

自平衡法在超大超深桩基中的应用

文鑫林，陆莎

(中国水利水电第七工程局有限公司 第一分局,四川 彭山 620860)

摘 要: 由于社会的发展,各种各样的高层建筑及桥梁出现在人们的视野中,其桩基越来越大。如何才能更好地验证桩基的单桩竖向极限承载力、为设计提供依据呢? 阐述了自平衡法在超大直径、超深桩基中的应用。

关键词: 自平衡;荷载箱;桩基

中图分类号: [TU997];TU74;TU72

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2020)02-0023-04

Application of Self-balance Method in Extra Large and Deep Pile Foundation

WEN Xinlin, LU Sha

(First Branch of Sinohydro Bureau 7 Co., LTD, Pengshan, Sichuan, 620860)

Abstract: Due to the development of society at present, a variety of high-rise buildings and bridges appear in people's field of vision, and the pile foundation is getting larger and larger. How can we verify well of the pile foundation's vertical ultimate bearing capacity to provide a basis for the design? This paper expounds the application of self-balance method in extra large diameter and extra deep pile foundation.

Key words: self-balance; load cases; pile foundation

1 概 述

随着国内基建水平的快速发展,桩基的直径越来越大、深度越来越深。为了给设计反馈数据,施工方往往需要做试验用以验证桩基的单桩竖向极限承载力,当设计单位要求单桩桩顶竖向加载荷载较大时,传统的堆载法已经不能满足施工要求了。堆载法不仅成本较高、效率低而且试验过后不能作为工程桩使用,进而增加了施工方的成本。而自平衡法装置结构简单,不仅可以直接测到阻力,而且经过处理之后的试桩还可以作为工程桩使用,无疑缩减了工期,减少了施工方的成本,其目前已被广泛采用。笔者介绍了自平衡法在超大直径、超深桩基中的应用情况。

2 自平衡法在超大直径、超深桩基中的应用

2.1 自平衡法的原理

桩基自平衡检测静载试验需要使用一个特定的自平衡装置——荷载箱,将该装置放在先前经过自平衡计算的桩身平衡点的位置,利用荷载箱上段桩基的侧向摩擦阻力并将其做为反力进行桩基底部的承载力、桩基的竖向摩擦极限阻力以及

抗压承载力的自平衡检测,荷载箱为桩身的检测提供了一个向上和向下的内力,从而有效地使荷载箱桩身的桩基底部承载力与荷载箱桩体侧面摩擦阻力基本保持相等而有效地达到平衡状态。在荷载箱桩基计算试验加载过程中,根据桩基自平衡试验法的规范要求,记录逐级的试验荷载并检测相应的单根荷载箱桩身由试验荷载产生的桩基向上和向下的内力位移量,得到试验荷载与桩身的内力位移形成的平衡关系曲线,并将其分别用于测试荷载箱上部的桩体和荷载箱下部的桩体的极限承载力或桩体下端的极限阻力,计算试验结果并确定单根桩基的竖向极限抗压(拔)承载力和竖向极限承载力(图 1)^[1]。

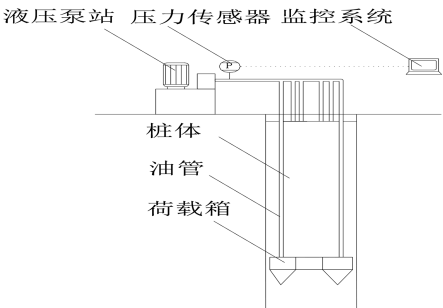


图 1 自平衡法示意图

收稿日期:2020-03-17

2.2 自平衡法的优点

与传统的静载试验(检测)方法(堆载法和锚桩法)相比,自平衡法具有以下特点:

- (1)省力:没有堆载,也不需要笨重的反力架,检测十分简单、方便、安全。
- (2)省时:土体稳定即可测试,并可多根桩同时测试,从而大大节省了试验(检测)时间。
- (3)不受场地条件和加载吨位限制:每根桩只需要一台高压泵、一套位移测读仪器、一根基准梁,检测设备体积小、重量轻,任何场地(基坑、山上、地下、水中)均可进行^[2]。

2.3 自平衡法需用的仪器设备

2.3.1 加载设备

试桩采用组合式荷载箱(图 2),带上下导流体(图 3)。荷载箱直径同钢筋笼外径,高约 40 cm,行程约 18 cm,直径和加载面积的设计充分兼顾了加载液压的中低压力和桩体试验后的高承载能力。欧感荷载箱通过其内置的特殊增压技术设计,以很低的油压压强产生很大的加载力,从而能够极大地降低加载系统的故障率。

