

桥梁桩基空间静力分析程序用户手册

一、概 述

BCAD_PILE 是为适应桥梁下部桩基础的空间静力分析而开发的一个功能较为齐全的分析程序。

通常,在桥梁桩基础的静力分析过程中,人们将桩基础简化在一个竖直平面内进行平面分析,这对于常规的桩基结构是合理且可行的。然而在许多其它情况下,例如,当桩基的布置极不规则,由于施工断桩后补桩所造成的一排桩的桩径不等,以及空间倾斜桩等等,平面简化会带来很大的误差甚至行不通。为此,必须依据桩基的实际结构而进行空间分析。BCAD_PILE 就是为了适应桩基设计中诸如上述特殊情况而编写的桩基空间静力分析程序。

BCAD_PILE 程序的编写语言是:FORTRAN77, 程序调试运行的硬件环境是 APOLLO 超级微机 DN3000 工作站。

BCAD_PILE 程序主要有三大块:第一块为计算各根单桩在桩顶处的单元抗力刚度,其计算依据是分段幂级数的解析法;第二块为桩基整体的空间有限元分析;第三块为回代求解各单桩的位移、内力及土抗力。此外还有一个与其相配套的后处理程序 PILE_POST, 利用 APOLLO 机 DOMAIN 操作系统的图形功能 GMR 将计算结果在平面上显示出来,可根据需要绘图机绘出。

二、基本假定

BCAD_PILE 程序的编制依据了以下三个基本假定:

1. 桩侧土的地基系数与地基深度成正比,即<<桥规>>中的“ α ”法假定;
2. 桩身在各变化断面上侧向位移的三阶微分连续,即桩身的连续性假定;
3. 不计桩顶承台的变形,即承台为刚性体的假定。

用户在应用本程序进行桩基分析时也应遵循以上三个基本假定。

三、程序功能

(一)程序适应的对象

BCAD_PILE 几乎可以适应所有的桥梁桩基础的静力分析。在承台平面内桩群的散布位置可以完全任意。这里所指的单桩信息包括:桩的形状,桩径,桩长,桩身变截面的情况,桩轴线的空间倾斜方向,桩侧地基情况,桩底支承情况等等。程序也允许用户设置虚拟桩。

(二)程序的计算功能

输入文件的控制信息 JCTR 可使程序选择进行以下的计算和分析:

1. 计算其一根单桩的抗力刚度;
2. 计算桩基子结构的抗力刚度;
3. 计算桩基础在所给外力集的作用下的位移和内力。

四、数据输入说明

(一) 输入数据

1. 虚拟桩和非虚拟桩

虚拟桩指的是用户可将参与桩基受力的某一结构因素按其受力特性比拟成一根虚拟桩，以此来替代该因素的受力作用。虚拟桩的设置拓宽了程序的适应对象，例如：对于一侧支承于岸边岩石而另一侧支承于桩群上的桥台的分析，就可将岸边支承比拟成一根虚拟桩；对于需考虑承台周围地基土抗力的低桩承台的分析又可将该承台周围土抗力的影响线比拟成一根虚拟桩。在后面的例中将对这二种情况作进一步的分析和说明。

非虚拟桩是相对应于虚拟桩的一个概念，它指的是桩基结构中真实的桩，具有单桩应该具有的所有信息。

2. 桩段

非虚拟桩的单桩桩身可按桩径及桩侧土基情况分成若干个桩段。在每一个桩段内，桩径是相同的，并且处在同一性质的土介质之中。对于自由段部分则按桩径的变化来划分。

如：对于图 1 所示的单桩，桩段的划分是这样的：

自由段部分：2 个桩段

地下部分：4 个桩段

3. 单桩轴线的方向余弦

每一根单桩的桩轴线的方向是用该单桩的单元坐标轴 Z' 轴在整体坐标系 $OXYZ$ 中的方向余弦 $(\cos \alpha, \cos \beta, \cos \gamma)$ 来确定的。 Z' 轴的方向规定为从单桩桩顶到桩底的射线方向。三个方向余弦的平方和须等于 1，即：

$$\cos^2 \alpha + \cos^2 \beta + \cos^2 \gamma = 1.$$

$$\cos^2 \alpha + \cos^2 \beta + \cos^2 \gamma = 1.$$

(二) 整体坐标系

整体坐标系的选择须满足以下要求：

1. Z 轴以竖直向下为正方向；
2. XOY 平面须在承台底平面内，原点 O 可在平面内任取；
3. X 轴的选取，必须使 X 轴平行于单桩的某一主惯性矩平面。对于圆形桩的桩基础，可任取；而对于矩形桩的桩基础，应使 X 轴平行于矩形桩的某一条边；
4. 按右手螺旋法则选取 Y 轴的正方向。

