

海上密排肋板钢管桩沉桩及加固可行性研究

平家龙

中交第三航务工程局有限公司宁波分公司, 浙江 宁波 315200

[摘要] 本篇文章介绍了岱山县燕窝山陆岛交通码头及防波堤工程, 密排桩每根桩的两侧在离桩顶 1.15 米到 18.15 米范围内需焊接长 30cm 的肋板, 密排钢管桩之间采用肋板进行封堵, 焊接于密排桩两侧, 相邻两根桩的最小间距为 36.4cm, 沉桩过程中极易发生碰桩现象, 对已沉的桩造成安全隐患。同时, 由于本工程所在区域风浪条件较差, 台风期影响较大, 为解决沉桩中的碰撞及结构安全问题, 分析钢管桩结构、扭角、斜率、平面位置等因素造成的影响, 并采取了相应的措施。

[关键词] 码头; 密排桩; 碰撞; 加固

DOI: 10.33142/aem.v2i9.3017

中图分类号: TU753

文献标识码: A

Feasibility Study on Pile Sinking and Reinforcement of Offshore Close-Ribbed Sheet Steel Pipe Piles

PING Jialong

Ningbo Branch of CCCC Third Harbor Engineering Co., Ltd., Ningbo, Zhejiang, 315200, China

Abstract: This paper introduces the traffic wharf and breakwater project of Yanwoshan Lu Island in Daishan County. In the range of 1.15 m to 18.15 m from the top of each pile, the rib plate with a length of 30 cm should be welded on both sides of each pile. The rib plate should be used between the close spaced steel pipe piles for sealing, and welded on both sides of the close spaced pile. The minimum distance between two adjacent piles is 36.4 cm. Pile collision is very easy to occur in the process of pile sinking, causing potential safety hazards to the sunk pile. At the same time, due to the poor wind and wave conditions in the area where the project is located, the impact during typhoon period is greater. In order to solve the collision and structural safety problems in pile sinking, the influence of steel pipe pile structure, torsion angle, slope, plane position and other factors is analyzed, and corresponding measures are taken.

Keywords: wharf; close-packed piles; collision; reinforcement

引言

本工程新建 3000 总吨级车渡泊位 2 个, 1000 总吨级客运泊位 2 个, 码头外侧兼顾 10000 总吨级邮轮(远期)靠泊, 后方陆域面积约 7.446 万平方米。西车客渡码头长 105m, 宽 21m, 顶高程+6.0m, 采用密排桩与高桩梁板式码头相结合的整体式结构。密排桩采用斜桩以利用其轴向承载能力, 桩径 1200mm 钢管桩, 间距 1.6m, 密排桩之间采用肋板进行封堵, 肋板宽 0.3m, 焊接于密排桩两侧, 并通过纵向连续布置导梁与码头结合为整体。

带肋板密排桩防波堤与码头相结合的结构属国内首创, 密排桩不仅属于码头主体桩基, 同时具备防波堤消波挡浪的作用。密排桩码头及防波堤避开了传统的防波堤加码头的平面布置方案, 利用透空式防波堤的理念切入, 对码头结构进行研究和优化, 该新型结构尤其适用于水深较大、波浪较小、地基承载能力较差的软土地区, 但与常规码头相比, 存在桩密、精度高、沉桩后受风浪影响大的特点, 必须及时形成上部结构, 以保证结构安全。

防波堤与码头相结合是新型结构设计的首次应用, 也是施工的首次实施, 且国内对复杂工况条件下大斜率水上沉桩施工技术研究不深, 尤其是高精度要求的密排桩更是尚未涉及, 以及后续加固施工技术不成熟, 没有一套完整的施工技术措施, 无法确定沉桩施工可行性、施工控制要点、沉桩顺序、沉桩定位精度控制等参数以及沉桩完成后的加固方案。

本工程水上沉桩的重点及难点为密排桩的沉桩施工, 密排桩为 $\Phi 1200\text{mm}$ 钢管桩, 桩长 48m 至 67m, 均为朝海侧的斜桩斜率 7:1, 平面扭角零度, 分布在两根轴线上, 轴线间距 25cm, 相邻两根桩的间距为 40cm, 最小处为 36.4cm。此外, 密排桩每根桩的两侧在离桩顶 1.15m 到 18.15m 范围内需焊接长 30cm 的肋板。

