

大直径钢护筒气顶拔除方法

曾亿忠, 张俊光, 张成林

(中交第二航务工程局有限公司第六工程分公司, 湖北 武汉 430014)

摘要: 在水上桥梁桩基施工常采用钢护筒作为围护结构, 钢护筒施沉到位后, 由于施工偏差或设计变更等原因, 造成钢护筒须拔除后重新施沉。为了研发安全、经济且高效的钢护筒拔除工艺, 依托漳州市金峰大桥, 通过方案比选及理论分析, 研究并成功应用了“气顶法+振动锤”钢护筒拔除工艺, 总结了该工艺的施工要点, 验证了其经济合理性及安全可靠, 可在类似工程中推广。

关键词: 钢护筒; 拔除; 气顶法

中图分类号: U655.4

文献标志码: B

文章编号: 2095-7874(2020)07-0050-04

doi: 10.7640/zggwjs202007012

Gas cap removing method of large diameter steel casing

ZENG Yi-zhong, ZHANG Jun-guang, ZHANG Cheng-lin

(No.6 Engineering Co., Ltd. of CCCC Second Harbour Engineering Co., Ltd., Wuhan, Hubei 430014, China)

Abstract: In the construction of the pile foundation of the bridge over water, the steel casing is often used as the retaining structure. After the steel casing is sunk in place, the steel casing must be removed and then sunk again because of construction deviation or design change. In order to develop a safe, economical and efficient steel casing removing process, relying on the Jinfeng Bridge in Zhangzhou, we studied the steel casing removing process of "gas cap method + vibrating hammer" through the comparison of schemes and theoretical analysis, summarized the construction key points of the technology, verified its economic rationality and safety reliability, which can be popularized in similar projects.

Key words: steel casing; remove; gas cap method

0 引言

水上桥梁钻孔灌注桩常以超长钢护筒作为围护结构, 钢护筒的施沉常采用振动锤击法, 由于特殊原因导致施沉后钢护筒不能满足工程桩基施工, 需拔除后重新施沉^[1]。王家红^[2]等对套管护壁拔桩法研究表明, 其适用预制混凝土打入桩的拔除, 且为破坏性拔除; 李大勇^[3]等研究的套钻成孔减摩吊拔桩法可将单根桩基一次性全部拔除; 冯博^[4]等研究的压力顶升拔除法, 可适用于钢护筒拔除, 但在护筒开始顶升移动瞬间, 静摩擦力瞬间变为动摩擦力, 气压控制较难, 且存在安全风险。因此有必要对护筒安全高效拔除工艺进行研究, 解决特殊地层大直径钢护筒拔除难题, 为同类型

施工提供借鉴。

1 工程背景

1.1 工程概况

漳州市金峰大桥跨九龙江, 设计跨径为(75+120+75) m 变截面预应力混凝土连续箱梁, 双幅设计, 单幅梁宽 23.5 m。2 个边墩基础分别为 8 根直径 1.8 m 钻孔灌注桩; 2 个主墩基础分别为 8 根直径 2.5 m 钻孔灌注桩, 原设计桩基均为端承桩。采用栈桥及钻孔平台法施工水上工程, 采用振动锤击法施沉钢护筒, 冲击钻施工钻孔灌注桩。

1.2 水文地质条件

1) 九龙江位于饮用水保护区, 受上下游桥梁及水闸影响, 桥位段水域不通航, 大型起重设备无法进入施工水域。

2) 该工程所在区域, 桥位处地质条件复杂, 局部岩面起伏较大, 地质含中砂层、粗砂层、圆

收稿日期: 2020-03-05 修回日期: 2020-05-11

作者简介: 曾亿忠 (1968—), 男, 安徽六安人, 高级工程师, 总经理, 港口及航道工程专业。E-mail: 464100447@qq.com

砾层、花岗岩层等地层。

1.3 护筒拔除原因

在临时钢平台、钢护筒施工完成后对主桥各墩位进行了逐孔位地质补勘。14号墩位因岩性较差,经设计单位验算后将该墩位原设计的嵌岩桩

调整为摩擦桩,桩间距按照设计规范摩擦桩要求进行相应调整,已经施工完成的钢护筒需拔除后重新施沉。原设计基础结构与变更后基础结构对比图如图1,图中虚线与实线分别表示原设计与变更后基础结构。

