

大跨度变截面连续梁支架法分段现浇施工技术

陈树文

(中国葛洲坝集团第二工程有限公司,四川成都 610091)

摘要:跨江汉运河特大桥(60+100+60)m 预应力混凝土连续箱梁采用支架法分段现浇施工。针对梁体跨度大、支架结构体系复杂、一次浇筑混凝土数量多、耐久性混凝土工艺要求高、真空压浆工艺新等特点,介绍了所采用的支架、模板、钢筋、混凝土、预应力、真空辅助压浆等施工技术,可供同类工程借鉴。

关键词:大跨度;连续梁;支架法;分段现浇;施工技术;江汉运河特大桥;江汉运河特大桥

中图分类号:TV52;TV544

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2015)增1-0038-04

1 工程概述

跨江汉运河特大桥位于湖北省荆州市荆州区,全长3 131.625 m,为双线铁路桥。其中36#墩~39#墩墩间上部设计为(60+100+60)m 三跨连续箱梁,跨越规划中的引江济汉工程。

连续梁全长221.5 m,共分5个节段(37.5+40+54+40+37.5)m 及4个合拢段(均为3 m)。连续梁为三向预应力混凝土结构,梁体采用单箱单室、变高度、变截面的箱形截面结构形式,梁高按曲线变化。连续梁顶宽度为12.2 m,腹板底宽为6.4 m,梁高4.6~7.2 m,底板厚度为0.4~1.5 m,顶板厚度为0.4 m,腹板厚度为0.6~0.8~1 m。该连续梁采用支架法分段现浇施工方法。

2 工程特点

(1)连续梁跨度大,主跨达100 m,变高度、变截面,结构复杂,采用高标号C55 耐久性混凝土,主体结构寿命要求达到100 a。

(2)连续梁分段现浇施工,混凝土浇筑强度高、工程量大,最大仓位主跨(A₀#段,长40 m)混凝土达1 028.5 m³。总体施工工艺流程复杂,对施工技术、施工质量等要求高。

(3)施工支架采用新型组合型支架,由钢管排架柱+贝雷梁+满堂支架构成,结构体系较复杂。搭设高度大,最大高度达24 m,具有一定的施工难度。现场地形地质条件较复杂,地表地层软弱,施工支架基底需进行专门处理。

(4)连续梁A0#块属大体积混凝土,混凝土浇筑处在高温时期,必须采取可靠的温控措施,确

保施工质量。

3 主要施工技术

3.1 支架工程

3.1.1 支架设计

连续梁施工支架采用螺旋钢管作立柱,立柱之间以角钢进行纵横向连接,再以工字钢做分配梁并与立柱顶帽焊接构成排架柱结构。在分配梁上放置贝雷梁构成施工平台,在其上搭设满堂碗口式脚手架,支架顶部安装可调节顶托,在其上安装模板系统,通过调节杆和顶托不同组合,可实现不同高度要求的支架;支架与混凝土基础用埋件固定。根据箱梁现浇施工时支架的荷载分析,将箱梁支架按翼缘板、腹板和底板三个区域分别设计。把支架当成对模板的外部约束,采用结构力学求解器(SM Solver) V2.0 版软件对模板受力进行计算,要求构件荷载均应小于其容许承载力值。

3.1.2 地基处理

因场地地基承载力低,需对支架基础范围进行换填处理,将表层土开挖至地基承载力不小于150 kPa 的土层,再以级配碎石分层碾压换填,换填处理后的地基承载力应不小于250 kPa。然后,在换填地基上浇筑50 cm 厚C20 钢筋混凝土条形基础。基础标高应根据支架高度严格控制。

3.1.3 支架搭设

支架总体施工顺序为:支架基础处理(开挖及换填)→条形基础混凝土浇筑→钢管柱安装→安装工字钢分配梁→安装贝雷梁→搭设满堂支架→安装钢管顶托→安装横向方木并固定→安装纵向方木并固定→安装底模。

收稿日期:2015-04-25

支架基础混凝土浇筑完成、待强度达到设计强度的 70% 后即可安装钢管柱,采用吊车就位,将钢管柱与预埋钢板进行焊接。钢管柱安装好后,采用角钢将各相邻钢管柱连结成整体并设斜支撑,以增强钢管柱的整体稳定性。

