YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Düzlemine Dik Yük. Çub. Sist. Matris Dep. Met. Sta. Etüdü

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nail Kara

1988

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DÜZLEMİNE DİK YÜKLÜ ÇUBUK SİSTEMLERİN MATRİS DEPLASMAN METODUYLA STATİK ETÜDÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İNŞAAT MÜH. NAİL KARA

İNŞAAT

YAPI

İSTANBUL - 1988

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DÜZLEMİNE DİK YÜKLÜ ÇUBUK SİSTEMLERİN MATRİS DEPLASMAN METODUYLA STATİK ETÜDÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YÖNETEN : Doç. Sinan ÇAĞDAŞ
HAZIRLAYAN : İnş. Müh. Nail KARA

İSTANBUL-1988

Bu tezin hazırlanmasında,her aşamada yardımlarını esirgemeyen,değerli görüşleriyle yol gösteren hocam Doç. Sinan CAĞDAŞ 'a saygı ve şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET

Bu çalışmada düzlemine dik yüklü çubuk sistemlerin stifnes metodu ile hesabı için bilgisayar programı geliştirilmiştir. Önce stifnes metodu kısaca gözden geçirilmiş, stifnes metodu aşamaları bilgisayar programının hızlı bir şekilde çalışmasını temin için yeniden düzenlenmiştir.

Sistem stifnes matrisi yarı band genişliğindeki dikdörtgen matrise atanmış, denklem takımının çözümü için cholosky metodu ile denklem çözüm programı geliştiriltirilmiştir. Düğüm yüklerinin bulunması için 8 tip yükleme için ankastrelik reaksiyonları tekillik fonksiyonu kullanılarak bulunmuş ve yük programı biraz geniş tutulmuştur.

Örnek olarak, 5 değişik problem çözülmüştür. Çözüm için geliştirilen bilgisayar programlarında IBM compatible COMMODORE PC 10-II bilgisayarı kullanılmıştır.

SUMMARY

In this study a computer program has been developed for solving bar systems which are loaded perpendiculor to their planes by using the stiffness method.

Firstly Stiffness method has been briefly reviewed. The stages of the method have been rearranged to make the program run faster.

Overall Stiffnes matrix has been arranged in reclangular form whose band width is a half of the farmers Aprogram which solves linear equotions by the cholosky method has been developed.

Fixed end reactions for 8 types of loading has been determined by using the singularity function to find joint loads. For this reason,the load program has been kept large.

For illustration, 5 different problems have been solved by using IBM compatible "COMMODORE PC 10-II" type computer.

KULLANILAN NOTASYONLAR

E : Elastisite Modülü

G : Kayma Modülü

I : Atalet Momenti

J : Polar atalet Momenti

L : Çubuk Boyları

$[k]_{xyz}$: Çubuk Ekseninde Çubuk Stifnes Matrisi

$[k]_{XYZ}$: Müşterek Eksende Çubuk Stifnes Matrisi

$[K]$: Sistem Stifnes Matrisi

$\{D\}$: Deplasman Vektörü

$\{P\}$: Düğüm Yük Vektorü

$[T]$: Transformasyon Matrisi

$[S]$: Cholosky Metodunda Üst Üçgen matris

$[V]$: Cholosky Metodunda Yük-Deplasman ara vektörü

$\{f\}_{xyz}$: Çubuk Ekseninde Düğüm Yükleri Vektörü

$\{P\}_{xyz}$: Çubuk Ekseninde Netice Çubuk Uç Kuvvetleri Vektörü

$\{P\}_{XYZ}$: Müşterek Eksende Netice Çubuk Uç Kuvvetleri Vektörü

$\{\delta\}_{XYZ}$: Müşterek Eksenlerde Çubuk Deplasman Vektörü

-GİRİŞ-

Yapı Statiğinde düzlemine dik yüklü çubuk sistemlerin çözümü klasik metodlarla gayet müşkil ve yakınsak olmaktadır. Bilgisayarın yapı statiğinde kullanılması ile en güç algoritmalarda dahi kolayca çözüm imkani verdiği için yüzyılımızın başlarında temelleri atılan matris metodları günümüzde önem kazanmıştır.

Bu çalışmada matris deplasman metodlarından stifnes metodu kullanıldı.Stifnes metodunda işlem yapabilmek için ıskara sistemdeki çubukları taşıyıcı,plak v.s.elemanları çubuklar üzerinde yük kabul edilmiştir.Malzemenin lineer elastik, homogen ve izotrop olduğu kabul edilmiştir. II. mertebe yükleri dikkate alınmamıştır.

Stifnes metodunda çubukların stifnes matrisleri,çubuk boyları ve rijitleri yardımı ile teşkil edilip,çubuk konumuna göre hesaplanan doğrultu kosinüsleri yardimı ile çubuk stifnes matrisleri genel eksen takımına dönüştürülürler.Daha sonra her bir elemanın müşterek eksen takımındaki çubuk stifnes matrisi kod numaraları yardımı ile sistem stifnes matrisindeki yerlerine atanır.Çubukların üzerindeki yüklerden dolayı ankastrelik uç reaksiyonları uygun şekilde düğüm yükleri olarak verilir.Ayrıca düğümlere direk etkiyen kuvvetler varsa bu kuvvetlerde ilave edilerek düğüm yükleri müşterek eksenlere dönüştürülerek,aynı cins yüklerin toplamları düğüme etkiyen dış yükler olarak alınır ve yük vektörü bulunur.

Denklem takımının çözümünde taşıyıcı sistemin stabilite kontrolününde yapılabildiği Cholosky bant denklem çözümü kullanılmıştır.Çözüm neticesinde düğüm noktalarındaki deplasmanlar elde edilir.Deplasmanlardan hareketle çubuk uç kuvvetleri,çubuk stifnes matrisi,transformasyon matrisi ve çubuk ankastrelik uç reaksiyonlari yardımı ile bulunur. Böylece taşıyıcı sistemin statik analizi yapılmış olur.

Bu çalışmada sadece düzlemine dik yükler bulunan,çubuk sistemlerden meydana gelmiş yapı sistemleri için bilgisayar programı yardımıyla düğüm deformasyonları ve çubukların uç kuvvetleri bulunmuştur. Çözümler ve bilgisayar programı Bölüm 7 de verilmiştir.

BÖLÜM 2 : ISKARA SİSTEMLER

2.1 ISKARA SİSTEMLER HAKKINDA GENEL BİLGİ

Genel olarak farklı iki istikamette uzanan düz veya eğri eksenli kirişlerden ve kirişler arası boşluğu dolduran plaklardan oluşan muhtelif mesnet şartlarına sahip ve sadece düzlemine dik doğrultuda yük taşiyan yapı sistemlerine ISKARA veya ISKARA KİRİŞLİ SİSTEMLER denir.

Iskara kirişlerin taşıyıcı sistemin uzun kenarı doğrultusunda olanları boylama,diğer doğrultuda olanları ise enleme olarak adlandırılır.

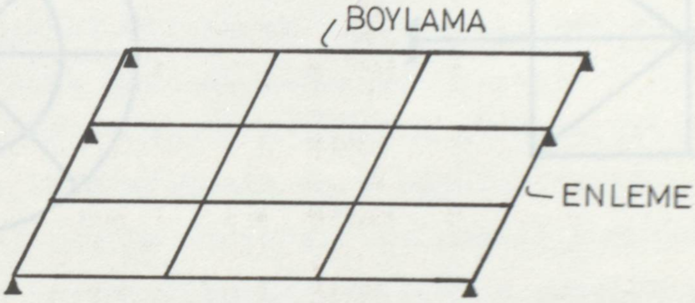
Iskara çubuğu statik açıdan sadece düzlemine dik yönde kesme kuvveti,yine düzlemine dik yönde etkiyen eğilme momenti ve çubuk ekseni etrafında döndürmeye çalışan burulma momenti olmak üzere üç adet kesit tesiri bulunur,dolayısıyla her bir çubukta altı adet bilinmeyen vardır.

Iskara sistemlerde kirişler birbiri üzerine elastik mesnetli olarak oturduklarından dış yükler üzerinde bulunduğu kirişi,enleme,boylama ve plaklar yardımı ile komşu ve müteakip kirişlerdede tesir meydana getirirler.

Genel olarak iskara sistemler düzenli olur. Düzenli olmasından kasıt enlemeler ve boylamalar birbirlerine paralel,enlemeler boylamalara dik istikamette olurlar.

Iskara sistemler kiriş yüksekliklerinin artırılmasının kısıtlı olduğu ve büyük açıklıkların geçilmesi gereken durumlarda kullanışlı bir yapı sistemidir. Özellikle hareketli yüklerin fazla olduğu köprüler ve katlı otopark gibi yapılarda her düğüm noktasının altına kolon yerleştirilmesinin yapının işlevini bozduğu durumlarda kullanılabilecek bir sistemdir. Binalarda ise mimari nedenlerle estetiği ve mekandaki bütünlügü sağlamak için açıklıklarda kolon yerleştirilmemesi gereken konferans salonu, lokantalar, eğlence salonları v.b.gibi yerlerde ıskara kirişli sistem veya benzer özellik arzeden bir taşıyıcı sistem olan kaset döşemeler kullanılır.

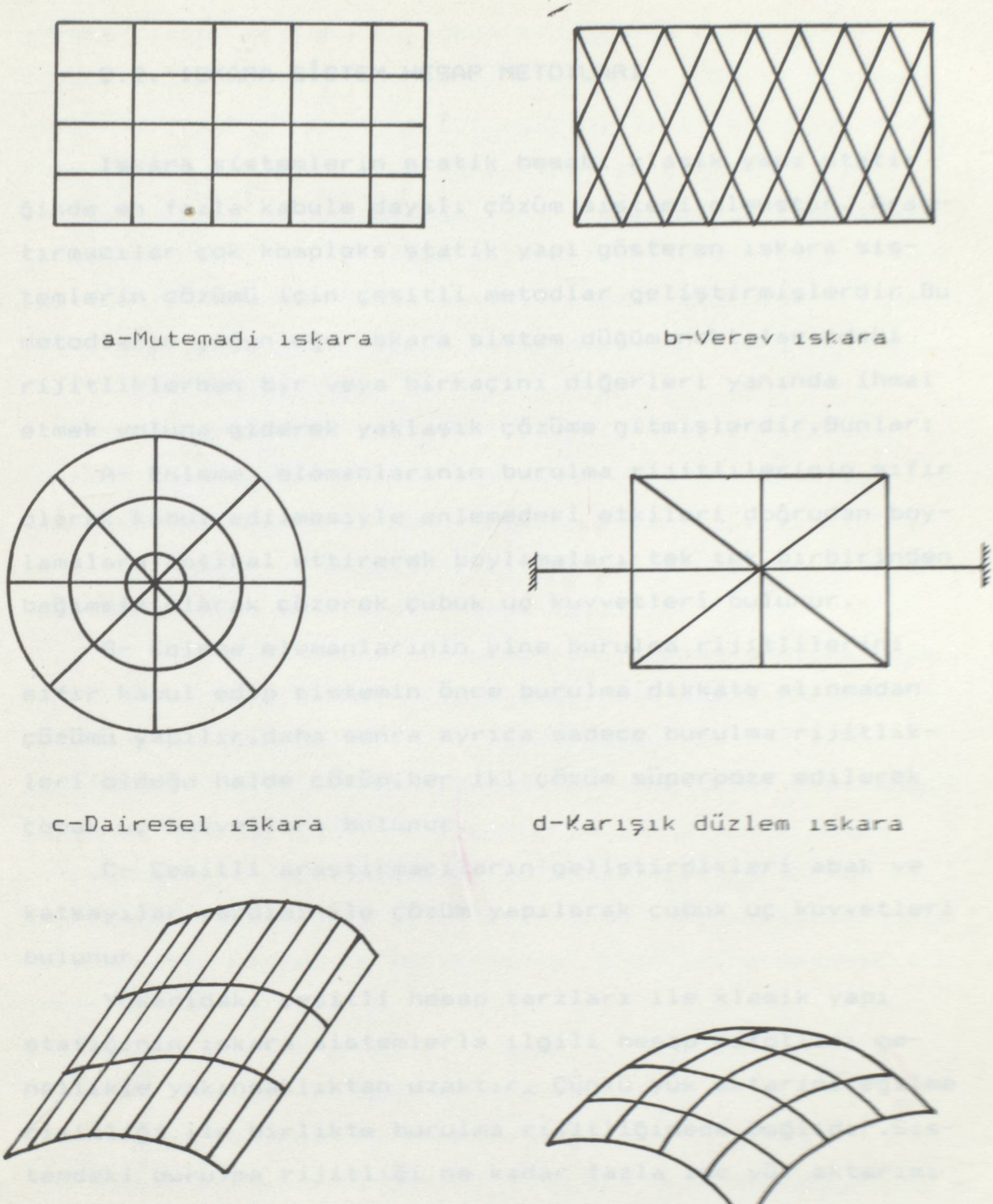
Iskara sistemin tercih sebeblerinin en önemlisi ise yüklerin sistem içinde dengeli bir şekilde yayılmasını sağlaması nedeniyle büyük yükler altında dahi diğer sistemlere göre kesit tesirlerinin daha küçük olmasıdır. Buna karşı yapım maliyeti diğer sistemlere göre daha fazladır.



Sekil 2.1. Basit ıskara sistemi.

2.1.1.ISKARA SİSTEM TİPLERİ

Iskara sistemler çeşitli tipte olabilirler. Bu tipleri mütemadi, verev, karışik, uzaysal kemer ve kubbe ıskara olmak üzere sınıflandırabiliriz.



a-Mutemadi ıskara

b-Verev ıskara

c-Dairesel ıskara

d-Karışık düzlem ıskara

e-Uzaysal kemer ıskara

f-Uzaysal kubbe ıskara

Şekil 2.2. Iskara sistem tipleri

2.2. ISKARA SİSTEM HESAP METOTLARI

Iskara sistemlerin statik hesabı klasik yapı statiğinde en fazla kabule dayalı çözüm sistemi olmuştur. Araştırmacılar çok kompleks statik yapı gösteren ıskara sistemlerin çözümü için çesitli metodlar geliştirmişlerdir. Bu metodların çoğunluğu ıskara sistem düğüm noktalarındaki rijitliklerden bir veya birkaçını diğerleri yanında ihmal etmek yoluna giderek yaklaşık çözüme gitmişlerdir.Bunlar:

A- Enleme elemanlarının burulma rijitlilerinin sıfır olarak kabul edilmesiyle enlemedeki etkileri doğrudan boylamalara intikal ettirerek boylamaları tek tek birbirinden bağımsiz olarak çözerek çubuk uç kuvvetleri bulunur.

B- Enleme elemanlarının yine burulma rijitlilerini sıfır kabul edip sistemin önce burulma dikkate alınmadan çözümü yapılır,daha sonra ayrıca sadece burulma rijitlikleri olduğu halde çözüp,her iki çözüm süperpoze edilerek çubuk uç kuvvetleri bulunur.

C- Çesitli araştırmacıların geliştirdikleri abak ve katsayılar yardımı ile çözüm yapılarak çubuk uç kuvvetleri bulunur.

Yukarıdaki çeşitli hesap tarzları ile klasik yapı statiğinin ıskara sistemlerle ilgili hesap metotları genellikle yakınsaklıktan uzaktır. Çünkü yük aktarımı eğilme rijitliği ile birlikte burulma rijitliğinede bağlıdır.Sistemdeki burulma rijitliği ne kadar fazla ise yük aktarımı o kadar dengeli,dolayısı ile bulunacak kesit tesirleride birbirine yakın değerler olarak bulunur. Bu ise daha büyük açıklıkların kolaylıkla geçilmesini sağlar.

Yapı sistemlerinin matris metodları ile çözülmesi çok büyük denklem takımlarına ihtiyaç göstermesi dolayısı ile çözümün elle yapılamaması önceleri matris metodlarının sadece teoride kalmasına neden olmuştur. 1960 lı yıllarda bilgisayar kullanımının iyice yaygınlaşması dolayısı ile elle çözümü imkansız olan hesapların bilgisayarla kısa sürede ve kolayca hesaplanabilmesi neticesinde yapı statiği mühendisin kolayca hesap yapabilecegi pratikleştirilmeye çalışılmış yakınsak hesap metodları yerine gerçek neticeleri veren ve proğramlamaya elverişli olan matris metodlarına yöneltmiştir.

Araştırmacılar doğru neticeleri veren elastisite teorisi,sonlu elemanlar ve matris metodlarına dolayısı ile teoriye yöneltmiştir. Son yıllarda yapılan çalışmalarla sonlu elemanlar ve matris metodları ile yapıların analizi konusunda büyük mesafeler katedilmiştir.

Bu çalışmada ıskara sistemlerin yapısal analizi için matris metodlarının en kullanışlısı olan matris deplasman metodunu kullanılmıştır. Matris deplasman metodu kısa açıklaması ile düğüm noktalarında meydana gelen deplasmanların bilinmeyen kabul edilip,dış yükler altında düğüm noktalarındaki deplasmanların bulunup,deplasmanlardan bu deplasmanı yaptıracak kuvvetlerin tesbit edilmesiyle düğüm noktalarında oluşan iç kuvvetlerin bulunmasına dayanan bir metodtur.

[K] * {D} = {P}

[K] : Sistem stifnes matrisi

{D} : Deplasman vektörü

{P} : Dış yüklerden düğüm noktalarında meydana gelen düğüm yükleridir.

BÖLÜM 3. STİFNES METODU

3.1. STİFNES METODU HAKKINDA GENEL BİLGİ

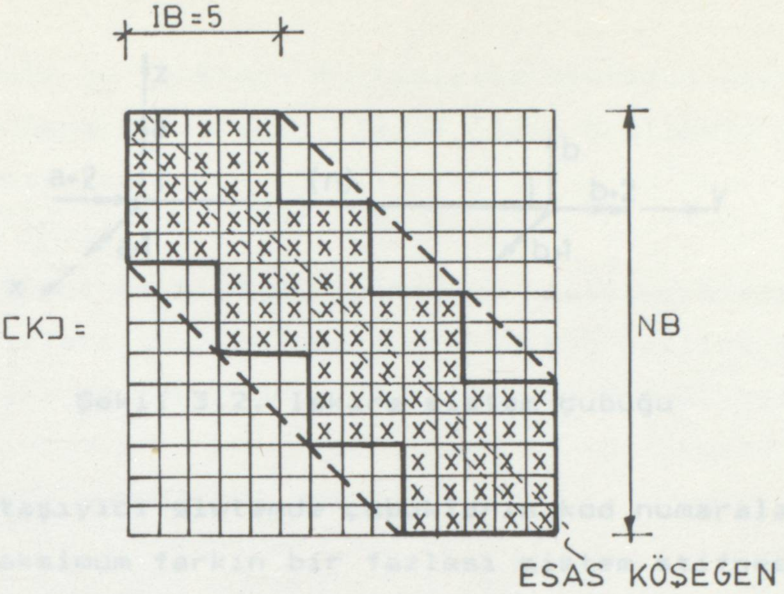
Stifnes kelimesinin ingilizce aslı "stiffness" olup sözlük anlamı rijitlik yani eğilmezlik,bükülmezlik derecesidir. Yapı statiğinde ise geniş manası ile belirli bir doğrultuda birim deplasman temin edebilmek için taşıyıcı sisteme o doğrultuda tatbik edilmesi gereken kuvvet olarak tarif edilebilir.

Taşıyıcı sistemdeki çubuklar,üzerlerindeki yükler ve yüklerin etki doğrultularına göre belirli deplasmanları yaparlar. Çubukların deplasman yapabildikleri doğrultuların toplam sayısına o çubuğun serbestlik derecesi denir.

Çubuklar üzerindeki yüklerin doğrultularına göre dolayısı ile yapabilecekleri deplasmanlara göre 5 grub altında toplanır.

1- Uzay çerceve çubuğu: Çubukların her bir ucunda kartezyen koordinatlar doğrultusunda 3 dönme ve 3 ötelenme olmak uzere 6 ,dolayısı ile bir çubukta toplam 12 serbestlik derecesine sahiptir. Uzay çerceve çubuğu taşıyıcı sistem çubuklarının en genel halidir. Yüklerin etki şekillerine göre sistemde bazı deplasmanlar meydana gelmez ise böylece alt taşıyıcı çubuklar oluşur.

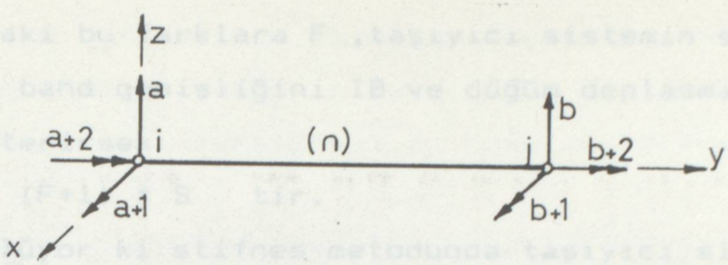
2- Uzay kafes çubuğu: Çubukların her bir ucunda kartezyen koordinatlar doğrultusunda 3 ötelenme olmak üzere toplam 6 serbestlik derecesi vardır. Sadece ötelenme meydana getirecek normal kuvvet aktardıklarından üzerlerinde eğilme meydana getirecek herhangi bir yük alamazlar.



Şekil 3.1. Tipik sistem stifnes matrisi

alanda o kadar küçük olur.Bu ikinci avantaj,yani hafızada stifnes matrisinin daha az yer işgal etmesi band matrislerin en önemli özelliğidir.Çünkü hafızada sadece esas köşegen üzerindeki band bölümler saklanır ve bu bölümlerle işlemler yapılır.Halbuki toplam bilinmeyen sa yısı NB ise NB*NB lik bir alan hafızada işgal edileceği yerde IB*NB lik dikdörtgen bir alan kullanılmış olur.Böylece hafızada (NB-IB)*NB lik bir alan tasarrufu saglanmiş olur. Bu ise daha fazla bilinmeyenli sistemlerin kolayca çözülmesine imkan sağlar.

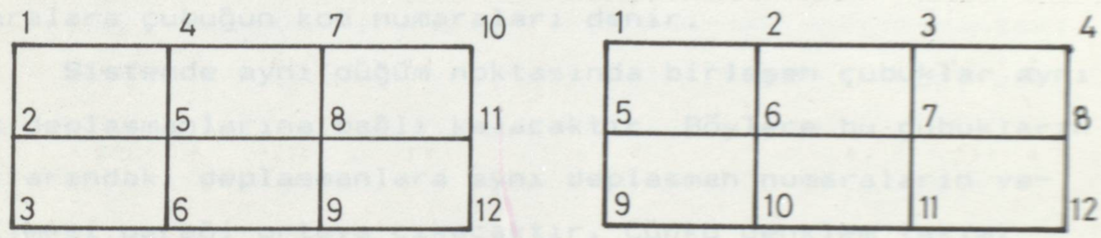
Sistem stifnes matrisindeki yarı band genişliğinin tayini sistemin düğüm noktalarının uygun şekilde numaralandırılması ile dolayısıyla kod numaraları ile ilgilidir. Yarı band genişliğinin minimum olması için iki komşu düğümün kod numaraları arası farkın minimum olması gerekir. Şekil 3.2 de görüldüğü gibi i ve j çubuk uçlarındaki deplasman numaraları arası maksimum fark (b+2)-a kadar olacaktır. Buradan şu sonucu çıkarabiliriz:



Şekil 3.2. Iskara sistem çubuğu

Bir taşıyıcı sistemde çubukların kod numaraları arasındaki maksimum farkın bir fazlası sistem stifnes matrisi yarı band genişliğine eşittir.

Kod numaraları arasındaki farkın minimum olmasını temin için sistem düğüm noktaları enlemeler doğrultusunda yukardan asağıya doğru sıra ile numaralandırılmalıdır.Bu duruma şekil 3.3. deki örnekleri verebiliriz.



(a) Doğru

max.fark=3

IB=12

(b) Yanlış

max.fark=4

IB=15

Şekil 3.3. Düğüm noktaları numaralanması

Her iki sistemde de düğüm noktalarında 3 bilinmeyen (deplasman) olduğunu düşünelim.(Düzlem ıskara veya düzlem cerçeve cubuğu)

şekil (a) da düğüm noktaları arası max.fark 3 tür.

şekil (b) de düğüm noktaları arası max.fark 4 tür.

Aradaki bu farklara F ,taşıyıcı sistemin stifnes matrisi yarı band genişliğini IB ve düğüm deplasman sayısını S ile gösterirsek

IB = (F+1) * S   tir.

Görülüyor ki stifnes metodunda taşıyıcı sistemin düğüm noktaları izah edildiği gibi uygun şekilde numaralandırılması çözümden önce yapılacak en önemli iştir.

3.3 KOD NUMARALARI TESKİLİ

Çubuk sistemlerin stifnes metoduyla cözümü icin çubukların uçlarındaki deplasmanların belli bir sistem dahilinde numaralandırılmaları ve birbirinden ayırt edilmeleri gerekir. Bunu her bir çubuğun uçlarının yapabileceği deplasmanları ayrı ayrı numaralandırarak sağlarız. Bu numaralara çubuğun kod numaraları denir.

Sistemde aynı düğüm noktasında birleşen çubuklar aynı uç deplasmanlarına bağlı kalacaktır. Böylece bu çubukların uçlarındaki deplasmanlara aynı deplasman numaraların verilmesi gereği ortaya çıkacaktır. Çünkü denklem takımı çözümünde aynı deplasmana bağlı olan satırlar paralellik arz edecek ve çözüm belirsizleşecektir. Bu durumda deplasman numaraları düğümlere verilerek,çubuğun bağlı olduğu i ve j düğümlerinin deplasman numaraları o çubuğun kod numaraları olacaktır.

