

文章编号: 0451-0712(2006)01-0013-03

中图分类号: TU473.12

文献标识码: B

群桩基础等代模型的改善

程翔云

(湖南大学土木工程学院 长沙市 410082)

摘 要: 综合了文献[1]和文献[2]中两类群桩基础等代计算模型的优点后,提出了下端固支、上端具有弹簧支承的单柱式模型。它具有十分简单的结构形式,并给出了十分简单的计算公式来计算该模型的 4 个技术参数。

关键词: 群桩基础; 单柱式模型; 等代计算模型; 弹簧支承

在桥梁结构的分析中,为了计算模型的简化,文献[1]、[2]按照在单位荷载下变位相等的原理,将群桩基础等代为以下两种计算模型。

模型 I: 横梁刚度为无穷大的门式刚架^[1](图 1(2))。

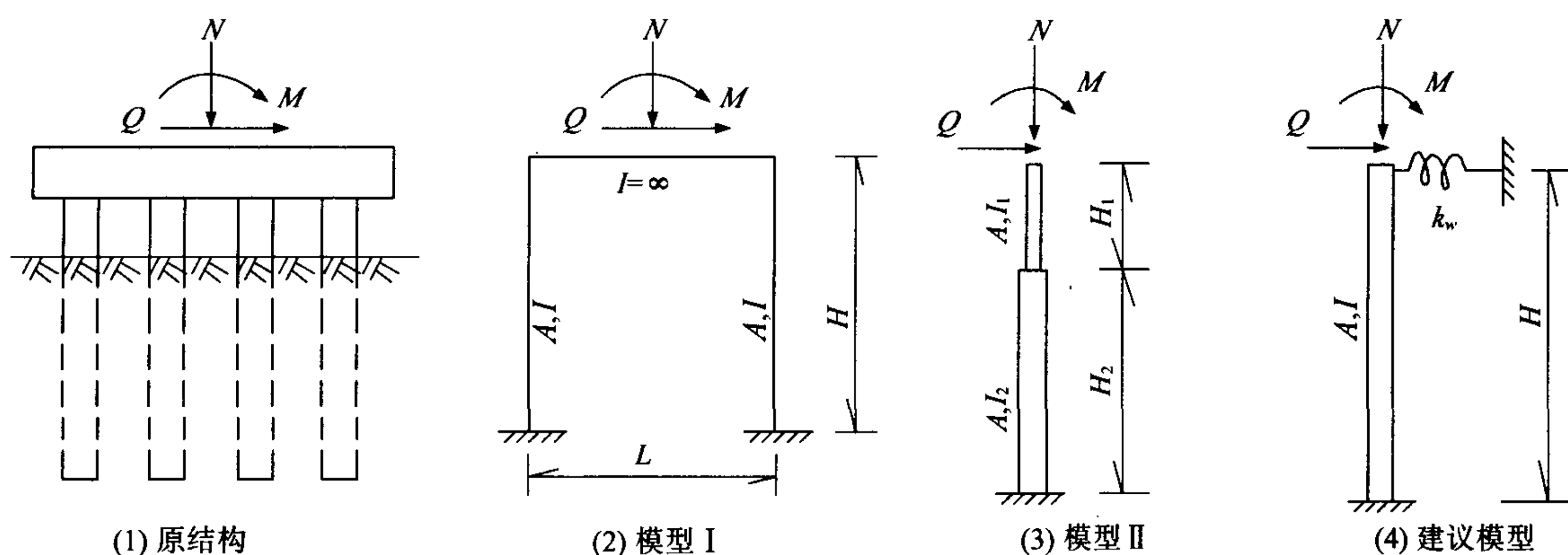


图 1 群桩基础的几种等代计算模型

模型 II: 两段式变高度(等截面)悬臂柱^[2](图 1(3))。

上述两个等代模型具有一个共同的构思,那就是按照图 1 的原结构先计算出 4 个已知的变位值 δ_{QQ} 、 δ_{MQ} (分别为单位水平力作用在原结构上时,产生的水平位移和转角)、 δ_{QM} 、 δ_{MM} (分别为单位弯矩作用在原结构上时,产生的水平位移和转角)和 δ_{NN} (单位竖向轴力作用在原结构上时,产生的竖向位移),其中 $\delta_{MQ} = \delta_{QM}$,然后利用它们来确定等代模型上的 4 个待定参数。对于模型 I 的 4 个参数是 H (高度)、 A (立柱截面面积)、 I (立柱截面抗弯惯矩)和 L (两根立柱的中距);对于模型 II 则为 K (用来确定合理高度比 H_1/H_2 范围的无量纲参数)、 H_2 、 I_2 (分别为底

