

有限单元法数据生成器

王 可 钧

提 要

本文介绍有限单元法数据生成器采用字符标识的输入数据系统和等参元插值函数的概念,人工准自动或全自动生成实际工程问题二维或三维有限元分析所需要的基本数据,如单元节点号、材料参数、节点坐标、边界条件和荷载信息等等。

这个数据生成器以统一的程序和相同的输入方式来处理规则网格、不规则网格,以及它们的任意组合和各种类型的单元,便于用户的使用。

文中详细描述了数据生成器的工作原理和有关的计算机程序的细节。

一、引 言

在实际工程问题的有限元分析中,用户人时工作量的一大部分花在输入数据的准备工作上。为了减少人工输入的数据量,并尽量避免数据准备工作中可能产生的错误,世界各国的数值分析工作者十分注重发展新方法来生成数值计算所需要的基本数据。自六十年代有限元法正式问世以来,在有关数值分析的国际学术杂志上,几乎每年都有这方面的文章发表。然而,由于实际工程问题复杂的几何组构,在实际上真正效能方便的数据生成器并不多见。

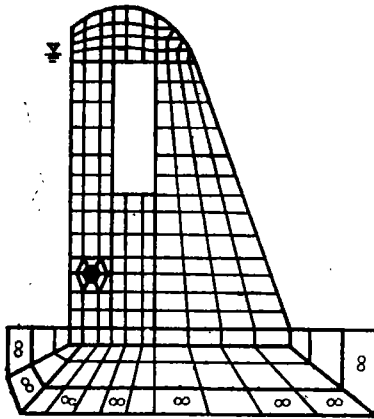
本文采用字符标识的输入数据系统^[1]和等参单元插值函数的概念^[2-4],人工准自动或全自动生成实际工程问题有限元分析所需要的基本数据,如单元节点号、材料参数、节点坐标、边界条件和荷载信息等等。本文介绍的数据生成器以统一的程序和相同的输入方式来处理规则网格、不规则网格,以及它们的任意组合,它适用于二、三维问题中各种类型的单元,并采用新颖的方法尽量减少输入的数据,把出现数据错误的可能性减少到最小程度。

二、工作原理的描述

(一) 计算域网格块元的组构

按照计算域可能利用的几何规则性,将其分成若干大的块元。块元的几何特点同一般二维八节点四边形或三维二十节点六面体等参元。一个块元中所有单元的材料性质及单元类型必须一样。

图1表示一个水工平面课题的网格块元图。上部坝体含四边形单元、三角形单元、裂缝



——块元网格线
——单元网格线

图1 平面问题网格块元示意图

端部四分之一节点单元和过渡单元。下部基础含四边形单元、节理单元以及不同类型的无界单元。总共二百多个单元组成图中粗线圈定的若干块元。对于彼此难以组成块元的单元,如图中右上角的几个不规则单元和裂缝四周的几层单元,也视为块元,只不过这些块元分别仅由一个单元所组成。三角形单元、节理单元,以及它们所组成的块元被看成是挤扁了的四边形块元/单元,其节点编号的输入方式与四边形单元相同,有关公式也可以由四边形单元的公式直接导得。具体不同类型的单元和块元由其相应的标识变量来判别。