Kod numaralarının düğumlere bağlı olduğunu ispatladıktan sonra kod numaralarının sistemin çözümündeki önemine değinmeğe çalışalım. Bilindigi gibi sistem stifnes matrisini yarı band genişliği çubukların i ve j uclarındaki deplasman numaraları arasındaki farkla direkt olarak ilgilidir. Bu farklar ne kadar küçükse sistem stifnes matrisi yarı band genişliği o kadar dar olacak,dolayısıyla bilgisayarın hafızasında işgal edilecek alan küçük olacak ve denklem çözüm zamanıda o kadar kısa olacaktır. Bu yüzden kod numaraları verilirken su husulara dikkat edilecektir.

1- Düğüm noktaları daha önce belirtildiği gibi yarı band genişliğini minimum kılacak şekilde numaralandırılır.

2- Deplasman numaraları çubuk yerel eksen takımına göre değil müşterek eksen takımına göre verilmelidir.

3-Düğümlerin deplasman numaraları deplasman tipine göre her düğümde aynı sırayı takip edecek şekilde sıra ile verilmelidir.

Düğüm deplasman numaralarını uygun şekilde verebilmek için asağıdaki sistem geliştirilmiştir.

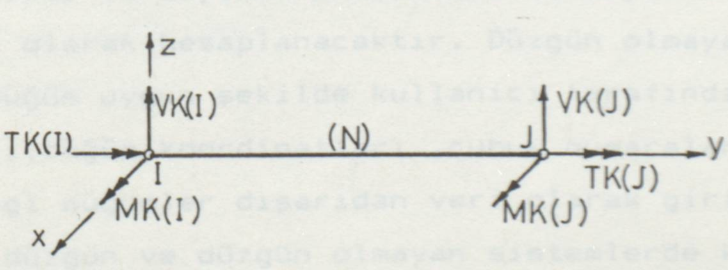
Düzlem ıskara sistemlerde her düğümde en çok 3 bilinmeyen (deplasmanlar) vardır. Bu deplasmanları sırayla Vk, Mk,Tk şeklinde numaralanırsa I düğümündeki deplasmanlar:

Vk(I): I düğümünün z ekseni doğrultusunda düşey yer değiştirmeye çalısan deplasman numarası,

Mk(I): I düğümünün x ekseni etrafında döndürmeye çalısan deplasman numarası,

Tk(I): I düğümünün y ekseni etrafında döndürmeye çalışan deplasman numarası,

Şeklinde çubuk uç deplasmanları düğüm numaralarına göre belirlenebilir.



Şekil 4.4 Çubuk kod numaraları

Tablo 3.1. Cubuk kod numaraları

Çubuk no	Kod numaraları					
	1	2	3	4	5	6
N	Vk(I)	Mk(I)	Tk(I)	Vk(J)	Mk(J)	Tk(J)

Belirtilen bu sistemde kod numaralarını bulmak için düğümlerden hareket edildiğine göre çubuğun bağlı olduğu düğumlerin bilgisayarca kolayca tesbiti için her bir çubukta N cubuk numarası olmak üzere

i ucu düğüm nosu C1(N)

J ucu düğüm nosu C2(N)

şeklinde dizi açılmış ve her bir cubuğun düğüm numaraları belirtilmiştir.Veriler girilirken j ucu düğüm numarası,i ucu düğüm numarasından büyük olmalıdır.

Bilgisayar programında her bir düğümün deplasman numaralarını (veya çubuk kod numaralarını) dışarıdan veri olarak girmek oldukça zaman alıcı bir işlemdir. Bu işlemi otomatik olarak yapabilmek için aşağıdaki program geliştirilmiştir.

Bilgisayar programı başlangıçta düzgün ve düzgün olmayan sistemler için olmak üzere iki tür veri alacaktır. Düzgün olan sistemlerde,düğüm numaraları ve cubuk numaraları, enleme ve boylama aralıkları ve boyları yardımı ile otomatik olarak hesaplanacaktır. Düzgün olmayan sistemlerde ise düğüm uygun şekilde kullanıcı tarafından numaralandırılmalı,düğüm koordinatları ,cubuk numaraları ve çubuğun birleştigi düğümler dışarıdan veri olarak girilmelidir. Böylece düzgün ve düzgün olmayan sistemlerde kot numaralarının teşkili için gerekli olan düğüm numarası, çubuk numarası ve çubuğun birleştiği düğümler belirlenecektir.

Program parçası:Çubuk kod numaralarının belirlenmesi

```
 10 PRINT "DÜGÜM NOKTALARINDAKİ O OLAN DEPLASMANLARI
    Z-Z DOĞRULTUSUNDA ÇÖKME V,X-X ETRAFINDA DÖNME M,
    Y-Y ETRAFINDA DÖNME T OLMAK ÜZERE TİPİNİ VE DÜĞÜM
    NUMARASINI VERİNİZ"
 20 INPUT "TOPLAM SIFIR DEPLASMAN SAYISI=";DO
 30 NB=3*DS-DO
 40 A1=0.5 :K=0
 50 FOR I=1 TO DO
 60 INPUT "DUGUM NO=";DN :INPUT "DEPLASMAN TIPI=";D$
 70 IF D$="V" THEN 90
 80 IF D$="M" THEN 110 ELSE 130
 90 VK(DN)=A1 :GOTO 130
100 MK(DN)=A1 :GOTO 130
110 TK(DN)=A1
120 NEXT I
130 FOR I=1 TO DS
140 IF VK(I)=0 THEN 160
150 VK(I)=0 :GOTO 170
160 K=K+1 :VK(I)=K
170 IF MK(I)=0 THEN 190
180 MK(I)=0 :GOTO 200
190 K=K+1 :MK(I)=K
200 IF TK(I)=0 THEN 220
210 TK(I)=0 :GOTO 240
220 K=K+1 :TK(I)=K
230 NEXT I
```

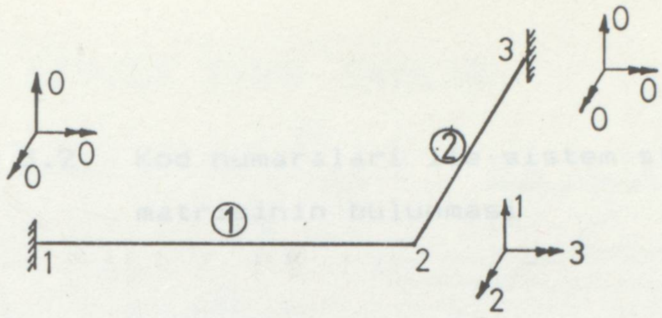
Taşıyıcı sistemde bazı düğümlerin deplasmanlarından biri veya birkaçı belirtilecek doğrultularda engellenmiş olabilir. Dolayısıyla o deplasman numaraların sıfır olarak verilmesi gerekir. Bu durumu çözmek için sistemde ki sıfır olan deplasmanlar düğüm numarası ve deplasman tipi belirtilmek üzere dışarıdan veri olarak girilir. Bu deplasman numaralarına A=0.5 gibi deplasman numarası olamıyacak bir değer verilir.

1 den N. duğüme kadar tüm düğümlerde deplasman tipine bağlı olarak deplasman numarası sıfırdan farklı ise(A=0.5) o deplasmana numara verilmeyip sıfıra eşitlenir,eğer deplasman numarası sıfırsa bu durumda belirtilen tipte ki deplasmana sıra ile deplasman numarası verilir.

Kod numaraları, sistem stifnes matrisinin hesabı için sistemin düğümlerinin yapabilecegi bütün deplasmanların her birine bir numara verilmesi ve bu numaralar yardımıyla aynı deplasmana bağlı çubukların birbirleriyle olan münasebetlerini düzenlemek için geliştirilmiş bir metodtur. Stifnes tesir sayılarında (Bölüm 3.4.) anlatılacağı gibi [K] sistem stifnes matrisinin Kij terimi stifnes tesir sayılarından hareketle:

Kij=Sistemin tarif edilmiş bütün deplasmanları sıfır iken j oku doğrultusunda bir birim deplasman temin etmek için , i oku doğrultusunda dıştan etkimesi gereken kuvvet olarak tanımlanabilir.Bu kuvvet i okunun bulunduğu düğüm noktasında j deplasmanı ile ilgili müşterek eksenlerde ki çubuk stifnes matrisi terimlerinin toplamından ibarettir.

Arkada çubuk kod numaralarını otomatik olarak numalayan program parçası verilmiştir.



Çubuk	Düğüm	Kod no
1	1,2	0,0,0,1,2,3
2	2,3	1,2,3,0,0,0

Şekil 3.5.

Şekil 3.5. deki taşıyıcı sistemde genel eksenlere transforme edilmiş çubuk stifnes matrisleri 1. çubuk için [k′]xyz, 2. çubuk için [K"]xyz olsun. Taşıyıcı sistemin sistem stifnes matrisini kod numaraları yardımı ile Tablo 3.2 deki gibi kolayca hesaplanabilir. Müşterek eksenlerdeki çubuk stifnes matrisinin satır ve sutunları aynı kod numaralarına bağlı olan elemanların sistem stifnes matrisindeki aynı satır ve sutunlarda toplanmalarından ibarettir.

Tablo 3.2. Kod numaralari ile sistem stifnes matrisinin bulunmasi

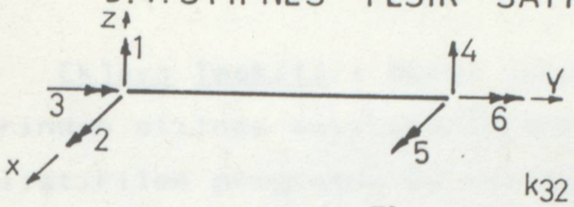
$$
\begin{array}{r|cccccc}
\text{hane no} & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \\
\text{kod no} & 0 & 0 & 0 & 1 & 2 & 3
\end{array}
\qquad
\begin{array}{cccccc}
1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \\
1 & 2 & 3 & 0 & 0 & 0
\end{array}
$$

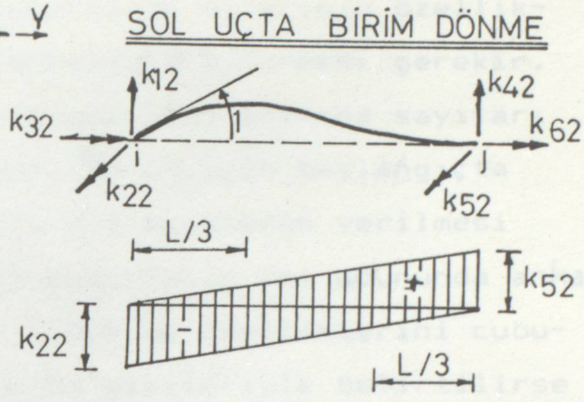
$$
[k]_1 = \begin{bmatrix}
k'_{11} & k'_{12} & k'_{13} & k'_{14} & k'_{15} & k'_{16} \\
k'_{21} & k'_{22} & k'_{23} & k'_{24} & k'_{25} & k'_{26} \\
k'_{31} & k'_{32} & k'_{33} & k'_{34} & k'_{35} & k'_{36} \\
k'_{41} & k'_{42} & k'_{43} & k'_{44} & k'_{45} & k'_{46} \\
k'_{51} & k'_{52} & k'_{53} & k'_{54} & k'_{55} & k'_{56} \\
k'_{61} & k'_{62} & k'_{63} & k'_{64} & k'_{65} & k'_{66}
\end{bmatrix}
\qquad
[k]_2 = \begin{bmatrix}
k''_{11} & k''_{12} & k''_{13} & k''_{14} & k''_{15} & k''_{16} \\
k''_{21} & k''_{22} & k''_{23} & k''_{24} & k''_{25} & k''_{26} \\
k''_{31} & k''_{32} & k''_{33} & k''_{34} & k''_{35} & k''_{36} \\
k''_{41} & k''_{42} & k''_{43} & k''_{44} & k''_{45} & k''_{46} \\
k''_{51} & k''_{52} & k''_{53} & k''_{54} & k''_{55} & k''_{56} \\
k''_{61} & k''_{62} & k''_{63} & k''_{64} & k''_{65} & k''_{66}
\end{bmatrix}
$$

$$
\begin{array}{cccc}
1 & 2 & 3 & \\
\end{array}
$$

$$
[K] = \begin{array}{c}
\begin{bmatrix}
k'_{14}+k''_{11} & k'_{15}+k''_{12} & k'_{16}+k''_{13} \\
k'_{24}+k''_{21} & k'_{25}+k''_{22} & k'_{26}+k''_{23} \\
k'_{34}+k''_{31} & k'_{35}+k''_{32} & k'_{36}+k''_{33}
\end{bmatrix}
\end{array}
\begin{array}{c} 1 \\ 2 \\ 3 \end{array}
$$

3.4. STIFNES TESİR SAYILARI





$$k_{12}=c_i\frac{EI}{L^2} \qquad k_{42}=c_j\frac{EI}{L^2}$$

$$k_{32}=e_i\frac{GJ}{L} \qquad k_{62}=e_j\frac{GJ}{L}$$

$$k_{22}=a_i\frac{EI}{L} \qquad k_{52}=a_j\frac{EI}{L}$$

1. Moment alan teoreminden i ucunun j ucuna göre rölatif dönmesi aradaki moment alanına eşittir.

$$\frac{1}{EI}\left(-k_{22}\frac{L}{2}+k_{52}\frac{L}{2}\right)=-1 \qquad (3.1)$$

2. Moment alan teoremine göre i ucundan tegetle j ucundan çizilen tegetler arası i ucundaki mesafe:

$$\frac{1}{EI}\left(-k_{22}\frac{L}{2}\,\frac{L}{3}+k_{52}\frac{L}{2}\,\frac{2L}{3}\right)=0 \qquad (3.2)$$

$$\left.\begin{aligned}
&\left(-\frac{L}{3}\right)k_{22}\frac{L}{2}-k_{52}\frac{L}{2}=EI\\
&k_{22}\frac{L}{6}-k_{52}\frac{L}{3}=0\\
\hline
&k_{52}\frac{L^2}{6}-k_{52}\frac{L^2}{3}=-\frac{L}{3}EI\\
&k_{52}\frac{L}{2}=EI \qquad\qquad k_{52}=2\frac{EI}{L}\\
&k_{22}=\frac{2}{L}(2EI) \qquad\quad k_{22}=4\frac{EI}{L}\\
&k_{12}=-k_{42}=\frac{k_{22}+k_{52}}{L}=6\frac{EI}{L}
\end{aligned}\right\} \qquad (3.3)$$

Benzer işlemlerle cubuk stifnes matrisinin bütün elamanları ve stifnes tesir sayıları kolayca bulunabilir.

3.5. ÇUBUK STİFNES MATRİSİ

[k]xyz Teşkili : Bütün çubukların uçlarının özelliklerinden stifnes sayılarının öncelikle bilinmesi gerekir. Geliştirilen programda üç tip çubuk için stifnes sayıları otomatik olarak verilmektedir.Bunun için başlangıçta çubukların uçlarındaki mafsallı birleşimlerin verilmesi gerekir. Programda önce bütün çubukların iki ucununda ankastre olduğu kabul edilmektedir. Çubuk uç özelliklerini cubuğun 1.ucunu IU(N), 2.ucunu JU(N) dizileriyle belirtilirse

IU(N) = 1 ise N. çubuğun 1.ucu ankastre,

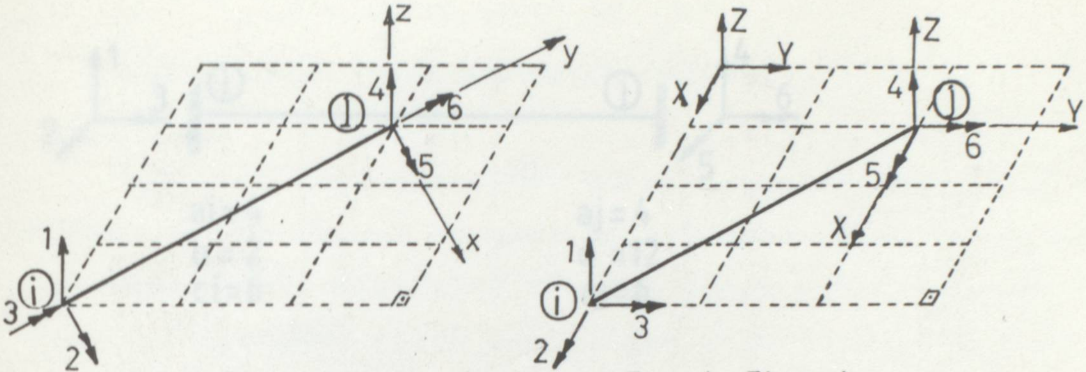
JU(N) = 1 ise N. çubuğun 2.ucu ankastre olmaktadır.

Taşıyıcı sistemde mafsallı birlesim yapan toplam cubuk sayısı (MC) ile belirtilir.Iskara sistemlerde genellikle iki ucu mafsallı çubuk bulunmadığından çubukların en fazla bir ucu mafsallı olabilir.

Çubuğun 1.ucu mafsallı ise IU(N)=0 , 2.ucu mafsallı ise JU(N)=0 ataması yapılarak çubuk uçlarının özellikleri belirtilmiş olur.

Temel stifnes sayıları çubuk uç özelliklerine göre belirlenerek ve bunlara göre çubuğun yerel eksen takımindaki stifnes matrisi hesaplanacaktır.Hafızada yer kaybı olmaması için her bir çubuğun atalet momenti I1(N), polar atalet momenti J1(N), çubuk boyu L1(N) şeklinde tek boyutlu dizilerde saklanıp sistem stifnes matrisinin teskili için başlanğıcta ve çubuk uç kuvvetlerinin bulunması için sonuçta olmak üzere iki defa çubuk stifnes matrisleri hesaplanacak ve her çubuk stifnes icin 6*6 lik alan müşterek olarak kullanılacaktır.

Çubukların uç özelliklerine göre hesaplanan temel stifnes sayıları şekil (3.6.) da gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Eksen takımları

ÇUBUK STİFNES MATRİSİ

$$[k]_{xyz} = \begin{array}{c} \begin{array}{cccccc} v_i & \theta_i & \omega_i & v_j & \theta_j & \omega_j \end{array} \\ \begin{bmatrix} D & Ci & 0 & -D & Cj & 0 \\ Ci & Ai & 0 & -Ci & B & 0 \\ 0 & 0 & T & 0 & 0 & -T \\ -D & -Ci & 0 & D & -Cj & 0 \\ Cj & B & 0 & -Cj & Aj & 0 \\ 0 & 0 & -T & 0 & 0 & T \end{bmatrix}_{xyz} \end{array} \qquad (3.4)$$

v = Çökme

θ = Eksenel dönme

ω = Açısal dönme

$$Ai = ai\,\frac{E.Ix}{L} \qquad (3.5) \qquad\qquad Aj = aj\,\frac{E.Ix}{L} \qquad (3.6)$$

$$B = b\,\frac{E.Ix}{L} \qquad (3.7) \qquad\qquad T = \frac{G.J}{L} \qquad (3.8)$$

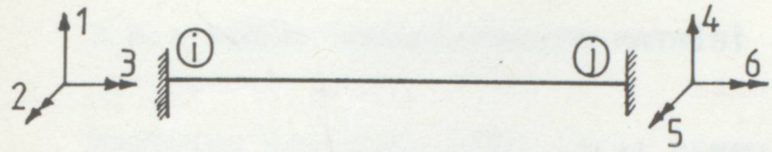
$$Ci = \frac{Ai + B}{L} = ci\,\frac{E.Ix}{L^2} \qquad (3.9) \qquad\qquad Cj = \frac{Aj + B}{L} = cj\,\frac{E.Ix}{L^2} \qquad (3.10)$$

$$D = \frac{Ci + Cj}{L} = d\,\frac{E.Ix}{L^3} \qquad (3.11)$$

$$\begin{aligned} ci &= ai + b \\ cj &= aj + b \\ d &= ai + aj + 2.b \end{aligned} \qquad (3.12)$$

ai, aj, b Temel stifnes sayılarıdır.

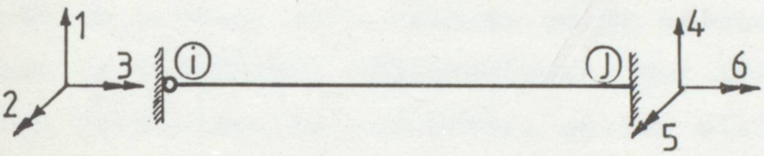
İKİ UCU ANKASTRE ÇUBUK



ai = 4
b = 2
ci = 6

aj = 4
d = 12
cj = 6

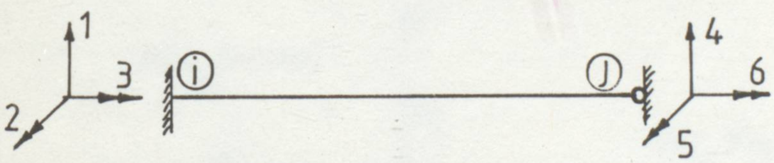
SOL UCU MAFSALLI ÇUBUK



ai = 0
b = 0
ci = 0

aj = 3
d = 3
cj = 3

SAĞ UCU MAFSALLI CUBUK



ai = 3
b = 0
ci = 3

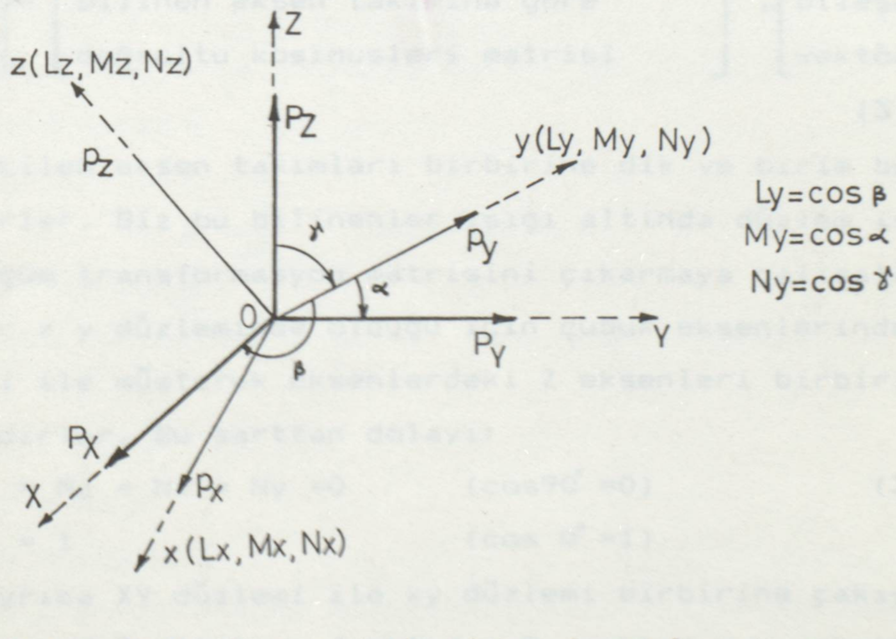
aj = 0
d = 3
cj = 0

Şekil 3.7. Mesnet şartlarına göre stifnes tesir sayıları

3.6 ÇUBUK TRANSFORMASYON MATRİSİ

3.6.1 DÜĞÜM TRANSFORMASYON MATRİSİ

Taşıyıcı sistemde çubuk yerel eksenlerindeki bir P kuvvetinin P_x ,P_y ve P_z gibi üç bileşeni olsun.Bu bileşenler sadece etki ettikleri çubuğun yerel eksen takımlarındadırlar.Sistemde işlem yapabilmek icin bu kuvvetlerin müşterek eksenlerdeki bileşenleri P_X , P_Y , P_Z nin kullanılması gerekir. Her iki durumda P kuvvetinin doğrultusu, yön ve şiddeti aynı kaldığı halde bileşenlerinin doğrultu yön ve şiddetleri değişmektedir. Her iki eksen takımlarının birbirleriyle yaptıkları açılar biliniyorsa bir eksen takımında verilen bileşenleri diger eksen takımındaki bileşenler cinsinden kolayca yazmak mümkündür.İki ayrı eksen takımında bileşenlerine ayrılmış bir P kuvveti ile eksenlerin bir birleriyle yaptıkları açılar şekil 3.8. de görülmektedir.



Şekil 3.8. Bir noktada eksen transformasyonu

P_X , P_Y , P_Z bileşenlerinin y eksenindeki izdușümleri alınırsa

$$P_y = ly.P_X + My.P_Y + Ny.P_Z \tag{3.13}$$

yazılır.Aynı şekilde diger bileşenler bulunursa:

$$P_x = lx.P_X + Mx.P_Y + Nx.P_Z \tag{3.14}$$

$$P_z = lz.P_X + Mz.P_Y + Nz.P_Z \tag{3.15}$$

bulunur.

