

土建工程实用计算程序选编

江见鲸 宋昆仑 傅德炫 编

地质出版社

1992

前 言

随着我国国民经济和科学技术的发展,微型计算机技术得到推广与应用。广大土建工程技术人员迫切希望能有一本简明扼要而实用的土建工程程序集。为此,我们收集、整理、编写了此书,希望能对广大土建工程技术人员学习和使用计算机有所裨益。

为了广大读者易学易用,本书在编写过程中突出了以下几点:

(1) 每一个程序均独立成篇,有功能说明、原理与使用方法简介,并附有应用例题和程序全文。

(2) 全书共有 38 个程序,分为五章,包括土建工程中常用的三个方面问题的程序计算:建筑结构物动、静力分析,钢筋混凝土构件按《混凝土结构设计规范(GBJ10-89)》的配筋计算,土力学与地基基础工程结构的计算,可解决土木工程建设中常遇到的计算问题。

(3) 所有程序均用 FORTRAN 语言编写。读者如需要计算较为复杂的问题,可用本书所附的计算公式与源程序自行组合成所需要的程序。

(4) 考虑到汉字在计算机上的应用已经普及,书中所列程序的输出、输入部分用汉字表达,它可在 CCDOS 系统支持下运行。当然,熟悉英文的读者若将这部分内容改为英文,程序仍可运行。

本书所附程序全部在 IBM 及长城机上调试通过,并有软件可供复制。读者如需要复制或移植,可与我们联系。

由于水平有限,书中难免有不足之处,恳请读者及有关专家惠予指正。

编 者

1991 年于清华园

(京)新登字 095 号

内 容 提 要

本书共收集土木建筑工程中常用的计算程序 38 个,分为五章,包括结构静力分析、结构动力分析、平面问题有限元分析、钢筋混凝土构件按《混凝土结构设计规范》(GBJ10-89)的计算、土力学与基础工程的计算。

所有程序均用 FORTRAN 语言编写,每个程序独立成篇,有功能说明、原理简介和使用方法,并给出了所有程序的源程序和算例。

土木工程实用计算程序选编

江见鲸 宋昆仑 傅德炫 编

责任编辑:王伟

*

北京出版社出版

北京民族学院南路 9 号

北京丰台中华印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

全国各地新华书店经售

*

787×1092 1/16 25 印张 640 千字

1992 年 11 月第一版 1992 年 11 月第一次印刷

印数 0001 ~ 5000

ISBN 7-5028-0631-8/TU·54

(1022) 定价: 18.00 元

目 录

第一章 结构静力分析程序	(1)
第一节 单跨梁和连续梁的内力计算	(1)
第二节 平面桁架的内力计算	(9)
第三节 空间桁架的内力计算	(16)
第四节 平面刚架的内力计算	(22)
第五节 空间刚架的内力计算	(27)
第六节 井字梁结构的内力计算	(40)
第二章 结构动力与稳定分析程序	(47)
第一节 平面桁架的自由振动	(47)
第二节 平面刚架的自由振动	(53)
第三节 空间桁架的自由振动	(57)
第四节 单自由度体系的弹性动力反应	(61)
第五节 多层刚架的地震荷载计算	(66)
第六节 压杆稳定计算	(71)
第三章 弹性力学有限元分析程序	(75)
第一节 平面问题有限元网格自动剖分	(75)
第二节 带宽极小化算法	(85)
第三节 平面问题有限元分析 (三角形单元)	(90)
第四节 平面问题有限元分析 (四结点等参元)	(95)
第五节 轴对称壳的应力分析	(102)
第四章 钢筋混凝土构件计算	(109)
第一节 截面面积与惯性矩的计算	(109)
第二节 单筋矩形截面受弯构件正截面配筋计算	(113)
第三节 双筋矩形截面受弯构件正截面配筋计算	(117)
第四节 T形截面受弯构件配筋计算	(121)
第五节 矩形、T形截面受弯构件斜截面抗剪计算	(125)
第六节 矩形截面纯扭、压扭构件配筋计算	(128)
第七节 矩形截面弯剪扭构件计算	(131)
第八节 T形和I形截面弯剪扭构件计算	(134)