然后,在钢管柱上横向安装两根 I40b 工字钢作分配梁,分配梁与支架支柱采用焊接形式进行联接。工字钢分配梁安装完成后,纵向安装贝雷梁。之后,在贝雷片上横向铺设纵向间距为 0.6 m 的 15 cm × 15 cm 方木作为底横梁,其上按设计要求搭设满堂支架,满堂支架采用碗扣式脚手架,搭设时,将可调拖座直接卡装于预定位置方木上,将立杆套在可调拖座上,并在纵横上用横杆、斜撑固定好。满堂支架搭好后,安装可调顶托,调整好标高,再在顶托上横向铺设方木,从而构成模板支撑体系。

3.1.4 支架预压

为消除地基和支架系统非弹性变形并检测其弹性变形值,在支架搭设完成后对支架进行预压。连续梁采用分段预压的方式,每段预压采用分级加载形式,即依次加载到 50%、100%、125%。

支架预压荷载物采用过磅后的袋装砂石料(特制吨袋)及成捆钢筋。加载时严格按照顺序分级加载,并模拟梁体荷载分布情况堆码整齐。加载应掌握对称、平衡的原则。

荷载加载时设专人进行指挥,每级加载要均匀连续,加载时,由两端向中间均匀进行,每次加载间隔时间不少于 24 h,125% 加载后支架承受荷载的时间不少于 48 h。预压前,在支架附近,1/4 跨、1/2 跨、3/4 跨以及悬臂段端部等位置的支架顶面(模板上)和支架基础上及钢管柱上设置沉降观测点。经实测,支架顶总变形量约为 18 mm,其中地基沉降、支架变形分别为 5 mm、13 mm,与理论分析值基本一致。

3.2 模板工程

3.2.1 底模系统

底模系统为安装在满堂支架顶部的顶托支撑。连续梁底模板采用木结构,以便于加工和调整标高,适应梁高曲线变化。在顶托上先铺纵向 15 cm × 15 cm 枋木,再铺横向 8 cm × 8 cm 枋木,通过顶托调整到理论标高后再铺设 1.5 cm 厚优质竹胶板面板,板与板接缝用双面胶夹紧,防止漏

浆而影响混凝土外观质量。

3.2.2 外侧模系统

外侧模同样采用优质竹胶板,外侧模的固定采用双层方木,里层紧贴外侧模采用纵向 8 cm × 8 cm 方木,外层竖向采用 15 cm × 15 cm 方木,最后以外侧满堂支架横杆做为支撑点采用顶托顶紧,并设置斜撑以增加整个支架的整体性和稳定性。侧模安装完成后,上好全部对穿拉杆,待内模安装完成后调整紧固件。

模板设计按铁路桥梁施工规范的荷载标准组合,采用结构力学求解器(SM Solver) V2.0 版软件计算分析,各杆件的强度和刚度均满足要求。

3.2.3 内模系统

内模采用木模结构,内模桁架采用 15 cm × 15 cm 枋木。转角处用夹板和螺栓连接;桁架与面板之间的纵向加劲肋采用 8 cm × 8 cm 枋木;面板采用 2.1 cm 厚胶合板,接缝处夹双面胶并粘贴胶布防止漏浆。

底板与腹板钢筋施工完成、预应力波纹管准确就位后开始安装内模。安装时,将两侧模事先拼装好,用吊车就位,支撑好后再安装顶模支撑。顶模竖向支撑安装于底板钢筋保护层垫块上,上置 $\varphi 32$ 钢筋,其上安装 $\varphi 48$ 钢管,钢管顶部设置顶托,支撑顶板模板。混凝土浇筑完成后,割除 $\varphi 32$ 钢筋外漏部分,埋入混凝土 3 cm 即可。内模与外侧模板在竖向设置 $\varphi 25$ 通长拉杆,间距 120/180 cm,利用内模满堂支架横杆横向顶托顶紧内模。

顶板模板采用木胶合板在现场制作,内模不设底板,侧模高度与底板混凝土面齐平,以便于控制混凝土面标高。各接缝处均用宽胶带粘贴,以防止漏浆。

3.3 钢筋工程

钢筋在加工厂集中加工,汽车运至施工现场。按“放样→底板钢筋→箍筋和蹬筋→腹板钢筋→安装波纹管→端部加强钢筋→安装内模→顶板钢筋→安装波纹管”的顺序安装。

3.4 混凝土工程

3.4.1 拌制和运输

箱梁采用 C55 耐久混凝土,混凝土仓位工程量为 577 ~ 1 028.5 m³。混凝土拌制集中在 1#混凝土拌和站进行,该站理论生产能力为 125 m²/

h,满足高峰强度要求。混凝土的水平运输采用4台 12 m^3 的混凝土搅拌车,垂直运输采用2台移动式布料机进行布料,布料杆长43 m,泵送能力达 $60\text{ m}^3/\text{h}$ 。