图2表示受内压力作用的厚壁圆筒的二维分析课题。图3为同一问题的三维网格块元图。与二维情况类似,在三维问题中,各种非

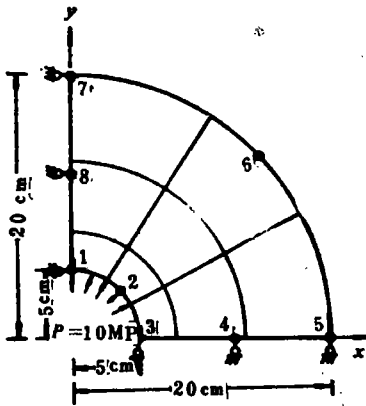


图2 厚壁圆筒二维课题

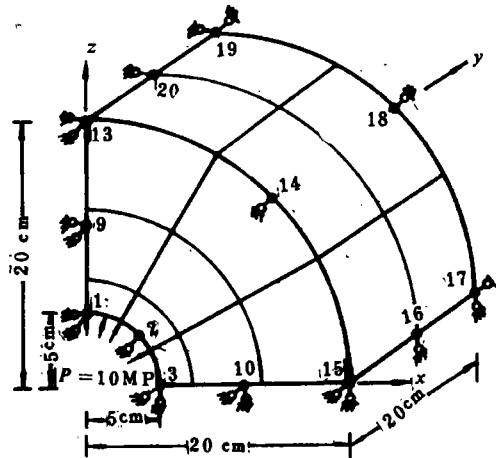


图3 图2对应的三维块元图

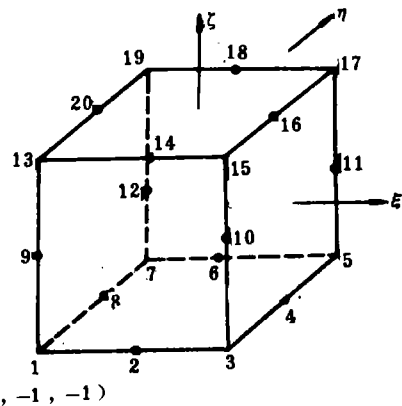
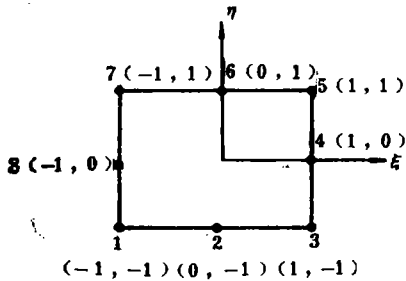


图4 块元/单元节点编号顺序图

六面体的单元均看成是六面体单元的特殊情况。每一个块元由组成该块元的节点号及对应的节点坐标来定义。图2和图3分别为一个块元,它们由组成该块元的八个或二十个节点号及对应的节点坐标所定义。节点号的编号方式与形函数的公式形式有关。本文的编号方式如图4所示,其对应的形函数公式见公式(1)。

为了编制程序的方便,本文把一、二、三维单元的形函数用下面的公式统一起来:

$$\left. \begin{aligned} N_{\text{角点}} &= \frac{1}{8} (1 + \xi_i \xi) (1 + \eta_i \eta) (1 + \zeta_i \zeta) (\xi_i \xi + \eta_i \eta + \zeta_i \zeta - 2) \\ N_{\text{中点}} &= \frac{1}{4} \left[(\eta_i \zeta_i)^2 (1 - \xi^2) (1 + \eta_i \eta) (1 + \zeta_i \zeta) + (\xi_i \zeta_i)^2 (1 - \eta^2) \right. \\ &\quad \left. (1 + \xi_i \xi) (1 + \zeta_i \zeta) + (\xi_i \eta_i)^2 (1 - \zeta^2) (1 + \xi_i \xi) (1 + \eta_i \eta) \right] \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

式中 ξ, η, ζ 为无量纲局部曲线坐标,其值在 ± 1 之间; ξ_i, η_i, ζ_i 为第 i 号节点的局部坐标; $N_{\text{角点}}$ 和 $N_{\text{中点}}$ 分别为单元或块元角点与中点的形函数。取 $\zeta = -1$, 公式(1)即退化为二维单元的形函数,再取 $\eta = -1$, 公式(1)又进而退化为一维单元的形函数。

为了输入数据的方便和生成数据的准确,用户可以任选直角坐标或柱面坐标,程序可把生成的全部节点的坐标值自动转换成直角坐标,如一般程序所具有的功能那样,直线中点或圆弧中点的坐标由程序自动生成。这样,如用柱面坐标输入,图2块元所需要输入的节点坐标值为 $1(5, 90^\circ), 3(5, 0^\circ), 5(20, 0^\circ), 7(20, 90^\circ)$ 。

(二) 块元中单元的形成

每个块元沿 ξ, η, ζ 方向可分成不同尺寸的若干单元,单元尺寸的比率可由三个方向上的加权因子来确定。加权因子只是用来定义特定块元中各单元尺寸间的比率,因此其绝对值的大小是无关紧要的。比如一个块元中沿 ξ 方向有三个单元,单元尺寸沿 ξ 方向的比率是 $1:1.5:2$,它所对应的加权因子可以是10, 15, 20;也可以是2, 3, 4。

