

文章编号: 1674—8247(2022)06—0106—07

DOI: 10.12098/j.issn.1674-8247.2022.06.020

郑徐高速铁路徐州特大桥上跨陇海铁路段施工关键技术

张帆¹ 徐子涵² 张雅僮²

(1. 中铁七局集团郑州工程有限公司, 郑州 450052; 2. 中铁七局集团有限公司, 郑州 450052)

摘要: 本文结合郑徐高速铁路徐州特大桥上跨陇海铁路段工程, 研究了桩基承台施工对邻近铁路路基的扰动、桥梁转体和桥上铺设 CRTS III 型无砟轨道道床的施工关键技术, 结果表明: (1) 无线沉降信息化监测能弥补常规埋设沉降观测点法不足, 提前预知既有线路基变形实施早预防; (2) 万能复合支架体系和拆卸吊运机设计节省了材料、缩短了搭拆时间; 楔形铁支垫和转体保险辅助装置避免了转盘撑脚与滑道顶紧、转盘不能转动的问题; 先边跨后中跨合拢和墩顶预偏措施克服了墩底产生的负面弯矩和剪力、梁体变形的问题, 发明了跨障碍宽幅转体桥梁合拢段吊架法模板支撑体系施工方法; (3) CRTS III 型板式无砟轨道底座板伸缩缝灌注防污处理和隔离层土工布铺设方法、自密实混凝土模板工装和移动式灌注台车确保了 CRTS III 型板式无砟轨道铺设质量。研究结论可为上跨既有铁路高速铁路转体桥梁工程施工提供指导和借鉴。

关键词: 上跨既有铁路段; 路基沉降监测; 桥梁转体; 桥上 CRTS III 型无砟轨道道床; 关键技术

中图分类号: U445.4

文献标识码: A

106

Key Technologies for Construction of Xuzhou Super Large Bridge of Zhengzhou-Xuzhou High-speed Railway Overpassing Lanzhou-Lianyungang Railway

ZHANG Fan¹ XU Zihan² ZHANG Yatong²

(1. China Railway Engineering of Zhengzhou Seven Innings Group Co., Ltd., Zhengzhou 450052, China;

2. China Railway Seventh Bureau Group Co., Ltd., Zhengzhou 450016, China)

Abstract: Based on Xuzhou Super Large Bridge of Zhengzhou-Xuzhou High-speed Railway overpassing Lanzhou-Lianyungang Railway, this paper studies the disturbance of pile foundation pile cap construction to adjacent railway subgrade, bridge swivel and key construction technologies for laying CRTS III ballastless track bed on the bridge. The results show that: (1) Wireless settlement information monitoring can make up for the shortcomings of the method of conventional embedding of settlement observation points, and predict the subgrade deformation of existing line for taking preventive measures as early as possible. (2) The design of universal composite support system and detachable lifting machine saves materials and shortens the erection and disassembly time; The wedge-shaped iron pad and swivel safety auxiliary device avoid the problem that the turntable support leg is tightly pressed against the slideway, causing the turntable unable to rotate. The measures of side span closure before mid-span closure and pier top pre-deflection avoid the negative bending moment, shear force and beam deformation at the pier bottom. The construction method of formwork support

收稿日期: 2021-11-11

作者简介: 张帆(1965-), 男, 正高级工程师。

引文格式: 张帆, 徐子涵, 张雅僮. 郑徐高速铁路徐州特大桥上跨陇海铁路段施工关键技术[J]. 高速铁路技术, 2022, 13(6): 106-112.

ZHANG Fan, XU Zihan, ZHANG Yatong. Key Technologies for Construction of Xuzhou Super Large Bridge of Zhengzhou-Xuzhou High-speed Railway Overpassing Lanzhou-Lianyungang Railwa[J]. High Speed Railway Technology, 2022, 13(6): 106-112.

system by hanger method for the closure section of wide swivel bridge crossing obstacles is invented. (3) The anti-fouling treatment for pouring expansion joints in CRTS III slab ballastless track base slab, laying of isolation layer geotextile, self-compacting concrete formwork tooling and mobile pouring trolley ensure the laying quality of CRTS III slab ballastless track. The research conclusion can provide guidance and reference for the construction of the swivel bridge overpassing the existing high-speed railway.

