

Research on the Construction Technology of Continuous Cast-in-place Box Girder with 110m Curve

Hongan Zhou Jilu Ma

Sinohydro Fifth Engineering Bureau Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 610500, China

Abstract

The paper combines the Zhejiang daishan 526 national road reconstruction project planning grinding road crossing bridge of soft foundation of cast-in-place box girder construction, by changing the optimization of the traditional full support, concrete pouring, prestressed steel cable construction, solve the curve of continuous cast-in-place box girder of foundation bearing capacity in construction, low construction efficiency and construction cost problem, but also summarizes the new device and new methods, for the similar cast-in-place box girder construction.

Keywords

soft foundation; curve continuous cast-in-place box girder; technical research

临海软基 110m 曲线连续现浇箱梁施工技术研究

周红安 马继录

中国水利水电第五工程局有限公司, 中国·四川成都 610500

摘要

论文结合中国浙江省岱山526国道改建工程规划磨心路跨线桥临海粉质黏土软基基础的现浇箱梁施工, 通过改变优化传统满堂支架、混凝土浇筑、预应力钢索等施工, 解决曲线连续现浇箱梁施工中的地基承载力差的问题、施工效率低及施工成本问题, 同时也进行总结了新装置及新方法, 为同类现浇箱梁施工提供总结。

关键词

软基; 曲线连续现浇箱梁; 技术研究

1 引言

随着中国经济的快速发展, 公路交通建设事业蒸蒸日上, 越来越多的新技术、新工艺不断涌现, 使得形式多样的横跨线桥梁也层出不穷。现浇变截面连续箱梁以其结构整体性好、结构刚度大、桥面变形小、抗震能力强等特点广泛应用于桥梁工程当中。但现浇变截面连续箱梁施工工序较多, 质量控制难度大, 因此对现浇变截面连续箱梁施工技术要求十分之高。论文就结合工程实例, 就临海现浇连续箱梁施工技术进行探讨。

2 概况

中国浙江省舟山市 526 国道改建工程地处岱山岛, 全长 23.657km, 为双向四车道一级公路, 公路所经区域大部分途经滩涂及海域段。规划磨心路跨线桥(以下简称磨心桥)全长 525.5m, 全桥共 6 联: $3 \times 25 + 3 \times 25 + 3 \times 22 + 3 \times 23 +$

$(30 + 50 + 30) + 5 \times 25$; 上部结构第 5 联 30+50+30 变截面连续箱梁采用整体现浇, 其余联上部结构采用预应力混凝土(后张)T 梁, 先简支后连续; 下部结构第 13、14 号墩采用花瓶形变截面桥墩, 基础采用群桩加承台, 其余墩台采用柱式墩, 墩台采用桩基础。磨心桥第 5 联现浇箱梁段平面位于缓和曲线(K15+062.494-K15+182.494, 参数 a: 328.634 左偏)和圆曲线(K15+182.494-K15+488.75, 半径: 900m, 左偏)上, 纵断面位于 R=4500m 的竖曲线上。

本桥桥址区属于海积平原地貌为主, 勘察深度范围内地层上部为填土, 性质松散不均, 厚度 0.4~2.3m, 下为海积粉质黏土, 性质稍好, 厚度约 0.9~2.1m; 浅部为淤泥质土, 性质差, 层厚约 15.0~26.0m; 其下主要为陆相沉积地层, 以黏性土为主, 偶分布砂土层, 性质较好, 局部分布海相沉积地层性质相对较差, 地基承载力低, 施工难度大。通过研究地基基础处理及现浇支架体系, 混凝土浇筑分层, 钢筋安装, 预应力张拉等, 提高施工质量的目的、降低施工成本。通过对 526 国道改建工程的规划磨心路跨线桥 110m 曲线连续现浇箱梁施工技术研究, 可极大的解决现浇箱梁施工中的地基承载力差的问题、施工效率低及施工成本问题, 同时也能进行总