3.4.2 混凝土浇筑

箱梁混凝土横向浇筑顺序:底板混凝土浇筑→腹板混凝土浇筑→顶板混凝土浇筑→顶板混凝土浇筑合拢。混凝土纵向浇筑顺序: A_0 段(主跨40 m节段)从跨中向两边浇筑, A_2 段(跨中54 m节段)由两端向中间对称浇筑, B_2 段(边跨37.5 m节段)从合拢段向边墩方向浇筑。梁体采取全断面形式进行浇筑。

梁体混凝土在分段范围内连续浇筑并采用水平分层、斜向分段、连续一次浇筑成型的灌注工艺,水平分层的厚度不得大于30 cm,以充分保证振捣均匀密实。箱梁混凝土应对称浇筑,底板、顶板浇筑前设置标记以保证混凝土厚度。分层灌注的阶梯型坡度约为1:4~1:6,以使混凝土能充分振捣。对于桥面灌注,实施分散布料以保证桥面厚度和坡度的准确。

3.4.3 混凝土温控

由于连续梁2个 A_0 段中隔板结构断面尺寸大且处在夏季高温季节,为防止大体积混凝土产生温度裂缝,采取了以下温控措施:

(1)混凝土拌和场控制措施。

通过搭棚遮阳、提前淋水对粗骨料降温,骨料每降温 $2\text{ }^\circ\text{C}$,出机温度约下降 $0.5\text{ }^\circ\text{C}\sim 1\text{ }^\circ\text{C}$ 。

细骨料降温不宜淋水,充分运用层间的温度差。要严格控制,检测含水量,保证检测样品与使用材料的一致性。

拌和用冰水降温,水的温度每下降 $4\text{ }^\circ\text{C}$,出机温度约下降 $0.8\text{ }^\circ\text{C}\sim 1\text{ }^\circ\text{C}$ 。

对水泥罐用土工布包裹,防止阳光直射暴晒,安排专人负责水泥罐喷冰水或地下水冷却,可达到降低水泥温度的要求。

(2)混凝土施工过程中的温控措施。

混凝土运输采用混凝土搅拌车,在其外部覆盖保温套,运输过程中宜以 $2\sim 4\text{ r/min}$ 的转速搅动。混凝土出机后应及时运到浇筑地点。在运输过程中,要防止混凝土离析、坍落度变化,运输工具除保温外,还必须严密、不漏浆并采用帆布包裹,以减少热量的损失。尽量缩短混凝土运输时

间,以减小坍落度损失。

在浇筑前采用冷却水喷洒模板及钢筋表面,混凝土浇筑前覆盖湿麻袋并喷雾状水冷却至 $35\text{ }^\circ\text{C}$ 以下,也可采取遮荫措施。

混凝土的浇筑应尽量选择一天中气温适宜时进行,避开高温时段,充分利用傍晚和夜间进行混凝土浇筑,必须确保其入模温度小于 $30\text{ }^\circ\text{C}$ 。

施工当中严格控制混凝土质量,使其和易性满足施工要求。坍落度检验在出料口进行,拒绝使用坍落度过大或过小的混凝土料。

(3)埋设冷却水管及测温元件。

根据混凝土内部温度分布特征,在连续梁 A_0 段中隔板埋设5层冷却水管,冷却水管进出口集中布置,以利于统一管理。冷却水管采用 $\varphi 25$ 黑铁管。在中隔板表面及中部等不同部位埋设DW-1型电阻温度计。混凝土浇筑完毕12 h后用温度计对混凝土表面、中心及底部温度进行测温记录,随时掌握温度的变化情况,以便采取措施控制混凝土内外温差不超过 $15\text{ }^\circ\text{C}$ 。在冷却水管通水期间,每天测定冷却水管进出口温度,测定通水流量并记录,结合埋设温度计监测结果,指导现场通水流量的控制。

3.4.4 混凝土养护

混凝土初凝后,在梁体表面覆盖麻袋,避免日光暴晒,梁体洒水次数应能保持混凝土表面充分潮湿为度;当环境湿度小于60%时,养护时间不少于28 d;当湿度在60%以上时,自然养护时间不应少于14 d。混凝土养护期间,根据混凝土的温控要求,采用大功率轴流风机进行连续梁腹腔内的通风,以降低连续梁内的表面温度。

