

文章编号 1000-5013(2000)02-0168-04

夯扩桩在泉州晋江机场的应用

吕 振 利

(华侨大学土木工程系, 泉州 362011)

摘要 详细介绍泉州晋江机场工程项目的夯扩桩设计及静载试验情况. 试验结果表明, 笔者所确定的夯扩桩设计参数及单桩竖向承载力是适宜的. 在合适的工程地质条件下, 推广使用夯扩桩将获得显著的经济效益. 本工程采用夯扩桩比预制桩节约投资 33%.

关键词 夯扩桩, 设计参数, 承载能力, 静载试验, 经济效益

中图分类号 TU 413.4; TU 248.6

文献标识码 A

夯扩桩是在沉管灌注桩的基础上发展起来的一种扩底新工艺、新桩型. 具有承载能力高、施工质量好、工程造价低和施工工期短等特点. 该桩型于 80 年代初在国内研试成功后开始应用. 由于夯扩桩在国内推广的时间较短, 夯扩机理、单桩承载力的计算等方面的理论尚未成熟. 目前夯扩桩的设计主要取决于经验. 因此, 设计时如果过于保守会造成浪费. 而过高估计单桩的承载力将给工程留下安全隐患. 所以, 搞清夯扩桩的夯扩机理及其单桩承载力的影响因素, 并确定合理的设计参数, 反映到夯扩桩设计、施工及检测的行业标准中. 这既有理论价值又有重大实际意义. 本文结合泉州晋江机场实例, 对该工程的夯扩桩设计情况作一介绍和总结.

1 工程概况

泉州晋江机场航管楼为 6 层框架结构, 候机楼为 2 层大跨度框架结构. 原设计均为预制桩基础. 考虑预制桩的施工工期及工程造价等因素后, 机场筹建处提出更改桩型的意见. 我们为该机场航管楼、候机楼等项目的夯扩桩基础设计提供技术咨询服务. 机场位于晋江市高霞村北侧, 场地的主要土层自上而下依次累计为 8 种. (1) 素填土: 湿、松散, 其厚度为 0.2~0.7 m. (2) 淤泥: 很湿至饱和、软塑, 其厚度为 0.5~2.5 m. (3) 轻砂质粘土: 很湿、软可塑至可塑, 其厚度为 1.7~4.6 m. (4) 淤泥至淤泥质土: 饱和、流塑至软塑, 其厚度为 0.3~3.0 m. (5) 粉质粘土: 湿、可塑, 其厚度为 0.6~6.8 m. (6) 砂质粘土: 湿至稍湿、可塑, 其厚度为 1.0~6.2 m. (7) 残积砂质粘土: 稍湿、硬塑, 其厚度大于 6.2 m. (8) 强化粗粒花岗岩: 厚度未穿透等.

针对上述地质条件, 本工程不可能采用柱下天然地基基础. 对于预制桩、冲钻孔灌注桩、人工挖孔灌注桩、沉管灌注桩和夯扩桩等桩型, 笔者综合考虑其施工工期、工程质量及工程造价.

最后, 建议采用夯扩桩基础. 有关夯扩桩的设计与施工, 文 [1] 已有详细介绍, 此处不再重复.

夯扩桩是一种以桩端夯扩头支承为主、桩侧摩阻力为辅的新桩型. 因此, 要使夯扩桩的承载力得到较大幅度地提高, 必须使端部夯扩头置于强度较高的土层中. 由于施工机械、桩架高度和拔管力限制, 夯扩桩一般适用如下地质条件. 地表下 3 ~ 20 m 为软弱土层或不均匀软弱土层, 下面有一层性质较好的桩端持力土层. 桩端持力层通常为砂砾卵石、砂性土、硬粘性土等. 晋江机场的地质条件正好与此相吻合.

2 夯扩桩单桩竖向承载力的计算

根据机场航管楼、候机楼所在场地的地质条件, 选择残积砂质粘土层作为桩端夯扩头的持力层. 桩端进入持力层 1.5 m, 桩长约为 18 m. 下面着重介绍夯扩桩的设计与计算步骤.

2.1 确定夯扩桩设计参数

根据本工程柱底内力及地质条件, 选择两种口径的外管, 其外径(d)、内径(d_0) 分别为 377 mm, 357 mm 和 500 mm, 480 mm. 选择残积砂质粘性土为持力层, 取 $q_{pk} = 2\,000$ kPa; 淤泥、淤泥质土两土层厚按 5 m 考虑, 取 $q_{sik} = 10$ kPa; 轻砂质粘土、粉质粘土、砂质粘土三土层厚按 12 m 考虑, 取 $q_{sik} = 20$ kPa. 下述两种管径的夯扩桩设计参数. (1) $d = 377$ mm, $d_0 = 357$ mm, $H = 2.8$ m, $h = 1.2$ m, $h - c = 0.6$ m. (2) $d = 500$ mm, $d_0 = 480$ mm, $H = 2.8$ m, $h = 1.3$ m, $h - c = 0.8$ m.

