

西宁河大桥拱座大体积施工温度控制

周兴均

四川路桥华东建设有限责任公司

摘要:对于大型桥梁基础施工中,承台拱座等施工均为大体积混凝土施工,承台拱座作为关键的承力结构,施工质量尤为重要,其中大体积混凝土施工温度控制对于结构的影响较大,如何做好温度监控及养护服务于施工极为关键,本项目采用无线监控传输系统,提高控制的精度及准确度减少人为控制的不及时,用信息化手段提高监控效率,实现混凝土温控智能化,大幅降低混凝土开裂风险。

关键词:大体积混凝土;温控;无线监控

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.17.050

一、概述

(一)工程概况

西宁河特大桥位于路线K7附近,跨越金沙江的一级支流--西宁河,为宜攀沿江高速新金段的一座重要桥梁。西宁河特大桥主桥采用跨径为510m(计算跨径480m)的上承式钢筋混凝土拱桥,共16排拱上立柱,主桥桥面采用跨径30m的预应力混凝土简支I型梁+组合桥面板;新市岸主桥直接与新市互通相接,金阳岸引桥共6跨,采用30m跨径预应力混凝土简支T梁。拱座为钢筋混凝土拱座长50.5m,宽32m。拱座为分离式,左右幅拱座中间间距为50cm。拱座基础高度为16m,分为4个台阶,基础底面标高为395.639m,顶面标高为411.639m。拱座分层按照2m/层划分。

(二)控裂重难点

拱座为桥梁的主要受力结构,质量控制尤为重要,本工程特点及控裂重难点如下:

(1) 单次浇筑方量大,混凝土水化热温升较难控制,控制不及时极易因内表温差产生较大温度应力而导

致开裂。

(2) 分层浇筑间隔时间较长时极易因层间水分蒸发过快导致收缩开裂。

(3) 拱座基础混凝土施工为12月开始施工,经历低温期施工,低温期混凝土保温难落实,内表温差控制难度大。

二、现场温控措施实施情况

(一)原材料优选

配制相应等级的混凝土原材料品质应与其技术要求相吻合。混凝土施工期间,各种进场材料性能指标在满足相关标准规定的前提下,应尽量控制每批次原材料性能指标波动率(不宜超过±10%),以减小由于原材料品质波动过大导致的混凝土性能波动较大。

(二)配合比优化

新市岸拱座基础混凝土设计强度等级为C30、拱座混凝土设计强度等级为C40。在满足强度和耐久性指标基础上,减少胶凝材料及水泥用量、掺加矿物掺合料,降低混凝土的水化放热总量是提升大体积混凝土温控抗裂性能的关键。

本项目通过类似工程大体积混凝土配合比调研,降低水泥材料用量,优化胶凝材料组成,提升大体积混凝土抗裂性能及耐久性能。

(三)混凝土浇筑温度控制

混凝土低温和常温期浇筑,原材料采取常规温度控制措施,骨料仓搭棚遮阳、防雨。混凝土浇筑过程中监测原材料温度、入模温度如下表所示,拱座及基础混凝土入模温度为13.0~27.1℃符合 ≥ 5 且 ≤ 30 ℃的控制标准。现场原材料及混凝土入模温度检测如下图所示:

混凝土原材料及入模温度监测结果表(℃)

部位	砂	碎石	水	入模温度
基础第1层右幅	9.6~10.4	9.6~10.6	11.1~11.6	14.0~17.6
基础第1层左幅	9.8~10	10~11	12	15.5~17.3
基础第2层右幅	11.4~11.7	9.3~10.1	10.6~11.1	14.6~15.4
基础第3层右幅	7.3~8.5	7.4~8.9	10.5~10.7	13.0~13.7
基础第3层左幅	9.6~9.8	9.1~9.2	10.1~11.2	14.1~15.3
基础第4层右幅	10.3~10.5	9.6~10.1	11.2~11.4	12.7~16.6
基础第4层左幅	9.5~9.7	9.1~9.3	10.1~10.6	15.5~16.5
基础第5层右幅	9.5~9.8	9.8~10.2	10.1~11.2	14.1~16.7
基础第5层左幅	9.5~9.6	9.4~10.5	10.0~10.8	16.6~18.1
基础第6层右幅	12.7~14.3	12.1~13.0	11.7~12.1	14.8~18.9
基础第6层左幅	12.4~13.7	12.2~13.5	11.8~12.5	17.1~19.5
基础第7层右幅	14.9~17.1	14.1~16.0	13.1~14.4	18.7~23.6
基础第7层左幅	18.8~21.1	19.1~20.1	14.3~17.2	22.9~27.1
基础第8层右幅	15.7~17.4	14.4~16.5	13.5~14.3	20.5~23.8
基础第8层左幅	15.4~17.3	14.2~16.5	12.1~13.3	23.3~27.1

(四) 保温保湿养护

拱座混凝土浇筑完成后, 初凝后立刻开始上表面养护, 上表面覆盖塑料薄膜+两层土工布保温, 并在中午气温较高的时段洒热水保湿, 侧面为带木模养护。上表面保温保湿养护至上层混凝土浇筑, 侧面带模养护不小于5天, 拆模之后覆盖一层土工布保温。

