

简述大体积水工混凝土浇筑裂缝控制

姓海涛, 张 敏, 简泽平

(溧水区水务局, 江苏 南京 211200)

摘要: 大体积混凝土结构被普遍应用在大型工程中, 但由于水泥水化热等原因产生的混凝土裂缝, 严重影响大体积混凝土构件的安全和正常使用, 故对大体积混凝土裂缝的成因分析及防治措施的研究很有必要。本文以某水闸空箱底板的大体积混凝土浇筑实例为背景, 从混凝土原材料优选、配合比设计、浇筑过程和温度控制措施等方面对混凝土裂缝控制进行了探讨, 并提出一些关于大体积混凝土裂缝控制的意见与建议, 为类似水工建筑物的设计与施工提供借鉴。

关键词: 大体积混凝土; 裂缝; 温控

中图分类号: TV523

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839 (2016) 12-0042-05

Brief description about the crack control of mass hydraulic concrete casting

XING Haitao, ZHANG Min, JIAN Zeping

(Water Affairs Bureau of Lishui District, Nanjing 211200, Jiangsu)

Abstract: The mass concrete structure is widely used in large-scale projects. Due to crack cause by cement hydration heat, safety and normal usage of mass concrete structure is seriously impacted. It is necessary to research on cause analysis and prevention measures of mass concrete crack. Taken a mass hydraulic concrete casting in a gate as an example, crack control factors are discussed from concrete raw material selection, mix design, construction process and temperature control. Some suggestions about the mass concrete crack control are put forward. References for the design and construction of similar water hydraulic structure are provided.

Key words: mass concrete; crack; temperature control

0 引言

近年来, 随着水利基础设施投资力度的加大, 相当部分项目的水工建筑物混凝土结构达到或超过大体积混凝土的标准。针对大体积混凝土易产生裂缝, 影响结构强度^[1]、耐久性的特点, 对大体积混凝土的抗裂专项设计、施工提出了更高的标准和要求。由于受各种因素的影响, 裂缝的出现与

产生形式复杂多样。裂缝的表现形式可以分为微观裂缝与宏观裂缝^[2]。引起混凝土开裂的原因有材料因素、温度因素、湿度因素、设计因素、施工因素等。因此, 本文从中山河闸除险加固工程大体积空箱底板浇筑施工入手, 结合工程对大体积空箱底板抗裂的专项设计, 介绍水闸空箱底板裂缝控制措施, 为类似工程设计与施工提供借鉴。

收稿日期: 2016-09-06

作者简介: 姓海涛 (1979-), 男, 本科, 工程师, 主要从事工程建设管理工作。

1 工程概况

中山河闸为拦河节制闸, 位于江苏省南京市溧水区中山河上, 主要功能是蓄水和泄洪, 主体工程于 2014 年 11 月正式开工。按行洪 20 年一遇标准设计, 沿水流方向分上游联结段、护坦、闸室、消力池、下游联结段等, 闸室总宽 56.0 m, 分 3 孔, 采用中孔设闸、边孔设堰的结构型式。中孔闸室净宽 36.0 m, 两边孔单孔净宽 10.0 m, 左右闸墩宽均为 6.0m。中孔闸室底板采用钢筋混凝土整体空箱式结构; 上游段底板顶高程 5.5 m(吴淞高程, 下同), 采用空箱结构, 中间设廊道连接左、右闸墩; 下游段采用实心底板, 底板上安装底轴管, 并设冲淤管; 两侧闸墩顶高程 13.3 ~ 14.5m, 采用空箱结构, 分上、下两层, 上层为设备室, 下层为启闭机室。详见图 1、图 2。

2 裂缝控制措施

本工程空箱底板尺寸大、设计较为复杂, 其中空箱、廊道部分立模难度大, 实体部分金属结构预埋件较多, 底板混凝土总方量约 2400 m³。底板混凝土设计等级为 C_a30W6F50。为提高大体积混凝土抗拉性能, 设计在每 1 m³ 混凝土中掺入 1 kg 聚丙烯纤维^[3], 在局部应力较为集中的部位增加抗裂钢筋, 并建议施工时采用低热或中热水泥配制混凝土, 适当添加粉煤灰等掺合料, 从混凝土配合比、施工工艺、降温、养护等多方面控制施工裂缝。