第九节	受弯构件裂缝宽度计算	(136)
第十节	受弯构件的挠度计算	(138)
第十一节	中心受压构件配筋计算	(141)
第十二节	矩形截面对称配筋偏心受压构件计算	(143)
第十三节	矩形截面不对称配筋偏心受压构件计算	(146)
第十四节	对称配筋I形截面偏心受压构件计算	(151)
第五章	土力学与地基基础工程问题计算	(154)
第一节	锚定板桩墙计算	(157)
第二节	单向渗流固结计算	(161)
第三节	弹性地基梁计算	(166)
第四节	侧向受力板桩计算	(175)
第五节	平面渗流	(181)
第六节	边坡稳定计算(一)(简化毕肖甫法)	(187)
第七节	边坡稳定计算(二)(卡特法)	(192)

附录：源程序

一、结构静力分析程序	(201)
程序 1	单跨梁和连续梁的内力计算(CBEAM) (201)
程序 2	平面桁架的内力计算(TRUS2) (208)
程序 3	空间桁架的内力计算(TRUS3) (212)
程序 4	平面刚架的内力计算(FRAM2) (217)
程序 5	空间刚架的内力计算(FRAM3) (225)
程序 6	井字梁结构的内力计算(GRIL) (233)
二、结构动力与稳定分析程序	(241)
程序 1	平面桁架的自由振动(DTRUS2) (241)
程序 2	平面刚架的自由振动(DFRAM2) (248)
程序 3	空间桁架的自由振动(DTRUS3) (254)
程序 4	单自由体系体系的弹性动力反应(EPDS1) (259)
程序 5	多层刚架的地震荷载计算(JDSS) (262)
程序 6	压杆稳定计算(BUCKA) (265)
三、弹性力学有限元分析程序	(271)
程序 1	平面问题有限元网格自动剖分(MESH) (271)
程序 2	带宽极小化算法(MINB) (280)

程序 3	平面问题有限元分析 (三角形单元) (AS)	(283)
程序 4	平面问题有限元分析 (四结点等参元) (FEMP4)	(292)
程序 5	轴对称壳的应力分析 (AXSHEL)	(302)
四、钢筋混凝土构件计算		(308)
程序 1	截面面积与惯性矩的计算 (AJS)	(308)
程序 2	单筋矩形截面受弯构件正截面配筋计算 (RCM1)	(310)
程序 3	双筋矩形截面受弯构件正截面配筋计算 (RCM2)	(315)
程序 4	T形截面受弯构件配筋计算 (RCMT)	(318)
程序 5	矩形、T形截面受弯构件斜截面抗剪计算 (RCLQ)	(320)
程序 6	矩形截面纯扭、压扭构件配筋计算 (RCTT)	(325)
程序 7	矩形截面弯剪扭构件计算 (RCTMV1)	(328)
程序 8	T形和 I形截面弯剪扭构件计算 (RCTMV2)	(331)
程序 9	受弯构件裂缝宽度计算 (RCFW)	(336)
程序 10	受弯构件的挠度计算 (RCLD)	(338)
程序 11	中心受压构件配筋计算 (RCZ1)	(340)
程序 12	矩形截面对称配筋偏心受压构件计算 (RCZ2)	(345)
程序 13	矩形截面不对称配筋偏心受压构件计算 (RCZ3)	(349)
程序 14	对称配筋 I形截面偏心受压构件计算 (RCZ4)	(352)
五、土力学与地基基础工程问题计算		(355)
程序 1	锚定板桩墙计算 (PILE)	(355)
程序 2	单向渗流固结计算 (ODC)	(358)
程序 3	弹性地基梁计算 (ELAB)	(359)
程序 4	侧向受力板桩计算 (LPILE)	(364)
程序 5	平面渗流 (FLOW)	(368)
程序 6	边坡稳定计算 (一) (简化毕肖甫法) (BISHOP)	(373)
程序 7	边坡稳定计算 (二) (卡特法) (CATTER)	(377)

第一章 结构静力分析程序

结构静力分析的基本方法有两种：力法与位移法。用电子计算机分析结构时，需将力法与位移法的方程写成矩阵形式，因而又称为矩阵力法和矩阵位移法，统称结构矩阵分析。矩阵位移法的基本结构是固定的，便于编写统一的计算机程序，因而在结构分析的计算机方法中，矩阵位移法应用更为广泛。本章所列结构分析的程序都是根据矩阵位移法编制的。

用矩阵位移法分析结构时，主要的分析步骤如下：

- (1) 输入原始数据，如杆件的长度、截面的几何性质、材料的弹性常数、荷载形式与大小、支承条件等；
- (2) 将结构离散化，即把整体结构拆开，分成有限个杆件单元，单元与单元之间以共同的结点相联结。然后，对每一单元计算其单元刚度矩阵；
- (3) 将单元刚度矩阵集合成整体刚度矩阵；
- (4) 计算荷载列阵，形成位移法方程右端的常数项向量；
- (5) 引入支承条件，修改位移法方程；
- (6) 求解位移法方程，求出结点位移；
- (7) 计算杆件内力；
- (8) 输出计算结果。