对于一个特定的块元,有了各个方向上的单元个数以及相应的加权因子,即可由公式(2)求出单元各节点在该块元中的局部曲线坐标:

$$\left. \begin{aligned} \xi_i &= \xi_{i-1} + \frac{E(W_\xi)_i}{W_\xi^T} \\ \eta_i &= \eta_{i-1} + \frac{E(W_\eta)_i}{W_\eta^T} \\ \zeta_i &= \zeta_{i-1} + \frac{E(W_\zeta)_i}{W_\zeta^T} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

式中 W_ξ, W_η, W_ζ 为单元沿着局部坐标 ξ, η, ζ 方向上的加权因子, $W_\xi^T, W_\eta^T, W_\zeta^T$ 为各个方向上加权因子的总和; E 为单元标识变量,对于四节点平面四边形单元和八节点空间六面体单元, E 值取2,而对于八节点平面四边形单元和二十节点空间六面体单元, E 值取1; i 为某一方向上节点的增量号,如 ξ 方向由左指向右,某一点号为 n ,其左边的节点增量号为 $i-1$,右边的节点增量号为 $i+1$,其本身的节点增量号即为 i 。

知道了单元各个节点在一个特定块元中的局部坐标 (ξ, η, ζ) ,可由公式(3)求出它们的整体坐标 (x, y, z) :

$$\begin{aligned}
 x(\xi, \eta, \zeta) &= \sum_{i=1}^N N_i(\xi, \eta, \zeta) x_i \\
 y(\xi, \eta, \zeta) &= \sum_{i=1}^N N_i(\xi, \eta, \zeta) y_i \\
 z(\xi, \eta, \zeta) &= \sum_{i=1}^N N_i(\xi, \eta, \zeta) z_i
 \end{aligned} \quad (3)$$

式中 i 为特定块元节点的局部编号, 为 $1, 2, 3, \dots, N$; N 为块元的节点数; x_i, y_i, z_i 为块元节点的整体坐标。如选用柱面坐标作为初始输入数据, x 即为矢径, y 和 z 分别为二、三维问题中的极角。

图 5 表示一个典型的二维块元和单元关系图。在一个特定的块元中, 单元节点和单元本身的编号都是先沿 ξ 方向, 再沿 η 方向, 最后沿着 ζ 方向这样一条线一条线和一个面一个面有规律地形成。

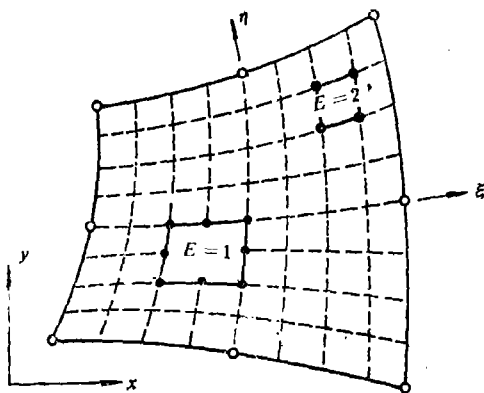


图 5 二维块元和单元关系图

(三) 块元的协调连接

上述划分单元的过程在各个块元中分别进行, 这样在块元交界面上就有不少具有相同坐标的异号节点存在。换言之, 同一个节点由于在相邻块元中分别编号, 就具有多个不同的节点号。在有限元分析中, 一个节点只能有一个节点号, 为了去除多余的节点号, 可以通过比较节点的坐标来实现。如果两个或多个节点具有相同的坐标, 就认为这两个或多个节点实际上是一个节点, 取其小号为该节点号, 而把其余大号去掉, 并调整总的节点数和有关节点号。

对于裂缝和无厚度节理单元两边具有相同坐标的不同节点, 在开始输入原始数据时, 可使它们的坐标具有计算机能识别的微小差异, 比如 0.0001 个单位。这样在进行节点统一协调编号时, 可以保留不同的节点号, 然后由程序把这个人为的微小差异去除掉, 使其恢复本来面目。