Key words: overpassing existing railway section; subgrade settlement monitoring; bridge swivel; CRTS III ballastless track bed on bridge; key technologies

1 工程概况

新建郑州至徐州铁路客运专线(简称郑徐客专)徐州特大桥位于江苏省徐州市,全桥双线 6 254.52 m, 186 个墩台, 2 013 根钻孔桩。跨陇海铁路段为 49 号~52 号墩(48+80+48) m 预应力混凝土连续箱梁,除跨国家 I 级双线电气化陇海铁路外,还跨夹孟疏解线、夹河寨牵出线铁路,与陇海铁路既有线交汇里程 K 236+040、夹角为 128°。郑徐客专徐州特大桥建设过程中的主要问题包括:51 号主墩桩基承台由于地质弱施工时对邻近铁路路基易产扰动,常规埋设沉降观测点法可掌握既有路基变形,但不能提前知晓既有铁路路基变形发生、从而实施早期控制;连续箱梁采用先支架现浇再转体合拢施工,两侧转体 T 构长 78 m,箱梁顶宽 13.4 m、底宽 6.7 m,常规满堂支架法现浇转体 T 构,支架搭拆慢,特别是临近铁路侧梁底支架拆除难度更大;转体施工过程中经常出现钢制球铰安装缺陷导致转体桥梁上转盘钢撑脚与环形滑道异常顶紧、无法正常转动的情况,导致原先申报的铁路施工要点计划搁浅,不得已重新要点,严重耽误工期;梁体混凝土收缩徐变时,主墩墩顶向跨中方向位移,墩底产生弯矩和剪力,对结构受力及桥梁耐久性十分不利,以往桥梁合拢时除温度控制外未有针对性的控制措施;转体桥合拢采用常规挂篮模板支撑体系,除设备成本较高外,桥梁宽幅较大时整体自重挠度较大,在安装、移动、拆除时均存在较大的安全风险;桥上 CRTS III 型板式无砟轨道道床设计是国内首条高速铁路大范围采用,面临着新的施工技术问题。

2 既有铁路路基沉降自动化监测关键技术

2.1 51号主墩简介

郑徐客专徐州特大桥跨陇海铁路(48+80+48) m 预应力混凝土连续梁 51 号主墩承台离陇海铁路上行线 6.91 m、距铁路防护网仅有 1.91 m,旅客列车行车最高速度 160 km/h,货运列车 60 对,旅客列车 39 对,

其中包含 6 对动车组。该主墩地面以下 3~20 m 存在流塑性粉质粘土层,属于岩溶地质,施工时易出现地下空洞和地面塌陷,对既有铁路路基及线路易产生不利影响。51 号主墩承台包含 12 根桩,桩径 1.5 m,桩长 61~63.5 m,桩基类型为嵌岩柱桩,其中 10 号桩靠近陇海铁路上行线,距陇海上行线 9.49 m、距铁路防护网 4.38 m;桩基采用冲击钻冲击成孔,对路基地面以下土体冲击扰动较大,应为既有线路基沉降变形的监测重点。承台采用钢板桩防护,承台钢板桩周长 51.64 m。51 号主墩承台位置如图 1 所示。

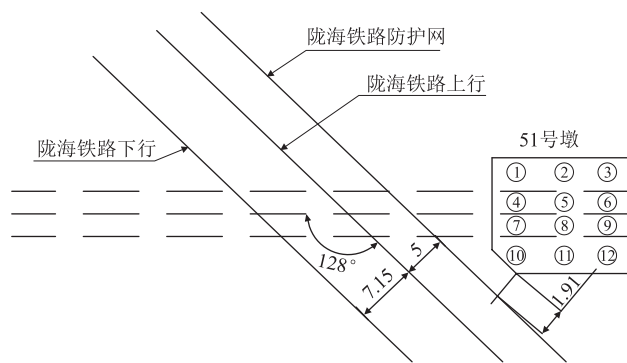


图1 51号主墩承台位置图

2.2 无线沉降监测系统

2.2.1 构造和技术参数

(1) 无线沉降监测系统由数据监测、数据采集、数据传输和数据监控 4 大部分组成。数据采集由埋入地面下的单点沉降计测得位移沉降变形数据,经由数据传输模块利用配置 SIM 卡手机 GPRS 无线网络将数据上传至互联网,再传入到接收的电脑上。分析和预测不同水平距离和深度地层的沉降对既有铁路线路和路基稳定性可能产生的影响,即准确实时监测施工过程中既有线路以下软弱地层塌陷和沉降情况,并提前预警,从而确保线路变形前能够及时采取补救措施。

(2) 单点沉降计^[1]由埋入式电测位移传感器、不锈钢加长测杆、钢制锚头、沉降板等组成,埋设于观测处钻孔地基土体内,埋设后将上部沉降板及下部锚头

用水泥砂浆固定,测量锚头与沉降板之间土体的压缩沉降变形量。沉降板直径 300 mm,与孔底不锈钢加长杆相连接,单点沉降计外接四芯水工电缆,电缆外围由钢丝波纹管包裹。单点沉降计构造及技术参数如图 2 和表 1 所示。