Denklemler matris notasyonunda yazılırsa:

$$\begin{Bmatrix} P_x \\ P_y \\ P_z \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} lx & Mx & Nx \\ ly & My & Ny \\ lz & Mz & Nz \end{bmatrix} * \begin{Bmatrix} P_X \\ P_Y \\ P_Z \end{Bmatrix} \tag{3.16}$$

ve doğrultu kosinusleri matrisi [t] ile gösterilirse:

$$\{P\}_{xyz} = [t] \ . \ \{P\}_{XYZ} \tag{3.17}$$

elde edilir.Bu denkleme ortagonal transformasyon denklemi denir.Kısaca transformasyon denklemini harf ve indislerden bağımsız ifade edersek:

$$\begin{Bmatrix} \text{Aranan} \\ \text{bileşen} \\ \text{vektörü} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{Aranan bileşenler doğrultularının} \\ \text{bilinen eksen takımına göre} \\ \text{doğrultu kosinusleri matrisi} \end{bmatrix} . \begin{Bmatrix} \text{Bilinen} \\ \text{bileşen} \\ \text{vektörü} \end{Bmatrix} \tag{3.18}$$

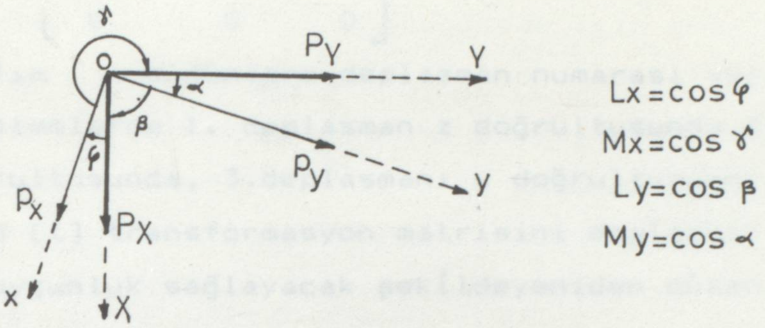
Seçilen eksen takımları birbirine dik ve birim büyüklüktedirler. Biz bu bilinenler ışıgı altında düzlem ıskara için düğüm transformasyon matrisini çıkarmaya çalışalım. Cubuklar x y düzleminde olduğu için çubuk eksenlerindeki z ekseni ile müşterek eksenlerdeki Z eksenleri birbirine paraleldirler. Bu şarttan dolayı:

$$lz = Mz = Nx = Ny = 0 \qquad (\cos 90^\circ = 0) \tag{3.19}$$

$$Nz = 1 \qquad (\cos 0^\circ = 1)$$

olur. Ayrıca XY düzlemi ile xy düzlemi birbirine çakışıktır,sadece doğrultuları farklıdır.Bu noktadan hareketle :

lx,Mx,ly,My değerlerini yazmaya calışalım.



Şekil 3.9. Düzlemde eksen transformasyonu

Şekil deki eksenler birbirine dik ve aynı düzlem içinde olduklarından:

$$\alpha + \beta = \frac{\pi}{2}$$

$$\varphi + \gamma = \frac{3\pi}{2} \qquad (3.20)$$

aynı zamanda benzer açılardan :

$$\alpha = \varphi$$

$$\beta = \gamma - \pi \qquad (3.21)$$

olur.Bu bilinenlerle doğrultu kosinusleri yazılırsa:

$$\cos\alpha = \cos\varphi$$

$$\cos\beta = -\cos\gamma \qquad (3.22)$$

şeklini alır. $\alpha + \beta = \frac{\pi}{2}$ olduğu için :

$$\sin\alpha = \cos\beta \qquad (3.23)$$

olur.Doğrultu kosinuslerini cinsinden yazarsak:

$$lx = \cos\alpha$$

$$Mx = -\sin\alpha$$

$$ly = \sin\alpha \qquad (3.24)$$

$$My = \cos\alpha$$

olur.[t] transformasyon matrisini (3.19) ve (3.25) deki bilinenlerle yeniden teşkil edersek:

$$[t] = \begin{bmatrix} \cos & -\sin & 0 \\ \sin & \cos & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \qquad (3.25)$$

şeklini alır. düğümlere deplasman numarası verirken ıskara sistemlerde 1. deplasman z doğrultusunda, 2.deplasman x doğrultusunda, 3.deplasmanı y doğrultusunda vereceğimiz için [t] transformasyon matrisini deplasman numaraları ile uygunluk sağlayacak şekildeyeniden düzenlersek

$$[t] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos & -\sin \\ 0 & \sin & \cos \end{bmatrix} \qquad (3.26)$$

şeklini alır.

3.6.2. ÇUBUK TRANSFORMASYON MATRİSİ TESKİLİ

3.6.1. de düğüm transformasyon matrisi düzlemine dik yüklü sistemlerdeki müşterek eksen takımına göre hesaplanmıştır. Taşıyıcı sistem çubuklardan meydana geldigi için her çubuğun birleştiği iki düğüm vardır. dolayısı ile çuğun birleştiği düğümlerin ikisinin birlikte transformasyon yapılması gerekir.

Düğüm transformasyon matrisi [t], çubuk transformasyon matriside [T] ise

$$\begin{array}{cc} i & j \end{array}$$
$$[T] = \begin{bmatrix} [t] & 0 \\ 0 & [t] \end{bmatrix} \qquad (3.27)$$

çubuk doğru eksenli olduğundan her iki düğümde'de doğrultu kosinusleri aynı olacaktır. Dolayısı ile çubuk transformasyon matrisi (3.27) deki şeklini alır.

3.6.3. DOĞRULTU KOSİNÜSLERİ.

Doğrultu kosinüslerini hesaplamak için çubuğun sistemdeki konumunun veya düğüm noktası koordinatlarının bilinmesi gerekir. Şayet ıskara sistem düzenli ise yani sadece enine ve boyuna çubuklar var ise bu durumda çubuğun konumundan doğrultu kosinüsleri kolayca hesaplanabilir.

Yatay çubuklarda $\cos\alpha = 1$, $\sin\alpha = 0$

Dusey çubuklarda $\cos\alpha = 0$, $\sin\alpha = 1$ dir.

Ayrıca çubuk boylarıda doğrudan bilinmektedir.

Iskara sistem düzenli değil ise dügüm noktalarının koordinatlarının bilinmesi gerekir.

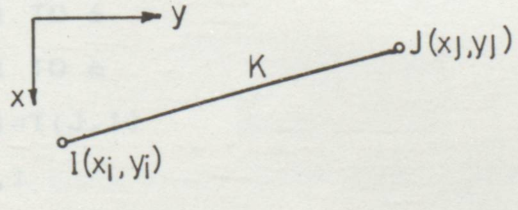
Çubugun i ucunun koordinatı xi , yi ve j ucu koordinati xj , yj ve cubuk boyu L ise

$$L = \sqrt{(xj-xi)\hat{}2 + (yj-yi)\hat{}2}$$

$$\sin\alpha = (xj-xi)/L$$

$$\cos\alpha = (yj-yi)/L \qquad (3.29)$$

doğrultu kosinüsleri koordinatlar yardımı ile kolayca hesaplanabilir.



Şekil 3.10

Düğüm noktaları I ve J olan K cubugunda çubuk trasformasyon matrisini yazacak olursak :

$$T(K)=\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & & & \\ 0 & CO(K) & -SI(K) & & & \\ 0 & SI(K) & CO(K) & & & \\ & & & 1 & 0 & 0 \\ & & & 0 & CO(K) & -SI(K) \\ & & & 0 & SI(K) & CO(K) \end{bmatrix} \qquad (3.30)$$

3.6.4. TRANSFORMASYON MATRİSİNİN İNVERSİ

Çubuk transformasyon matrisinin inversi hesaplanacak olursa,inversin transformasyon matrisinin transpozesine eşit olduğu görülür. Böylece hesaplarda büyük kolaylık sağlanmış olur.

[T] =[T] (3.31)

çubuk transformasyon matrisi bilgisayar programında;

```
REM CUBUK TRANSFORMASYON MATRISI
T(1,1) = 1      :T(2,2) = CO(K)  : T(2,3) = -SI(K)
T(3,2) = SI(K)  :T(3,3) = CO(K)  : T(4,4) = 1
T(5,5) = CO(K)  :T(5,6) = -SI(K) : T(6,5) =SI(K)
T(6,6) = CO(K)
REM CUBUK TRANSFORMASYON MATRISI ... INV.T=TR.T=TR
FOR I=1 TO 6
FOR J=1 TO 6
TR(I,J)=T(J,I)
NEXT J,I
```

Şeklinde atama yapılır.

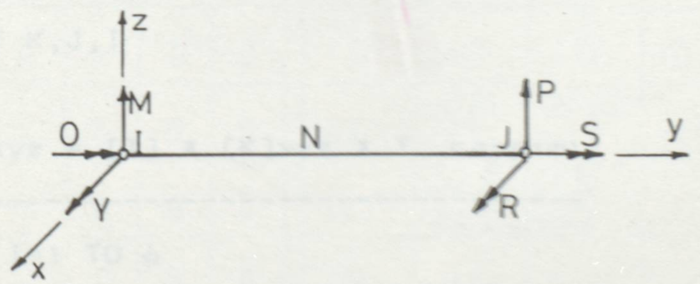
3.7. SİSTEMDE ÇUBUK STİFNES MATRİSİ [k] xyz TEŞKİLİ

Çubuk yerel eksen takımında hesaplanan çubuk stifnes matrisi [K]xyz ile hesap yapmaya imkan yoktur. Çünkü sistemde değisik yerel eksen takımları mevcuttur. Bu yüzden çubuk yerel eksen takımlarını müsterek bir eksen takımına dönüstürülmesi gerekir. Çubuk yerel eksen takımlarının müsterek eksen takımı ile yaptıkları açıların kosinüsleri yardımı ile dönüstürme yapılabilir,bunlara doğrultu kosinüsleri adı verilir.

Doğrultu kosinüsleri yardımı ile çubuk transformasyon matrisi [T] her bir cubuk icin hesaplanır.Ayrıca hesapta gerekli olan $[T]^{-1}$ matrisi

$[T]^{-1}=[T]^{T}$ esitliği olduğu için [T] nin transpozesi alınir,gerekli işlemler yapılır müşterek eksenlerdeki çubuk stifnes matrisleri hesaplanır.

$$[K] = [T] * [K]xyz *[T] \qquad (3.32)$$



Sekil 3.11

Çubuk kod numarası daha basit hale gelmesi için daha önce hesaplanmış olan;

$$M = VK(I) \quad : \quad Y = MK(I) \quad : \quad O = TK(I)$$
$$P = VK(J) \quad : \quad R = MK(J) \quad : \quad S = TK(J) \qquad (3.33)$$

şeklinde atanır.

N çubuğunun kod numarası M,Y,O,P,R,S yardımı ile her bir çubuğun müşterek eksenlerdeki çubuk stifnes matrisi yarı band genişliğine göre düzenlenmiş olan bilgisayar programı ile dikdörtgen matris hale getirilen sistem stifnes matrisindeki ilgili bölgelere atanır.

Sistemde cubuk stifnes matrisi teskili alt programı

[T] * [K]xyz carpimi

```
FOR I=1 TO 6
FOR J=1 TO 6
U(I,J)=0 : S(I,J)=0
NEXT J,I
FOR I=1 TO 6
U(I,J)=0
FOR J=1 TO 6
FOR K=1 TO 6
U(I,J)=U(I,J)+TR(J,K)*F(K,J)
NEXT K,J,I
```

[K]xyz = [T] * [K]xyz * T carpımı

```
FOR I=1 TO 6
S(I,J)=0
FOR J=1 TO 6
FOR K=1 TO 6
S(I,J)=S(I,J)+U(J,K)*T(K,J)
NEXT K,J,I
```

1	0	0	0	0	0
0	m	-l	0	0	0
0	l	m	0	0	0
0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	m	-l
0	0	0	0	l	m

D	Ci	0	-D	Cj	0
Ci	Ai	0	-Ci	B	0
0	0	T	0	0	-T
-D	-Ci	0	D	-Cj	0
Cj	B	0	Cj	-Aj	0
0	0	-T	0	0	T

D	m.Ci	-l.Ci	-D	m.Cj	-l.Cj
Ci	m.Ai	-l.Ai	-Ci	m.B	-l.B
0	l.T	m.T	0	-l.T	-m.T
-D	-m.Ci	l.Ci	D	-m.Cj	l.Cj
Cj	m.B	-l.B	-Cj	m.Aj	-l.Aj
0	-l.T	-m.T	0	l.T	m.T

1	0	0	0	0	0
0	m	l	0	0	0
0	-l	m	0	0	0
0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	m	l
0	0	0	0	-l	m

D	m.Ci	-l.Ci	-D	m.Cj	-l.Cj
m Ci	$m^2.Ai$ $+l^2.T$	-ml.Ai +ml.T	-m.Ci	$m^2 B$ $-l^2.T$	-ml B -ml.T
-l.Ci	-ml.Ai +ml.T	$l^2 Ai$ $+m^2 T$	l.Ci	-ml.B -ml.T	$l^2.B$ $-m^2 T$
- D	-m.Ci	l.Ci	D	-m.Cj	l.Cj
m.Cj	$m^2.B$ $-l^2.T$	-ml.B -ml.T	-m.Cj	$m^2.Aj$ $+l^2.T$	-ml.Aj +ml.T
-l.Cj	-ml.B -ml.T	$l^2.B$ $-m^2.T$	l.Cj	-ml Aj +ml.T	$l^2.Aj$ $+m^2.T$

m = cos (I)

l = sin (I)

$$[k]_{XYZ} = [T]^T * [k]_{xyz} * [T]$$

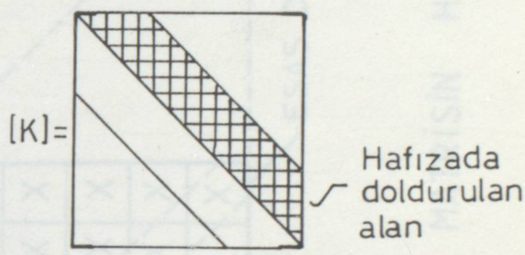
Şekil 3.12. $[k]_{XYZ}$ ÇUBUK STİFNES MATRİSİ

3.7.2 SISTEM STIFNES MATRISININ TESKILI ALT PROGRAMI

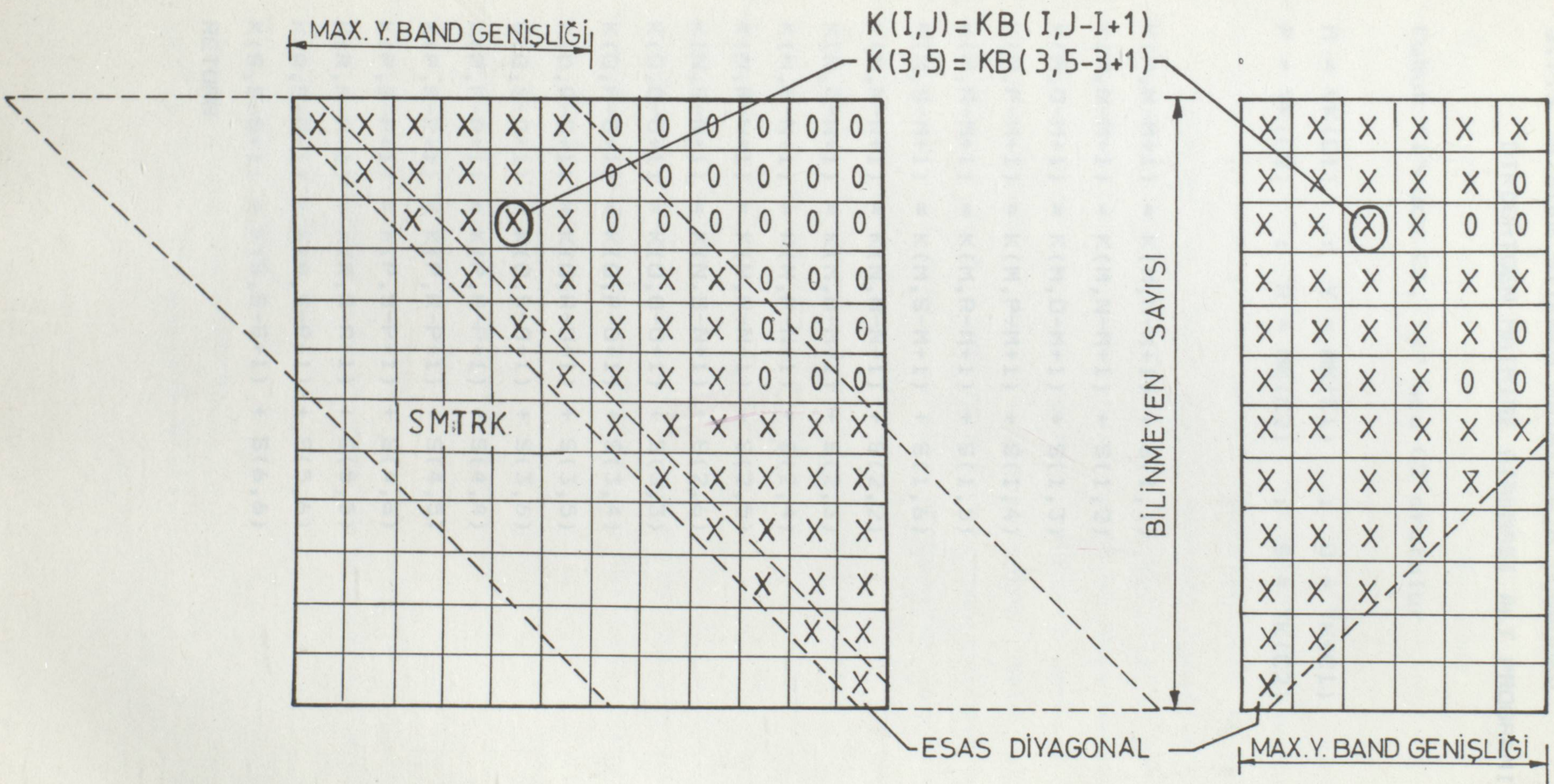
Cubuk "i" ucu C1 "j" ucu C2 okutulur veya dogrudan alinir.

```
M = V(C1)    :  Y = M(C1)   :  O = T(C1)
P = V(C2)    :  R = M(C2)   :  S = T(C2)        (3.34)
```

```
K(M,M) = K(M,M) + S(1,1)
K(M,N) = K(M,N) + S(1,2)
K(M,O) = K(M,O) + S(1,3)
K(M,P) = K(M,P) + S(1,4)
K(M,R) = K(M,R) + S(1,5)
K(M,S) = K(M,S) + S(1,6)
K(N,N) = K(N,N) + S(2,2)
K(N,O) = K(N,O) + S(2,3)
K(N,P) = K(N,P) + S(2,4)
K(N,R) = K(N,R) + S(2,5)
K(N,S) = K(N,S) + S(2,6)
K(O,O) = K(O,O) + S(3,3)
K(O,P) = K(O,P) + S(3,4)
K(O,R) = K(O,R) + S(3,5)
K(O,S) = K(O,S) + S(3,6)
K(P,P) = K(P,P) + S(4,4)
K(P,R) = K(P,R) + S(4,5)
K(P,S) = K(P,S) + S(4,6)
K(R,R) = K(R,R) + S(5,5)
K(R,S) = K(R,S) + S(5,6)
K(S,S) = K(S,S) + S(6,6)
RETURN
```



Yandaki program parcasinda sistem stifnes matrisinin sadece mevcut olan terimleri hafizaya yerlestirilmis diger alanlar ise bos kalmaktadir. Bu durumu onlemek icin sadece mevcut terimler dikdortgen matrise atanarak hafiza kaybi onlenmistir.



SİMETRİK BAND MATRİSİN HAFIZAYA YERLEŞTİRİLMESİ

3.7.3. SISTEM STIFNES MATRISININ DOGRUDAN DIKDORTGEN MATRISE ATANMASI ALT PROGRAMI

Cubuk "i" ucu C1, "j" ucu C2 okutulur

```
M = VK(C1)     :  Y = MK(C1)    :  O = TK(C1)
P = VK(C2)     :  R = MK(C2)    :  S = TK(C2)

K(M,M-M+1) = K(M,M-M+1) + S(1,1)
K(M,N-M+1) = K(M,N-M+1) + S(1,2)
K(M,O-M+1) = K(M,O-M+1) + S(1,3)
K(M,P-M+1) = K(M,P-M+1) + S(1,4)
K(M,R-M+1) = K(M,R-M+1) + S(1,5)
K(M,S-M+1) = K(M,S-M+1) + S(1,6)
K(N,N-N+1) = K(N,N-N+1) + S(2,2)
K(N,O-N+1) = K(M,M-M+1) + S(2,3)
K(N,P-N+1) = K(N,P-N+1) + S(2,4)
K(N,R-N+1) = K(N,R-N+1) + S(2,5)
K(N,S-N+1) = K(N,S-N+1) + S(2,6)
K(O,O-O+1) = K(O,O-O+1) + S(3,3)
K(O,P-O+1) = K(O,P-O+1) + S(3,4)
K(O,R-O+1) = K(O,R-O+1) + S(3,5)
K(O,S-O+1) = K(O,S-O+1) + S(3,6)
K(P,P-P+1) = K(P,P-P+1) + S(4,4)
K(P,R-P+1) = K(P,R-P+1) + S(4,5)
K(P,S-P+1) = K(P,S-P+1) + S(4,6)
K(R,R-R+1) = K(R,R-R+1) + S(5,5)
K(R,S-R+1) = K(R,S-R+1) + S(5,6)
K(S,S-S+1) = K(S,S-S+1) + S(6,6)
RETURN
```

BÖLÜM 4: CHOLOSKY METODU

4.1. SİMETRİK BAND DENKLEMLERİN CHOLOSKY METODU İLE ÇÖZÜMÜ

Yapı sistemlerinin matris deplasman metodu ile (kısaca stifnes metodu) büyük denklem takımları oluşmaktadır. Bu yüzden bilgisayarda çözüm zamanı nispeten kısa ve en önemlisi hafızada az yer isgal edecek denklem çözüm metodlarına ihtiyac vardir. Bu ihtiyacı en iyi karşılayan denklem çözüm metodu cholosky metodudur. Metod stifnes metodunda zaten mevcud olan simetrik ve bant matrisli denklem sistemleri için büyük kolaylık sağlamaktadır. Metod 1915 li yıllarda Fransa'da A.L.CHOLOSKY tarafından kullanılmış ve daha sonra çesitli arastırmacılar tarafından matris formuna getirilmiş ve etud edilmiştir.

Metodun kısaca açıklamasını yapacak olursak,

Stifnes matrisi [K] bir alt ve bir üst üçken matrisin çarpımı şeklinde yazılır.

$[K] = [S]^T * [S]$ (4.1)

Burada [S] üst üçken matris olup $[S]^T$ de [S] in transpozesi olan alt üçken matristir. Bilindigi gibi stifnes denklem takımı:

$[K] * \{D\} = \{P\}$ (4.2)

şeklindedir. [K] yı yerine yazacak olursak:

$[S]^T * [S] * \{D\} = \{P\}$ (4.3)

şekline gelir.

Matris çarpımını sağdan yapar ve ara çarpım matrisini {V} ile gösterirsek;

$[S] * \{D\} = \{V\}$ (4.4)

olur. Yukarıda yerine yazarsak:

$[S]^T * \{V\} = \{P\}$ şeklini alır. (4.5)

$[S]^T$ bilindiği gibi bir alt üçken matristir. Üçken matrislerde denklem çözümünü hiç bir ara işleme geçmeden doğrudan bulabiliriz. Çünkü matrisin ilk satırında bir bilinmeyen bir denklem vardır. Bu sekilde bulunan bilinmeyenler bir alt satırda yerlerine konularak bilinmemeyenler birinci bilinmeyenden n'inci bilinmeyene doğru basit matamatiksel işlemlerle kolayca bulunur.

Bulunan {V} vektörü yerine yazılır ise;

$[S] * \{D\} = \{V\}$ (4.4)

[S] de bir üst üçken matristir. Son satırda bir bilinmeyenli bir denklem vardir. Bu şekilde bulunan bilinmeyenler bir üst satırda yerlerine yazılarak n'inci satırdan birinci satıra doğru basit matematiksel islemlerle kolayca bulunur.

Sonuçta bizim aradığımız {D} bilinmeyen vektoru bulunmuş olur.

Cholosky metodu ile çözümde en önemli mesele [K] stifnes matrisinin $[S]^T$ ve [S] olarak gosterilen alt ve üst üçken matrislerin bulunmasıdır.[K] matrisi simetrik olduğundan alt üçken matrisi,üst üçken matrisin transpozesi olur. Böylece [K] matrisinden [S] üçken matrisini elde etmek çözüm için yeterli olacaktır.