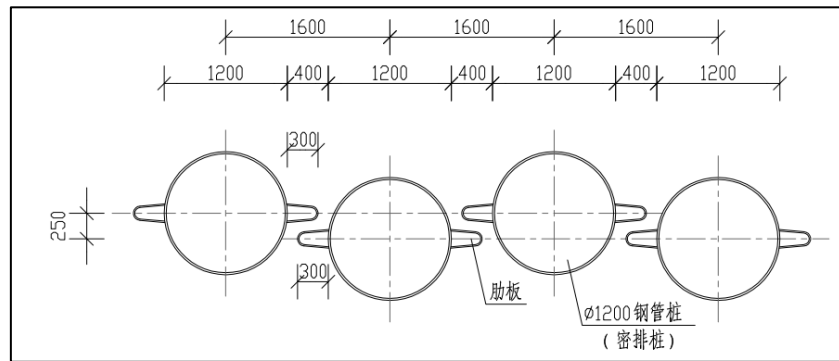


图 1 密排钢管桩平面布置图

在沉桩定位上提高精度,并在吊运及施打过程中,采取全过程桩位、扭角、斜率、标高监测,确定偏差范围,做好提前量控制,避免密排桩在吊运及施打过程中出现偏位、碰桩,监测沉桩施工时的风力、流速、涌浪等情况,通过试沉桩过程中的数据分析,明确密排桩可施工条件及各工序控制要点,观测沉桩前后的泥面标高变化,分析冲刷情况,同时进行沉桩完成后的加固措施比选及结构安全稳定性验算分析,以期指导今后大斜率密排桩沉桩的施工。

1 相邻两根桩肋板旋转发生碰撞时的角度计算

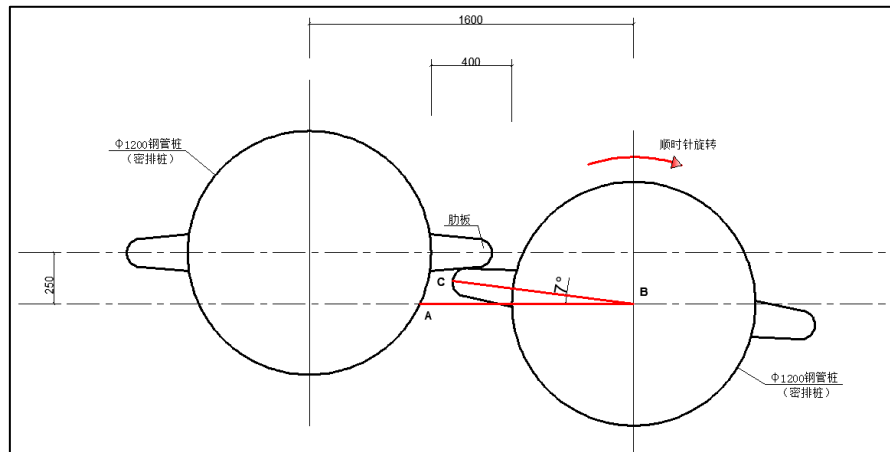


图 2 密排钢管桩肋板碰撞时最大转角示意图

计算 $\angle ABC$ 为肋板碰撞时最大转角,根据上图计算相邻两根桩肋板累计平面偏转角度达 7° 时发生碰撞。建议措施:密排桩两侧肋板制作时严格控制轴线位置保证对称性,其次在下桩过程中注意观测桩身的旋转。

