

新型悬臂式结构托换桩基技术 在地铁车站施工中的应用

李 东 福

(中国水利水电第七工程局有限公司,四川 成都 611130)

摘 要:轨道交通工程施工过程中难免会出现城市既有桥梁侵入地铁车站的情况,对此,传统的方法是采用受力桩+托换梁方式对既有桥梁桩基进行托换,其往往存在因托换梁跨度过大而导致出现工期长、托换施工工序复杂、工程量大等缺点。针对大跨度托换梁施工的缺点,采用桩+承台的方式对桥桩进行托换,创新出悬臂式结构托换桩基施工技术,创造了一个在城市复杂交通环境条件下大规模、高强度、高标准、高难度桩基托换工程施工实例。阐述了该项施工技术创新与实施的过程。

关键词:轨道交通;桩基托换;悬臂式结构;地铁;施工技术

中图分类号:U215.7;U215.1;U215.6 **文献标识码:** B **文章编号:**1001-2184(2021)06-0033-05

Application of New Cantilever Structure Underpinning Pile Foundation Technology in Construction of Metro Station

LI Dongfu

(Sinohydro Bureau 7 Co., LTD, Chengdu, Sichuan, 611730)

Abstract: During construction of rail transit projects, it is inevitable that existing urban bridges invade metro stations. In this regard, the traditional way is to underpin the pile foundations of existing bridges by means of stressed piles plus underpinning beams. Replacement of large span beams has shortcomings such as long construction period, complicated underpinning construction procedures, and huge engineering quantity. In view of the shortcomings of the large-span underpinning beam construction, the bridge piles are underpinned by the methods of pile plus cap, thus the construction technology of cantilever structure underpinning pile foundation is innovated, setting an engineering example of pile replacement with large-scale, high intensity, high standard and difficulty under complex traffic condition. This paper expounds the process of study, innovation and engineering practice of the technology.

Key words: rail track transportation; pile foundation underpinning; cantilever structure; metro; construction technology

1 概 述

伴随着社会经济的高速发展,城市的市政交通网络也在不断完善,在城市轨道交通建设选址时,往往选择将其修建在城市的繁华街区,桩基托换在地铁施工时就是通常采用的处理方法。但在成都轨道交通 18 号线火车南站对人南立交桥 E8 号桥桩进行既有桥桩桩基进行托换处理时,发现该桥桩位于车站顶板的上方,该施工段车站的宽度为 22.3 m,若采用传统桩梁式托换法进行托换施工,存在因托换梁跨度过大而导致出现工期长、

托换施工工序复杂、工程量大等缺点。对此,项目部专门成立的课题组结合施工现场的实际情况,通过工程实践总结研究形成了“新型悬臂式结构托换桩基施工技术”,并在成都轨道交通 18 号线火车南站车站施工中应用,取得了较好的效果,创造了一个在城市复杂交通环境条件下大规模、高强度、高标准、高难度桩基托换工程的施工实例。阐述了该项施工技术创新与实施的过程。