高压油泵:最大加压值为 60 MPa,加压精度为每小格 0.5 MPa。

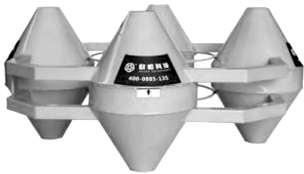


图 2 组合式荷载箱示意图

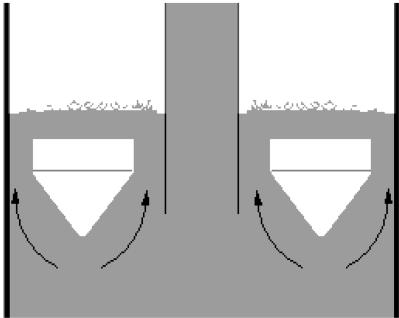


图 3 浮浆导流原理图

2.3.2 位移量测装置

该荷载箱量测仪器的量程为 50 mm(用户可以选择或调整量程),每套桩身荷载箱大约可以同时对应 5 只,通过一个磁性桩身荷载箱顶部仪表座的固定使仪表座能够牢固地安装在一个坚固的基准钢梁上,其中两只主要的工作是用于同时测

量桩身荷载箱顶部其向上的顶部位移量,另外两只主要的工作是用于同时测量桩身荷载箱处其向下的底部位移量,剩下 1 只的主要工作是用于定时量测桩基顶部向上的位移量(图 4)。



图 4 测试仪器

2.4 设备的安装

- (1)将组合式荷载箱导流体朝上,放置在平整的地面上,放置时注意保护好位移管线。
- (2)将桩基桩体内的混凝土均匀地振捣并灌入桩体的导流体内,然后将导流体用一根强力的振动棒充分地振捣密实,混凝土的强度一般不得低于于桩身混凝土的强度(图 5)。

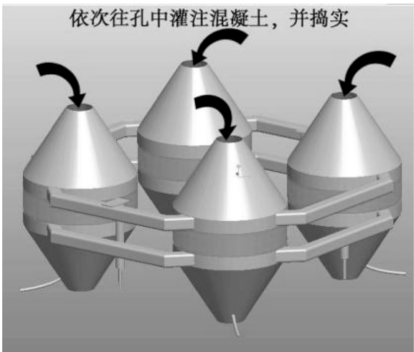


图 5 荷载箱灌注混凝土示意图

- (3)混凝土灌注完成 10 h 内不得移动荷载箱。
- (4)待一面导流体内混凝土凝固后,用汽车吊翻转,浇筑另一面导流体。

(5)将先前已经灌注好的整个荷载箱用 25 t 的汽车吊从侧面吊起,然后将吊起后的荷载箱与钢筋笼的主筋进行无缝焊接,其主要的钢筋焊接操作工艺方法如下:在组合式荷载箱的上下面各分别焊接一个箍筋,箍筋外径一般要求应和组合式钢筋笼的内径一致(图 6)。

组合式荷载箱与上下两个钢筋笼采用的焊接方法:将上、下钢筋笼的主筋分别与组合式荷载箱上、下两面的箍筋焊接,焊接时上下两个钢筋笼与

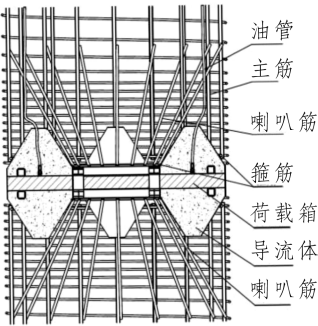


图 6 荷载箱安装示意图

荷载箱必须同时保证其完全垂直，偏心线角度必须控制在 5° 以内(图 7)。

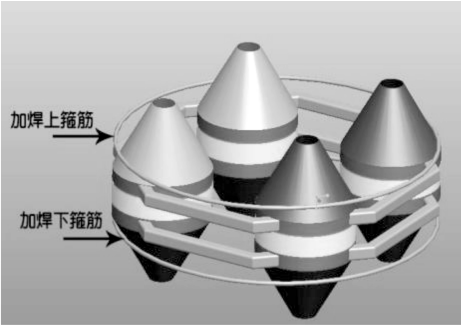


图 7 组合式荷载箱箍筋焊接示意图

上下喇叭钢筋的焊接方法：将喇叭钢筋的一端与对应荷载箱焊接导管孔边缘的一端进行焊接；另外，将钢筋的一端和其对应的钢筋笼一端进行焊接。喇叭筋的焊接应保证其与对应的荷载箱的导管孔平面的夹角必须大于 60° 。喇叭钢筋的焊接数量不得小于其对应钢筋笼的焊接主筋数量，间距不得大于灌注混凝土导管的口径(图 8)。

