

大体积承台混凝土浇筑温控技术研究

蔡 鹏

(上海市基础工程集团有限公司, 上海市 200002)

摘 要: 嘉松公路越江新建工程主墩承台厚度5 m, 由于产生的水化热较大, 其内部温度较高。为了保证大体积混凝土的施工质量, 对其施工的温控技术进行研究。着重对有冷却水管和无冷却水管的大体积混凝土的入模温度、最高温升、降温速率等数值进行对比和分析, 明确温控的测位测点布置、冷却水管的布置及循环水的加水位置。结果表明: 设置冷却水管能有效降低混凝土的最大拉应力, 减少大体积混凝土应力超限部位, 确保混凝土满足抗裂要求, 提高工程质量。

关键词: 大体积混凝土; 温控技术; 冷却水管布置; 循环水

中图分类号: U444

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2025)05-0291-04

Study on Temperature Control Technology of Mass Concrete Pouring of Base Slab

CAI Peng

(Shanghai Foundation Engineering Group Co., Ltd., Shanghai 200002, China)

Abstract: The thickness of the main pier base slab of the Jiasong Highway Cross-river Project is 5 m. Due to the relatively large generation of hydration heat, its internal temperature is higher. To ensure the quality of mass concrete construction, the temperature control technology of mass concrete construction is studied. The focus is on the comparison and analysis of the pouring temperature, the peak temperature rise, the cooling rate and the other numerical values of mass concrete with and without cooling pipes so as to clarify the layout of temperature measurement points, the arrangement of cooling pipes and the addition of circulating water. The results demonstrate that the setting up of cooling pipes can effectively reduce the maximum tensile stress of concrete, reduce the areas where the stress of mass concrete exceeds the limit, ensure the concrete meeting the requirements of crack resistance, and improve the engineering quality.

Keywords: mass concrete; temperature control technology; arrangement of cooling water pipes; circulating water

0 引 言

随着我国建筑业生产规模不断扩大, 其中大型桥梁如雨后春笋般不断涌现。承台大体积混凝土施工质量的研究备受工程师的高度关注, 而温控技术更是保证承台大体积混凝土质量的核心技术之一^[1-3]。目前国内常用的温控技术主要有混凝土配合比设计、预埋冷却水管、隔热措施等, 本文工程采用预埋冷却水管+温度监测^[4-5]的温控技术。该工程通过利用有限元模型模拟承台浇筑混凝土时的温度场、混凝土的应力分布情况等来明确冷却水管的布

置、监测的测位测点、循环水的更换, 并实时监测大体积混凝土入模温度、最高温升、降温速率等来采取相应措施^[6-7], 从而降低混凝土因温差过大而出现质量问题。

1 工程概况

嘉松公路越江新建工程的主桥为双塔三跨钢箱梁自锚式悬索桥, 跨径布置为130 m+336 m+130 m=596 m, 主桥范围纵坡 $\pm 2.49\%$, 沿主跨中心线对称, 最高点位于主跨中心线处, 顶点高程20.344 m, 竖曲线半径6 000 m, 主桥平面位于直线段。主墩采用整体式哑铃型承台, 主墩承台平面尺寸为49.2 m $\times$ 18.2 m(横 $\times$ 顺), 厚度为5 m。主墩承台采用C40混凝土, 承台基坑围护采用SMW工法桩, 基坑内设置两道钢管支撑。该工程在浇筑混凝土前通过模拟计算并确定

收稿日期: 2025-02-26

基金项目: 上海市科委基金项目, 软土地基自适应锚碇悬索桥施工关键技术研究(21DZ1202905)

作者简介: 蔡鹏(1978—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事桥梁施工工作。

了冷却水管的布置方案,以及相应的温度监测方案。浇筑时相应的冷却水管网立即开始通水,且需连续通水 15~20 d。

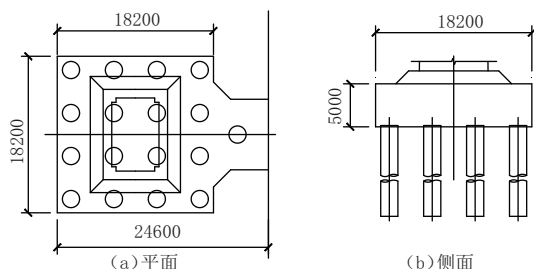


图1 主墩承台结构图(单位:mm)

2 理论计算

利用有限元软件 MIDAS Civil 模拟承台浇筑时的温度场,明确承台温度的分布情况以及冷却水管的布置方式。通过对主墩哑铃型承台浇筑过程进行水化热分析,考察承台大体积混凝土浇筑后温度场变化情况和收缩、徐变产生应力分布状态。模型采用 8 节点 6 面体实体单元建立,底板的底部与地基土体共节点接触,地基土体弹性模量取值 12 MPa,土地底部按固定边界设置,土体侧面按法向约束设置^[8-10],计算模型如图 2 所示。