2 技术原理

采用桩+承台的方式对桥桩进行托换,其结构受力桩底进入中等风化泥岩层的深度不小于 1

收稿日期:2021-05-26

m,结构受力桩的受力形式按摩擦桩设计。悬臂式托换平面示意图见图1,悬臂式托换立面示意图见图2。

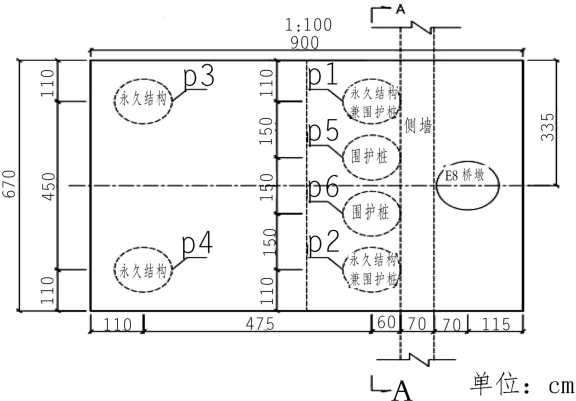


图1 悬臂式托换平面示意图

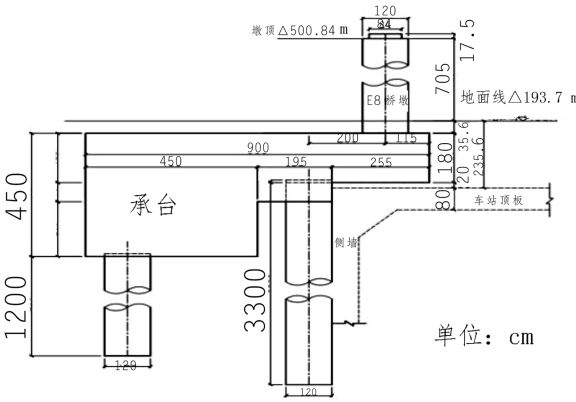


图2 悬臂式托换立面示意图

当结构受力桩施工完成后,搭设临时支撑系统对既有桥梁进行支撑,为桥梁提供临时的支撑体系,进而对原桥墩进行破除,完成桥梁的受力转换,解决托换施工期间桥梁的支撑问题,最后施做托换承台并原位还建桥墩,采用承台将结构受力桩和新建桥墩连成整体,形成一个不等臂单杠杆支撑体系。支撑体系施工完成后,对新建桥墩和原桥梁接触部位进行预顶,完成受力转换,拆除临时支撑系统^[1]。

托换完成后,对托换桩桩底进行预注浆处理以进一步减少地铁基坑开挖对新建托换结构的扰动,保障既有桥梁的结构安全。

3 施工工艺流程及操作要点

3.1 施工工艺流程

新型悬臂式结构托换桩基施工流程:施工准备→新建桩基施工→基坑开挖、支护→搭设支撑

体系→E8桥墩拆除→托换承台施工→原位还建桥墩→施工垫石、安装支座→墩身混凝土等强→拆除支撑体系→基坑回填、恢复^[2]。

3.2 操作要点

3.2.1 桩基工程施工

该项技术的结构受力桩为灌注桩。因加固桩大多位于桥梁下部,受梁下净空影响,主要采用CZ-6D冲击钻机进行施工,其施工技术要点为:

(1)结构受力桩桩顶预留90 cm桩帽钢筋,以便于后期与承台钢筋相结合。

(2)结构受力桩钢筋笼采用分段制作,每段长6 m。

(3)在钢筋制作时预埋3根φ60 mm声测管用于后期检测桩基成孔质量。声测管应牢固绑扎在钢筋笼内侧且相互平行、定位准确,埋设至桩底,管口应高出桩顶30 cm,且各声测管管口高度应一致,管底采用钢板封底焊接,管口加盖,管内无异物,不得漏水。

(4)桩身混凝土采用C40商品混凝土并确保一次连续浇筑成桩的要求。混凝土浇筑前,将孔底沉渣清理干净。采用导管进行混凝土浇筑,随着混凝土不断的灌注、孔内混凝土面亦在不断的上升,故应随时提升和拆卸导管以保证导管埋深2~6 m^[3]。

3.2.2 基坑开挖

基坑开挖采用放坡开挖、钢板桩支护或者二者相结合的开挖支护方式。放坡开挖根据所揭露的边坡情况辅以砂浆临时喷护护坡,每边预留0.5 m的操作空间,钢板桩一侧预留1 m的空间。