Cholosky metoduna ait programlar kaynak [1] ve kaynak [6] da tek boyutlu dizilerde işlem yapılmış olup,stifnes matrisinin kot numaraları metoduyla doğrudan yarı band matriste depolanmasının kolay olması ve yarı bant sistem stifnes matrisinin yerine her hangi bir dönüştürme işlemi yapmadan aynı hafıza birimine üst üçgen matrisin atanması işleminde iki boyutlu dizilerle işlem yapan cholosky band matris programı yeniden yazılmıştır.

$$[S]=\begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & S_{13} & & & \\ & S_{21} & S_{22} & S_{23} & & \\ & & S_{31} & S_{32} & S_{33} & \\ & & & S_{41} & S_{42} & S_{43} \\ & & & & S_{51} & S_{52} \\ & & & & & S_{61} \end{bmatrix}$$

$$[S]^T=\begin{bmatrix} S_{11} & & & & & \\ S_{12} & S_{21} & & & & \\ S_{13} & S_{22} & S_{31} & & & \\ & S_{23} & S_{32} & S_{41} & & \\ & & S_{33} & S_{42} & S_{51} & \\ & & & S_{43} & S_{52} & S_{61} \end{bmatrix} \qquad [K]=\begin{bmatrix} K_{11} & K_{12} & K_{13} & & & \\ & K_{21} & K_{22} & K_{23} & & \\ & & K_{31} & K_{32} & K_{33} & \\ & & & K_{41} & K_{42} & K_{43} \\ & & & & K_{51} & K_{52} \\ & & & & & K_{61} \end{bmatrix}$$

$[S]^T [S]=[K]$ çarpımından $[S]$ elde edilmesi

$K_{11} = S_{11} . S_{11}$

$K_{12} = S_{11} . S_{12}$

$K_{13} = S_{11} . S_{13}$

$K_{21} = S_{12} . S_{12} + S_{21} . S_{21}$

$K_{22} = S_{12} . S_{13} + S_{21} . S_{22}$

$K_{23} = S_{21} . S_{23}$

$K_{31} = S_{13} . S_{13} + S_{22} . S_{22} + S_{31} . S_{31}$

$K_{32} = S_{22} . S_{23} + S_{31} . S_{32}$

$K_{33} = S_{31} . S_{33}$

$$K_{41} = S_{23} \cdot S_{23} + S_{32} \cdot S_{32} + S_{41} \cdot S_{41}$$
$$K_{42} = S_{32} \cdot S_{33} + S_{41} \cdot S_{42}$$
$$K_{43} = S_{41} \cdot S_{43}$$
$$K_{51} = S_{33} \cdot S_{33} + S_{42} \cdot S_{42} + S_{51} \cdot S_{51}$$
$$K_{52} = S_{42} \cdot S_{43} + S_{51} \cdot S_{52}$$
$$K_{61} = S_{43} \cdot S_{43} + S_{52} \cdot S_{52} + S_{61} \cdot S_{61}$$

K_{ij}\`ler yardımıyla $S_{ij}$\`leri bulalım.

$$S_{11} = \sqrt{K_{11}}$$
$$S_{12} = K_{12} / S_{11}$$
$$S_{13} = K_{13} / S_{11}$$
$$S_{21} = \sqrt{K_{21} - S_{12}^2}$$
$$S_{22} = (K_{22} - S_{12}\, S_{13}) / S_{21}$$
$$S_{23} = K_{23} / S_{21}$$
$$S_{31} = \sqrt{K_{31} - S_{13}^2 - S_{22}^2}$$
$$S_{32} = (K_{32} - S_{22} S_{23}) / S_{31}$$
$$S_{33} = K_{33} / S_{31}$$
$$S_{41} = \sqrt{K_{41} - S_{23}^2 - S_{32}^2}$$
$$S_{42} = (K_{42} - S_{32}\, S_{33}) / S_{41}$$
$$S_{43} = K_{43} / S_{41}$$
$$S_{51} = \sqrt{K_{51} - S_{33}^2 - S_{42}^2}$$
$$S_{52} = (K_{52} - S_{42}\, S_{43}) / S_{51}$$
$$S_{61} = \sqrt{K_{61} - S_{43}^2 - S_{52}^2}$$

```
10 CLEAR:CLS
20 PRINT "CHOLOSKY BANT DENKLEM COZUMU"
30 INPUT "IB=",IB:INPUT "NM=",NM
40 DIM K(NM,IB)
50 FOR I=1 TO NM
60 FOR J=1 TO IB
70 READ K(I,J)
80 NEXT J
90 NEXT I
100 K(1,1)=SQR (K(1,1))
110 FOR J=2 TO IB
120 K(1,J)=K(1,J)/K(1,1)
130 NEXT J
140 K(2,1)=SQR ( K(2,1)-K(1,2)^2)
150 FOR L=2 TO IB-1
160 K(2,L)=(K(2,L)-K(1,2)*K(1,L+1))/K(2,1)
170 NEXT L
180 K(2,IB)=K(2,IB)/K(2,1)
190 FOR I=3 TO NM
200 FOR J=1 TO IB-1
210 IF J=1 THEN 350
220 S1=0
230 N1=I-IB+J
240 IF N1 <= 0 THEN N1=1
250 FOR N2=N1 TO I-1
260 N3=I-N1+1
270 N4=N3-N2+N1
280 N6=IB-I-J+1
290 IF N6<0 THEN N6=0
300 N5=IB+N1-N2-N6
310 S1=S1+K(N2,N4)*K(N2,N5)
320 NEXT N2
330 K(I,J)=(K(I,J)-S1)/K(I,1)
340 GOTO 450
350 N1=I-IB+J
360 IF N1 <= 0 THEN N1=1
370 S1=0
380 FOR N2=N1 TO I-1
390 N3=I-N1+1
400 N4=N3-N2+N1
410 S1=S1+K(N2,N4)^2
420 NEXT N2
430 IF (K(I,J)-S1)<=0 THEN 820
440 K(I,J)=SQR(K(I,J)-S1)
450 NEXT J
460 K(I,IB)=K(I,IB)/K(I,1)
470 NEXT I
480 DATA 1687.5,375,3000,-187.5,375,0,1600,0,-375,500,0,0,8075,0,0,-75,0,0,1687.
5,-375,3000,0,0,0,1600,0,0,0,0,0,8075,0,0,0,0,0
490 REM AL  UCGEN MATRIS YARDIMIYLA V(I) ELDESI
500 DIM V(NM),F(NM),D(NM)
```

```
510 FOR I=1 TO NM
520 READ F(I)
530 NEXT I
540 V(1)=F(1)/K(1,1)
550 FOR I=2 TO NM
560 N1=I-IB+1
570 IF N1<=0 THEN N1=1
580 N2=I-N1+1
590 S1=0
600 FOR N3=N1 TO I-1
610 S1=S1+K(N3,N2)*V(N3)
620 N2=N2-1
630 NEXT N3
640 V(I)=(F(I)-S1)/K(I,1)
650 NEXT I
660 REM UST UCGEN MATRIS YARDIMIYLA D(I) ELDESI
670 D(NM)=V(NM)/K(NM,1)
680 FOR I=NM-1 TO 1 STEP -1
690 N1=NM-I+1
700 N2=IB
710 IF N1<IB THEN N2=N1
720 S1=0
730 FOR N3=N2 TO 2 STEP -1
740 S1=S1+D(I+N3-1)*K(I,N3)
750 NEXT N3
760 D(I)=(V(I)-S1)/K(I,1)
770 NEXT I
780 FOR I=1 TO NM
790 PRINT "D(";I;")=";D(I)
800 NEXT I
810 DATA -10,-2.666666,-2.6666667,-10,2.6666667,-2.6666667
820 END
830 PRINT "BOLGESEL TEKIL MATRIS":END
```

4.2. CHOLOSKY METODU İLE ÇÖZÜLMÜŞ ÖRNEK

KATSAYILAR MATRISI
===================

1687.5	375	3000	-187.5	375	0
375	1600	0	-375	500	0
3000	0	8075	0	0	-75
-187.5	-375	0	1687.5	-375	3000
375	500	0	-375	1600	0
0	0	-75	3000	0	8075

SABITLER VEKTORU
================

-10
-2.66667
-2.66667
-10
2.66667
-2.66667

BILINMIYENLER
=============

D(1)=-2.399999E-02
D(2)=-2.424242E-03
D(3)= 8.666662E-03
D(4)=-2.399999E-02
D(5)= 2.424242E-03
D(6)= 8.666664E-03

BÖLÜM 5: ÇUBUK UÇ KUVVETLERİ

5.1. ÇUBUK UÇ KUVVETLERİNİN BULUNMASI

Denklem takımının çözümünden sonra elde edilen deplasmanlardan çubuk uç kuvvetlerinin bulunması için şu işlemler yapılır.

Her bir cubuğun i ve j ucu için ilgili deplasmanlar alınır.

Her çubuğun transformasyon matrisi hafızada saklı olan doğrultu kosinusleri yardımı ile kolayca hesaplanır.

Her çubuğun stifnes matrisi hafızada saklı EI,GI,L yardımı ile yine tekrar hesaplanır.

Bu bilinenlerle cubuk uc kuvvetlerinin bulunması için

$\{P\}_{XYZ} = [k]_{XYZ} \cdot \{\delta\}_{XYZ} + \{f\}_{XYZ}$ (5.1)

Halbuki

$\{P\}_{xyz} = [T] \cdot \{P\}_{XYZ}$ dir. (5.2)

$\{P\}_{xyz} = [T] \cdot [k]_{XYZ} \cdot \{\delta\}_{XYZ} + [T] \cdot \{f\}_{XYZ}$ (5.3)

$[k]_{XYZ} = [T]^T \cdot [k]_{xyz} \cdot [T]$ dir. (5.4)

$[T] \cdot [k]_{XYZ} = [T] \cdot [T]^T \cdot [k]_{xyz} \cdot [T]$ olur. (5.5)

$[T]^T = [T]^{-1}$ olduğundan $[T]^T \cdot [T] = [I]$ olur. (5.6)

$[I] \cdot [k]_{xyz} = [k]_{xyz}$ dir. (5.7)

aynı zamanda

$[T] \cdot \{f\}_{XYZ} = \{f\}_{xyz}$ dir. (5.8)

buradan ifade:

$\{P\}_{xyz} = [k]_{xyz} \cdot [T] \cdot \{\delta\}_{XYZ} + \{f\}_{xyz}$ (5.9)

şekline gelir.İfadeye dikkat edilirse tüm işlemler çubuk eksenindedir.sadece çubuk uç deplasmanları müsterek eksen takımındadır.

$\{\delta\}_{XYZ}$ genel sistemdeki deplasman matrisi $\{D\}_{XYZ}$'in çubuk ile ilgili deplasmanları ihtiva eden bir alt matrisidir.

Hafızada yer kaybını önlemek maksadıyla;

Çubuk stifnes matrisi elemanlarının hepsi saklanmayıp sadece EI,GJ,L ve çubuk uçlarının tipi (Yani uçların mafsallı veya ankastre olduğu) saklanır.Bunlar yardımı ile istenilen çubuk için yeniden kolayca teşkil edilebilir.

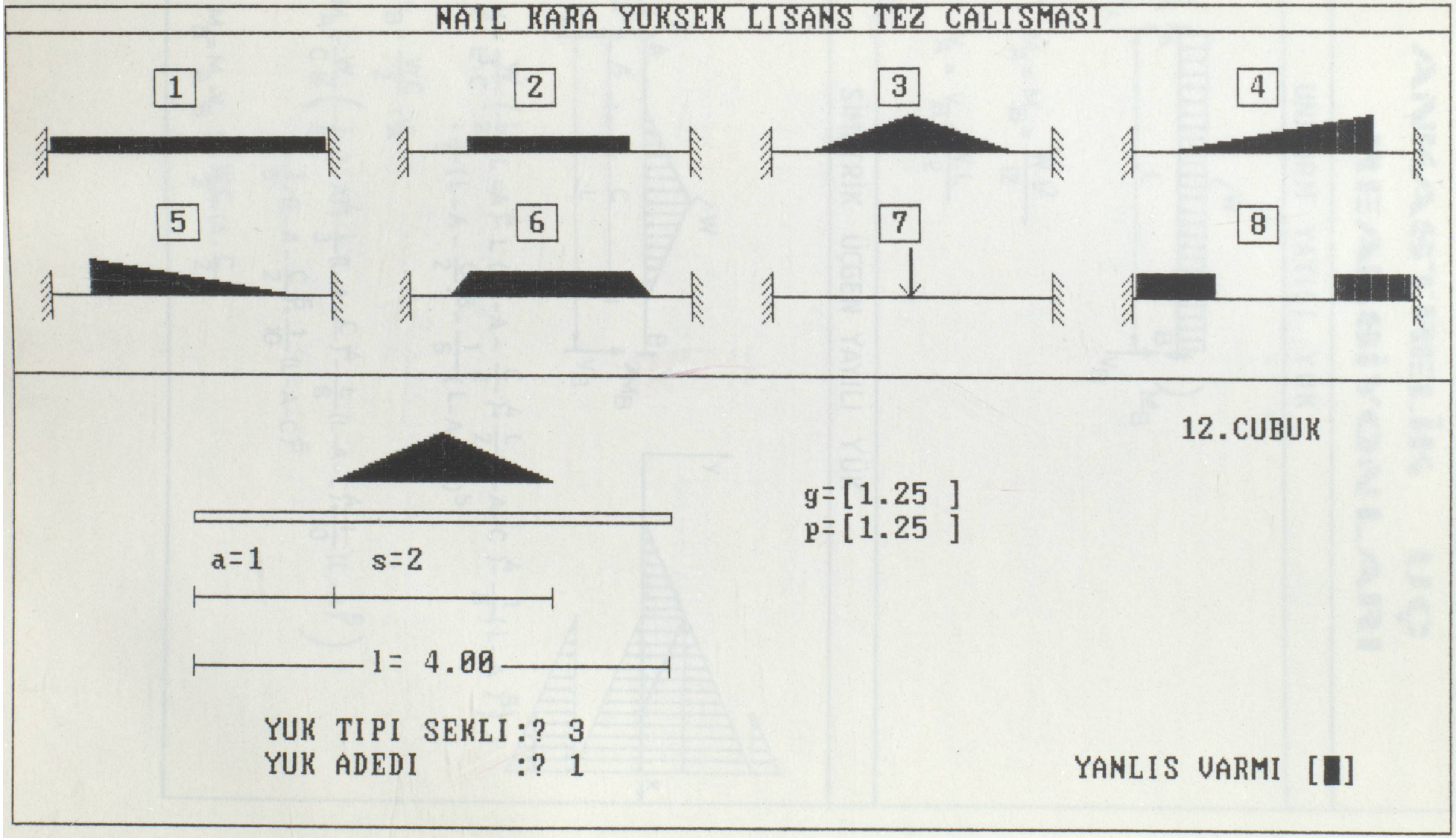
Çubuk transformasyon matrisi elemanlarının hepsi yine hafızada saklanmayıp sadece doğrultu kosinuslerinin saklanması yeterlidir. Doğrultu kosinusleri olan cos(I) ve sin(I) yardımı ile çubuk transformasyon matrisi ve transformasyon matrisinin transpozesi kolayca yeniden teşkil edilebilir.

Ayrıca $\{f\}_{xyz}$ çubuğun ankastrelik uç reaksiyunudur.Bu reaksiyonlar f(I,J) (i çubuğun j. uç reaksiyonu) şeklinde hafızada saklanır ve her bir çubuk için kolayca ulaşılabilir.

$\{\delta\}_{xyz}$ ise ilgili çubuğun kod numaraları doğrultusunda meydana gelen deplasmanlardır,genel deplasmanlar olan $\{D\}_{xyz}$ nin alt matrisidir.

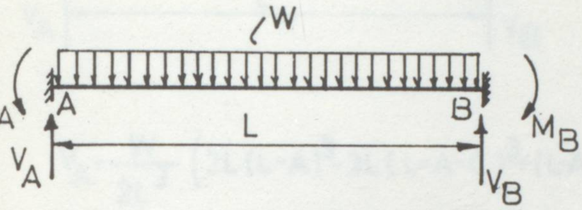
Böylece bu matrisler her bir cubuk için teşkil edilip gerekli matris işlemleri yapılarak çubuğun eksenindeki aranan çubuk uç kuvvetleri sıra ile bulunur ve saklanır. Aynı hafıza biriminde bütün çubukların matris islemleri yapildığı için hafızadan büyük kazanç sağlanır.Çubuk uç kuvvetleri bulunan çubukların stifnes matrisi,transformasyon matrisi hafızadan silinir.

Hafızadan kazanç saglamak üzere çubuk uç ankastrelik reaksiyonları matrisi olan $\{f\}_{xyz}$ matrisi F(I,J) (I.çubuğun J.ankastrelik reaksiyonu) tekrar kullanılmayacagı için F(I,J) nin hafızada işgal ettiği yere netice çubuk uç kuvvetleri olan $\{p\}_{xyz}$ matrisi atanır.Böylece hafızada çubuk sayısı CS ise CS * 6 lik kazanç sağlanır.


NAIL KARA YUKSEK LISANS TEZ CALISMASI
1
2
3
4
5
6
7
8
12.CUBUK
g=[1.25]
p=[1.25]
a=1
s=2
l= 4.00
YUK TIPI SEKLI:? 3
YUK ADEDI :? 1
YANLIS VARMI [█]

ANKASTRELİK UÇ REAKSİYONLARI

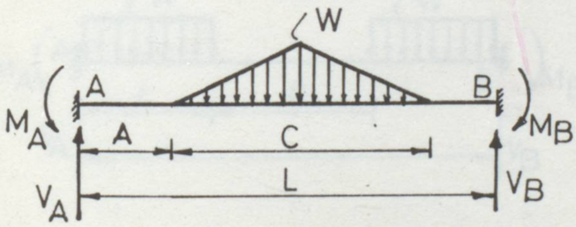
UNIFORM YAYILI YÜK

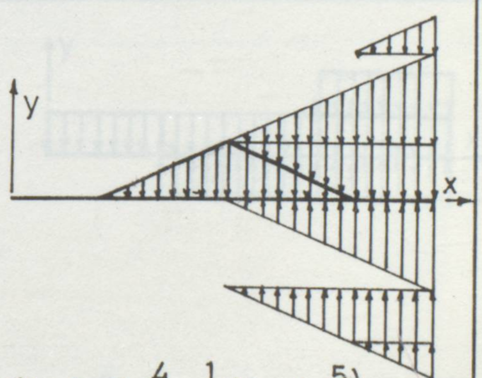


$$M_A = M_B = \frac{W.L^2}{12}$$

$$V_A = V_B = \frac{W.L}{2}$$

SİMETRİK ÜÇGEN YAYILI YÜK





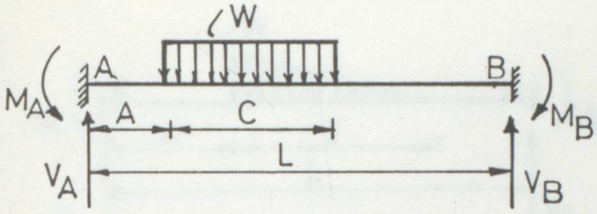
$$V_A = \frac{W}{L^3.C}\left(\frac{L}{2}(L-A)^4 - L\left(L-A-\frac{C}{2}\right)^4 + \frac{L}{2}(L-A-C)^4 - \frac{1}{5}(L-A)^5 + \frac{2}{5}\left(L-A-\frac{C}{2}\right)^5 - \frac{1}{5}(L-A-C)^5\right)$$

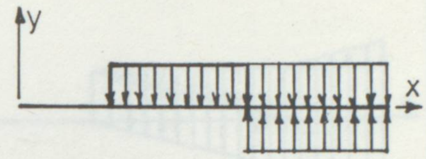
$$V_B = \frac{WC}{2} - V_A$$

$$M_A = \frac{W}{C\,L^2}\left(-\frac{L}{6}(L-A)^4 + \frac{L}{3}\left(L-A-\frac{C}{2}\right)^4 - \frac{L}{6}(L-A-C)^4 + \frac{1}{10}(L-A)^5 - \frac{1}{5}\left(L-A-\frac{C}{2}\right)^5 + \frac{1}{10}(L-A-C)^5\right)$$

$$M_B = M_A + V_B \cdot L - \frac{W.C}{2}\left(A + \frac{C}{2}\right)$$

KISMÎ YAYILI YÜK





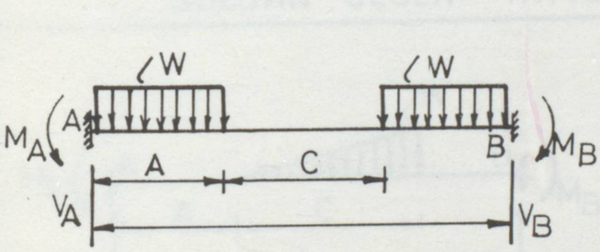
$$V_A=\frac{W}{2L^3}\left(2L(L-A)^3-2L(L-A-C)^3-(L-A)^4+(L-A-C)^4\right)$$

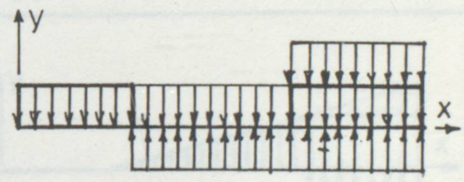
$$M_A=\frac{W}{L^2}\left(\frac{L}{3}(L-A)^3-\frac{L}{3}(L-A-C)^3-\frac{1}{4}(L-A)^4+\frac{1}{4}(L-A-C)^4\right)$$

$$V_B=W\cdot C-V_A$$

$$M_B=M_A+V_B\times L-W\times C\left(A+\frac{C}{2}\right)$$

ORTASI BOŞ YAYILI YÜK





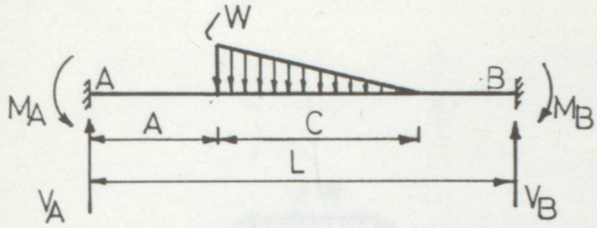
$$V_A=\frac{WL}{2}-\frac{W}{2L^3}\left(2L(L-A)^3-2L(L-A-C)^3-(L-A)^4+(L-A-C)^4\right)$$

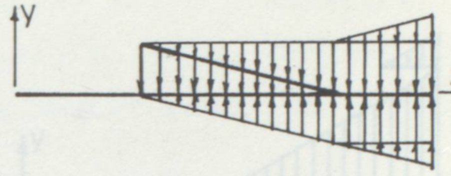
$$M_A=\frac{WL}{12}-\frac{W}{L^2}\left(\frac{L}{3}(L-A)^3-\frac{L}{3}(L-A-C)^3-\frac{1}{4}(L-A)^4+\frac{1}{4}(L-A-C)^4\right)$$

$$V_B=W\cdot\left(L-C\right)-V_A$$

$$M_B=M_A+V_B\cdot L-\frac{WL^2}{2}+W\cdot C\left(A+\frac{C}{2}\right)$$

SAĞDAN ÜÇGEN YAYILI YÜK





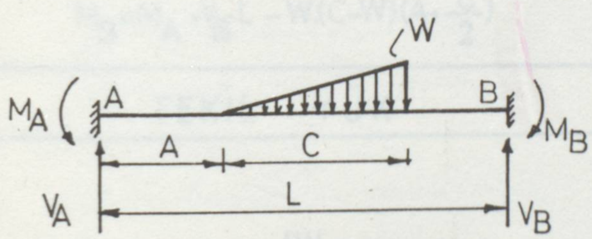
$$V_B=\frac{W}{CL^3}\left(\frac{L}{4}(A+C)^4-\frac{L}{4}(A)^4-L(A)^3-\frac{1}{10}(A+C)+\frac{1}{10}(A)^5+\frac{1}{2}(A)^4\right)$$

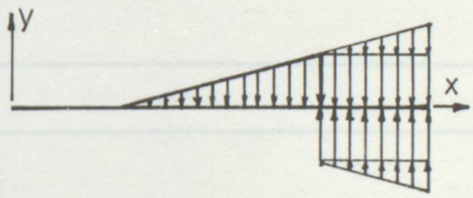
$$V_A=\frac{V\times C}{2}-V_B$$

$$M_B=\frac{W}{CL^2}\left(\frac{L}{12}(A+C)-\frac{L}{12}(A)^4-\frac{L}{3}(A)^3-\frac{1}{20}(A\ C)^5+\frac{1}{20}(A)^5+\frac{1}{4}(A)^4\right.$$

$$M_A=M_B-V_B\times L+\frac{WC}{2}\left(A+\frac{C}{3}\right)$$

SOLDAN ÜÇGEN YAYILI YÜK





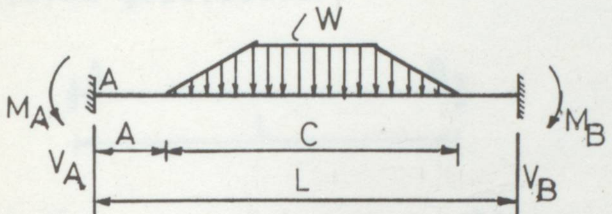
$$V_A=\frac{W}{CL^3}\left(\frac{L}{4}(L-A)^4-\frac{L}{4}(L-A-C)^4-L(L-A-C)^3-\frac{1}{10}(L-A)^5+\frac{1}{10}(L-A-C)+\frac{1}{2}(L-A-C)^4\right)$$

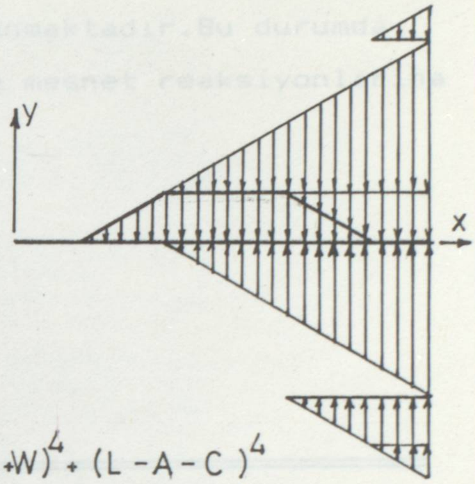
$$V_B=\frac{W\times C}{2}-V_A$$

$$M_A=\frac{W}{C\times L^2}\left(\frac{L}{12}(L-A)^4-\frac{L}{12}(L-A-C)^4-\frac{L}{3}(L-A-C)^3-\frac{1}{20}(L-A)^5+\frac{1}{20}(L-A-C)^5+\frac{1}{4}(L-A-C)^4\right)$$

$$M_B=M_A+V_B\times L-\frac{W\times C}{2}\left(A+\frac{2C}{3}\right)$$

TRAPEZ YAYILI YÜK





$$D = (L-A)^4 - (L-A-W)^4 - (L-A-C+W)^4 + (L-A-C)^4$$

$$E = (L-A)^5 - (L-A-W)^5 - (L-A-C+W)^5 + (L-A-C)^5$$

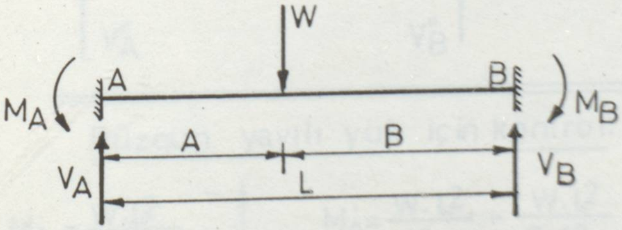
$$V_A = \frac{12}{L}\left(D\,\frac{W.L}{48} - E\,\frac{W}{120}\right)$$

$$V_B = W.(C-W) - V_A$$

$$M_A = \frac{6}{L^2}\left(D\,\frac{W.L}{72} - E\,\frac{W}{120}\right)$$

$$M_B = M_A + V_B.L - W.(C-W)\left(A + \frac{C}{2}\right)$$

TEKİL YÜK



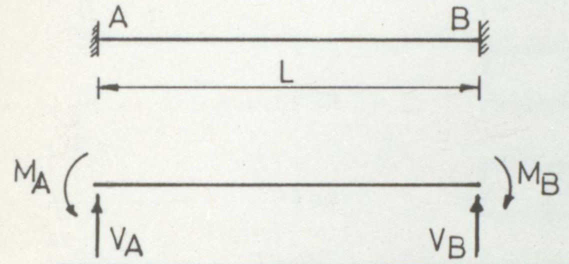
$$V_B = \frac{W\,A^2}{L^3}(3L-2A) \qquad V_A = W - V_B$$

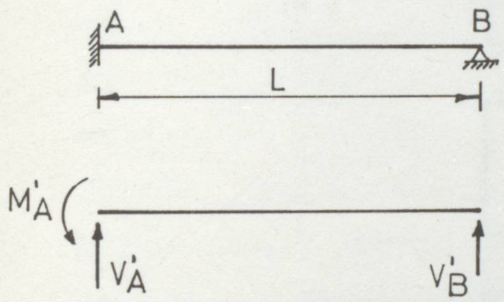
$$M_A = \frac{W.A.(L-A)^2}{L^2}$$

$$M_B = \frac{W.A^2.(L-A)}{L^2}$$

6.2. MAFSALLI ÇUBUKLARDA MESNET REAKSİYONU DÜZELTMESİ

Yük alt programında bütün çubuklar iki ucu ankastre olarak mesnet reaksiyonları hesaplanmaktadır. Bu durumda bir ucu mafsallı diğer ucu ankastre mesnet reaksiyonlarına kolayca geçilebilir.