(三) 数据输入文件顺序和格式说明

数据输入文件共分四大块，每块用一个块关键字开始，以“END;”符号结束。以下对每一块的内容及格式分别进行说明：

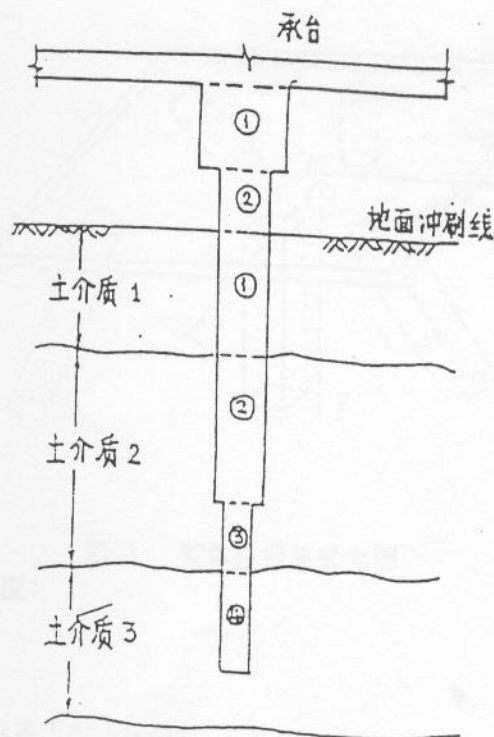


图 1 桩段划分示意图

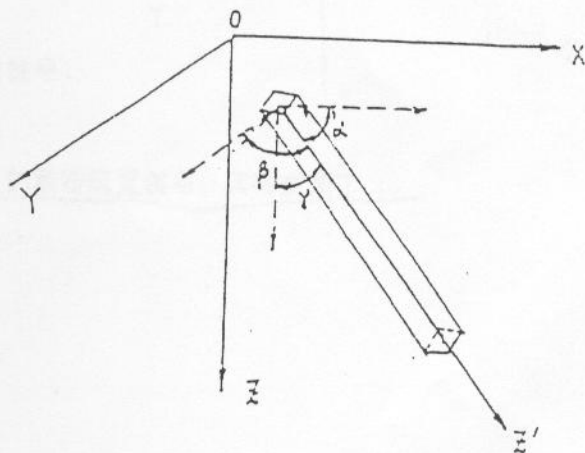


图 2 单桩轴线方向余弦示意图

1. 第一块为控制信息块, 其格式如下:

[CONTRAL]

JCTR

NACT

当 JCTR=1 时输入

AXY(NACT,2)

ACT(NACT,6)

当 JCTR=3 时输入

INO

END;

说明:

[CONTRAL] 块关键字

JCTR 控制信息, 可取 1, 2 或 3;

JCTR=1, 分析计算桩基的位移和内力;

JCTR=2, 仅计算桩基结构的抗力刚度;

JCTR=3, 计算某一根桩的抗力刚度;

NACT 外荷载作用的点数

AXY(I,J) ((J=1,2), I=1,NACT)

外荷载作用点在整体坐标系下的坐标值;

AXY(I,1) X 坐标值;

AXY(I,2) Y 坐标值;

ACT(I,J) ((J=1,6), I=1,NACT) 外荷载的数值

ACT(I,1), 沿 X 方向的外力 NX;

ACT(I,2), 沿 Y 方向的外力 NY;

ACT(I,3), 沿 Z 方向的外力 NZ;

ACT(I,4), 绕 X 轴的弯矩 MX;

ACT(I,5), 绕 Y 轴的弯矩 MY;

ACT(I,6), 绕 Z 轴的力矩 MZ;

外荷载的正号规定如右图:

INO 所要计算抗力刚度的那根单桩的桩号;

END 控制信息块结束符。

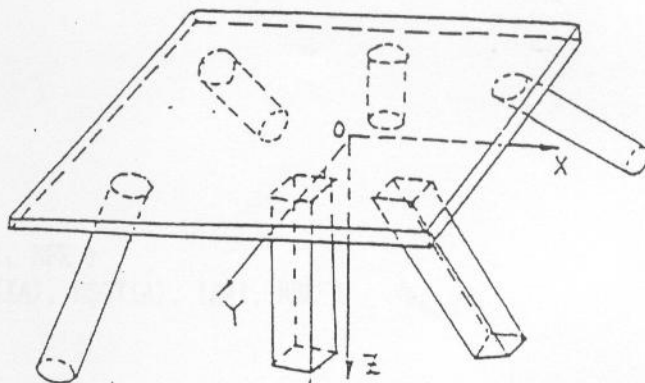
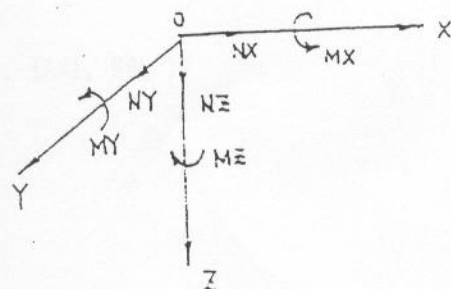


图 3 整体坐标系示意图



2. 第二块为桩群在承台底平面 (OXY 平面) 的散布位置信息, 其格式如下:

[ARRANGE]

PNUM, SNUM

PXY(PNUM,2)

当 SNUM ≠ 0 时输入 SXY(SNUM,2)

END;

说明:

[ARRANGE] 桩群位置信息块关键字;

PNUM 桩群中非虚拟桩的单桩数目;

SNUM 桩群中虚拟桩的单桩数目;

PXY(I,J) ((J=1,2), I=1,PNUM) 各非虚拟桩桩顶在整体坐标系下的 X, Y 坐标。

PXY(I,1) = X 坐标值;

PXY(I,2) = Y 坐标值;

SXY(I,J) ((J=1,2), I=1,SNUM) 各虚拟桩桩顶在整体坐标系下的 X, Y 坐标。

SXY(I,1) = X 坐标值;