拱座混凝土顶面进行收面处理, 顶层混凝土浇筑完成后, 开始上表面铺塑料薄膜养护, 并在中午气温较高的时段洒热水保湿, 侧面为带木模养护。

三、监测结果及分析

(一) 现场监测实施

1. 无线测温仪及测点

温度检测仪采用济南环宇通科技有限公司TG版云模式无线自动定时测温记录仪, 温度传感器为热敏电阻传感器。

温度传感器的主要技术性能: ①测温范围: $-50^{\circ}\text{C} \sim 150^{\circ}\text{C}$; ②工作误差: $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$; ③分辨率: 0.1°C ; ④平均灵敏度: $-2.1\text{mV}/^{\circ}\text{C}$ 。

TG版云模式自动定时测温记录仪TG=(TR-TF-USB系列定时测温记录仪)+无线数据终端, 继承了TR-TF-USB版“现场定时自动测温记录仪”的所有能力; 具备无线物联网能力, 定时数据发送给云服务器, 并从服务器获取参数, 不受时空限制; 同时支持GPS、北斗、基站三种定位方式, 用户可以通过微信公众号、网页、或手机客户端的任一种方式, 访问云数据网站, 来查看实时数据。

该仪器测量结果可直接用计算机采集, 人机界面友好, 并且测温反应灵敏、迅速, 测量准确, 主要性能指标: ①测温范围: $-50^{\circ}\text{C} \sim +150^{\circ}\text{C}$; ②工作误差:

$\pm 1^{\circ}\text{C}$; ③分辨率: 0.1°C ; ④巡检点数: 32点; ⑤显示方式: LCD (240×128); ⑥功耗: 15W; ⑦外形尺寸: 230×130×220; ⑧重量: $\leq 1.5\text{kg}$ 。

2. 测温元件布置

测点的布置按照重点突出、兼顾全局的原则。根据结构的对称性和温度变化的一般规律, 在主塔中心线对称的一侧布置测点。温度传感器在每层混凝土接近中心线上布置, 该区域能够代表整个混凝土断面的最高温度分布。在平面内, 由于靠近表面区域温度梯度较大, 因此测点布置较密, 而中心区域混凝土温度梯度较小, 因此测点布置减少。

根据结构对称性的特点, 选取结构的1/4块布置测点。根据温度场的分布规律及冷却水管的布置高度, 对高度方向的温度测点间距做适当调整。充分考虑温控指标的测评, 温度测点布置包括表面温度测点(在构件中心部位短边长边中心线表面以下5cm布置), 内部测点(布置在构件中心处)。

3. 监测流程

在混凝土浇筑前完成传感器的选购及铺设工作, 并将屏蔽信号线连接到测温仪器箱, 传感器测头采用角钢保护。各项测试工作在混凝土开始浇筑时立即进行, 连续不断, 每1h测量一次温度。大体积混凝土温度监测于2020年12月21日9:00开始至2021年5月2日19:00结束。

(二) 监测结果及分析

1. 拱座及基础各层混凝土温度发展情况

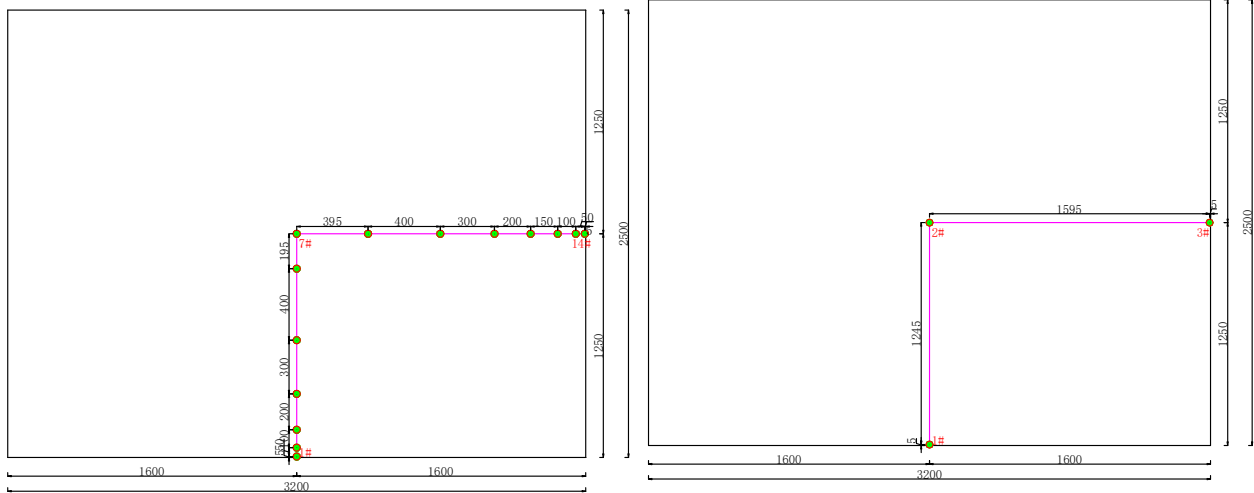
混凝土温度监测于2020年12月21日9:00开始至2021年5月2日19:00结束, 每个浇筑块的监测周期为7~14d左右。拱座及基础各层混凝土温度监测数据如下表所示:

拱座及基础各层温度特征值监测数据表

层数	内部最高温 / $^{\circ}\text{C}$	温峰到达时间 /h	最大内表温差 / $^{\circ}\text{C}$	降温速率 $^{\circ}\text{C}/\text{d}$
基础第1层右幅	46.8	90	12.7	0.9~1.4
基础第1层左幅	43.9	83	18.2(侧面)、13.9(上表面)	0.5
基础第2层右幅	45.4	76	15.0(侧面)、21.4(上表面)	0.2~1.2
基础第3层右幅	45.3	88	15.4(侧面) 22, 3(上表面)	0.3~1.0
基础第3层左幅	51.1	75	10.0(侧面)、23.3(上表面)	0.3~2.0
基础第4层右幅	50.2	86	17.2(侧面) 19.5(上表面)	0.5~1.0
基础第4层左幅	54.2	70	10.6(侧面)、22.8(上表面)	0.9~1.9
基础第5层右幅	49.3	88	14.6(侧面) 23.6(上表面)	0.1~1.12
基础第5层左幅	46.1	81	16.9(侧面)、22.9(上表面)	0.88~1.21
基础第6层右幅	48.5	85	15.8(侧面) 24.2(上表面)	0.8~1.7
基础第6层左幅	50.7	68	10.5(侧面)、15(上表面)	0.4~2.2
基础第7层右幅	56.8	99	15.6(侧面) 21.6(上表面)	0.4~1.3
基础第7层左幅	59.3	67	23.2(侧面)、23.7(上表面)	1.4~1.85
基础第8层右幅	56.1	90	19.6(侧面) 19.7(上表面)	0.6~2.0
基础第8层左幅	59.8	70	15.0(侧面)、20.2(上表面)	1.9~2.4

以拱座基础第七层为例：根据浇筑层厚布置，于混凝土底面以上100cm及180cm的高度布置测温点监测混凝土

土内部温度及侧表面温度、上表面温度，测温元件布设及编号见下图：



测温元件平面布置图

混凝土内部最高温度为59.3℃，符合50℃~65℃的控制标准；由于木模保温效果较好，侧面混凝土最大内表温差为23.2℃，上表面最大内表温差23.7℃，不超出≤25℃的控制标准；温峰后，混凝土降温速率为1.4~1.85℃/d，符合≤2.0℃/d的控制标准。

拱座基础第7层混凝土温度特征值监测数据表

内部最高温度/℃	最高温度出现时间/h	最大内表温差/℃	降温速率/(℃/d)
59.3	67	23.2(侧面)、 23.7(上表面)	1.4~1.85

注：最高温度出现时间从传感器与混凝土接触时算起。

测点监测区域混凝土覆盖测点后于12h左右开始升温，于67h左右达到温峰。混凝土内部温度与表面温度降温不同步，侧面混凝土内表温差前期在到达温峰及带模养护期间前较小。上表面由于仓面较大，散热较快，上表面温差在温峰后逐渐扩大。

四、监控成果总结及效果评价

西宁河大桥拱座及基础大体积混凝土温控监测历时五个月，按照温控方案的要求进行，温控措施实施情况较好。温度监测结果，满足温控标准。将该构件温控的成功经验总结如下：

(1) 混凝土配合比优化时较大限度的降低了水泥用量，合理的调整了粉煤灰和矿粉的掺量，大大的降低了混凝土水化热的总量。

(2) 根据该构件的结构特点，在大体积混凝土内部温度场和应力场仿真计算基础上，制定了在施工期及养护期内相应的温控标准及详尽、有效、可行的温控措施，并根据现场实时监测结果对温控措施进行了及时有效的调整。

(3) 在浇筑混凝土的过程中对浇筑温度进行监控，混凝土浇筑后对内部温度场和气温持续监控，并根据监测结果调整养护时间等温控措施。

(4) 顶面覆盖土工布+洒水保湿，达到了通过加强混凝土保温养护降低混凝土内表温差、通过加强混凝土保湿养护减少混凝土收缩引起的表面应力的目的。

(5) 采用无线监控传输系统，提高控制的精度及准确度减少人为控制的不及时，用信息化手段提高监控效率，实现混凝土温控智能化，大幅降低混凝土开裂风险。

参考文献

[1] 吴小毛. 论大体积混凝土施工温度监测及温控措施[J/OL]. 交通世界, 2018(29): 145-148.
 [2] 曾强. 浅谈混凝土施工的质量控制及混凝土质量通病防治[J]. 江西建材, 2018(01): 249-250
 [3] 刘志强, 任贺江. 建筑工程大体积混凝土施工技术的探讨[J]. 中国设备工程, 2018(06): 201-202.