

桩基础优化设计系统的开发与应用*

张 云 波

(华侨大学土木工程系, 泉州 362011)

摘要 介绍桩基础优化设计(PFOD)的主要功能、运行环境及系统的设计原理. PFOD 能较快提出各种可行的桩基方案的定量计算结果. 文中算例表明, 在给定的各种可行桩基方案中, 对不同桩型和不同土层的桩基方案计算结果进行比较, 其总造价上下限之比为 1.3~1.5, 这为设计人员确定经济、合理的桩基设计方案提供了很大的方便.

关键词 桩基础, 方案, 优化设计

分类号 TU 473.1

在建筑工程设计中, 一个经济合理、方法可行的桩基础, 不仅对建筑物的安全有举足轻重的影响, 而且有着显著的经济效益. 然而, 桩基础的设计受到地质构造、岩土特性、建筑形式、荷载分布、施工条件、材料等众多相互关联因素的影响. 要找出较优的设计方案, 须经过繁琐的计算, 其工作量是巨大的. 为了减轻设计人员的计算工作量, 提高优化设计效率, 国内有人借助电子计算机进行辅助设计, 并取得一些进展. 文[1]提出的辅助设计专家系统将一些经验性的分析判断及查找规范条文交由计算机处理, 虽能迅速提出若干个预选方案, 但缺乏定量比较. 文[2]对多桩承台的优化设计有一定的特色, 但也有其局限性. PFOD 系统能根据给定的桩基设计资料, 对给定各种可行的桩基方案迅速提出定量分析结果. 这为设计人员确定合理、优化的桩基方案提供了有说服力的依据.

1 系统的功能及运行环境

1.1 系统的功能

PFOD 系统分为数据录入、桩基方案阶段设计、施工图阶段设计(待扩充)和数据输出 4 个模块, 系统运行全部由主菜单控制以方便用户使用. PFOD 系统的主要有下面几个功能.

(1) 数据录入. 它包括上部荷载和地质资料录入两部分. (a) 上部荷载输入有数据文件、读 PM, PK, TAT 及屏幕录入三种方式. (b) 地质资料输入有数据文件、屏幕录入两种方式.

(2) 桩基方案. 它包括预制桩、沉管灌注桩、钻孔灌注桩以及人工挖孔灌注桩 4 种桩型(可扩充其它桩型). 用户根据地质资料判断并初选桩型, 确定桩型后, 程序自动进入各种桩型的设计菜单.

* 本文 1996-10-10 收到

(a) 预制桩. 进入该菜单后, 用户可以根据施工条件及荷载大小初步判定预制桩截面尺寸 {0.30, 0.35, 0.40, 0.45, 0.50}, 然后选择持力层(可选择不同的持力层), 并对以上各种方案进行单桩承载力设计, 逐柱确定桩数及承台尺寸.

(b) 沉管灌注桩. 系统进入本菜单后, 用户依施工条件和荷载大小初步选定桩径 {0.40, 0.45, 0.50, 0.55}, 然后选择持力层, 并进行单桩承载力设计和确定柱下桩数和承台尺寸.

(c) 钻孔灌注桩. 系统进入本菜单后, 用户选择持力层, 然后根据各柱荷载及土层参数确定桩径和承台尺寸.

(d) 人工挖孔灌注桩. 系统进入本菜单后, 用户选择持力层, 根据持力层承载能力确定扩大头直径 D_1 , 然后确定桩身直径.

(3) 打印输出. 它分为原始数据打印输出和桩基础方案输出或全部方案输出.

系统功能结构图见图 1.