SXY(I,2) = Y 坐标值 ;
END ; 桩群位置信息块结束符 ;

3. 第三块为非虚拟桩单桩信息，其格式如下：

[NO_SIMU]
KCTR (PNUM)
<0>
KSH, KSU, AGL(3)
NFR, (HFR(IA), DOF(IA), NFS(IA), IA=1, NFR)
NBL, (HBL(IA), DOB(IA), PMT(IA), PFI(IA), NSG(IA), IA=1, NBL)
PMB, PEH, PKE
<-1>
NDF
SIG₁, I₁, VNEW₁

共 NDF 行

SIG_n, I_n, VNEW_n
<-2>

<-9>

<+1>

KSH, KSU, AGL(3)
NFR, (HFR(IA), DOF(IA), NFS(IA), IA=1, NFR)
NBL, (HBL(IA), DOB(IA), PMT(IA), PFI(IA), NSG(IA), IA=1, NBL)
PMB, PEH, PKE
<+2>

<+9>

(以上 <-1>, <-2>, ... , <-9> 、 <+1>, <+2>, ... , <+9> 为可选项)

END;

说明：

[NO_SIMU] 非虚拟桩单桩信息块关键字 ;
(KCTR(IA), IA=1, PNUM) 非虚拟桩单桩控制信息，有 PNUM 个整数。每根单桩对应一个 KCTR(K) 值，其取值范围为：
-9 < KCTR(K) < +9。

意义：该信息用来说明单桩信息之间的相互联系。在 PNUM 个整数数字中，其中至少必须有一个数为 0，称之为基准值，该值所对应的桩称之为基准桩。基准桩的单桩信息存放在以 <0> 开头的一段数据中。当 KCTR(PNUM) 里有几个数相同时，表示这些数所对应的桩的信息完全相同。如：有六根桩所组成的桩基础，每根桩的信息完全一样，则：KCTR(PNUM) 可为如下的形式：

0 0 0 0 0 0

这样，每根桩全读取以 <0> 开头的一段数据作为它们的单桩信息。

对于如下所示的有 $KCTR(K) < 0$ 的情况：

0 -1 0 -1 0 -2

则表示 1", 3", 5" 桩的信息完全一样, 读取以 <0> 开头的一段数据; 2", 4" 桩的信息一样, 也读取以 <0> 开头的一段数据, 但其中有几个数据要以 <-1> 开头的数据段里的新的值进行修改; 6" 桩与 2", 4" 桩的读取方法一样, 但修改是按以 <-2> 开头的一段数据进行的。

对于存在 $KCTR(K) > 0$ 的情况, 如:

+1 -1 0 +1 0 +2

则表示 1", 4" 桩的信息与 <0> 开头的桩的信息没有联系, 它们是读取以 <+1> 开头的一段数据作为单桩信息; 6" 桩与 1", 4" 桩的取法意义相同, 但读取的是以 <+2> 开头的一段数据。这些数据段的格式与 <0> 开头的数据段的格式完全相同。

通过 $KCTR(PNUM)$ 的设置, 可以最大程度地降低单桩信息输入的重复量。一般来说, 当某根桩的信息与基准桩的信息仅有少数几个不同时, 可用 $KCTR(K) < 0$ 的值来加以修改, 而当与基准桩的信息有许多不同的时候, 用 $KCTR(K) > 0$ 可能更简便些。

注意二点: ① $KCTR(PNUM)$ 数的排列次序 (即桩号次序) 必须与第二块 (即桩群布置块) 桩顶坐标的排列次序一致;
② 对于 $KCTR(K) > 0$ 的数, 为清楚起见, 加上 "+" 号, 如: +1, +2 等。

<0> 基准桩数据段的段头标志;
KSH 单桩的形状信息, 圆桩取 0, 方桩取 1; 对于管桩亦取 0, 但其截面性质需经转换, 参见算例;
KSU 单桩的支承信息;
KSU = 1, 钻孔灌注摩擦桩;
KSU = 2, 打入或振动下沉摩擦桩;
KSU = 3, 柱承桩, 桩底非嵌固;
KSU = 4, 柱承桩, 桩底嵌固;
AGL(3) 单桩轴线 (Z' 轴) 的方向余弦。
AGL(1) = $\cos(Z', X)$, 与 X 轴的夹角的余弦;
AGL(2) = $\cos(Z', Y)$, 与 Y 轴的夹角的余弦;
AGL(3) = $\cos(Z', Z)$, 与 Z 轴的夹角的余弦;
NFR 单桩在地面冲刷线以上自由段部分的桩段数;
HFR(IA) 第 IA 桩段的长度;
DOF(IA) 第 IA 桩段的外径 (对于圆桩) 或边长 (对于方桩);
NSF(IA) 第 IA 桩段内力和位移的输出点数; ?
NBL 单桩位于地面冲刷线以下部分的桩段数;
HBL(IA) 第 IA 桩段的长度;
DOB(IA) 第 IA 桩段的外径或边长;
PMT(IA) 第 IA 桩段桩侧土地基系数的比例系数 α ;
PFI(IA) 第 IA 桩段桩侧土的内摩擦角 (单位: 度);
NSG(IA) 第 IA 桩段内力和位移的输出点数;
PMB 对于摩擦桩, 为桩底地基系数的比例系数 m_0 ;
对于柱承桩, 为桩底岩石的地基系数 c_0 ;
PEH 桩身混凝土的受压弹性模量;
PKE 桩身抗弯刚度的折减系数, 如不折减, 取 $PKE=1.0$; 2.85
<-1>, <-2>, ..., <-9> 单桩信息修改数据段的段头标志;
NDF 所要修改的信息的数目;