3.2.3 原桥墩拆除

(1)临时支撑系统的搭设。

a. 临时支撑系统的设计。临时支撑系统承受的荷载主要有箱梁自重、附件重、支架自重及其他荷载等。临时支撑系统主要采用钢管柱+千斤顶的形式在施工期间为桥梁提供临时支撑。本次施工的临时支撑系统由①、②号两部分支撑体系组成,临时支撑系统平面布置图见图3。

b. ①号支撑体系。钢板的设置:两立柱上部设置厚度为50 mm的Q235b钢板,尺寸为1 m×1 m。

立柱的设置:钢板下部设φ609 mm、壁厚16 mm的钢立柱管,间距4.25 m,高度根据现场实测梁底标高进行调整。

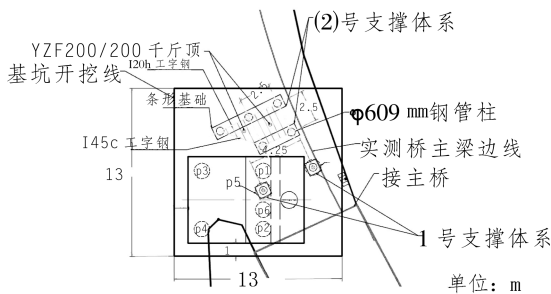


图 3 临时支撑系统平面布置图

立柱基础的设置：将 C30 混凝土浇筑成长 1 m、宽 1 m、高 0.6 m 的形状，基础底高程分别为 493.734 m(P5 号桩桩顶高程)、491.434 m(新建 P7 桩桩顶高程)，配筋参照车站冠梁配筋布置。

基础桩基的设置：利用原有 P5 桩和新建 P7 桩作为①号支撑体系的基础桩基，P5 桩桩顶高出承台顶面 30 cm(标高 493.734 m)，P7 桩直径为 1.2 m，桩身长 15 m，桩顶标高为 491.434 m，配筋参照围护桩配筋图。

上部调节支撑系统的设置：在钢板上方采用 2 台液压油缸系统调节梁底高度，①号临时支撑系统立面图见图 4。当监测到梁底标高下降超过 5 mm 时，应及时采用千斤顶进行顶升以确保既有结构稳定^[4]。

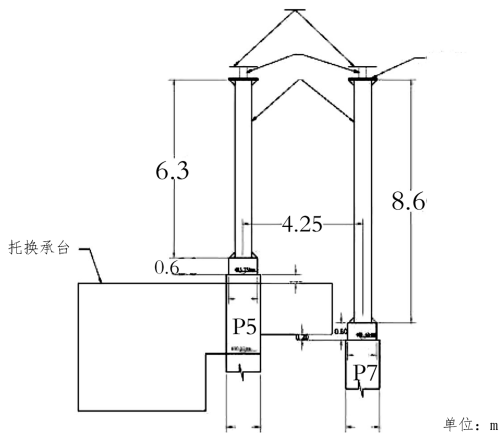


图 4 ①号临时支撑系统立面图

c. ②号支撑体系。钢板的设置：与①号支撑体系相同。

分配梁的设置：分配梁采用 I20b 工字钢，间距 25 cm 摆放。

主梁的设置：主梁采用 I45c 工字钢双拼。

立柱的设置：主梁下部设置 φ609 mm、壁厚 16 mm 的钢立柱管，间距 2.5 m，立柱之间设置剪

刀撑，高度根据现场实测梁底标高调整。

立柱基础的设置：立柱基础采用条形基础，C30 混凝土浇筑成宽 1 m、高 0.6 m，长度分别为 6 m、3.5 m，配筋参照车站冠梁配筋布置。

上部调节支撑系统的设置：在钢板上方采用 2 台液压油缸系统调节梁底高度，并在梁底与千斤顶接触部位垫 30 mm 厚，尺寸为 40 cm×40 cm 的 Q235b 钢板，当监测到梁底标高下降超过 5 mm 时，应及时采用千斤顶进行顶升，防止既有结构变形过大^[4]，②号临时支撑系统立面图见图 5。