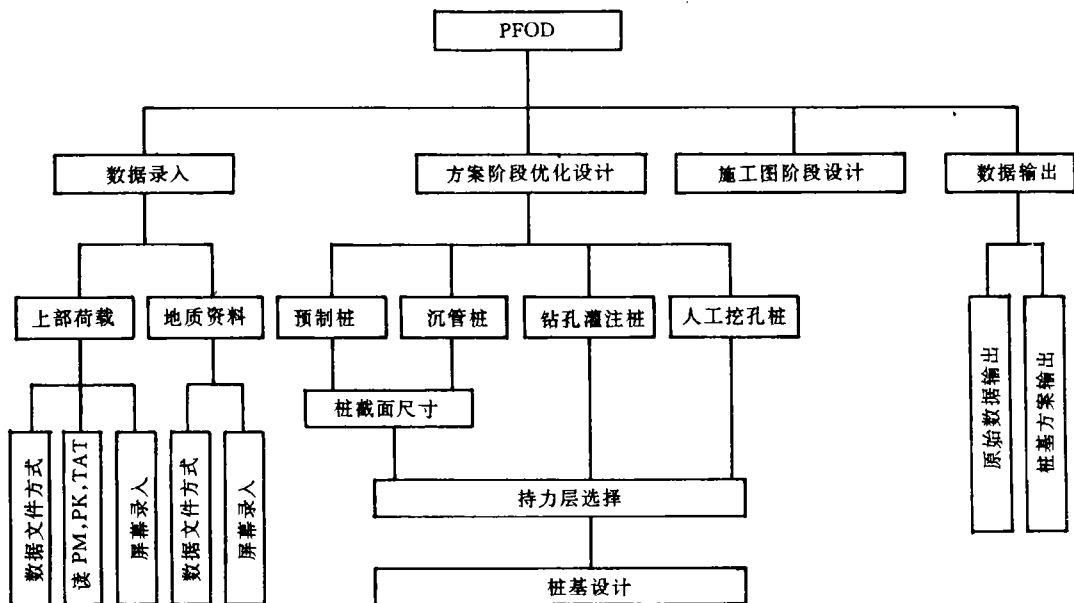


图 1 系统功能结构图

1.2 系统运行环境

PFOD 系统运行的环境为微机 386 以上及其兼容机, 并配置 VGA 高分辨率彩色显示器和适配器. 软件运行环境为 DOS3.3, 中文系统为 2.13、中国龙等, 编程语言为 Quik Basic.

2 系统的设计

PFOD 系统设计包括单桩承载力设计、桩数确定、承台尺寸、钻孔灌注桩桩身直径及人工挖孔灌注桩桩身尺寸的确定等. 在方案阶段桩基设计时作如下假设: (1) 上部荷载仅考虑竖向荷载(轴力); (2) 各土层厚度均匀.

2.1 单桩承载力设计

单桩承载力设计仅考虑预制桩及沉管灌注桩两种类型, 其计算公式为⁽³⁾

$$R_k = \alpha_p q_p A_p + \beta_i \mu_p \sum q_{si} l_i, \quad (1)$$

式中 α_p 为桩端承载力经验系数, 由文[4]附表 7-1 确定; q_p 为桩端土承载力标准值; A_p 为桩身横截面面积; β_i 为周承载力系数; μ_p 为桩身周边长度; q_{si} 为桩周土的摩擦力标准值; l_i 为按土层划分的各段桩长。

2.2 柱下桩数确定

柱下桩数为

$$n = (F + G)/R_k, \quad (2)$$

式中 F 为作用于桩基上的竖向力设计值; G 为桩基承台自重设计值和承台上的土自重标准值; n 为桩数. 对桩数 $n \geq 9$, 则按假想的实体深基础进行验算。

2.3 承台尺寸

对于预制桩及沉管灌注桩, 其承台尺寸确定见文[2]. 钻孔灌注桩及人工挖孔灌注桩若按单桩考虑, 则承台尺寸为 $2D \times 2D \times 0.5$ (D 为桩身直径)。

2.4 钻孔灌注桩桩径

由式(1)知, F 为

$$F = \alpha_p q_p A_p + \beta_i \mu_p \sum q_{si} l_i. \quad (3)$$

令 $A_p = \frac{\pi}{4} D^2$, $\mu_p = \pi D$ (D 为钻孔灌注桩直径), 则 F 为

$$F = \frac{\pi}{4} \alpha_p q_p D^2 + \pi \beta_i D \sum q_{si} l_i. \quad (4)$$

令 $\alpha = \frac{\pi}{4} \alpha_p q_p$, $\beta = \pi \beta_i \sum q_{si} l_i$, 则式(4)为

$$\alpha D^2 + \beta D - F = 0, \quad (5)$$

从而解得

$$D = (\sqrt{\beta^2 + 4\alpha F} - \beta)/2\alpha. \quad (6)$$

2.5 人工挖孔灌注桩桩身构造尺寸

(1) 扩大头直径 D_1 . 人工挖孔灌注桩若按端承桩考虑, 则

$$D_1 = \sqrt{F/\pi q_p}. \quad (7)$$

(2) 桩身直径 d . 桩身直径由以下 3 个因素确定, 即 $d = \max(D_1/3, 800, 2\sqrt{F/\pi f_c})$.