3.5 预应力工程

该连续梁为纵、横、竖三向预应力混凝土结构,纵横向均采用 $\varphi_{j15.24}$ 钢绞线束,横向预应力体系顺桥向间距50 cm一束 $4\varphi_{j15.24}$ (BM15-4扁锚),两端交错张拉,采用内尺寸 $70\text{ mm}\times 21\text{ mm}$ 的扁波纹管成孔;横梁处为 $9\varphi_{j15.24}$;纵向体内预应力体系采用 $19\varphi_{j15.24}$ 、 $15\varphi_{j15.24}$ 两种,均采用内径90 mm和100 mm金属波纹管成孔;竖向预应力体系采用 $\varphi 25$ 精轧螺纹钢,采用黑铁皮管成孔。

3.5.1 预应力管道

箱梁预应力管道采用金属波纹管成孔。管道

与锚下垫板连接处配置专用连接管,中部接头除焊接外还用不干胶布缠裹。管道内穿入内径略小的硬塑管,以避免管道意外漏浆造成堵塞。

3.5.2 预应力张拉

箱梁预应力张拉按“先纵向再横向、先腹板束后底板束再顶板束、先长束后短束”的原则进行。其中,纵向预应力采用两次张拉工艺,即当混凝土强度和弹模均达到设计值的 60%、90% 以上时分别进行腹板束张拉,张拉应力按设计值的 50%、100% 控制。竖向和横向预应力采用单根单端张拉工艺,纵向预应力束按整束、左右对称的工艺进行,并严格按应力和伸长值双控进行。

3.5.3 管道压浆

真空压浆是在传统基础上将孔道系统封闭,一端用真空机将孔道内的空气抽出,并保证孔道真空度在 80% 左右(真空压力表为 -0.8 MPa),同时压浆端压入水胶比为 $0.3 \sim 0.35$ 的水泥浆。当水泥浆从抽真空端流出且稠度与压浆端基本相同时,再经过特定的位置排浆(排水及微末浆)和保压措施,以保证孔道内的水泥浆饱满。

4 结 语

(1)虽然该连续梁跨度大、结构复杂、混凝土浇筑强度高、工程量大,但由于采用了分段现浇施工方案,使实际施工工期大大缩短,满足了业主节

(上接第 33 页)

后立即在其表面覆盖保温保水材料,如在铺设双层土工布后用冷却管流出的温水喷洒养护。

3 结 语

自锚式悬索桥具有不需要修建大体积锚碇的优点,特别适用于地质条件很差的地区,因其受地形限制小,可结合地形灵活布置;虽然其存在钢结构的加劲梁造价偏高、施工步骤受到限制且必须在加劲梁、桥塔做好之后再吊装主缆、安装吊索,需要搭建大量临时支架以安装加劲梁等缺陷,但

(上接第 37 页)

和设备选用上给予了充分的考虑,确保了产品的质量和供应量。经过两年多时间运行实践证明,该系统的实际运行效果良好,安全可靠,系统生产能力、砂石料质量均满足设计和大坝施工要求,为贵州都柳江大融航电枢纽工程和从江航电枢纽工

点工期目标,相比于同类工程挂篮施工工期节约达 2 个月。

(2)完工后的连续梁型体测量检测结果表明:连续梁整体成桥线性好、没有明显的节段施工缝痕迹,混凝土外观质量整体良好,其中连续梁 A_0 段梁体外观质量达到了镜面清水混凝土效果。

(3)分段现浇施工组合性支架体系充分利用了公司闲置钢管柱+贝雷梁标准件,大大减少了脚手架数量及支架基础处理工程量,节省了大量的周转资金,取得了较好的经济效益。

大跨度、变截面连续梁的支架法分段现浇施工在跨江汉运河特大桥施工中得到了成功运用,从使用效果看,工程实体质量完全满足设计要求、施工速度快、成桥线性优美、整体外观质量较好。虽然支架体系结构及施工具有一定难度,但只要做好施工技术交底并适当加强现场管理,就能顺利完成施工。综上所述,连续梁支架法分段现浇施工是一次成功的创新、尝试和应用,效果良好,可供同类工程参考和借鉴,特别值得推广至如高速公路桥梁工程、城市高架桥工程等类似项目。

作者简介:

陈树文(1970-),男,湖北天门人,项目总工程师,高级工程师,从事桥梁工程施工技术及管理工作。(责任编辑:李燕辉)

在中小跨径桥梁中其仍然是一个很有竞争力的方案。随着实践经验的逐渐积累,自锚式悬索桥的设计理论和施工方法也将趋于完善,跨越能力也会不断提高。可以相信:今后会有越来越多的方案倾向于这种桥型。

作者简介:

吴国华(1964-),男,云南保山人,项目总工程师,高级工程师,学士,从事公路工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)

程的顺利实施奠定了坚实的基础。

作者简介:

徐凯旋(1974-),男,湖北石首人,高级工程师,双硕士,从事水利水电工程建设施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)