

地基处理方案中预制桩的比对检测

王坤昂, 谢义兵, 赵志忠

(黄河水利科学研究院, 郑州 450003)

摘要: 根据地基处理方案中预制方桩和管桩的优化选型要求, 对预制方桩和管桩进行了比对静载试验, 检测显示两种桩型的竖向承载能力差异较小, 单桩水平承载力存在很大的差异, 两种桩型的地基土水平抗力系数的比例系数(m 值)也存在很大差异, 分析了两种桩型之间存在差异的原因。

关键词: 水平静载试验; 预制管桩; 管桩; m 值; 临界荷载; 极限荷载; 地基处理; 选型

作者简介: 王坤昂(1976—), 男, 河南唐河人, 武汉水利电力大学毕业, 主要从事岩土、结构工程检测工作。

1 试验方案

针对某电厂 2×600 MW 机组扩建工程地基处理方案中基桩的选型要求, 采用单桩抗压和单桩水平静载荷试验分别对预制方桩和预制管桩进行了试验。实验设计在同一场地, 两组试验间距为 7 m, 预制方桩和预制管桩的反力锚桩均为预制方桩。第一组预制方桩西南角锚桩坐标为 $Y=742.0$ m、 $X=980$ m, 东北角坐标为 $Y=745.0$ m、 $X=989$ m, 方桩设计桩长为上段长 12.75 m, 下段长 9.75 m, 实际桩长 21 m, 桩径为 $400 \text{ mm} \times 400 \text{ mm}$, 混凝土强度等级为 C40, 主筋为 8 根直径 18 mm 的 HRB335 级螺纹钢筋。第二组预制管桩西南角锚桩坐标为 $Y=742.0$ m、 $X=991.0$ m, 东北角坐标为 $Y=745.0$ m、 $X=1000$ m, 管桩设计桩长为上段长 12 m, 下段长 10 m, 实际桩长 22 m, 型号位 PHC500(100)AB, 十字形闭合桩尖, 混凝土强度等级为 C80, 主筋为 10 根直径 10.7 mm 的高强钢丝。

2 单桩竖向抗压静载试验

两组试验均采用了四根锚桩与 3 000 kN 配重组成的联合反力装置, 采用慢速维持荷载法进行试验^[1]。方桩中 fzS1# 在加载量为 3 600 kN 时达到了稳定, 当继续加载时, 桩顶突然沉降, 沉降量超过 200 mm, 桩身破坏, 该根试桩试验结束; fzS2# 在最大加载量达到 4 000 kN, 达到锚桩和配

重的最大抗拔力, 该根试桩开始卸载; fzS3# 在最大加载量达到 3 600 kN, 桩顶水平位移达到 40 mm, 接近破坏状态, 该根试桩开始卸载。管桩中 gzs1# 在加载量为 4 050 kN 时达到了稳定, 但加下一级荷载时, 桩头被整体压碎, 破碎高度约 300 mm, 该根试桩试验结束; gzs2# 加载量为 4 050 kN 时达到稳定, 下级荷载加到 4 300 kN 时, 桩头压裂, 该级荷载加不上并减小, 该试桩开始卸载; gzs3# 最大加载量达到 4 680 kN, 桩头及桩身均未破坏, 达到锚桩和配重的最大抗拔力, 开始卸载。方桩极限承载力统计值取低值 3 600 kN, 管桩极限承载力统计值取低值 4 050 kN。检测结果见表 1。从检测结果看管桩极限承载力是方桩极限承载力的 112.5%, 而管桩侧面积只是方桩侧面积的 102.8%, 管桩在极限荷载时的沉降量较小。两种桩型均采用静压方式施工的, 说明圆形截面对周围土的挤土效应较好, 桩侧摩阻发挥较大。

表 1 单桩竖向抗压静载试验结果表对比表

桩型	桩号	稳定 加载量 (kN)	沉降值 (mm)	回弹值 (mm)	回弹率 (%)	极限 承载力 (kN)	极限承 载力对 应的沉 降(mm)
方 桩	fzS1#	3 600	23.3	—	—	3 600	23.3
	fzS2#	4 000	16.3	12.2	74.7	4 000	16.3
	fzS3#	3 600	25.2	8.39	33.2	3 600	25.2
管 桩	gzs1#	4 050	19.9	—	—	4 050	19.9
	gzs2#	4 050	18.2	10.0	55.2	4 050	18.2
	gzs3#	4 680	12.7	3.42	26.9	4 680	12.7

