgen) [7]



$$M_{G+Q+E} = -1081.286 \text{ kNm.}$$

$$N_{G+Q+E} = -748.901 \text{ kN.}$$

$$M_{1.4G+1.6Q} = -1014.692 \text{ kNm.}$$

$$N_{1.4G+1.6Q} = -1077.713 \text{ kN.}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{M}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} \rightarrow m = \frac{1081.286}{0.4 \cdot 0.8^2 \cdot 17000} = 0.25 \\ n &= \frac{N}{b \cdot h \cdot f_{cd}} \rightarrow n = \frac{748.901}{0.4 \cdot 0.8 \cdot 17000} = 0.14 \end{aligned} \quad \rightarrow w = 0.22$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{M}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} \rightarrow m = \frac{1014.692}{0.4 \cdot 0.8^2 \cdot 17000} = 0.23 \\ n &= \frac{N}{b \cdot h \cdot f_{cd}} \rightarrow n = \frac{1077.713}{0.4 \cdot 0.8 \cdot 17000} = 0.20 \end{aligned} \quad \rightarrow w = 0.18$$

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{w \cdot b \cdot h}{f_{yd} / f_{cd}} = \frac{0.22 \cdot 40 \cdot 80}{365 \cdot 10^3 / 17 \cdot 10^3} = 32.78 \text{ cm}^2. \\ &= \frac{32.78}{40 \cdot 80} = 0.010 \end{aligned} \quad \underline{\underline{9 \phi 22 (34.21 \text{ cm}^2)}}$$

$$A_g = \frac{A_s}{3} = \frac{32.78}{3} = 10.93 \text{ cm}^2.$$

$$A_g / 2 = 5.46 \text{ cm}^2. \quad \underline{\underline{2 \phi 20 (6.28 \text{ cm}^2)}}$$

$$\text{Etriye donatısı} : \phi \text{ etriye} = \frac{\phi A_s}{3} = \frac{22}{3} = 7.33 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Etriye aralığı} \quad t &\leq 20 \text{ cm.} \\ &\leq 12 \cdot \phi = 26.4 \text{ cm.} \end{aligned}$$

$$\underline{\underline{\phi 8 / 20}}$$

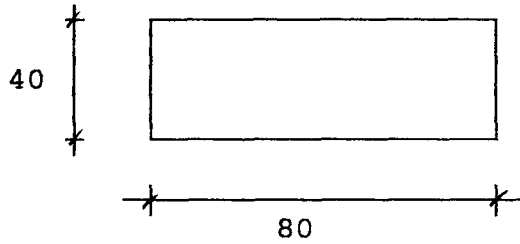
TABLO 2.9. Sistemle ilgili Yüklemlerden Oluşan İç Kuvvetler

KESİT	KESİT ZORU	G Sabit Yük	P1 Solida	P1 Sağda	P2 Solida	P2 Sağda	P3 Solida	P3 Sağda	Meznet Çökmesi	W Solida DEPREM	W Sağda DEPREM	T = + 20 C Düz.Sic. Değişimi	T = -20 C Düz.Sic. Değişimi
a	M	-448.856	-88.645	-7.752	-56.401	33.490	-37.345	31.530	-34.451	-190.480	190.480	29.020	-29.020
	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	T	-216.967	-57.137	0.969	-7.050	-4.186	-4.668	-3.941	-4.306	-23.810	-23.810	3.627	-3.627
b	M	-545.117	21.692	9.300	-70.108	-29.391	-45.462	-12.244	53.385	378.964	-378.964	-100.032	100.032
	N	-704.986	-60.439	-0.721	-100.937	6.220	27.493	10.516	-0.984	-12.793	12.793	-11.068	11.068
	T	-181.082	4.756	-4.256	-17.053	14.620	-11.145	8.375	30.807	157.208	157.208	-41.311	41.311
c	M	360.297	-2.088	-11.983	15.157	43.714	10.260	29.635	-100.649	-407.078	407.078	106.523	-106.523
	N	-704.986	-60.439	-0.721	-100.937	6.220	27.493	10.516	-0.984	-12.793	12.793	-11.068	11.068
	T	-181.082	4.756	-4.256	-17.053	14.620	-11.145	8.375	30.807	157.208	157.208	-41.311	41.311
d	M	-993.973	-66.953	1.548	-126.509	4.099	-82.808	19.286	18.934	188.484	-188.484	-71.015	71.015
	N	-446.260	1.651	3.479	-71.967	-10.146	11.388	-2.432	26.131	41.109	-41.109	-41.438	41.438
	T	267.962	5.549	-2.465	62.660	10.721	-32.076	10.366	16.651	46.996	46.996	-14.332	14.332
e	M	636.617	-14.912	16.090	144.158	-74.720	150.989	-82.437	108.940	324.151	-324.151	-89.307	89.307
	N	-181.076	4.756	4.256	-17.053	-14.620	-11.145	-8.375	30.807	61.459	-61.459	-41.311	41.311
	T	199.926	3.302	0.248	26.113	2.034	32.161	6.575	-3.322	11.017	11.017	-14.695	14.695
f	M	-1334.784	-0.920	-3.419	-48.748	-36.581	-126.058	-112.209	-47.515	-31.856	31.856	222.889	-222.889
	N	-486.291	5.777	3.169	-29.629	-12.687	46.170	-10.647	21.981	54.879	-54.879	-23.078	23.078
	T	-318.000	-0.393	2.853	-9.738	-7.545	75.553	-0.098	-21.839	-29.790	29.790	37.282	-37.282
g	M	0.000	2.499	2.499	-12.167	-12.167	-13.848	-13.848	0.000	-63.712	63.712	0.000	0.000
	N	-1104.201	3.053	3.053	-28.147	-28.147	81.264	81.264	-6.644	0.000	0.000	29.390	-29.390
	T	0.000	-0.500	-0.500	2.433	2.433	2.770	2.770	0.000	12.742	-12.742	0.000	0.000

TABLO 2.10. Süperpozisyon Tablosu

KESİT	KESİT ZORU	DÜSEY YÖK DURUMU												DEPREM DURUMU			
		1.4 G + 1.6 Q				1.0 G + 1.2 Q + 1.2 T				1.0 G + 1.0 Q + 1.0 W							
		M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4				
a	M	-524.366	-987.749	0.000	0.000	-336.008	-753.193	0.000	0.000	-193.358	-863.930	0.000	0.000				
	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
	T	-302.203	-433.815			-211.452	-318.865			-215.998	-322.065						
b	M	-628.161	-1014.692	-902.519	740.333	-323.826	-853.801	-529.595	-648.033	-81.776	-1081.286	-1011.178	-151.884				
	N	-1086.411	-1077.713	-916.214	-1247.910	-766.277	-786.317	-638.630	-913.965	-779.923	-748.901	-647.964	-880.860				
	T	-159.822	-305.441			-61.239	-269.600			34.684	-213.518						
c	M	662.441	320.864	638.190	345.115	606.644	94.805	332.800	368.649	866.141	-161.501	850.984	-146.344				
	N	-1077.713	-1086.411	-916.214	-1247.910	-786.317	-766.277	-638.630	-913.965	-748.901	-779.923	-647.964	-880.860				
	T	-159.822	-305.441			-61.239	-269.600			34.684	-213.518						
d	M	-1321.375	-1833.594	-1598.409	-1556.561	-856.115	-1410.715	-1063.890	-1202.940	-761.622	-1458.727	-934.768	-1285.581				
	N	-597.513	-719.049	-556.526	-760.036	-376.096	-566.699	-345.356	-597.440	-388.119	-546.297	-362.502	-571.914				
	T	544.662	319.881			412.297	209.314			420.905	233.421						
e	M	1563.547	615.953	1067.453	1112.048	1247.998	322.966	875.927	695.037	1380.945	140.397	1070.886	450.456				
	N	-242.522	-282.689	-189.796	-335.415	-123.265	-252.536	-83.720	-292.081	-112.752	-260.774	-79.998	-293.728				
	T	392.589	274.581			302.080	178.306			281.376	196.604						
f	M	-1868.698	-2469.418	-2153.357	-2184.758	-1067.317	-2052.791	-1815.745	-1304.363	-1302.928	-1742.090	-1544.552	-1500.466				
	N	-680.807	-642.193	-557.452	-765.548	-513.985	-429.637	-366.081	-577.540	-541.170	-407.278	-354.315	-594.133				
	T	-319.750	-508.581			-179.174	-410.274			-239.594	-387.403						
g	M	7.997	-83.248	-138.256	-38.934	5.998	-62.436	-27.238	-29.201	4.998	-115.742	-86.410	-24.334				
	N	-1546.742	-1375.907	-1276.067	-1693.606	-1104.845	-976.720	-866.572	-1214.995	-1104.739	-997.967	-935.567	-1167.139				
	T	16.650	-1.600			12.487	-1.200			23.148	-1.000						

- (c) Kesiti (Dikdörtgen)



$$M_{G+Q+E} = 866.141 \text{ kNm.}$$

$$N_{G+Q+E} = -748.901 \text{ kN.}$$

$$M_{1.4G+1.6Q} = 662.441 \text{ kNm.}$$

$$N_{1.4G+1.6Q} = -1077.713 \text{ kN.}$$

$$m = \frac{M}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} \rightarrow m = \frac{866.141}{0.4 \cdot 0.8^2 \cdot 17000} = 0.20$$

$$n = \frac{N}{b \cdot h \cdot f_{cd}} \rightarrow n = \frac{748.901}{0.4 \cdot 0.8 \cdot 17000} = 0.14$$

→ w = 0.155

$$m = \frac{M}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} \rightarrow m = \frac{662.441}{0.4 \cdot 0.8^2 \cdot 17000} = 0.15$$

$$n = \frac{N}{b \cdot h \cdot f_{cd}} \rightarrow n = \frac{1077.713}{0.4 \cdot 0.8 \cdot 17000} = 0.20$$

→ w = 0.08

$$A_s = \frac{w \cdot b \cdot h}{f_{yd} / f_{cd}} = \frac{0.155 \cdot 40 \cdot 80}{365 \cdot 10^3 / 17 \cdot 10^3} = 23.10 \text{ cm}^2.$$

8 ϕ 20 (25.14 cm²)

$$= \frac{25.14}{40 \cdot 80} = 0.0078$$

$$A_{min} = 0.010 \cdot 40 \cdot 80 = 32 \text{ cm}^2. \quad \underline{\underline{9 \phi 22 (34.21 \text{ cm}^2)}}$$

$$A_g = \frac{A_s}{3} = \frac{32.00}{3} = 10.67 \text{ cm}^2.$$

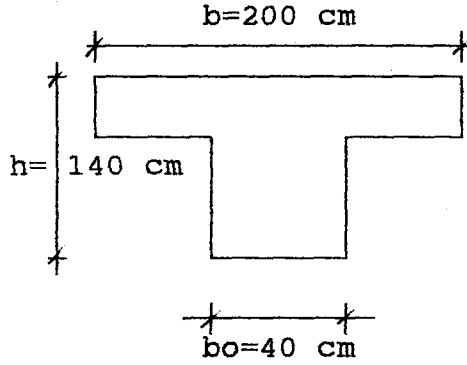
$$A_g / 2 = 5.33 \text{ cm}^2. \quad \underline{\underline{2 \phi 20 (6.28 \text{ cm}^2)}}$$

$$\text{Etriye donatısı : } \phi \text{ etriye} = \frac{\phi A_s}{3} = \frac{22}{3} = 7.33 \text{ mm}$$

$$\text{Etriye aralığı } t \leq 20 \text{ cm.} \quad \underline{\underline{\phi 8 / 20}}$$

$$\leq 12 \cdot \phi = 26.4 \text{ cm.}$$

- (d) Kesiti (Tablalı) [8]



$$M_d = -1833.594 \text{ kNm.}$$

$$N_d = -719.049 \text{ kN.}$$

$$T_d = 514.662 \text{ kN.}$$

Malz : BS25 / BÇ III

$$f_{ck}/f_{yk} = 25 / 420 \text{ N/mm}^2$$

$$\alpha = 0.93$$

$$M_d = 1833.594 + 719.049 * \frac{1.30}{2} = 2300.976 \text{ kNm.}$$

$$m = \frac{2300976}{0.40 * 1.4^2 * 25 * 10^6} = 0.117 \xrightarrow{\text{abak}} \mu = 0.16$$

$$\beta = 0.50$$

$$\mu' = 0.08$$

$$A_{s'} = \beta * \mu * \frac{f_{ck}}{f_{yk}} * b_o * h * \frac{0.8}{\alpha} = 0.5 * 0.160 * \frac{25}{420} * 40 * 140 * \frac{0.8}{0.93}$$

$$A_{s'} = 22.94 \text{ cm}^2.$$

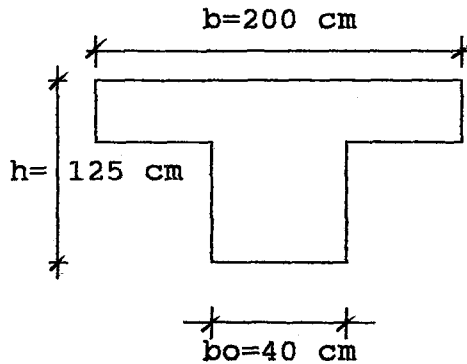
$$A_s = \mu * \frac{f_{ck}}{f_{yk}} * b_o * h * \frac{0.8}{\alpha} = 0.160 * \frac{25}{420} * 40 * 140 * \frac{0.8}{0.9}$$

$$A_s = 45.88 \text{ cm}^2.$$

Çekme Donatısı : 8 ϕ 28 (49.26 cm²)