2.1 混凝土施工顺序

考虑到水闸底板整体浇筑施工难度非常大, 施工时将底板分两次浇筑, 水平施工缝设在空箱段底高程 2.5 m 及实体段 4.0 m 处(如图 2 所示),

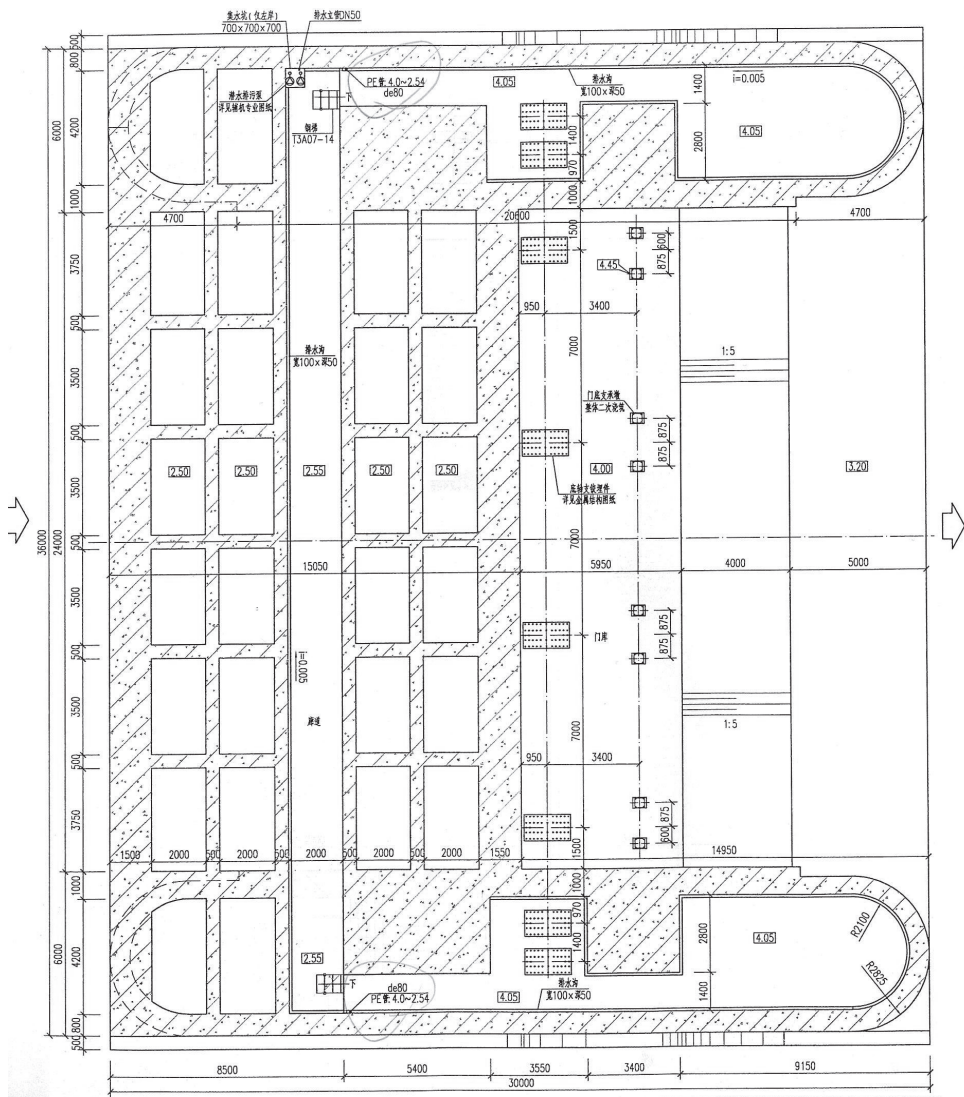


图 1 闸室高程 4.0m 层平面图

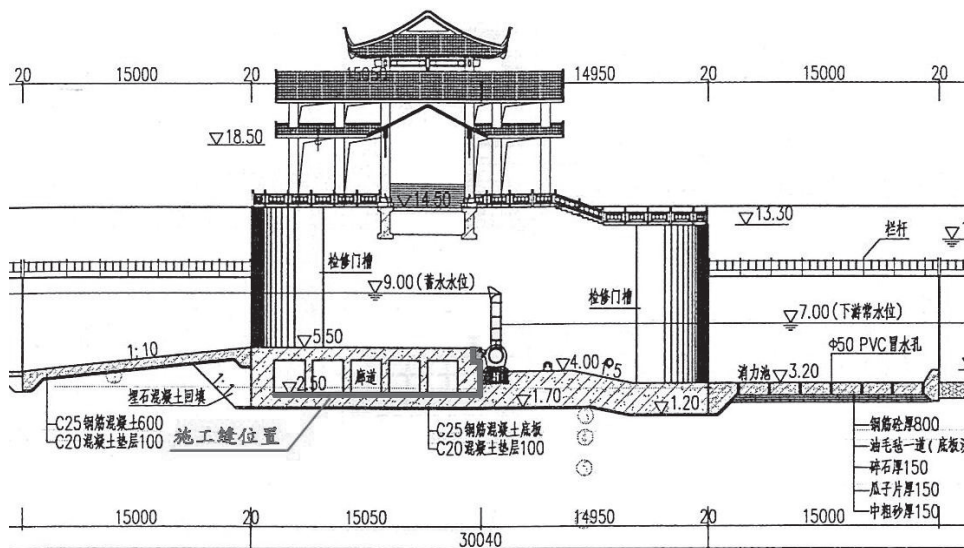


图 2 闸室纵剖面图 (施工缝布置位置示意图)

该部分一次性浇筑混凝土方量约 1600 m³。

2.2 材料优选

- (1) 水泥: 为尽量减少大体积混凝土中水泥的水化热总量, 工程采用中热硅酸盐水泥 (P·O 42.5), 经检测各项指标均满足要求。
- (2) 粉煤灰: 大体积混凝土中掺入适量粉煤灰, 可减少水泥用量, 降低水化热, 并有利于改善泵送混凝土的和易性, 但介于粉煤灰对混凝土强度、耐久性指标的影响, 其掺量应严格控制。本工程采用 F 类 I 级粉煤灰, 各项指标满足要求。
- (3) 聚丙烯纤维: 采用聚丙烯复合型纤维, 产品为白色束状单丝, 长度 12 mm; 经检测, 其裂缝降低系数 85%, 分散性相对误差 1.7%, 28d 的抗压、抗折强度比分别为 96、97。
- (4) 外加剂: 采用 HLC-NAF2 型泵送剂, 各项指标满足要求。

2.3 配合比试验