(3) 扩大头构造. 扩大头构造见图 2, 其构造尺寸为

$$a = D_1 - d/2, \quad h_b = 0.15D_1, \quad h_c = 1.5(D_1 - d).$$

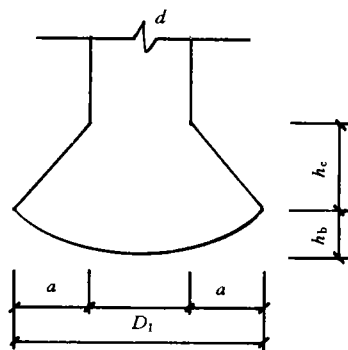


图 2 人工挖孔桩扩大头构造示意图

3 工程实例

某 12 层商住楼平面轴线尺寸为 $(6.3 + 7.2 + 6.3) \times (7.2 + 7.2 + 7.2)$, 底层柱轴力 ($Z-1$) 为 2 750 kN; ($Z-2$) 为 6 237 kN; ($Z-3$) 为 5 290 kN; ($Z-4$) 为 9 931 kN. 其承台底标高为 -2.5 m, 地基土层自上至下为: (1) 杂填土厚 1.5 m; (2) 粉质粘土厚 4 m; (3) 淤泥厚 5 m; (4) 含泥粗砾砂 2 m; (5) 残积砾质粘土厚 5 m; (6) 强风化花岗岩厚 3 m.

根据地质勘察报告建议,本工程宜选用预制桩及沉管灌注桩.选择(4),(5)土层作为桩基持力层.应用 PFOD 系统计算得到 8 种方案的计算结果见附表,其中 l 为桩长; V_1 为桩身砼量; V_2 为承台砼量; C 为总造价.

附表 8 种方案计算结果^①

项目	(4)	(4)	(5)	(5)	(4)	(4)	(5)	(5)
l/m	12	12	17	17	12	12	17	17
A/m	0.4×0.4	0.45×0.45	0.4×0.4	0.45×0.45	$\varnothing 0.45$	$\varnothing 0.50$	$\varnothing 0.45$	$\varnothing 0.50$
R_k/kN	653	793	1 197	1 436	561	663	932	1 095
n	172	140	84	72	204	172	120	104
V_1/m^3	330.2	340.4	228.5	248.0	389	405	324.4	347.2
V_2/m^3	224.1	230.7	96.13	108.29	318	355.5	190.4	178.8
$C/万元$	32.41	33.39	20.35	22.22	23.75	25.59	17.17	17.49

① 桩及承台总造价按市场价,取预制桩为 $742 \text{ 元} \cdot \text{m}^{-3}$,沉管桩为 $322 \text{ 元} \cdot \text{m}^{-3}$,承台为 $353 \text{ 元} \cdot \text{m}^{-3}$;前 4 栏方案为预制桩,后 4 栏方案为沉管桩

4 结束语

从表 1 可以 2 看出,对相同土层、相同桩型而不同桩径的桩基方案,其总造价相差不大,且其上下限之比一般为 $1.02 \sim 1.09$;而相同土层不同桩型的桩基方案,其总造价上下限之比则为 $1.42 \sim 1.55$;相同桩型不同土层的桩基方案,其总造价上下限之比为 $1.33 \sim 1.55$. 对其它两个工程,按不同桩型及不同土层进行计算比较后,可知其总造价上下限之比为 $1.3 \sim 1.5$.

该系统的使用,为设计人员及业主选择经济、合理的桩基方案提供了有价值的参考数据.

参 考 文 献

- 1 白 航,朱小林. 桩基方案辅助设计专家系统. 同济大学学报,1995,23(3):299~302
- 2 张云波,庄光辉. 桩基础优化设计. 工程力学,1995,增刊:890~894
- 3 中国建筑科学研究院. GBJ7-89 建筑地基基础设计规范. 北京:中国建筑工业出版社,1990
- 4 福建省建筑工程总公司. DBJB-07-91 建筑地基基础勘察设计规范. 福州:福建科技出版社,1992

Development of Optimized Pile Foundation Design System and Its Application

Zhang Yunbo

(Dept. of Civil Eng., Huaqiao Univ., 362011, Quanzhou)

Abstract An optimized pile foundation design system is developed. By this system quantitative results can be fastly calculated from all feasible pile foundation plan based on given design data, and economic and reasonable design plan can be determined. As demonstrated by test and service in engineering examples, this is effective, rapid and feasible for the use of pile foundation design, with minimum/maximum price ratio of $1.3 \sim 1.5$. The description includes its main function, operating range and design principle.

Keywords pile foundation, design plan, optimization