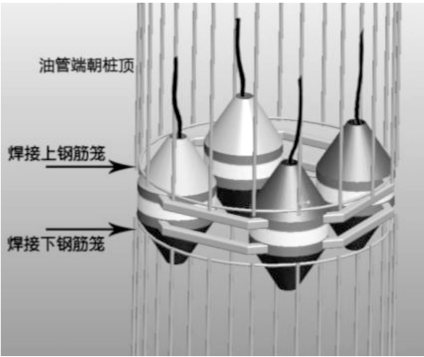


图 8 组合式荷载箱与上下钢筋笼对接示意图

布置位移管线及油管：根据荷载箱的安装深度配套位移拉索的长度。将上下位移拉索分别固定在荷载箱的上下方钢上，呈 90° 布置，分别用于测量桩体的上下位移(图 9)。

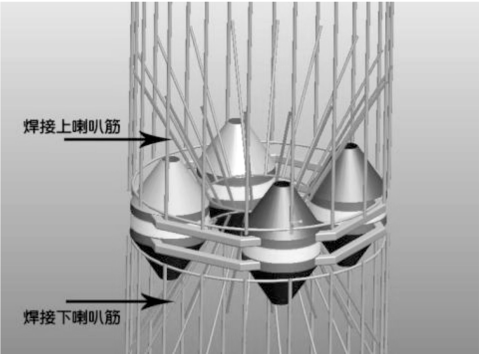


图 9 焊接上、下喇叭筋示意图

位移杆采用内杆与外套护管的连接方式，根据孔深设计测量位移杆的长度，顺着测量桩体和钢筋笼的方向连接至地面，采用丝扣方式连接。位移杆呈 90° 两个方向布置，分别用于桩体钢筋笼和桩体上下位移的测量。

油管预先绑紧盘好在荷载箱入口处，待安装钢筋笼时连续盘开、绑扎固定到地面。所用高压油管为新型高压供油软管(图 10)。

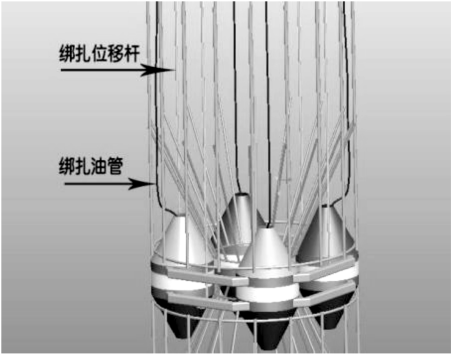


图 10 布置位移管线及油管示意图

钢筋笼盘筋横向加密的方法：为进一步提高荷载箱上下两面的抗压能力和强度，需要在桩身荷载箱的上下两面各 2 m 范围内将桩身钢筋笼横向箍筋的间距减小，使其横向加密箍筋间距不得大于 10 cm(图 11)。

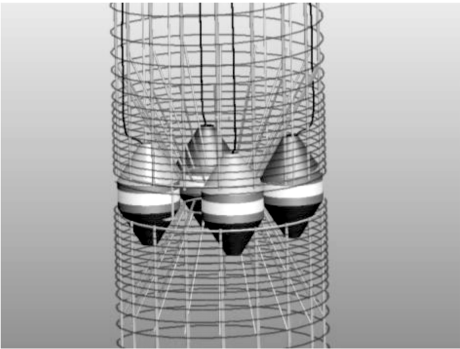


图 11 钢筋笼盘筋加密示意图

安装钢筋笼:试桩在安装钢筋笼的过程中,需要对试桩上荷载箱的位移管线和试桩上的荷载箱位移油管之间的线进行绑扎,位移管线每隔0.5 m用一根扎丝对位移管线进行绑扎,油管每隔1 m用扎丝对油管进行绑扎。当试桩的设计桩顶标高比实际地面低时,试桩的设计桩顶到地面的距离需安装一个简易的钢筋笼,用于固定引导并保护位移管线。为保证荷载箱与桩基钢筋笼的连接强度并便于起吊,试桩钢筋笼必须保持足够的强度,试桩下部的荷载箱钢筋笼的主筋数需翻倍。

