

建筑桩基自平衡检测技术在西藏自治区日喀则市樟木口岸项目的应用

王占伟

中交一公局海威工程建设有限公司

DOI:10.12238/pe.v3i3.13650

[摘要] 桩基作为建筑结构的关键承载部件,其质量与承载能力直接关系到整个工程的安全性与稳定性。自平衡静载试验法作为一种桩基检测技术,不仅操作简单,检测效率高,同时不受场地限制,在各类工程桩基检测中得到广泛应用。因此文章结合具体工程实例,对复杂地质条件下的自平衡静载试验法进行了分析研究,以供类似工程提供参考借鉴。

[关键词] 桩基检测; 自平衡静载试验法; 荷载箱安装

中图分类号: TU473.1 **文献标识码:** A

Application of Self-balancing Detection Technology of Building Pile Foundation in Zhangmu Port Project in Shigatse City, Xizang Autonomous Region

Zhanwei Wang

Haiwei Engineering Construction Co., Ltd.

[Abstract] As the key bearing component of building structure, the quality and bearing capacity of pile foundation are directly related to the safety and stability of the whole project. As a pile foundation detection technology, self-balanced static load test method is not only simple to operate, but also has high detection efficiency, and is not limited by the site, so it is widely used in pile foundation detection of various projects. Therefore, combined with specific engineering examples, this paper analyzes and studies the self-balanced static load test method under complex geological conditions, so as to provide reference for similar projects.

[Key words] pile foundation detection; Self-balancing static load test method; Load box installation

引言

西藏日喀则市樟木口岸项目地质条件复杂,为了确保施工质量,必须做好对桩基础的检测。自平衡静载试验法作为常用桩基础检测技术,在具体应用中也存在一定的难度,为了提高检测结果的准确性,必须加强对相关技术要点的研究。

1 自平衡测试原理

桩基作为建筑结构的关键承载部件,其质量与承载能力的准确评估直接关系到工程的整体安全性和稳定性,传统的静载试验方法,如堆载法和锚桩法等在实际应用中常受限于场地条件、设备复杂性和成本等因素,尤其是在复杂地质环境或空间受限的工程中,使用效果相对较差。基桩自平衡法作为一种新型静载试验技术,通过独特的加载机制和装置设计,有效解决了传统方法的局限性。其核心原理是利用特制的荷载箱装置,将其与桩身钢筋笼连接并预埋在桩身指定位置。荷载箱内部通过高压油管和位移杆与地面设备相连,试验时由高压油泵向荷载箱注油

加压,使荷载箱对桩身施加荷载^[1],如图1所示。在此过程中,桩身上段的侧摩阻力及自重与下段的侧摩阻力及桩端阻力形成动态平衡,从而维持加载状态。通过实时监测荷载箱上下段的位移变化,绘制出荷载-位移(Q-s)曲线,即可综合判断桩基的极限承载力^[2]。这一方法不仅能够精准反映桩侧摩阻力与桩端阻力的协同作用机理,还避免了传统方法中反力架搭建和堆载材料运输的烦琐流程,为复杂地质条件下的桩基检测提供了科学、高效的技术手段。

2 项目概况

拟建日喀则市聂拉木县樟木口岸公安分局建设项目道路地面以上6层,道路地面以下2层,紧邻道路边坡。本工程桩基采用人工挖孔桩。本工程桩P1需进行施工前的静载试验,考虑到高原地区施工条件限制及传统静载试验的局限性,项目采用自平衡静载试验法,该方法具有设备轻便、适应性强、成本低等优势,尤其适用于狭窄场地及复杂地质环境。试桩相关参数见表1。

表1 试桩概况

位置	试桩编号	桩径(m)	桩端持力层	设计桩顶标高(m)	设计桩底标高(m)	桩长(m)	参考钻孔	单桩抗压承载力特征值(kN)	荷载箱加载值	荷载箱距离桩端距离(m)
公安局桩基工程	P1-SZ1	1000	③	2309.95	2283.05	26.90	GFZK17	5700	2×6600	9
	P1-SZ2	1000	③	2309.95	2283.05	26.90	GFZK 16	5700	2×6600	9
	P1-SZ3	1000	③	2300.35	2275.35	25.00	GFZK 09	5700	2×6600	9
	P1-SZ4	1000	③	2300.35	2268.35	32.00	GFZK 10	5700	2×6600	10.5