对于各种不同的结构形式，上述分析步骤均适用，并且除单元刚度矩阵的计算随结构形式而不同以外，其他步骤是非常相似，甚至是完全相同的。这一特点非常有利于程序的编写。本章收集了六种常用结构的计算程序。在第一个程序中，我们将较详细地按上述步骤进行说明，而在随后的几个程序中，则将重点说明单元刚度矩阵的计算。

第一节 单跨梁和连续梁的内力计算

一、功能

本程序用于计算各种连续梁的结点位移和杆端弯矩。各跨梁的截面可以不同，作用在梁上的荷载可以有不同的形式，如集中荷载、分布荷载等。单跨梁作为跨数等于1的连续梁，也可用本程序计算。但应注意，计算中梁的分段不一定是梁的自然跨，可以根据截面、荷载的变化情况，适当增加梁的分段数。

二、方法简介

程序采用矩阵位移法编写。

1. 梁的单元刚度矩阵

设有单跨梁如图 1-1 所示，两端结点编号为 1、2。由结构力学可知，当杆端有角位移 θ_1 、 θ_2 ，相对线位移 Δ 时，则由此而产生的杆端弯矩为

$$\left. \begin{aligned} M_1 &= \frac{4EI}{l} \theta_1 + \frac{2EI}{l} \theta_2 - \frac{6EI}{l^2} \Delta \\ M_2 &= \frac{2EI}{l} \theta_1 + \frac{4EI}{l} \theta_2 - \frac{6EI}{l^2} \Delta \end{aligned} \right\} \quad (1-1)$$

杆端剪力可由平衡条件求得:

$$\left. \begin{aligned} Q_1 &= -\frac{6EI}{l^2} \theta_1 - \frac{6EI}{l^2} \theta_2 + \frac{12EI}{l^3} \Delta \\ Q_2 &= \frac{6EI}{l^2} \theta_1 + \frac{6EI}{l^2} \theta_2 - \frac{12EI}{l^3} \Delta \end{aligned} \right\} \quad (1-2)$$

式中 E ——杆件材料弹性模量;

I ——杆件截面惯性矩;

l ——杆件长度。

在结构矩阵分析中, 应将式(1-1)、(1-2)合并写成矩阵形式。常取结点位移 (即杆端位移):

$$\{\delta\}^e = \{v_1 \ \theta_1 \ v_2 \ \theta_2\}^T \quad (1-3)$$

取杆端力(F)义杆端力, 包括杆端弯矩:

$$\{F\}^e = \{Q_1 \ M_1 \ Q_2 \ M_2\}^T$$

注意到杆端相对位移 $\Delta = v_1 - v_2$, 则杆端力与杆端位移的关系可表达为

$$\begin{Bmatrix} Q_1 \\ M_1 \\ \hline Q_2 \\ M_2 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{12EI}{l^3} & -\frac{6EI}{l^2} & -\frac{12EI}{l^3} & -\frac{6EI}{l^2} \\ -\frac{6EI}{l^2} & \frac{4EI}{l} & \frac{6EI}{l^2} & \frac{2EI}{l} \\ \hline -\frac{12EI}{l^3} & \frac{6EI}{l^2} & \frac{12EI}{l^3} & \frac{6EI}{l^2} \\ -\frac{6EI}{l^2} & \frac{2EI}{l} & \frac{6EI}{l^2} & \frac{4EI}{l} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} v_1 \\ \theta_1 \\ \hline v_2 \\ \theta_2 \end{Bmatrix} \quad (1-4)$$

或简写为

$$\{F\}^e = [K]^e \{\delta\}^e \quad (1-5)$$

式中 $[K]^e$ ——杆件的单元刚度矩阵,

$$[K]^e = \begin{bmatrix} \frac{12EI}{l^3} & -\frac{6EI}{l^2} & -\frac{12EI}{l^3} & -\frac{6EI}{l^2} \\ -\frac{6EI}{l^2} & \frac{4EI}{l} & \frac{6EI}{l^2} & \frac{2EI}{l} \\ -\frac{12EI}{l^3} & \frac{6EI}{l^2} & \frac{12EI}{l^3} & \frac{6EI}{l^2} \\ -\frac{6EI}{l^2} & \frac{2EI}{l} & \frac{6EI}{l^2} & \frac{4EI}{l} \end{bmatrix} \quad (1-6)$$