灌注桩身混凝土的具体方法:首先需要检测荷载箱桩基设计的桩身混凝土标高和坍落度是否能够达到荷载箱的设计高度要求,导管到达顶端通过桩身荷载箱混凝土到达桩端浇筑荷载箱混凝土,当桩身混凝土高度接近桩身荷载箱底部时,需要暂时放慢提升灌注管的速度;只有当桩身荷载箱上部桩身混凝土高度大于2.5 m时,导管的底端才能提升至高于桩身荷载箱,浇筑时可通过桩身混凝土至荷载箱设计的桩身箱顶标高;桩身荷载箱以下的混凝土的坍落度需不小于200 mm,必须减少桩底的沉渣厚度,使浇筑混凝土更顺利。

桩基顶部管线休止期的保护:由于钢筋笼安装完毕到现场开始检测时有约半个月以上的休止期,故需要在现场对桩头的管线做好休止期警示标记,以保证桩头管线的稳定性不受到破坏^[3]。

2.5 检测步骤

(1)前期准备。桩基浇筑完成15 d后,即桩身的混凝土强度达到标准强度的70%以上时方可开始检测。桩头必须及时修整好并施工处理完毕。

(2)搭设基准梁与基准桩。依据基桩自平衡检测规范,基准梁铰接的一端与整个基准桩铰接的一端需进行无缝铰接,另外,将铰接的一端与整个基准桩一端进行焊接。基准梁的长度应不小于自平衡测试桩桩径的六倍。以桩身的几何中心为检测中心,每边以各三倍的长度为基准桩径,搭设在整个自平衡检测基桩的上方。

(3)搭设帐篷。测试时,为尽量减少外界温度、雨水、风等外部因素的直接影 响,必须在场地内搭设防风蓬架,以确保室内的测试设备、基准梁构件、基准桩构件、检测仪表及管线检测时完全不受外界环境因素的影响。

(4)开始检测。现场桩基检测期间,加载设备准备工作完成流程及其准备工作完成时间的确定应完全符合工程相关检测技术操作规范的具体要求和国家有关的规定。现场桩基检测所需要准备

使用的各种检测仪器设备周期应在检定或校准周期的有效期内。检测前,现场工作人员应对各种仪器设备进行检查调试。现场检测需要使用的各种仪器仪表及设备应具备检测工作所需要的必须的防尘、防潮、防震等安全保护功能。

①加卸载。

a、增大压力。所施加的荷载压力和增大的荷载分级应按照国家有关文件明确规定的压力分级依次顺序进行。每个级别施加压力的级别一般为最大可用加载量的1/10~1/15。

b、减少压力。卸载时所施加的机械压力和其他荷载也应按照有关文件中所明确规定的压力分级减少卸载操作程序要求进行。每个卸载级别的卸载数量为2~3个加载级别的荷载值。

c、加卸载工作运行期间,荷载应尽量保持均匀连续,每一个级别的荷载在连续维持运行期间的变化和波动幅度一般不得大于或超过其中每个分级荷载的10%。

②位移观测和稳定标准。

a、位移观测。采用慢速维持荷载法。每级加(卸)载后第1 h内应在第5 min、10 min、15 min、30 min、45 min、60 min测读卸载位移,以后每隔30 min测读一次,待达到相对稳定后方可加(卸)下一级并测读维持荷载。每次测读卸载的位移在达到零后应至少连续观测2 h,测读时间的间隔须与加载时间一致。

b、稳定标准。桩基每小时内的基础桩顶平均深度沉降量不应超过0.1 mm且至少连续出现两次(由1.5 h内的沉降观测值计算)。

(5)试验加载程序。

终止加载条件:

①在某级多个荷载的共同作用下,桩顶的累计沉降量大于前一级多个荷载共同作用下整个桩顶累计沉降量的2倍,而且经过24 h仍未完全达到相对稳定的沉降标准。

②已基本达到最大试验荷载,桩顶沉降的速率已经达到相对稳定的标准。

③当施加的荷载反映出的沉降曲线比较缓时,可根据技术要求规定加载至整个桩顶累计沉降量60~80 mm;在特殊应用情况下,可根据具体的技术要求加载至整个桩底累计沉降量超过80 mm。

(6)检测结束。检测结束后,保存好记录数据。将检测设备、加测设备等擦拭干净,装箱放好^[5]。

3 结 语

(下转第41页)

量;同时注意在深厚卵石层中施工需拔出超长钢护筒。由于卵石层松散,拔出钢护筒后桩基混凝土顶面会下沉,故在试验桩灌注混凝土时应适当超灌注一部分,根据钢护筒体积计算出理论下沉长度,对比实际的下沉长度计算出差值,后面桩基的桩头长度加上这个差值,从而确保桩基长度。