2 相邻两根桩发生碰撞时桩偏位计算

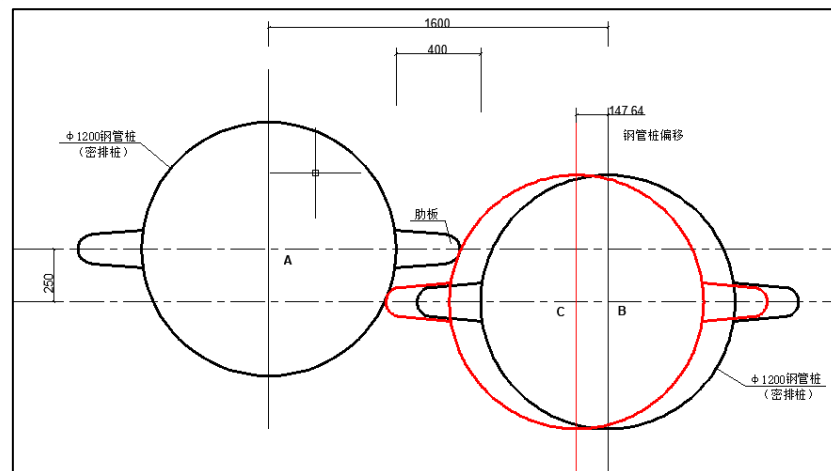


图 3 相邻两根桩发生碰撞时桩偏位示意图

计算 BC 为碰桩时桩基偏移量, 根据上图计算相邻桩基相对位移达 147.64mm 时肋板发生碰撞。建议措施: 严格控制桩定位时的平面位置偏差; 选用抗风浪较好的大型打桩船, 在风浪较小时施工。

3 相邻两根桩斜率偏差发生肋板碰撞时斜率偏差角度计算

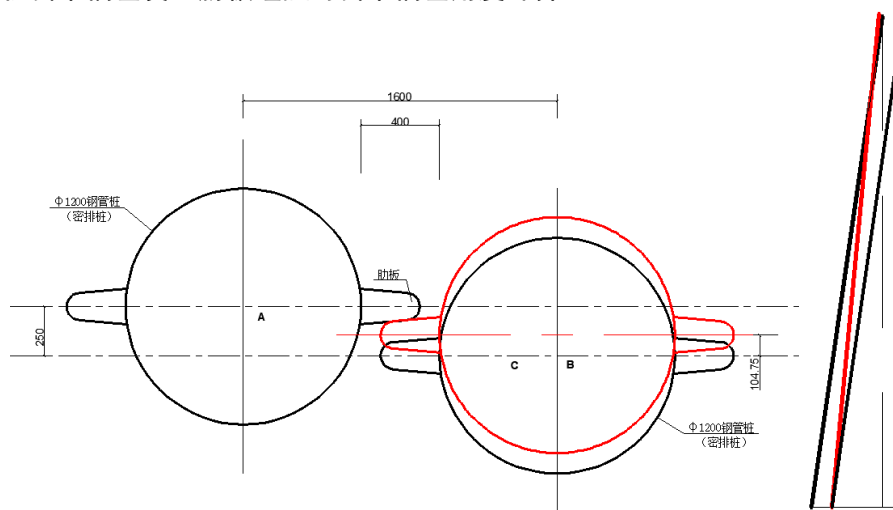


图 4 相邻两根桩斜率偏差发生肋板碰撞示意图

桩长按 60m 计算, 斜率 7: 1, 计算 $104.75/1000 \div [3.14 * (60-1.15) * 2] * 360 = 0.1^\circ$, 根据上图计算相邻桩基斜率偏差达 0.1° 时肋板发生碰撞。重叠肋板边对边间距 10.2cm, 累计间距斜率可偏差 $0^\circ 17' 11.3''$, 肋板低部碰。



图 5 相邻两根桩斜率偏差发生肋板碰撞示意图

建议措施: 严格控制桩定位时的斜率度数; 在打桩船上设置倾斜观测仪, 实时对打桩船自身的横倾及纵倾进行修正, 若发生斜率变化可通过船调整压舱水或桩架进行调整。

4 计算下桩、稳桩中牛腿与抱桩器是否发生碰撞

抱桩器离水面按 13m 计算, 水深按 10m 计算, 桩按 60m 计算, 肋板离桩顶位置 18.15m: 当桩入土深度大于 $60-18.15-13-10=18.85\text{m}$ 时, 肋板与抱桩器发生碰撞。