Basınç Donatısı : 4 ϕ 28 (24.63 cm²)

- (e) Kesiti (Tablalı)



$$M_e = 1563.547 \text{ kNm}$$

$$N_e = -242.522 \text{ kN.}$$

$$T_e = 392.589 \text{ kN.}$$

Malz : BS25 / BÇ III

$$f_{ck}/f_{yk} = 25 / 420 \text{ N/mm}^2$$

$$\alpha = \frac{125-2*5}{125} = 0.92$$

$$M_d = M_d + N_d * \frac{\alpha * h}{2} = 1563.547 + 242.522 * \frac{0.92 * 1.25}{2} = 1702.997 \text{ kNm.}$$

$$m = \frac{1702.997}{2.00 * 1.25^2 * 25 * 10^6} = 0.0218 \xrightarrow{\text{abak}} \mu = 0.03$$

$$a = 1.975 * 0.030 * 125 = 7.41 \text{ cm} < h_f = 14 \text{ cm.}$$

(Basınç donatısı ihmal edilebilir)

$$m = 0.8696 * \mu * \left(\frac{1+\alpha}{2} - 0.8 * \mu \right) * K$$

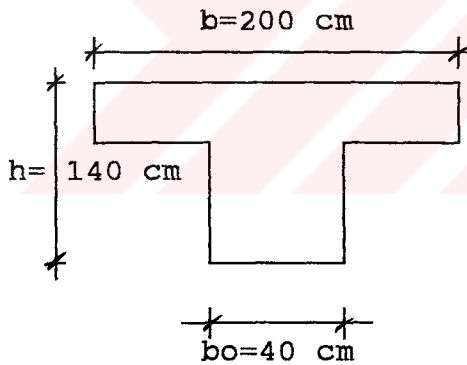
$$0.0218 = 0.8696 * 0.030 * \left(\frac{1+0.92}{2} - 0.8 * 0.03 \right) * K$$

$$K = 0.8928$$

$$A_s = 0.8928 * 0.03 * 200 * 125 * \frac{25}{420} = 39.86 \text{ cm}^2$$

Çekme Donatısı : 7 ϕ 28 (43.10 cm²)

- (f) Kesiti (Tablalı)



$$M_f = -2469.418 \text{ kNm}$$

$$N_f = -642.193 \text{ kN.}$$

$$T_f = -508.581 \text{ kN.}$$

Malz : BS25 / BÇ III
fck/fyk = 25 / 420 N/mm²

$$\alpha = 0.93$$

$$M_d = 2469.418 + 642.193 * \frac{1.30}{2} = 2886.843 \text{ kNm.}$$

$$m = \frac{2886843}{0.40 * 1.4^2 * 25 * 10^6} = 0.147 \xrightarrow{\text{abak}} \mu = 0.21$$

$$\beta = 0.50$$

$$\mu' = 0.105$$

$$A_s' = \beta * \mu * \frac{f_{ck}}{f_{yk}} * b_o * h * \frac{0.8}{\alpha} = 0.5 * 0.210 * \frac{25}{420} * 40 * 140 * \frac{0.8}{0.93}$$

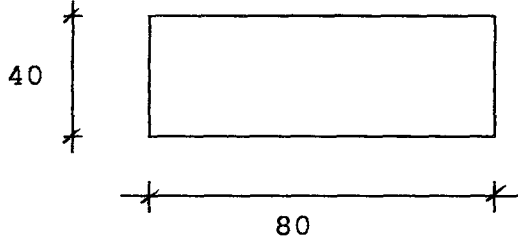
$$As' = 30.11 \text{ cm}^2.$$

$$As = 0.21 * 40 * 140 * \frac{0.8}{0.93} * \frac{25}{420} = 60.22 \text{ cm}^2$$

Çekme Donatısı : 10 ϕ 28 (61.58 cm²)

Basınç Donatısı : 5 ϕ 28 (30.79 cm²)

- (g) Kesiti (Dikdörtgen)



$$M = -115.742 \text{ kNm.}$$

$$N = -997.967 \text{ kN.}$$

$$M = -138.256 \text{ kNm.}$$

$$N = -1276.067 \text{ kN.}$$

$$M = -138.256 \text{ kNm.}$$

$$N = -1276.067 \text{ kN.}$$

$$M = -138.256 \text{ kNm.}$$

$$N = -1276.067 \text{ kN.}$$

$$m = \frac{M}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} \rightarrow m = \frac{115.742}{0.4 \cdot 0.8^2 \cdot 17000} = 0.03$$

$$n = \frac{N}{b \cdot h \cdot f_{cd}} \rightarrow n = \frac{997.967}{0.4 \cdot 0.8 \cdot 17000} = 0.18$$

-> w=okunmuyor

$$m = \frac{M}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} \rightarrow m = \frac{138.256}{0.4 \cdot 0.8^2 \cdot 17000} = 0.02$$

$$n = \frac{N}{b \cdot h \cdot f_{cd}} \rightarrow n = \frac{1276.067}{0.4 \cdot 0.8 \cdot 17000} = 0.32$$

-> w=okunmuyor

$$A_{min} = 0.010 * 40 * 80 = 32 \text{ cm}^2. \quad \underline{\underline{9 \phi 22 (34.21 \text{ cm}^2)}}$$

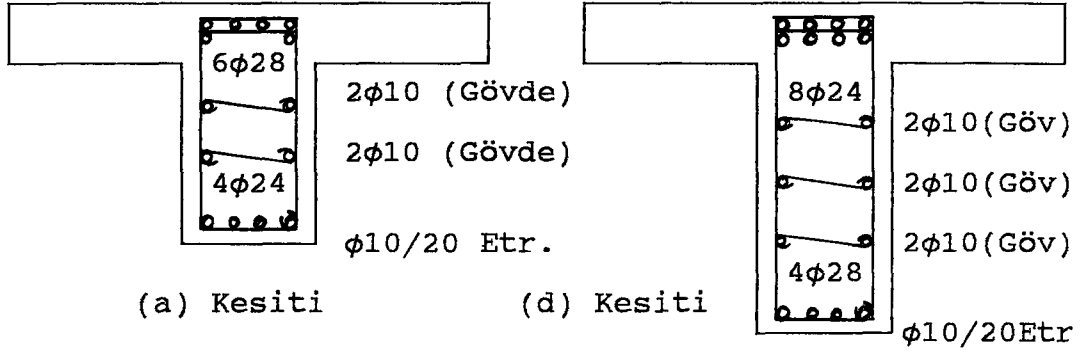
$$A_g = \frac{As}{3} = \frac{32.00}{3} = 10.67 \text{ cm}^2.$$

$$A_g/2 = 5.33 \text{ cm}^2. \quad \underline{\underline{2 \phi 20 (6.28 \text{ cm}^2)}}$$

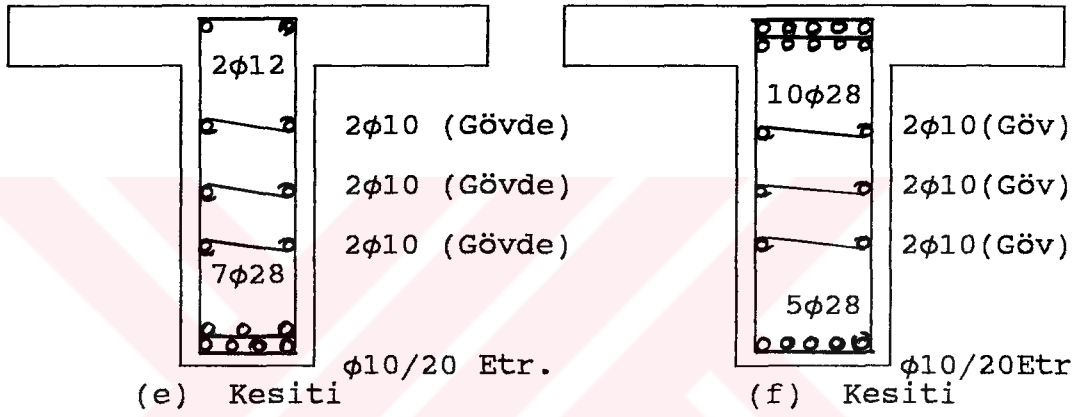
$$\text{Etriye donatısı : } \phi \text{ etriye} = \frac{\phi As}{3} = \frac{22}{3} = 7.33 \text{ mm}$$

$$\text{Etriye aralığı} \quad t \leq 20 \text{ cm.} \quad \underline{\underline{\phi 8 / 20}}$$

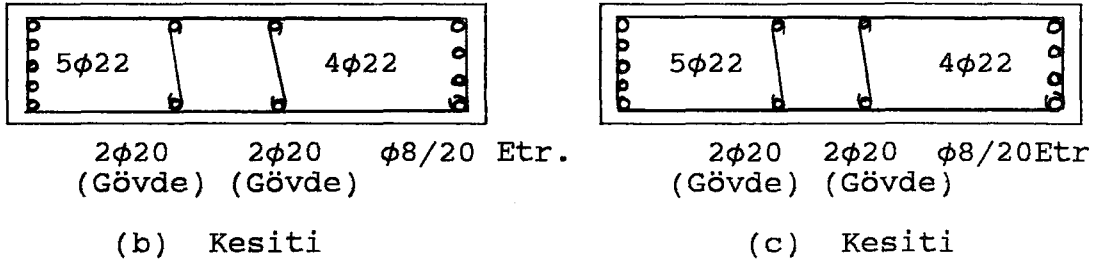
$$\leq 12 * \phi = 26.4 \text{ cm.}$$



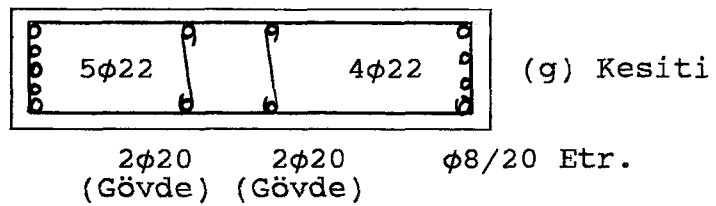
Şekil 2.46. "a" ve "d" kesitleri donatı resimleri



Şekil 2.47. "e" ve "f" kesitleri donatı resimleri



Şekil 2.48. "b" ve "c" kesitleri donatı resimleri



Şekil 2.49. "g" kesiti donatı resmi

2.3.7. a ve e Kesitlerinde M, N, T Tesir Çizgilerini Endirek Deplasman Yöntemiyle Çizilmesi

Sistemdeki iki ucu ankatre çubukların tesir çizgilerinin lineer kombinezonu ile herhangi bir sistemin, herhangi bir kesitine ait tesir çizgileri bulunabilir. Buradaki kombinezon katsayılarını bazı sabit yükleme sonuçlarından elde etmek mümkündür. Bu sabit yüklere göre hesap herhangi bir yöntemle yapılabilir ki, bu çalışmada Endirekt Deplasman Yöntemi kullanılacaktır. Tesir çizgilerinin çizilmesi için aşağıdaki yol izlenir: [9]

1.a. Uç deplasmanları sıfır iken m kesitinde 1 kN'dan meydana gelen m_i , m_j , m_m bulunur. Bu durumda bilinmeyenlerin tayininde kullanılan denge denklemlerinin yazıldığı parçalara etkiyen uç kuvvetleri i_j , j_i , X_i , Y_i , X_j , Y_j bulunur. Bu uç kuvvetleri denklemlerin yazıldığı doğrultu ve yöndedir. Bu durumda sisteme etkiyen dış kuvvetler ise sistemin dengede olabilmesi için 1 kN, $-m_{ij}$, $-m_{ji}$, $-X_i$, $-Y_i$, $-X_j$, $-Y_j$ olacaktır.

1.b. Düğüm noktaları serbest sisteme m_{ij} , m_{ji} , X_i , Y_i , X_j , Y_j yüklenerek sistem hesaplanır.