3 单桩水平静载试验

两种桩型的桩身材料力学特性^[2]比较见表2。水平静载试验采用单向多循环加载法,测量各级荷载作用下的桩顶受力位置荷载和水平位移。方桩的水平分级荷载为7.5 kN,方桩水平极限承载力取低值97.5 kN,方桩水平临界荷载45 kN;管桩的水平分级分别为10 kN和18 kN,管桩水平极限承载力取低值170 kN,管桩水平临界荷载取低值110 kN。检测结果见表3。桩的抗弯能力取决于桩和土的力学性能、桩的自由长度、抗弯刚度、桩宽、桩顶约束等因素。从表2可以看出管桩和方桩的抗弯模量之比为0.95,抗弯刚度之比为1.39,从表3可以得出管桩与方桩的水平临界荷载之比为2.44,管桩与方桩的水平极限荷载之比为1.74,管桩在临界荷载及极限荷载时的水平位移均略小于方桩的相应位移。说明管桩在相同条件下的水平承载力发挥优于方桩。

表2 两种桩型的桩身力学特性对比表

桩型	混凝土 弹模 E_c (10^7 kN/ m ²)	钢筋弹 模 E_s (10^8 kN/ m ²)	配筋率 ρ (%)	桩身惯 性矩 I (10^{-3} m ⁴)	桩身抗 弯刚度 E_I (10^3 kN/ m ²)	桩身抗 弯模量 W_0 (10^{-3} m ³)
方桩	3.25	2.0	1.27	2.31	74.98	11.5
管桩	3.8	2.0	0.72	2.74	104.0	10.9
比值	1.169	1.0	0.56	1.19	1.39	0.95

表3 方桩与管桩水平承载力检测成果

桩号	水平临界 荷载 (kN)	水平极限 承载力 (kN)	临界荷载时的 水平位移 (mm)	极限荷载时的 水平位移 (mm)
fz M3#	45	113	10.27	42.55
fz M7#	45	97.5	11.22	41.2
gzs1#	115	190	9.29	38.55
gzs3#	110	170	11.14	38.74

4 地基土水平抗力系数的比例系数

水平静载试验条件很难做到和工程桩的情况完全一致,应通过试验桩测得桩周土的地基反力特性,即地基土的水平抗力系数。它反映了桩在不同深度处桩侧土抗力和水平位移之间的关系,可视为土的固有特性。根据实际工程桩的情况

(如不同桩顶约束、不同自由长度),用它确定土抗力大小,进而计算单桩的水平承载力。因此通过试验求得地基土的水平抗力系数具有更实际、更普遍的意义。

当桩顶自由且水平力作用位置位于地面处时,地基土水平抗力系数的比例系数 m 值可按下列公式确定:

$$m = \frac{(v_y \cdot H)^{\frac{5}{3}}}{b_0 Y_0^{\frac{5}{3}} (E_I)^{\frac{5}{3}}} \quad (1)$$

$$\alpha = \left(\frac{mb_0}{E_I} \right)^{\frac{1}{5}} \quad (2)$$

式中, m 为地基土水平抗力系数的比例系数 (kN/m^4); α 为桩的水平变形系数 (m^{-1}); v_y 为桩顶水平位移系数,由式(2)试算 α ,当 $\alpha h \geq 4.0$ 时 (h 为桩的入土深度),其值为2.441; H 为作用于地面的水平力 (kN); Y_0 为水平力作用点的水平位移 (m); E_I 为桩身抗弯刚度 ($\text{kN} \cdot \text{m}^2$); 其中 E 为桩身材料弹性模量, I 为桩身换算截面惯性矩; b_0 为桩身计算宽度 (m); 对于圆形桩: 当桩径 $D \leq 1 \text{ m}$ 时, $b_0 = 0.9(1.5D + 0.5)$; 当桩径 $D > 1 \text{ m}$ 时, $b_0 = 0.9(D + 1)$ 。对于矩形桩: 当边宽 $B \leq 1 \text{ m}$ 时, $b_0 = 1.5B + 0.5$; 当边宽 $B > 1 \text{ m}$ 时, $b_0 = B + 1$ 。

用公式(1)计算在不同水平力作用下,不同水平位移时的 m 值,据此计算结果绘制水平力、水平力作用点水平位移-地基土水平抗力系数的比例系数的关系曲线 ($H-m$ 、 Y_0-m)。见图1和图2。