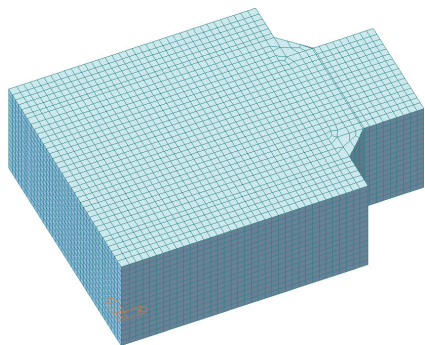


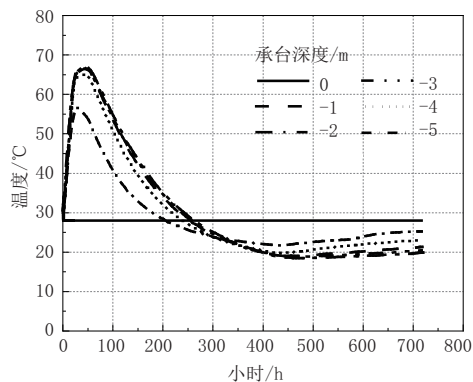
图2 有限元模型

2.1 混凝土温度变化

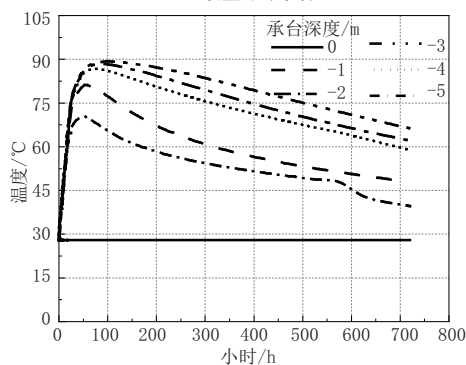
主墩承台大体积混凝土浇筑后,当设置冷却水管时,5 m 厚的混凝土在浇筑后第 2 天达到最高温度 68.5 °C,其后温度降低速率较快(相比于未设置管冷),大约通水 14 d,温度即可趋于平稳,接近水温。当不设置管冷时,5 m 厚混凝土在浇筑后第 3 天达到最高温度 88.24 °C,其后温度降低速率较慢,浇筑后一个月,大体积混凝土各层温度仍在 40 °C 以上,温度时程曲线难以趋于平稳。温度时程曲线如图 3 所示。

2.2 混凝土应力变化

取中心位置的 5 个点设置冷却水管,承台混凝土在 18 d 左右达到最大拉应力,且小于未设置管冷时



(a) 设置冷却水管



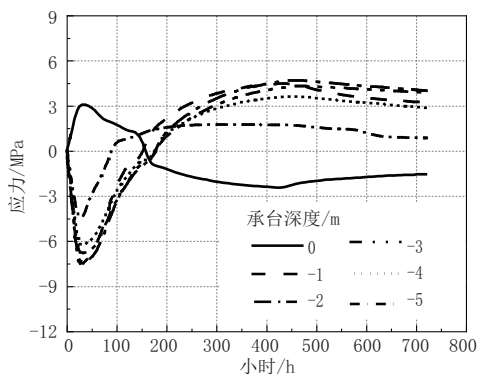
(b) 不设置冷却水管

图3 温度时程曲线图

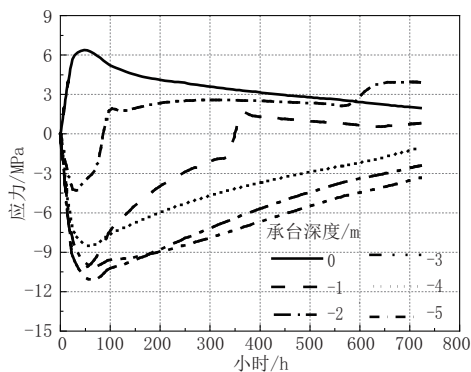
的最大拉应力。不设置冷却水管时,在第 2 天达到最大拉应力。

2.3 混凝土温度场

取中心位置不同深度的混凝土温度特征点,分



(a) 设置冷却水管



(b) 不设置冷却水管

图4 应力时程曲线图

别截取两种工况下的 3、14 d 应力云图,得到温度云图和应力云图如图 5 所示。设置冷却水管和不设置冷却水管,均存在局部位应力集中,对于设置冷却水管,应力集中部位主要为混凝土与土体接触部位,应力集中部位较少,其余部位最大应力均在 2.38 MPa 以下,满足抗裂要求。而当不设置冷却水管时,承台大体积混凝土应力超限部位较多,绝大多数位置混凝土应力均较大,且超限幅度亦较大。

