

单桩竖向抗压静载试验检测在某工程地基处理中的应用浅析

任松 徐婷 韩海方

四川文茂建设工程检测有限公司 四川 成都 610045

摘要: 本文依托我单位实际工程某项目1#楼桩基检测, 该工程楼初步设计采用预应力高强度混凝土管桩(以下简称PHC管桩), 我单位按检测规范数量方法对该项目PHC管桩进行检测, 通过数据处理得到单桩竖向抗压静载试验曲线图表, 结合低应变法对工程桩竖向抗压静载试验检测前后的曲线, 根据PHC管桩现场工程施工及勘察报告中工程地质岩土体情况, 在抽检到的PHC管桩中, 发现它的单桩竖向抗压承载力未达到设计要求, 将这些信息反馈到施工单位, 施工单位再根据我们的检测结果和建议, 进行了专家论证, 并提出新的地基处理方案, 我单位对处理后地基进行检测。结果达到设计预期, 满足工程要求。限于篇幅, 本文仅对单桩(PHC管桩)竖向抗压静载试验检测在该工程地基处理前后的应用, 进行简要分析。

关键词: PHC管桩; 静载试验; 地基处理; 应用浅析

1 工程概况

1.1 工程地质条件简述

根据地勘报告, 该项目勘察场地地质构造单一, 无深大断裂通过, 未发现新构造活动形迹, 亦未发现不良地质作用, 场区稳定性良好。场地地貌单元为成都平原岷江水系三级阶地, 地貌单一, 场地地势开阔, 原始地形平坦。孔隙潜水主要赋存于下部卵石层及强风化岩层中, 受大气降水及地下水径流补给, 水量一般。本项目勘察区内地层主要构成为: 场区内地层自上而下依次为素填土、黏土(硬塑、可塑)、粉质黏土(软塑、可塑、硬塑)、粉土、粉砂、卵石、泥岩(全风化、强风化、中风化)、泥质砂岩(全风化、强风化、中风化)、中风化砂岩。其各地层的描述及物理力学性质指标详见本工程岩土工程勘察报告。

1.2 PHC管桩工程情况

本项目地下室基础采用桩基础及桩筏基础+抗水板, 高强预应力管桩作为基础桩。本工程1#楼的基础设计级别为甲级, 设计使用的是PHC-500-AB-100- α 型管桩, 桩体混凝土强度等级C80, 桩端持力层选择的是强风化泥岩, 设计的单桩垂直抗压承载力特征值大于或等于1700 kN。在PHC管桩法中, 在采用桩长控制时, 主要是以沉降度控制为主要内容, 以桩长控制为辅助内容。同时, PHC管桩的整个桩头插入到强风化泥岩中的持力层中, 桩头的直径应大于2倍。

1.3 PHC管桩低应变法检测和单桩抗压静载试验检测

1.3.1 抽检数量及载荷试验休止期

根据《四川省建筑地基基础检测技术规程》规定, 预应力管桩的承载力测试间隔期应该满足以下要求: 当桩端持力层是一块容易被水侵蚀的岩石或其他土壤覆盖的地方, 那么, 对其进行测试的间隔期应该不短于28天。该工程的承载层在水环境下极易发生软化的弱风化泥岩, 应施工完成28天以后开始检测其单桩竖向抗压承载力, 按JGJ106-2014《建筑基桩检测技术规范》进行了单桩承载能力及桩体质量的测试。对于单桩的固向抗压承载能力, 应采取静态加载试验的方法进行验收。在相同情况下, 检测桩的数量应占全部检测桩总数的1%, 并且不得少于3桩。

1.3.2 单桩竖向抗压静载试验检测结果

低应变法检测结果: 通过对测试数据的计算处理、分析和推断解释, 所得低应变法检测成果表详见表1。低应变法检测的4根桩均为I类桩。

表1 低应变法检测成果表

桩号(#)	检测桩长 L(m)	纵波速度 Vp(m/s)	桩身完整性 类别	备注
1	7.0	3995	I	
2	5.0	4153	I	
3	5.0	4058	I	
4	7.0	4079	I	

1.3.3 单桩竖向抗压承载力取值

当1# PHC管桩被加载到第四级荷载(1885 kN)时, 由于在第三级荷载(1569 kN)的影响下, 桩头的沉降量比第三级荷载(1569 kN)的影响下的沉降量高出了5倍