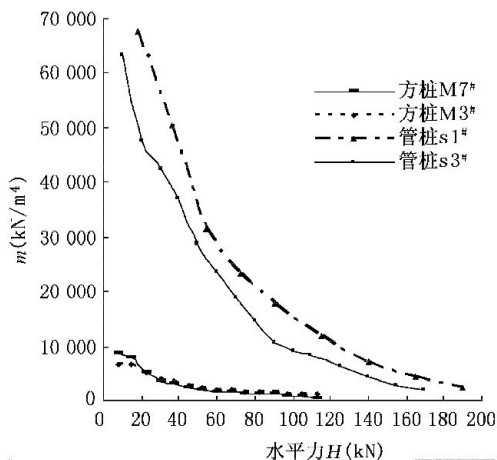


图1 两种桩型的 $H-m$ 曲线比较图

地基土水平抗力系数的比例系数 m 值的大小取决于桩和土的力学性能、桩的抗弯刚度、桩宽、桩顶约束等因素。从图1和图2可以看出管桩

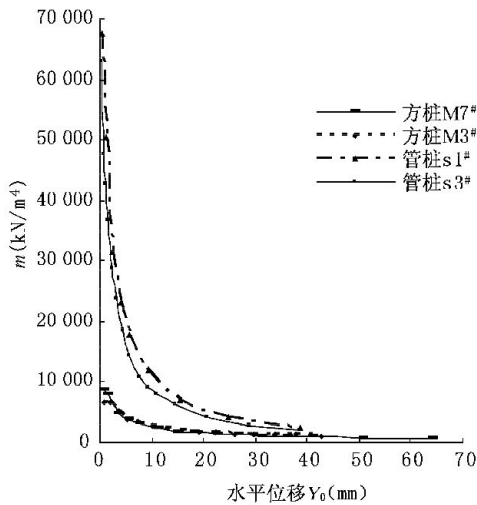


图2 两种桩型的 Y_0-m 曲线比较图

的 m 值较方桩大的多。管桩的配筋率为 $\rho = 0.72\%$ ，方桩的桩身配筋率为 $\rho = 1.27\%$ ，对于配筋率大于 0.6% 的混凝土桩，水平承载力按允许位移控制时，可按设计要求的水平允许位移 10 mm 选取 m 值，结果见表4。按位移取值对应的管桩的荷载是方桩的 2.447 倍，按位移取值对应的管桩的 m 值是方桩的 3.346 倍。管桩和方桩的，抗弯刚度之比为 1.388 ，桩宽之比为 1.25 。两种桩型的桩顶约束相同，同一场地土的力学性能也相同，但管桩的接头采用焊接处理，方桩的接头采用硫黄胶泥处理，管桩接头抗弯性能较好。可以看出管桩的实际水平承载力发挥较大，管桩的实际 m 值发挥更大。

表4 允许水平位移对应的 m 值

桩号	水平位移 (mm)	对应水平荷载 (kN)	对应 m 值 (kN/m ⁴)	水平承载力取值 (kN)	对应 m 值 (kN/m ⁴)
fz M3#	10	44	2 700	2.5	2 600
fz M7#	10	42.5	2 600		
gzs1#	10	118	11 100	104	8 700
gzs3#	10	104	8 700		

5 结 论

(1) 本次比对试验采用的管桩和方桩周长接近，侧面积换算基本相同，桩长基本相同，相同的地基条件，比对试验具有可比性。

(2) 通过水平荷载试验得到了供设计参考的不同桩型对应的地基土水平抗力系数的比例系数 m 值。

(3) 地基土水平抗力系数的比例系数 m 值的大小不仅取决于土的力学性能，也取决于桩的力学性能、桩的抗弯刚度、桩宽、桩顶约束等因素，还有桩身的连接质量。桩身的特性对其影响很大。

(4) 圆形截面桩对周围土的挤土效应较方形截面的好，桩侧摩阻发挥较大；同时因为管桩的桩身抗弯刚度较大，接头质量较好，管桩在相同条件下的水平承载力发挥较大；地基土水平抗力系数的比例系数 m 值管桩的更大。本次比对试验证明管桩较方桩更合适，建议采用管桩处理地基。

参 考 文 献

[1] 中华人民共和国建设部. JGJ106—2003 建筑基桩检测技术规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2003.
 [2] 中华人民共和国建设部. GB 50010—2002 混凝土结构设计规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2002.