SIG₁, ..., SIG_n,

——修改项标志, 取为“修改项=”的形式, 如: “KSH=”,
“AGL=”, ..., “PKE=”等;

I₁ ... I_n

——修改项下标志。对于无下标的修改项, 如:

KSH, KSU, NFR, NBL, PMB, PEH, PKE, 取
为 0; 对于有下标的修改项, 如: HBL, DOB,
AGL, HFR, DOF, NSF, PMT, PFI, NSG, 则取
要修改的数的下标值;

VNEW₁ ... VNEW_n ——修改项的更新值;

如: “KSU=” 0 4: 表示将桩的支承信息改为 4, 即以该段头标
志的单桩为桩底嵌固的柱承桩;

“AGL=” 1 0.5: 表示 AGL(1) 的更新为 0.5, 即该桩与 X
轴的夹角为 60°, 等等;

<+1>, <+2>, ..., <+9> ——与基准桩的信息无关的桩的数据段的段头标志;
KSH, KSU, AGL(3)

的格式和意义与 <0> 数据段相同

PMB, PEH, PKE

注意: 段头标志中的 “+” 号必须写上。

KCTR (PNUM) 以下数据段的段数与 KCTR (PNUM) 中不相同的整数的数目相等。其
中 <0> 段必须紧接在 KCTR (PNUM) 之后, 其它段的次序可任意调换。

END; 第三块数据结束标记

4. 第四块, 当 SNUM = 0 时输入虚拟桩单桩信息, 其格式如下:

[SIMU_PE]

SCTR (SNUM)

<-1> (或 <-2> ... <-9>)

ESP₁ (6)

<+1> (或 <+2> ... <+9>)

ESP_n (6, 6)

END;

说明:

[SIMU_PE]

——虚拟桩信息块关键字

(SCTR (IA), IA=1, SNUM)

——虚拟桩单桩信息的控制值; 当有二个值相同时, 表
示该二个值所对应的虚拟桩的信息相同。

取值范围:

-9 < SCTR (IA) < -1; 表示仅输入虚拟桩单桩刚度矩阵的对角元素, 其余值则为
0;

+1 < SCTR (IA) < +9; 表示输入虚拟桩单桩刚度矩阵的所有元素 (6*6 阶)。

<-1>, <-2>, ..., <-9> ——仅需输入刚度矩阵对角元的数据段的段头标志。

(请参见算例 4)

(ESP₁ (I), I=1, 6)

——相应的 6 个对角元值;

<+1>, <+2>, ..., <+9>

——输入单桩刚度矩阵所有元素的段头标志。

(请参见算例 2)

((ESP_n (I, J), J=1, 6), I=1, 6) ——单桩刚度的对应的元素值。

END;

——第四块数据结束标志。

五、程序的运行及输出说明

静力分析程序共有二个独立的运行程序，计算程序 BCAD_PILE 和后处理程序后处理程序的图形显示需连接 GMR 库。

运行
LIB/GMLIB (连接 GMR 库)
ILE 运行桩基计算程序

如下：

```

+++++
BBBBBB      CCCC      A      DDDDD      PPPPP      III      L      EEEEEEE
B      B      C      C      A A      D      D      P      P      I      L      E
B      B      C      A      A      D      D      P      P      I      L      E
BBBBBB      C      A      A      D      D      PPPPP      I      L      EEEEEEE
B      B      C      AAAAAA      D      D      P      I      L      E
B      B      C      C      A      A      D      D      P      I      L      L      E
BBBBBB      CCCC      A      A      DDDDD      ===== P      III      LLLLL      EEEEEEE

```

Copyright 1990, Version 2.20

Welcome to use the BCAD_PILE program !!

This program is aimed to execute spatial statical analysis of pile foundations of bridge substructures. If you have any questions about this program, please do not hesitate to write to :

CAD Reseach Group
Dept.of Bridge Engr.
Tongji University
1239 Sipin Road
Shanghai 200092
P.R.of China

Please enter data filename: 输入数据文件名，用户编写的数据文件扩展名为 DAT，输入时不带扩展名。

E1

在运行过程中显示如下信息

```

*** To read input information ***
*** To calculate deformation factors of piles ***
*** To calculate axis stiffness of piles ***
*** To calculate lateral stiffness of piles ***
*** To execute entire pile foundation analysis ***

```

Fortran STOP (计算程序结束)

\$ PILE_POST 运行桩基计算结果后处理程序
Please enter the file name! (输入数据文件名)

PILE1

The file name you entered is PILE.pos

输入文件名后，屏幕划分为四个区域，在左上方显示桩群平面图，如下图所示：

桩群平面图 1	3
2	4

在命令行应答区提示

Please indicate which pile to be displayed! (指定显示哪根桩)

当你指定某根桩以后，屏幕的其他区域即开始显示这根桩的位移、内力、桩侧土压力等，开始显示如下图：

桩群平面图 1	Y 轴向位移 3
X 轴向位移 2	绕 X 轴转角 4

命令行提示及应答如下：

Do you want to write the chart information
onto the GMR file? (y/n) (是否要把图上的内容存入 GMR 文件 ?)

y

Selecte your choice (1 or 2 or 3 or 4) (1~4 选择表示取屏幕上 4 个不同部分的图)

1 (选择 1 表示存桩群平面图)

Your choice is 1

Write the pile plane chart onto GMR file

GMR NAME:PILE_0 (GMR 文件名 PILE_0 即是存桩群平面图)

More (Y/N)? (继续显示 ?)

y

Selecte your choice (1 or 2 or 3 or 4)

2

Your choice is 2 (选择 2 表示存屏幕左下角框内的内容)

Write the X-axis displacement chart onto GMR file

GMR NAME:PILE_1

More (Y/N)?

