

高盐水域桥梁桩基耐久性防护技术应用分析

李宁

新疆北新路桥集团股份有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]为减少永久性钢护筒施工阶段存在的问题,开展高盐水域桥梁桩基耐久性防护技术应用分析,研究对永久性钢护筒施工中存在的问题进行分析后,提出解决方案。从永久性钢护筒施工中存在的问题来看,主要问题有钢护筒轴线错位、马牙槎施工存在问题、混凝土存在的问题、钢护筒断条及钢护筒乱根等问题进行分析后,对永久性钢护筒施工设计分析后,论述了永久性钢护筒施工方案及措施,以期为广大学者提供参考帮助及建议。

[关键词]高盐水域;桥梁桩基;耐久性;防护技术;应用

DOI: 10.33142/aem.v7i1.15242

中图分类号: U4

文献标识码: A

Application Analysis of Durability Protection Technology for Bridge Pile Foundation in High Salt Water Areas

LI Ning

Xinjiang Beixin Road and Bridge Group Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract: In order to reduce the problems during the construction phase of permanent steel casing, an analysis of the application of durability protection technology for bridge pile foundations in high salt water areas was carried out. After analyzing the problems in the construction of permanent steel casing, solutions were proposed. From the perspective of the problems existing in the construction of permanent steel casing, the main problems include the misalignment of the axis of the steel casing, problems with the construction of the horse tooth joint, problems with the concrete, broken steel casing bars, and disorderly roots of the steel casing. After analyzing the design of the construction of permanent steel casing, this paper discusses the construction plan and measures for permanent steel casing, in order to provide reference and suggestions for scholars.

Keywords: high salinity water areas; bridge pile foundation; durability; protective technology; application

引言

现代化社会发展趋势下,桥梁事业为我国社会经济发展及建设提供了有力支撑,同时,国家对于桥梁设计强度有了显著提升。根据现有桥梁设计规范要求来看,为提高桥梁耐久性,部分施工单位在施工过程中通过采用钢护筒的方式提高整体桥梁结构设计,有效提高桥梁耐久性的同时,对于减少工程施工质量具有深远意义。诚然,因钢护筒施工流程复杂,目前施工阶段仍存在诸多问题亟待解决,对桥梁工程施工造成巨大影响。对此,本次研究以永久性钢护筒施工中存在的问题及其施工措施进行讨论,以期为广大学者提供参考帮助及建议。

1 高盐水域桥梁桩基耐久性防护技术应用分析案例

潍坊港疏港高速公路工程一标跨海大桥桩基工程,桩基空桩段长,地质条件差,处于 III 类近海或海洋氯化物、IV 类除冰盐、II 类冻融环境中,空桩部分长期受海水侵蚀及反复冻融影响,为减轻海水对桩基混凝土腐蚀,延长桩基混凝土使用寿命,降低跨海桥梁工程全生命周期的运维成本,桩基钢护筒在施工完成后保留作为桩基础的防腐屏障,根据施工环境和质量控制要求,研究开发出一套适用于跨海灌注桩永久钢护筒施工工艺,从而确保其安装精

度、垂直度及其他重要技术指标满足设计要求的本项研究的主要内容。

2 高盐水域桥梁桩基耐久性防护技术应用分析意义

潍坊港疏港高速公路工程一标跨海大桥桩基工程,桩基空桩段长,地质条件差,处于 III 类近海或海洋氯化物、IV 类除冰盐、II 类冻融环境中,空桩部分长期受海水侵蚀及反复冻融影响,为减轻海水对桩基混凝土腐蚀,延长桩基混凝土使用寿命,降低跨海桥梁工程全生命周期的运维成本,桩基钢护筒在施工完成后保留作为桩基础的防腐屏障,钢护筒施工长度为 13-18m,永久钢护筒长度为 6m。永久钢护筒既能够提高桩基本身持力、抗震、防腐效果,又能保证桩基施工质量,对以后的特殊地层及水下桩基施工有很大的借鉴意义。