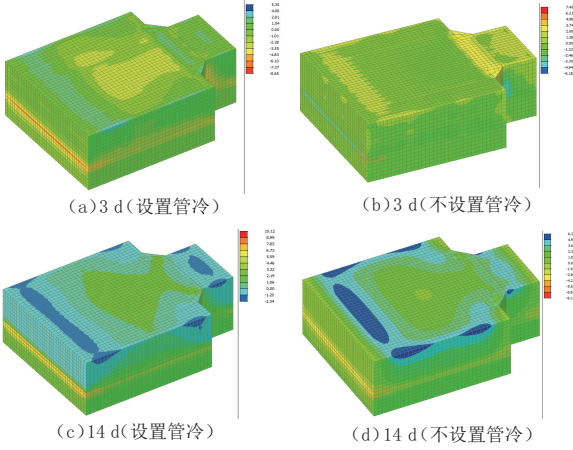


图 5 混凝土应力云图

3 温度监测

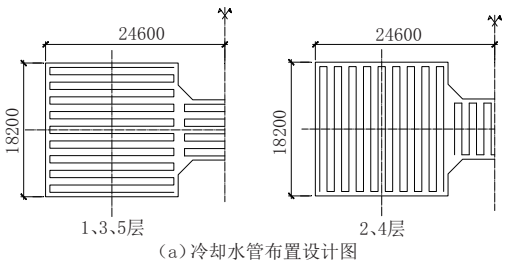
3.1 冷却水管布置

据上一节的理论计算结果,确定冷却水管的布置方案,以及相应的温度监测方案。主墩承台冷却水管采用外径 40 mm 壁厚 1.5 mm 的黑铁管并配备了 4 个 10 m³水箱来将回流水进行冷却后再次重复利用。设置 5 层冷却水管,各层管道布置间距为 1 m (见图 6)。

3.2 温度监测点布置

为确保大体积混凝土施工质量,实时掌握承台混凝土温度发展情况,需在大体积混凝土内部进行温度测点的布置。主要监测大体积混凝土入模温度、最高温升、降温速率等。大体积混凝土承台基础厚度 5 m 区域设置温度监测轴,各承台分别布置 5 根测温轴,轴号 1~5;连梁布置 1 根测温轴,轴号 6,同时布置 2 个养护保温层测点,2 个外部环境大气温度测点,如图 7 所示。

测轴位一根长度超过浇筑承台厚度的钢筋以及绑扎在其上的测温传感器组成,传感器测点在钢筋上按混凝土内部测温位置对应分布。同一测轴上传感器测点数量为奇数(大气温度及保温层温度测点除外)^[11-13],控制最下端测点距离浇筑底面 50~100 mm,中测点在浇筑体厚度中心,上测点位于浇

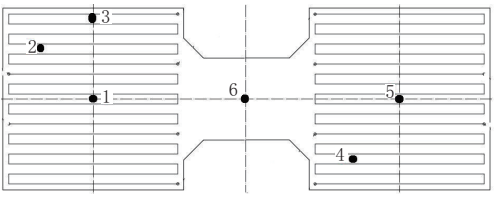


(a) 冷却水管布置设计图

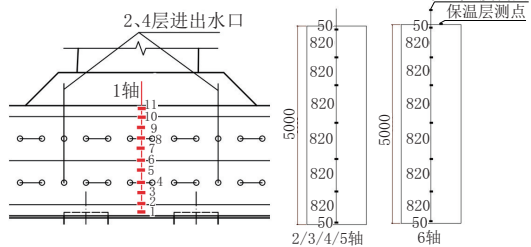


(b) 冷却水管现场布置图

图 6 主墩承台冷却水管布置图



(a) 测轴平面布置



(b) 测轴的测点布置

图 7 主墩承台测点示意图

筑顶面以下 50~150 mm。传感器绑扎完成后,将测温轴垂直安插进钢筋笼中进行绑扎固定,分别对测量承台厚度不同位置、中心部位以及边缘部位进行温度监测,现场实际安装情况如图 8 所示。