对底板 C_a30W6F50 混凝土开展配合比试验^[4], 对掺入、不掺入聚丙烯纤维料的两种混凝土进行性能对比。通过开展混凝土力学、变形 (干缩) 和耐久 (抗渗和抗冻) 性能的试验, 取得了最优砂率、外加剂掺量、水砂比、含气量等指标, 推荐配合比及两种混凝土力学性能对比见表 1、表 2。

以上两种混凝土的抗压、抗渗、抗冻性能均能满足 C_a30W6F50 混凝土的要求, 但掺入纤维的混凝土相对于不掺入纤维的混凝土 28 d 抗压强度略有下降, 28 d 极限拉伸值显著提高, 提高幅度达 11%, 轴拉强度较普通混凝土略有提高, 而抗拉弹模较普通混凝土略有下降。

2.4 温控措施

- 本工程从以下几个方面实施混凝土的温控措施:
- (1) 优化混凝土配合比, 采用中热的强度等级 42.5 硅酸盐水泥, 增加粉煤灰掺量, 粉煤灰掺量

表 1 混凝土配合比推荐表

混凝土标号	水胶比	每立方米混凝土原材料用量 (kg/m ³)							坍落度 mm	含气量 %
		水	水泥	粉煤灰	砂	石子	泵送剂	纤维		
C _a 30W6F50	0.44	168	294	126	695	1035	6.72	1	160	3±1
C _a 30W6F50	0.44	168	294	126	678	1053	6.30	0	170	

表 2 力学性能对比表

混凝土	抗压强度 MPa	极限拉伸值 10 ⁻⁶	轴拉强度 MPa	抗拉弹模 GPa
不掺纤维	39.0	95	3.28	38.8
掺入纤维	37.8	105	3.33	36.5