为了保证块元交界面的协调匹配, 在确定相邻块元的单元数和加权因子时, 必须注意使它们彼此相容一致。为了保证生成的节点号和单元编号具有较小的带宽和波前宽度, 可取单元总数和节点总数最小的面为块元的 ξ, η 面。

(四) 边界条件的形成

整个计算域边界点的约束条件由各个块元边或棱上的约束条件来确定。因此,每个块元边或棱上的约束条件必须保持一致。

如前所述,一个块元中单元节点的编号是依次沿着 ξ , η , ζ 方向,一条线一条线,一层一层进行的。因此,只要确定一条线或一层面上控制点的边界条件,该线或面上所有节点的边界条件也就确定了。这些控制点就是定义块元的节点。如图2所示,由于对称性的关系,其底部各节点垂直方向受到约束,其左边各节点水平方向受到约束。要实现这一点,只要在输入初始数据时,把底部三个点和左边三个点的约束条件作为初始数据输入,然后程序可据此决定对应边上所生成的全部节点的边界条件。

(五) 荷载信息的形成

在岩土工程问题中,经常碰到的荷载有点荷载、面荷载和体荷载。其中最简单的要算点荷载,只要输入荷载作用点的位置和荷载沿 x , y , z 方向的分量即可按虚功原理算出等效的节点荷载。体荷载的情况也比较简单,只要输入为数很少的特征参数,如热膨胀系数、密度、重力加速度和渗流参数等等,按照有关公式在整个单元上积分,即可求得等效的节点荷载。面荷载的情况比较复杂,按照通常的有限元分析程序,需要输入荷载作用面所在的单元、对应单元面上的节点号、各个节点处面荷载的大小与方向,以及选用的公式标号等等。其中节点号最容易出错,而且不易查找。为了减少输入数据的中间层次,本文采用输入荷载作用面的方法以代替输入节点号。具体来说,输入荷载作用面相对于单元体的局部坐标,如 $\xi = -1$, $\eta = 1$ 等等。由此程序可自动查找荷载作用面的节点号,减少了可能出现错误的环节,这在用卸荷法模拟逐步开挖的有限元分析中给用户带来了很大的方便。本文采用字符标识的输入数据系统,对于垂直于作用面的分布荷载值用字母 Q 标识,否则用 x , y , z 标识其沿三个坐标轴方向的分量。这样程序在输入数据文件的荷载数据里找到字母 Q 即按垂直于作用面的分布荷载的公式计算等效节点力,否则按一般公式进行计算。有关这方面的详细细节将在下面的算例中进一步说明。

三、程序说明和初始数据的输入

(一) 程序说明

本文介绍的数据生成器的程序类似于一般有限元分析程序的输入数据模块或子程序。从单元与块元的定义,以及输入基本数据的方法来说,无论是规则网格,不规则网格,或是它们的任意组合,都没有什么差别,均采用同一个程序和同样的数据输入方式。这样就避免另外再写一个庞大的网格自动生成程序,也节约了内存容量。

图6是有限元数据生成器的计算机程序框图。

由图6可见,只要在输入数据原始文件中没有字符串'AUTO'出现,这个程序即自动退化为通常的人工输入数据的有限元分析的前处理模块,所谓的块元也就变成通常的单元。整个程序的转向接口都由原始数据文件中的字符串决定,这要比通常的参数赋值容易记忆而又