$\{F\}^e$ ——杆端力, 在结构矩阵分析中称作结点力;

$\{\delta\}^e$ ——杆端位移, 在结构矩阵分析中称作结点位移。

2. 整体刚度矩阵

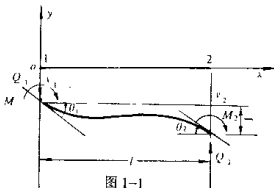


图 1-1

整体刚度矩阵是由单元刚度矩阵集合而得，它包括两个主要步骤，首先将单元刚度矩阵扩大，更换结点编码，形成扩大的单元刚度矩阵(也称为贡献矩阵)，然后将扩大的刚度矩阵集成成整体刚度矩阵。

在连续梁分析中，忽略了梁的轴向变形，不计梁的轴向位移，因而每一个结点只有两个位移自由度。一个杆件有两个结点，共有四个位移自由度，所以单元刚度矩阵是 4×4 阶的，如式(1-6)。若连续梁由 NL 个杆件组成，则它将有 $NN = NL + 1$ 个结点，共有 $N2 = 2 \times NN$ 个位移(包括线位移与角位移)。为了集整体刚度矩阵，需要找出同一结点位移在单元刚度矩阵中的位置与在整体刚度矩阵中的位置之间的对应关系。设某一杆的两端节点号为 i, j ，因每一结点有两个位移自由度，可以推得这两个结点位移在整体刚度矩阵中的位置在 $2i-1, 2i, 2j-1, 2j$ 的有关行、列中。对于单元刚度矩阵，只有两个结点，四个位移自由度，不论起始、终止结点号如何变化，其单元刚度矩阵总是如式(1-6)所示，有四行四列。这样，便可找到两者的对应关系，如图1-2所示。例如，某 ij 杆，单元刚度矩阵中的第2行第3列元素应该放在整体刚度矩阵中的第 $2i$ 行、第 $2j-1$ 列中去，余可类推。如不同杆件的单元刚度矩阵元素要放到整体刚度矩阵中的同一位置中，则应把这些元素进行叠加。

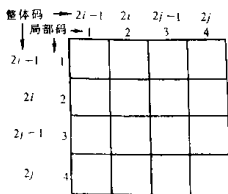


图 1-2

从集合过程可以看出，对应于每个结点位移的刚度元素，只与和这一结点相连接点的杆件的单元刚度有关，与不相连结的杆件无关。整体刚度矩阵的元素集中在主对角线附近，呈带状分布。从主对角元素到左边(或右边)最后一个非零元素的宽度称为半带宽，其中宽度最大的称为最大半带宽。在连续梁结构中最大半带宽为4。

3. 等效结点荷载

对于梁单元来说，等效结点荷载就是梁在外荷载作用下产生的固端力和固端力矩。这在结构力学教材中有详细的说明，这里仅列出在编写程序时用到的一些计算公式。

注意，这里未曾列入跨中有集中荷载及其他更复杂的荷载形式。遇到这种情况时，建议将梁段分得小一些，使它符合程序中所取的荷载条件。

4. 支承条件的处理

未经引入支承条件时，刚度矩阵是奇异的。从力学角度来看，这是由于没有支承的结构可以产生刚体位移，因而在一定的荷载作用下无法确定其位移的大小。若梁在支承处的位移为零或为其他非零的已知值时，应对整体位移法方程进行修改。修改刚度方程通常有两种方法：“化零置1法”和“乘大数法”。

(1)“化零置1法”。如已知某一位移 $v_i=0$ ，则将刚度矩阵中的 i 行、 i 列中的元素化为

零, 将 i 行中第 i 个元素(对角元素)置 1, 同时将相应的荷载项 P_i 取为零。即修改为(只列出修改的行和列):

$$i \text{ 行} \rightarrow \left[\begin{array}{cccccccc} & 0 & & & & & & \\ & 0 & & & & & & \\ & 0 & & & & & & \\ & 0 & & & & & & \\ & \vdots & & & & & & \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 1 & 0 & \cdots & 0 \\ & 0 & & & & & & \\ & \vdots & & & & & & \\ & 0 & & & & & & \\ & \vdots & & & & & & \\ & 0 & & & & & & \end{array} \right] \left\{ \begin{array}{c} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ v_4 \\ \vdots \\ v_i \\ \vdots \\ v_{i-1} \\ \vdots \\ v_n \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{c} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \\ P_4 \\ \vdots \\ 0 \\ \vdots \\ P_{i+1} \\ \vdots \\ P_n \end{array} \right\} \quad (1-7)$$