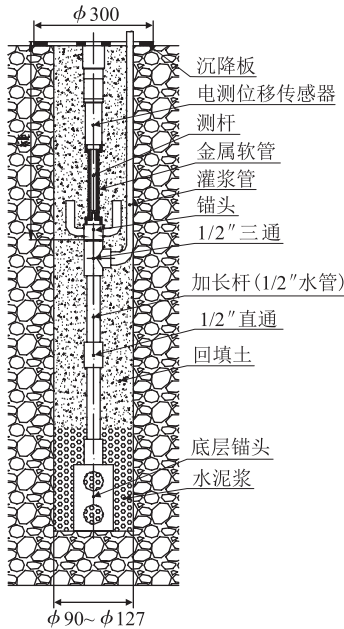


图2 单点沉降计构造图

表1 JMDL-4720 A 型单点沉降计的技术参数表

项目名称	性能参数
测杆量程(直径16~20 mm)/mm	200
测量精度/%	0.1
绝对误差/mm	≤±0.3
灵敏度/mm	0.05

2.2.2 安装方法

(1) 钻孔监测点布置。监测区域设置在 51 号承台开挖边界与陇海铁路防护网中间。为监测到不同深度地层的沉降变化情况,监测区域设置 6 个钻孔监测点,1 号和 6 号长 15 m,2 号和 5 号长 13 m,3 号和 4 号长 5 m,横向间距均为 2 m。采用 $\phi 110$ mm 空心

钻头钻孔,孔深不得大于要求孔深的 ± 10 mm。钻孔监测点布置如图 3 所示。

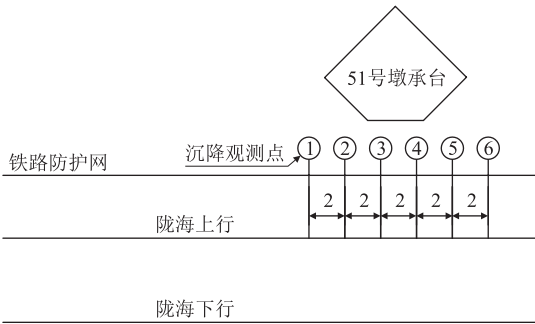


图3 钻孔监测点布置图(m)

(2) 单点沉降计埋设。按照孔深配置测杆长度,测杆接头用套筒螺丝稳固连接,将连接完成的测杆放入预埋孔内,锚头与不锈钢加长杆相连;将锚头在孔底用水泥浆注浆锚固,使钻孔孔底锚头与土体固结为一个整体;将孔内剩余缝隙用砂全部回填,从而保证地面以下土体的微小形变可以准确传递至沉降计。

(3) 监测系统安装。单点沉降计埋入地面钻孔内后,通过配套的线路将其与现场的监测控制箱内数据自动采集模块联接并调试,通过 GPRS 网络将数据上传至 DSC 无线数据采集软件。

2.3 沉降监测与实施效果

2.3.1 沉降监测

控制监测终端的操作包括:运行采集软件→启动沉降观测模式→拨打监控系统终端中放置的移动电话使终端登录到互联网→在软件中出现终端登录号→点击出现的终端登录号码→布置相应的模块编号和模块类型。采集数据包括测量模块数据、测量通道数据和读取模块数据。以靠近陇海铁路上行线一侧距离最近的 51 号墩 10 号钻孔桩、承台外围钢板桩施工过程中沉降变形监测为例,实时监测数据如表 2、表 3 所示。

表2 钻孔桩施工过程中沉降变形监测表

孔号	监测日期	时间	模块编号	通道	传感器型号	开始监测时的 起始数据/mm	实时监测值 /mm	监测过程中相应通道的 实时累计变动值/mm
1	2014.4.15-5.9	9:50	34401007	01	JMDL-4720A	0	0	0
2	2014.4.15-5.9	9:50	34401007	02	JMDL-4720A	0	0	0
3	2014.4.15-5.9	9:50	34401007	03	JMDL-4720A	0	0	1.03
4	2014.4.15-5.9	9:50	34401007	04	JMDL-4720A	0	0	0.09
5	2014.4.15-5.9	9:50	34401007	05	JMDL-4720A	0	0	1.05
6	2014.4.15-5.9	9:50	34401007	06	JMDL-4720A	0	0	0