1.c. 1 ve 2 durumlarının toplamı alınır. Bu durumda dış kuvvetler yalnızca 1 kN'dur. Buna göre iç kuvvetler:

$$M_m = m_m - m_{ij} * M_m(M_i=1) - m_{ji} * M_m(M_j=1) - X_i * M_m(X_i=1) - Y_i * M_m(Y_i=1) - X_j * M_m(X_j=1) - Y_j * M_m(Y_j=1)$$

$$N_m = m_m - m_{ij} * N_m(M_i=1) - m_{ji} * N_m(M_j=1) - X_i * N_m(X_i=1) - Y_i * N_m(Y_i=1) - X_j * N_m(X_j=1) - Y_j * N_m(Y_j=1)$$

$$T_m = m_m - m_{ij} * T_m(M_i=1) - m_{ji} * T_m(M_j=1) - X_i * T_m(X_i=1) - Y_i * T_m(Y_i=1) - X_j * T_m(X_j=1) - Y_j * T_m(Y_j=1) \text{ ifadeleri ile bulunabilir.}$$

2. 1 kN'nun hareket etmesi hali

1 kN hareket edince yukardaki ifadeler aranan tesir çizgilerini verecektir. Buna göre :

$$M_m = \mathcal{M}_m - \mathcal{M}_{ij} * (M_m(M_i=1)) - \mathcal{M}_{ji} * (M_m(M_j=1)) - X_i * (M_m(X_i=1)) \\ - Y_i * (M_m(Y_i=1)) - X_j * (M_m(X_j=1)) - Y_j * (M_m(Y_j=1))$$

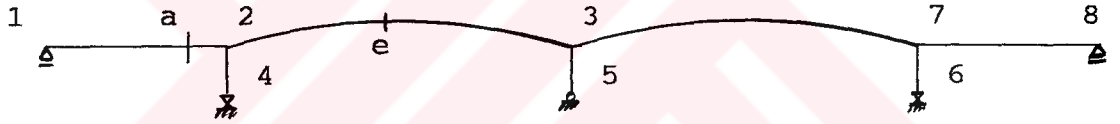
$$N_m = \mathcal{N}_m - \mathcal{N}_{ij} * (N_m(M_i=1)) - \mathcal{N}_{ji} * (N_m(M_j=1)) - X_i * (N_m(X_i=1)) \\ - Y_i * (N_m(Y_i=1)) - X_j * (N_m(X_j=1)) - Y_j * (N_m(Y_j=1))$$

$$T_m = \mathcal{T}_m - \mathcal{T}_{ij} * (T_m(M_i=1)) - \mathcal{T}_{ji} * (T_m(M_j=1)) - X_i * (T_m(X_i=1)) \\ - Y_i * (T_m(Y_i=1)) - X_j * (T_m(X_j=1)) - Y_j * (T_m(Y_j=1))$$

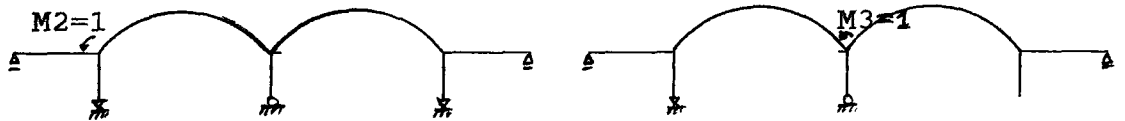
şeklindeki iki ucu ankastre çubukların tesir çizgilerinin lineer kombinezonu ile tesir çizgileri elde edilir.

Kombinezon katsayılarının belirlenmesi için yapılacak sabit yüklere göre hesapta Endirek Deplasman Yöntemi'nde bilinmeyenler düğüm noktalarının dönmeleri ile bağımsız uç deplasmanlarıdır. Bu bilinmeyenler $X_i, X_{i+1}, \dots, X_n$ ile gösterilir. Verilmiş dış kuvvetler yerine, sistemde aynı uç deplasman ve uç kuvvetlerini meydana getirecek olan düğüm noktalarına etkiyen dış kuvvetler kullanılır. Düğüm noktalarına indirgenmiş kuvvetler denen bu kuvvetler iki ucu ankastre çubuklarda dış yüklerden meydana gelen uç kuvvetlerine eşittir. Sistemde meydana gelen uç deplasmanları bilinmeyenler sıfır iken dış yüklerden meydana gelen uç deplasmanları ile, bilinmeyenler sıra ile birim iken meydana gelen uç deplasmanlarının süperpozisyonları ile bulunabilir. Bunun için X_j bilinmeyenlerinin tayin edilmesi gerekir ki, bu

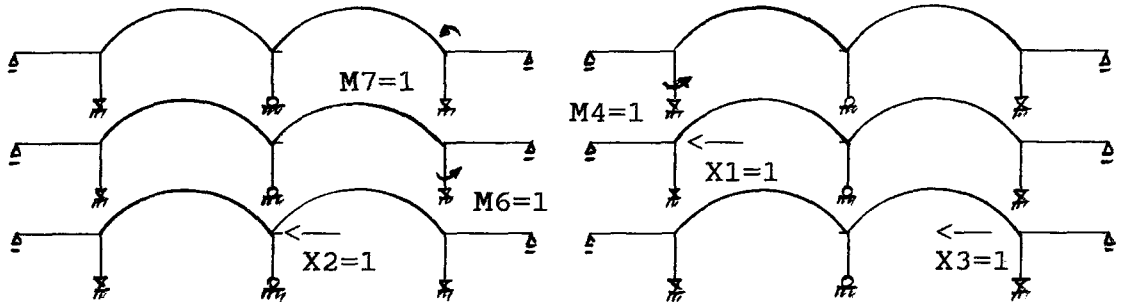
bilinmeyenleri tayin etmek için kullanılacak denklem takımı Betti Karşıtlık Teoreminden faydalanılarak kurulur. Bu yöntemin uygulanması ile tesir çizgileri çizilmiştir. Şekil 2.50. 'de "a" ve "e" kesitlerine ait M, N, T tesir çizgileri çizilecektir. Önce denge denklemleri yazılan düğüm noktaları veya parçalara denklem yazılan doğrultu ve yönde birim kuvvetler tatbik edilerek Endirek Deplasman Yöntemi ile bu yüklemelerden oluşacak tesirler elde edilecektir. Sonra iki ucu ankastre çubuklara ait tesir çizgileri elde edilecektir. Daha sonra da süperpozisyon formülleri ile iki ucu ankastre tesir çizgilerine bağlı olarak söz konusu kesitlere ait tesir çizgileri bellirlenecek ve diyagram halinde gösterilecektir.



Şekil 2.50. Tesir Çizgileri Çizilecek Olan Kesitler



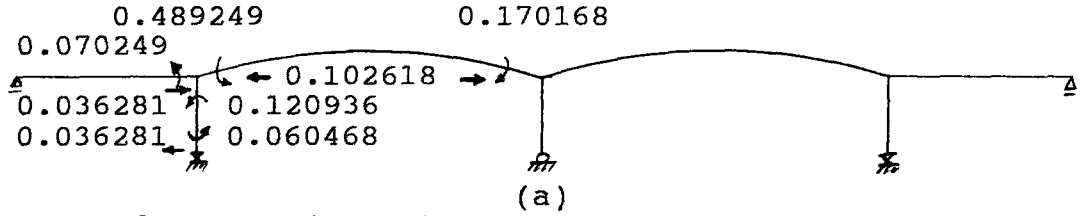
Şekil 2.51. Tesir Çizgilerinin Sabitlerini Oluşturan Birim Yüklemeler



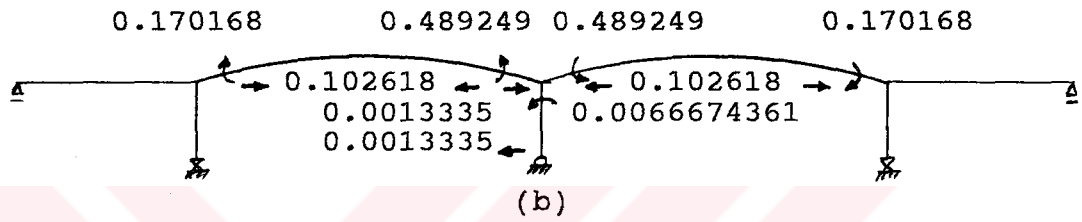
Şekil 2.52. Tesir Çizgilerinin Sabitlerini Oluşturan Birim Yüklemeler

2.3.7.1. Xi Bilinmeyenlerinin birim durumlarına ait
çözümleri

* X1=1 durumu : ($\theta = 1$)
2

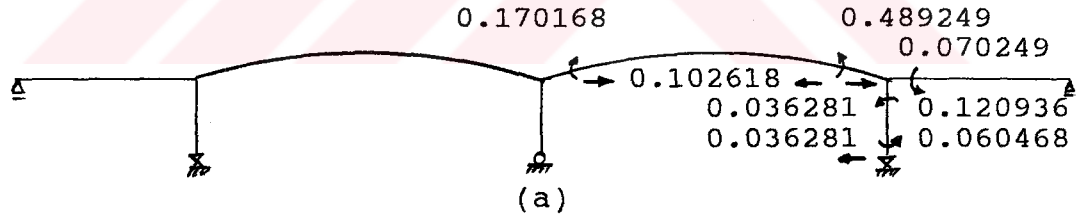


* X2=1 durumu : ($\theta = 1$)
3

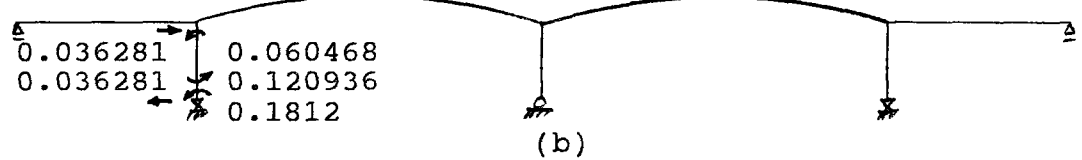


Şekil 2.53. $\theta = \theta = 1$ iken oluşan uç kuvvetler
2 3

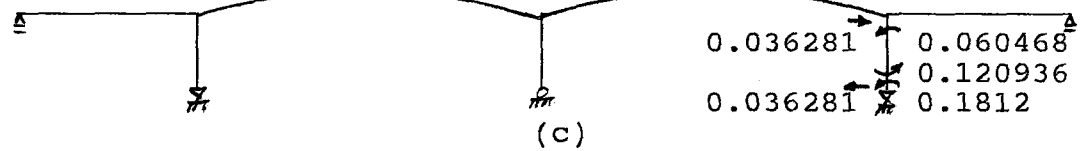
* X3=1 durumu : ($\theta = 1$)
7



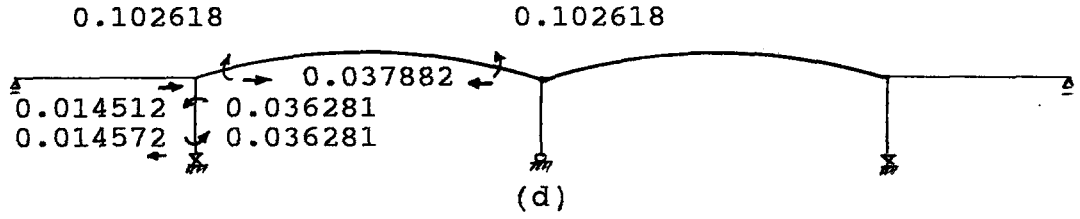
* X4=1 durumu : ($\theta = 1$)
4



* X5=1 durumu : ($\theta = 1$)
6

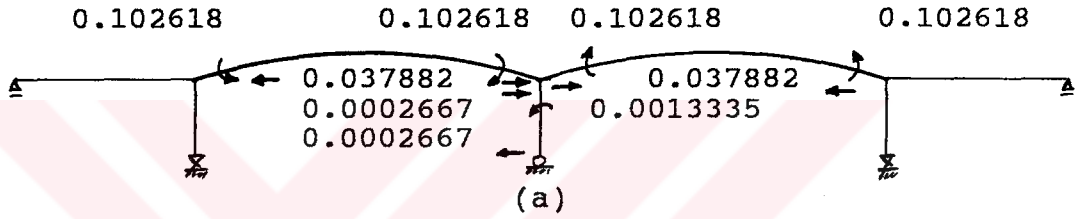


* X6=1 durumu : ($\delta = 1$)
1

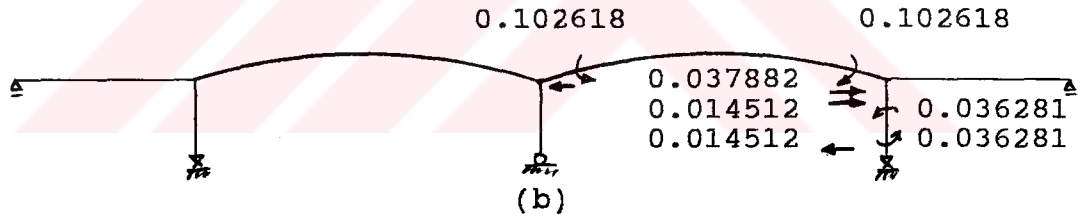


Şekil 2.54. $\theta = \theta = \theta = \delta = 1$ iken oluşan uç kuvvetler
7 4 6 1