i 列

显然, 位移法方程组中的第 i 个方程变为

$$v_i = 0 \quad (1-8)$$

满足了支承条件。

(2)“乘大数法”。若某一结点位移 $v_i = \Delta$ 为已知, 为了满足已知条件, 我们将 i 行中 i 列元素乘上一个很大的数 A , 例如 10^{12} , 并将相应的荷载项取 $Ak_{ii}\Delta$, 第 i 个方程简化为

$$k_{i1}v_1 + k_{i2}v_2 + \cdots + Ak_{ii}v_i + \cdots + k_{in}v_n = Ak_{ii}\Delta \quad (1-9)$$

方程式(1-9)中, 因不包含 A 的各项系数与 Ak_{ii} 相比都很小, 可以忽略不计。因而方程式(1-9)与下列方程的解很接近:

$$Ak_{ii}v_i = Ak_{ii}\Delta \quad (1-10)$$

即满足了 $v_i = \Delta$ 的条件。当 $\Delta = 0$ 时, 显然有 $v_i = 0$, 因而不论支承处位移为零或为某一已知值, 这一方法均可作统一处理。

5. 解方程

程序中采用半带存储消去法, 这是在结构矩阵分析中应用很广的一种解方程的方法, 具体计算在程序中可看出, 这里不再详述。

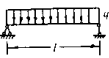

6. 杆端弯矩计算

由刚度方程解出结点位移以后, 可由式(1-1)求得由结点位移产生的杆端弯矩, 叠加上由荷载产生的杆端弯矩, 即得总的杆端弯矩。具体计算式为

$$M_1 = \begin{bmatrix} -\frac{6EI}{l^2} & \frac{4EI}{l} & \frac{6EI}{l^2} & \frac{2EI}{l} \end{bmatrix} \left\{ \begin{array}{c} v_1 \\ v_2 \\ \theta_1 \\ \theta_2 \end{array} \right\} + M_1^0$$
$$M_2 = \begin{bmatrix} -\frac{6EI}{l^2} & \frac{2EI}{l} & \frac{6EI}{l^2} & \frac{4EI}{l} \end{bmatrix} \left\{ \begin{array}{c} v_1 \\ v_2 \\ \theta_1 \\ \theta_2 \end{array} \right\} + M_2^0 \quad (1-11)$$

式中 M_1^0 , M_2^0 ——荷载产生的杆端弯矩, 可按表 1-1 中的相应公式计算, 下标 1 表示该杆的始端结点号, 2 表示终端的结点号。

表 1-1

荷载形式	固端剪力		固端弯矩	
	Q_1^0	Q_2^0	M_1^0	M_2^0
	$\frac{1}{2} ql$	$\frac{1}{2} ql$	$-\frac{1}{12} ql^2$	$\frac{1}{12} ql^2$
	$\frac{3}{20} ql$	$\frac{7}{20} ql$	$-\frac{1}{30} ql^2$	$\frac{1}{20} ql^2$

三、使用说明

1. 主要变量与数组说明

LS	杆件单元数;
NF	支承约束数;
NC	集中荷载数;
E	弹性模量;
NL	分布荷载类型指示, NL=0 为均布荷载; NL≠0 为任意线分布荷载;
SA	单元截面惯性矩;
XL	杆件单元长度;
UD	单元上均布荷载值, 向上作用为正;
WA, WB	线分布荷载左右两端的集度(图 1-3);
AL	WA 距左结点的距离(图 1-3);

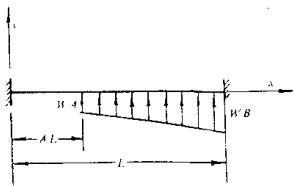


图 1-3

NS	二维整型数组, 存支座约束信息, 第 1 列存被支承的结点号, 第 2 列指示被约束的性质: 1 表示竖向位移为零, 2 表示转角等于零;
JOD	二维整型数组, 存集中荷载信息, 第 1 列存有集中荷载作用的结点号, 第 2 列指示集中荷载的性质: 1 表示集中力, 2 表示集中力矩;

- QC 存相应的集中荷载值;
 A 二维数组, 存刚度矩阵系数;
 C 一维数组, 开始存荷载向量, 计算结束后存结点位移向量;
 ST 二维数组, 存单元刚度矩阵系数。