桩入土深度计算: 单根桩总重 40 吨 (帽子 2 吨), 根据地质资料显示②-1 淤泥质粉质黏土桩侧摩阻力标准值 14KPa; $42/14 / (3.14 * 1.2) * 10 = 7.96\text{m}$, 考虑乘以 1.5 系数得结果约 12m。

根据以上计算, 桩稳桩时的入土深度为 12m, 而此计算未考虑桩下桩过程中的初速度和土体扰动状态的影响; 而根据目前码头沉桩的情况显示稳桩时的入土深度约 25m, 所以判断密排桩稳桩时桩的入土深度将大于 25m, 肋板与抱桩器发生碰撞。建议措施: 在下桩过程中提前打开抱桩器。

5 相邻两根桩扭角偏差导致桩底碰桩时扭角偏差计算

桩长按 60m 计算, 斜率 7: 1, 桩净距 40cm;

$$0.4 \div \left(\frac{60}{\sqrt{7^2 + 1^2}} - 0.25 \right) = 0.0486$$

$$ATAN (0.0486) \times \frac{360}{2\pi} = 2.78$$

度，下图所示：

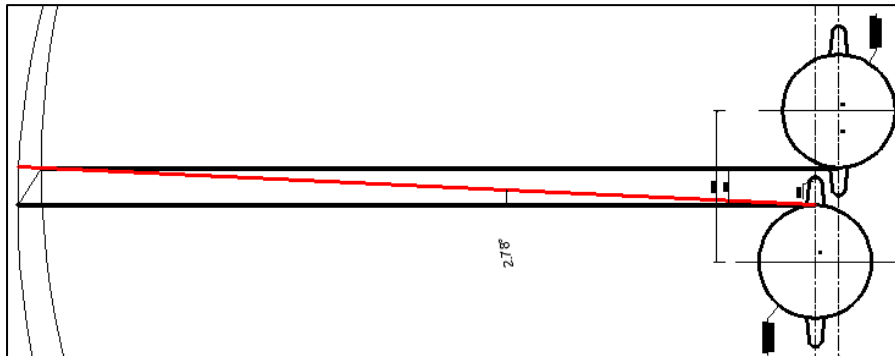


图6 相邻两根桩扭角偏差碰撞示意图

根据以上计算，当相邻两根桩扭角偏差累计超 2.78° （最小 2.64° ）时，桩底将会发生碰桩。

建议措施：严格控制桩定位时的扭角偏差；及时记录前一根沉桩完成后的扭角偏差，进行碰桩验算并调整下根桩的扭角；选用抗风浪较好的大型打桩船，在风浪较小时施工。

6 钢管桩沉桩结束时倾斜

由于沉桩结束，桩帽与管桩脱离时，大斜率钢管桩可能因为自重、风浪等其他影响因素产生倾斜。建议措施：沉桩时根据现场实际情况考虑提前量或落后量。

7 钢管桩偏位影响

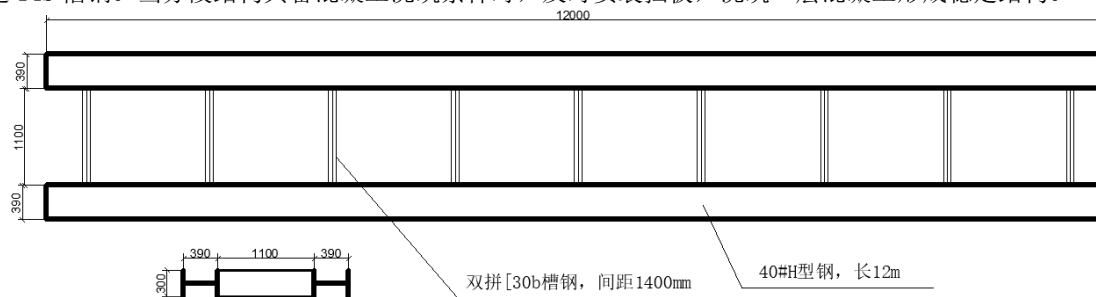
由于风浪、观测误差等其他影响因素，桩位累计误差较大时，可能导致上部导梁或墩台施工时，在结构段分界处密排桩各占一半的情况。