2.2 夯扩头直径 D 的计算^[1]

夯扩头直径 D 的计算公式为

$$D = d_0 \sqrt{(H + h - c)h^{-1}}.$$

式中 H , h 分别为夯扩工序中外管灌注砼高度和上拔高度(从桩底起算), c 为夯扩工序中内外管同步下沉至离桩底的距离. (1) 外管直径 $d = 377$ mm, $D = 0.357 \sqrt{(2.8 + 0.6)/1.2} = 0.601$ (m). (2) 外管直径 $d = 500$ mm, $D = 0.480 \sqrt{(2.8 + 0.8)/1.3} = 0.799$ (m).

2.3 夯扩桩承载力的计算

夯扩后扩大头直径 D 分别为 0.601 m 及 0.799 m 均小于 0.8 m. 根据《建筑桩基技术规范》第 5.2.8 条^[2], 单桩竖向极限承载力标准值为 Q_{uk} , 且 $Q_{uk} = Q_{sk} + Q_{pk} = u \sum q_{sik} l_i + q_{pk} A_p$. 式中 u 为桩身周长, q_{sik} 为桩侧第 i 层土的极限侧阻力标准值, l_i 为桩穿越第 i 层土的厚度, q_{pk} 为极限端阻力标准值, A_p 为桩端面积.

单桩竖向承载力设计值为 R , 且 $R = Q_{uk}/\gamma_{sp}$. 式中 γ_{sp} 为桩侧阻端阻综合抗力分项系数, 取 $\gamma_{sp} = 1.75$. (1) $d = 377$ mm, $Q_{uk} = u \sum q_{sik} l_i + q_{pk} A_p = 0.377\pi(10 \times 5 + 20 \times 12) + 2\,000 \times 0.601^2\pi/4 = 910.8$ (kN), $R = Q_{uk}/\gamma_{sp} = (910.8/1.75) = 520.5$ (kN), 取 $R = 500$ kN. (2) $d = 500$ mm, $Q_{uk} = u \sum q_{sik} l_i + q_{pk} A_p = 0.500\pi(10 \times 5 + 20 \times 12) + 2\,000 \times 0.799^2\pi/4 = 1\,458.3$ (kN), $R = Q_{uk}/\gamma_{sp} = 1\,458.3/1.75 = 833.3$ (kN), 取 $R = 800$ kN.

2.4 夯扩桩的桩身砼强度

夯扩桩属高承载力的现浇砼沉管灌注桩. 在相同工程地质条件下, 相同桩径、桩长的夯扩桩的承载力约为普通沉管灌注桩的 1.5 倍以上. 为保证夯扩桩的极限承载力, 在进行夯扩桩的静载试验时, 桩顶荷载一般是取 R 值的 1.75 倍或更大. 因此, 夯扩桩的桩身强度与质量应引

起足够的重视。

根据文[2]的建筑桩基技术规范,桩身强度计算公式为 $\gamma_0 N \leq 0.8 f_c \pi d^2 / 4$ 。式中 γ_0 为建筑桩基重要性系数。对于安全等级为一、二、三级的建筑物, γ_0 分别取 1.1, 1.0, 0.9; 对于柱下单桩按提高一级考虑; 对于柱下单桩的一级建筑桩基, 则取 $\gamma_0 = 1.2$ 。 N 为桩顶轴向压力设计值, f_c 为砼轴心抗压强度设计值, d 为桩身直径。本工程桩身砼强度等级为 C25, $f_c = 12.5 \text{ MPa}$, 桩身强度的计算有两种。(1) 柱身直径 $d = 377 \text{ mm}$, $0.8 f_c \pi d^2 / 4 (1116 \text{ kN}) > 1.75R (875 \text{ kN})$ 。(2) 柱身直径 $d = 500 \text{ mm}$, $0.8 f_c \pi d^2 / 4 (1963 \text{ kN}) > 1.75R = (1400 \text{ kN})$ 。

3 试桩结果

为验证本工程所选择的夯扩桩具有安全适用、经济合理等优点, 先对候机楼 3 根试验桩进行现场静载试验, 检验所确定的夯扩桩设计参数及单桩竖向承载力的合理性。在各项目桩基施工结束后, 按有关规范进行质量抽检。

机场候机楼试验桩、候机楼工程桩、航管楼工程桩及综合楼工程桩分别于 1995 年 4 月、1995 年 7 月、1995 年 4 月及 1996 年 12 月施工。机场综合楼为 6 层框架结构。设计桩径为 377 mm, 桩长约为 13 m, 桩身砼强度等级为 C20, 单桩竖向承载力设计值 $R = 400 \text{ kN}$ 。

机场航管楼、候机楼及综合楼的桩基检测工作, 均由福建省物探地基桩基检测站负责。按照文献[2, 3]的有关规定, 本工程的静载试验采用慢速维持荷载法。加载系统采用液压千斤顶, 反力系统采用堆载方法。试验过程中一切正常, 测量系统和加压系统等均无异常现象。试桩静载试验结果, 荷载 Q 与沉降量 s 的关系如图 1 所示。