2.3.2 实施效果

实时监测数据的结果表明,51 号墩 10 号桩施工

过程中,从 2014 年 4 月 15 日至 5 月 9 日 9 点 50 分采集各监测点实时数据为 0,该段时间内地基未发生

表 3 承台外围钢板桩施工过程中沉降变形监测表

孔号	监测日期	时间	模块编号	通道	传感器型号	开始监测时的起始数据/mm	实时监测值/mm	监测过程中相应通道的实时累计变动值/mm
1	2014. 5. 29 - 30	14: 30	34401007	01	JMDL - 4720A	0	0	0
2	2014. 5. 29 - 30	14: 30	34401007	02	JMDL - 4720A	0	0	0
3	2014. 5. 29 - 30	14: 30	34401007	03	JMDL - 4720A	0	0. 97	1. 04
4	2014. 5. 29 - 30	14: 30	34401007	04	JMDL - 4720A	0	0. 97	1. 06
5	2014. 5. 29 - 30	14: 30	34401007	05	JMDL - 4720A	0	0. 97	1. 05
6	2014. 5. 29 - 30	14: 30	34401007	06	JMDL - 4720A	0	0	0

变形;51 号墩承台钢板桩施工过程中,从 2014 年 5 月 29 日开始监测至 5 月 30 日 14 点 30 分采集各监测点实时数据为 0~0.97 mm,临近既有线一侧路基土体未发生较明显沉降;

51 号墩桩基及承台施工过程中,各孔位路基路肩累计沉降小于 10 mm 或单日沉降小于 2 mm;路基底层每个监测断面单日沉降监测数据均小于 50 mm,51 号墩桩基及承台施工未对陇海铁路既有线路造成影响。

3 跨铁路连续梁转体施工关键技术

3.1 转体简介

跨陇海铁路(48+80+48) m 预应力混凝土连续梁位于徐州特大桥 49~52 号墩、R=9 000 m 的曲线上,纵向坡度 2.0‰,与既有陇海铁路线交角 128°,采用先支架现浇再转体合拢施工,转体总重量 55 000 kN,转体段长度 78 m,50 号墩转角 54°15′53″,51 号墩转角 50°6′49″。桥梁转体和合拢施工前,需与铁路管理部门签订安全协议和上报列车封锁点计划。桥梁转体前与既有铁路线平面位置关系如图 4 所示。

3.2 转体桥梁支架体系的设计

3.2.1 万能复合支架

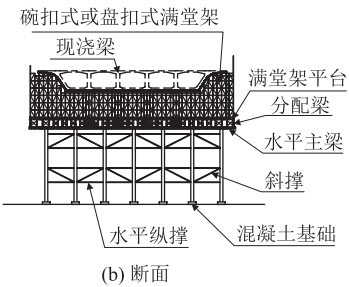
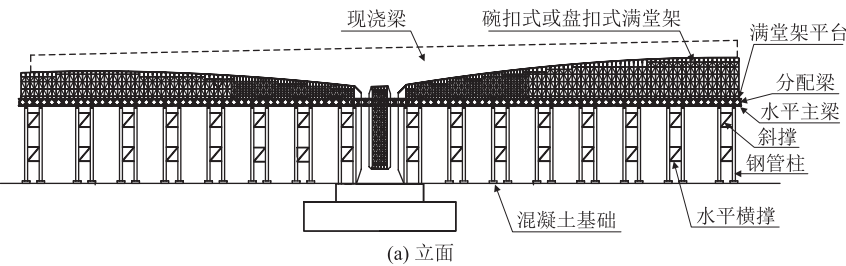


图 5 万能复合支架图

拆卸吊运机由动滑轮组、定滑轮、单轮吊钩滑车、钢索、卷扬机等组成,两台卷扬机设在远离铁路侧地面上,一台卷扬机带动动滑轮组控制支架零件上下移

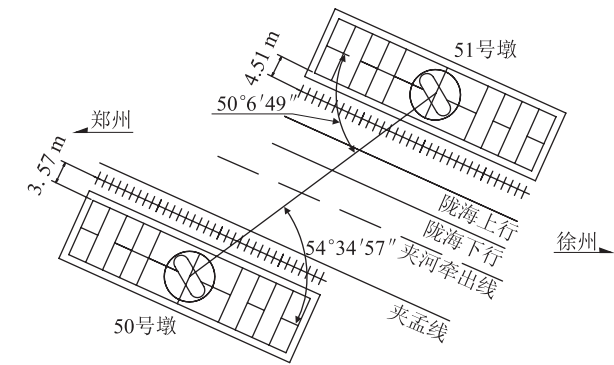


图 4 桥梁转体前与既有铁路线平面位置关系图

临近铁路现浇混凝土转体桥箱梁万能复合支架体系由混凝土基础、等高管柱、水平主梁、分配梁、满堂架平台和现浇梁底部线型相配合的满堂架组成,该支架可适应梁底连续曲线变化,承载任意高度、宽度不同体积和重量的转体混凝土箱梁,也可在满足同等条件下搭拆转体桥梁支架体系,装配式支架体系搭拆速度远快碗扣式和盘扣式满堂支架。万能复合支架如图 5 所示,该支架为实用新型专利^[2]。