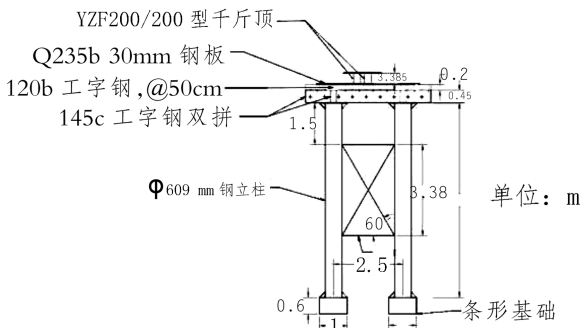


图 5 ②号临时支撑系统立面图

d. 操作平台的搭设。因钢立柱支撑架主要为桥墩拆除过程中的主要支撑体系，在施工过程中需在钢立柱支撑体系范围内搭设一操作平台，该平台采用普通钢管脚手架搭设。

①钢管架采用普通型 φ48 mm 钢管，壁厚 3 mm，钢管与钢管之间相互用扣件固定。

②钢管搭接长度不少于 0.5 m，横向步距为 0.9 m、纵向步距为 0.7 m、高度步距为 1.5 m。

③纵向及横向剪刀撑间隔不应大于 6 跨，剪刀撑接长时应采用搭接，其搭接长度不应小于 800 mm，并应等距离设置不小于 2 个旋转扣件且两端扣件应在离杆端不小于 100 mm 处固定，将钢管与钢管的角度控制在 45°至 60°之间；每 5 跨设置一道斜撑，斜撑上部与钢管架固定在一起，下部固定在地面上，将其与地面的角度控制在 45°至 60°之间，在支撑结构外围的剪力撑应连续封闭。

e. 支撑系统的安装。

安装顺序：钢管柱安装→钢管柱设置剪刀撑→操作平台搭设→安装 I45c 主梁→安装 I20b 分配梁→铺设钢板→安装千斤顶(根据间隙调整千斤顶的伸缩高度)。

钢管柱的安装方法：待钢管柱扩大基础施工完成后，利用吊车辅助或利用型钢焊接临时三角

架,通过导链等工具安装钢立柱,并完成立柱间加强杆件的焊接。

f. 预顶。考虑到钢管柱支撑系统在支撑桥梁时存在的弹性变形以及整体沉降,在钢管柱支撑系统布置后需要进行预顶,将梁底标高调节为动态调节且需以现场实际情况为准,总顶升力控制值为 1 500 kN,顶升时应逐级增加;当梁底标高向上变动时应减慢顶升速度,梁底标高变化范围不超过 1 mm,顶升时的控制标准以梁底标高为主^[6]。

(2)原桥墩的拆除。桥墩拆除时,考虑其对周围环境的影响,拆除时选择绳锯进行切割、人工破除和机械破除相结合的方式。桥墩拆除前,采用直径为 48 mm、壁厚 3 mm 的普通钢管搭设操作平台,搭设过程中钢管靠桥墩侧紧贴墩柱,平台步距为 1.2 m,纵距及横距均为 1.2 m。

3.2.4 承台施工

托换承台长 9 m,宽 6.7 m,高 1.8~4.5 m,呈阶梯状,承台顶部需埋入地面以下 0.356 m。

(1)承台的施工流程。破除托换新桩头的混凝土→浇筑垫层混凝土→承台钢筋制安→承台模板制安→浇筑承台混凝土→混凝土养护。

(2)承台施工前的准备工作。

①破除托换新桩头的混凝土,将桩顶以上 90 cm 预留钢筋露出并清理干净。

②用风镐等电动工具破除托换新桩头含泥沙部分的混凝土,破除时需注意:a. 必须完全破除含泥沙部分的混凝土,不可有残留的泥沙;b. 破除桩头时不可用力过猛,防止用力过度造成钢筋扰动而影响到桩头混凝土与钢筋的握力。

(3)浇筑承台垫层混凝土。托换桩桩头混凝土破除完成后清洁桩头,整平基坑基底,浇筑 10 cm 厚 C15 素混凝土垫层。

(4)钢筋制安。根据设计图纸放线定位与安装钢筋。在与承台对应预埋钢筋之间采用 I 级挤压套筒钢筋接驳器连接。施工承台钢筋时,在原桥墩处预埋墩柱钢筋,墩柱钢筋需插入承台内部 90 cm。