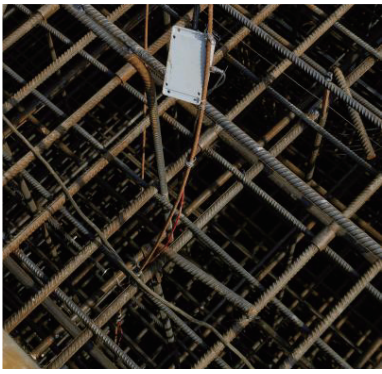


图 8 主墩承台测点布置示意图

3.3 监测系统

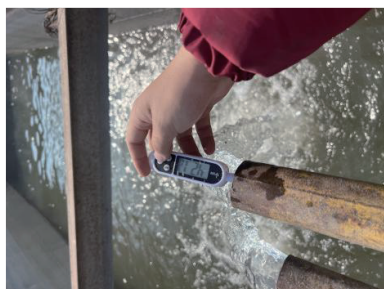
测温系统采用“大体积混凝土温度无线监测系统”,该系统可实现对大体积混凝土浇筑和养护过程中温度变化状况进行远程实时监测,掌握混凝土的温度波动情况,为现场混凝土结构温控提供建议,调整冷却水流量和更换水^[14-15]。结合大体积承台施工特点,确定每间隔1 h进行一次测点温度数据采集。当发生异常情况时,可随时增加测试次数。

3.4 冷却水

由于大体积混凝土内部水化热高,需采用冷却水进行降温且连续通水15 d。通水过程中,每隔8 h进行加水,并对出口的水温进行测量记录,冷却水输送现场如图9所示。



(a)循环水出水口



(b)冷却水出口温度测温

图9 主墩承台冷却水管出水口温度监测

4 承台温度监测数据分析

根据施工情况,选取2#轴进行讨论、分析,2#所测得的混凝土温度随浇筑完成后养护时间的变化如图10所示。

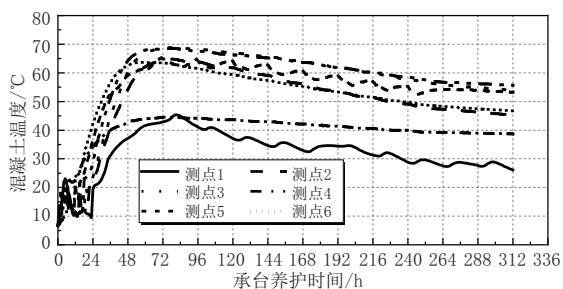


图10 主墩承台2#轴温度监测

(1)2#轴位于左幅承台,具有7个测点,0201#和0207#测点距离承台表面均为50 mm;其余测点的间

距均为820 mm。

(2)经过13 d的温度监测,02#轴最高温度在承台中心位置0204#测点68.5℃,最低温度在0207#测点44.43℃,表里温差24.07℃<28℃。02#轴测点均已降温,降温速率最大为1.56℃/d,为测点0201,降温速率满足规范允许值2℃/d。02#测温轴表面以内40~100 mm位置处温度与大气温度差值为13.18℃,满足规范允许值25℃。

(3)对比02#轴7个测点可知主墩承台混凝土浇筑完成后的一天内承台温度迅速上升,达到最大温度后缓慢下降,承台混凝土最大温度接近68.5℃。0207#测点由于受外界大气低温影响,其温度明显低于其余测点;而靠近承台核心位置的测点温度则明显大于其余测点。当承台内冷却水流通时,靠近冷却水管位置的测点温度明显降低,表明通冷却水可以有效的降低承台内部的水化热温度。

5 结语

本文通过对主墩承台混凝土浇筑时的温度场及相应的应力情况,得出以下结论。

(1)通过建立有限元模型对比有无冷却水管,得到混凝土承台的温度分布情况以及相应的应力分布情况,确定冷却水管的布置方案和温度监测方案;

(2)合理的布置冷却水管能有效降低混凝土最大拉应力,减少大体积混凝土应力超限部位,确保混凝土满足抗裂要求;

(3)通过监测冷却水管出口温度和承台内部温度对冷却水的流量、流速进行调节,从而实现对大体积混凝土承台水化热温度的调控,有效保证工程质量。

参考文献:

- [1] GB/T 51028—2015,大体积混凝土温度测控技术规范[S].
- [2] GB 50496—2018,大体积混凝土施工标准[S].
- [3] 齐宏,李晨光,唐翟,等.大体积混凝土温度控制探究[J].中国公路,2020(23):110-111.
- [4] 郑云芳.浅谈大体积混凝土的温度控制和监测技术[J].福建交通科技,2020(6):151-153.
- [5] 曹可之.大体积混凝土结构裂缝控制的综合措施[J].建筑结构,2002(8):30-32.
- [6] 谢智刚,王起才,代金鹏,等.大体积混凝土入模温度试验研究[J].混凝土,2018(6):151-153.
- [7] 耿鸣山,林尔姬,吕建兵,等.大体积混凝土承台的水化热分析及温控研究[J].混凝土,2021(9):50-55.
- [8] 卢延浩.土力学[M].北京:高等教育出版社,2010.
- [9] 陈应波,李秀才,张雄.大体积混凝土浇筑温度场的仿真分析[J].华中科技大学学报(城市科学版),2004(2):37-39.

(下转第304页)