【作者简介】周红安(1981-), 男, 中国陕西汉中, 本科, 工程师, 从事公路桥梁、隧道工程研究。

结新装置及新方法,提高安全保障系数,为同类现浇箱梁施工提供总结的方法,今后同类现浇箱梁施工提供借鉴经验。

3 关键技术研究

通过改变传统的施工工艺提高施工效率,提高施工支架的安全稳定性等,具体施工流程:施工准备→地基处理(PHC桩施工、检测,合格后进行桩帽施工)→钢管桩安装→承重梁安装→贝雷梁安装→盘扣架或分配梁安装→底模、侧模、翼模安装→支架分级预压→模板测量复核、调整→底板、腹板钢筋绑扎→内腹板模板安装→底、腹板混凝土浇筑→顶板模板安装、顶板及翼缘板钢筋绑扎→顶板混凝土浇筑→混凝土养护→箱梁内模、侧模拆除→预应力张拉、压浆、封锚→底模支架拆除。

3.1 现浇箱梁支架技术

由于现浇箱梁支架基础为淤泥质土,传统的地基硬化处理+满堂支架的处理方式难度较大,经过方案优化采用了“一种现浇箱梁深淤泥层支架施工的方法”,采用 $\phi 400$ 预应力管桩+桩帽系梁+钢管立柱+贝雷支架的支架方式,管桩间距排距6m,横向间距2.3m+2.8m+2.1m+2.8m+2.3m,管桩顶部由混凝土桩帽系梁连接形成整体受力结构,桩帽尺寸 $0.85\text{m} \times 0.85\text{m} \times 0.8\text{m}$,管桩打入深度根据单桩承载力检测值进行控制。管桩施工完成后进行承载力检测,保证满足设计承载力要求,否则应加长。贝雷架下部采用 $\phi 530 \times 10\text{mm}$ 钢管桩支撑,钢管桩纵向间距6.0m,钢管桩之间采用I20槽钢连接,贝雷梁上部支架立杆布置形式为满堂盘扣式落地支架采用 $\Phi 60 \times 3.2\text{mm}$ 钢管^[1]。当距梁底高 $<2\text{m}$ 时纵距90cm,2m $<$ 梁高 $<3\text{m}$ 时纵距60cm,横隔板与横梁处纵距加密成60cm;而腹板对应处横距60cm,顶底板对应处横距120cm;标准步距100cm,顶层步距加密成50cm。支架横杆于地面以上0.5m布置一道,以上每1m布置一道,顶部位置0.5m布置一道。为确保支架的整体稳定性,在纵、横、水平向立杆高度 $\geq 1.5\text{m}$ 均设置剪刀撑。支架顶、底托采用可调托撑以便调整标高,顶托上横向铺设一层2110槽钢作为主楞,次楞 $10 \times 10\text{cm}$ 方木铺设于主楞上,在腹板下满铺,在底板及翼缘下间距25cm,在次楞方木上铺设竹胶合板,采用15mm面板。其立杆底部作用于I20a的横向分配梁上,I20a分配梁放在321型贝雷片上,贝雷片横向布置12片,每2片作为一组,共6组。贝雷片下方是2140a承重梁,承重梁则布置于钢管桩上。

支架体系采用预应力管桩和钢管立柱点对点进行力的传递,有效减少了地基处理的面积,避免因淤泥质地基处理不当后不均匀沉降导致箱梁裂缝。通过“一种配重式静压法检测预应力管桩单桩承载力的装置”,进行预应力管桩单桩承载力检测,确保承载力满足现浇箱梁承载力要求。

3.2 现浇箱梁模板施工技术

由于第5联30m+50m+30m变截面连续箱梁在路线曲

线上,超高变化、变截面变化,曲率变化都增加了测量放样的难度,根据现浇箱梁曲线及曲率半径数据分析,编制了一种曲线渐变二元计算公式,通过编制的计算公式快速计算出箱梁底板顶、箱梁底板底任意位置的高程,有效节约了测量放样时间,也保证了箱梁的外观尺寸精度。

3.2.1 施工坐标的计算

根据设计图纸平曲线表所给出的信息如下:平曲线要素:JD8交点坐标 $X=3354139.239$, $Y=422765.155$,半径 $R=900$, $Ls1=100$, $A1=300$ 。JD9交点坐标 $X=3353321.580$, $Y=423409.482$,半径 $R=900$, $Ls1=120$, $A1=328.6335$ 。通过以上设计参数数据,利用测量员软件进行平曲线编程和编辑好的平曲线参数对现浇箱梁各控制断面的轴线坐标进行了计算,提高了测量放样施工效率。