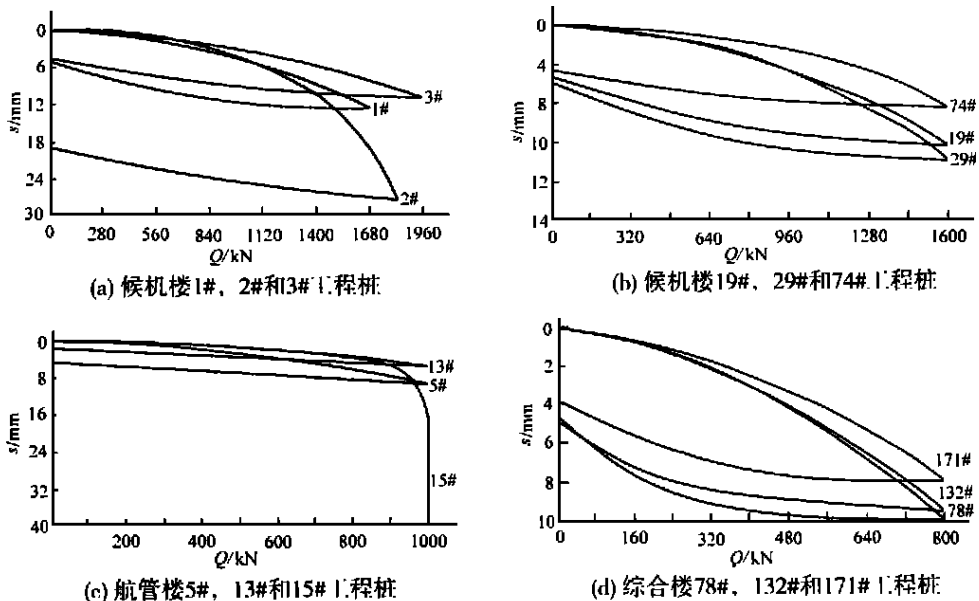


图 1 泉州晋江机场夯扩桩静载试验 $Q-s$ 曲线

通过对图 1 中 $Q-s$ 曲线形态的分析, 可知如下 3 种情况。(1) 候机楼试验桩 2# 的承载力已接近极限状态, 可取其极限承载力为 1820 kN。试验桩 1#, 3# 的极限承载力均大于 1.75R。

(1 400 kN). (2) 航管楼工程桩 5#, 13# 的极限承载力均大于 $1.75R$ (875 kN). 工程桩 15# 在加载到 1 000 kN 时出现急剧沉降的破坏状态, 其累计沉降量已超过 40 mm. 取上一级荷载为极限承载力, 则其极限承载力为 900 kN, 大于 $1.75R$ (875 kN). 事后经检测, 工程桩 15# 在加载到 1 000 kN 时出现急剧沉降的原因, 是该桩浇灌砼时中途停电致使桩身砼强度不足, 桩顶部分被压碎. (3) 候机楼工程桩、综合楼工程桩的试桩结果均满足设计要求.

4 结论

静载试验结果表明, 本文所确定的夯扩桩设计参数及单桩竖向承载力是适宜的. 该工程投入使用已有 3 年, 使用正常、效果良好. 当工程地质条件不理想, 上部有软弱土层而不能采用浅基础时, 若软弱土层下有性质较好的桩端持力层, 选择夯扩桩将获得显著的经济效益. 该工程采用夯扩桩比预制桩节约投资 33%. 目前, 在夯扩机理、单桩承载力计算等方面的理论尚未十分成熟, 有待于进一步试验研究和实践, 不断完善夯扩桩技术.

参 考 文 献

- 1 杨家丽. 夯扩桩的进展与瞻望[J]. 地基处理, 1994, 5(3): 5 ~ 32
- 2 中华人民共和国建设部. JGJ 94-94 建筑桩基技术规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1995. 27 ~ 36, 85 ~ 87
- 3 福建省建设委员会. DBJ 13-07-91 建筑地基基础勘察设计规范[S]. 福州: 福建科学技术出版社, 1992. 130 ~ 135

Application of Rammed Cast-in-Situ Pile to the Project of Jinjiang Air Field in Quanzhou

Lu Zhenli

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

Abstract The design of rammed cast-in-situ pile and the test of static loading for the project of Jinjiang air field are described in detail. As indicated by the test, the design parameters of rammed cast-in-situ piles and the vertical bearing capacity of single pile determined by the author are suitable; to extend the use of rammed cast-in-situ piles under suitable engineering geological condition will bring about significant economic benefit, 33% investment has been saved by adopting rammed cast-in-situ piles instead of premoulded piles in this project.

Keywords rammed cast-in-situ pile, design parameter, bearing capacity, static loading, economic benefit