段柱的高度和截面抗弯惯矩)和 A (上、下段柱共同的截面面积),但还需补充假定一个高度比来确定上、下段的抗弯惯矩比,才能全面确定等代模型的技术特性。因此,它没有唯一解。从文献[1]、[2]不难看出,模型 I 的优点是等代公式十分简单,但由于刚架中的双柱与墩(塔)身不在共同的一条竖直轴线上,故当应用迭代法分析高墩(塔)在压弯荷载下的几何非线性效应影响时^[3],不便于在计算机上将变形曲线的横向坐标直接拷贝到输入文件上,而位于双柱式的部分坐标还需用手工逐个修正输入;模型 II 则克服了上述的缺点,但计算过程相对复杂一些,而且还需解二次式方程才能确定抗弯惯矩比 I_2/I_1 。

为此,作者在认真学习文献[1]、[2]中的新构思

以后,综合上述 2 个计算模型的优点,对模型Ⅱ提出了一个改善的建议,即在单根等截面的悬臂柱上端,增设一个刚度为 k_w 的水平弹簧支承,于是,该模型需待定的 4 个参数为 H (高度)、 A (截面面积)、 I (截面抗弯惯矩)和 k_w ,如图 1(4)所示。作为一点学习心得,现提出来供讨论。

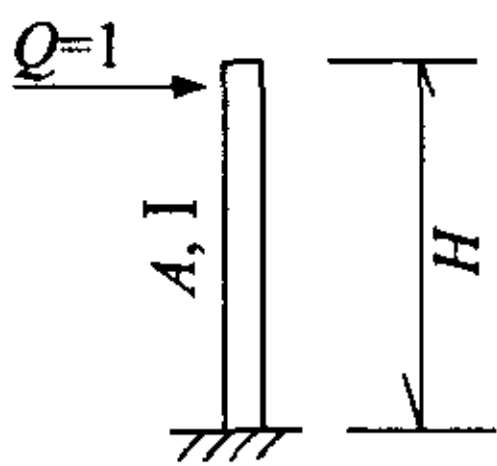
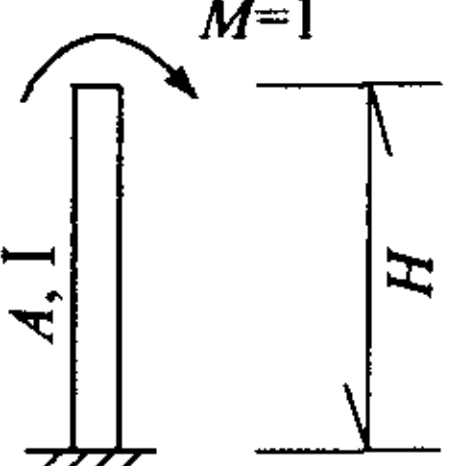
1 建议计算模型的参数确定

对于图 1(4)所示的建议计算模型,它的 4 个待定参数可以应用《结构力学》中的力法原理来推导其相应的计算公式,现分述如下。

1.1 悬臂柱变位的基本公式

为了后面的推导,表 1 先列出简单悬臂柱的变位公式,这些都能从一般《手册》中找到。

表 1 悬臂柱变位基本公式

			
位移 $\Delta_{QQ} =$	$\frac{H^3}{3EI} = \frac{1}{k_d}$	位移 $\Delta_{QM} =$	$\frac{H^2}{2EI} = \frac{3}{2H} \cdot \frac{1}{k_d}$
转角 $\theta_{MQ} =$	$\frac{H^2}{2EI} = \frac{3}{2H} \cdot \frac{1}{k_d}$	转角 $\theta_{MM} =$	$\frac{H}{EI} = \frac{3}{H^2} \cdot \frac{1}{k_d}$