3.2.2 拆卸吊运机

动,另一台卷扬机带动单轮吊钩滑车控制支架零件水平移动,拆卸吊运机解决了近铁路一侧的支架不易拆除运出的难题。拆卸吊运机如图 6 所示,该装置为发

明专利^[3]。

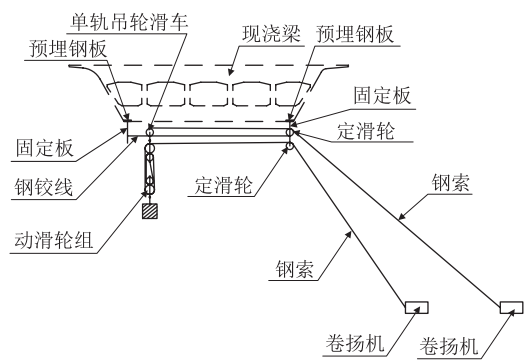


图6 拆卸吊运机图

3.3 上转盘撑脚与滑道

(1)在上转盘撑脚与下滑道之间支垫楔形铁作为转体结构与滑道的间隙,可预防上转盘撑脚和环形滑道顶紧。

(2)转体保险辅助装置由反力座、分配梁、传力柱、千斤顶和顶铁组成,如图7所示。若上转盘撑脚与环形滑道顶紧,可采用转体保险辅助装置克服撑脚与滑道之间的静摩擦力,使桥梁顺利转体到位。该装置为实用新型专利。

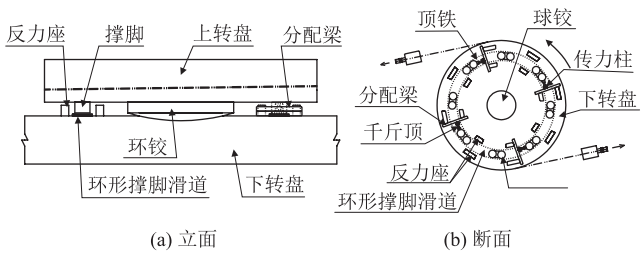


图7 转体保险辅助装置图

3.4 合拢前墩顶预偏施工

3.4.1 墩顶预偏原因及方案

混凝土连续梁桥由于使用的磨损和温度变化,梁体混凝土会收缩徐变,主墩墩顶向跨中方向位移,墩底产生负面的弯矩和剪力,梁体也会产生变形。为改善梁体和墩身的受力状态,保证桥梁正常寿命,采用“先合拢边跨,后合拢中跨”的方案;中跨合拢前,采用千斤顶对合拢段两端梁体施加反向水平推力,抵消混凝土收缩徐变引起的墩底负面的弯矩和剪力,改善墩身受力状态并确保梁体的设计线形。

3.4.2 方案实施

(1)水平顶推装置是由40×40×2 cm顶铁、 $\phi 609$ mm钢管传力柱、200 t千斤顶和I20工字钢组成。I20工字钢横担在中跨合拢段两端梁体上,千斤顶和钢管柱

传力柱均用倒链悬挂其上方I20工字钢上。千斤顶按梁宽均匀布置,数量由设计顶推力确定。

(2)合拢段选在既有铁路线间或外侧实施,提前观测合拢口大小随温度变化的情况,确定合拢段最大伸长量时的时间段。将合拢段定型骨架双拼40c槽钢刚性锁定设施提前进行单边焊接,利用确定的时间段(一般是夜晚)的最低气温顶推,以设计顶推力和顶推位移双重控制后进行焊接锁定。

3.5 模板支撑体系吊架法设计

合拢段箱梁模板由底模、翼缘板及斜腹板和箱室内模3大支架模板体系组成。其中,底模支架模板体系由方木和竹胶板组成,翼缘板及斜腹板支架模板体系由底部防护钢板、盘扣式支架、方木、竹胶板和侧模拉杆组成,内模支架模板体系由盘扣式支架、方木、竹胶板组成。模板支架模板体系受力通过纵梁、横梁和调整型紧固机吊杆传递给合拢段两侧箱梁。横梁、纵梁和吊杆设计构成结构简单、承载力较强的支撑平台,用以高效搭建合拢段吊架法模板支撑体。在合拢段施工同等条件下,模板支撑体系吊架法成本远低于普通挂篮模板支撑体系,并且消除了安全隐患。