* X7=1 durumu : ($\delta = 1$)
2



* X8=1 durumu : ($\delta = 1$)
3



Şekil 2.55. $\delta = \delta = 1$ iken oluşan uç kuvvetler
2 3

I İşlerinin Tayini :

$$I_{11} = 0.070249 + 0.489249 + 0.120936 = 0.680434$$

$$I_{12} = -0.170168$$

$$I_{14} = 0.060468$$

$$I_{13} = I_{15} = I_{18} = 0.000$$

$$I_{17} = 0.102618$$

$$I_{16} = 0.036281 - 0.102618 = -0.066337$$

$$I_{21} = -0.170168$$

$$I_{22} = 0.489249 + 0.489249 + 0.006667436 = 0.985165436$$

$$I_{24} = I_{25} = 0.000 \quad I_{23} = -0.170168$$

$$I_{26} = 0.102618 \quad I_{28} = 0.102618$$

$$I_{27} = -0.102618 - 0.102618 + 0.0013335 = -0.2039025$$

$$I_{31} = I_{34} = I_{36} = 0.000 \quad I_{32} = -0.170168$$

$$I_{37} = 0.102618 \quad I_{35} = 0.060468$$

$$I_{33} = 0.489249 + 0.070249 + 0.120936 = 0.680434$$

$$I_{38} = 0.036281 - 0.102618 = -0.066337$$

$$I_{41} = 0.060468 \quad I_{46} = 0.036281$$

$$I_{42} = I_{43} = I_{45} = I_{47} = I_{48} = 0.000$$

$$I_{44} = 0.120936 + 0.1812 = 0.302136$$

$$I_{51} = I_{52} = I_{54} = I_{56} = I_{57} = 0.000$$

$$I_{53} = 0.060468 \quad I_{58} = 0.036281$$

$$I_{55} = 0.1812 + 0.120936 = 0.302136$$

$$I_{61} = 0.036218 - 0.102618 = -0.066337$$

$$I_{62} = 0.102618 \quad I_{64} = 0.036281$$

$$I_{63} = I_{65} = I_{68} = 0.000 \quad I_{67} = -0.037882$$

$$I_{66} = 0.037882 + 0.014512 = 0.052394$$

$$I_{71} = 0.102618 \quad I_{73} = 0.102618$$

$$I_{72} = -0.102618 - 0.102618 + 0.0013335 = -0.2039025$$

$$I_{74} = I_{75} = 0.000 \quad I_{76} = -0.037882$$

$$I_{77} = 0.037882 + 0.037882 + 0.0002667 = 0.0760307$$

$$I_{78} = -0.037882 \quad I_{81} = I_{84} = I_{86} = 0.000 \quad I_{82} = 0.102618$$

$$I_{85} = 0.036281 \quad I_{87} = -0.037882$$

$$I_{83} = 0.036281 - 0.102618 = -0.066337$$

$$I_{88} = 0.014512 + 0.037882 = 0.052394$$

Katsayılar Matrisinin Kurulması

0.680	-0.170	0	0.060	0	-0.066	0.103	0	X1
-0.170	0.985	-0.170	0	0	0.103	-0.204	0.103	X2
0	-0.170	0.680	0	0.060	0	0.103	-0.066	X3
0.060	0	0	0.302	0	0.036	0	0	X4
0	0	0.060	0	0.302	0	0	0.036	X5
-0.066	0.103	0	0.036	0	0.052	-0.038	0	X6
0.103	-0.204	0.103	0	0	-0.038	0.076	-0.038	X7
0	0.103	-0.066	0	0.036	0	-0.038	0.052	X8

Bilinmeyenlerin Tayini

	M =1 2	M =1 3	M =1 4	M =1 6	M =1 7
$\theta_2 =$	-2.79517	0.88403	-0.99523	0.10159	-0.58979
$\theta_3 =$	0.88403	-2.69481	0.88403	0.08657	0.08657
$\theta_7 =$	-0.99523	0.88403	-2.79517	-0.58979	0.10159
$\theta_4 =$	0.10159	0.08657	-0.58979	-4.32519	-0.44968
$\theta_6 =$	-0.58979	0.08657	0.10159	-0.44968	-4.32519
$\delta_1 =$	3.91261	-2.19434	6.57031	8.28679	4.72776
$\delta_2 =$	12.65996	-11.80000	12.65996	7.37556	7.37556
$\delta_3 =$	6.57031	-1.19434	3.81261	4.72776	8.28679

$$\begin{array}{rcc}
 & X=1 & X=1 & X=1 \\
 & 1 & 2 & 3 \\
 \theta_2 = & -3.81261 & 12.65996 & 6.57031 \\
 \theta_3 = & -2.19434 & -11.80000 & -2.19434 \\
 \theta_4 = & 6.57031 & 12.65996 & 3.81261 \\
 \theta_6 = & 8.28679 & 7.37556 & 4.72776 \\
 \theta_7 = & 4.72776 & 7.37556 & 8.28679 \\
 \delta_1 = & -75.36390 & -82.52100 & -50.32170 \\
 \delta_2 = & -82.52100 & -161.2040 & -82.52100 \\
 \delta_3 = & -50.32170 & -82.52100 & -75.36390
 \end{array}$$

$$\begin{array}{rccccc}
 & M=1 & M=1 & M=1 & M=1 & M=1 \\
 & 2 & 3 & 4 & 6 & 7 \\
 \delta_2 - \delta_1 = & 8.84735 & -9.60570 & 6.08965 & -0.91123 & 2.64779
 \end{array}$$

$$\begin{array}{rcc}
 & X=1 & X=1 & X=1 \\
 & 1 & 2 & 3 \\
 \delta_2 - \delta_1 = & -7.15707 & -78.6831 & -32.1993
 \end{array}$$

M = 1 kNm 'den oluşan uç kuvvetler :

$$\begin{array}{l}
 -2 \\
 \hline
 -21 \\
 M_{21} = m_{2\theta 2}^{23} * \theta_2 = 0.070249 * (-2.79517) = -0.19636
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 M_{23} = m_{2\theta 2}^{23} * \theta_2 + m_{2\theta 3}^{23} * \theta_3 + m_{2\Delta}^{23} * (\delta_2 - \delta_1) = 0.489249 * (-2.79517) \\
 - 0.170168 * (0.88403) + 0.102618 * (8.84735) = -0.61007
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 M_{32} = m_{3\theta 3}^{23} * \theta_3 + m_{3\theta 2}^{23} * \theta_2 + m_{3\Delta}^{23} * (\delta_2 - \delta_1) = 0.489249 * (0.88403) \\
 - 0.170168 * (-2.79517) - 0.102618 * (8.84735) = 0.00026
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 N_{23} = n_{2\theta 2}^{23} * \theta_2 + n_{2\theta 3}^{23} * \theta_3 + n_{2\Delta}^{23} * (\delta_2 - \delta_1) = 0.102618 * (-2.79517) \\
 - 0.102618 * (0.88403) + 0.037882 * (8.84735) = -0.04240
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 N_{32} = n_{3\theta 3}^{23} * \theta_3 + n_{3\theta 2}^{23} * \theta_2 + n_{3\Delta}^{23} * (\delta_2 - \delta_1) = -0.102618 * (0.88403)
 \end{array}$$

$$- 0.102618 * (-2.79517) + 0.037882 * (8.84735) = -0.04240$$

$$Ma = -0.19636 \text{ kNm.} \quad Me = 0.13557 \text{ kNm.}$$

$$Na = 0 \quad Ne = -0.04240 \text{ kN.}$$

$$Ta = -0.02455 \text{ kN.} \quad Te = -0.03049 \text{ kN.}$$

M = 1 kNm 'den oluşan uç kuvvetler :

-3

$$M21 = 0.070249 * (0.88403) = 0.06210$$

$$M23 = .489249 * (.88403) - .170168 * (-2.69481) + .102618 * (-9.6057)$$

$$M23 = -0.09464$$

$$M32 = .489249 * (-2.69481) - .170168 * (.88403) - .102618 * (-9.6057)$$

$$M32 = -0.48315$$

$$N23 = N32 = 0.102618 * (0.88403) - 0.102618 * (-2.69481) + 0.037882$$

$$* (-9.6057) = 0.00337$$

$$Ma = 0.06210 \text{ kNm.} \quad Me = -0.18078 \text{ kNm.}$$

$$Na = 0 \quad Ne = 0.00337 \text{ kN.}$$

$$Ta = 0.00776 \text{ kN.} \quad Te = -0.02889 \text{ kN.}$$

M = 1 kNm 'den oluşan uç kuvvetler :

-7

$$M21 = 0.070249 * (-0.99523) = -0.06991$$

$$M23 = .489249 * (-.99523) - .170168 * (.88403) + .102618 * (6.08965)$$

$$M23 = -0.01244$$

$$M32 = .489249 * (.88403) - .170168 * (-.99523) - .102618 * (6.08965)$$

$$M32 = -0.02304$$

$$N23 = N32 = 0.102618 * (-0.99523) - 0.102618 * (0.88403) + 0.037882$$

$$* (6.08965) = 0.03784$$

$$Ma = -0.06991 \text{ kNm.} \quad Me = 0.14610 \text{ kNm.}$$

$$Na = 0 \quad Ne = 0.03784 \text{ kN.}$$

$$Ta = -0.00874 \text{ kN.} \quad Te = -0.00177 \text{ kN.}$$

M = 1 kNm 'den oluşan uç kuvvetler :

-4

$$M_{21} = 0.070249 * (0.10159) = 0.00714$$

$$M_{23} = .489249 * (.10159) - .170168 * (.08657) + 0.102618 * (-0.91123)$$

$$M_{23} = -0.05854$$

$$M_{32} = .489249 * (.08657) - .170168 * (.10159) - 0.102618 * (-0.91123)$$

$$M_{32} = 0.11858$$

$$N_{23} = N_{32} = 0.102618 * (0.10159) - 0.102618 * (0.08657) + 0.037882$$

$$* (-0.91123) = -0.03298$$

$$Ma = 0.00714 \text{ kNm.}$$

$$Me = -0.04338 \text{ kNm.}$$

$$Na = 0$$

$$Ne = -0.03290 \text{ kN.}$$

$$Ta = 0.00089 \text{ kN.}$$

$$Te = 0.00300 \text{ kN.}$$

M = 1 kNm 'den oluşan uç kuvvetler :

-6

$$M_{21} = 0.070249 * (-0.58979) = -0.04143$$

$$M_{23} = .489249 * (-.58979) - .170168 * (.08657) + 0.102618 * (2.64779)$$

$$M_{23} = -0.03157$$

$$M_{32} = .489249 * (.08657) - .170168 * (-.58979) - 0.102618 * (2.64779)$$

$$M_{32} = -0.12899$$

$$N_{23} = N_{32} = 0.102618 * (-0.58979) - 0.102618 * (0.08657) + 0.037882$$

$$* (2.64779) = 0.03090$$

$$Ma = -0.04143 \text{ kNm.}$$

$$Me = 0.07487 \text{ kNm.}$$

$$Na = 0$$

$$Ne = 0.03090 \text{ kN.}$$

$$Ta = -0.00518 \text{ kN.}$$

$$Te = -0.00803 \text{ kN.}$$

X = 1 kNm 'den oluşan uç kuvvetler :

-1

$$M_{21} = 0.070249 * (3.81261) = 0.26783$$

$$M_{23} = .489249 * (3.81261) - .170168 * (-2.19434) + .102618 * (-7.157)$$

$$M_{23} = 1.50428$$

$$M_{32} = .489249 * (-2.19434) - .170168 * (3.81261) - .102618 * (-7.157)$$

$$M_{32} = -0.98792$$

$$N_{23} = N_{32} = 0.102618 \cdot (3.81261) - 0.102618 \cdot (-2.19434) + 0.037882 \cdot (-7.15707) = 0.34530$$

$$M_a = 0.26783 \text{ kNm.}$$

$$M_e = 0.13512 \text{ kNm.}$$

$$N_a = 0$$

$$N_e = 0.34530 \text{ kN.}$$

$$T_a = 0.03348 \text{ kN.}$$

$$T_e = 0.02582 \text{ kN.}$$

X = 1 kNm 'den oluşan uç kuvvetler :

-2-

$$M_{21} = 0.070249 \cdot (12.65996) = 0.88935$$

$$M_{23} = .489249 \cdot (12.65996) - .170168 \cdot (-11.80) + .102618 \cdot (-78.683)$$

$$M_{23} = 0.12755$$

$$M_{32} = .489249 \cdot (-11.80) - .170168 \cdot (12.65996) - .102618 \cdot (-78.683)$$

$$M_{32} = 0.14684$$

$$N_{23} = N_{32} = 0.102618 \cdot (12.65996) - 0.102618 \cdot (-11.80) + 0.037882 \cdot (-78.6831) = -0.47064$$

$$M_a = 0.88935 \text{ kNm.}$$

$$M_e = -1.87291 \text{ kNm.}$$

$$N_a = 0$$

$$N_e = -0.47064 \text{ kN.}$$

$$T_a = 0.11117 \text{ kN.}$$

$$T_e = 0.01372 \text{ kN.}$$

X = 1 kNm 'den oluşan uç kuvvetler :