N

(不再存放其它框内的内容)

Do you want to display other displacement? (y/n)

Y

(继续显示其它的位移及存放到 GMR 文件中, 选择和应答同上)

Do you want to write the chart information

onto the GMR file? (y/n)

Y

Selecte your choice (1 or 2 or 3 or 4)

3

Your choice is 3

Write the X-axis forces chart onto GMR file

GMR NAME:PILE_5

More (Y/N)?

N

Do you want to display the forces? (y/n)

N

Do you want to display the stresess? (y/n)

N

显示完一根桩的内容后, 屏幕继续提示是否显示其它桩的信息, 键入 Y 则重复以上内容, 键入 N 则后处理程序运行终止。

Do you want to display another pile? (y/n)

Y

.

.

.

.

Do you want to display another pile? (y/n)

N

Fortran STOP

(二) 输出说明

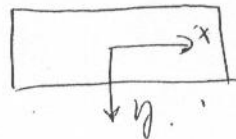
1. 计算程序运行结果存放在 < name >.OUT 中

输出说明

- ① 当 JCTR = 2 时, 程序输出桩基子结构的整体刚度矩阵 $[K]_{SUB}$

$[K]_{SUB}$ 的元素对应于桩基的整体坐标系;

$$\begin{array}{l} N_x \\ N_y \\ N_z \\ M_x \\ M_y \\ M_z \end{array} = [K]_{SUB} \begin{array}{l} U_x \\ U_y \\ U_z \\ \theta_x \\ \theta_y \\ \theta_z \end{array}$$



② 当 JCTR = 3 时, 程序输出某根桩的刚度矩阵 $[K_{\alpha}]'$:

$[K_{\alpha}]'$ 对应于单桩的单元坐标系。

$$\begin{array}{l} N_x' \\ N_y' \\ N_z' \\ M_x' \\ M_y' \\ M_z' \end{array} = [K_{\alpha}]' \begin{array}{l} U_x' \\ U_y' \\ U_z' \\ \theta_x' \\ \theta_y' \\ \theta_z' \end{array}$$

③ 当 JCTR = 1 时, 程序输出承台位移, 各单桩的位移, 内力和土压力。承台位移对应于桩基的整体坐标系, 而各单桩的位移和内力对应于各单桩的单元坐标系。

2. 后处理程序记录的 GMR 文件内容如下

文件名	图的内容
file_pile_0	桩群平面图
file_pile_1	X 轴方向位移
file_pile_2	Y 轴方向位移
file_pile_3	绕 X 轴转角
file_pile_4	绕 Y 轴转角
file_pile_5	X 轴方向力
file_pile_6	Y 轴方向力
file_pile_7	Z 轴方向力
file_pile_8	X 轴方向弯矩
file_pile_9	Y 轴方向弯矩
file_pile_10	X 轴方向桩侧土压力
file_pile_11	Y 轴方向桩侧土压力

启动绘图机便可将这些图画出。必须注意桩的位移、内力、桩侧土压力只能一根桩一根桩的存放文件和绘图输出。

六. 算 例

算例一.

如图 4 所示的变截面桩基础

$D1=1.5\text{m}$, $D2=1.0\text{m}$,

混凝土弹性模量: $E_c=2.9 \times 10^6 \text{ t/m}^2$

桩身刚度折减系数: $K_E=0.8$

每个荷载作用点横向受力 $N_y=200 \text{ t}$,

$M_x=2 \times 10^3 \text{ t.m}$

输入数据文件 PILE1.DAT

[CONTRAL]

1 分析计算桩基础

2

-3.00 0.0
50.0 200.0 8.0E3 2.0E3 500.0 0.0
3.0 0.0
50.0 200.0 8.0E3 2.0E3 500.0 0.0

END;

[ARRANGE]

12 0
-4.5 3.0
-4.5 0.0
-4.5 -3.0
-1.5 3.0
-1.5 0.0
-1.5 -3.0
1.5 3.0
1.5 0.0
1.5 -3.0
4.5 3.0
4.5 0.0
4.5 -3.0

END;

[NO_SIMU]

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
<0>

0 1 0.0 0.0 1.0

1 2.0 1.5 2

2 10.0 1.5 1.0E3 20.0 10

9.0 1.0 1.0E3 20.0 9

3.0E3 2.9E6 0.8

END;

[SIMU_PE]

END;