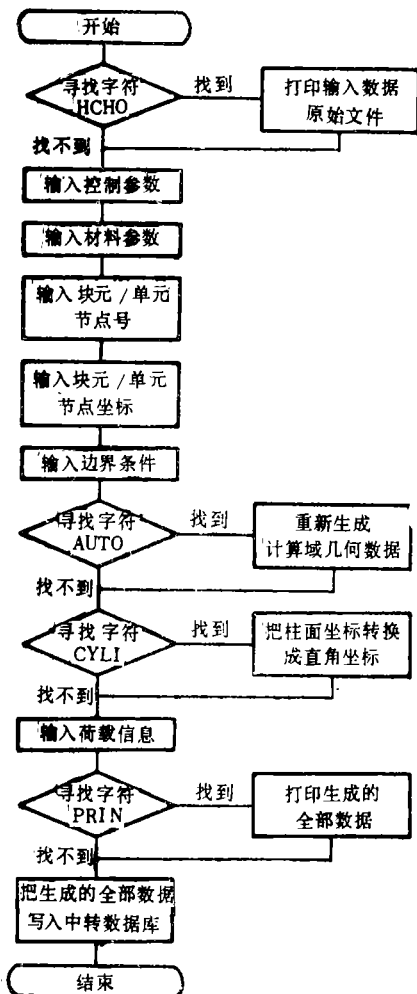


图6 有限元数据生成器程序框图

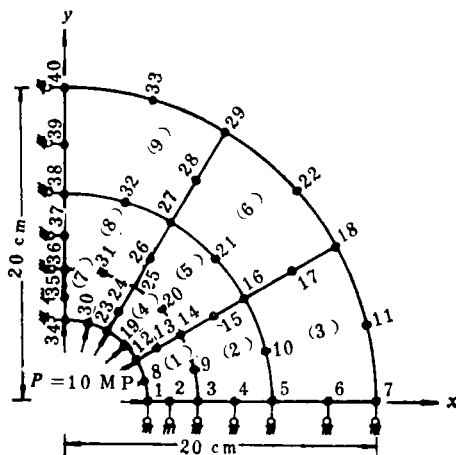


图7 图2所生成的单元网格图

不会出错。全部数据生成以后，马上写入用户定义的中转数据库，供用户的其它程序模块使用和修改。如果用户仍采用传统的链式程序结构，只要把本数据生成器改成一个子程序即可。

(二) 数据输入方式

本数据生成器采用字符标识的输入数据系统，以统一的数据输入方式来对待各种不同的网格情况。有关字符标识的输入数据系统，读者可参阅文献[1]。下面以图2、图3和图7为例来说明如何准备初始输入数据，图7是图2所生成的单元网格图，它相当于一个块元含一个单元的情况。如果我们采用人工输入图7所对应的全部数据，则其数据文件清单如下页所示，具体内容见后面的解释。由这张数据清单和相应的解释，读者不难理解本文开头所提到的人工自动生成数据的含意。

控制参数的输入 把由块元或单元所组成的总的节点数、单元数这些控制参数写在字符串“CONT”所标识的数据组里，字符串大小写通用。由字母C开头的行为注解行，用户可在注解行里写一些数据说明字符。

CONTROL PARAMETERS

C NPOIN NELEM NMATS NPROP NVFIX NNODE NDOFN NFACE

40 9 1 3 14 8 2 3

NODE CONNECTIONS

C NO. MAT. KIND 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 ...

1 M = 1 K = 1 N = 1 2 3 9 14 13 12 8

3 G = 1, 3 D = 2, 1

4 N = 12 13 14 20 25 24 23 19

6 G = 4, 6 D = 2, 1

7 N = 23 24 25 31 36 35 34 30

9 G = 7, 9 D = 2, 1

COORDINATES OF NODAL POINTS

C NO. X Y

1 X = 5 Y = 0

3 X = 8.333

5 X = 13

7 X = 20

34 A = 1 Y = 90 G = 1, 34, 11

36 A = 3 G = 3, 36, 11

38 A = 5 G = 5, 38, 11

40 A = 7 G = 7, 40, 11

8 A = 1 Y = 15

30 A = 1 Y = 75 G = 8, 30, 11

9 A = 3 B = 8

31 B = 30 G = 9, 31, 11

10 A = 5 B = 8

32 B = 30 G = 10, 32, 11

11 A = 7 B = 8

33 B = 30 G = 11, 33, 11

Cylindal

BOUNDARY CONDITIONS

C NO. FIX. DIS. X Y

1, 7 F = 1 D = 0 0

34, 40 F = 10

LOAD

0 0 1 0

DISTRIBUTED LOAD

C FACE ELE. ABC Q(X, Y, Z)

1, 3 G = 1, 7, 3 A = -1 Q = -10, -10, -10

MATERIAL PARAMETERS

C MAT. E MU DENSITY

1 M = 1000 0.3 0.001

STRAIN

ECHO OF THE DATA FILE

PRINT

材料参数的输入 材料参数写在字符串“MATE”所标识的数据组里。数据行最左边无字符标识的数字表示材料种类号。字符“M=”所标识的数据为该类材料的材料参数,其具体内容和数量取决于用户选用的本构模型。