2. 数据输入

按下列次序输入数据:

- (1) 输入 LS, NF, NC;
- (2) 输入 NS(I, 1), NS(I, 2), I=1, NF;
- (3) 输入 E, NL;
- (4) 若 NL=0
 输入 SA(I), XL(I), UD(I), I=1, LS;
 若 NL≠0
 输入 SA(I), XL(I), WA(I), WB(I), AL(I), I=1, LS;
- (5) 若 NC≠0
 输入 JOD(I, 1), JOD(I, 2), QC(I), I=1, NC。

数据输入有两种方法可供选择:

(1) 利用数据文件。将输入数据按上述次序存于数据文件中, 运行时直接从该数据文件中取数。

(2) 在屏幕提示下用键盘输入。运行时, 屏幕将提示所需输入的数据, 用键盘直接输入并存于所建立的数据文件中。

两种输入数据方式的具体操作见例题。

3. 计算结果输出

计算结果输出分为两大部分。第一部分为输入数据的输出, 供用户核对输入数据是否正确; 第二部分为计算结果, 有两组量: 结点位移和杆端弯矩, 其中结点转角以顺时针为正, 杆端弯矩以使梁的上边缘受拉为正。

四、计算例题

[例 1-1] 已知单跨梁受荷载如图 1-4 所示, 求固定端与集中荷载作用点处的弯矩。

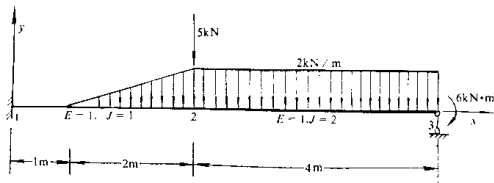


图 1-4

因梁上有集中力作用，为求得集中荷载作用点处的弯矩，将梁分为两个单元，结点 2 置于集中荷载作用处(图 1-4)。因只要求内力，杆件材质均匀，计算中取 $E=1.0$ 。

输入数据为

```
2,3,2
1,1,1,2,3,1
1,1
1,3,0,-2,1
2,4,-2,-2,0
2,1,-5,3,2,6
```

数据可用数据文件输入，本例将上述数据存于 CBEAM.DAT 文件中，运行时只需输入数据文件名即可。另一种方式是在屏幕提示下用键盘输入。两种数据输入方法的操作过程分别说明如下：

(1) 用数据文件输入：

```
C:\CBEAM<回车>>
```

```
      单跨梁或连续梁内力计算程序
      ( CBEAM 1.0 )
```

现在开始使用本程序，请按下列提示进行([] 内的内容为隐含值，
凡是选择与隐含值相同的，按<<回车>>键即可)

```
已有原始数据文件(Y--已有 N--没有)吗?[Y]:<<回车>>
输入已有数据文件名[CBEAM.DAT ]:<<回车>>
正在解方程，请稍候！
正常结束 计算结果存在 CBEAM.OUT 中
再见！
```

```
C:\TYPE CBEAM.OUT<<回车>>
```

输出数据如下：

一、输入数据部份：

杆件单元数	支承约束数	集中荷载数
2	3	2

结点约束信息(1--竖向约束 2--转角约束)

支承结点号	约束性质
1	1
1	2
3	1

弹性模量E= .100000E+01

分布荷载类型NL= 1 (0--均布荷载 >0--任意线性分布荷载)

单元信息

单元号	截面惯性矩	杆件长度	左端线荷载	右端线荷载	荷载左端至左结点距离
(1)	1.	3.000	.000	-2.000	1.000
(2)	2.	4.000	-2.000	-2.000	.000

集中荷载信息

荷载作用点号	荷载类型(1--P 2--M)	荷载值
2	1	-5.000
3	2	6.000

二. 计算结果部份:

各结点位移:

结点号	竖向位移	转角
1	.00000	.00000
2	-18.82165	2.05027
3	.00000	-6.34159

杆端弯矩:

单元号	结点号	剪力	弯矩
1	1	-8.584	11.314
1	2	-8.584	-9.059
2	2	7.765	-9.058
2	3	-235	6.000

(2) 按屏幕提示用键盘输入:

注意, 方括号[]内的数据为已有数据, 若不要修改, 按回车键即可; 若要修改, 可直接键入所需数据, 然后按回车键, 这样原有数据即被新数据所替代。

C>CBEAM<<回车>>

单跨梁或连续梁内力计算程序

(CBEAM 1.0)

现在开始使用本程序, 请按下列提示进行([] 内的内容为隐含值。

凡是选择与隐含值相同的, 按<<回车>>键即可)

已有原始数据文件(Y--已有 N--没有)吗?[Y]:N<<回车>>

注意: 按<<回车>>键后, 将破坏同名数据文件!!!!!!