-3-

$$M_{21} = 0.070249 \cdot (6.57031) = 0.46156$$

$$M_{23} = .489249 \cdot (6.57031) - .170168 \cdot (-2.19434) + .102618 \cdot (-32.20)$$

$$M_{23} = 0.28370$$

$$M_{32} = .489249 \cdot (-2.19434) - .170168 \cdot (6.57031) - .102618 \cdot (-32.20)$$

$$M_{32} = 1.11259$$

$$N_{23} = N_{32} = 0.102618 \cdot (6.57031) - 0.102618 \cdot (-2.19434) + 0.037882 \cdot (-32.1993) = -0.32036$$

$$M_a = 0.46156 \text{ kNm.}$$

$$M_e = -0.86704 \text{ kNm.}$$

$$N_a = 0$$

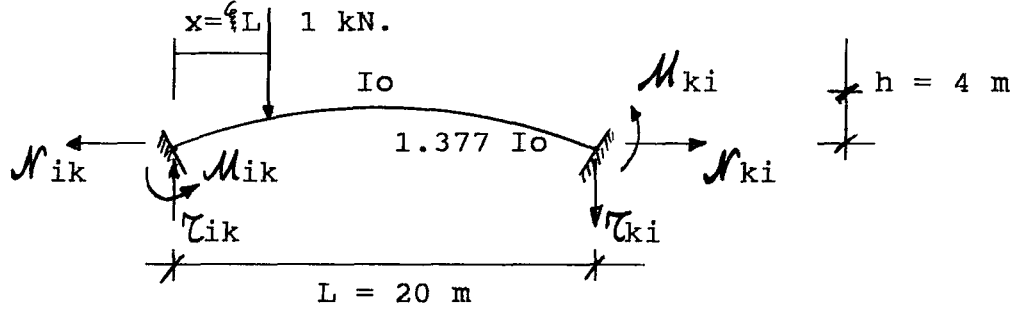
$$N_e = -0.32036 \text{ kN.}$$

$$T_a = 0.05770 \text{ kN.}$$

$$T_e = 0.06981 \text{ kN.}$$

2.3.7.2. a ve e Kesitlerine ait Tesir Çizgilerinin Çizilmesi

2-3 KEMERİNE AİT TESİR ÇİZGİSİ :



$$n = 0.90 \quad \text{Açıklık} = L / 10 = 2 \text{ m.}$$

Tablo 2.11a. 1 kN 2-3 kemeri üzerinde iken

n=.9	0	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1
a1`	0	.028	.047	.058	.063	.062	.055	.045	.031	.016	0
a2`	0	.016	.031	.045	.055	.062	.063	.058	.047	.028	0
a3`	0	.032	.061	.084	.098	.103	.098	.084	.061	.032	0

$$\alpha_{io}^{\cdot} = \frac{L^2}{EI_o} * a1^{\cdot} = \frac{400}{EI_o} * a1^{\cdot}$$

$$\alpha_{ko}^{\cdot} = \frac{L^2}{EI_o} * a2^{\cdot} = \frac{400}{EI_o} * a2^{\cdot}$$

$$\Delta_o^{\cdot} = \frac{f * L^2}{EI_o} * a3^{\cdot} = \frac{1600}{EI_o} * a3^{\cdot}$$

$$M_{23} = 195.6996 * a1^{\cdot} + 68.0672 * a2^{\cdot} - 164.1888 * a3^{\cdot}$$

$$N_{23} = 41.0472 * a1^{\cdot} + 41.0472 * a2^{\cdot} - 60.6112 * a3^{\cdot}$$

$$T_{23} = \tau^{\circ} + 6.3816 * a1^{\cdot} - 6.3816 * a2^{\cdot}$$

$$M_{32} = -68.0672 * a1^{\cdot} - 195.6996 * a2^{\cdot} + 164.1888 * a3^{\cdot}$$

$$N_{32} = 41.0472 * a1^{\cdot} + 41.0472 * a2^{\cdot} - 60.6112 * a3^{\cdot}$$

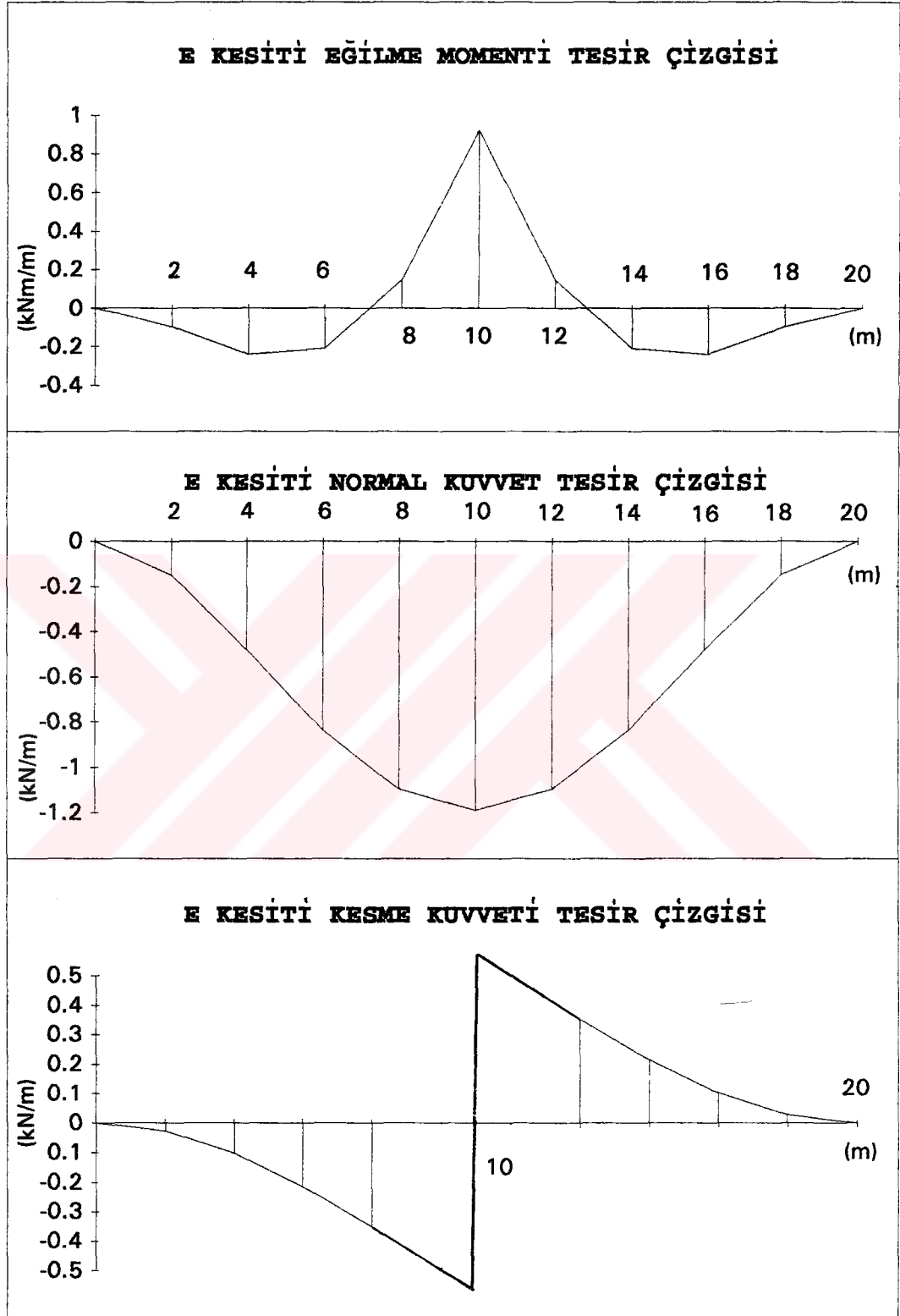
$$T_{32} = \tau^{\circ} + 6.3816 * a1^{\cdot} - 6.3816 * a2^{\cdot}$$

Tablo 2.11b. 1 kN 2-3 Kemerü Üzerinde İken

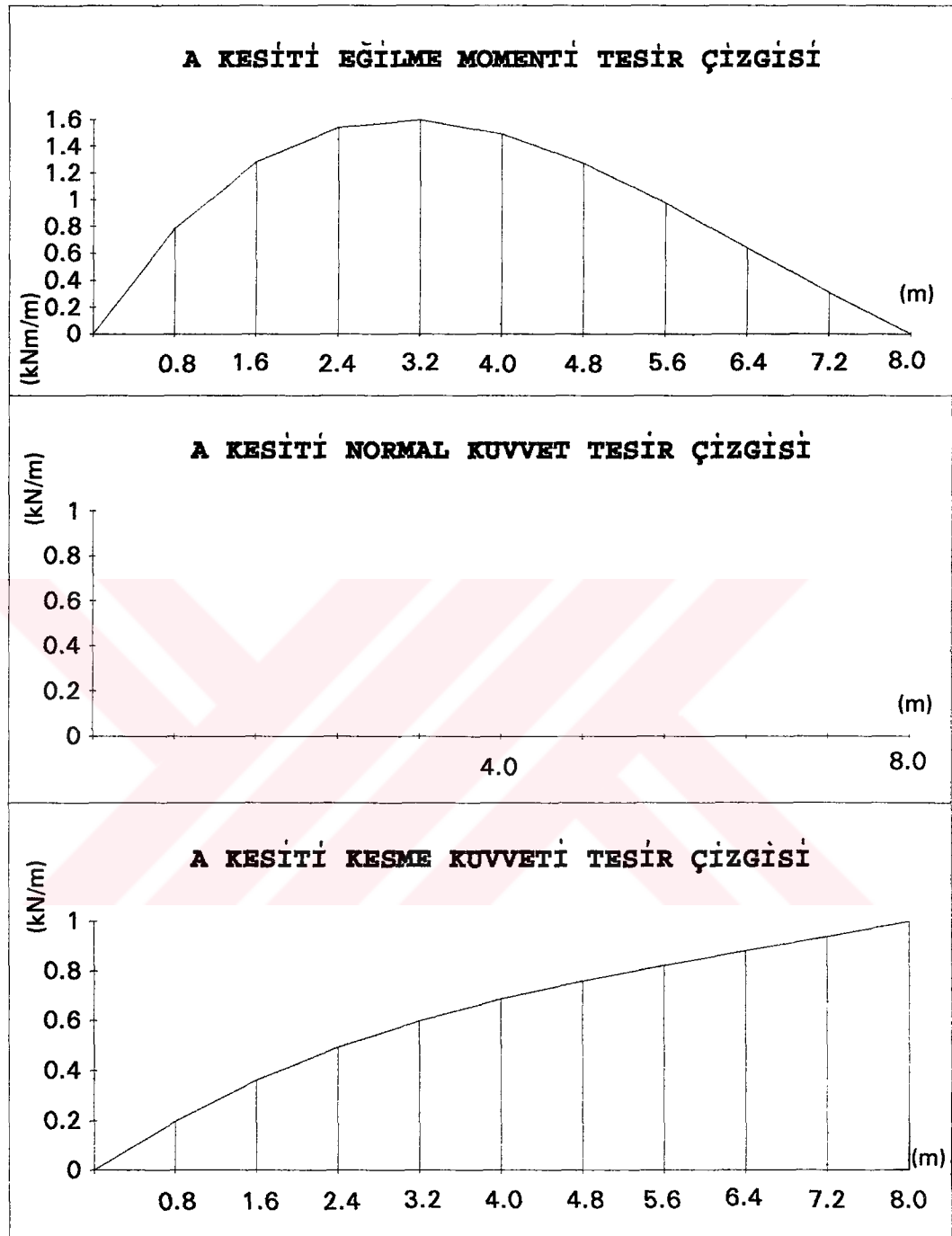
ξ	M23=M73	M32=M37	N23=N37=N32=N73	T23=T73	T32=T37
0.0	0	0	0	1.00	0
0.1	1.23354	0.22147	-0.14775	0.97275	-0.02725
0.2	1.29695	0.66859	-0.48133	0.89828	-0.10172
0.3	0.72256	1.00048	-0.83728	0.78615	-0.21385
0.4	-0.03365	1.01642	-1.09437	0.64914	-0.35086
0.5	-0.67337	0.67337	-1.18809	0.50000	-0.50000
0.6	-1.01642	0.03365	-1.09437	0.35086	-0.64914
0.7	-1.00048	-0.72256	-0.83728	0.21385	-0.78615
0.8	-0.66859	-1.29695	-0.48133	0.10172	-0.89828
0.9	-0.22147	-1.23354	-0.14775	0.02725	-0.97275
1.0	0	0	0	0	-1.00

Tablo 2.12. 1 kN 2-3 Kemerü Üzerinde İken "e" Kesiti

ξ	Me	Ne	Te
0.0	0	0	0
0.1	-0.09704	-0.14775	-0.02725
0.2	-0.23950	-0.48133	-0.10172
0.3	-0.21016	-0.83728	-0.21385
0.4	0.14755	-1.09437	-0.35086
0.5	0.92101	-1.18809	±0.50000
0.6	0.14755	-1.09437	0.35086
0.7	-0.21016	-0.83728	0.21385
0.8	-0.23950	-0.48133	0.10172
0.9	-0.09704	-0.14775	0.02725
1.0	0	0	0



Şekil 2.56. 2-3 Kemerli üzerindeki e kesiti Tesir Çizgisi Diyagramı



Şekil 2.57. 1-2 Kirişi üzerindeki a kesiti Tesir Çizgisi Diyagramı

TESİR ÇİZGİSİ FONKSİYONLARI :