合拢段箱梁模板安装过程包括:利用桥梁转体前施工空地拼装吊运临时横梁,采用小型吊装机配合人工在桥梁转体后较窄的空间内吊运安装临时纵梁;4台卷扬机协助安装宽幅横梁和拆除竹胶板、方木、纵梁、吊杆、横梁;调整型紧固机构通过吊杆的底(顶)垫梁、底(顶)螺帽和最大行程0.2 m千斤顶紧固或松懈3大支架模板体系;合拢段箱梁外侧安装防护栏杆和防抛网。模板支撑体系吊架法设计如图8所示^[4]。

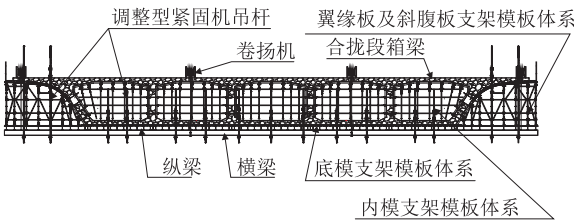


图8 模板支撑体系吊架法设计图

4 桥梁CRTSⅢ型无砟轨道道床施工关键技术

4.1 CRTSⅢ型无砟道床结构简介

郑徐客专全长361.937 km,是国内首条大范围采用CRTSⅢ型无砟轨道的高速铁路^[5-7]。桥梁CRTSⅢ型无砟道床结构由196 mm厚钢筋混凝土底座、94 mm厚自密实混凝土和200 mm厚轨道板组成,

如图9所示。徐州特大桥0~185号墩双线6 254.52 m共有2 520块CRTSⅢ型无砟轨道板,采用“桥梁CRTSⅢ型无砟轨道道床施工工艺”,工期4个月。在跨陇海铁路段上空(48+80+48)m预应力混凝土连续梁段施工徐州特大桥CRTSⅢ型无砟轨道板时,设专人防护,以确保陇海铁路行车安全。

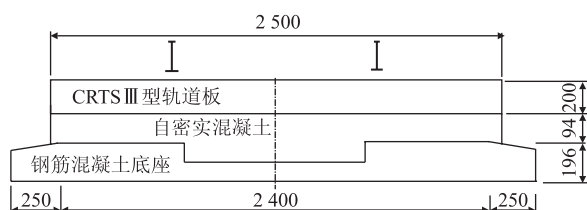


图9 桥梁无砟道床结构图(mm)

4.2 钢筋混凝土底座

(1)桥梁轨道板底座基层处理。结合设计底座板缝20 mm,弹出底座板横、纵边线;梁面凿毛;清理梁面底座板范围内的浮渣、浮浆、碎片、油渍积水等,将连接筋拧入套筒中,对不能使用及破损套筒应进行植筋处理。

(2)底座板钢筋加工安装。底座板上下两层钢筋网定制,辅助架立钢筋(剪力钉、L型植筋)由自建钢筋场加工,安装时运输上桥。安装套筒连接筋或L型植筋和焊接上下两层钢筋网片时,注意控制钢筋保护层超限。焊网下安装不小于C40强度的保护层垫块,数量不少于4个/m²。

(3)底座板侧模、端模安装。钢筋安装完成后,按照模板控制线对底座模板进行安装,模板高度按绝对高程进行控制。侧模采取较底座板厚度较少的模板,安装时先在模板下部使用少量砂浆进行找平,然后按照标高安装模板,最后封堵模板下部缝隙;侧模安装时可同时进行端模安装,底座板在梁端部需预埋伸缩缝耐候钢,将伸缩缝耐候钢一次预埋在底座板内。

(4)底座板伸缩缝插板安装。底座板在断缝位置为2 cm伸缩缝,伸缩缝插板由3块钢板组成,厚度分别为6 mm、8 mm、6 mm,中间8 mm板为分块式。安装时由一端向另一端安装,伸缩缝插板应保证位置准确、顺直。