块元/单元节点号的输入 块元和单元节点号的输入方式完全一样,其对应的数据组由字符串“NODE”来标识。数据行最左边无字符标识的数字表示单元号。由字符“M=”标识的数字表示单元材料号。由字符“K=”标识的数字表示单元类型号。如该单元的材料号或类型号与前一个输入信息中的单元情况相同,则可省去不写。由字符“N=”标识的数字为单元节点号。由字符“G=”标识的数字为有关单元的起始号、终止号和增量数,如增量为1,则增量数可以省去不写。由字符“D=”标识的两个数字表示有关单元对应节点号的差值。上面数据文件清单中“G=1, 3 D=2, 1”表示在图7所示的单元网格中,单元1, 2, 3相邻单元顶底边对应节点号的差值是2,而其它节点的差值是1。由此数据生成器即可自动生成单元2和3的节点号。如果把单元换成块元,在数据行的尾部还要写上由字符串“X=”、“Y=”、“Z=”标识的数字,它们分别表示沿局部坐标 ξ 、 η 、 ζ 三个方向块元所含有的单元个数。

块元/单元节点坐标的输入 该组数据的标识字符串是“COOR”。数据行最左边无字符标识的数字表示节点号。由字符串“X=”、“Y=”、“Z=”标识的数字表示该点的三个坐标值。如果后一个输入点的某个坐标值与前一个输入点相同,则后一个坐标值可以不写。由字符“G=”标识的数字表示有关节点的起始号、终止号和增量数。在起始号和终止号之间按增量数分隔的节点,其坐标值的差值保持不变。这样数据生成器即可由起止节点的坐标自动生成它们中间节点的坐标。由字符串“A=”、“B=”、“C=”标识的数字分别表示 x 、 y 、 z 坐标与所在行节点坐标相同的点号。这种表示方法在图1所示的实际工程问题中特别有用,它可以避免多次判读坐标引入的误差。上面的数据文件中“36 A=3 C=3, 36, 11”表示节点36的 x 坐标与点3相同,而 y 坐标与点34相同,并且以11为增量的点3和点36中间的节点间隔均匀(柱面坐标)。

边界条件的输入 块元和单元网格节点边界条件的定义与输入方式完全一样,其数据组的标识字符串是“BOUN”。数据行最左边3个无字符标识的数字表示边界位移约束点的起始号、终止号和增量数。如果增量数等于1则可不写。如果终止号与起始号相同,只需写一个起始号,它对应于边界约束点号之间没有什么规则可循的情况。由字符“F=”标识的数字为边界点在 x 、 y 、 z 三个方向上位移的约束因子,视二维或三维问题分别为二位或三位数。最左边位上的数为 x 方向的约束因子,0表示无约束,1表示有约束,其它位上的数则表示 y 和 z 方向的约束因子。由字符“D=”标识的数据为规定的边界点约束位移在 x 、 y 、 z 方向的分量。如果约束位移为零,则可不写。上面的数据文件中“1, 7 F=01 D=0 0”表示点号从1到7的点在 y 方向不能运动;而“34, 40 F=10”则表示点号从34到40的点在 x 方向不能运动。

荷载信息的输入 荷载信息要在全部几何数据生成以后才能输入,与其有关的单元和节点对应于单元网格的最后形态。荷载信息数据组的标识字符串是“LOAD”,其下面一行的四个数字为荷载类型参数,0表示无该类荷载,1表示有该类荷载。第一个参数表示点荷载,第二个参数表示重力荷载,第三个参数表示面荷载,第四个参数表示温度荷载。用户还可根据实际问题设定更多类型的荷载,如渗流、波动等等。当第一个荷载类型参数为1时,程序寻找字符串“POIN”。该字符串下面数据行中最左边无字符标识的数字为荷载作用点号,由字符“X=”标识的三个数据分别为该点荷载沿 x 、 y 、 z 三个坐标轴方向的分量。第三