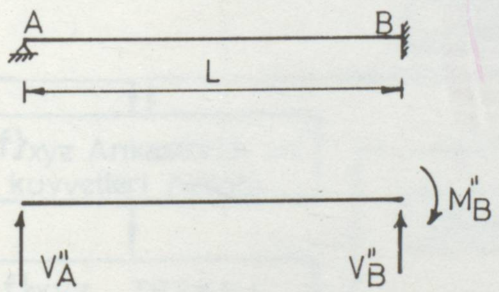


$$M'_A = M_A + \frac{M_B}{2}$$

$$M'_B = 0$$

$$V'_A = V_A + \frac{M_B}{2L}$$

$$V'_B = V_B - \frac{M_B}{2L}$$



$$M''_A = 0$$

$$M''_B = M_B + \frac{M_A}{2}$$

$$V''_A = V_A - \frac{M_A}{2L}$$

$$V''_B = V_B + \frac{M_A}{2L}$$

<u>Düzgün yayılı yük için kontrol:</u>

$$M_A = \frac{W.L^2}{12} \qquad M'_A = \frac{W.L^2}{12} - \frac{W.L^2}{2\ 12} \qquad M'_A = \frac{W.L^2}{8}$$

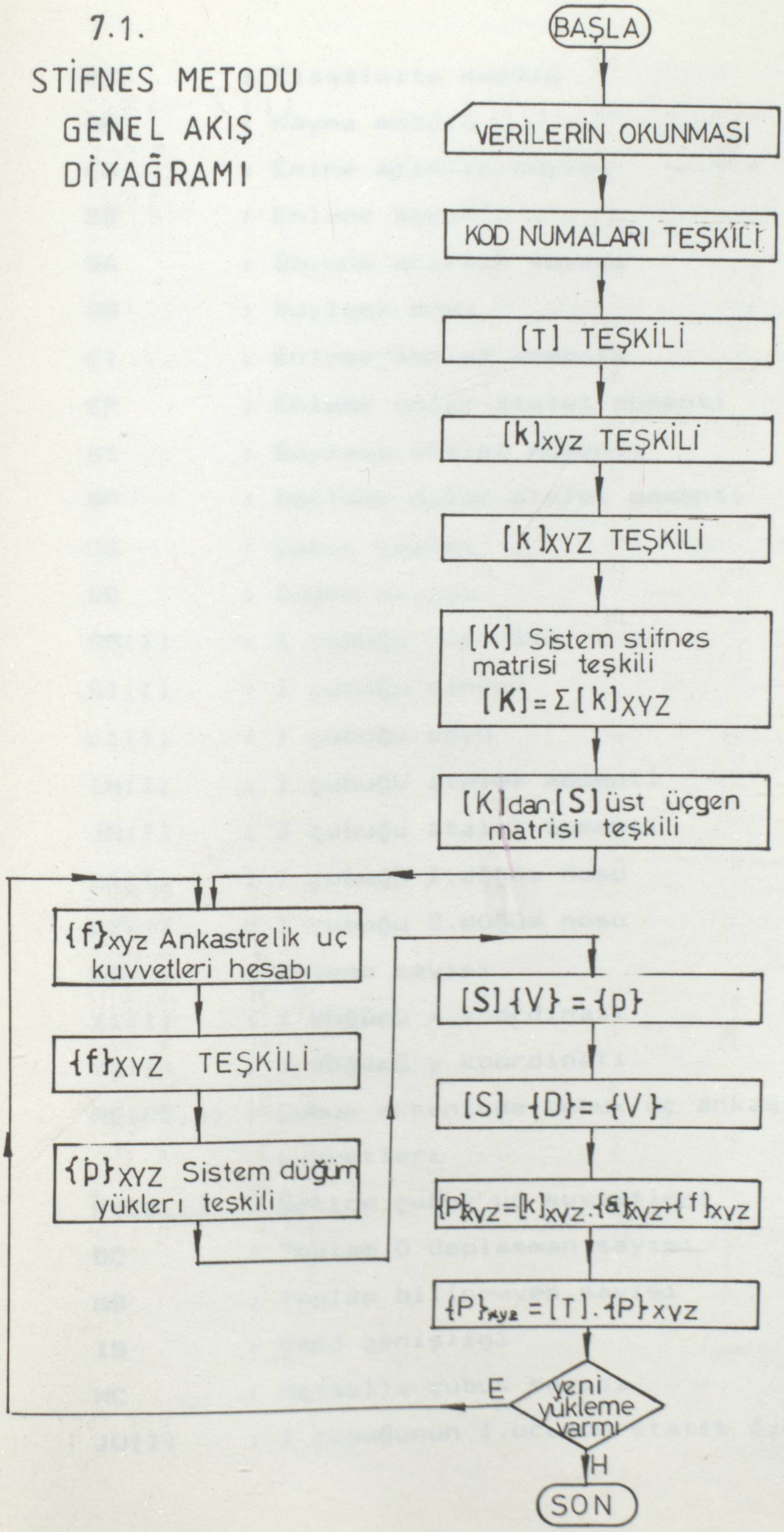
$$M_B = \frac{W.L^2}{12} \qquad M'_B = 0$$

$$V_A = \frac{W.L}{2} \qquad V'_A = \frac{W.L}{2} + \frac{W.L^2}{2 \cdot 12 \cdot L} \qquad V'_A = \frac{13.WL}{24}$$

$$V_B = \frac{W.L}{2} \qquad V'_B = \frac{W.L}{2} - \frac{W.L^2}{2 \cdot 12 \cdot L} \qquad V'_B = \frac{11.WL}{24}$$

BÖLÜM 7. BİLGİSAYAR PROGRAMI

7.1. STİFNES METODU GENEL AKIŞ DİYAĞRAMI



7.2. PROGRAMDA KULLANILAN DEĞİŞKENLER VE DİZİLER

EY	:	Elastisite modülü
GK	:	Kayma modülü
EA	:	Enine açıklık sayısı
EB	:	Enleme boyu
BA	:	Boyuna açıklık sayısı
BB	:	Boylama boyu
EI	:	Enleme atalet momenti
EP	:	Enleme polar atalet momenti
BI	:	Boylama atalet momenti
BP	:	Boylama polar atalet momenti
CS	:	Çubuk sayısı
DS	:	Düğüm sayısı
CO(I)	:	I çubuğu kosinüsü
SI(I)	:	I çubuğu sinüsü
L1(I)	:	I çubuğu boyu
IN(I)	:	I çubuğu atalet momenti
JN(I)	:	J çubuğu atalet momenti
C1(I)	:	I çubuğu 1.düğüm nosu
C2(I)	:	I çubuğu 2.düğüm nosu
ES	:	Enleme sayısı
X1(I)	:	I düğümü x koordinatı
Y1(I)	:	J düğümü y koordinatı
RE(CS,6)	:	Çubuk ekseninde çubuk uç ankastrelik kuvvetleri
P(CS,6)	:	Netice çubuk uç kuvvetleri
DO	:	Toplam O deplasman sayısı
NB	:	Toplam bilinmeyen sayısı
IB	:	Band genişligi
MC	:	Mafsallı çubuk sayısı
JU(I)	:	I çubuğunun 1.ucunun statik özelligi

JU(J)	: J cubuğunun 2.ucunun statik özelligi
VK(I)	: Z doğrultusundaki deplasman numarası
MK(I)	: X doğrultusundaki deplasman numarası
TK(I)	: Y doğrultusundaki deplasman numarası
G(I,J)	: Çubuk stifnes matrisi elemanları
S(I,J)	: Transforme edilmiş çubuk stifnes matrisi elemanları
T(I,J)	: Transformasyon matrisi elemanları
TR(I,J)	: Transformasyon matrisi transpozesi elemanları
F(NB)	: Düğüm yükleri vektörü
D(NB)	: Deplasman vektörü
V(NB)	: Cholosky metodunda yük-deplasman ara vektörü
M,Y,O,P,R,S	: Çubuk kod numaraları

7.3. PROGRAM VERİLERİNİN GİRİLMESİ

Bilgisayar programı hazırlanırken dışardan girilen bilgileri minimuma indirmek maksadı ile başlangıçta ıskara kirisli sistemler düzenli ıskara ve düzensiz ıskara sistemler olmak üzere iki grupta toplanmıştır.Iskara sistemi birbirine paralel enleme ve boylamalardan oluşuyorsa ve enlemelerin ve boylamaların karakteristikleri (L , I , J) birbirlerinin aynı ise bu tip sistemlere dűzenli sistemler diyoruz ve verileri minimuma indirilecek şekilde özel bir çözüme gidiyoruz.

Dűzenli sistemlerde başlangıçta dışarıdan girilecek bilgiler enleme ve boylamaların aralık sayısı,boyları atalet ve polar atalet momentleridir.

Dűzensiz sistemlerde ise dışarıdan girilecek bilgiler dűzenli sisteme göre daha fazla olacaktır.Verilerin girişinde asağıdaki sıralama yapılır.

1- Sistemdeki dűğüm noktaları band genişliği minimum olacak şekilde uygun biçimde numaralandırılıp sıra ile düğüm noktalarının x ve y koordinatları verilir.

2- Çubuklar herhangi bir şarta bağlı kalmaksızın numaralandırılıp sıra ile çubuğun 1.ucunun dűğüm nosu,2.ucunun dűğüm nosu,atalet ve polar ata let momentleri verilir. Burada 2.ucun düğüm numarası,1.ucun düğüm numarasından büyük olması gerekir.(J>I)

Bu veriler yardımıyla dűzenli ve dűzensiz sistemlerde çubuk stifnes matrisi ve çubuk transformasyon matrisi hesaplanabilir.

Sistemde mafsallı çubuk olabilir.Genelde ıskara sistemlerde iki ucu mafsallı çubuk olmadığı için sadece çubugun bir ucu mafsallı olmasına göre program dűzenlenmiştir. Programda mafsallı çubuk sayısı belirtilecek ve mafsallı çubuk numaraları ve mafsalın bulunduğu ucun düğüm numarası sıra ile belirtilecektir.

Çubuk stifnes matrisinin sistem stifnes matrisindeki yerini tayin etmek için kod numaralarının bilinmesi ihtiyaç vardır.Biz programda kod numaralarını her bir çubuk için veri olarak girmeyip otomatik olarak düğüm numaralarına göre hesapladık.Ancak sistemde deplasman yapması engellenmiş düğümler olabilir.Bu düğümlerdeki ilgili deplasman numarası sıfır olacaktır. Bu yüzden sıfır olan deplasmanların dışardan veri olarak girilmesi gereği ortaya çıkmaktadır. Burada veri olarak sistemdeki toplam sıfır deplasman sayısıyla deplasman numarası sıfır olan düğüm numaraları ve deplasmların tipi belirtilmelidir. Bu durum Bölüm 3.3. de kod numaraları teşkili bahsinde ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Bu bilgiler girildikten sonra program düğüm deplasman numaralarını sıra ile hesaplıyarak,çubuk kod numaralarını otomatik olarak bulacaktır.

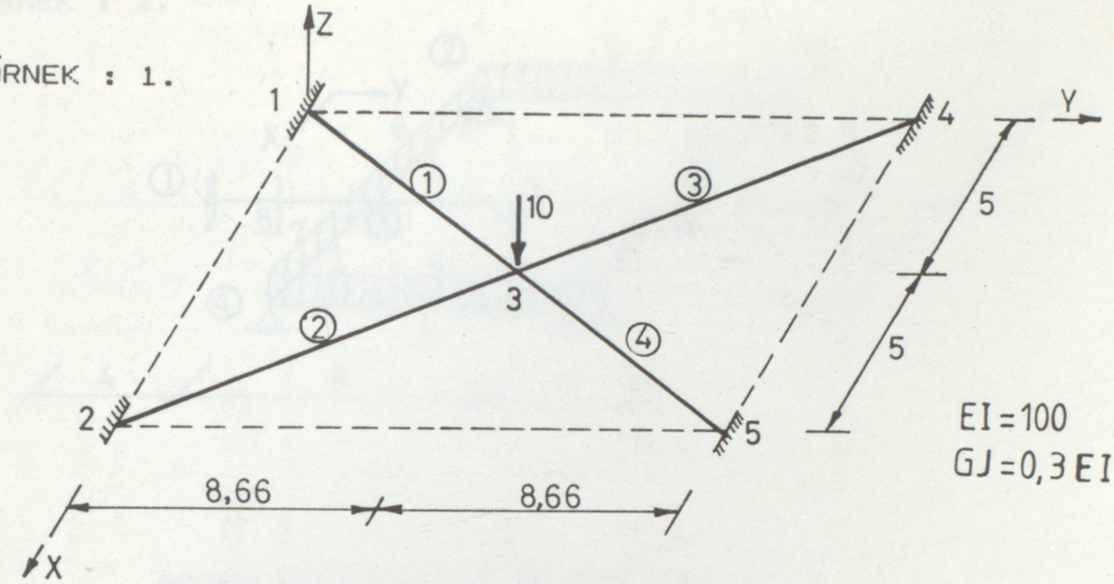
Yukarda belirtilen verilerle artık sistem stifnes matrisi hesaplatılabılir. Denklem takımındaki katsayılar vektörünün elemanları ise düğüm ankastrelik uç reaksiyonlarından oluşmaktadır.Dolayısıyla bütün çubukların ankastrelik uç reaksiyon kuvvetlerinin bulunması için bir alt program geliştirilmistir. Bu program genis tutularak en genel 8 tip yükleme icin ankastrelik uç reaksiyon kuvvetlerini hesaplıyacak şekilde düzenlenmiştir.

Alt programda gerekli mesafe ve yükler dışarıdan veri olarak girilecek neticede bulunan raaksiyonlar stifnes metodunda deplasmanlara uyğun şekilde yük vektöründeki yerlerine atanacaktır.Burada da düğüm noktalarına direkt olarak etkiyen yüklerin toplam sayısı belirtildikten sonra düğüm numarası ve yükün şiddeti uyğun şekilde verilerek yük vektörundeki yerlerine atanır.

Ayrıca sistemin yükleme sayısı birden fazla olabilir. Bu durumda 1.yukleme için çubuk uç kuvvetleri bulunduktan sonra yeni yükleme varsa sistem stifnes matrisi yeniden teşkil edilmeden doğrudan yük programına gidilerek yeni yüklemeler için sadece yük vektörü değiştirilecektir. Bu durumda yeni yüklemeler veri olarak girilmelidir. İstenilen yükleme sayısı kadar çözum yapılabilir.

7.4. ÇÖZÜLMÜŞ ÖRNEKLER

ÖRNEK : 1.



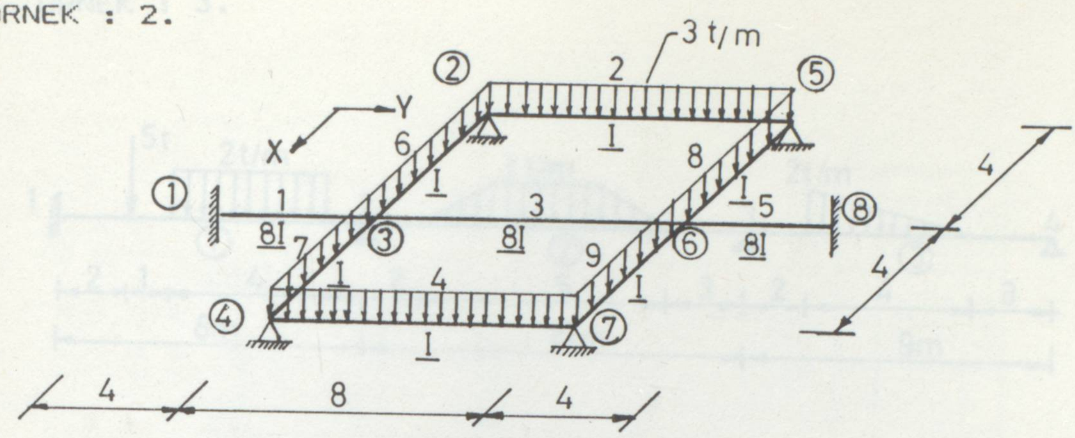
KOD NUMARALARI ve DEPLASMANLAR

	Kod Numaralari			Deplasmanlar		
Dugum No	z-z	x-x	y-y	(1) z-z	(2) x-x	(3) y-y
1	0	0	0	0.000000	0.000000	0.000000
2	0	0	0	0.000000	0.000000	0.000000
3	1	2	3	-2.083195	0.000000	0.000000
4	0	0	0	0.000000	0.000000	0.000000
5	0	0	0	0.000000	0.000000	0.000000

DUZLEMINE DIK YUKLU CUBUK SISTEMLERIN MATRIS DEPLASMAN
METODU ILE STATIK ETUDU

CUBUK NO	V1 (t)	M1 (tm)	T1 (tm)	V2 (t)	M2 (tm)	T2 (tm)
1	2.500	-12.500	0.000	-2.500	12.500	0.000
2	2.500	-12.500	0.000	-2.500	12.500	0.000
3	-2.500	12.500	0.000	2.500	-12.500	0.000
4	-2.500	12.500	0.000	2.500	-12.500	0.000

ÖRNEK : 2.



DUZLEMINE DIK YUKLU CUBUK SISTEMLERIN MATRIS DEPLASMAN METODU ILE STATIK ETUDU

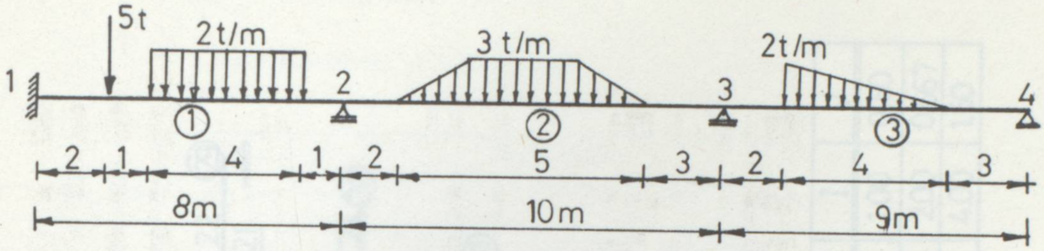
KOD NUMARALARI ve DEPLASMANLAR

	Kod Numaralari			Deplasmanlar		
Dugum No	z-z	x-x	y-y	(1) z-z	(2) x-x	(3) y-y
1	0	0	0	0.000000	0.000000	0.000000
2	0	1	2	0.000000	-5.107038	1.315645
3	3	4	5	-2.441721	-0.797164	-0.000000
4	0	6	7	0.000000	-5.107038	-1.315645
5	0	8	9	0.000000	5.107038	1.315645
6	10	11	12	-2.441721	0.797164	0.000000
7	0	13	14	0.000000	5.107038	-1.315645
8	0	0	0	0.000000	0.000000	0.000000

CUBUK UC KUVVETLERI

CUBUK NO	V1 (t)	M1 (tm)	T1 (tm)	V2 (t)	M2 (tm)	T2 (tm)
1	12.711	-41.365	0.000	-12.711	9.478	-0.000
2	12.000	-3.232	0.000	12.000	-3.232	-0.000
3	0.000	15.943	-0.000	-0.000	15.943	0.000
4	12.000	-3.232	0.000	12.000	-3.232	-0.000
5	-12.711	9.478	0.000	12.711	-41.365	-0.000
6	5.645	0.000	-3.232	6.355	-1.422	3.232
7	6.355	-1.422	3.232	5.645	0.000	-3.232
8	5.645	-0.000	3.232	6.355	-1.422	-3.232
9	6.355	-1.422	-3.232	5.645	-0.000	3.232

ÖRNEK : 3.



DUZLEMINE DIK YUKLU CUBUK SISTEMLERIN MATRIS DEPLASMAN METODU ILE STATIK ETUDU

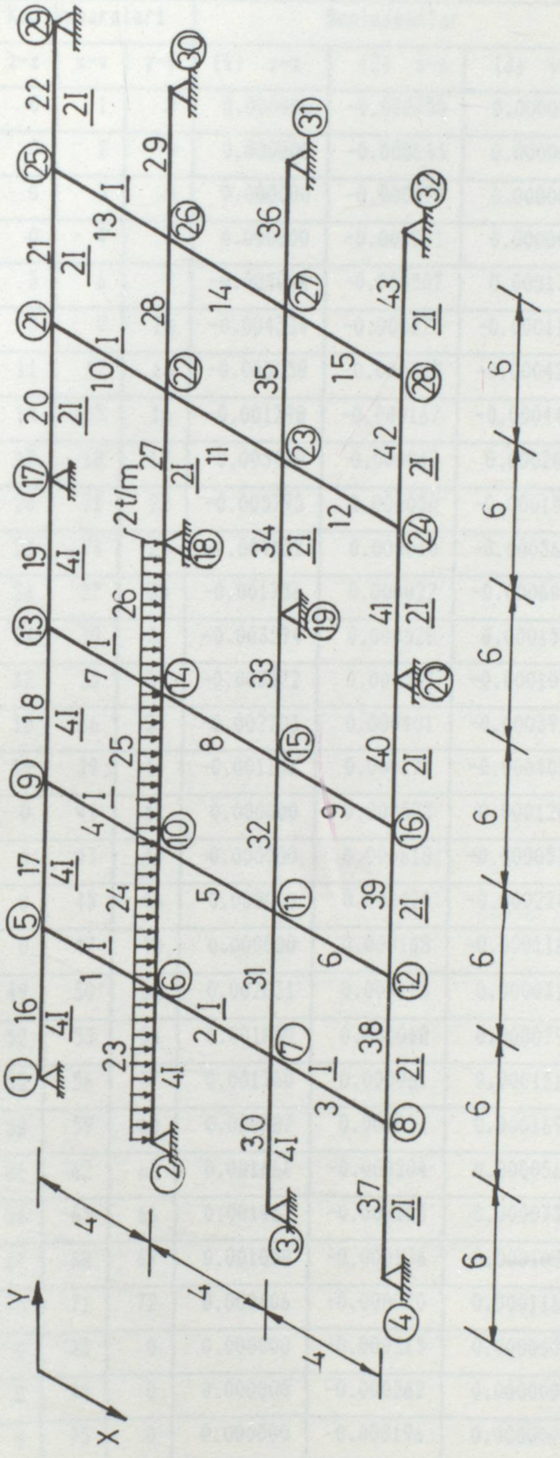
KOD NUMARALARI ve DEPLASMANLAR

	Kod Numaralari			Deplasmanlar		
Dugum No	z-z	x-x	y-y	(1) z-z	(2) x-x	(3) y-y
1	0	0	0	0.000000	0.000000	0.000000
2	0	1	0	0.000000	0.112392	0.000000
3	0	2	0	0.000000	0.327196	0.000000
4	0	3	0	0.000000	-0.201987	0.000000

CUBUK UC KUVVETLERI

CUBUK NO	V1 (t)	M1 (tm)	T1 (tm)	V2 (t)	M2 (tm)	T2 (tm)
1	8.982	-16.703	0.000	4.018	1.156	0.000
2	15.562	1.156	0.000	-9.562	-15.964	0.000
3	4.455	-15.964	0.000	-0.455	0.000	0.000

ÖRNEK : 4.