以上,并且桩头的总体沉降量超出了40 mm,因此按照标准结束了加载,以第一级荷载(1569 kN)的荷载为单桩的垂直抗压极限承载力;当2# PHC管桩被加载到第四级荷载(1885 kN)时,由于在第三级荷载(1569 kN)的影响下,桩头的沉降量比第三级荷载(1569 kN)的影响下的沉降量高出了5倍以上,并且桩头的总体沉降量超出了40 mm,因此按照标准结束了加载,以第一级荷载(1569 kN)的荷载为单桩的垂直抗压极限承载力;当3# PHC管桩加载到第四级荷载(1702 kN)时,桩头的整体变形大于40 mm,按照标准停止加载,以第一级荷载(1348 kN)的第一级荷载(1348 kN)为单桩的垂直抗压承载力;4#PHC管桩在加载第一级荷载值(938kN)时,桩顶沉降超过120mm,且在观测时间内呈持续加剧趋势,终止加载;其试验结果详见表2。

表2 PHC管桩单桩竖向抗压静载试验结果表

序号	桩号 (#)	最大加载值 (kN)	相应沉降量 (mm)	单桩竖向抗压极限承载力实测值 (kN)	单桩竖向抗压承载力特征值 (kN)
1	1	1885	97.65	1569	784.5
2	99	1885	84.45	1569	784.5
3	103	1702	85.77	1348	674
4	345	938	120.19	/	/

注:按照规范要求,静载试验桩的(Q—s)曲线呈缓慢变化,桩顶总沉降大于80 mm;在缓变型(Q-s)曲线中,桩径D大于或等于800 mm的桩,将s(桩顶沉降量)等于0.05 D对应的荷载值作为单桩竖向抗压极限承载力。从沉降量的时变特性来判断:在第一级荷载作用下,当S—lgt曲线尾端有显著下折时,宜取第一级荷载。

1.4 扩大抽检比例及PHC管桩单桩承载力较低原因分析

1.4.1 扩大抽检比例

根据相关规范要求及建设单位、监理单位、设计单位、勘察单位、施工单位五方责任主体讨论决定,在对基础桩的承载能力抽样检验中,发现与设计值不符时,应按原有检验办法进行扩充检验,扩充检验次数不得少于不合格次数的2次。扩大抽检数量为8根,仅有1根达到设计承载力要求,剩下7根静载荷试验PHC管桩单桩竖向抗压静载试验检测结果在800kN~1700kN,不满足设计要求。

1.4.2 PHC管桩单桩承载力较低原因分析

在竖向荷载下,PHC管桩的顶荷载(Q)是由桩身的侧阻和桩端阻抗共同分担的。当Q值逐渐增大时,桩身的轴向受力、沉降及桩身的侧摩阻力也随之改变。最初

的Q值很小,桩身的部分变形主要出现在桩头段,而Q的部分则是上段桩侧阻力。在Q值增大到一定值的时候,桩头会发生位移,桩端阻力会开始发挥作用,直至桩底持力层被破坏,无法支撑更大的桩顶荷载,也就是桩处于承载力极限状态。本项目基桩持力层为强风化泥岩,为遇水易软化岩石。孔隙潜水主要赋存于下部卵石层及强风化岩层中,受大气降水及地下水径流补给。根据地勘图纸,在强风化泥岩上方为松散~稍密卵石,富含地下水径流,当基桩穿过卵石层到达强风化泥岩一定深度后,由于受到地下水的浸泡,强度降低幅度大。导致桩端持力层强度很低,导致PHC管桩在单桩竖向抗压静载试验检测过程中,载荷不断增加,桩侧阻力到达极限,桩端阻力开始发挥,但桩端持力层为遇水易软化强风化泥岩,其承载力大幅下降,导致其沉降量过大,超过规范要求,不满足设计PHC管桩单桩承载力要求。

2 地基处理

2.1 检测不满足设计要求

本工程1#楼原来的设计是采用了预应力管桩基础,管桩直径为500 mm,设计桩长10 m,桩端持力层为强风化~中风化基岩,单桩承载力特征值为1700 kN。在现场,实际施工的桩长是6~8 m,通过对PHC管桩单桩承载力的检测和放大的检测,在静载试验中,单桩承载力特征值800~1700 kN,不符合桩基设计要求。

2.2 专家论证地基处理方案

对该项目专家论证后,实施基础加固计划。在此基础上,并结合施工实践,提出了一种新型的预应力管桩+素砼桩法。在已有预应力管桩间增设500mm直径C30素混凝土桩,桩长8~10m,桩端持力层为中风化基岩,采用长螺旋钻孔施工工艺成桩。通过对现场资料的分析,提出了预应力管桩+素混凝土桩复合地基的设计方案。管桩施工完毕后采用混凝土桩法施工,长螺旋素混凝土桩施工对已施工预应力管桩承载性能影响不显著,管桩承载力能满足复合地基要求。