(5)底座板限位凹槽模板安装。每块轨道板对应的底座板范围内设置两个限位凹槽,凹槽深度为10 cm,凹槽上口长宽尺寸为100 cm×70 cm,坡度为1:10。

(6)预埋拉锚钢筋PVC管孔。作为轨道板抗上浮措施的拉锚装置,拉锚钢筋预留孔采用PVC管预埋,

钢筋直径20 mm,PVC管内径22 mm,长30 cm,预埋管预埋时根据轨道板承轨槽位置与压杠位置确定预埋位置。预埋PVC管内侧使用胶带粘贴密封,防止灰浆进入堵塞管孔;同时,在PVC管位置绑扎2道竖向箍筋,增加竖向受力,防止混凝土受力开裂。

(7)底座板混凝土施工。混凝土浇筑时,用 $\phi 50$ mm插入式振捣器振捣,采取一端向另一端推进,1次成型,中间不留施工缝;最后采用振动梁提浆整平,人工收面,抹出横向设计6%流水坡。

(8)底座板嵌缝施工。伸缩缝设置在底座板上,缝宽2 cm,由嵌缝泡沫板和硅酮胶组成。嵌缝施工必须在底座板养生期结束后施工。缝槽应干净、干燥,表面无起皮、起砂、松散脱落等现象;缝两侧顶面粘贴胶带,并均匀涂刷界面剂,灌注时灌注口应靠近接缝处,速度应缓慢均匀;对于超高段应从高分层灌注,完成后撕起胶带。底座板嵌缝施工应确保嵌缝密贴无缝隙、表面平滑、缝边顺直和底座板无污染。

(9)隔离层和弹性垫层施工。底座板顶面、限位凹槽清理干净后,将整张土工布铺在底座板表面,根据放样的轨道板端位置和限位凹槽位置在土工布上弹出隔离层边线和方孔线,用剪刀或热熔刀切割,割下的方孔刚好补在下面凹槽结构的底面,再在土工布表面使用胶带将裁剪的土工布条(伸缩缝位置的剪裁)与整体土工布粘贴在一起。灌注完成混凝土后,人工撕去伸缩缝位置剪裁的土工布条。土工布切割时较自密实混凝土层四周边缘宽出5 cm。凹槽底和四周土工布用粘接剂粘贴牢固,接茬用胶带粘接严密,防止水泥浆渗入。

4.3 CRTSⅢ型轨道板安装

将运至现场的定制自密实混凝土钢筋网片吊运至梁顶面,在隔离层弹出钢筋网片边缘墨线内进行安装,上下均放置保护层垫块,在临时支架上将已设置绝缘卡的纵向钢筋穿入“门型钢筋”内并固定,用90×90 mm方木四点临时支撑,临时封堵灌注孔和观察孔。初铺完成后用精调爪取代支撑方木,并用棘轮扳手按照高程、左右、前后的顺序进行调整,待自密实混凝土模板安装到位后,再用精调标架再次检查轨道板平面位置及高程偏差,混凝土灌注完成后及时用精调软件检测成品轨道板平顺性和通过措施纠偏。

4.4 自密实混凝土

4.4.1 模板设计

自密实混凝土模板主要由封边14a槽钢模板和扣压加固装置组成。四周封边节段模板由平扣双螺栓连接,角模设置定型插板封堵排气排浆口,模板内

粘贴聚丙烯纤维黏纺与喷熔复合型无纺透水模板布,板间蝴蝶卡内塞方木加固端模。扣压装置的 $\phi 16\text{ mm}$ 螺杆拉杆下部圆环连接锚栓,上部穿过横梁后用螺母紧固;上下布置两水平螺栓旋紧于侧模的上下两侧。拆模时,先拆精调爪连接螺栓、卸下精调爪,然后拆除扣压装置水平顶丝,移除扣压装置,最后依次拆除封边模板,如图10所示。

4.4.2 灌注

(1)移动式灌注台车设计。将1.5 m的溜槽、带混凝土插板的小料斗和PE材质下料管固定在带转向轮腿移动的小支架平台上,灌注时通过叉车运输阀门开 $10\text{ cm}\times 10\text{ cm}$ 方孔大料仓、溜槽、小料斗、下料管注入。

(2)自密实混凝土灌注性能指标控制参数如表4所示。

表4 自密实混凝土灌注性能指标参数表

序号	项目	性能指标
1	坍落扩展度/mm	630~680
2	入模温度/ $^{\circ}\text{C}$	5~30
3	扩展时间T500/s	3~7
4	J环障碍高差/mm	<18
5	L型仪充填比	≥ 0.9
6	泌水率	0
7	含气量/%	3.0~6.0
8	竖向膨胀率/%	0~1.0
9	单块板灌注时间/min	5~10
10	四角排气排浆口均匀排出浆液后封堵插板关闭料仓阀门时间/s	之前5~10