注: k_d 为悬臂墩的抗推刚度, $k_d = \frac{3EI}{H^3}$; E 为弹性模量。

1.2 一端固支、另一端设水平弹簧支承的立柱

为了推导出图 1(4)在单位力作用下的各种变位,首先应用力法求解水平弹簧支承中的赘余力 X_1 ,此解比较简单,表 2 仅列出其最终结果。然后应用表 1 中的公式分别计算单位外力及其相应的赘余力 X_1 对柱上端产生的变位,并进行相应的叠加,便得到图 1(4)中各单位力分别作用时的变位公式。

$Q=1$ 作用时:

$$\delta_{QQ} = \frac{1}{k_d + k_w} \quad (1)$$

$$\delta_{MQ} = \frac{3}{2H} \left(\frac{1}{k_d + k_w} \right) \quad (2)$$

$M=1$ 作用时:

$$\delta_{MM} = \frac{3}{4H^2} \cdot \frac{4k_d + k_w}{k_d(k_d + k_w)} \quad (3)$$

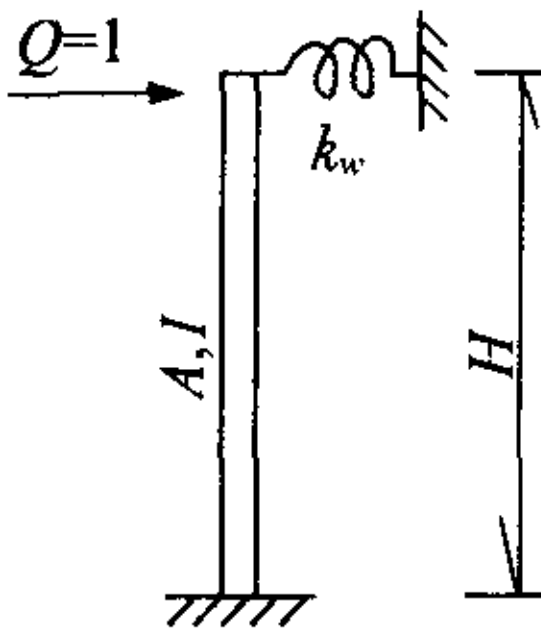
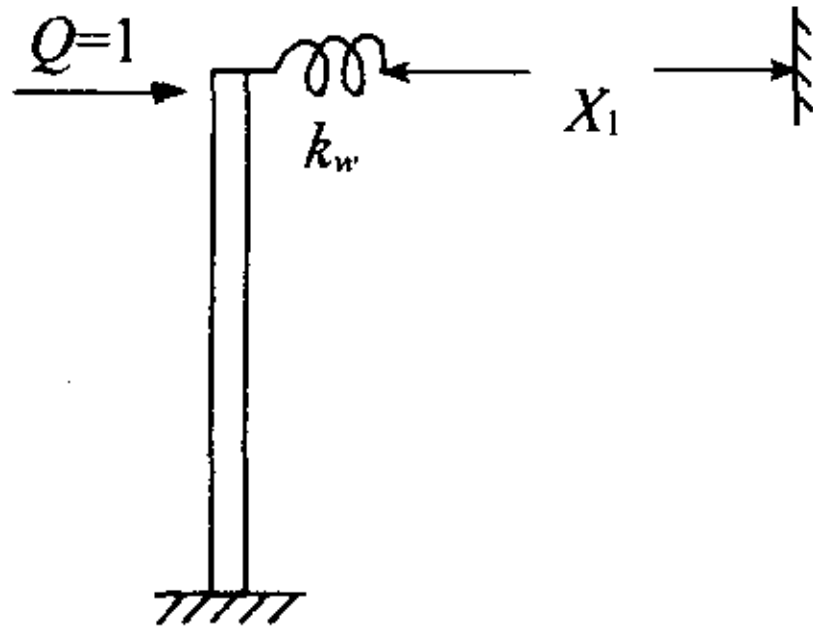
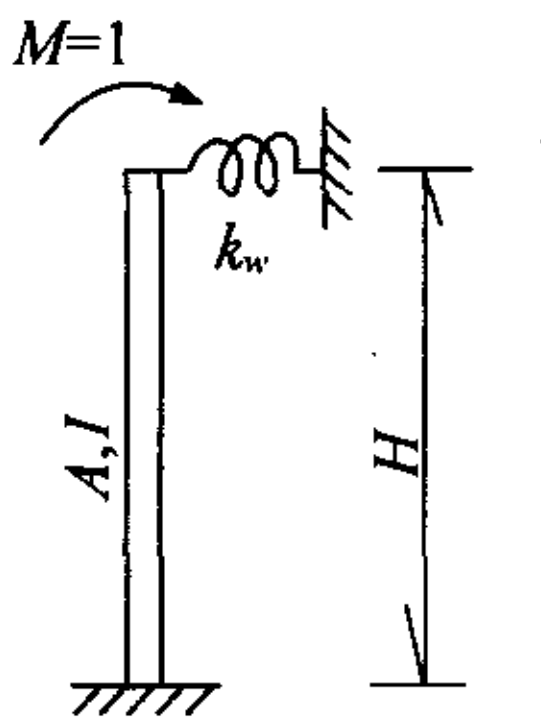
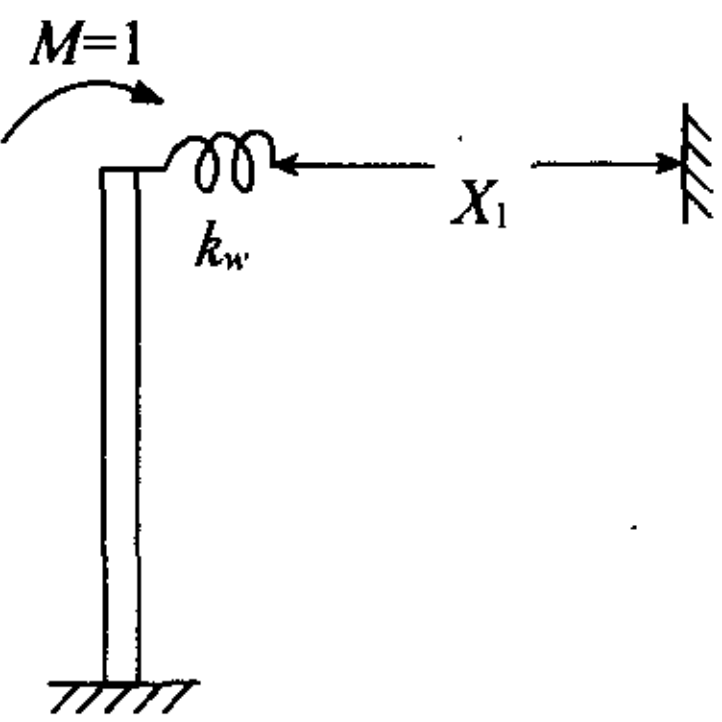
$$\delta_{QM} = \delta_{MQ} \quad (4)$$

此外,对于 $N=1$ 单独作用时,还可写出:

$$\delta_{NN} = \frac{H}{EA} \quad (5)$$

重复说明,上述各变位的定义见本文前面所述, k_d 见表 1 中注。

表 2 基本结构用赘余力 X_1 公式

			
		$X_1 = \frac{k_w}{k_d + k_w}$	
			
		$X_1 = \frac{3}{2H} \cdot \frac{k_w}{k_d + k_w}$	

注:① k_d 见表 1 中注;