为加强承台与还建墩柱的连接,承台顶部对应 E8 号原桩位置需预留钢筋,该钢筋需进入承台内 90 cm,外露 30 cm,还建 E8 号原墩柱时与墩柱钢筋进行机械连接。

(5)模板制安。侧模板采用木模,支撑体系内龙骨采用 10 cm×10 cm 方木,间距为 30 cm,外

龙骨采用 $\varphi 48$ mm 双向双层钢管,模板安装前应涂刷脱模剂,所安装的模板必须牢固。

(6)混凝土浇筑。采用 C40 商品混凝土,汽车泵泵送混凝土入模,插入式捣固器振捣,一次性连续浇筑,对浇筑完的混凝土进行淋水养护。

3.2.5 原位还建桥墩

待承台混凝土达到设计强度后,在 E8 号原墩处还建原桥墩。墩身高度根据桥梁底高程推算,施工时应根据实测数据进行调整。

(1)还建桩与承台界面的处理。调直预留搭接钢筋,准确测量并放出桥墩柱中心点、托梁中轴线并用油漆标示于承台及桩顶面。将承台、桩顶与墩柱接触部位的混凝土进行凿毛处理并清理干净,以便于承台与墩柱能充分进行接触,同时保护好已放样的中心点。

(2)还建墩柱结构的施工。

①支架施工。为方便墩柱钢筋、模板的安装并提供浇筑混凝土的工作平台,须搭设墩柱施工工作平台。搭设前,对桩位周边的地面进行清理、平整与压实,其地基承载力应大于 120 kPa,场地平面整平后即可进行支架的搭设工作。

支架采用 $\varphi 48$ mm,壁厚 3 mm 的普通钢管搭设,其立杆的纵距为 0.7 m,立杆的横距为 0.9 m,立杆的步距为 1.5 m,操作平台搭设完成后还需搭设一上下通道,以供人员上下平台作业时使用。

②钢筋绑扎。先与预留钢筋进行机械连接,形成原桩钢筋骨架,紧接着由还建桩从上到下对称绑扎钢筋最终形成紧密的钢筋网柱,墩身钢筋净保护层厚度不小于 35 mm。

③模板安装。桥墩柱模板采用厂制整体钢模,节高按 0.5~3 m 控制,其拉、箍等加固构件由厂家制作,确保墩身整体和局部尺寸、受力达到设计要求。

施工墩柱的模板由 5 mm 厚的 Q235B 钢板弯曲而成,模板上、下及左、右接缝处边框厚度为 10 mm,模板竖肋及抱箍为 8 号 U 型钢,环筋为厚 10 mm、宽 80 mm 的钢板弯曲而成,模板之间的连接螺栓为 M18×50。本次施工墩柱的设计高度为 7.415 m,其定制模板的节高为 3 m、2 m 及 2.415 m 三类。

3.2.6 混凝土浇筑

墩柱混凝土为商品混凝土,标号为 C40,经混凝土罐车运至施工现场报检合格后泵送入仓。为避免和减少施工缝,墩柱混凝土采用一次浇筑到顶的方式。为保证混凝土的自由下落高度不大于 2 m,采用串筒进行混凝土的灌注,在灌注过程中,根据混凝土的上升速度随时拆除上部的串筒。

3.2.7 模板拆除及混凝土养护

墩柱模板拆除前,对试块进行了强度试验,待墩柱同条件混凝土试块抗压强度达到设计强度的 70% 时方可拆除模板,模板利用吊车配合人工分片拆除。拆模时要求不得强行拉撬模板,以防碰伤墩身表面。

3.2.8 墩顶支座垫石的施工

墩柱钢筋制安完成后,通知测量人员在墩柱顶部放样出垫石轮廓线,之后安装垫石钢筋,支座混凝土为 C50 商品混凝土。

3.2.9 安装支座及拆除支撑系统

待墩身混凝土强度达到设计值后安装调试新的墩顶支座,支座采用 GYZF4-800×125 四氟滑板支座。支座施工时,以梁底标高作为控制要素,可采用钢板进行调节。待支座安装就位后,通过千斤顶进行缓慢卸荷减至 0,最后拆除千斤顶即可完成主动托换,托换完成后,从上至下依序拆除支撑体系。