3.2.2 现浇箱梁顶高程的计算

根据设计图纸竖曲线表所给出的信息如下:

竖曲线要素:变坡点桩号:K15+215,变坡点高程:15.404m,半径 $R=4500$ 。

变坡点桩号:K15+555,变坡点高程:3.164m,半径 $R=4000$ 。通过以上设计参数数据,利用测量员软件进行竖曲线编程,利用编辑好的竖曲线对现浇箱梁各控制断面轴线处顶高程进行了计算,提高了测量放样施工效率。

3.2.3 箱梁高度计算

本联箱梁为变截面箱梁,底板由“直线段6m+曲线段23m+直线段2m+曲线段23m+直线段2m+曲线段23m+直线段2m+曲线段23m+直线段6m”组成,总长度110m。直线段箱梁高度1.7m。现浇箱梁底板顶变化公式为:

$$Y=1.43+1.17 \times (X \div 23)^2$$

底板底变化公式为:

$$Y=1.7+1.3 \times (X \div 23)^2$$

其中, X 为渐变起始点距离所计算点的距离。

为了使线性更加平顺,计算时按照每隔1~2m一个断面进行计算(根据实际情况可加密),提高了测量放样施工效率。另外为了保证现浇箱梁混凝土的外观质量,通过常规竹夹板模板的方案优化进行综合比较试验,采用了一种混凝土铝塑板模贴,提高了预应力梁混凝土外观质量,降低混凝土表面的气泡和水波纹等外观缺陷^[2]。

3.3 现浇箱梁预压检测系统

3.3.1 加载、卸载

预压采用五级预压加载法:20%→60%→80%→100%→110%进行加载。在加载过程中,测量人员随时监测支架变形情况,加载一级碎石袋后,停止加载,保持静载30分钟,测得各观测点的变形值。当支架变形较大时,应立即加固支架;当支架变形较小时,方可进行下一级加载。待荷载加至箱梁重量的110%后,前四个小时每小时观测一次,以后每四小时观测一次,并测量各测点数据;压重24h后,再次测量各测点数据,沉降稳定标准:24h沉降 $\pm 2\text{mm}$,方

可进行卸载。待加载 24 小时后,沉降变化在 2mm 以内时,按总重的 110%→100%→80%→60%→20%→0 依次进行卸载。卸载要求与加载要求相同,每卸载一级碎石袋,保持静载 30 分钟,测得各观测点的变形值。卸载过程中,不能集中一侧卸载,防止支架偏心受压过大。卸载完成后,观测支架卸载后的状态。当预压过程中由于地基沉降引起支架变形较大时,应重新加固支架。支架变形较小时,即可进入下一个施工工序。

3.3.2 可视化检测系统

在预压、卸载过程中改变传统的预压方法,采用了连续现浇箱梁预压时间及支撑体系可视化智能监测系统,通过支架上的传感器感应预压重量分级、计算机模拟现浇箱梁截面重量分区预压,根据感应预压重量智能提醒,预压重量不均匀智能提醒,根据感应预压数据通过计算机模拟预压效果,确保预压过程受力均匀、稳定、合理、简便及提高预压安全性。

3.4 现浇箱梁钢筋防锈施工

由于本工程地处浙江东北部沿海海域,属北亚热带南缘海洋性气候区,气候温和、四季分明、雨量充沛。季风显著,风速大,全年多大风,春季多海雾,夏季多热带气旋(包括热带风暴、强热带风暴、台风),且空气中含有氯离子较高,对钢材腐蚀较强。钢筋在安装过程中长时间暴露在潮湿的海风环境中,极易生锈,为了防止钢筋施工过程中的锈蚀影响,在梁体或防撞护栏钢筋施工过程中进行水泥浆喷涂处理,采用一种电动喷壶对钢筋进行喷水泥浆覆盖进行防锈预防处理,通过实验研究,采用了“一种钢筋防锈喷涂装置”新技术,有效解决了临海区域钢筋锈蚀的问题。