达到总灰量的 30%。

(2)底板第一次浇筑安排在 2014 年 12 月 25 日, 该日天气晴朗, 最低气温约 1 ~ 2℃, 最高气温约 7 ~ 8℃, 风力为东北风 2 ~ 3 级, 适合大体积混凝土浇筑。

(3)在基坑底部、基坑右岸各安排一部泵车, 控制整个底板的浇筑区域, 采用从下游向上游、由低向高、左右对称、分层逐步推进的浇筑方法, 每层高控制在 30 cm 左右, 每层浇筑时间约为 110 min, 小于混凝土的初凝时间; 每台泵车配 4 个振捣工, 随着泵管浇筑的进程随时振捣, 计划 14 ~ 15 h 完成 1600 m³ 混凝土浇筑。

(4)在底板实体段预埋冷却水管, 采取蛇形布置, 循环水利用基坑降水井抽出的地下水, 常水温在 10℃左右, 在整个底板混凝土浇筑完成后开始通水降温, 持续时间 30 d。

2.5 浇筑过程

2014 年 12 月 25 日 7: 05, 2 辆混凝土搅拌车同时向 2 台混凝土泵车供料, 分别从下游、左右侧向上游、中间开浇第一坯混凝土。泵送混凝土因输送冲击及自身坍落度扩散流淌, 振捣时缓慢找准位置后快插慢拔, 避免触碰钢筋、模板、预埋件, 振捣上层混凝土时, 振捣棒头插入下层混凝土约 10 cm, 振捣时间以无明显气泡、粗骨料不显著下沉为准, 并注意振捣棒影响半径的交叉, 避免漏振、过振。浇筑过程中, 严禁在仓内加水, 及时采用人工排除泌水, 严格控制浇筑层厚度和振捣质量, 并安排专人对模板进行检查, 发现错位、变形及时校正、处理。经 15.5 h 连续浇筑, 于 25 日 22: 35 顺利完成。

2.6 养护及测温

混凝土浇筑完成后, 采用土工布进行表面覆盖, 并加盖草袋进行保温、防护, 每天早、晚 2 次

洒水保湿, 连续养护 30 d。

为监控底板混凝土浇筑后的水化热情况, 在钢筋绑扎过程中, 在底板实体段布置电子测温计 4 组 20 只, 以实时掌握混凝土内部温度, 测温计埋设位置如图 3、图 4^[5]。

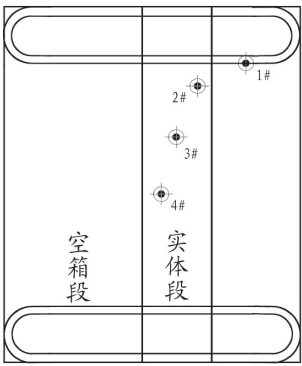


图 3 测温站点平面布置图

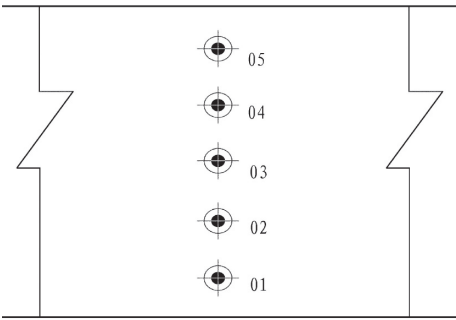


图 4 测温站点垂直布置图 (根据底板厚度间隔分布)

从浇筑完成后第一天开始, 利用电子测温仪坚持每天对各测温计进行测温。随着混凝土的水化热, 内部温度在浇筑后第 2 ~ 3 d 达到最高, 其中 4# 测点区域 04 号测温仪最高温度达到 59.7℃。选取埋设在实体段中部区域的 3#、4# 测站点 03 号测温计 15 d 的测温数据形成温度变化曲线如图 5、图 6。