3 试验方案实施

3.1 试桩参数与地质条件

(1) 桩径：1.0m设计承载力特征值：(2) 5700kN桩端持力层：

③层强风化板岩；(3) 桩长：25.0~32.0m。

根据地质柱状图，如图2所示为P1-SZ1到SZ4的地质柱状图，试桩分别穿越各相关土层。

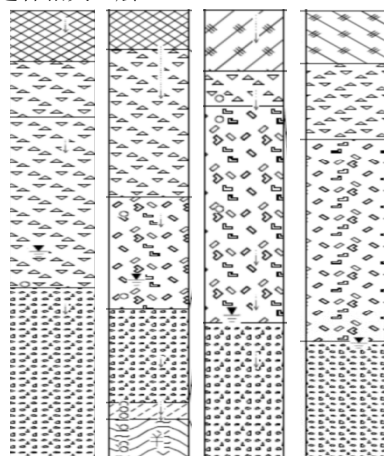


图2 P1-SZ1到SZ4的地质柱状图

其中  代表填土层；  代表碎石；  代表破碎岩；

 代表含角砾粉土；  代表中风化片麻岩；  代

表块碎石；  代表杂填土。

3.2 检测设备与流程

3.2.1 主要设备

HZX型荷载箱、WDL 电子位移传感器、ZPH-8数据采集仪。

3.2.2 加载方案

加载采用慢速维持荷载法。

(1) 成桩至试验间隙时间。根据交通行业标准^[3]：(a) 混凝土强度达到设计强度的80%。(b) 与此同时，还需要做好土体休止，对于不同的土体，休止时间也不相同，一般情况下沙土7天，饱和粘土需要25天，非饱和粘土15天，粉土10天。(2) 加、卸载分级。在本次试验中最大加载值经计算约为2×5000kN，在加载过程中需要采用分级加载的方式共分为10级。在此过程中必须确保加

载均匀，每级荷载变化最大变化需要控制。制在分级荷载的10%以内。(3) 位移观测。在桩基自平衡静载试验中，位移观测是评估桩身承载性能的核心环节，其数据的准确性直接关系到试验结果的有效性。试验过程中，加载与卸载阶段的位移需严格按照规范进行操作，每级荷载施加后，需在5分钟、15分钟、30分钟、45分钟和60分钟时分别测读位移值，此后每隔30分钟进行一次观测，以确保数据连续性和完整性。位移稳定性的判断也极其重要：自第30分钟起，需连续三次观测(总计1.5小时)，若每小时内位移增量不超过0.1毫米且连续两次满足此条件，则视为达到相对稳定状态，方可进行下一级加载。卸载阶段每级荷载维持1小时，分别于第15分钟、30分钟和60分钟记录位移值，直至完全卸载。卸载完成后，残余位移的观测需持续至少3小时，初期每隔15分钟记录一次，随后调整为每30分钟一次。(4) 终止加载条件。为确保试验安全并科学判定桩基极限承载力，终止加载条件的设定需综合考虑桩身变形特征与规范要求。试验过程中，若出现以下情况之一，应立即终止加载：(1) 某级荷载作用下，荷载箱上段或下段的位移增量超过前一级的5倍，且累积位移量突破40毫米，表明桩身可能已接近破坏状态；(2) 位移增量达到前一级的2倍，且持续24小时未能恢复稳定，反映桩周土体或桩身结构存在异常；(3) 当加载量达到设计要求的最大值且位移趋于稳定时，可视为满足试验目标；(4) 若荷载-位移曲线呈缓变形，向上位移可加载至40—60毫米，向下位移至60—80毫米，若桩端阻力未充分发挥，可继续加载至总位移超过80毫米；(5) 若荷载箱达到极限加载能力或位移超出其行程范围，应立即终止试验。

3.3 荷载箱安装要点

3.3.1 荷载箱与钢筋笼的连接

灌注桩荷载箱与钢筋笼焊接需要注意以下要点：

(1) 荷载箱埋设位置。荷载箱与钢筋笼同步加工，按本试桩方案确定荷载箱的位置(到桩端距离)。荷载箱定位点设置在箱口开张处的下板上缘，荷载箱与钢筋笼焊接时，应平放于钢筋笼(桩身)中心，其位移方向与桩身轴线方向的夹角小于1°。(2) 主筋。钢筋笼的上下两段主筋需要分别与荷载箱的上下两部分进行焊接，在焊接完成时需要检测焊缝质量确保其符合焊接要求，以免影响试验质量。钢筋笼需要在荷载箱位置断开，该道工序具体可以选择在钢筋笼下笼或者是在加工过程中进行操作。同时还需要加荷载箱箍筋，具体范围为箱体上下3m位置，加密间距

为10cm,并且还需要断开荷载箱位置。由于荷载箱和钢筋笼的质量大,仅通过焊接的方法,并不能够确保在实验中二者间的连接稳固性,所以还需要在主筋焊接位置以及荷载箱的顶部设置加强筋,加强筋采用L型。(3)导向钢筋(喇叭筋)。该环节的目的在于为混凝土灌注导管,营造良好条件,避免在灌注过程中导管与荷载箱产生碰触,影响试验结果的准确性。导向钢筋分别设置在箱体的上下部形状为喇叭状,采用焊接的方法与主筋和箱内圆钢板进行连接,在焊接中必须注意导向钢筋和钢筋笼主筋的数量以及型号都必须保持一致,导向钢筋与荷载箱平面夹角必须超过60°。(4)声测管及位移杆的焊接。在荷载箱生产过程中,已经预留了声测管和位移杆的通道,将声测管及位移杆围焊在荷载箱上板及下板表面预留位置即可。(5)制作钢筋笼时需要预设声测管、位移管及位移杆。此试桩需要埋设四根位移杆及位移护管。声测管的接长连接用套管接头或套丝接头。接长的位移管要与钢筋笼焊接成整体,且管壁及接头无孔洞,确保管路不渗入泥浆。位移管应高出地面(或工作平面)300mm。