输入存放数据文件名[CBEAM.DAT]:GBEAM.DAT

杆件单元数, 支承约束数, 集中荷载数[2, 3, 2]:<<回车>>

输入结点约束信息(1--竖向约束, 2--转角约束)

第 1 行: 支承结点号, 约束性质[1, 1]:<<回车>>

第 2 行: 支承结点号, 约束性质[2, 1]:<<回车>>

第 3 行: 支承结点号, 约束性质[3, 1]:<<回车>>

弹性模量, 分布荷载类型(0--均布荷载 >0--任意线性分布荷载)[.100000E+01, 0]:1, 1:<<回车>>

输入单元信息:

第 1 单元: 截面惯性矩, 杆件长度 左端线荷载, 右端线荷载, 荷载左端至左结点距离

[1., 8.000, 1.000, -2.000, 1.000]:1, 3, 0:<<回车>>

第 2 单元: 截面惯性矩, 杆件长度 左端线荷载, 右端线荷载, 荷载左端至左结点距离

[1., 8.000, 1.000, -2.000, 1.000]:2, 4, -2, -2, 0:<<回车>>

输入荷载信息:

第 1 行: 荷载作用点号, 荷载类型(1--P 2--M), 荷载值(1, 1, 1.000)3.3, 1, 3, ... 列车 ...

第 2 行: 荷载作用点号, 荷载类型(1--P 2--M), 荷载值(2, 1, 1.000)3.2, 8, ... 列车 ...

正常结束 计算结果存在 CBEAM.OUT 中

再见!

输出结果与前相同, 这里不再重复。

[例 1-2] 不等跨连续梁荷载与支承情况如图 1-5 所示。已知 $I=1 \times 10^{-7} \text{m}^4$, $E=2 \times 10^8 \text{kN/m}^2$, 求各跨的杆端弯矩。

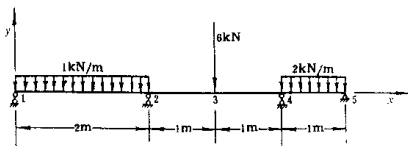


图 1-5

将梁分为四个单元, 输入数据为

4, 4, 1

1, 1, 2, 1, 4, 1, 5, 1

2.E8, 0

1.E7, 2.0, -1

1.E7, 1.0, 0.

1.E7, 1.0, 0.

1.E7, 1.0, -2

3, 1, -6.0

用数据文件输入或在屏幕提示下输入的操作运行情况与[例 1-1]类似, 为节省篇幅, 不再重复。

计算结果输出:

$$M_{12}=0.0$$

$$M_{21}=M_{23}=1.068$$

$$M_{32}=M_{34}=-1.852$$

$$M_{43}=M_{45}=1.227$$

$$M_{54}=0.0$$

第二节 平面桁架的内力计算

一、功 能

本程序用于求解平面铰接桁架的结点位移和杆件内力。桁架各杆的截面面积 A 和弹性模量 E 可以是不同的。

二、方法简介

因除单元刚度矩阵以外，其他计算步骤与上一节是相同的，故本节只介绍桁架杆件单元
的单元刚度矩阵。

1. 局部坐标系中的单元刚度矩阵

所谓局部坐标系是建立在杆件单元上的，以杆轴方向为x方向(图1-6)。

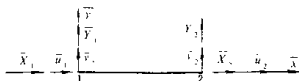


图1-6

因桁架杆件只受轴向力，由结构力学很容易求得杆端力与杆端位移之间的关系为

$$\left. \begin{aligned} \bar{X}_1 &= \frac{AE}{l}(\bar{u}_1 - \bar{u}_2) \\ \bar{X}_2 &= \frac{AE}{l}(-\bar{u}_1 + \bar{u}_2) \end{aligned} \right\} \quad (1-12)$$

式中 \bar{X}_1, \bar{X}_2 ——杆端1、2的杆端力；

\bar{u}_1, \bar{u}_2 ——杆端1、2的杆端位移。

式(1-12)写成矩阵形式为

$$\left\{ \begin{array}{c} \bar{X}_1 \\ \bar{X}_2 \end{array} \right\} = \begin{bmatrix} \frac{AE}{l} & -\frac{AE}{l} \\ -\frac{AE}{l} & \frac{AE}{l} \end{bmatrix} \left\{ \begin{array}{c} \bar{u}_1 \\ \bar{u}_2 \end{array} \right\} \quad (1-13)$$