②表中的 H 、 A 、 I 和 k_w 均为待定值。

1.3 H 、 A 、 I 和 k_w 的表达式

联立求解上述的式(1)、式(2)、式(3)和式(5),经化简后便得到:

$$\text{高度 } H = \frac{3\delta_{QQ}}{2\delta_{MQ}} \quad (6)$$

$$\text{面积 } A = \frac{3}{2E} \cdot \frac{\delta_{QQ}}{\delta_{MQ} \cdot \delta_{NN}} \quad (7)$$

$$\text{或 } A = \frac{H}{E\delta_{NN}} \quad (7a)$$

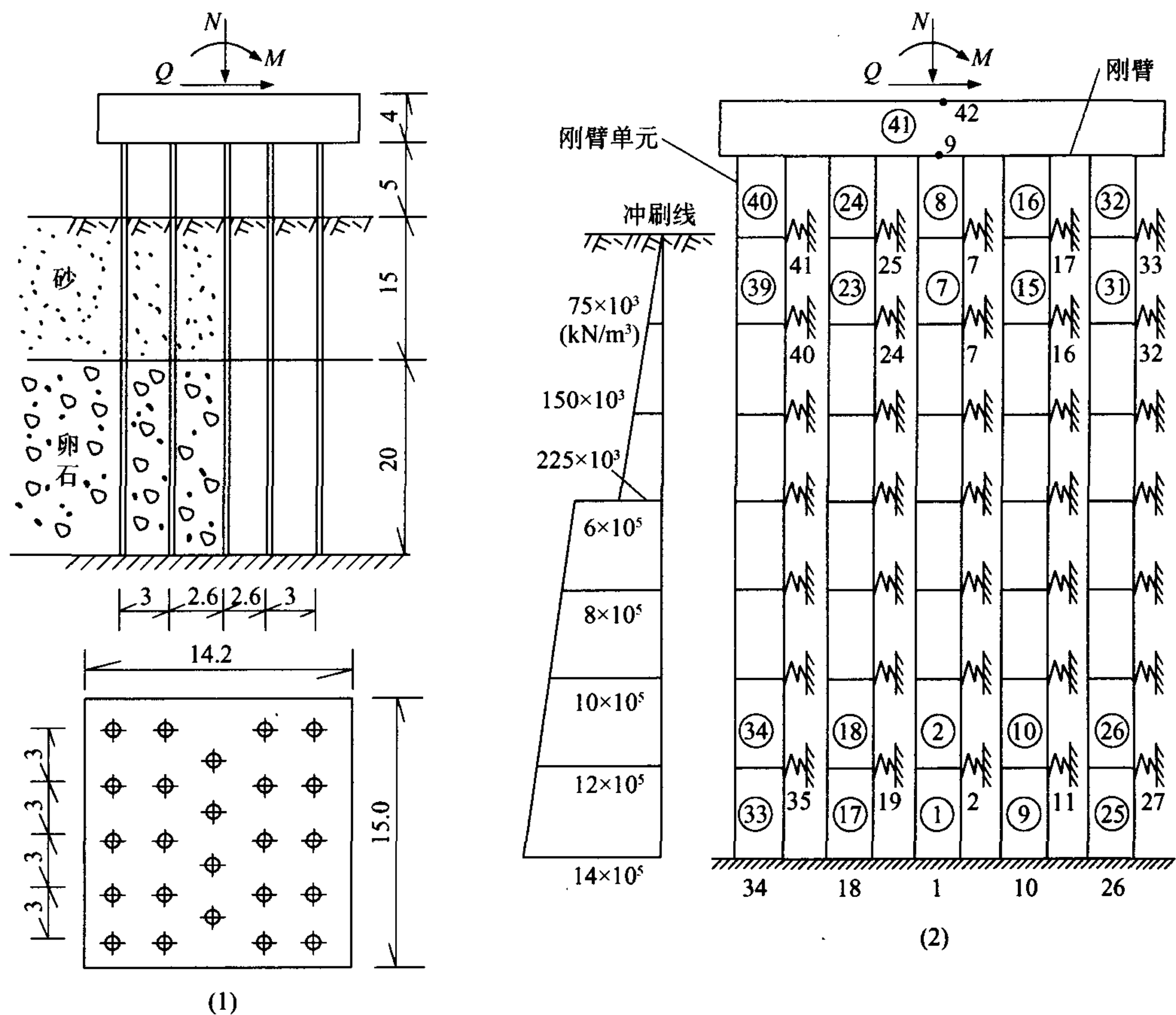
$$\text{抗弯惯矩 } I = \frac{H^2}{6E} \cdot \frac{\delta_{MQ}}{(\delta_{QQ} \cdot \delta_{MM} - \delta_{MQ}^2)} \quad (8)$$