3.2.10 桩底预注浆

在整个托换施工完成后,需对托换结构受力桩桩底预注水泥浆以消除桩底沉降,保证加固结构的稳定。现场注浆参数为:

(1) 注浆压力为 0.5~1.5 MPa;

(2) 水泥采用 42.5 级普通硅酸盐水泥;水灰比为 0.5:1~1:1;

(3) 注浆速度为 5~10 L/min;

(4) 注浆扩散半径设计为 1.5 m。

对于是否需要跟踪注浆,应根据后期桥墩的变形监测情况而定。当桥梁任意一项监测项目监测值达黄色预警值时,立即启动跟踪注浆。

3.2.11 加固体系的监控量测

为确保托换过程中桥梁上部结构的正常安全使用,在施工过程中,对于每个施工步骤可能对结构造成的影响进行了相应的测点布置。采用信息化施工技术,以信息指导施工,在加固过程中对每个环节的监测数据进行采集、分析,发现问题及时

提出并对相应的施工工艺进行优化^[5]。

4 实施效果

4.1 经济效益

成都轨道交通 18 号线土建 1 标火车南站人南立交 E8 号桥桩桩基托换施工应用了该技术,优化了资源配置和施工工艺,提高了施工效率,较传统的混凝土桩加固技术缩短了施工时间,节约施工成本约 10 万元/根,经济效益良好。

4.2 社会效益

该项技术施工工艺简便,能够保证施工质量,加快施工进度,解决了地铁施工中工期偏紧的难题,为成都轨道交通 18 号线 1 期如期开通奠定了基础。

该项技术中采用的侧挑悬臂式托换施工工艺极大程度地减少了对环境的污染,产生了很好的环保效益,节约了人、机、料的投入,降低了能量的消耗,节能效益显著。

该项技术在成都轨道交通 18 号线 1 期工程中得到了成熟的运用,避免了在地铁深基坑开挖时对既有桥桩的扰动、桥梁的沉降,保证了城市交通的通畅,减小了城市交通的压力和地铁施工对市民正常出行的影响。

5 结 语

悬臂式结构托换桩基施工技术的应用与研究有效地缩短了施工工期,为整个地铁车站工程节点目标的实现提供了有力保障,其主要技术特点为:

(1) 对侵入地铁车站结构的原桥通过新建临时钢管柱支撑系统完成首次受力转换后拆除原桥墩。

(2) 在新建结构受力桩周围预埋灌浆管进行超前注浆,注浆深度大于桩长 2 m。

(3) 新建承台将结构受力桩和新建桥墩连成整体,形成一个不等臂单杠杆支撑体系,完成对原桥二次受力转换施工。

该项技术适用于:当既有建(构)筑物的桩基础侵入新规划设计建(构)筑物(地铁车站、盾构区间)所用空间时,需对既有建(构)筑物侵入部分的桩基础进行托换施工时;因为某种需要而对既有建(构)筑物的基础进行置换时。

参考文献:

- [1] 郑岳. 城市地铁区间隧道施工下穿桥梁桩基托换技术研究[J]. 建筑技术开发, 2019, 46(2): 128-129.

(下转第 60 页)

材料清理出场。

3.2 施工工艺

(1)模具清理及脱模剂喷涂。轨道板脱模后需及时进行模具清理。将模板端侧模完全滑移打开后用平刮刀等不带尖锐棱角的工具清除端侧模上残留的混凝土痕迹,清理底模模板表面、边角等残余的混凝土痕迹,然后用软质钢丝球将残留在模板表面的混凝土痕迹擦拭干净,最后用抹布或毛巾将模板表面擦干净。脱模剂应选用专用脱模剂,严禁使用废机油、植物油等作为脱模剂,喷涂时须均匀。