1 kN`luk düşey yük 1-2 Kirişi Üzerinde iken:

$$Ma = \overline{Ma} + M21[Ma(M2=1)]; Na = \overline{Na} + M21[Na(M2=1)]; Ta = \overline{Ta} + M21[Ta(M2=1)]$$

1 kN`luk düşey yük 2-3 Kirişi Üzerinde iken: $\begin{pmatrix} X1=-N23 \\ X2=N32 \end{pmatrix}$

$$Ma = M23[Ma(M2=1)] + M32[Ma(M3=1)] + X1[Ma(X1=1)] + X2[Ma(X2=1)]$$

$$Na = M23[Na(M2=1)] + M32[Na(M3=1)] + X1[Na(X1=1)] + X2[Na(X2=1)]$$

$$Ta = M23[Ta(M2=1)] + M32[Ta(M3=1)] + X1[Ta(X1=1)] + X2[Ta(X2=1)]$$

1 kN`luk düşey yük 3-7 Kirişi Üzerinde iken: $\begin{pmatrix} X2=-N37 \\ X3=N73 \end{pmatrix}$

$$Ma = M37[Ma(M3=1)] + M73[Ma(M7=1)] + X2[Ma(X2=1)] + X3[Ma(X3=1)]$$

$$Na = M37[Na(M3=1)] + M73[Na(M7=1)] + X2[Na(X2=1)] + X3[Na(X3=1)]$$

$$Ta = M37[Ta(M3=1)] + M73[Ta(M7=1)] + X2[Ta(X2=1)] + X3[Ta(X3=1)]$$

1 kN`luk düşey yük 7-8 Kirişi Üzerinde iken:

$$Ma = \overline{M78}[Ma(M7=1)] \quad Na = \overline{M78}[Na(M7=1)] \quad Ta = \overline{M78}[Ta(M7=1)]$$

1 kN`luk düşey yük 1-2 Kirişi Üzerinde iken:

$$Me = \overline{M21}[Me(M2=1)] \quad Ne = \overline{M21}[Ne(M2=1)] \quad Te = \overline{M21}[Te(M2=1)]$$

1 kN`luk düşey yük 2-3 Kirişi Üzerinde iken: $\begin{pmatrix} X1=-N23 \\ X2=N32 \end{pmatrix}$

$$Me = \overline{Me} + M23[Me(M2=1)] + M32[Me(M3=1)] + X1[Me(X1=1)] + X2[Me(X2=1)]$$

$$Ne = \overline{Ne} + M23[Ne(M2=1)] + M32[Ne(M3=1)] + X1[Ne(X1=1)] + X2[Ne(X2=1)]$$

$$Te = \overline{Te} + M23[Te(M2=1)] + M32[Te(M3=1)] + X1[Te(X1=1)] + X2[Te(X2=1)]$$

1 kN`luk düşey yük 3-7 Kirişi Üzerinde iken: $\begin{pmatrix} X2=-N37 \\ X3=N37 \end{pmatrix}$

$$Me = M37[Me(M3=1)] + M73[Me(M7=1)] + X2[Me(X2=1)] + X3[Me(X3=1)]$$

$$Ne = M37[Ne(M3=1)] + M73[Ne(M7=1)] + X2[Ne(X2=1)] + X3[Ne(X3=1)]$$

$$Te = M37[Te(M3=1)] + M73[Te(M7=1)] + X2[Te(X2=1)] + X3[Te(X3=1)]$$

1 kN`luk düşey yük 7-8 Kirişi Üzerinde iken:

$$Me = \overline{M78}[Me(M7=1)] \quad Ne = \overline{M78}[Ne(M7=1)] \quad Te = \overline{M78}[Te(M7=1)]$$

TESİR ÇİZGİLERİNİN ELDE EDİLMESİ :

"a" Kesiti Tesir Çizgisi :

1 kN`luk düşey yük 1-2 Kirişi Üzerinde iken:

$$Ma = \frac{1}{a} - 0.19636 * M_{21} \quad Na = \frac{1}{a} + 0 * M_{21} \quad Ta = \frac{1}{a} - 0.02455 * M_{21}$$

Tablo 2.14. 1 kN 1-2 Kirişi Üzerinde iken "a" Kesiti

Tesir Çizgisi :

ξ	0	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1
Ma	0	-.63	-1.0	-1.2	-1.3	-1.2	-1.0	-.78	-.51	-.25	0
Na	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ta	0	-.19	-.35	-.48	-.58	-.67	-.74	-.80	-.86	-.92	-1

1 kN`luk düşey yük 2-3 Kemerü Üzerinde iken:

$$Ma = - 0.19636 * M_{23} - 0.0621 * M_{32} - 0.26783 * N_{23} + 0.88935 * N_{32}$$

$$Na = 0.00$$

$$Ta = - 0.02455 * M_{23} + 0.00776 * M_{32} - 0.03348 * N_{23} + 0.11117 * N_{32}$$

Tablo 2.15. 1 kN 2-3 Kemerü Üzerinde iken "a" Kesiti

Tesir Çizgisi :

ξ	0	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1
Ma	0	-.35	-.60	-.72	-.74	-.65	-.48	-.28	-.09	.028	0
Na	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ta	0	-.04	-.06	-.08	-.08	-.07	-.06	-.05	-.03	-.02	0

1 kN`luk düşey yük 3-7 Kemerü Üzerinde iken:

$$Ma = 0.06210 * M_{37} - 0.06991 * M_{73} - 0.88935 * N_{37} + 0.46156 * N_{73}$$

$$Na = 0.00$$

$$Ta = 0.00776 * M_{37} - 0.00874 * M_{73} - 0.11117 * N_{37} + 0.05770 * N_{73}$$

Tablo 2.16. 1 kN 3-7 Kemerü Üzerinde İken "a" Kesiti
Tesir Çizgisi :

ξ	0	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1
Ma	0	-.01	.156	.370	.534	.597	.541	.383	.172	.002	0
Na	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ta	0	-.00	.020	.046	.067	.075	.068	.048	.022	0.00	0

1 kN`luk düsey yük 7-8 Kirisi Üzerinde İken:

$$Ma = - 0.06991 * M78 \quad Na = 0 * M78 \quad Ta = - 0.00874 * M78$$

Tablo 2.17. 1 kN 7-8 Kirisi Üzerinde İken "a" Kesiti
Tesir Çizgisi :

ξ	0	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1
Ma	0	-.02	-.04	-.07	-.09	-.10	-.11	-.11	-.09	-.05	0
Na	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ta	0	-.00	-.01	-.01	-.01	-.01	-.01	-.01	-.01	-.01	0

"e" Kesiti Tesir Çizgisi :

1 kN`luk düsey yük 1-2 Kirisi Üzerinde İken:

$$Me = 0.13557 * M21 \quad Ne = - 0.0420 * M21 \quad Te = - 0.03049 * M21$$

Tablo 2.18. 1 kN 1-2 Kirisi Üzerinde İken "e" Kesiti
Tesir Çizgisi :

ξ	0	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1
Me	0	-.11	-.17	-.21	-.22	-.20	-.17	-.13	-.09	-.04	0
Ne	0	.033	.054	.065	.068	.063	.054	.041	.027	.013	0
Te	0	.024	.039	.047	.049	.046	.039	.030	.019	.009	0

1 kN`luk düsey yük 2-3 Kemerı Üzerinde iken:

$$M_e = M_e + 0.13557 * M_{23} - 0.18078 * M_{32} - 0.13512 * N_{23} + 1.87291 * N_{32}$$

$$N_e = N_e - 0.04240 * M_{23} + 0.00337 * M_{32} - 0.34530 * N_{23} - 0.47064 * N_{32}$$

$$T_e = T_e - 0.03049 * M_{23} - 0.02889 * M_{32} - 0.02582 * N_{23} + 0.01372 * N_{32}$$

Tablo 2.19. 1 kN 2-3 Kemerı Üzerinde iken "e" Kesiti

Tesir Çizgisi :

ξ	0	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1
Me	0	.327	.782	1.39	2.16	3.09	2.20	1.47	.871	.452	0
Ne	0	-.08	-.14	-.18	-.20	-.19	-.16	-.11	-.06	-.02	0
Te	0	-.07	-.15	-.25	-.37	±.50	.394	.275	.165	.071	0

1 kN`luk düsey yük 3-7 Kemerı Üzerinde iken:

$$M_e = - 0.18078 * M_{37} + 0.14610 * M_{73} + 1.87291 * N_{37} - 0.86704 * N_{73}$$

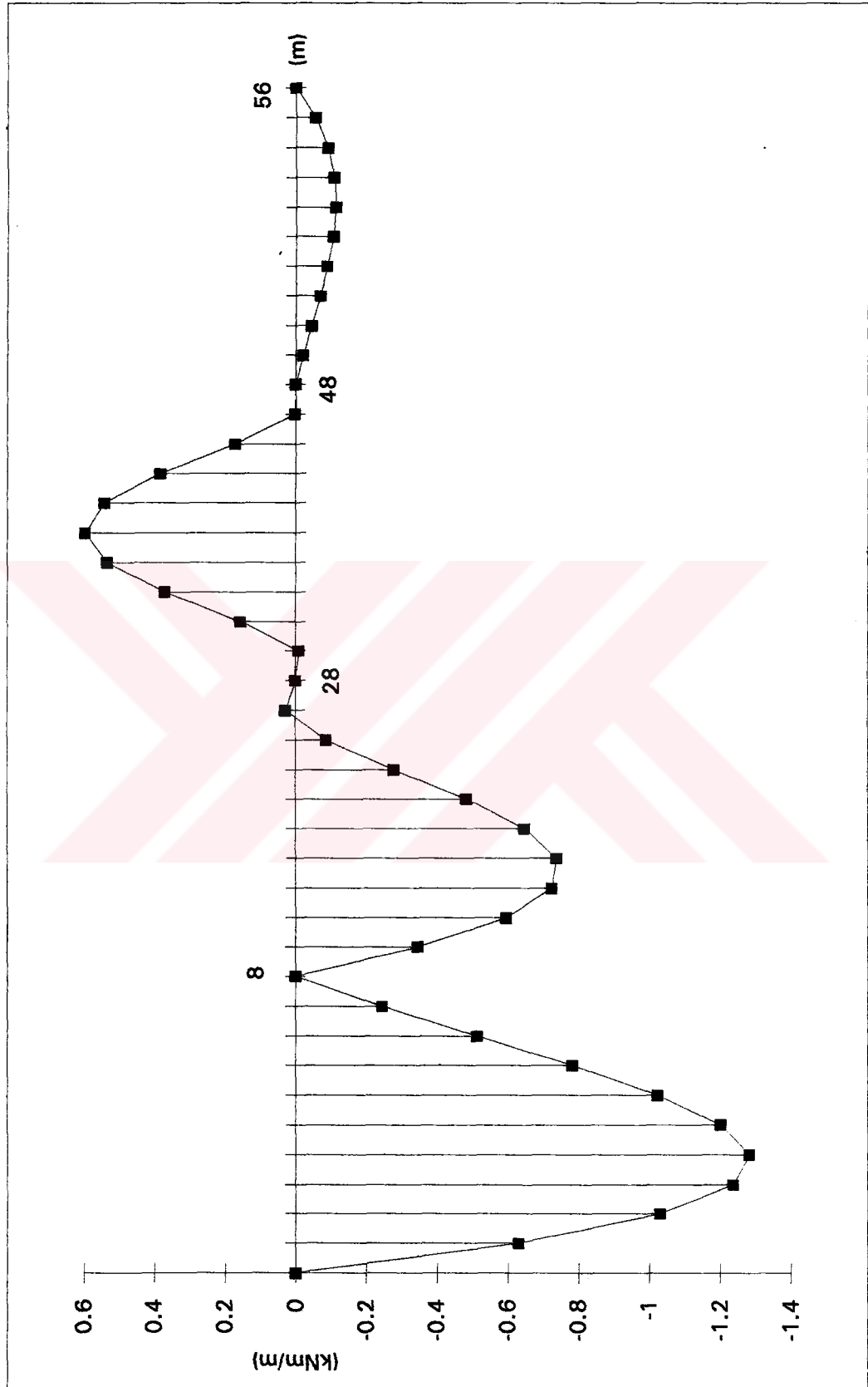
$$N_e = 0.00337 * M_{37} + 0.03784 * M_{73} + 0.47064 * N_{37} - 0.32036 * N_{73}$$