个荷载类型参数为1时, 程序寻找字符串‘DIST’。该字符串下面数据行中最左边无字符标识的三个数字表示荷载作用面的起止号和增量号, 如增量号为1, 可以不写。由字符串“G=”标识的数字为荷载作用面所在单元的起始号、终止号和增量数, 增量为1可以不写。在起始和终止单元之间, 以增量数为间隔的所有单元具有局部坐标相同的受载面以及大小和形式相同的作用荷载。由字符串“A=”, “B=”, “C=”标识的数据分别表示垂直于单元局部坐标轴 ξ , η , ζ 的荷载作用面的坐标。为了避免歧意性, 这里的坐标值要与图4所示的节点编号规则一致。由字符“Q=”标识的数据为荷载作用面上各节点的荷载集度, 它对应于荷载垂直于作用面的情况, 如水压力、油气压力等。由字符串“X=”, “Y=”, “Z=”标识的数据为荷载作用面上各节点荷载集度沿 x , y , z 方向的分量。荷载作用面上节点编号的顺序与图4的规定兼容一致。在上面的数据文件中, “1, 3 G=1, 7, 3 A=-1 Q=-10, -10, -10”表示荷载作用面对应于单元1, 4, 7中局部坐标 $\xi=-1$ 的面, 且其面上各点均有荷载集度为10的垂直压力荷载。第二个荷载类型参数为1时, 程序寻找字符串“GRAV”。该字符串下面一行的前三个数为重力方向与三个坐标轴的交角, 第四个数为重力加速度。当单元材料参数中输入的是容重而不是质量密度时, 这个数为1, 可不填。第四个荷载类型参数为1时, 程序寻找字符串“TEMP”。该字符串下面数据行最左边无字符标识的数字为节点号。由字符“T=”标识的数据为该点的温度。各个单元的热膨胀系数在单元材料参数中输入。

自动再生成参数的输入 如果上述输入数据中含有块元的信息, 则还要针对这个块元输入自动再生成参数, 这些数据由字符串“AUTO”标识。该字符串下面一行中的四个数字为定义动态可调数组需要的总的单元数、节点数、边界约束点数以及相邻块元边界上所形成的同点异号个数, 它们必须大于或等于实际形成的数量。由字符串“WEIG”标识的数据为块元细化的加权因子。数据行最左边无字符标识的三个数字为块元的起始号、终止号和增量数, 其填写规则同前述的边界条件信息。由字符“X=”, “Y=”, “Z=”标识的数据为这些块元中单元沿局部坐标 ξ , η , ζ 方向的加权因子, 它们的个数要与前述块元节点号数据组所定义的不同方向的单元个数协调匹配, 要保证每个单元有一个加权因子, 而如果加权因子为1则可不填。下页是图2和图3所对应的原始输入数据文件, 读者可以对照图7所对应的数据文件进行比较。除了字符串“AUTO”所标识的数据组外, 其它内容的输入形式完全一样, 只是这里的控制参数是针对块元网格而言的, 单元网格的控制参数由程序自动生成。

其它信息的输入 在上述数据文件中, 还有由字符串“CYLI”, “STRA”, “ECHO”, “PRIN”等起首的英语单词, 告诉程序初始输入数据是以柱面坐标为参照系的, 要解算的问题是平面应变问题, 程序一开始运行首先打印出原始输入数据文件清单, 并将生成的最后数据打印出来等等。如果用户不需要程序执行上述有关指令, 只要把有关字符串稍加删改即成。此外, 用户还可写入字符串“CHEC”, “PLOT”等, 要求程序分层次检查所生成的数据, 并由绘图仪或打印机画出包含网格连接、边界条件和加荷方式等内容的图示结果。以字符标识的输入数据系统填写的上述数据文件清单实际上是一份要求程序执行的指令说明书, 它为广大用户, 特别是以批处理作业方式进行算题的用户开辟了人机对话的新途径。