一般情况下，桁架杆件不一定处于水平位置，这样每一个结点就有两个位移分量：垂直位移分量 \bar{v} 与水平位移分量 \bar{u} ；杆端力也有两个分量：垂直分力 \bar{Y} 与水平分力 \bar{X} 。为了便于将局部坐标系中的刚度矩阵转换到整体坐标系中去，我们将式(1-13)写成扩展的形式：

$$\left\{ \begin{array}{c} \bar{X}_1 \\ \bar{Y}_1 \\ \bar{X}_2 \\ \bar{Y}_2 \end{array} \right\} = \begin{bmatrix} \frac{AE}{l} & 0 & -\frac{AE}{l} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{AE}{l} & 0 & \frac{AE}{l} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \left\{ \begin{array}{c} u_1 \\ v_1 \\ u_2 \\ v_2 \end{array} \right\} \quad (1-14)$$

或简写为

$$\{\bar{F}\}^e = [\bar{K}]^e \{\bar{\delta}\}^e \quad (1-15)$$

式中 $\{\bar{F}\}^e$ ——杆端力或称结点力；

$\{\bar{\delta}\}^e$ ——结点位移；

$[\bar{K}]^e$ ——局部坐标系中的单元刚度矩阵。

2. 整体坐标系下的单元刚度矩阵

所谓整体坐标系，又称结构坐标系，是按整个结构建立的，对每一杆均适用。设有一杆

单元 ij ，杆轴对整体坐标系的倾角为 θ 。若取 $\bar{X}_i, \bar{X}_j, \bar{Y}_i, \bar{Y}_j$ 表示局部坐标系中的结点力分量， X_i, X_j, Y_i, Y_j 表示整体坐标系中的结点力分量。由图1-7可知，在不同坐标系下，同一杆件单元的结点力有如下转换关系：

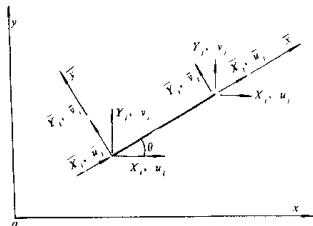


图1-7

$$\begin{Bmatrix} \bar{X}_i \\ \bar{Y}_i \\ \bar{X}_j \\ \bar{Y}_j \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} C_x & C_y & 0 & 0 \\ -C_y & C_x & 0 & 0 \\ 0 & 0 & C_x & C_y \\ 0 & 0 & -C_y & C_x \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} X_i \\ Y_i \\ X_j \\ Y_j \end{Bmatrix} \quad (1-16)$$

式中 $C_x = \cos\theta = (x_j - x_i) / l$;

$C_y = \sin\theta = (y_j - y_i) / l$ 。

x_i, y_i 与 x_j, y_j 分别为单元杆结点 i, j 在整体坐标系中的坐标值， l 为杆的长度。

式(1-16)可以简写为

$$\{\bar{F}\}^e = [R] \{F\}^e \quad (1-17)$$

式中 $[R]$ ——坐标转换矩阵，

$$[R] = \begin{bmatrix} C_x & C_y & 0 & 0 \\ -C_y & C_x & 0 & 0 \\ 0 & 0 & C_x & C_y \\ 0 & 0 & -C_y & C_x \end{bmatrix} \quad (1-18)$$

容易验证这是一个正交矩阵。

同样，若取 $\bar{u}_i, \bar{u}_j, \bar{v}_i, \bar{v}_j$ 表示在局部坐标系中的结点位移， u_i, u_j, v_i, v_j 表示在整体坐标系中的结点位移，则同一杆件单元的结点位移在不同坐标系下有如下的转换关系：

$$\begin{Bmatrix} \bar{u}_i \\ \bar{v}_i \\ \bar{u}_j \\ \bar{v}_j \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} C_x & C_y & 0 & 0 \\ -C_y & C_x & 0 & 0 \\ 0 & 0 & C_x & C_y \\ 0 & 0 & -C_y & C_x \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_i \\ v_i \\ u_j \\ v_j \end{Bmatrix} \quad (1-19)$$

或简写为

$$\{\bar{\delta}\}^e = [R] \{\delta\}^e \quad (1-20)$$