$$T_e = - 0.02889 * M_{37} - 0.00177 * M_{73} - 0.01372 * N_{37} + 0.06981 * N_{73}$$

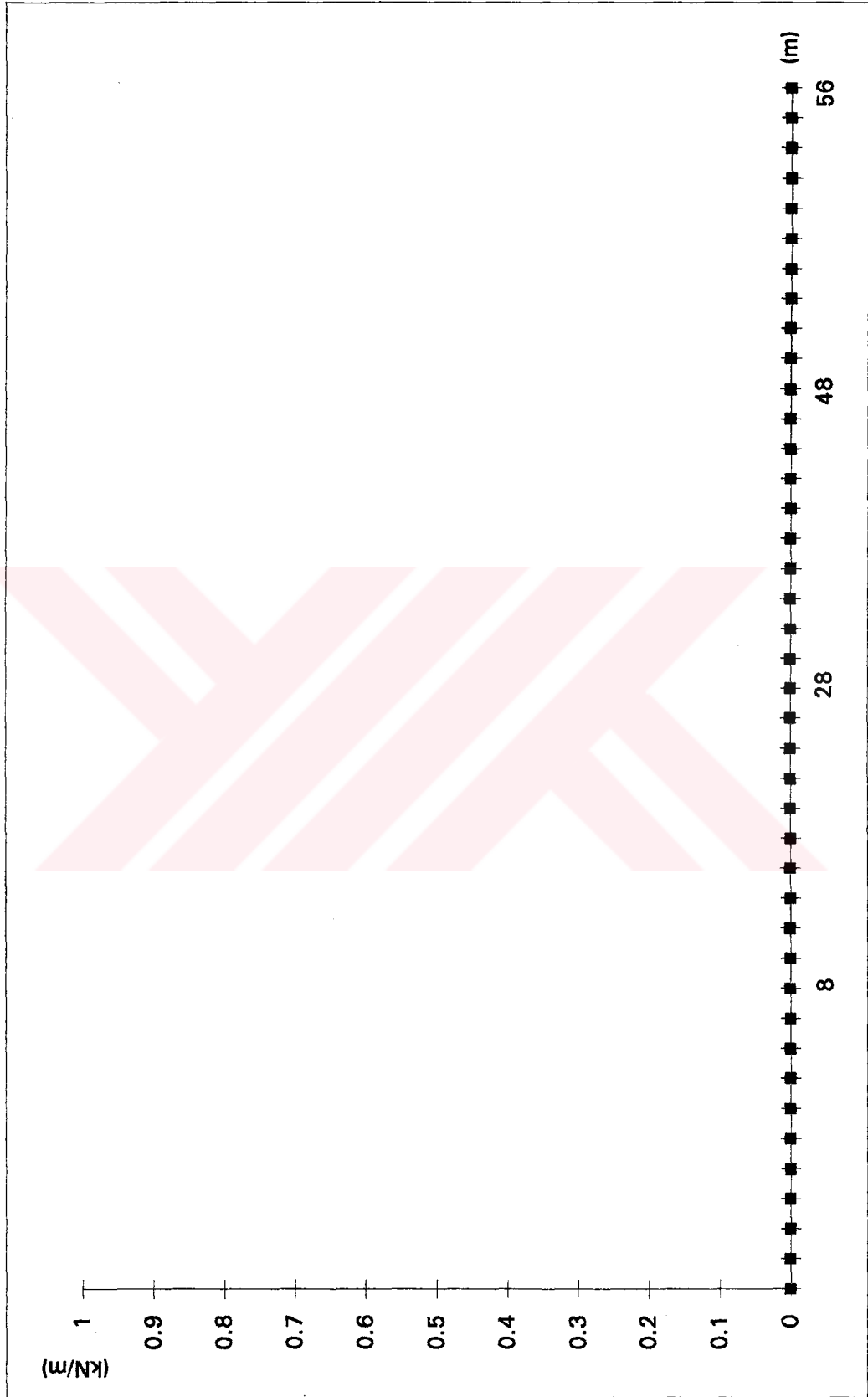
Tablo 2.20. 1 kN 3-7 Kemerı Üzerinde iken "e" Kesiti

Tesir Çizgisi :

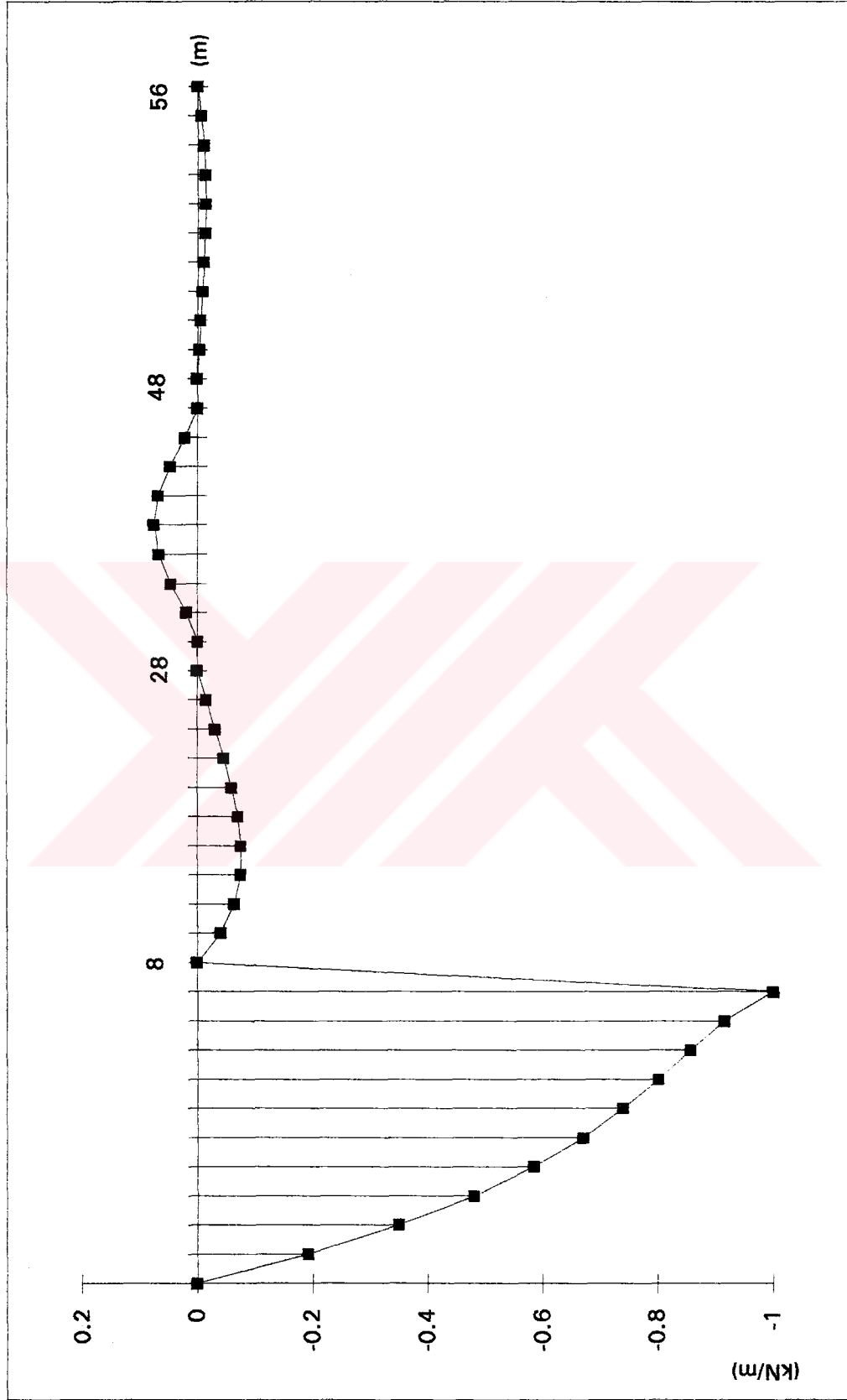
ξ	0	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1
Me	0	-.01	-.42	-.92	-1.3	-1.4	-1.3	-.86	-.35	.042	0
Ne	0	.025	-.02	-.10	-.16	-.20	-.20	-.17	-.10	-.03	0
Te	0	-.02	-.05	-.08	-.09	-.08	-.06	-.02	.012	.028	0



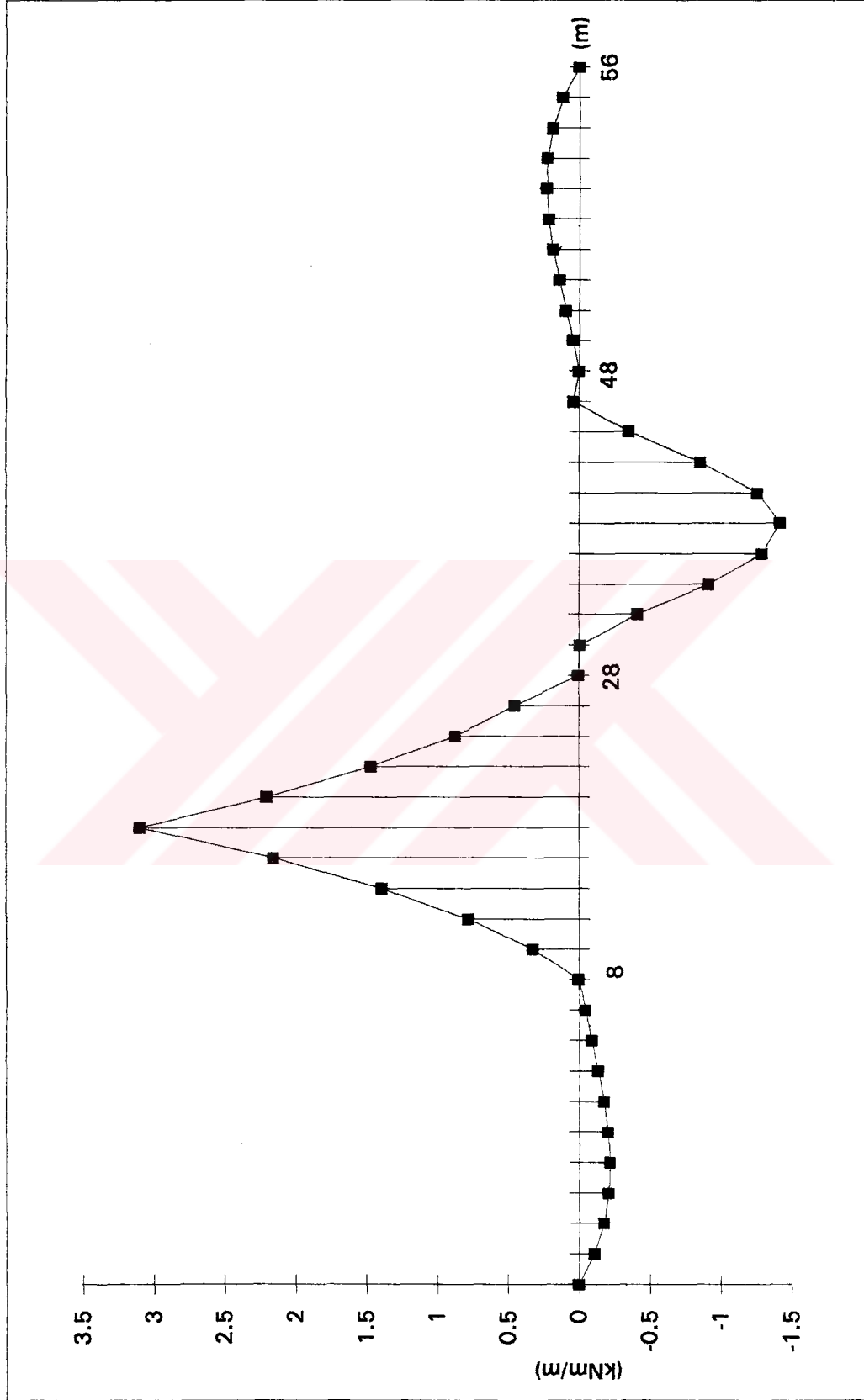
Şekil 2.58. a Kesiti Eğilme Momenti Tesir Çizgisi Diyagramı