为了说明问题和便于理解, 本文所举的例子比较简单, 但其工作原理和方法完全适用于复杂的实际工程课题, 作者采用本文介绍的数据生成器生成三维采矿算题的全部数据, 一般

```

C
C*** INPUT DATA FOR FIG.2
C WITH MESH GENERATOR
CONTROL PARAMETERS
C NP NE NM NPR NV NNODE ND NF
  8  1  1  3  6  8  2  3
NODE CONNECTIONS
1 M=1 K=1 N=1 2 3 4 5 6 7 8"
  X=3 Y=3
COORDINATES OF NODAL POINTS
1      X=5      Y=90
3      Y=0
5      X=20
7 B=1

CYLINDRAL COORDINATES
BOUNDARY CONDITIONS
3, 5 F=1 D=0 0
1 F=10
7, 8 F=10

LOAD
0 0 1 0
DISTRIBUTED LOAD
1, 3 G=1, 7, 3 A=-1"
  Q=-10, -10, -10
MATERIAL PARAMTERS
1 M=1000 0.3 0.001

AUTOMATICALLY
C NET NPT NVT NRP
  10 100 30 50
WEIGHT FACTORS
1 X=3.333, 4.667, 7

STRAIN
ECHO
CHECK
PRINT

```

```

C
C*** INPUT DATA FOR FIG.3
C WITH MESH GENERATOR
CONTROL PARAMETERS
  20 1 1 3 16 20 3 6
NODE CONNECTIONS
1 M=1 K=1 N=1 2 3 4 5 6 7 8 9 10"
  11 12 13 14 15 16 17 18 19 20"
  X=3 Y=2 Z=3
COOR
1 X=5 Y=0 Z=90
3 Z=0
13 X=20 C=1
15 C=3
5 A=1 Y=20
7 C=1
17 A=15 C=3
19 C=1

CYLI
BOUN
1 F=110 D=0 0 0
3, 5 F=11
10, 11 F=11
15, 17 F=11
9, 12, 3 F=110
7, 8 F=110
13 F=110
19, 20 F=10
2, 6, 4 F=10
14, 18, 4 F=10

LOAD
0 0 1 0
DIST
1, 6 G=1, 16, 3 A=-1 Q=-10 -10 -10"
  -10 -10 -10 -10
MATE
1 M=1000 0.3 0.001
AUTO
20 200 100 100
WEIG
1 X=3.333, 4.667, 7

```

只要一天左右的人工准备时间。一旦块元的数据检查通过以后,要调整改变单元的组构情况就非常方便了。由此,作者采用运动边界来模拟地下洞室逐步开挖过程,既节约了计算机内存,又缩短了计算时间。有关这方面的内容,作者拟另文专门介绍。

四、结 束 语

本文介绍的有限单元法数据生成器针对实际工程问题复杂的几何组构,以统一的程序和相同的输入方式来处理各种网格和单元的组合情况,既解决实际问题,又便于用户使用。该数据生成器的程序可由一般有限元分析的输入数据模块稍加修改而成,具有理解容易、修改方

便的特点。数据输入中所采用的字符标识方法灵活简便, 籍字符与程序发生关系, 又在不同程度上扩大和优化了程序的功能。

在调试程序和算题过程中, 得到本所计算机室同事们的有效合作与支持, 特此致谢。

参 考 文 献

- [1] 王可钧, 字符标识的输入数据系统, 岩土力学, 1988年第1期。
- [2] Zienkiewicz, O.C. and Phillips, D.V., An Automatic Mesh Generation Scheme for Plane and Curved Surfaces by Isoparametric Co-ordinates, Int. J. Num. Meth. Engng., 3, pp.519-528, 1971.
- [3] Cheung, Y.K. and Yeo, M.F., A Practical Introduction to Finite Element Analysis, PITMAN, 1979.
- [4] Hiron, E. and Owen, D. R. J., An Introduction to Finite Element Computations, Pineridge Press Limited, Swansea U.K., 1979.

FEM Data Generator

Wang Kejun

Abstract

The FEM data generator presented in this paper is used to generate quasi-automatically or automatically the basic data for 3-d or 2-d finite element analysis of engineering projects, such as element nodal connections, material parameters, nodal coordinates, restrained boundary conditions, and the information of applied load.

With the symbol-identified input data system and the concept of interpolation function of isoparametric element, this data generator deals with regular meshes, irregular meshes, and their arbitrary combination in unified routine and the same way to input data, which is available to any kind of elements and convenient to users.

The work principle of this data generator and the features of corresponding computer routines are described in detail.