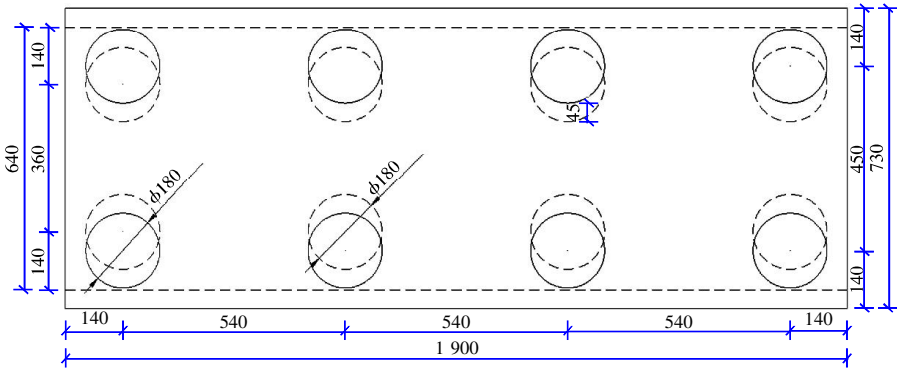


图1 原设计基础结构与变更后基础结构对比图(cm)
Fig.1 Comparison between the original design infrastructure and the modified infrastructure(cm)

14号墩位经补勘后地质情况自上而下依次为中砂、粗砂、圆砾、砂土状强风化花岗岩、碎块状强风化花岗岩。本墩位处16根钢护筒已全部施沉到位,钢护筒直径 $\phi 2\,900\text{ mm}$,壁厚12 mm,施沉时钢护筒底标高嵌入圆砾层0.5~1.0 m范围。

2 施工难点

- 1) 主桥为本项目的关键线路工程,根据工期安排,钢护筒拔除工期需控制在15 d,拔除工期紧。
- 2) 钢护筒施沉时,在钢平台上安装好导向架后,先采用80 t履带吊下放钢护筒就位,千斤顶限位钢护筒使其垂直度满足要求后,履带吊单独起吊DZ120型振动锤施沉。若采用履带吊和振动锤拔除钢护筒的方法,需提升履带吊型号为150 t以上,原设计的支栈桥承载力不能满足要求。

3) 结合相关工程经验和地质勘探芯样,福建地区地质情况复杂多变,粗砂和圆砾层的粒径变化范围较大,侧摩阻系数无法准确估量,钢护筒拔除所需克服的摩阻力无法精确计算。

4) 行业内快速拔除钢护筒的工艺案例较少,施工难度较大。

3 钢护筒拔除方案比选分析

- 1) 方案一:加固现有支栈桥,利用大型起重设备配合振动锤拔出钢护筒。
 - 2) 方案二:封闭护筒口,向护筒内加压空气顶升钢护筒,起重设备提升拔出钢护筒。
 - 3) 方案三:封闭护筒口,向护筒内加压空气,起重设备+振动锤辅助拔出钢护筒。
- 3个方案比选见表1。

表1 钢护筒拔除方案比选分析表
Table 1 Comparison and selection analysis table of steel casing removing scheme

方案	方案简介	优点	缺点	可行性
方案一	拆除现有支栈桥与平台、重新安装加强型支栈桥与平台;利用钻机掏空护筒,减小阻力,利用150 t履带吊拔出护筒	1) 常规工艺,工艺较简单,易于掌握; 2) 方法可靠,安全性高	1) 需拆除栈桥平台,重新搭设,工作量大; 2) 投入,成本高; 3) 处理复杂,工期长	投入量大,成本高
方案二	封闭护筒,采用空压机在护筒内充气,使气压对护筒封口板的作用力克服钢护筒静摩擦力	1) 不需要大型起重设备,施工方便; 2) 采用压缩空气起顶护筒,环保且经济	1) 存在静摩擦力与动摩擦力转换,不易控制,安全风险高; 2) 空压机气压急剧变化,不易控制	安全风险高,可行性不高
方案三	封闭护筒,采用空压机在护筒内充气,同时用振动锤振动护筒,液化土体,使气压对护筒封口板的作用力克服钢护筒动摩擦力,另振动锤同时可作为压重	1) 不需要大型起重设备,施工方便; 2) 采用压缩空气起顶护筒,环保且经济 3) 避免护筒加速上升,安全性高	1) 需研究土层液化对桩侧摩阻力性状影响; 2) 需对透水地层进行堵漏处理	成本较经济,可降低安全风险,可行性好