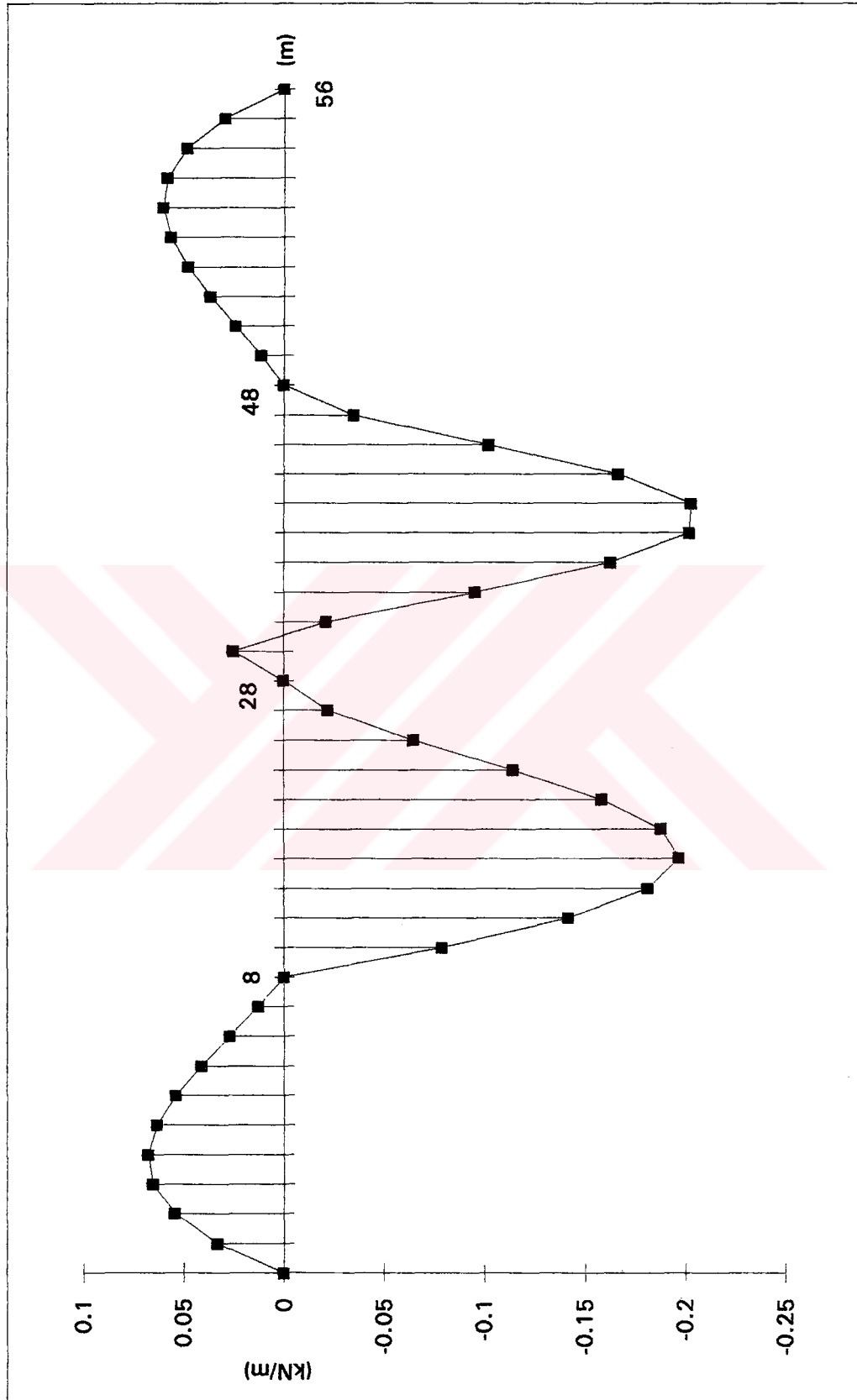
Şekil 2.59. a Kesiti Normal Kuvvet Tesir Çizgisi Diyagramı



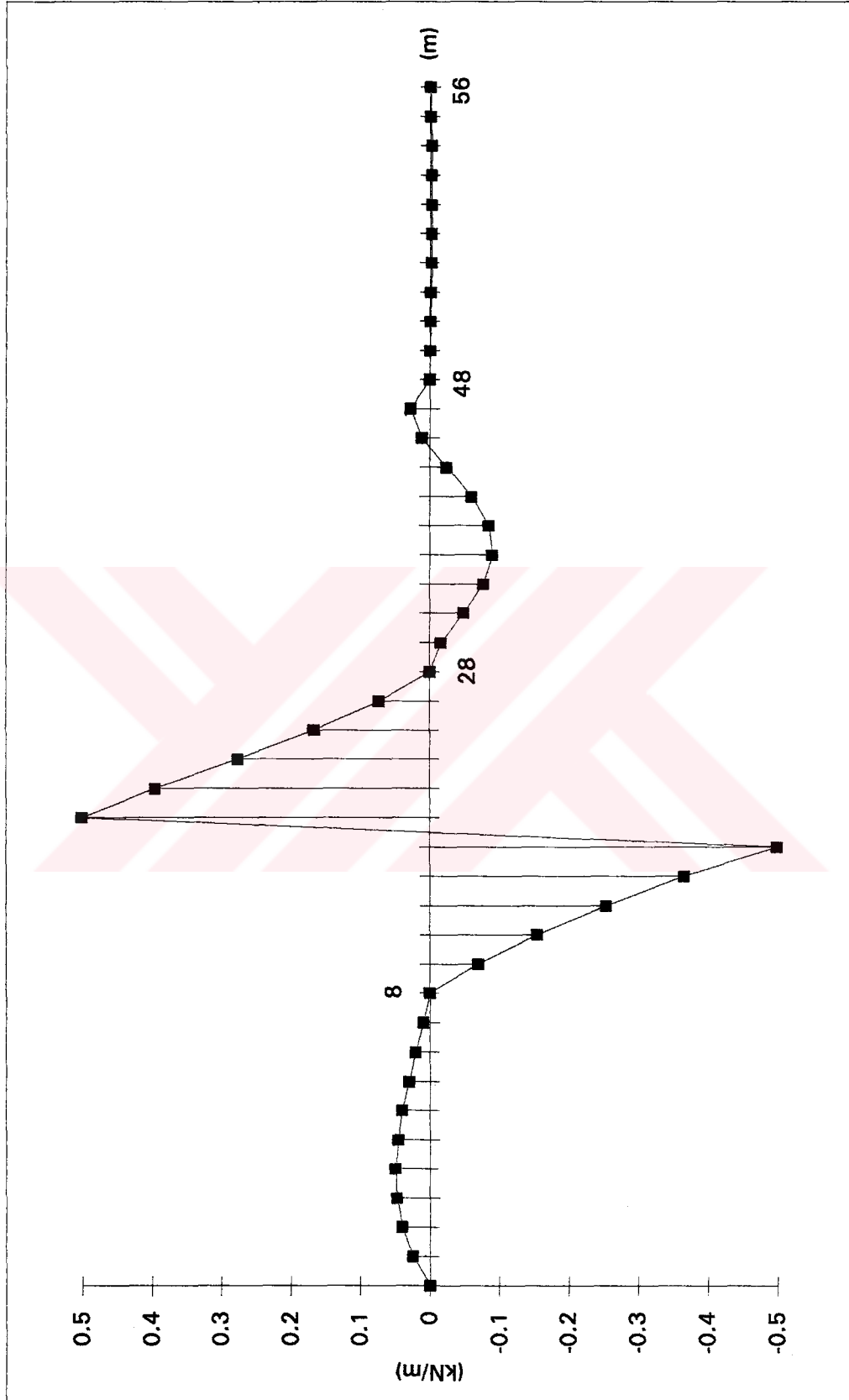
Şekil 2.60. a Kesiti Kesme Kuvveti Tesir Çizgisi Diyagramı



Şekil 2.61. e Kesiti Eğilme Momenti Tesir Çizgisi Diyagramı



Şekil 2.62. e Kesiti Normal Kuvvet Tesir Çizgisi Diyagramı



Şekil 2.63. e Kesiti Kesme Kuvveti Tesir Çizgisi Diyagramı

BÖLÜM 3. SONUÇLAR

3.1. "L" BİÇİMİNDEKİ DIŞBÜKEY İNCE PLAĞIN SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE İNCELENMESİ

Bu çalışmanın birinci bölümünde " L " biçimindeki dışbükey ince plak sonlu elemanlar yöntemi ile incelenmiş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1. X ve Y Doğrultularında bulunan konsol plağın en uç noktalarındaki w deplasmanları Döşeme 3 'e ait tam köşe noktasında en büyük değere ulaştıktan sonra bu noktadan uzaklaştıkça azalıp köşe etkisinin olmadığı konsol uç deplasmanlarına yakınsamaktadır.
2. Konsol mesnetlerindeki ankastrelik momentleri köşe noktasında bölgesel olarak hızla artmakta, sonra azalarak diğer konsolun ucuna kadar devam etmektedir.
3. Bu çalışmada gözönüne alınan "3" numaralı döşemenin donatılmasına değinecek olursak ; köşe etkisi olmadan her iki doğrultudaki konsol mesnet donatıları konsollarda da üst tevzi donatısı olarak devam ettirilmelidir. Ayrıca köşe bölgesinde yaklaşık $(L_y+L_x)/3$ genişlikte, diyagonal doğrultuda ek üst donatı konmalıdır.

4. Yapılan hesapların sonuçlarına bağlı olarak, köşe noktasındaki maksimum M_x , M_y ve M asal momentlerin yaklaşık olarak tayini için :

$$M_x = (q/2) * (L_x + L_y) * (L_x + \nu * L_y)$$

$$M_y = (q/2) * (L_x + L_y) * (L_y + \nu * L_x)$$

$$M_{\text{asal}} = (q/2) * (L_x + L_y) * \text{SQR}(L_x^2 + L_y^2) * (1+\nu)$$

bağıntıları önerilmiştir. " 3." 'deki ek donatılar bu formüllere dayanılarak hesaplanabilir.

5. Alt sistem kullanılarak yapılan çözüm yöntemi ile denklem takımı band genişliği büyük ölçüde azaltılabilmektedir.

3.2. YAPI SİSTEMLERİNİN HESAP YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Bu çalışmanın ikinci bölümünü oluşturan ve yapı sistemlerinin hesap yöntemlerinin karşılaştırılmasını amaçlayan hesaplara dayanılarak aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir :

1. Sadece ölü yükler ve ilave yüklerin gözönüne alınarak uygun bir donatı oranı ile yapılan ön boyutlandırma sonucunda elde edilen kesitlerin yeterli olduğu yapılan değişik yüklemelerle gözlenmiştir.

2. Matris Deplasman Yöntemi, sistemi oluşturan düğüm noktalarında birleşen çubuk sayısı fazla sistemlerde daha az bilinmeyen ile çalışma imkanı sağlamaktadır. Fakat

bilinmeyenlerin seçiminde esneklik bulunmaması sebebiyle band genişliği belirli bir değer altına düşürülemeyen, ancak otomatik olarak yazılabilen denklem takımları elde edilebilmektedir. Genelde stabilitesi çok farklı rijitlikli elemanların birleşmesi sonucu iyi olan bu denklem takımlarının stabilitesinin bozulması halinde bilinmeyenlerin seçiminin sınırlı olması nedeni ile geri dönme olanağı yoktur.

3. Matris Kuvvet Yönteminde, çubuk sayısı fazla olan çerçeve sistemlerde daha az bilinmeyenle çalışılması mümkün olmaktadır. Bilinmeyenlerin seçimindeki serbestlik sayesinde, stabilitesi iyi olan ve band genişliği küçük tutulabilen, ancak matris deplasman yöntemindeki kadar sistematik yazılamayan denklem takımları elde etmek mümkün olmaktadır.

4. İncelenen, açıklıkları oldukça büyük tek katlı kemerli sistemlerde en elverişsiz kesit tesirlerini veren yük kombinasyonları içinde " $1.4 * G + 1.6 * Q$ " yük kombinasyonunun en elverişsiz tesirleri veren kombinasyon olduğu gözlenmiştir.

5. Hiperstatik sistemlerde, tesir çizgilerinin elde edilmesinde bu çalışmada kullanılan Endirekt Deplasman Yönteminin kullanışlı olduğu görülmüştür.

KAYNAKLAR

- [1] ÇAKIROĞLU, A., ÖZMEN, G., ÖZDEN, E., Yapı Sistemlerinin Hesabı İçin Matris Metodları ve Elektronik Hesap Makinası Programları, Cilt II, İ.T.Ü., İnşaat Fakültesi Yayını, (1992).
- [2] ÇAKIROĞLU, A., ÇETMELİ, E., Yapı Statiği, Cilt I, T.K.Y., (1983).
- [3] ÇAKIROĞLU, A., ÇETMELİ, E., Yapı Statiği, Cilt II, T.K.Y., (1983).
- [4] ÇAKIROĞLU, A., ÖZMEN, G., ÖZDEN, E., Yapı Sistemlerinin Hesabı İçin Matris Metodları ve Elektronik Hesap Makinası Programları, Cilt I, İ.T.Ü., İnşaat Fakültesi Yayını, (1992).
- [5] TS 500 Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, (1984).
- [6] ÇAKIROĞLU, A., ÖZER, E., Eğik Eğilme ve Eksenel Kuvvet Etkisindeki Dikdörtgen Betonarme Kesitlerin Taşıma Gücü Formülleri, Yesa Yayınları-1, (1983)
- [7] İ.T.Ü. İNŞAAT FAKÜLTESİ BETONARME YAPILAR BİRİMİ, Betonarme Tablo ve Abaklar, İ.T.Ü., İnşaat Fakültesi Yayını, (1990).
- [8] ÇAKIROĞLU, A., Dikdörtgen ve Tablalı Betonarme Kesitlerin Taşıma Gücüne Göre Hesabı İçin Bir Abak, Yesa Yayınları-2, (1986).
- [9] ÇAKIROĞLU, A., Hiperstatik Sistemlerinin Hesap Metodları, İ.T.Ü., İnşaat Fakültesi Yayını, (1984).

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

ÖZGEÇMİŞ

Nazmi Ercivan ÜNÜVAR, 1969 yılında Mersin 'de doğdu. İlk, Orta ve Lise öğrenimini Mersin 'de tamamladı. 1987 yılında İçel Anadolu Lisesi 'ni bitirdi. Aynı yıl İ.T.Ü. İnşaat Fakültesinde başladığı İnşaat Mühendisliği öğrenimini 1991 yılında tamamlayarak İnşaat Mühendisi ünvanını aldı. 1991 İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Anabilim Dalı 'na bağlı Yapı Mühendisliği Yapı Analizi ve Boyutlandırması Programında öğrenimine başladı. Halen özel bir şirkette çalışmakta olan N. Ercivan ÜNÜVAR, İngilizce bilmektedir.