3.5 现浇箱梁混凝土浇筑施工

连续现浇箱梁混凝土入仓采用泵送混凝土,在泵送混凝土施工过程中,因混凝土输送管存在频率性的震动,附着于模板和支架上,会对结构产生震颤影响。因此,为解决此问题,研制了“一种混凝土输送泵管的减震装置”(实用新型专利证书【201921495250.1】),在其泵管连接处设置减震装置,该装置主要原理为利用伸缩装置(弹簧、大管套小管)进行减缓频率震动,通过叠加前后频率震动来抵消震动力,减少泵管震动对结构物稳定影响,确保施工安全。本实用新型的有益效果是结构轻便、造价低廉、移动灵活,安拆方便、制作简单,操作简便,解决了附着式泵管入仓产生震颤的技术难题,加快了施工进度,降低了工程成本及安全风险。

3.6 现浇箱梁预应力张拉技术

①公路桥梁工程中预制梁预制一般都需要大量使用预应力钢绞线等材料,而每盘钢绞线笨重、在出线的过程中容易弹伤人员或设备,为约束该过程的危害,为了解决钢绞线线盘出线危险、安装笨重固定架的耗时、费工问题,研制

了“一种轻便预应力钢绞线安全出线的装置”(实用新型专利编号:ZL2020 2 1929426.2),它由外支撑架、约束环、连接加固螺杆等组成,将外支撑架紧贴钢绞线线盘前后侧进行安装就位,从外支架的预留孔穿四根连接螺杆,顺钢绞线线盘外圈固定住外支撑架及钢绞线线盘,形成整体,并将钢绞线线盘内的钢绞线端头引出,穿过约束环,随用随截取下料,达到了钢绞线安全顺利出线的目的。本装置结构简单,制作快捷方便,操作简单省力,解决了钢绞线线盘使用中的不便及危险。

②在现浇箱梁张拉施工中,张拉千斤顶重量达到 300kg,由于中横隔梁张拉平台空间有限,且处于箱梁悬臂下方,吊装设备无法使用,人工搬运困难。为了解决现浇箱梁在张拉施工中千斤顶的吊装方便、安全问题,研制了“一种现浇箱梁预应力张拉千斤顶吊装装置”(实用新型专利编号:ZL2021 22845455.1),它由轴承滑轮、滑轮轨道、特制吊装卡扣、工字钢横梁、支腿连接钢板、钢支腿、手动葫芦等组成。通过四条钢支腿与工字钢横梁组装成“凳子”状钢支架,再依次安装滑轮轨道、滑轮、特制吊装卡扣、手动葫芦,形成整体装置,滑轮可纵向滑动,调节吊装位置,手动葫芦可满足 300kg 千斤顶的垂直吊装的目的。提前在现浇箱梁顶板及翼缘板处预留 $\phi 75\text{mm}$ 的张拉吊装孔,在箱梁顶部安装吊装装置,通过预留孔对箱梁箱室内、翼缘板下方千斤顶进行吊装,解决了有限空间内的吊装问题,而且使用方法简单,操作安全可靠。

3.7 支架拆除

按照“纵桥向对称均衡、横桥向基本同步”的原则分阶段循环进行支架拆除。单孔支架自上而下的拆除顺序为:现浇箱梁张拉完成一拆除方木、侧模、脱内模及底模等一拆除横、纵向方木及满堂钢管支架一拆除贝雷梁横向锁定连接一横移并吊装拆除贝雷梁片一拆除主横梁 $2 \times \text{I45a}$ 工字钢一拆除水平桁及剪刀撑一分节拆除钢管立柱一循环拆除下一孔钢管贝雷梁支架。

4 结语

通过对现浇箱梁支架施工的创新优化,通过一系列的方案技术优化及实用型发明,提高了临海软基 110m 曲线连续现浇箱梁效率,减少了工序时间,保证了施工质量。且上述施工技术及实用新型装置使用方便,作业人员容易掌握,技术成熟,为桥梁桩基及墩柱施工提供了宝贵经验。为 526 国道规划磨心路跨线桥及江二村特大桥连续现浇箱梁施工提供了宝贵经验,值得在同类工程中推广应用。

参考文献

- [1] 刘鹏.桥梁现浇箱梁支架工程施工方案探究[J].科技创新与应用,2016(34).
- [2] 李伟.工程施工中现浇箱梁施工组织管理措施研究[J].技术与市场,2016,23(11):174.