	I	J
I	1.00	0.50
2I	2.00	0.667
4I	4.00	1.50

E=1.00
G=0.30

DUZLEMINE DIK YUKLU CUBUK SISTEMLERIN MATRIS DEPLASMAN METODU ILE STATIK ETUDU

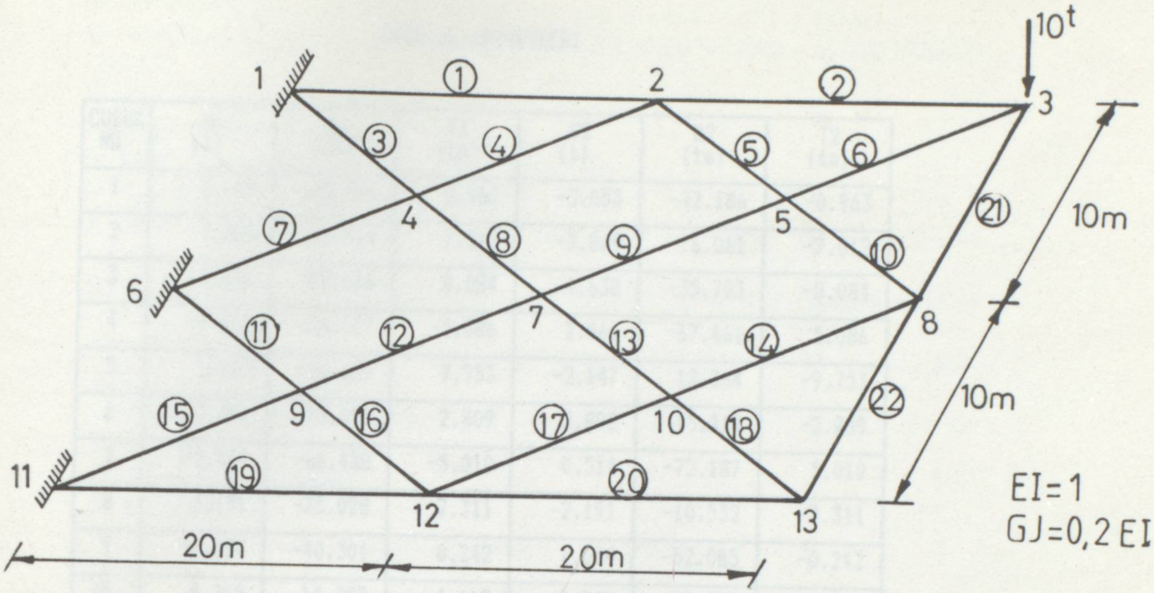
KOD NUMARALARI ve DEPLASMANLAR

	Kod Numaralari			Deplasmanlar		
Dugum No	z-z	x-x	y-y	(1) z-z	(2) x-x	(3) y-y
1	0	1	0	0.000000	-0.000750	0.000000
2	0	2	0	0.000000	-0.000843	0.000000
3	0	3	0	0.000000	-0.000573	0.000000
4	0	4	0	0.000000	-0.000241	0.000000
5	5	6	7	-0.004014	-0.000507	0.000170
6	8	9	10	-0.004334	-0.000525	-0.000114
7	11	12	13	-0.003058	-0.000383	-0.000423
8	14	15	16	-0.001298	-0.000167	-0.000442
9	17	18	19	-0.005460	0.000047	0.000200
10	20	21	22	-0.005795	0.000050	-0.000157
11	23	24	25	-0.004132	0.000040	-0.000560
12	26	27	28	-0.001756	0.000022	-0.000603
13	29	30	31	-0.003594	0.000528	0.000159
14	32	33	34	-0.003872	0.000557	-0.000109
15	35	36	37	-0.002703	0.000401	-0.000391
16	38	39	40	-0.001106	0.000174	-0.000401
17	0	41	42	0.000000	0.000573	0.000120
18	0	43	44	0.000000	0.000618	-0.000051
19	0	45	46	0.000000	0.000420	-0.000224
20	0	47	48	0.000000	0.000168	-0.000116
21	49	50	51	0.002031	0.000115	0.000031
22	52	53	54	0.001850	0.000068	0.000079
23	55	56	57	0.001360	0.000061	0.000151
24	58	59	60	0.000687	0.000051	0.000169
25	61	62	63	0.001666	-0.000204	0.000056
26	64	65	66	0.001413	-0.000183	0.000073
27	67	68	69	0.001058	-0.000136	0.000103
28	70	71	72	0.000606	-0.000070	0.000116
29	0	73	0	0.000000	-0.000315	0.000000
30	0	74	0	0.000000	-0.000262	0.000000
31	0	75	0	0.000000	-0.000196	0.000000
32	0	76	0	0.000000	-0.000116	0.000000

CUBUK UC KUVVETLERI

CUBUK NO	V1 (t)	M1 (tm)	T1 (tm)	V2 (t)	M2 (tm)	T2 (tm)
1	3.906	-0.700	0.045	-3.906	14.923	-0.045
2	-3.783	15.282	-0.356	3.783	0.151	0.356
3	-0.552	1.583	-0.540	0.552	-0.625	0.540
4	4.644	-0.357	-0.006	-4.644	18.218	0.006
5	-4.304	18.672	0.025	4.304	1.457	-0.025
6	-0.947	2.982	0.043	0.947	-0.806	-0.043
7	3.340	0.010	-0.073	-3.340	13.372	0.073
8	-3.180	13.419	0.388	3.180	0.701	-0.388
9	-0.220	0.694	0.568	0.220	-0.186	-0.568
10	-0.718	0.252	0.118	0.718	-2.620	-0.118
11	0.551	-2.920	0.017	-0.551	-0.717	-0.017
12	0.603	-1.658	0.025	-0.603	0.752	-0.025
13	-0.122	-0.181	-0.053	0.122	-0.670	0.053
14	0.036	-0.821	-0.116	-0.036	-0.677	0.116
15	0.235	-0.800	-0.165	-0.235	0.141	0.165
16	5.403	0.000	-0.851	-5.403	32.421	0.851
17	1.498	32.466	-0.151	-1.498	41.452	0.151
18	-3.146	41.446	0.207	3.146	22.569	-0.207
19	-6.486	22.497	0.196	6.486	-16.422	-0.196
20	0.389	-16.422	0.196	-0.389	-14.086	-0.196
21	1.107	-13.968	-0.056	-1.107	-7.324	0.056
22	1.230	-7.377	0.125	-1.230	0.000	-0.125
23	11.074	-0.000	0.572	0.926	30.445	-0.572
24	6.763	30.044	0.213	5.237	34.621	-0.213
25	3.710	34.653	-0.241	8.290	20.915	0.241
26	-1.770	21.376	-0.288	13.770	-25.243	0.288
27	2.310	-25.243	-0.288	-2.310	-11.381	0.288
28	1.041	-11.482	0.012	-1.041	-5.235	-0.012
29	0.883	-5.298	0.163	-0.883	-0.000	-0.163
30	4.227	-0.000	2.115	-4.227	25.365	-2.115
31	0.997	25.181	0.683	-0.997	31.162	-0.683
32	-2.360	31.180	-0.842	2.360	17.021	0.842
33	-5.320	17.200	-0.835	5.320	-14.717	0.835
34	0.921	-14.717	-0.835	-0.921	-9.192	0.835
35	0.869	-9.185	0.107	-0.869	-3.971	-0.107
36	0.670	-4.019	0.230	-0.670	0.000	-0.230
37	0.825	0.000	0.983	-0.825	4.949	-0.983
38	0.273	5.489	0.358	-0.273	7.126	-0.358
39	-0.674	7.082	-0.449	0.674	3.037	0.449
40	-0.894	2.469	-0.634	0.894	-2.896	0.634
41	-0.327	-2.896	-0.634	0.327	-4.858	0.634
42	0.276	-4.883	0.118	-0.276	-3.230	-0.118
43	0.511	-3.065	0.259	-0.511	0.000	-0.259

ÖRNEK : 5.



DUZLEMINE DIK YUKLU CUBUK SISTEMLERIN MATRIS DEPLASMAN METODU ILE STATIK ETUDU

KOD NUMARALARI ve DEPLASMANLAR

	Kod Numaralari			Deplasmanlar		
Dugum No	z-z	x-x	y-y	(1) z-z	(2) x-x	(3) y-y
1	0	0	0	0.000000	0.000000	0.000000
2	1	2	3	-0.165826	-0.014546	-0.000963
3	4	5	6	-0.527795	-0.019072	-0.008775
4	7	8	9	-0.043919	-0.008184	-0.000960
5	10	11	12	-0.308122	-0.016848	-0.005908
6	0	0	0	0.000000	0.000000	0.000000
7	13	14	15	-0.137744	-0.012290	-0.003477
8	16	17	18	-0.437358	-0.016267	-0.008773
9	19	20	21	-0.032122	-0.006140	-0.001506
10	22	23	24	-0.246200	-0.013935	-0.006526
11	0	0	0	0.000000	0.000000	0.000000
12	25	26	27	-0.095714	-0.010006	-0.006080
13	28	29	30	-0.349159	-0.014304	-0.008650

CUBUK UC KUVVETLERI

CUBUK NO	V1 (t)	M1 (tm)	T1 (tm)	V2 (t)	M2 (tm)	T2 (tm)
1	3.055	-103.276	0.963	-3.055	-42.186	-0.963
2	3.869	-61.314	7.812	-3.869	16.061	-7.812
3	4.638	-87.554	8.084	-4.638	-35.703	-8.084
4	-2.961	-34.357	-5.086	2.961	-67.461	5.086
5	2.147	-10.637	9.753	-2.147	13.364	-9.753
6	-2.892	-13.090	2.809	2.892	-45.419	-2.809
7	-0.514	-66.438	-5.010	0.514	-72.187	5.010
8	2.191	-35.028	7.311	-2.191	-10.532	-7.311
9	-1.054	-40.301	0.242	1.054	-52.085	-0.242
10	0.309	14.382	4.119	-0.309	17.838	-4.119
11	4.456	-68.002	7.322	-4.456	-18.183	-7.322
12	-0.874	-52.198	-1.767	0.874	-61.967	1.767
13	2.011	-12.206	6.196	-2.011	10.275	-6.196
14	-1.631	-18.524	1.728	1.631	-36.760	-1.728
15	2.011	-66.381	-2.502	-2.011	-43.903	2.502
16	1.572	-21.419	10.412	-1.572	-3.848	-10.412
17	0.632	-36.750	-2.430	-0.632	-29.684	2.430
18	-0.252	6.954	3.693	0.252	4.134	-3.693
19	-0.652	-43.512	6.080	0.652	-56.548	-6.080
20	1.552	-37.009	2.570	-1.552	-5.972	-2.570
21	-3.240	16.178	-5.609	3.240	-16.218	5.609
22	-1.300	5.274	-3.926	1.300	-7.722	3.926