建议措施：沉桩时先施打每个结构段两端的密排钢管桩，然后采用隔桩跳打的方式（即先施打岸侧密排桩，再施打海侧密排桩），保证两端的密排桩均在导梁或墩台内部。若出现累计偏位较大时，会出现结构段内最后一根桩无位置进行沉桩作业的情况，此时将及时与设计联系，可采用定制桩（定制肋板长度或桩径）。

8 加固措施

密排桩沉桩完成后，两排轴线的密排桩将连成类似挡墙的结构，迎水面所受波浪力相比单根桩将大大增加，为保证整体结构安全，尤其是台风期的结构安全，要及时采取加固措施。根据结构受力分析，导梁整体需浇筑至 1.5m 以上才能保证结构安全。同时，部分斜顶桩还需进行锚岩桩施工，故为保证结构安全，将桩基接长，先浇筑一层混凝土再搭设平台进行锚岩桩施工，平台的稳定性也大大提高。

密排桩与斜顶桩沉桩完成后（桩顶标高控制在原设计桩顶标高+0.2m），将斜顶桩及密排桩部分桩顶割除（此部分工作可在台风来临前完成，以提高施工效率），吊入安装 12m 长整体型钢支架（如下图），形成稳定结构。斜顶桩之间焊接 1 道 14b 槽钢。当分段结构具备混凝土浇筑条件时，及时安装挡板，浇筑一层混凝土形成稳定结构。



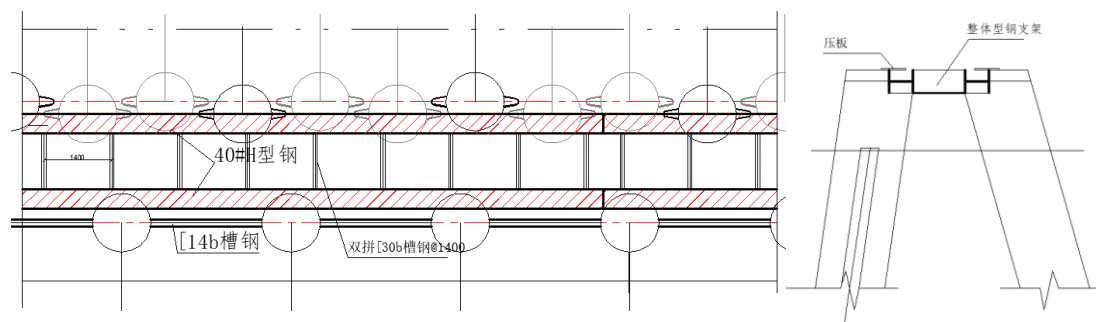


图7 密排桩加固示意图

9 结束语

本文以岱山县燕窝山陆岛交通码头及防波堤工程密排钢管桩施打及后续加固措施为研究对象,通过对钢管桩结构、扭角、斜率、平面位置等因素造成的碰撞可能以及结构安全进行分析,并提出了相应的解决措施,保证了本工程密排钢管桩的顺利沉桩,通过总结分析形成一套完整的大斜率密排桩沉桩及加固施工技术,对今后类似沉桩的碰撞问题具有一定的借鉴作用。

【参考文献】

- [1]中华人民共和国交通运输部.港口工程桩基规范:JTS 167-4-2012[S],北京:港口工程桩基规范,2012:7-18.
- [2]俞振全.钢管桩的设计与施工[M].北京:地震出版社,1993.
- [3]林翠萍.高桩码头圆桩沉桩参数的自动化实现及应用[J].中国水运月刊,2012,12(12):236-238.
- [4]黄增财,彭立志,吴健.海上超长直径钢管桩基础施工技术[J].施工技术,2005(7):170-173.

作者简介:平家龙(1973.10-)男,毕业院校:西南科技大学,所学专业:土木工程专业,目前就职单位:中交第三航务工程局有限公司宁波分公司,职务:工程管理部副经理,职称:工程师。