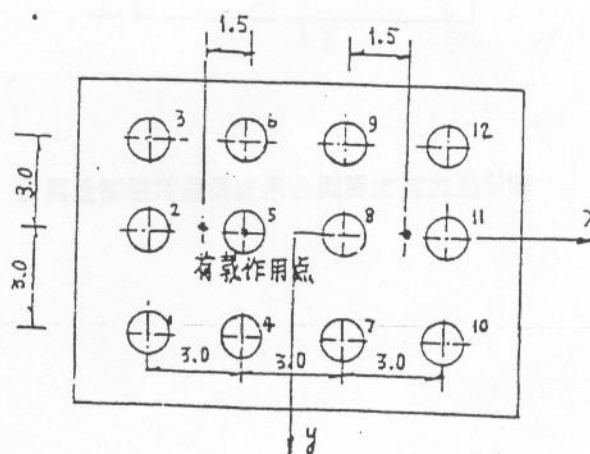
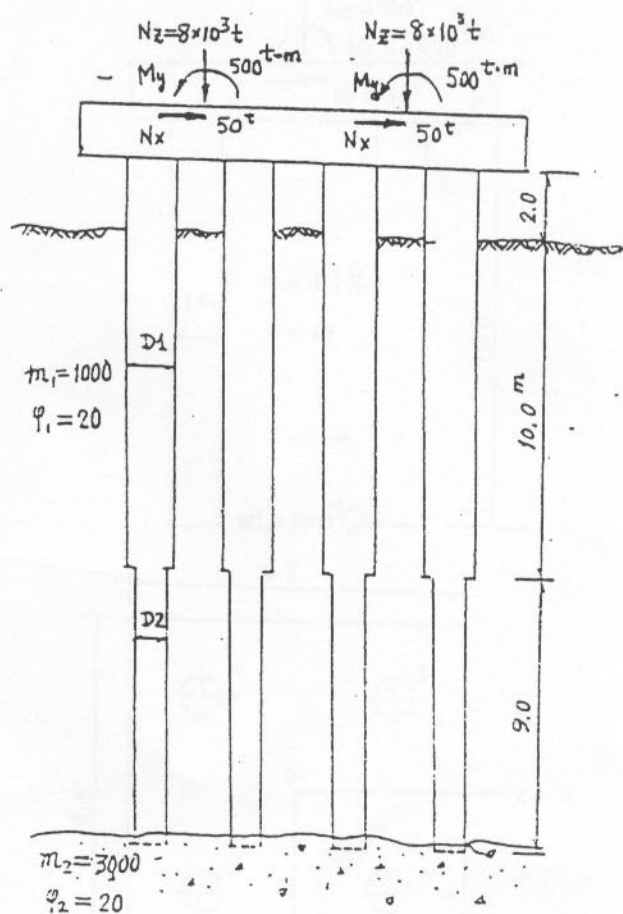


图 4 变截面桩基

算例二

如图 5 所示的低桩承台，求当考虑承台周围土抗力影响时的桩身内力和位移。

承台计算宽度： $B_y=B_x=6.5\text{m}$ ，

承台底面土系数： $C=2000\text{ t/m}^3$

混凝土受压弹性模量： $E_c=2.7 \times 10^6\text{ t/m}^2$

桩身刚度折减系数为：0.8

解：虚拟桩的模拟刚度为

$$[K] = \begin{bmatrix} \rho_1 & 0 & 0 & 0 & \rho_2 & 0 \\ 0 & \rho_1' & 0 & -\rho_2' & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \rho_3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\rho_2' & 0 & \rho_4 & 0 & 0 \\ \rho_2 & 0 & 0 & 0 & \rho_4' & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \rho_5 \end{bmatrix}$$

其中： $\rho_1=C \cdot H \cdot B_y / 2$ ，

$\rho_2=C \cdot H^2 \cdot B_y / 6$ ，

$\rho_4=C \cdot H^3 \cdot B_y / 12$ ，

$\rho_1'=C \cdot H \cdot B_x / 2$ ，

$\rho_2'=C \cdot H^2 \cdot B_x / 6$ ，

$\rho_4'=C \cdot H^3 \cdot B_x / 12$ ，

$\rho_3=C \cdot (B_x + B_y - \Sigma F)$

$\rho_5=C \cdot H \cdot (B_x^3 + B_y^3) / 24$

在本例中，由于 ρ_3 、 ρ_5 相对于桩的刚度较小，取为 0。

输入文件数据文件 PILE2.DAT

[CONTRL]

1

1

0.0 0.0

36.0 0.0 960.0 0.0 -450.0 0.0

END;

[ARRANGE]

4 1

-1.4 -1.4

-1.4 1.4

1.4 -1.4

1.4 1.4

0.0 0.0

END;

[NO_SIMU]

0 0 0 0

<0>

0 1 0.0 0.0 1.0

0

1 19.0 1.0 1.0E3 10.0 19

3.0E3 2.7E6 0.8

END;