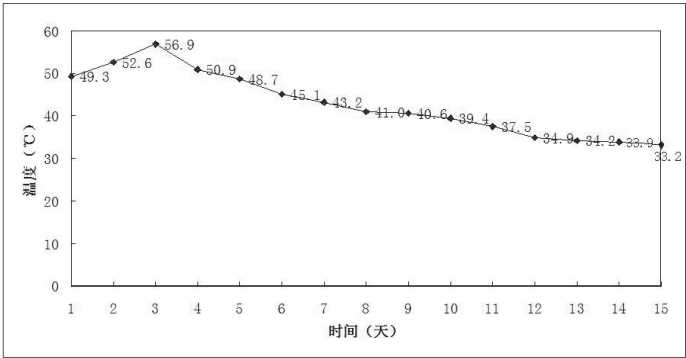


图 5 3# 测站点温度变化曲线图

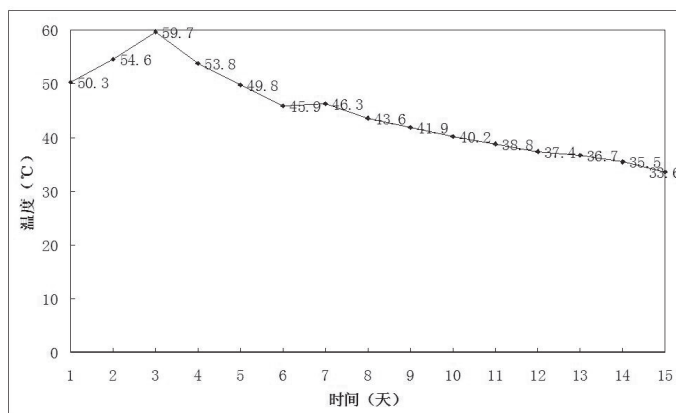


图6 4#测站点温度变化曲线图

从温度变化曲线图来看,浇筑后1~3 d内部温度达到最高,但在第4~6 d内温度下降速率过快。通过暂停循环冷却水并适时调整循环冷却水流量大小进行控制,确保温降速率平稳。此后,温度变化较为正常,每天下降1~2℃。

3 结果检查

中山河闸底板拆模后,混凝土结构完好,表面平整、光滑,颜色均匀、协调,无明显蜂窝、麻面、露筋等现象,外观质量优良;底板几何尺寸、表面平整度、立面垂直度、钢筋保护层厚度及混凝土抗压、抗渗、抗冻等指标经第三方质量检测均满足设计和规范要求。后期检查中发现底板廊道出现3条表面裂缝,经连续观测和第三方检测,裂缝缝宽0.07~0.18 mm,缝深400~430 mm,经专家论证确定为混凝土收缩及温度裂缝,在裂缝稳定后采用环氧灌浆法处理;2015年6月中山河闸通水,底板廊道未见渗漏、冒潮现象。综上裂缝控制效果明显。

4 结语

大体积水工混凝土底板浇筑是项系统工程,需要多个主体、多个工种、多道工序的协同配合。因此,浇筑前应召开综合的协调会议,明确各方的职责和分工,加强统一领导、相互协作,才能确保

浇筑过程的顺利进行。其次,应加强底板混凝土浇筑后的温度、沉降等观测工作,根据温度观测结果及时启动、停止冷却水供应或调整流量;根据沉降观测数据判断基础承载能力,并为后续上部结构加载后结构受力和判断基础处理效果提供数据支撑;在冬季还应进一步加强保温、保湿的养护,观测、养护均应连续进行。拆模应根据同养试件的强度发展和混凝土内外温度监测情况适时进行,拆模后应认真检查混凝土外观质量,对蜂窝、麻面、错台等应及时处理,并及时发现可能出现的混凝土裂缝,加强裂缝的监测、检测,待裂缝稳定后依据相关规范要求进行处理。

参考文献:

- [1] 淡振奇,常延民.大体积混凝土裂缝的成因分析及防治措施[J].民营科技,2015(02).
- [2] 彭俊杰,魏献忠,刘双.大体积混凝土裂缝防治[J].市场论坛,2008(11).
- [3] 于正广,蒋燕华.大体积水工混凝土低温季节施工裂缝控制的实践[J].江苏水利,2010(9).
- [4] 何鹏.水电工程大体积混凝土温度裂缝控制及实例分析[M].北京:中国建筑工业出版社,2013.
- [5] 王燕.大体积混凝土裂缝控制技术[J].科技风,2013(22).

(责任编辑:王宏伟)