3 高盐水域桥梁桩基耐久性防护技术研究

开展桥梁桩基环境要素的全面探究。着重分析关键环境要素对桥梁桩基持久性的作用,并对各类环境参数进行具体量化分析。

深入研究混凝土、钢筋等材料耐久性退化的力学原理。着重探讨在桥梁桩基施工中遭遇的代表性环境因素对混凝土、钢筋等材料耐久性特征指标的影响,以此为基础,实现

环境影响因素的荷载量化及材料耐久性设计标准的制定。

针对桥梁桩基的耐久性抵抗力进行科学研究。主要解决基于可靠性理论，桥梁桩基耐久性抵抗力变化的计算问题。

研究桥梁桩基的耐久性设计策略，目的是解决基于安全性及可靠性原则的混凝土结构耐久性设计方法。

利用先进的材料检测技术，处理现有桥梁桩基的剩余寿命评估及计算问题。

持续进行高性能混凝土的基础研究，探索在特定环境条件下，能够增强桩基混凝土抗渗透、抗冻融、耐干湿循环、抗碳化以及抵御各种环境因素影响的耐久性混凝土。

3.1 永久钢护筒主要研发内容

(1) 在采用施工工艺下沉钢护筒进行研究，如何保证钢护筒埋设的精确度（位置、垂直度等），满足设计要求；

(2) 如何保证所埋设的钢护筒能与周边土体紧密接触，满足设计要求的程度。

3.2 技术路线

提出施工方案→进行技术、经济分析→选定最优施工方案→研究施工工艺和组织→方案实施→效果验证。

3.3 创新点

对于粉砂砾石地层或大江大河及地下水位较高的地区，混凝土钻孔灌注桩施工可以积累一定的施工经验，市场推广前景较大。

采用振动锤振冲下沉施工工艺，无论是对护筒本身壁厚以及振动锤下沉速度、持力点位置和下沉力大小等参数确定，对以后类似工程施工均能起到参考作用。

水下设永久钢护筒，如何保证护筒垂直度、如何使护筒顶部高程定位在设计桩顶高程，都需要通过前期精细策划，并且在施工中严格控制与发现总结的，也是值得后续类似项目参考借鉴的。

4 高盐水域桥梁桩基耐久性防护技术应用存在的问题分析

4.1 桩基间钢护筒轴线错位

轴线错位是永久性钢护筒施工阶段相对常见的问题，如钢筋混凝土浇筑阶段没有对钢筋骨架位置进行调整，会导致下层放线出现永久性钢护筒错位的现象，最终导致上下层贯通性消失，严重影响永久性钢护筒稳定性，对整体桥梁结构施工质量造成巨大影响。

4.2 马牙槎施工存在问题

永久性钢护筒马牙槎施工问题具体表现在诸多施工单位施工阶段没有按照规范要求对马牙槎设计，甚至盲目设计马牙槎，导致马牙槎两侧砌体表现缺乏平整性，最终造成桩基与模板之间存在贴合不紧密的问题。此外，如马牙槎留设位置不准确，导致永久性钢护筒纵向、横向轴线有误，对后续工程施工造成极大影响。

4.3 混凝土存在的问题

永久性钢护筒施工阶段，因混凝土施工引发的问题主要以麻面、露筋等问题组成。永久性钢护筒支模施工阶段，

如钢筋混凝土保护垫绑扎工艺不合理，钢筋表面可能出现缺陷，亦或是钢筋布局不当引发钢筋外露等状况。在捣实环节，捣实是确保永久性钢护筒施工品质的核心环节，若捣实过程中，马牙槎砖墙与模板间的湿润度不足，很容易造成模板和砖墙吸收永久性钢护筒内的水分，进而引发混凝土表层酥脆的现象。

4.4 钢护筒断条

永久性钢护筒施工前期，施工人员应综合施工现场情况，对施工现场进行检查、清理工作后，应确保永久性钢护筒材料无灰尘、杂物，并保障永久性钢护筒各处紧密连接。诚然，从当前永久性钢护筒施工管理来看，诸多施工现场管理人员经常性忽视这一问题，加之混凝土材料内部结构本身稳定性较差，最终导致永久性钢护筒出现裂缝，对整体桥梁工程施工质量造成较大影响。

4.5 钢护筒乱根

永久性钢护筒乱根泛指钢护筒基础部位受到严重损害，导致桥梁工程施工质量存在严重问题，造成这一现象的主要因素在于施工人员施工前期因忽视清理工作，导致永久性钢护筒的底部受到泥浆和水分的严重腐蚀，甚至出现底部断裂的现象。