3.3.2成桩步骤

自平衡试桩的施工需严格遵循标准化流程,以确保荷载箱安装质量与桩基完整性。首先,按设计图纸进行桩基钻孔,施工过程中需精准控制钻压,避免偏孔或斜孔现象,同时维持孔内水头压力,防止塌孔。成孔后需进行二次清孔,重点检测孔壁稳定性及孔底沉渣厚度,确保成孔质量符合混凝土灌注要求。钢筋笼下放前,需对孔径、垂直度等参数进行复测,严禁以超钻替代规范操作。荷载箱的安装是核心环节:油管、线缆需沿钢筋笼主筋绑扎固定,间隔2米设置一道;混凝土灌注时,导管需穿过荷载箱直达桩端,当混凝土接近荷载箱时需减缓拔管速度,待上部混凝土厚度超过2.5米后方可完全拔除导管。荷载箱下部混凝土的坍落度宜大于200毫米,以利于混凝土均匀填充。钢筋笼分节下放后,需及时埋设荷载箱并保护油管及管线,同时制作混凝土试块以验证强度。

3.3.3试桩注意事项

试桩阶段也必须做好相关技术控制。首先,加强钻孔护壁管理,防止塌孔导致桩身结构破坏或数据失真。其次,钢筋笼制作时,主筋应保持顺直,加强筋需与主筋焊接牢固,避免因焊接缺陷影响荷载传递。荷载箱与钢筋笼的连接必须严格对中,确保其与桩身轴线夹角小于1°,以避免偏心加载。再者,声测管与位移杆的焊接需确保密闭性,防止泥浆渗入堵塞管路。最后,高压油管安装完成后严禁弯折或转动,施工人员需接受专项交底,明确管线保护要求。此外,混凝土灌注过程中需实时监测坍落度,确保荷载箱周围填充密实。试桩完成后,桩头区域需设置围栏及标识,防止后续施工干扰。

4 试验结果与分析

4.1承载力计算

4.1.1单桩极限承载力判断标准

实测荷载箱向上(Q+s+)、向下(Q-s-)两条曲线,根据行业标准《建筑基桩自平衡静载试验技术规程》(JGJ/T 403-2017),判断试桩极限承载力。

4.1.2单桩抗压极限承载力计算

根据《建筑基桩自平衡静载试验技术规程》(JGJ/T 403-2017),受检桩的极限承载力:

$$Q_u = \frac{Q_{uu} - W}{\gamma_1} + Q_{ud}$$

式中: Q_u ——单桩竖向承载力极限值(kN);

Q_{uu} ——上段桩的极限加载值(kN);

Q_{um} ——中段桩的极限加载值(kN);

Q_{ud} ——下段桩的极限加载值(kN);

W ——荷载箱上段桩的自重与附加重量之和(kN),附加重量应包括设计桩顶以上超灌高度的重量、空桩段泥浆或回填砂、土自重,地下水位以下应取浮重度计算;

γ_1 ——受检桩的抗压摩阻力转换系数,宜根据实际情况通过相近条件的比对试验和地区经验确定。当无可靠比对试验资料 and 地区经验时, γ_1 可取0.8~1.0,长桩及黏性土取大值,短桩或砂土取小值。

计算结果表明:

SZ1~SZ2 极限承载力为13581kN, SZ3为14077kN, SZ4为17006kN,均满足设计要求。

4.2位移特性分析

试验数据显示,荷载箱上段最大位移为35~45mm,下段为50~65mm,均未超过规范允许值(40~80mm)。Q-s曲线呈缓变型,表明桩侧摩阻力与端阻力协同发挥作用。

5 结语

自平衡静载试验法在西藏樟木口岸公安分局项目中的成功应用,有效证明其在复杂地质环境下的技术可行性。通过合理设计荷载箱埋设位置及优化施工工艺,试验数据能够准确反映桩侧摩阻力与端阻力的协同作用,为工程建设提供可靠帮助。

[参考文献]

[1]李开正,刘斌.高速公路桥梁自平衡桩基静载试验研究[J].北方交通,2024,(12):24-28.

[2]黄种发.自平衡法静载试验在桩基检测中的应用[J].中国新技术新产品,2023,(24):124-126.

[3]杨少恒,郭智,李辉,等.建筑桩基自平衡静载试验技术原理与方法[J].建筑安全,2023,38(09):43-45+50.

作者简介:

王占伟(1987--),男,汉族,河南濮阳人,本科,中交一公局海威工程建设有限公司,工程师,研究方向:自平衡试验。