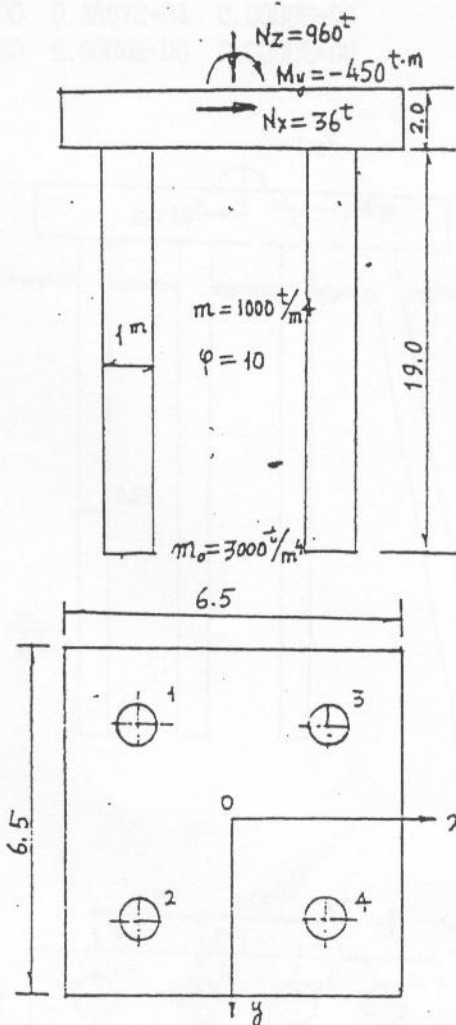


图 5 用虚拟桩考虑低桩承台周围土抗力的影响

[SIMU_PE]

```

1
<+1>
0.1800E+05 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.8667E+04 0.0000E+00
0.0000E+00 0.1800E+05 0.0000E+00 -0.8667E+04 0.0000E+00 0.0000E+00
0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00
0.0000E+00 -0.8667E+04 0.0000E+00 0.8667E+04 0.0000E+00 0.0000E+00
0.8667E+04 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.8667E+04 0.0000E+00
0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00
END;

```

算例三

如图 6 所示的管桩桩基础，外径 $D=0.55\text{m}$ ，
 混凝土： $E_c=3.4 \times 10^4 \text{ t/m}^2$
 桩身面积 $F=0.1237 \text{ m}^2$ ， $I=0.003498 \text{ m}^4$
 桩侧土 $m=m_0=2000 \text{ t/m}^4$ ，
 $\phi=10.0^\circ$
 打入桩施工，桩横向受力为 $N_y=28 \text{ t}$ ，
 $M_x=250 \text{ t}\cdot\text{m}$

解：

在计算之前，先进行管桩桩身刚度向圆桩的模拟变化。

设圆桩的混凝土模量为 E_n' ，则

有： $\pi \cdot D^2 \cdot E_n' / 4 = F \cdot E_c$

$\therefore E_n' = 1.77 \times 10^4 \text{ t/m}^2$

$\pi \cdot D^4 \cdot E_n' \cdot K / 64 = E_c \cdot I$

$\therefore K = 1.45$

由此可将管桩比拟成 $E_n=1.77 \times 10^4 \text{ t/m}^2$ ，
 外径为 0.55m ，刚度“折减”系数为 1.45
 的圆桩。该二者的受力特性相一致。

输入文件 PILE3.DAT

[CONTRL]

```

1
1
0.0 0.0
84.0 28.0 720.0 250.0 -120.0 0.0
END;

```

[ARRANGE]

```

16 0
2.475 1.825
0.825 1.825
-0.825 1.825
-2.475 1.825
-2.475 0.825
-0.825 0.825
0.825 0.825
2.475 0.825

```

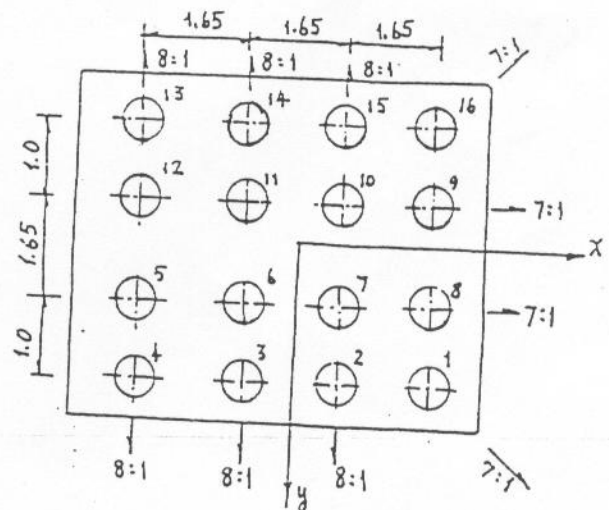
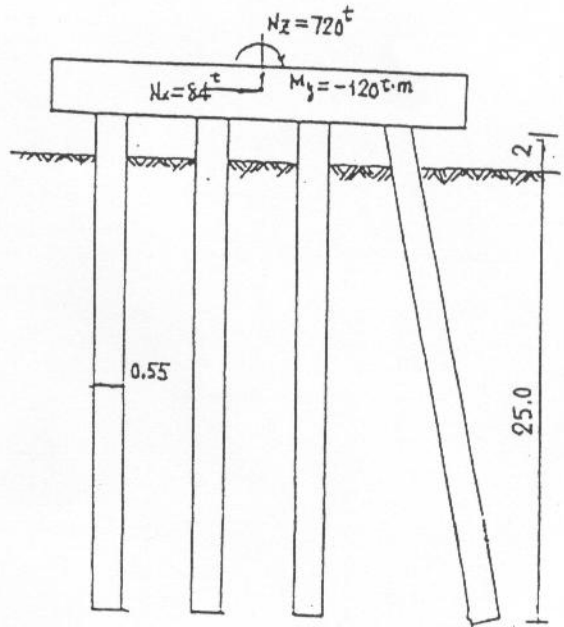