5 高盐水域桥梁桩基耐久性防护技术应用措施

5.1 永久性钢护筒施工设计

本项目桥梁桩基地处渤海湾海域，结构耐久性是一个重要课题，特别是水中桩基础与墩柱连接部分，是结构设计重点。桩基础采用混凝土灌注桩，在海水中设置的桩基础外部采用钢护筒作为永久性保护。根据海水侵蚀作用机理，参照渤海湾海域内同类桥梁工程实践，本项目永久性钢护筒设计具体如下：钢护筒采用 Q235NH 钢板，厚度不小于 12mm，长度采用 6m，筒径不得侵入钻孔桩的有效桩径，钢板材料性能应符合我们国家标准《碳素结构钢和低合金结构钢热轧钢带》(GB/T 3524-2015) 以及《耐候结构钢》(GB/T 4171-2008) 的有关规定，而且其焊接钢板还应满足可焊性的可靠性要求。



图1 钢护筒震动下沉图

钢护筒震动下沉图采用锤击或震动方法下沉钢护筒, Q235 钢护筒厚度不小于 12mm; 钢护筒下设, 应控制其顶部高程与设计桩顶高程一致; 护筒倾斜度不大于 1%; 护筒下设完成后中心偏差不大于 2cm。

5.2 永久性钢护筒施工

(1) 钢筋绑扎

本次工程永久性钢护筒绑扎钢筋前, 应将钢筋拉直定位, 并在施工阶段绑扎牢固, 规避施工中随意推拉对绑扎施工造成影响。钢筋搭接纵向长度应满足 35d, 并在施工阶段做好永久性钢护筒内部钢筋保护垫块绑扎工作。

(2) 马牙槎留设

砌筑马牙槎前应对砌砖墙轴线进行定位, 确保马牙槎留设位置准确性、精准性。在砌筑马牙槎阶段, 应按照先退后进的方法, 即砌筑时, 先砌的砖块要往后退一定距离, 并保证后砌砖块要往前突出。常见进退尺寸为 60mm, 马牙槎的高度不宜超过 300mm。以此确保混凝土能够充分填充, 提高永久性钢护筒施工质量。此外, 应沿墙高每 500mm 设 2 Φ 6 水平拉结钢筋, 每边伸入墙内不宜小于 1m。

(3) 抗震设计

严格遵照抗震设计规范和标准进行钢护筒的设置工作, 并保证和圈梁之间具有稳固的连接。并保证结构构件符合设计强度, 承受地震作用产生的内力。如通过合理选择材料和确定构件尺寸, 确保柱子、梁等能够承受地震时的水平和竖向荷载, 如在多层砖结构住宅工程施工中, 根据烈度与层次的具体要求, 并外墙四角以及其他桩基交界处设置钢护筒。

5.3 提高钢材强度

为进一步提高钢材强度及促进永久性钢护筒施工质量, 应进一步加强钢材施工质量控制。有关人员采购原材料的过程中一定要严格按照要求采购, 切忌将质量差的材料购买进来。同时, 在原材料进入施工场地以前, 质检人员务必做好抽检, 保证材料质量, 如果在检查的过程中发现材料质量达不到要求, 应立即追究相关工作人员的责任, 并采购新材料。由于钢护筒结构的特征, 其在施工时的钢材分布也更短, 具备不连续性, 体现出乱向分散形态, 这就是的钢护筒具备较强的抗压、抗冲击、抗弯曲和抗拉伸等性能。通过大量的研究和实测数据发现, 钢护筒结构的抗拉极限承载力是普通单轴钢材结构的 1.25~1.5 倍左右。在测量其抗弯极限承载力时, 是普通钢材的 1.5~2.5 倍左右。其抗冲击性能是普通钢材的 50 倍左右, 部分钢筋钢材甚至达到了 100 倍。

5.4 钢筋铺设

钢护筒是高盐水域桥梁桩基施工中的一道关键工序, 只有确保原料质量, 唯有具备相应技能方能着手加固作业。在整个建筑阶段, 需遵循钢筋绑扎的规范, 借助机械手段将主要钢筋连接, 并用钢丝牢固地绑扎箍筋与主筋。接着,