弹簧支承刚度

$$k_w = \frac{H \cdot \delta_{MM} - 2\delta_{MQ}}{H(\delta_{QQ} \cdot \delta_{MM} - \delta_{MQ}^2)} \quad (9)$$

2 算例

设图 2 所示的群桩基础,它由刚性承台与 24 根直径 $D=1.5$ m 混凝土桩构成,混凝土弹性模量 $E=2.85 \times 10^7$ kN/m²,桩尖嵌入岩层,覆盖层的比例系数分别为: $m_{\text{砂}}=15\,000$ kN/m⁴, $m_{\text{卵石}}=40\,000$ kN/m⁴,各种尺寸均示于图中,试按图 1(4)的等代单柱模型确定其主要技术参数。



单位:m

图 2 群桩基础基本尺寸及其离散图

解题步骤如下。

- 2.1 按《地规》^[4]每排桩的计算宽度 b_1 (过程略)
中间第 3 排桩: $n=4$ 根 $b_1 \approx 5.7$ m
其余每排桩: $n=5$ 根 $b_1 \approx 7.1$ m

2.2 离散图

对于本例共划分 41 单元、42 个结点,其中含 5 个带刚臂的单元,如图 2(2)所示。

2.3 计算覆盖层对桩单元结点的水平弹性抗力

为了便于应用平面杆系有限元法程序,将土对桩单元非均匀分布的弹性抗力,按照下式简化为位于各个结点处的水平向集中弹簧支承,弹簧支承的刚度 K_i 为:

$$K_i=b_1 \cdot m \cdot h_i \cdot \overline{\Delta S_i} \tag{10}$$

式中: h_i 为自冲刷线起算至 i 结点处的覆盖层深度; $\overline{\Delta S_i}$ 为 i 结点的上、下单元长度之平均值,其余符号同前。其计算结果见表 3。

2.4 程序计算结果

分别令 $Q=1, M=1$ 和 $N=1$ 输入,应用有限元法程序运算后,便得到以下 4 个变位置量:

表 3 集中弹簧支承刚度 K_i 汇总

埋深 $\frac{h_i}{m}$	地基系数 $\frac{C=mh_i}{kN/m^3}$	计算宽度 $b_1=7.1$ m		$b_1=5.7$ m	
		结点号 i	$K_i/(kN/m)$	i	$K_i/(kN/m)$
0	0	17,25,33,41	332 813	8	267 188
5	75 000	16,24,32,40	2 662 500	7	2 137 500
10	150 000	15,23,31,39	5 325 000	6	4 275 000
15	225 000 600 000	14,22,30,38	15 753 125	5	12 646 875
20	800 000	13,21,29,37	28 400 000	4	22 800 000
25	1 000 000	12,20,28,36	35 500 000	3	28 500 000
30	1 200 000	11,19,27,35	42 600 000	2	34 200 000

$\delta_{QQ}=7.629 \times 10^{-7} m,$
 $\delta_{MQ}=\delta_{QM}=1.795 \times 10^{-8} rad,$
 $\delta_{NN}=3.308 \times 10^{-8} m,$
 $\delta_{MM}=2.007 \times 10^{-9} rad.$

2.5 等式模拟结构的参数计算

由式(6)得

$$H=\frac{3 \times 7.629 \times 10^{-7}}{2 \times 1.795 \times 10^{-8}}=63.752 m$$

文章编号: 0451-0712(2006)01-0016-05

中图分类号: U445.551

文献标识码: B

海上钻孔桩施工技术

曾 敏, 王开民

(铁道科学研究院 北京市 100081)