4.2 管理制度

成立以项目经理为首的桩基质量管理小组，全面负责桩基的质量管理工作。配备专职质检工程师，作业队设专职质检员，班组设兼职质检员。各级桩基质量管理人员分工负责，互相协调，层层落实职能和责任，做到各司其职，各负其责。通过建立桩基施工质量控制体系，制定桩基质量奖惩制度，坚持评比兑现，激发施工人员的工作积极性，对桩基施工质量低劣、管理差的除限期整改外，视具体情况处以一定金额的罚款。

加强质量监管人员的巡视工作,发现质量问题及时指正整改。严格施工过程中的三检制度,各级桩基管理人员应严格层层把关,验收不合格不允许进入下道工序。注重对混凝土浇筑方面的质量控制,严格按照混凝土浇筑工艺要求施工。

5 结 语

(上接第 22 页)

免或降低了传统工艺中存在的常见且不可避免的问题,符合环保与水保建设理念,最重要的是提高了整体结构的耐久性、承压力和可靠性,保证了梁体的施工安全与质量。

参考文献:

- [1] 朱兆明. 预应力混凝土桥梁施工技术要点[J]. 智能城市, 2019, 5(14): 194—195.
- [2] 于广志. 智能自动喷淋养护技术在预应力混凝土悬臂浇筑连续梁施工中的应用[J]. 价值工程, 2018, 37(2): 137—138.
- [3] 于正航, 马月辉, 王 婵. 混凝土箱梁喷淋养护系统的设计

(上接第 26 页)

韩滩双岛特大桥桩基试桩目前已经施工完成。实践证明:韩滩双岛特大桥项目运用新颖先进的桩基静载试验方法取得了一定的成果,缩短了桩基检验工期,减少了劳动力。可以相信:在今后其他类似工程中,自平衡法将得到更加广泛的推广和应用。

参考文献:

- [1] 桩基静载试验自平衡法, JT/T 738—2009[S].
- [2] 王公胜. 桩基自平衡法试验中平衡点计算的新思路[J]. 中国

桩基桩长控制作为桩基质量控制中重要的一部分,在深厚卵石层大直径长桩基质量控制中更为关键。其桩长受松散卵石层、沉渣、桩头长度等影响,施工人员很难对桩基的施工长度进行控制。因此,对于这些问题进行有针对性的解决比较重要,只有在这些方面得到了保障,才能有效控制桩基质量。通过理论并结合施工实际,加强对桥梁桩基桩长的控制,对桩基整体质量提升和施工成本节约意义重大。

参考文献:

- [1] 侯宝民,滕玉莲,张铭.浅谈桥梁桩基施工质量的控制[J].科技创新与应用,2015,36(13):200.
- [2] 丁镜坤.桥梁桩基施工质量控制措施研究[J].江西建材,2015,35(16):171.
- [3] 李志奇.提升桩基施工质量的措施探讨[J].山西建筑,2015,41(29):92-94.
- [4] 建筑桩基技术规范,JGJ 94-2008,[S].
- [5] 杜志峰.公路桥梁桩基施工技术及其质量控制分析[J].科技视界,2019,16(28):201-202.

作者简介：

潘艳军(1985-),男,甘肃陇南人,项目工程管理部副部长,工程师,从事市政工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)

与实现[J].自动化仪表,2016,37(11):93-95.

- [4] 韩明强. 预应力智能张拉系统在桥梁施工中的应用探析[J]. 赤峰学院学报(自然科学版), 2015, 31(20): 49-50.
- [5] 王文建. 桥梁预应力智能张拉与压浆系统原理及施工技术[J]. 江汉大学学报(自然科学版), 2015, 43(4): 328-331.

作者简介：

刘英(1974-),女,四川仁寿人,项目总工程师,高级工程师,从事市政工程施工技术与管理工作;

程蔚崧(1997-),男,四川南充人,技术员,从事市政工程施工技术与质量管理工作.

(责任编辑:李燕辉)

建材科技, 2016, 25(3): 87—89, 115.

- [3] 辛颖,李萍,岳峰.桩基自平衡法平衡点位置试验研究[J].低温建筑技术,2015,37(4):121-123.
- [4] 冷曦晨.大型桥梁桩基承载力试验研究[D].中国地质大学(北京),2015.
- [5] 张广彬,韩宝民.自平衡法静载试验中荷载箱位置对比分析[J].中国水运(下半月),2013,13(2):243-244.

作者简介：

文鑫林(1995-),男,四川绵阳人,主任科员,助理工程师,学士,从事市政工程施工技术与管理工作;

陆 莎(1993-),女,四川广元人,技术员,学士,从事市政工程造
价管理工作。(责任编辑:李燕辉)