7.5. PROGRAM LİSTESİ

```
10 KEY OFF :CLS
20 CLEAR
30 REM ***** N A I L  K A R A  Y U K S E K  L I S A N S  T E Z I *****
40 PRINT"BU PROGRAM ISKARA KIRISLERIN MATRIS DEPLASMAN METODUYLA STATIK HESABINI
 YAPAR"
50 INPUT "ELASTISITE MODULU(Mpa)=",EY
60 INPUT "KAYMA MODULU (Mpa)    =",GK
70 INPUT "ISKARA SISTEMI DUZENLI MI? (E/H) ",A$
80 IF A$="H" THEN 340
90 INPUT "ENINE ACIKLIK SAYISI ....... =",EA:LOCATE 5,45:INPUT "ENLEME BOYU  (m)
....=",EB
100 INPUT "BOYUNA ACIKLIK SAYISI....... =",BA:LOCATE 6,45:INPUT "BOYLAMA BOYU (m
)....=",BB
110 INPUT "ENLEME ATALET MOMENTI (m4).. =",EI:LOCATE 7,45:INPUT "EN.PLR AT. MOM.
 (m4)=",EP
120 INPUT "BOYLAMA ATALET MOMENTI (m4)..=",BI:LOCATE 8,45:INPUT "BOY.PLR AT. MOM
.(m4)=",BP
130 CS=EA*(BA+1)+BA*(EA+1)
140 DS=(EA+1)*(BA+1)
150 DIM CO(CS),SI(CS),L1(CS),IN(CS),JN(CS),C1(CS),C2(CS)
160 FOR I=1 TO BA+1
170 FOR J=1 TO EA
180 K=(I*EA-EA)+J
190 SI(K)=1:CO(K)=0:L1(K)=EB
200 C1(K)=K+I-1:C2(K)=K+I
210 IN(K)=EI:JN(K)=EP
220 PRINT K;"    ";C1(K);"    ";C2(K);"    ";L1(K);"    ";IN(K);"    ";JN(K)
230 NEXT J
240 NEXT I
250 ES=EA*(BA+1)
260 FOR I=ES+1 TO CS
270 K=I-ES
280 C1(I)=K:C2(I)=K+EA+1
290 IN(I)=BI:JN(I)=BP
300 SI(I)=0:CO(I)=1:L1(I)=BB
310 PRINT I;"    ";C1(I);"    ";C2(I);"    ";L1(I);"    ";IN(I);"    ";JN(I)
320 NEXT I
330 GOTO 660
340 CLS
350 INPUT "DUGUM SAYISI=";DS
360 DIM X1(DS),Y1(DS)
370 PRINT "DUGUM NOKTASI KOORDINATLARININ BANT GENISLIGI"
380 PRINT "MINUMUM OLACAK SEKILDE NUMARALANDIRILIP SIRAILE GIRINIZ"
390 PRINT "  I";"         ";"X";"          ";"Y"
400 PRINT "------------------------------------"
410 A=5
420 FOR I=1 TO DS
430 LOCATE I+A,1:PRINT I:LOCATE I+A,12:INPUT "",X1(I):LOCATE I+A,22:INPUT "",Y1(
I):
440 IF I=18 THEN A=-13:FOR J=6 TO 23 :LOCATE J,1:PRINT "
                                                        ":NEXT J
445 IF I=36 THEN A=-30:FOR J=6 TO 23 :LOCATE J,1:PRINT "
                                                        ":NEXT J
450 NEXT I
460 INPUT "CUBUK SAYISI=";CS
470 DIM C1(CS),C2(CS),IN(CS),JN(CS),SI(CS),CO(CS),L1(CS)
480 PRINT "CUBUKLARIN DUGUM NOSU KUCUK OLAN UCU ONCE,BUYUK OLAN UCU SONRA"
490 PRINT "CUBUKNOSU KEYFI OLARAK CUBUK NUMARASINA GORE SIRA ILE GIRINIZ"
500 CLS
```

```
500 CLS
510 PRINT " I";" VK(I)";"1.UC";"     I";"2.UC";"     ";"ATALET MOM.";"     ";"P
0.AT.MOM."
520 PRINT "--------------------------------------------------------------------------
-"
530 A=2
540 FOR I=1 TO CS
550 PRINT I:LOCATE I+A,12:INPUT "",C1(I):LOCATE I+A,23:INPUT "",C2(I):LOCATE I+A
,34:INPUT "",IN(I):LOCATE I+A,48:INPUT "",JN(I)
560 IF I=18 THEN A=-15:FOR J=3 TO 23 :LOCATE J,1:PRINT "
                                                       ":NEXT J
565 IF I=36 THEN A=-33:FOR J=3 TO 23 :LOCATE J,1:PRINT "
                                                       ":NEXT J
570 NEXT I
580 GOTO 660
590 FS=0
600 FOR I=1 TO CS
610 FI=C2(I)-C1(I)
620  IF FI>FS THEN FS=FI
630 NEXT I
640 PRINT "FARK=";FS
650 IB=(FS+1)*3
660 DIM VK(DS),MK(DS),TK(DS),RE(CS,6),P(CS,6)
670 PRINT "DUGUM NOKTALARINDA 0 OLAN DEPLASMANLARI MUSTEREK EKSENLERDE Z-Z
     DOGRULTUSUNDA V,X-X ETRAFINDA DONME M, Y-Y ETRAFINDA DONME T OLMAK
     UZERE TIPINI VE NUMARASINI VERINIZ."
680 INPUT "TOPLAM 0 DEPLASMAN SAYISI=";D0
690 NB=3*DS-D0
700 DIM T(6,6),TR(6,6),G(6,6),S(6,6),U(6,6),Z(6),Q(6)
710 A1=.5
720 FOR I=1 TO D0
730 INPUT "DUGUM NO=";DN:INPUT "DEPLASMAN TIPI =";D$
740 IF D$="V" THEN 760
750 IF D$="M" THEN 780 ELSE 800
760 VK(DN)=A1
770 GOTO 810
780 MK(DN)=A1
790 GOTO 810
800 TK(DN)=A1
810 NEXT I
820 K=0
830 FOR I=1 TO DS
840 IF VK(I)=0 THEN 870
850 VK(I)=0
860 GOTO 890
870 K=K+1
880 VK(I)=K
890 IF MK(I)=0 THEN 920
900 MK(I)=0
910 GOTO 940
920 K=K+1
930 MK(I)=K
940 IF TK(I)=0 THEN 970
950 TK(I)=0
960 GOTO 990
970 K=K+1
980 TK(I)=K
990 NEXT I
```

```
1000 CLS
1010 PRINT "I      VK(I)        MK(I)       TK(I)"
1020 FOR I=1 TO DS
1030 PRINT I "    ";VK(I);"        ";MK(I);"        ";TK(I)
1040 NEXT I
1050 GOSUB 7710
1060 DIM K(NB,IB)
1070 IF A$="E" OR A$="e" THEN 1130
1080 FOR I=1 TO CS
1090 L1(I)=SQR ((X1(C2(I))-X1(C1(I)))^2+(Y1(C2(I))-Y1(C1(I)))^2)
1100 SI(I)=(X1(C2(I))-X1(C1(I)))/L1(I)
1110 CO(I)=(Y1(C2(I))-Y1(C1(I)))/L1(I)
1120 NEXT I
1130 INPUT "SISTEMDEKI MAFSALLI CUBUK SAYISI =",MC
1140 DIM IU(CS),JU(CS)
1150 FOR I=1 TO CS
1160 IU(I)=1:JU(I)=1
1170 NEXT I
1180 IF MC=0 THEN 1270
1190 CLS
1200 PRINT "MAFSAL I. UCTA ISE 1, J. UCTA ISE 2 YAZINIZ"
1210 PRINT "  CUBUK NOSU          MAFSAL YERI  "
1220 PRINT "  -----------         -----------  "
1230 FOR I=1 TO MC
1240 LOCATE I+3,6:INPUT "",K:LOCATE I+3,25:INPUT "", U1
1250 IF U1=1 THEN IU(K)=0 ELSE JU(K)=0
1260 NEXT I
1270 FOR N=1 TO CS
1280 REM CUBUKTRANSFORMASYON MATRISI TESKILI
1290 GOTO 1380
1300 T(1,1)=1 :T(2,2)=CO(N):T(2,3)=-SI(N):T(3,2)=SI(N):T(3,3)=CO(N)
1310 T(4,4)=1 :T(5,5)=CO(N):T(5,6)=-SI(N):T(6,5)=SI(N):T(6,6)=CO(N)
1320 REM TRANSFORMASYON MATRISI TRANSPOSESI (inv.T=trans.T)
1330 FOR I=1 TO 6
1340 FOR J=1 TO 6
1350 TR(I,J)=T(J,I)
1360 NEXT J
1370 NEXT I
1380 REM  ****************************************
1390 REM CUBUK EKSENINDE STIFNES MATRISI TESKILI
1400 EI=EY*IN(N):GJ=GK*JN(N):L=L1(N)
1410 IF IU(N)=0 THEN 1450
1420 IF JU(N)=0 THEN 1470
1430 AI=4*EI/L:AJ=AI:CI=6*EI/L^2:CJ=CI:BI=AI/2:DI=12*EI/L^3
1440 GOTO 1480
1450 AI=0:AJ=3*EI/L:CI=0:CJ=AJ/L:BI=0:DI=CJ/L
1460 GOTO 1480
1470 AI=3*EI/L:AJ=0:CI=AI/L:CJ=0:BI=0:DI=CI/L
1480 TI=GJ/L
1490 GOSUB 7480
1500 GOTO 1760
1510 G(1,1)=DI:G(1,4)=-DI:G(4,1)=-DI:G(4,4)=DI
1520 G(1,2)=CI:G(2,1)=CI:G(2,4)=-CI:G(4,2)=-CI
1530 G(2,2)=AI:G(5,5)=AJ:G(2,5)=BI:G(5,2)=BI
1540 G(1,5)=CJ:G(4,5)=-CJ:G(5,1)=CJ:G(5,4)=-CJ
1550 G(3,3)=TI:G(3,6)=-TI:G(6,6)=TI:G(6,3)=-TI
1560 G(1,3)=0:G(2,3)=0:G(3,1)=0
1570 G(3,2)=0:G(3,4)=0:G(4,3)=0
```

```
1570 G(3,2)=0:G(3,4)=0:G(4,3)=0
1580 G(3,5)=0:G(5,3)=0:G(1,6)=0
1590 G(2,6)=0:G(6,1)=0:G(6,2)=0
1600 G(4,6)=0:G(5,6)=0:G(6,4)=0:G(6,5)=0
1610 REM
1620 REM (k)XYZ=trT*(k)xyz*T  SISTEM STIFNES MATRISI TESKILI
1630 REM
1640 FOR I=1 TO 6
1650 FOR J=1 TO 6
1660 U(I,J)=0
1670 FOR K=1 TO 6
1680 U(I,J)=U(I,J)+TR(J,K)*G(K,J)
1690 NEXT K,J,I
1700 FOR I=1 TO 6
1710 FOR J=1 TO 6
1720 S(I,J)=0
1730 FOR K=1 TO 6
1740 S(I,J)=S(I,J)+U(J,K)*T(K,J)
1750 NEXT K,J,I
1760 REM
1770 REM SISTEMDE CUBUK STIFNES MATRISININ  SISTEM STIFNES MATRISINE ATANMASI
1780 REM
1790 M=VK(C1(N)):Y=MK(C1(N)):O=TK(C1(N))
1800 P=VK(C2(N)):R=MK(C2(N)):S=TK(C2(N))
1810 IF M=0 THEN 1830
1820 K(M,M-M+1)=K(M,M-M+1)+S(1,1)
1830 IF Y=0 THEN 1870
1840 IF M=0 THEN 1860
1850 K(M,Y-M+1)=K(M,Y-M+1)+S(1,2)
1860 K(Y,Y-Y+1)=K(Y,Y-Y+1)+S(2,2)
1870 IF O=0 THEN 1930
1880 IF M=0 THEN 1900
1890 K(M,O-M+1)=K(M,O-M+1)+S(1,3)
1900 IF Y=0 THEN 1920
1910 K(Y,O-Y+1)=K(Y,O-Y+1)+S(2,3)
1920 K(O,O-O+1)=K(O,O-O+1)+S(3,3)
1930 IF P=0 THEN 2010
1940 IF M=0 THEN 1960
1950 K(M,P-M+1)=K(M,P-M+1)+S(1,4)
1960 IF Y=0 THEN 1980
1970 K(Y,P-Y+1)=K(Y,P-Y+1)+S(2,4)
1980 IF O=0 THEN 2000
1990 K(O,P-O+1)=K(O,P-O+1)+S(3,4)
2000 K(P,P-P+1)=K(P,P-P+1)+S(4,4)
2010 IF R=0 THEN 2110
2020 IF M=0 THEN 2040
2030 K(M,R-M+1)=K(M,R-M+1)+S(1,5)
2040 IF Y=0 THEN 2060
2050 K(Y,R-Y+1)=K(Y,R-Y+1)+S(2,5)
2060 IF O=0 THEN 2080
2070 K(O,R-O+1)=K(O,R-O+1)+S(3,5)
2080 IF P=0 THEN 2100
2090 K(P,R-P+1)=K(P,R-P+1)+S(4,5)
2100 K(R,R-R+1)=K(R,R-R+1)+S(5,5)
2110 IF S=0 THEN 2230
2120 IF M=0 THEN 2140
2130 K(M,S-M+1)=K(M,S-M+1)+S(1,6)
2140 IF Y=0 THEN 2160
2150 K(Y,S-Y+1)=K(Y,S-Y+1)+S(2,6)
2160 IF O=0 THEN 2180
```

```
2160 IF O=0 THEN 2180
2170 K(O,S-O+1)=K(O,S-O+1)+S(3,6)
2180 IF P=0 THEN 2200
2190 K(P,S-P+1)=K(P,S-P+1)+S(4,6)
2200 IF R=0 THEN 2220
2210 K(R,S-R+1)=K(R,S-R+1)+S(5,6)
2220 K(S,S-S+1)=K(S,S-S+1)+S(6,6)
2230 NEXT N
2240 REM
2250 PRINT "CHOLOSKY BANT DENKLEM COZUMU"
2260 K(1,1)=SQR (K(1,1))
2270 FOR J=2 TO IB
2280 K(1,J)=K(1,J)/K(1,1)
2290 NEXT J
2300 K(2,1)=SQR ( K(2,1)-K(1,2)^2)
2310 FOR L=2 TO IB-1
2320 K(2,L)=(K(2,L)-K(1,2)*K(1,L+1))/K(2,1)
2330 NEXT L
2340 K(2,IB)=K(2,IB)/K(2,1)
2350 FOR I=3 TO NB
2360 FOR J=1 TO IB-1
2370 IF J=1 THEN 2510
2380 S1=0
2390 N1=I-IB+J
2400 IF N1 <= 0 THEN N1=1
2410 FOR N2=N1 TO I-1
2420 N3=I-N1+1
2430 N4=N3-N2+N1
2440 N6=IB-I-J+1
2450 IF N6<0 THEN N6=0
2460 N5=IB+N1-N2-N6
2470 S1=S1+K(N2,N4)*K(N2,N5)
2480 NEXT N2
2490 K(I,J)=(K(I,J)-S1)/K(I,1)
2500 GOTO 2610
2510 N1=I-IB+J
2520 IF N1 <= 0 THEN N1=1
2530 S1=0
2540 FOR N2=N1 TO I-1
2550 N3=I-N1+1
2560 N4=N3-N2+N1
2570 S1=S1+K(N2,N4)^2
2580 NEXT N2
2590 IF (K(I,J)-S1)<=0 THEN 7450
2600 K(I,J)=SQR(K(I,J)-S1)
2610 NEXT J
2620 K(I,IB)=K(I,IB)/K(I,1)
2630 NEXT I
2640 REM ALT UCGEN MATRIS YARDIMIYLA V(I) ELDESI
2650 DIM V(NB),F(NB),D(NB)
2660 FOR OC=1 TO NB
2670 F(OC)=0
2680 NEXT OC
2690 REM****YUK ALT PROGRAMINA GIDIS**********************
2700 GOSUB 3950
2710 V(1)=F(1)/K(1,1)
2720 FOR I=2 TO NB
2730 N1=I-IB+1
2740 IF N1<=0 THEN N1=1
```

```
2740 IF N1<=0 THEN N1=1
2750 N2=I-N1+1
2760 S1=0
2770 FOR N3=N1 TO I-1
2780 S1=S1+K(N3,N2)*V(N3)
2790 N2=N2-1
2800 NEXT N3
2810 V(I)=(F(I)-S1)/K(I,1)
2820 NEXT I
2830 REM UST UCGEN MATRIS YARDIMIYLA D(I) ELDESI
2840 D(NB)=V(NB)/K(NB,1)
2850 FOR I=NB-1 TO 1 STEP -1
2860 N1=NB-I+1
2870 N2=IB
2880 IF N1<IB THEN N2=N1
2890 S1=0
2900 FOR N3=N2 TO 2 STEP -1
2910 S1=S1+D(I+N3-1)*K(I,N3)
2920 NEXT N3
2930 D(I)=(V(I)-S1)/K(I,1)
2940 NEXT I
2950 REM ******************************************************************************
2960 REM (D)XYZ DENKLEM SONUCUNDAN ALINARAK CUBUK UC KUVVETLERININ BULUNMASI
2970 REM ******************************************************************************
2980 D(0)=0
2990 FOR K=1 TO CS
3000 M=VK(C1(K)):Y=MK(C1(K)):O=TK(C1(K))
3010 P=VK(C2(K)):R=MK(C2(K)):S=TK(C2(K))
3020 REM CUBUK TRANSFORMASYON MATRISI TESKILI
3030 T(1,1)=1:T(2,2)=CO(K):T(2,3)=-SI(K):T(3,2)=SI(K):T(3,3)=CO(K)
3040 T(4,4)=1:T(5,5)=CO(K):T(5,6)=-SI(K):T(6,5)=SI(K):T(6,6)=CO(K)
3050 Y(1)=D(M):Y(2)=D(Y):Y(3)=D(O)
3060 Y(4)=D(P):Y(5)=D(R):Y(6)=D(S)
3070 REM CUBUK EKSENINDE STIFNES MATRISI TESKILI
3080 EI=EY*IN(K):GJ=GK*JN(K):L=L1(K)
3090 IF IU(K)=0 THEN 3130
3100 IF JU(K)=0 THEN 3150
3110 AI=4*EI/L:AJ=AI:CI=6*EI/L^2:CJ=CI:BI=AI/2:DI=12*EI/L^3
3120 GOTO 3160
3130 AI=0:AJ=3*EI/L:CI=0:CJ=AJ/L:BI=0:DI=CJ/L
3140 GOTO 3160
3150 AI=3*EI/L:AJ=0:CI=AI/L:CJ=0:BI=0:DI=CI/L
3160 TI=GJ/L
3170 G(1,1)=DI   :G(1,4)=-DI   :G(4,1)=-DI   :G(4,4)=DI
3180 G(1,2)=CI   :G(2,1)=CI    :G(2,4)=-CI   :G(4,2)=-CI
3190 G(2,2)=AI   :G(5,5)=AJ    :G(2,5)=BI    :G(5,2)=BI
3200 G(1,5)=CJ   :G(4,5)=-CJ   :G(5,1)=CJ    :G(5,4)=-CJ
3210 G(3,3)=TI   :G(3,6)=-TI   :G(6,6)=TI    :G(6,3)=-TI
3220 G(1,3)=0    :G(1,6)=0     :G(2,3)=0     :G(2,6)=0
3230 G(3,1)=0    :G(3,2)=0     :G(3,4)=0     :G(3,5)=0
3240 G(4,3)=0    :G(4,6)=0     :G(5,3)=0     :G(5,6)=0
3250 G(6,1)=0    :G(6,2)=0     :G(6,4)=0     :G(6,5)=0
3260 REM *******(P)XYZ=(K)XYZ*(d)XYZ+(f)XYZ ********************
3270 REM *******(p)xyz=(T)*(P)XYZ**********************************
3280 FOR I=1 TO 6
3290 Z(I)=0
3300 FOR J=1 TO 6
```

```
3310 Z(I)=Z(I)+T(I,J)*Y(J)
3320 NEXT J,I
3330 FOR I=1 TO 6
3340 W(I)=0
3350 FOR J=1 TO 6
3360 W(I)=W(I)+G(I,J)*Z(J)
3370 NEXT J,I
3380 FOR I=1 TO 6
3390 P(K,I)=W(I)-RE(K,I)
3400 NEXT I
3410 NEXT K
3420 REM **DEPLASMANLARIN YAZDIRILMASI**
3430 CLS
3440 PRINT "              ┌──────────────────────────────────────────────┐"
3450 PRINT "              │ Kod Numaralari │         Deplasmanlar          │"
3460 PRINT "   ┌──────────┼────────────────┼───────────────────────────────┤"
3470 PRINT " │Dugum No│ z-z │ x-x │ y-y │ (1)  z-z │ (2)  x-x │ (3)  y-y │"
3480 PRINT "   ├──────────┼─────┼─────┼─────┼──────────┼──────────┼──────────┤"
3490 FOR I=1 TO DS
3500 PRINT USING " │  ###   │ ### │ ### │ ### │###.###### │###.###### │###.#####
# │";I;VK(I);MK(I);TK(I);D(VK(I));D(MK(I));D(TK(I))
3510 IF I=DS THEN 3520 ELSE PRINT " ├──────┼─────┼─────┼─────┼──────────┼──
──────────┤"
3520 NEXT I
3530 PRINT " └──────┴─────┴─────┴─────┴──────────┴──────────┴──────────┘"
3540 PRINT "CUBUK UC KUVVETLERINI GORMEK ICIN HERHANGI BIR TUSA BASINIZ.":ASW$=I
NPUT$(1)
3550 REM ***CUBUK UC KUVVETLERININ YAZDIRILMASI**************
3560 CLS
3570 PRINT "┌─────┬─────────┬─────────┬─────────┬─────────┬─────────┬─────────
┐"
3580 PRINT "│CUBUK│    V1    │    M1    │    T1    │    V2    │    M2    │    T2
│"
3590 PRINT "│ NO  │   (t)    │   (tm)   │   (tm)   │   (t)    │   (tm)   │   (tm
)│"
3600 PRINT "├─────┼─────────┼─────────┼─────────┼─────────┼─────────┼─────────
┤"
3610 FOR K=1 TO CS
3620 PRINT USING "│ ## │ ####.### │ ####.### │ ####.### │ ####.### │ ####.### │
####.### │";K,P(K,1),-P(K,2),P(K,3),P(K,4),P(K,5),P(K,6)
3630 IF K=CS THEN 3650 ELSE PRINT "├─────┼─────────┼─────────┼─────────┼─────────
──┼─────────┤"
3640 IF K=9  OR K=20 OR K=30 OR K=40 THEN APW$=INPUT$(1)
3650 NEXT K
3660 PRINT "└─────┴─────────┴─────────┴─────────┴─────────┴─────────┴─────────
┘"
3670 INPUT "SONUCLARI YAZICIDAN ALMAK ICIN **P** TUSUNA BASINIZ.";SYA$
3680 IF SYA$="P" OR SYA$="p" THEN 3690 ELSE 3920
3690 LPRINT CHR$(15):LPRINT CHR$(27);"3";CHR$(25)
3700 LPRINT "       DUZLEMINE DIK YUKLU CUBUK SISTEMLERIN MATRIS DEPLASMAN "
3705 LPRINT "                  METODU ILE STATIK ETUDU                      ":
LPRINT :LPRINT
3709 LPRINT "       KOD NUMARALARI ve DEPLASMANLAR    ":LPRINT :LPRINT
3710 LPRINT "              ┌──────────────────────────────────────────────┐"
```

```
3710 LPRINT "                  ┌─────────────────────────────────────────────────────┐"
3720 LPRINT "          │ Kod Numaralari    │           Deplasmanlar                     │"
3730 LPRINT "          ├─────┬─────┬───────┼───────────┬───────────────┬───────────────┤"
3740 LPRINT "│Dugum No│ z-z │ x-x │ y-y │ (1)  z-z │ (2)  x-x │ (3)  y-y │"
3750 LPRINT "├────────┼─────┼─────┼─────┼──────────┼──────────┼──────────┤"
3760 FOR I=1 TO DS
3770 LPRINT USING "│  ###   │ ### │ ### │ ### │###.###### │###.###### │###.####
## │";I;VK(I);MK(I);TK(I);D(VK(I));D(MK(I));D(TK(I))
3780 IF I=DS THEN 3790 ELSE LPRINT "├────────┼─────┼─────┼─────┼──────────┼──────────┼──────
──────┤"
3790 NEXT I
3800 LPRINT "└────────┴─────┴─────┴─────┴──────────┴──────────┴──────────┘":
LPRINT :LPRINT :PRINT " CUBUK UC KUVVETLERINI ALMAK ICIN KAGIDI HAZIRLAYIP HERHA
NGI BIR TUSA BASINIZ.":ASW$=INPUT$(1)
3825 LPRINT "                         CUBUK UC KUVVETLERI                     ":
LPRINT :LPRINT
3830 LPRINT "┌─────┬──────────┬──────────┬──────────┬──────────┬──────────┬──────
────┐"
3840 LPRINT "│CUBUK│    V1    │    M1    │    T1    │    V2    │    M2    │    T
2   │"
3850 LPRINT "│ NO  │   (t)    │  (tm)    │  (tm)    │   (t)    │  (tm)    │  (t
m)  │"
3860 LPRINT "├─────┼──────────┼──────────┼──────────┼──────────┼──────────┼──────
────┤"
3870 FOR K=1 TO CS
3880  LPRINT USING "│ ##  │ ####.### │ ####.### │ ####.### │ ####.### │ ####.###
 │ ####.### │";K,P(K,1),-P(K,2),P(K,3),P(K,4),P(K,5),P(K,6)
3890 IF K=CS THEN 3900 ELSE LPRINT "├─────┼──────────┼──────────┼──────────┼──────────┼──────
────┼──────────┤"
3900 NEXT K
3910 LPRINT "└─────┴──────────┴──────────┴──────────┴──────────┴──────────┴──────
────┘"
3920 INPUT "YENI YUKLEME VAR MI ?",Y$
3930 IF Y$="E" THEN 2660
3940 END
3950 REM ##########YUK ALT PROGRAMI##################################
3960 KEY OFF:SCREEN 1
3970 CLS
3980 LOCATE 1,25:PRINT "NAIL KARA YUKSEK LISANS TEZ CALISMASI"
3990 PSET(0,0) :DRAW  "R719 D339 L719 U339"          :REM dis cizgi
4000 PSET (0,11):DRAW  "R719"                          :REM 2.alt cizgi
4010 REM ############### 1.KIRIS ###############%
4020 PSET (20,60):DRAW  "U10 D20 U10 R140 U10 D20 U10 L2 U6 L136 D6"
4030 PAINT(90,58)
4040 LOCATE 3,10:PRINT "1": PSET(74,26):DRAW"R20 D15 L20 U15
4050 PSET(20,50):GOSUB 4870:PSET(160,50):GOSUB 4890
4060 REM ############## 2.KIRIS ##############
4070 PSET (200,60):DRAW "U10 D20 U10 R140 U10 D20 U10 L30 U6 L80 D6"
4080 PAINT (270,58)
4090 LOCATE 3,30:PRINT "2":PSET(254,26):DRAW"R20 D15 L20 U15
4100 PSET(200,50):GOSUB 4870:PSET(340,50):GOSUB 4890
4110 REM ############## 3.KIRIS ###############
4120 PSET (380,60):DRAW "U10 D20 U10 R140 U10 D20 U10"
4130 LINE(400,60)-(450,45):LINE (450,45)-(500,60)
4140 PAINT(450,46)
4150 LOCATE 3,50:PRINT "3":PSET(434,26):DRAW"R20 D15 L20 U15
4160 PSET(380,50):GOSUB 4870:PSET(520,50):GOSUB 4890
```

```
4170 REM ############# 4.KIRIS ################
4180 PSET (560,60):DRAW "U10 D20 U10 R140 U10 D20 U10
4190 LINE (580,60)-(680,45):LINE (680,45)-(680,60)
4200 PAINT(670,50)
4210 LOCATE 3,70:PRINT "4":PSET(614,26):DRAW"R20 D15 L20 U15
4220 PSET(560,50):GOSUB 4870:PSET(700,50):GOSUB 4890
4230 REM ############# 5.KIRIS #################
4240 PSET (20,120):DRAW "U10 D20 U10 R140 U10 D20 U10
4250 LINE (40,120)-(40,105):LINE (40,105)-(140,120)
4260 PAINT(50,118)
4270 LOCATE 7,10:PRINT "5":PSET(74,82):DRAW"R20 D15 L20 U15
4280 PSET(20,110):GOSUB 4870:PSET(160,110):GOSUB 4890
4290 REM ############# 6.KIRIS #################
4300 PSET (200,120):DRAW "U10 D20 U10 R140 U10 D20 U10 L20 H10 L80 G10
4310 PAINT (250,115)
4320 LOCATE 7,30:PRINT "6":PSET(254,82):DRAW"R20 D15 L20 U15
4330 PSET(200,110):GOSUB 4870:PSET(340,110):GOSUB 4890
4340 REM ###############7.KIRIS ################
4350 PSET (380,120):DRAW "U10 D20 U10 R140 U10 D20 U10 L70 U20 L1 D20 E5 G5 H5 F
5
4360 LOCATE 7,50:PRINT "7":PSET(434,82):DRAW"R20 D15 L20 U15
4370 PSET(380,110):GOSUB 4870:PSET(520,110):GOSUB 4890
4380 REM ###############8.KIRIS ################
4390 PSET (560,120):DRAW "U10 D20 U10 R140 U10 D20 U10
4400 PSET(560,110):GOSUB 4870:PSET(700,110):GOSUB 4890
4410 PSET (562,120):DRAW "U10 R40 D10 R60 U10 R36 D10":PAINT(565,113):PAINT (695
,113)
4420 LOCATE 7,70:PRINT "8":PSET(614,82):DRAW"R20 D15 L20 U15
4430 PSET (0,153):DRAW"R719"                          :REM ORTA CIZGI
4440 PSET (90,210):DRAW "R239 D4 L239 U4"             :REM ANA CUBUK
4450 'PSET (240,210):DRAW "R239 U6 R4 D16 L4 U6 L239 D6 L4 U16 R4 D6"
4460 'PAINT (280,212)
4470 REM ###### HER CUBUK ICIN YUKLERIN GIRILMESI ve ANK.UC KUVVETLERININ HES.
4480 FOR I=1 TO CS
4490 LOCATE 13,65:PRINT USING " #.CUBUK";I
4500 FOR K=1 TO 8
4510 LOCATE 13,2:PRINT STRING$(36,255):LOCATE 14,2:PRINT STRING$(36,255):LOCATE
15,2:PRINT STRING$(36,255)
4520 LOCATE 17,2:PRINT STRING$(36,255):LOCATE 18,2:PRINT STRING$(36,255):LOCATE
19,2:PRINT STRING$(36,255):LOCATE 22,15:INPUT "YUK TIPI SEKLI:";YTS
4530 IF YTS=9 THEN 4570
4540 IF YTS=0 OR YTS>=10 THEN BEEP:GOTO 4520
4550 ON YTS GOSUB 4910,5100,5390,5670,5960,6240,6560,6820
4560 NEXT K
4570 REM ######    TOPLAM ANK.UC KUVVETLERININ HES.   ######
4580 MGL=0:MGR=0:MPL=0:MPR=0:VGL=0:VGR=0:VPL=0:VPR=0
4590 FOR J=1 TO 3
4600 MGL=MGL+MGDL(J)+MGKL(J)+MGLL(J)+MGRL(J)+MGSL(J)+MGTL(J)+MGPL(J)+MGWL(J)
4610 MGR=MGR+MGDR(J)+MGKR(J)+MGLR(J)+MGRR(J)+MGSR(J)+MGTR(J)+MGPR(J)+MGWR(J)
4620 MPL=MPL+MPDL(J)+MPKL(J)+MPLL(J)+MPRL(J)+MPSL(J)+MPTL(J)+MPPL(J)+MPWL(J)
4630 MPR=MPR+MPDR(J)+MPKR(J)+MPLR(J)+MPRR(J)+MPSR(J)+MPTR(J)+MPPR(J)+MPWR(J)
4640 VGL=VGL+VGDL(J)+VGKL(J)+VGLL(J)+VGRL(J)+VGSL(J)+VGTL(J)+VGPL(J)+VGWL(J)
4650 VGR=VGR+VGDR(J)+VGKR(J)+VGLR(J)+VGRR(J)+VGSR(J)+VGTR(J)+VGPR(J)+VGWR(J)
4660 VPL=VPL+VPDL(J)+VPKL(J)+VPLL(J)+VPRL(J)+VPSL(J)+VPTL(J)+VPPL(J)+VPWL(J)
4670 VPR=VPR+VPDR(J)+VPKR(J)+VPLR(J)+VPRR(J)+VPSR(J)+VPTR(J)+VPPR(J)+VPWR(J)
4680 NEXT J
```

```
4690 FOR J=1 TO 3
4700 MGDL(J)=0:MGKL(J)=0:MGLL(J)=0:MGRL(J)=0:MGSL(J)=0:MGTL(J)=0:MGPL(J)=0:MGWL(
J)=0
4710 MGDR(J)=0:MGKR(J)=0:MGLR(J)=0:MGRR(J)=0:MGSR(J)=0:MGTR(J)=0:MGPR(J)=0:MGWR(
J)=0
4720 MPDL(J)=0:MPKL(J)=0:MPLL(J)=0:MPRL(J)=0:MPSL(J)=0:MPTL(J)=0:MPPL(J)=0:MPWL(
J)=0
4730 MPDR(J)=0:MPKR(J)=0:MPLR(J)=0:MPRR(J)=0:MPSR(J)=0:MPTR(J)=0:MPPR(J)=0:MPWR(
J)=0
4740 VGDL(J)=0:VGKL(J)=0:VGLL(J)=0:VGRL(J)=0:VGSL(J)=0:VGTL(J)=0:VGPL(J)=0:VGWL(
J)=0
4750 VGDR(J)=0:VGKR(J)=0:VGLR(J)=0:VGRR(J)=0:VGSR(J)=0:VGTR(J)=0:VGPR(J)=0:VGWR(
J)=0
4760 VPDL(J)=0:VPKL(J)=0:VPLL(J)=0:VPRL(J)=0:VPSL(J)=0:VPTL(J)=0:VPPL(J)=0:VPWL(
J)=0
4770 VPDR(J)=0:VPKR(J)=0:VPLR(J)=0:VPRR(J)=0:VPSR(J)=0:VPTR(J)=0:VPPR(J)=0:VPWR(
J)=0
4780 NEXT J
4790 RE(I,1)=-(VGL+VPL):RE(I,2)=(MGL+MPL):RE(I,3)=0:RE(I,4)=-(VGR+VPR)
4800 RE(I,5)=-(MGR+MPR):RE(I,6)=0
4810 ' RE(I,1)=(VGL+VPL):RE(I,2)=-(MGL+MPL):RE(I,3)=0:RE(I,4)=(VGR+VPR)
4820 'RE(I,5)=(MGR+MPR):RE(I,6)=0
4830 GOSUB 7110
4840 NEXT I
4850 GOSUB 7300
4860 RETURN
4870 DRAW "G5 E5 D4 G5 E5 D4 G5 E5 D4 G5 E5 D4 G5 E5 "
4880 RETURN
4890 DRAW "F5 H5 D4 F5 H5 D4 F5 H5 D4 F5 H5 D4 F5 H5 "
4900 RETURN
4910 REM ***************DUZGUN YAYILI YUK****************
4920 PSET (90,197):DRAW "R239 D8 L239 U8":PAINT (280,198)
4930 PSET (90,231):DRAW "U4 D8 U4 R85
4940 PSET (245,231):DRAW "R83 U4 D8 U4":LOCATE 17,21:PRINT USING "L=##.##";L1(I)
4950 LOCATE 23,15:INPUT "YUK ADEDI       :";YA
4960 IF YA>=3 OR YA=0 THEN BEEP :GOTO 4950
4970 FOR J=1 TO YA
4980 LOCATE 15,45:PRINT "g=[       ]"
4990 LOCATE 16,45:PRINT "p=[       ]"
5000 LOCATE 15,48:INPUT "",GD(J)
5010 LOCATE 16,48:INPUT "",PD(J)
5020 LOCATE 23,60:PRINT "YANLIS VARMI [ ]":LOCATE 23,74:INPUT "",YV$
5030 IF YV$="E" OR YV$="e" THEN 4980
5040 MGDL(J)=-GD(J)*L1(I)^2/12                :MGDR(J)=-GD(J)*L1(I)^2/12
5050 MPDL(J)=-PD(J)*L1(I)^2/12                :MPDR(J)=-PD(J)*L1(I)^2/12
5060 VGDL(J)=GD(J)*L1(I)/2                    :VGDR(J)=GD(J)*L1(I)/2
5070 VPDL(J)=PD(J)*L1(I)/2                    :VPDR(J)=PD(J)*L1(I)/2
5080 NEXT J
5090 RETURN
5100 REM **************** KISMI YAYILI YUK ****************
5110 PSET (160,197):DRAW "R110 D8 L110 U8":PAINT (220,198)
5120 PSET (90,245):DRAW "U4 D8 U4 R70 U4 D8 U4"
5130 PSET (160,245):DRAW "R110 U4 D8 U4":LOCATE 17,12:PRINT "a=":LOCATE 17,21:PR
INT "s="
5140 PSET (90,273):DRAW "U4 D8 U4 R85
5150 PSET (245,273):DRAW "R83 U4 D8 U4":LOCATE 20,21:PRINT USING "l=##.##";L1(I)
5160 LOCATE 23,15:INPUT "YUK ADEDI       :";YA
```

```
5170 IF YA>=4 OR YA=0 THEN BEEP :GOTO 5160
5180 FOR J=1 TO YA
5190 LOCATE 17,14:INPUT "",AK(J)
5200 LOCATE 17,23:INPUT "",SK(J)
5210 LOCATE 15,45:PRINT "g=[      ]"
5220 LOCATE 16,45:PRINT "p=[      ]"
5230 LOCATE 15,48:INPUT "",GK(J)
5240 LOCATE 16,48:INPUT "",PK(J)
5250 LOCATE 23,60:PRINT "YANLIS VARMI [ ]":LOCATE 23,74:INPUT "",YV$
5260 IF YV$="E" OR YV$="e" THEN 5190
5270 A=AK(J):L=L1(I):S=SK(J)
5280 MGKL(J)=-GK(J)/L^2*(L/3*(L-A)^3-L/3*(L-A-S)^3-1/4*(L-A)^4+1/4*(L-A-S)^4)
5290 MGKL(J)=-GK(J)/L^2*(L/3*(L-A)^3-L/3*(L-A-S)^3-1/4*(L-A)^4+1/4*(L-A-S)^4)
5300 VGKL(J)=GK(J)/(2*L^3)*(2*L*(L-A)^3-2*L*(L-A-S)^3-(L-A)^4+(L-A-S)^4)
5310 MPKL(J)=-PK(J)/L^2*(L/3*(L-A)^3-L/3*(L-A-S)^3-1/4*(L-A)^4+1/4*(L-A-S)^4)
5320 VPKL(J)=PK(J)/(2*L^3)*(2*L*(L-A)^3-2*L*(L-A-S)^3-(L-A)^4+(L-A-S)^4)
5330 VGKR(J)=GK(J)*S-VGKL(J)
5340 MGKR(J)=-(-MGKL(J)+VGKR(J)*L-GK(J)*S*(A+S/2))
5350 VPKR(J)=PK(J)*S-VPKL(J)
5360 MPKR(J)=-(-MPKL(J)+VPKR(J)*L-PK(J)*S*(A+S/2))
5370 A=0:L=0:S=0:NEXT J
5380 RETURN
5390 REM *************** KISMI UCGEN YUK ***************
5400 LINE (160,197)-(215,177):LINE (215,177)-(270,197):LINE (270,197)-(160,197):
PAINT (185,189)
5410 PSET (90,245):DRAW "U4 D8 U4 R70 U4 D8 U4"
5420 PSET (160,245):DRAW "R110 U4 D8 U4":LOCATE 17,12:PRINT "a=":LOCATE 17,21:PR
INT "s="
5430 PSET (90,273):DRAW "U4 D8 U4 R85
5440 PSET (245,273):DRAW "R83 U4 D8 U4":LOCATE 20,21:PRINT USING "1=##.##";L1(I)
5450 LOCATE 23,15:INPUT "YUK ADEDI      :";YA
5460 IF YA>=3 OR YA=0 THEN BEEP :GOTO 5450
5470 FOR J=1 TO YA
5480 LOCATE 17,14:INPUT "",AS(J)
5490 LOCATE 17,23:INPUT "",SS(J)
5500 LOCATE 15,45:PRINT "g=[      ]"
5510 LOCATE 16,45:PRINT "p=[      ]"
5520 LOCATE 15,48:INPUT "",GS(J)
5530 LOCATE 16,48:INPUT "",PS(J)
5540 LOCATE 23,60:PRINT "YANLIS VARMI [ ]":LOCATE 23,74:INPUT "",YV$
5550 IF YV$="E" OR YV$="e" THEN 5540
5560 A=AS(J):L=L1(I):S=SS(J)
5570 VGSL(J)=GS(J)/L^3/S*(L/2*(L-A)^4-L*(L-A-S/2)^4+L/2*(L-A-S)^4-1/5*(L-A)^5+2/
5*(L-A-S/2)^5-1/5*(L-A-S)^5)
5580 VGSR(J)=GS(J)*S/2-VGSL(J)
5590 VPSL(J)=PS(J)/L^3/S*(L/2*(L-A)^4-L*(L-A-S/2)^4+L/2*(L-A-S)^4-1/5*(L-A)^5+2/
5*(L-A-S/2)^5-1/5*(L-A-S)^5)
5600 VPSR(J)=PS(J)*S/2-VPSL(J)
5610 MGSL(J)=GS(J)/S/L^2*(-1/6*L*(L-A)^4+L/3*(L-A-S/2)^4-L/6*(L-A-S)^4+1/10*(L-A
)^5-1/5*(L-A-S/2)^5+1/10*(L-A-S)^5)
5620 MPSL(J)=PS(J)/S/L^2*(-1/6*L*(L-A)^4+L/3*(L-A-S/2)^4-L/6*(L-A-S)^4+1/10*(L-A
)^5-1/5*(L-A-S/2)^5+1/10*(L-A-S)^5)
5630 MGSR(J)=MGSL(J)+VGSR(J)*L-GS(J)*S/2*(A+S/2)
5640 MPSR(J)=MPSL(J)+VPSR(J)*L-PS(J)*S/2*(A+S/2)
5650 A=0:S=0:L=0:NEXT J
5660 RETURN
```

```
5670 REM **************** SOLDAN UCGEN YUK ****************
5680 'LINE (160,197)-(215,177):LINE (215,177)-(270,197):LINE (270,197)-(160,197)
:PAINT (185,189)
5690 LINE (160,197)-(270,197):LINE (160,197)-(270,177):LINE (270,177)-(270,197):
PAINT(210,191)
5700 PSET (90,245):DRAW "U4 D8 U4 R70 U4 D8 U4"
5710 PSET (160,245):DRAW "R110 U4 D8 U4":LOCATE 17,12:PRINT "a=":LOCATE 17,21:PR
INT "s="
5720 PSET (90,273):DRAW "U4 D8 U4 R85
5730 PSET (245,273):DRAW "R83 U4 D8 U4":LOCATE 20,21:PRINT USING "l=##.##";L1(I)
5740 LOCATE 23,15:INPUT "YUK ADEDI     :";YA
5750 IF YA>=3 OR YA=0 THEN BEEP :GOTO 5740
5760 FOR J=1 TO YA
5770 LOCATE 17,14:INPUT "",AL(J)
5780 LOCATE 17,23:INPUT "",SL(J)
5790 LOCATE 15,45:PRINT "g=[      ]"
5800 LOCATE 16,45:PRINT "p=[      ]"
5810 LOCATE 15,48:INPUT "",GL(J)
5820 LOCATE 16,48:INPUT "",PL(J)
5830 LOCATE 23,60:PRINT "YANLIS VARMI [ ]":LOCATE 23,74:INPUT "",YV$
5840 IF YV$="E" OR YV$="e" THEN 5540
5850 S=SL(J):L=L1(I):A=AL(J)
5860 VGLL(J)=GL(J)/S/L^3*(L/4*(L-A)^4-L/4*(L-A-S)^4-L*(L-A-S)^3-1/10*(L-A)^5+1/1
0*(L-A-S)^5+1/2*(L-A-S)^4)
5870 VPLL(J)=PL(J)/S/L^3*(L/4*(L-A)^4-L/4*(L-A-S)^4-L*(L-A-S)^3-1/10*(L-A)^5+1/1
0*(L-A-S)^5+1/2*(L-A-S)^4)
5880 VGLR(J)=GL(J)*S/2-VGLL(J)
5890 VPLR(J)=PL(J)*S/2-VPLL(J)
5900 MGLL(J)=GL(J)/S/L^2*(L/12*(L-A)^4-L/12*(L-A-S)^4-L/3*(L-A-S)^3-1/20*(L-A)^5
+1/20*(L-A-S)^5+1/4*(L-A-S)^4)
5910 MPLL(J)=PL(J)/S/L^2*(L/12*(L-A)^4-L/12*(L-A-S)^4-L/3*(L-A-S)^3-1/20*(L-A)^5
+1/20*(L-A-S)^5+1/4*(L-A-S)^4)
5920 MGLR(J)=MGLL(J)+VGLR(J)*L-GL(J)*S/2*(A+2*S/3)
5930 MPLR(J)=MPLL(J)+VPLR(J)*L-PL(J)*S/2*(A+2*S/3)
5940 A=0:L=0:S=0:NEXT J
5950 RETURN
5960 REM **************** SAGDAN UCGEN YUK ****************
5970 LINE (160,197)-(270,197):LINE (270,197)-(160,177):LINE (160,177)-(160,197):
PAINT(170,191)
5980 PSET (90,245):DRAW "U4 D8 U4 R70 U4 D8 U4"
5990 PSET (160,245):DRAW "R110 U4 D8 U4":LOCATE 17,12:PRINT "a=":LOCATE 17,21:PR
INT "s="
6000 PSET (90,273):DRAW "U4 D8 U4 R85
6010 PSET (245,273):DRAW "R83 U4 D8 U4":LOCATE 20,21:PRINT USING "l=##.##";L1(I)
6020 LOCATE 23,15:INPUT "YUK ADEDI     :";YA
6030 IF YA>=3 OR YA=0 THEN BEEP :GOTO 5450
6040 FOR J=1 TO YA
6050 LOCATE 17,14:INPUT "",AR(J)
6060 LOCATE 17,23:INPUT "",SR(J)
6070 LOCATE 15,45:PRINT "g=[      ]"
6080 LOCATE 16,45:PRINT "p=[      ]"
6090 LOCATE 15,48:INPUT "",GR(J)
6100 LOCATE 16,48:INPUT "",PR(J)
6110 LOCATE 23,60:PRINT "YANLIS VARMI [ ]":LOCATE 23,74:INPUT "",YV$
6120 IF YV$="E" OR YV$="e" THEN 6110
```

```
6130 S=SR(J):L=L1(I):A=AR(J)
6140 VGRR(J)=GR(J)/S/L^3*(L/4*(A+S)^4-L/4*A^4-L*A^3-1/10*(A+S)^5+1/10*A^5+1/2*A^
4)
6150 VPRR(J)=PR(J)/S/L^3*(L/4*(A+S)^4-L/4*A^4-L*A^3-1/10*(A+S)^5+1/10*A^5+1/2*A^
4)
6160 VGRL(J)=GR(J)*S/2-VGRR(J)
6170 VPRL(J)=PR(J)*S/2-VPRR(J)
6180 MGRR(J)=GR(J)/S/L^2*(L/12*(A+S)^4-L/12*A^4-L/3*A^3-1/20*(A+S)^5+1/20*A^5+1/
4*A^4)
6190 MPRR(J)=PR(J)/S/L^2*(L/12*(A+S)^4-L/12*A^4-L/3*A^3-1/20*(A+S)^5+1/20*A^5+1/
4*A^4)
6200 MGRL(J)=MGRR(J)-VGRR(J)*L+GR(J)*S/2*(A+S/3)
6210 MPRL(J)=MPRR(J)-VPRR(J)*L+PR(J)*S/2*(A+S/3)
6220 NEXT J
6230 RETURN
6240 REM **************** TRAPEZ YAYILI YUK ****************
6250 PSET (160,197):DRAW " R110 H10 L90 G10 ":PAINT(180,195)
6260 PSET (90,245):DRAW "U4 D8 U4 R70 U4 D8 U4"
6270 PSET (160,245):DRAW "R110 U4 D8 U4":LOCATE 17,12:PRINT "a=":LOCATE 17,21:PR
INT "s="
6280 PSET (90,273):DRAW "U4 D8 U4 R85
6290 PSET (245,273):DRAW "R83 U4 D8 U4":LOCATE 20,21:PRINT USING "l=##.##";L1(I)
6300 LOCATE 23,15:INPUT "YUK ADEDI    :";YA
6310 IF YA>=3 OR YA=0 THEN BEEP :GOTO 5450
6320 FOR J=1 TO YA
6330 LOCATE 17,14:INPUT "",AT(J)
6340 LOCATE 17,23:INPUT "",ST(J)
6350 LOCATE 15,45:PRINT "g=[     ]"
6360 LOCATE 16,45:PRINT "p=[     ]"
6370 LOCATE 15,48:INPUT "",GT(J)
6380 LOCATE 16,48:INPUT "",PT(J)
6390 LOCATE 23,60:PRINT "YANLIS VARMI [ ]":LOCATE 23,74:INPUT "",YV$
6400 IF YV$="E" OR YV$="e" THEN 6390
6410 S=ST(J):A=AT(J):L=L1(I)
6420 TG1=(L-A)^4-(L-A-GT(J))^4-(L-A-S+GT(J))^4+(L-A-S)^4
6430 TP1=(L-A)^4-(L-A-PT(J))^4-(L-A-S+PT(J))^4+(L-A-S)^4
6440 TG2=(L-A)^5-(L-A-GT(J))^5-(L-A-S+GT(J))^5+(L-A-S)^5
6450 TP2=(L-A)^5-(L-A-PT(J))^5-(L-A-S+PT(J))^5+(L-A-S)^5
6460 VGTL(J)=12/L^3*(GT(J)*L/48*TG1-GT(J)/120*TG2)
6470 VPTL(J)=12/L^3*(PT(J)*L/48*TP1-PT(J)/120*TP2)
6480 VGTR(J)=(S-GT(J))*GT(J)-VGTL(J)
6490 VPTR(J)=(S-PT(J))*PT(J)-VPTL(J)
6500 MGTL(J)=6/L^2*(GT(J)*L/72*TG1-GT(J)/120*TG2)
6510 MPTL(J)=6/L^2*(PT(J)*L/72*TP1-PT(J)/120*TP2)
6520 MGTR(J)=MGTL(J)+VGTR(J)*L-(S-GT(J))*GT(J)*(A+S/2)
6530 MPTR(J)=MPTL(J)+VPTR(J)*L-(S-PT(J))*PT(J)*(A+S/2)
6540 A=0:S=0:L=0:TG1=0:TP1=0:TG2=0:TP2=0:NEXT J
6550 RETURN
6560 REM ****************** TEKIL YUK ****************
6570 PSET (215,197):DRAW "H5 F5 U20 R1 D20 E5 G5":REM ***OK ISARETI***
6580 PSET (90,245):DRAW "U4 D8 U4 R125 U4 D8 U4"
6590 LOCATE 17,16:PRINT "a="
6600 PSET (90,273):DRAW "U4 D8 U4 R85
6610 PSET (245,273):DRAW "R83 U4 D8 U4":LOCATE 20,21:PRINT USING "l=##.##";L1(I)
6620 LOCATE 23,15:INPUT "YUK ADEDI    :";YA
6630 IF YA>=3 OR YA=0 THEN BEEP :GOTO 6620
6640 FOR J=1 TO YA
```

```
6650 LOCATE 17,18:INPUT "",AP(J)
6660 LOCATE 15,45:PRINT "g=[     ]"
6670 LOCATE 16,45:PRINT "p=[     ]"
6680 LOCATE 15,48:INPUT "",GP(J)
6690 LOCATE 16,48:INPUT "",PP(J)
6700 LOCATE 23,60:PRINT "YANLIS VARMI [ ]":LOCATE 23,74:INPUT "",YV$
6710 IF YV$="E" OR YV$="e" THEN 6710
6720 MGPL(J)=-GP(J)*AP(J)*(L1(I)-AP(J))^2/L1(I)^2
6730 MPPL(J)=-PP(J)*AP(J)*(L1(I)-AP(J))^2/L1(I)^2
6740 MGPR(J)=-GP(J)*AP(J)^2*(L1(I)-AP(J))/L1(I)^2
6750 MPPR(J)=-PP(J)*AP(J)^2*(L1(I)-AP(J))/L1(I)^2
6760 VGPR(J)=GP(J)*AP(J)^2/L1(I)^3*(3*L1(I)-2*AP(J))
6770 VPPR(J)=PP(J)*AP(J)^2/L1(I)^3*(3*L1(I)-2*AP(J))
6780 VGPL(J)=GP(J)-VGPR(J)
6790 VPPL(J)=PP(J)-VPPR(J)
6800 NEXT J
6810 RETURN
6820 REM **************** ORTASI BOS YAYILI YUK ****************
6830 PSET (90,197):DRAW " R70 U10 L70 D10":PSET (270,197):DRAW "R59 U10 L59 D10"
6840 PAINT (91,196):PAINT(271,196)
6850 PSET (90,245):DRAW "U4 D8 U4 R70 U4 D8 U4"
6860 PSET (160,245):DRAW "R110 U4 D8 U4":LOCATE 17,12:PRINT "a=":LOCATE 17,21:PR
INT "s="
6870 PSET (90,273):DRAW "U4 D8 U4 R85
6880 PSET (245,273):DRAW "R83 U4 D8 U4":LOCATE 20,21:PRINT USING "l=##.##";L1(I)
6890 LOCATE 23,15:INPUT "YUK ADEDI     :";YA
6900 IF YA>=3 OR YA=0 THEN BEEP :GOTO 6890
6910 FOR J=1 TO YA
6920 LOCATE 17,14:INPUT "",AW(J)
6930 LOCATE 17,23:INPUT "",SW(J)
6940 LOCATE 15,45:PRINT "g=[     ]"
6950 LOCATE 16,45:PRINT "p=[     ]"
6960 LOCATE 15,48:INPUT "",GW(J)
6970 LOCATE 16,48:INPUT "",PW(J)
6980 LOCATE 23,60:PRINT "YANLIS VARMI [ ]":LOCATE 23,74:INPUT "",YV$
6990 IF YV$="E" OR YV$="e" THEN 5540
7000 A=AW(J):S=SW(J):L=L1(I)
7010 VGWL(J)=GW(J)*L/2-GW(J)/2/L^3*(2*L*(L-A)^3-2*L*(L-A-S)^3-(L-A)^4+(L-A-S)^4)
7020 VPWL(J)=PW(J)*L/2-PW(J)/2/L^3*(2*L*(L-A)^3-2*L*(L-A-S)^3-(L-A)^4+(L-A-S)^4)
7030 VGWR(J)=GW(J)*(L-S)-VGWL(J)
7040 VPWR(J)=PW(J)*(L-S)-VPWL(J)
7050 MGWL(J)=-(GW(J)*L^2/12-GW(J)/L^2*(L/3*(L-A)^3-L/3*(L-A-S)^3-1/4*(L-A)^4+1/4
*(L-A-S)^4))
7060 MPWL(J)=-(PW(J)*L^2/12-PW(J)/L^2*(L/3*(L-A)^3-L/3*(L-A-S)^3-1/4*(L-A)^4+1/4
*(L-A-S)^4))
7070 MGWR(J)=-(-MGWL(J)+VGWR(J)*L-GW(J)*L^2/2+GW(J)*S*(A-S/2))
7080 MPWR(J)=-(-MPWL(J)+VPWR(J)*L-PW(J)*L^2/2+PW(J)*S*(A-S/2))
7090 A=0:S=0:L=0:NEXT J
7100 RETURN
7110 REM********* CUBUK ANK.REAK.ATANMASI***************
7120 REM**********CUBUK TRANSPOZE TRANSFORMASYON MATRISI******
7130 TR(1,1)=1:TR(2,2)=CO(I):TR(2,3)=SI(I):TR(3,2)=-SI(I):TR(3,3)=CO(I)
7140 TR(4,4)=1:TR(5,5)=CO(I):TR(5,6)=SI(I):TR(6,5)=-SI(I):TR(6,6)=CO(I)
7150 FOR U=1 TO 6
7160 RS(U)=0
7170 FOR V=1 TO 6
7180 RS(U)=RS(U)+TR(U,V)*RE(I,V)
```

```
7190 NEXT V
7200 NEXT U
7210 M=VK(C1(I)):Y=MK(C1(I)):O=TK(C1(I))
7220 P=VK(C2(I)):R=MK(C2(I)):S=TK(C2(I))
7230 F(M)=F(M)+RS(1)
7240 F(Y)=F(Y)+RS(2)
7250 F(O)=F(O)+RS(3)
7260 F(P)=F(P)+RS(4)
7270 F(R)=F(R)+RS(5)
7280 F(S)=F(S)+RS(6)
7290 RETURN
7300 REM ******DUGUM NOKTALARINA DIREK ETKIYEN YUKLER**********
7310 SCREEN 0:CLS
7320 INPUT "DUGUMLERE DIREK ETKIYEN TOPLAM YUK SAYISI=",DYS
7330 IF DYS=0 THEN 7440
7340 CLS:A=5
7350 PRINT "DUGUMLERE DIREK ETKIYEN TOPLAM YUK SAYISI"
7360 PRINT "DUGUM NO    :   YUK TIPI    :    YUK SIDDETI "
7370 PRINT "-----------+--------------+----------------"
7380 FOR H=1 TO DYS
7390 LOCATE H+A,1:INPUT " ",X7:LOCATE H+A,16:INPUT " ",A$:LOCATE H+A,35:INPUT "
",C7
7400 IF A$="V" THEN F(VK(X7))=F(VK(X7))-C7
7410 IF A$="M" THEN F(MK(X7))=F(MK(X7))-C7
7420 IF A$="T" THEN F(TK(X7))=F(TK(X7))-C7
7430 NEXT H
7440 RETURN
7450 PRINT "BOLGESEL TEKIL MATRIS"
7460 PRINT "VERILEN SISTEMIN STABILITESI UYGUN DEGIL VEYA RIJITIKLER YETERLI DE
7470 END
7480 REM **********CUBUK STIFNES MATRISI TRANSFORMASYONLU*****
7490 S(1,1)=DI
7500 S(1,2)=CI*CO(N)                              :S(2,1)=S(1,2)
7510 S(1,3)=-CI*SI(N)                             :S(3,1)=S(1,3)
7520 S(1,4)=-DI                                   :S(4,1)=S(1,4)
7530 S(1,5)=CJ*CO(N)                              :S(5,1)=S(1,5)
7540 S(1,6)=-CJ*SI(N)                             :S(6,1)=S(1,6)
7550 S(2,2)=AI*CO(N)^2+TI*SI(N)^2
7560 S(2,3)=-AI*SI(N)*CO(N)+TI*SI(N)*CO(N)        :S(3,2)=S(2,3)
7570 S(2,4)=-CI*CO(N)                             :S(4,2)=S(2,4)
7580 S(2,5)=BI*CO(N)^2-TI*SI(N)^2                 :S(5,2)=S(2,5)
7590 S(2,6)=-BI*SI(N)*CO(N)-TI*SI(N)*CO(N)        :S(6,2)=S(2,6)
7600 S(3,3)=AI*SI(N)^2+TI*CO(N)^2
7610 S(3,4)=CI*SI(N)                              :S(4,3)=S(3,4)
7620 S(3,5)=-BI*SI(N)*CO(N)-TI*SI(N)*CO(N)        :S(5,3)=S(3,5)
7630 S(3,6)=BI*SI(N)^2-TI*CO(N)^2                 :S(6,3)=S(3,6)
7640 S(4,4)=DI
7650 S(4,5)=-CJ*CO(N)                             :S(5,4)=S(4,5)
7660 S(4,6)=CJ*SI(N)                              :S(6,4)=S(4,6)
7670 S(5,5)=AJ*CO(N)^2+TI*SI(N)^2
7680 S(5,6)=-AJ*SI(N)*CO(N)+TI*SI(N)*CO(N)        :S(6,5)=S(5,6)
7690 S(6,6)=AJ*SI(N)^2+TI*CO(N)^2
7700 RETURN
7710 REM***BANT GENISLIGI TAYINI************
7720 FOR C=1 TO CS
7730 IF VK(C2(C))=0 THEN 7830
7740 IF VK(C1(C))=0 THEN 7770
```

```
7740 IF VK(C1(C))=0 THEN 7770
7750 FI=VK(C2(C))-VK(C1(C))
7760 IF FI>FS THEN FS=FI
7770 IF MK(C1(C))=0 THEN 7800
7780 FI=VK(C2(C))-MK(C1(C))
7790 IF FI>FS THEN FS=FI
7800 IF TK(C1(C))=0 THEN 7830
7810 FI=VK(C2(C))-TK(C1(C))
7820 IF FI>FS THEN FS=FI
7830 IF MK(C2(C))=0 THEN 7930
7840 IF VK(C1(C))=0 THEN 7870
7850 FI=MK(C2(C))-VK(C1(C))
7860 IF FI>FS THEN FS=FI
7870 IF MK(C1(C))=0 THEN 7900
7880 FI=MK(C2(C))-MK(C1(C))
7890 IF FI>FS THEN FS=FI
7900 IF TK(C1(C))=0 THEN 7930
7910 FI=MK(C2(C))-TK(C1(C))
7920 IF FI>FS THEN FS=FI
7930 IF TK(C2(C))=0 THEN 8030
7940 IF VK(C1(C))=0 THEN 7970
7950 FI=TK(C2(C))-VK(C1(C))
7960 IF FI>FS THEN FS=FI
7970 IF MK(C1(C))=0 THEN 8000
7980 FI=TK(C2(C))-MK(C1(C))
7990 IF FI>FS THEN FS=FI
8000 IF TK(C1(C))=0 THEN 8030
8010 FI=TK(C2(C))-TK(C1(C))
8020 IF FI>FS THEN FS=FI
8030 NEXT C
8040 IF FS<3 THEN FS=3
8050 PRINT "FARK=";FS
8060 IB=FS+1
8070 RETURN
```