分析认为：采用方案三，护筒内加压、起重设备与振动锤辅助的组合工艺，可降低施工成本，提高施工效率。与其他方案相比，可降低护筒拔除安全风险。

4 “气顶法+振动锤”钢护筒拔除技术

4.1 工艺原理

1) 振动对土层的液化机理

振动锤带动钢护筒振动，在护筒周围被扰动的土中超孔隙水压力不断积累，土体间有效应力逐渐减小直至丧失抗剪强度，引起土体液化^[5]。

2) 土层液化对桩侧摩阻力性状影响机理

土体液化随时间变化，液化土层固结引起地面的沉降，从而产生负摩阻力。负摩阻力包括上覆液化土层中桩侧负摩阻力和液化土层中桩侧负摩阻力两个部分，其峰值可能高达非液化条件下桩侧摩阻力的 50% 以上^[6]。

3) 振动拔桩动摩阻力

钢护筒长度 18 m，入土深度为 8 m，依次穿过中砂 3 m、粗砂 4.5 m、圆砾 0.5 m。单根钢护筒重 $G_1=153.8$ kN。根据地勘情况地层摩阻力标准值见表 2；参照 JGT 94—2008《建筑桩基规范》^[7]与 JTGD 60—2015《公路桥梁设计通用规范》^[8]土层的液化折减系数取 1/3。

表 2 各地层侧摩阻力标准值

Table 2 Standard values of lateral friction resistance for each layer

地层名称	kPa		
	中砂	粗砂	圆砾
极限侧摩阻力标准值	35	60	100

静力拔钢护筒静摩阻力 $FV_1=3\ 874.6$ kN。

液化土层钢护筒动摩阻力 $FV_2=3\ 874.6\times 1/3=1\ 291.5$ kN。

4) 护筒顶升气压力计算

拔桩过程中临界顶升力 T_c 等于钢护筒重 G_1 与护筒动摩阻力 FV_2 之和，即 $T=1\ 445.3$ kN，进而护筒内顶升临界气压力 $P_1=1\ 445.3\text{ kN}/(6.6\text{ m}^2)=0.22\text{ MPa}$ 。

5) 护筒顶升过程中摩阻力与护筒内压力变化关系

在护筒内气压达到设计气压后暂停加压，履带吊缓慢起钩(过程中振动锤为压重作用)，带动钢护筒出土。钢护筒内部气压对封口板向上的作

用力能够克服钢护筒与周围土体间摩阻力和钢护筒自重时，随着钢护筒的顶升、入土深度的变化，内部气压对封口板的顶升力 T 和动摩阻力 FV 的减弱趋势如图 2 所示：由图示可知，顶升力较摩阻力下降速率慢，因此需进行压重。顶升力与动摩阻力变化如图 2。

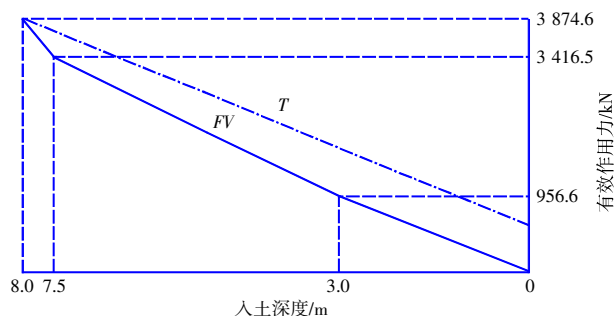


图 2 顶升力与动摩阻力变化简图

Fig. 2 Change diagram of top lift and frictional resistance

4.2 操作要点

1) 泥浆制备：由于地质为透水地层，加压前进行空隙封堵，采用黄黏土制备高比重泥浆。

2) 钢护筒顶口封闭：将钢护筒上口用钢板封闭形成密闭空间，预留增压孔，采用 20 mm 厚钢板作封口板环向与钢护筒整体焊接，周边设加强劲板补强，在封口板 1/3 和 2/3 直径处再焊接 2 根 I20a 型钢对封口板进行补强，以增加封口板中间区域刚度，见图 3。