摘 要: 厦门纳潮口大桥主桥墩为 18 根桩径为 2.0 m 的钻孔桩, 桩长 70 余 m, 最多时穿过 10 层孤石, 钻孔过程中受潮汐影响, 文中介绍在复杂地质和条件下, 海上钻孔桩的施工技术及质量控制。

关键词: 海上钻孔桩; 基础施工; 质量控制

1 工程概况与桥位地质

纳潮口大桥为厦门环岛路五通~墩上段重点工程, 从海湾穿过, 全长 810.08 m, 桥梁上部结构形式为 6×40 m 一联预应力混凝土连续梁 + (58+208+58)m 三跨中承式钢—混凝土叠合梁和钢拱肋提篮拱 + 6×40 m 一联预应力混凝土连续梁, 主桥主墩采用分离式承台, 每座承台 9 根桩径为 2.0 m 的钻孔桩, 桩长不等, 为 52.5~73.5 m。为了抵抗拱座上的横向水平推力, 在左右幅主墩之间设置横系梁。

厦门海域的潮流性质属正规半日潮浅海潮流, 地形对潮流作用甚大, 平均大潮最大流速一般均小于 0.4 m/s; 高潮时水位 3.76 m, 低潮时水位 -2.48 m;

年平均波浪高 1.6 m。桥位处海床面高程在 -2.0 m 左右, 涨潮时水深近 6 m, 退潮时为滩涂。

桥位处地质情况复杂, 相邻桩位岩面起伏较大, 且孤石成群, 最长达 10 层, 孤石层厚从 3~10 m 不等, 部分呈现探头石, 孤石强度较高, 最大抗压强度达 179.10 MPa。

覆盖层厚度为 18.6~35.4 m, 主要为残积亚粘土, 属中等压缩土, 天然状态下工程性能较好, 该层局部夹有中风化、微风化孤石。

覆盖层下依次为强风化花岗岩、弱风化花岗岩、微风化花岗岩, 受断面构造影响, 岩面起伏较大, 矿物成分主要为长石、石英、云母等, 岩石自然最大强

收稿日期: 2005-07-18

代入式(7a)得:

$$A = \frac{63.752}{2.85 \times 10^7 \times 3.308 \times 10^{-8}} = 67.621 \text{ 4 m}^2$$

由式(8)得:

$$I = \frac{63.752^2}{6 \times 2.85 \times 10^7} \times \frac{1.795 \times 10^{-8}}{[7.629 \times 10^{-7} \times 2.007 \times 10^{-9} - (1.795 \times 10^{-8})^2]} = 352.900 \text{ 3 m}^4$$

由式(9)得:

$$k_w = \frac{63.572 \times 2.007 \times 10^{-9} - 2 \times 1.795 \times 10^{-8}}{63.572 \times [7.629 \times 10^{-7} \times 2.007 \times 10^{-9} - (1.795 \times 10^{-8})^2]} = 1 \text{ 194 338.05 kN/m}$$

等代结构的截面高度 h_e 可按下式计算:

$$h_e = \sqrt{\frac{12I}{A}} = \sqrt{\frac{12 \times 352.900 \text{ 3}}{67.621 \text{ 4}}} = 7.913 \text{ 6 m}$$

相应的截面宽度 b_e 为:

$$b_e = \frac{A}{h_e} = \frac{67.621 \text{ 4}}{7.913 \text{ 6}} = 8.545 \text{ m}$$

3 结语

在学习文献[1]、[2]经验的基础上, 对群桩基础等代模拟图式提出了一点改善的建议, 具有结构形式与计算公式均较简单的优点, 可供设计人员选用。

参考文献:

- [1] 杨高中, 杨征宇, 等. 连续刚构桥在我国的应用和发展[J]. 公路, 1998, (6, 7).
- [2] 袁洪. 桩基结构模拟方法[J]. 公路, 2000, (4).
- [3] 程翔云. 桩柱式高桥墩几何非线性效应分析的迭代法[J]. 公路, 2003, (8).
- [4] JTJ 024-85, 公路桥涵地基与基础设计规范[S].