SONUÇ :

Düzlemine dik yüklü çubuk sistemlerin matris deplaşman metoduyla statik analizi için geliştilen bilgisayar programı denenmiş ve çözülen 5 örneğin sonuçları kaynaklarda ki sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Sonuçların birbirine çok yakın olduğu görülmüştür.

1. Örnek kaynak [1] shf. 116-118
2. Örnek kaynak [2] C.2, shf. 157-162
   kaynak [5] shf. 88-89
4. Örnek kaynak [2] C.2, shf. 378-381
5. Örnek kaynak [1] shf. 226

Bu karşılaştırmalarla bilgisayar programının doğru neticeleri verdiği ve kullanılabilir olduğu ispatlanmıştır.

Stifnes metodu matris deplasman metodlarından en kullanışlısı ve programlamaya elverislisi olduğu görülmüştür.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

[1] TEZCAN S.S. : "Çubuk Sistemlerin Elektronik Hesap Makinaları ile Çözümü". İ.T.Ü 1970

[2] ÇAKIROĞLU, A. ÖZDEN, E. ÖZMEN, G. : "Yapı Sistemlerinin Hesabında Matris Metodları. I-II" İ.T.Ü 1970

[3] CELASUN, H.S. : "Yapı Sistemleri Matris Analizi ve Sonlu Elemanlar Metodu" E.D.M.M.A. 1976

[4] GÖĞUS, İ. : "Yapı Sistemlerinin Hesabında Matris Metodları I-II Ders Notlari" Y.Ü Y.U. 1985

[5] DÜNDAR, C. KIRAL, E. MENGİ, Y. : "Yapı Mekaniğinde Bilgisayar Programları" T.M.M.O 1986

[6] TEZCAN, S.S. : "Iskara Kirişli Sistemlerin Genel Çözümü" Doktora Tezi İ.T.Ü 1960

[7] EPİR, B. AKTAS, Z. : "Elektronik Hesaplayıcılarla Programlama ve Uygulama" O.D.T.Ü 1973

[8] KARAKOC, M. : "Muhendislik ve Matematikte Basic ile Akis Diyagramlı 90 Program" T.K.Y.1986

[9] GIBSIN, J.E. : "Computing in Stuructural Enginering Applied Science, 1975.

[10] Mc GUIRE, W. GALLAGHER, R.H : "Matrix Stuructural Analysis" J.Wiley 1979.

[11] MARTIN, H. : "Introduction To Matrix Method of Stuructural Analysis" Mc Graw. 1966