2.3 二元复合地基

本工程地基处理采用二元复合地基(PHC-500-AB-100 α + ϕ 500mm素混凝土桩,设计PHC-500-AB-100 α 的单桩竖向承载力特征值不小于800kN,以强风化泥岩、强风化泥质砂岩作为桩端持力层,桩身强度等级为C80;设计 ϕ 500mm素混凝土桩的单桩竖向承载力特征值不小于900kN,桩端持力层为中风化泥岩、中风化泥质砂岩,桩身强度等级为C30。设计多桩复合地基设计特征值不小于580kPa。地基处理后的二元复合地基(PHC管桩、素混凝土桩)工程概况见表3。

表3 地基处理后二元复合地基工程概况表

地基类型	二元复合地基	总桩数	PHC管桩420根
			素混凝土桩504根
设计桩端持力层	PHC管桩持力层为强、中风化泥岩、泥质砂岩		
	素混凝土桩持力层为中风化泥岩、泥质砂岩		
设计单桩竖向抗压承载力特征值	PHC管桩 ≥ 800kN		
	素混凝土桩 ≥ 900kN		
设计复合地基特征值	≥ 580kPa		
检测方法	低应变法	检测数量	PHC管桩84根
	单桩竖向抗压静载试验		素混凝土桩108根
			PHC管桩5根
	多桩复合地基载荷试验		素混凝土桩6根
			3点

3 地基处理后地基基础检测试验

3.1 二元地基检测方法及其检测目的

利用低应变方法对 PHC管桩与素混凝土桩进行了桩体完整性检验，并对其缺陷进行了判断。对 PHC管桩与素混凝土桩进行了单桩竖向抗压强度特性测试；本项目拟通过多桩组合基础加载试验，验证双桩组合基础（PHC管桩和素混凝土桩）承载力的本构关系。

3.2 二元地基抽检比例

依据规范和设计并应委托方要求：PHC管桩和φ500mm素混凝土桩各抽取总桩数的20%，且不得少于10根进行低应变法检测；二元复合地基载荷试验检测不少于3点。本工程3#楼总桩数924根（PHC管桩420根，素混凝土桩504根）采用低应变法抽检192根（PHC管桩84根，素混凝土桩108根）；采用单桩竖向抗压静载试验抽检11根（PHC管桩5根，素混凝土桩6根）；采用多桩复合载荷试验抽检3点。现场点位均由建设单位、勘察单位、设计单位、监理单位、施工单位和检测单位共同确认。

3.3 二元地基检测结论

由于篇幅所限，该项目1#楼二元复合地基检测过程及检测试验数据曲线成果表（低应变法检测桩成果表、单桩竖向抗压静载试验检测成果表、复核地基载荷试验检测成果表等）省略，该项目1#楼二元复合地基检测试验得出了以下结果：低应变法抽检的84根 PHC管桩和108根素混凝土桩都为 I类桩。结果表明：5根 PHC管桩的竖向荷载大于800 kN,6根素混凝土桩的垂直荷载大于900

kN，满足要求；通过二元复合地基试验，结果表明：该地基的荷载性能指标为586.7 kPa，超出580 kPa，满足设计指标。

4 综述

PHC管桩用于工程中的桩基，具有施工噪音小，振动小，环境污染小等特点；快速、高效、节省时间；

在施工时，因桩顶受力很小，而且施工中桩身没有产生任何的拉应力，所以桩头通常是完好的，很容易进行复压。单桩承载能力较高；不足之处在于：它有挤土效应，会对周边建筑和地下管道造成影响；施工场地对地面承载能力有很高的要求，过大的压力会导致管桩产生纵裂；在地下有大量碎石和障碍的地方，很难打穿，或者打穿后，很容易造成 PHC管桩支护结构发生倾斜，从而造成支护结构不正。在对 PHC管桩工程桩进行低应变法检测、单桩竖向抗压静载试验检测结果进行分析的基础上，能够对单桩的承载力是否能够达到设计要求作出初步判定，为设计人员提供参数建议，为后续设计人员对项目地基处理提供依据。使设计人员对地基处理方式的选择、优化桩径桩型，以达到最优技术经济效果。

参考文献

[1] 《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106-2014.
 [2] 《四川省建筑地基基础检测技术规程》DBJ51/T 014-2013.
 [3] 《建筑地基处理技术规范》JGJ 79-2012.
 [4] 该项目1号楼检测报告若干份.