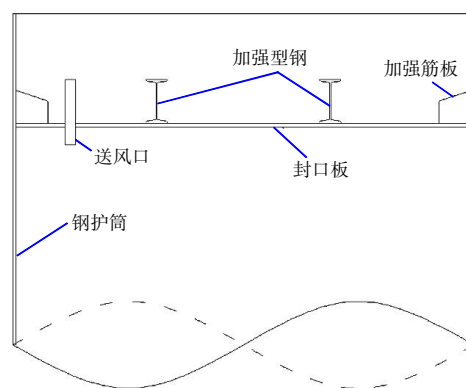


图 3 钢护筒顶口封闭结构图

Fig. 3 Closed structure drawing of top opening of steel casing

3) 振动锤液化土体：利用 80 t 履带吊配合 DZ120 振动锤夹紧钢护筒振动 5 min 左右，将钢护筒周围土体充分液化。

4) 空压机加压:经计算顶升临界气压为 0.22 MPa,选用 1.0 MPa 空气压缩机、配 5 MPa 中压软管。采用软管连接空压机与护筒孔,空压机加压至临界压力。

5) 停止加压并将振动锤缓慢提升:护筒开始上升时,立即停止空压机加压,振动锤夹紧钢护筒往上提升,上升时履带吊缓慢起钩,带动钢护筒出土。

6) 减压提升:钢护筒缓慢提升至埋深 1 m 时,空压机减压,至护筒内气压力与大气压相同,利用履带吊将护筒拔出地层。

4.3 现场实施效果

采用“气顶法+振动锤”钢护筒拔除工艺,避免了对钻孔平台及支栈桥进行加强处理,降低了对施工机械设备的要求。本工程采用此工艺仅用了 7 d 时间完成了 16 根钢护筒的拔除,缩短了工期,降低了施工成本。现场实施见图 4。



图 4 “气顶法+振动锤”钢护筒拔除工艺现场实施图

Fig. 4 Field implementation diagram of "gas cap method+vibration hammer" steel casing removing process

5 结语

依托漳州市金峰大桥钢护筒拔除实例,通过多方案比选、方案优化及理论分析,提出了“气

顶法+振动锤”钢护筒拔除工艺,并通过现场实践验证了本工艺的安全性及经济合理性。本工艺操作简单,成本投入少,经济快速,安全可靠,可为今后类似工程施工提供借鉴。

参考文献:

- [1] 谭斌,徐本春,刘德风,等.关于几种钢管桩拔桩方法的讨论[J].黑龙江工业学院学报,2018(10):45-50.
TAN Bin, XU Ben-chun, LIU De-feng, et al. Discussion on several pile pulling methods of steel pipe piles[J]. Journal of Heilongjiang University of Technology, 2018(10): 45-50.
- [2] 冯永红,王家红,俞宏.复杂环境下旧桩拔除技术及其应用[J].施工技术,2013,42(3):35-36.
FENG Yong-hong, WANG Jia-hong, YU Hong. Application of old piles extraction technology under complex environment[J]. Construction Technology, 2013, 42(3): 35-36.
- [3] 王晖,李大勇,张学臣.拔桩施工工法的工程应用[J].建筑技术,2011,42(3):214-216.
WANG Hui, LI Da-yong, ZHANG Xue-chen. Engineering application of pile extracting construction method[J]. Architectural Technology, 2011, 42(3): 214-216.
- [4] 冯博,张伟.压力顶升法拔除大直径基桩钢护筒施工技术[J].山西建筑,2017(4):157-158.
FENG Bo, ZHANG Wei. Construction technologies of pressure lifting method removing large-diameter foundation pile steel casing[J]. Shanxi Architecture, 2017(4): 157-158.
- [5] 谭现锋,赵玉祥,胡克祯,等.振动锤沉拔钢护筒与旋挖钻机钻进的组合应用[J].探矿工程:岩石钻掘工程 2009,36(9):67-68.
TAN Xian-feng, ZHAO Yu-xiang, HU Ke-zhen, et al. Combined application of steel casing by vibrating hammer and rotary drilling rig[J]. Exploration Engineering: Rock & Soil Drilling and Tunneling, 2009, 36(9): 67-68.
- [6] 吴一伟,费涵昌,林侨兴,等.砂土液化对桩基工程的影响[J].同济大学学报,1995,23(3):360-364.
WU Yi-wei, FEI Han-chang, LIN Qiao-xing, et al. Effects of liquefaction on pile foundation[J]. Journal of Tongji University, 1995, 23(3): 360-364.
- [7] JGJ 94—2008,建筑桩基技术规范[S].
JGJ 94—2008, Technical code for building pile foundations[S].
- [8] JTGD 60—2015,公路桥梁设计通用规范[S].
JTGD 60—2015, General specifications for design of highway bridges and culverts[S].