必须严格按照施工图纸规定的距离和定位筋的要求进行绑扎, 将捆绑好的钢筋笼安放到指定的固定位置。然后才能进行下一道工序。预应力钢束作为保障预应力混凝土桥梁结构稳定的关键, 预应力钢束承载能力和腐蚀情况和断裂问题具有密切联系, 在预应力钢束修复阶段, 应做好清理、防腐、修复及钢束更换工作, 实现预应力钢束正常使用的同时, 对于提高预应力混凝土桥梁结构稳定性及承载能力具有促进意义, 为提高钢筋铺设的施工质量, 在进行绑扎时, 施工人员应科学、合理选择钢筋数量和绑扎方法, 防止因数量不够精确而导致钢筋弯折, 从而确保铺设效率和绑扎质量。

5.5 桩基础加强

在高盐水域桥梁桩基施工中, 桩基是整个施工过程中重要的一环, 其对工程的整体稳定性起到了决定性作用。预应力混凝土桥梁施工阶段, 因使用混凝土材料数量较大, 混凝土病害问题也在不断增加, 如出现磨损、剥落、局部病害等情况, 势必会影响到预应力混凝土桥梁结构安全。在混凝土修补的过程中, 可通过聚合物修补材料、高强度修补混凝土等耐久性较好的材料进行混凝土的修补处理, 完成受损区域的修复和喷涂。在高盐水域桥梁桩基施工中, 大规模采用钢护筒施工技术, 既可增强桩基的整体穿透力, 又可提高沉桩速率, 减少锤击次数。因此, 采用钢护筒进行桩基施工, 不仅能有效减少人力、物力的消耗, 还能增加企业的经济效益。此外, 采用钢护筒进行桩基加强, 还可改善桩顶塑性, 提高桩尖的穿透性能, 保证高盐水域桥梁桩基施工质量。

6 高盐水域桥梁桩基耐久性防护技术应用展望

现阶段, 我国各类规模的桥梁工程普遍采纳了钻孔灌注桩技术, 其工艺不断优化成熟。该技术以占用作业面积小、所需机械和人工较少、对环境友好等优势著称, 同时具备单个桩基承载力强、桩基品质稳固等特点, 逐渐成为桥梁及建筑基础施工的主流技术, 市场需求持续扩大。钻孔灌注技术核心在于利用钻孔手段将预先调配的浆液注入土层, 从而增强土体的密实度, 并在注浆管末端形成浆泡。施工过程中, 若制浆量较小, 浆液会向钻孔周边扩散; 若制浆量过大, 则会提升抬升力, 这对于提升高盐度水域桥梁的结构稳定性大有裨益, 确保了钻孔灌注技术在加固方面的显著成效。在进行钻孔灌注桩的施工过程中, 必须对荷载、结构内力、强度、承载力、抗震能力、防撞能力、抗裂性能以及沉降变形等进行详细计算, 确保钢护筒与桩基能够共同承受力, 特别是在抵御地震作用时的重要性尤为突出。所以在有些超深灌注桩施工中, 特别是在大江、大河内的桩基施工, 永久钢护筒作为桩基必不可少的一部分, 而被大量应用与推广。

7 结束语

综上所述, 开展高盐水域桥梁桩基耐久性防护技术应

用分析,桥梁结构稳定性作为桥梁工程施工质量的重要组成部分,本次研究以永久性钢护筒施工进行讨论与分析,对永久性钢护筒中存在的问题进行分析后,论述了永久性钢护筒施工措施及方案,通过案例讨论与分析,为广大学者永久性钢护筒施工提供参考帮助。

[参考文献]

- [1] 宋家满. 强冲刷腐蚀环境下桥梁桩基耐久性设计研究[J]. 铁道建筑技术, 2024(1): 105-109.
- [2] 罗宇, 贾鹏. 含泥质石膏岩中桥梁桩基耐久性设计[J]. 城市道桥与防洪, 2022(4): 81-84.

[3] 刘江, 曾逢春, 蔡老虎, 等. 酸性水环境下桥梁桩基混凝土的配制与耐久性研究[J]. 武汉理工大学学报, 2012, 34(6): 91-95.

[4] 黄斌. 沿海地区桥梁桩基混凝土耐久性研究[J]. 福建建材, 2009(2): 26-28.

[5] 何斌. 对桥梁桩基耐久性问题的探讨[J]. 公路交通技术, 2003(2): 40-43.

作者简介: 李宁, 性别: 男, 毕业院校: 西安交大, 土木工程专业, 当前就职单位: 新疆北新路桥集团股份有限公司, 职务: 项目负责人, 职称级别: 工程师。