(2)混凝土运输。采用有轨电动平车在拌和站和预制车间之间来回运输混凝土,必须确保每个模具内混凝土供应的连续性,直至混凝土灌注完成,严禁其停留时间过长。运输过程中一定要保持其平稳性。混凝土使用料斗运到灌注地点时应不分层、不离析并具有设计要求的坍落度、含气量、温度等工作性能,同时现场严禁向混凝土内加水。

(3)混凝土布料。混凝土浇筑时须快运快灌,禁止混凝土停留时间过长。混凝土坍落度小于 60 mm 时不得入模。

混凝土浇筑时采取三次布料。第一次从一端至另一端、均匀注入约 12 cm 厚的混凝土;第二次返回布料时,均匀注入约 6 cm 厚的混凝土;第三次折返布料时,均匀注入约 2 cm 厚的混凝土。第三次布料经振捣后如发现混凝土面低于模具侧模时进行补料,采用人工收面找平。每块板的浇筑时间一般控制在 10 min 以内,特殊情况下不超过 25 min,必须保证浇筑作业在混凝土坍落度降至 60 mm 前完成。

(4)混凝土振捣。轨道板采取轨附着式高频振捣器带模振捣和插入式混凝土振捣棒辅助的方法进行振捣。

必须保证合理的混凝土振捣时间,过振会导致气泡的增加,振捣时间不足会导致气泡无法排

出,因此,需要通过工艺性试验确定混凝土布料的振捣时间。通过多次工艺性试验,预制施工时在第一次布料和第二次布料后启动模具下附着式振捣器对混凝土进行振捣,振动 30 s(频率为 90 Hz)+50 s(频率为 110 Hz)+50 s(频率为 90 Hz),振捣至其密实为止。密实以混凝土表面泛浆、无气泡或少量气泡冒出为准。在第三次布料后再次进行振捣。

在轨道板四周根据现场的实际情况可使用插入式振捣棒插入振捣、引出气泡。

4 结 语

基于 CRTSⅢ型普通钢筋混凝土轨道板预制施工经验,对 CRTSⅢ型普通钢筋混凝土轨道板侧面气泡的成因进行了分析与研究,针对其不同成因总结出一套侧面气泡的控制措施。雅万高铁轨道板现场施工通过采取以上技术手段,使轨道板侧面气泡得到了有效的改善和防治,目前预制出的所有轨道板均满足外观质量要求。

参考文献:

[1] 尹标.解决无砟轨道轨道板表面气泡的方法浅谈[J].中国标准化,2017,60(4):208-209.
[2] 曹虎,李晓宁,于忠新,等.CRTSⅢ型轨道板混凝土配合比优化设计[J].新型建筑材料,2018,45(7):24-27.
[3] 刘富磊.CRTSⅢ型轨道板预制关键工序监控及改进[J].低碳世界,2018,8(5):225-226.
[4] 韩博.浅谈 CRTSⅢ型轨道板侧面气泡控制[J].大科技,2018,22(8):138-138.
[5] 路利凤.CRTSⅢ型先张法预应力轨道板侧面气泡控制方法[J].铁道建筑技术,2018,56(2):100-102.

作者简介:

陈星羽(1995-),女,四川成都人,助理工程师,从事铁路建设施工技术与管理工作;
张光荣(1983-),男,四川盐源人,高级工程师,学士,从事铁路建设施工技术与管理工作;
程鹏军(1986-),男,四川成都人,高级工程师,学士,从事铁路工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)

(上接第 37 页)

[2] 李文.地铁车站高架桥墩下桩基托换施工监测技术[J].土木建筑工程信息技术,2016,8(1):95-99+113.
[3] 罗鹏程.基坑内既有桥梁桩基托换技术[J].中国高新科技,2018,5(16):24-26.
[4] 王玉峰.地铁桩基托换施工技术措施[J].山东交通科技,2010,42(5):19-21.

[5] 黄希.地铁区间隧道下穿既有桥梁的桩基托换研究[J].铁道标准设计,2016,60(12):89-93.

作者简介:

李东福(1983-),男,四川遂宁人,高级工程师,二级建造师,从事水利水电、市政工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)