图 6 带斜桩的桩基础

2.475 -0.825
 0.825 -0.825
 -0.825 -0.825
 -2.475 -0.825
 -2.475 -1.825
 -0.825 -1.825
 0.825 -1.825
 2.475 -1.825

END:

[NO_SIMU]

-4 -2 -2 -2 0 0 0 -1 -1 0 0 0 -3 -3 -3 -5

<0>

0 2 0.0 0.0 1.0
 1 2.0 0.55 2
 - 1 25.0 0.55 2.0E3 10.0 25
 2.0E3 1.77E6 1.45

<-1>

4
 'AGL=' 1 0.141
 'AGL=' 3 0.990
 'HFR=' 1 2.020
 'HBL=' 1 25.254

<-2>

4
 'AGL=' 2 0.124
 'AGL=' 3 0.992
 'HFR=' 1 2.016
 'HBL=' 1 25.194

<-3>

4
 'AGL=' 2 -0.124
 'AGL=' 3 0.992
 'HFR=' 1 2.016
 'HBL=' 1 25.194

<-4>

5
 'AGL=' 1 0.100
 'AGL=' 2 0.100
 'AGL=' 3 0.990
 'HFR=' 1 2.020
 'HBL=' 1 25.254

<-5>

5
 'AGL=' 1 0.100
 'AGL=' 2 -0.100
 'AGL=' 3 0.990
 'HFR=' 1 2.020
 'HBL=' 1 25.254

END;
[SIMU_PE]
END;

算例四

如图 7 所示一边支承于岸边岩石一边
支承于桩基上的桥台。桩径 1m, 受压弹性模
量 $E_n=2.7 \times 10^6 \text{ t/m}^2$, 刚度折减系数 $K_E=0.8$,
岩石地基系数 $C=1.5 \times 10^6 \text{ t/m}^3$, 并假定在水平
方向固定, 支承面积 $A_0=4 \text{ m}^2$

解: 虚拟桩的刚度矩阵

$$[K] = \begin{bmatrix} \rho_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \rho_2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \rho_3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \rho_4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \rho_5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \rho_6 \end{bmatrix}$$

其中: $\rho_1=1.0 \times 10^9$ (无穷大)
(X 方向的约束)
 $\rho_2=0.0$ (Y 方向的约束)
 $\rho_3=C \cdot A_0=6.0 \times 10^6 \text{ t/m}$
(Z 方向)
 $\rho_4=1.0 \times 10^9$ (绕 X 轴线不能转动)
 $\rho_5=0.0$ (绕 Y 轴自由转动)
 $\rho_6=0.0$ (绕 Z 轴自由转动)

输入数据文件 PILE4.DAT

[CONTRAL]

1

1

0.0 0.0

0.0 0.0 1239.0 0.0 -778.0 0.0

END;

[ARRANGE]

3 1

2.5 0.0

1.5 1.5

1.5 -1.5

-1.3 0.0

END;

[NO_SIMU]

-1 0 0

<0>

0 4 0.0 0.0 1.0

1 5.0 1.0 5

0

1.5E6 2.7E6 0.8

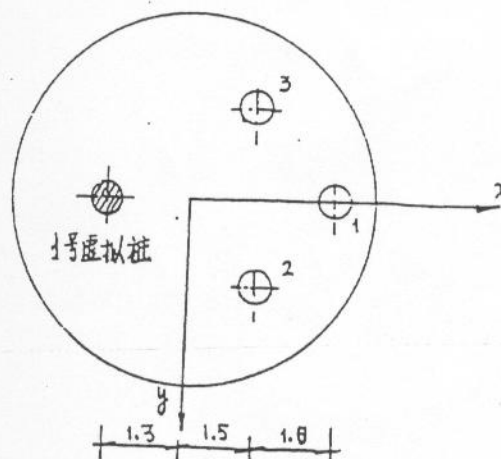
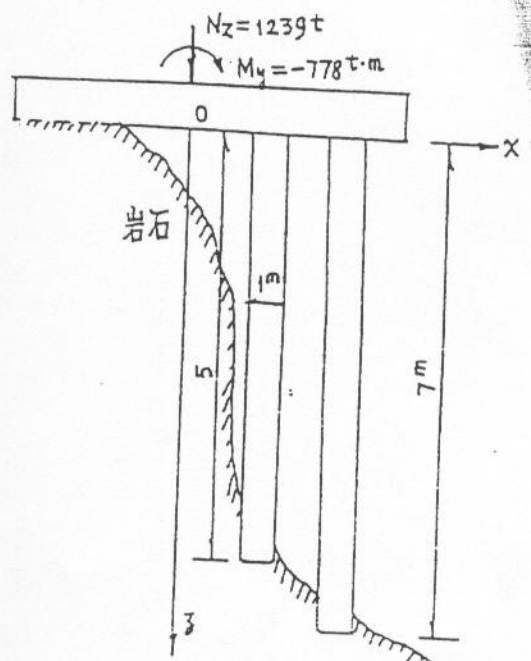


图 7 支承于岩石地基和桩上的桥台

<-1>

2

'HFR=' 1 7.0

'NSF=' 1 7

END;

[SIMU_PE]

-1

<-1>

1.0E9 0.0 6.0E6 1.0E9 0.0 0.0

END;