4.4.3 养护

混凝土结构采用自然养护,在气温高于 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 或低于 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时采取覆盖养护,带模养护不少于3 d,总养护时间不少于14 d。

5 结语

(1)邻近既有线软弱地层施工时,根据无线监测系统采集的数据,迅速地分析出地基沉降对既有线的影响,准确地判断出既有铁路地基沉降大小与危险程度,对危及安全的变形提前做出预警,在线路变形前采取有效的补救措施,提前排除危险,防止线路变形,确保既有线安全稳定的运营。研究成果弥补了目前国内邻近既有线施工时常规用埋设沉降观测点,测量仪器观测发现线路沉降前再采取预防措施的缺点。

(2)郑徐客运专线徐州特大桥跨陇海线(48+80+48) m 预应力混凝土连续梁先支架浇筑,再水平转体浇筑合拢。针对临近铁路现浇混凝土转体桥箱梁存在搭拆耗时长的问 题,提出了万能复合支架体系;针对上转盘撑脚与滑道易顶紧的问题,提出了楔形铁支

垫和转体保险辅助装置;针对合拢时墩底易产生负面弯矩和剪力、梁体也会变形的问题,提出了先边跨后中跨合拢和墩顶预偏措施。

(3)通过徐州特大桥跨陇海铁路段桥梁CRTSⅢ型无砟轨道道床工程应用,提出了CRTSⅢ型板式无砟轨道底座板伸缩缝灌注防污处理和隔离层土工布铺设方法,自制了自密实混凝土模板工装和移动式灌注台车,工期4个月完成了2 520块CRTSⅢ型无砟轨道板铺设。

参考文献:

[1] 张斌,冯其波,杨婧,等. 路基沉降远程自动监测系统的研发[J]. 中国铁道科学, 2012, 33(1): 139-144.
ZHANG Bin, FENG Qibo, YANG Jing, et al. Development of Remote Automatic Monitoring System for Subgrade Settlement [J]. China Railway Science, 2012, 33(1): 139-144.

[2] 李世茂,刘建文,丁新胜,等. 临近铁路现浇混凝土转体桥箱梁的装配式支架体系: 中国, CN211006378U [P]. 2020-07-14.
Li Shimao, Liu Jianwen, Ding Xinsheng, et al. Assembly Type Support System Close to Railway Cast-in-Place Concrete Swivel Bridge Box Girder: China, CN211006378U [P]. 2020-07-14.

[3] 李世茂,殷爱国,张文格,等. 用于拆除临近铁路侧混凝土现浇梁装配式支架的吊运装置: 中国, CN110745707B [P]. 2020-10-09.
Li Shimao, Yin Aiguo, Zhang Wenge, et al. Hoisting Device for Detaching Cast-in-Place Concrete Beam Prefabricated Support on Side Close to Railway: China, CN110745707B [P]. 2020-10-09.

[4] 徐晓锋,贺敏刚,殷爱国,等. 跨障碍宽幅转体桥梁合拢段吊架法模板支撑体系施工方法: 中国, CN110685227B [P]. 2021-11-02.
Xu Xiaofeng, He Mingang, Yin Aiguo, et al. Construction Method of Obstacle-Crossing Wide-Width Swivel Bridge Closure Section Hanger Formwork Supporting System: China, CN110685227B [P]. 2021-11-02.

[5] 王继军,姚力,王梦. 中国高速铁路无砟轨道的发展及应用[J]. 高速铁路技术, 2020, 11(4): 33-35.
WANG Jijun, YAO Li, WANG Meng. Development and Application of Ballastless Track of High-Speed Railway in China [J]. High Speed Railway Technology, 2020, 11(4): 33-35.

[6] 何宁,苏乾坤,刘大园,等. 400km/h+ 高速铁路CRTSⅢ型板式无砟轨道动力分析[J]. 高速铁路技术, 2021, 12(5): 84-89.
HE Ning, SU Qiankun, LIU Dayuan, et al. Dynamic Analysis of CRTSⅢ Slab-Type Ballastless Track of 400km/h+ High-Speed Railway [J]. High Speed Railway Technology, 2021, 12(5): 84-89.

[7] 张帆,魏奎斐. 桥梁CRTSⅢ无砟道床施工工艺研究与应用[J]. 施工技术, 2019, 48(S1): 1236-1238.
ZHANG Fan, WEI Kuifei. Research and Application of Bridge CRTSⅢ without a Frantic Jumble Roadbed Construction Technology [J]. Construction Technology, 2019, 48(S1): 1236-1238.