

# 思贤窖特大桥承台大体积混凝土施工控制

刘兵伟

(中交第四航务工程局 第三工程公司,广东 湛江 524000)

**摘要:**根据思贤窖特大桥主墩承台施工,分别从施工组织、混凝土浇注、混凝土养护等方面介绍了大体积混凝土的施工。详细介绍了冷却水管安装和测温探头的布置,并从调节混凝土配合比和外加剂使用以及采用冷却测温系统指导现场大体积混凝土施工养护等方面,分析了如何控制因水化热等引起的大体积混凝土内部与表层、表层与外部环境间的温差,防止温度裂缝的产生。

**关键词:**大体积混凝土;冷却测温系统;水化热;温度裂缝

**中图分类号:**TU375.6 **文献标识码:**A **文章编号:**2095-0373(2011)01-0053-05

## 0 引言

思贤窖特大桥主桥为(57.5+109.25+230+109.25+57.5)m钢桁梁斜拉桥,桥上为设计时速为350 km/h四线铁路。两主墩位于思贤窖河道内,基础采用18根 $\Phi 3.0$  m钻孔桩;承台尺寸为17 m $\times$ 35 m $\times$ 6 m,采用C30混凝土,浇筑方量为3 542.9 m<sup>3</sup>,为大体积混凝土。

由于承台各截面尺寸较大,且采用一次性分层浇筑,在混凝土的浇筑以及凝固过程中,将产生大量水化热,且不易于向外挥发,因此应采取的措施,以防止混凝土内部与混凝土表层以及混凝土表层与大气间温差过大,产生温度裂缝,对整个承台结构造成影响。

## 1 施工组织

为控制水化热的产生量,在承台浇注前一个月试验室开始进行配合比实验。在保证混凝土强度的前提下,调节水泥、粉煤灰与外加剂(减水剂)用量,尽量减小水化热峰值或延长水化热峰值产生时间,并控制混凝土的泌水量以及坍落度随时间的损失量,保证混凝土的和易性<sup>[1]</sup>。经过试验,当每单位水泥配比的减水剂量为0.014、粉煤灰为0.35时,所拌合的混凝土的综合效果最好。

在承台浇注前两周搅拌站开始进行备料,试验室对所有进料进行试验,保证材料质量。同时进行浇注过程中所需人员以及机械设备等方面的安排,并对作业工人进行技术交底培训。

## 2 承台大体积混凝土施工

在水下封底混凝土浇注完成后,进行围堰内抽水,拆除影响承台施工的第四层钢板桩围堰支撑,并进行封底混凝土找平;然后开始安装承台模板,并开始绑扎承台以及墩身预埋钢筋,安装冷却测温系统;最后浇注承台混凝土。

### 2.1 冷却测温系统

#### 2.1.1 冷却水管布置

为降低承台混凝土内外温差,使内外温差小于20℃,以避免混凝土开裂,同时确保承台混凝土芯部最高温度不大于65℃<sup>[2]</sup>,在承台内设置冷却水管进行通水降温。

冷却水管主要采用外径为 $\Phi 67$  mm的镀锌钢管,进出水口处的汇总管及伸出承台的竖向管采用 $\Phi 100$

收稿日期:2010-08-09

作者简介:刘兵伟 男 1987年出生 助理工程师



制增加更大难度。因此采取了以下措施降低混凝土入模温度:(1)在混凝土搅拌时对拌合水进行添加冰块降低拌合水温度;(2)对搅拌机储料罐外部进行淋水降温;(3)对混凝土运输罐车进行淋水降温。以确保混凝土入模温度控制在5~28℃。

### 2.2.2 混凝土浇注

在混凝土浇注前,对模板、钢筋、预埋件、冷却水管和测温元件、浇筑设备进行详细的检查,无问题后开始进行混凝土浇注。根据现场施工情况以及规范所要求的混凝土浇注整个过程不易超过30h等,因此混凝土浇注时采取全面分层浇注(如图2)<sup>[5]</sup>,分层厚度控制在30~50cm。在混凝土浇注过程中确保混凝土自由下流高度不超过2m。混凝土的流动以自身流动性为主,辅助人工振捣,以加快混凝土水化热挥发扩散。

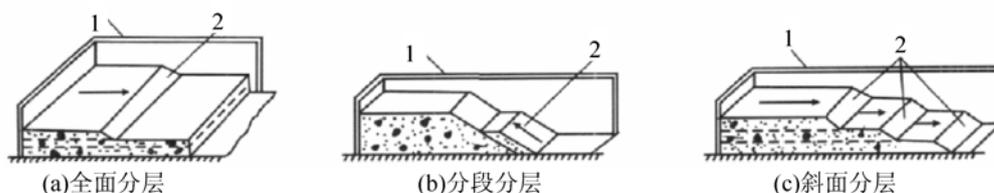


图2 大体积混凝土浇注方法

混凝土振捣时,振动棒插入下一层混凝土5~10cm;振捣时应做到插点均匀、成行或交错式移动,以免漏振;当振捣至混凝土不再下沉、周围无大量气泡冒出,表面开始泛浆反光时,徐徐拔出振动棒。

混凝土振捣时,振动棒不得碰撞模板,更不得卡住钢筋振捣钢筋骨架。同时混凝土浇筑应具备连续性,中途若因故必须间断时,其间断时间不得超过混凝土的初凝时间。

由于浇筑时间较长,某一区域的冷却水管被混凝土完全覆盖后,即可将该区域的冷却水管的进水口、出水口阀门同时打开,使该部分冷却系统开始循环以减少新老混凝土的温差,防止混凝土开裂。

在顶层混凝土浇筑完毕且初凝前,对顶层混凝土进行二次振捣,然后用6m长刮尺压实抹平,避免因上下混凝土不均匀收缩产生裂缝。

### 2.2.3 混凝土养护及测温监控

根据客运专线铁路桥涵工程施工质量验收暂行标准查得,在大体积混凝土施工及养护过程中应保证混凝土内表温差以及混凝土表面与大气温差均不得大于20℃。为确保混凝土不产生裂缝,在承台大体积混凝土浇注及养护过程中严格安装规范执行,并对混凝土进行测温监控。

#### 2.2.3.1 混凝土表层养护

混凝土浇筑完毕后,及时抹面收浆,控制表面收缩裂纹,减少水份蒸发。为控制混凝土表面与大气温差,混凝土表面养护采取蓄水养护的方式进行,混凝土蓄水深度为<sup>[6]</sup>

$$h = xM(T_{\max} - T_2)K_b\lambda_w / (700T_j + 0.28m_cQ) \quad (1)$$

式中, $x$ 为混凝土维持到指定温度的延续时间,即蓄水养护时间; $M$ 为混凝土结构表面系数( $m-1$ ), $M = F/V$ , $F$ 为混凝土结构与大气接触的表面积, $V$ 为混凝土体积; $T_{\max} - T_2$ 为混凝土表面与大气温差; $m_c$ 为混凝土中水泥(包括膨胀剂)用量; $Q$ 为单位水泥产生的水化热如表1; $K_b$ 为传热系数修正值; $\lambda_w$ 为水的导热系数,取0.58 W/(m·k); $T_j$ 为混凝土入模温度。

表1 不同品种强度水泥的水化热 $Q$

水泥品种	水泥等级强度	水化热 $Q$ /(kJ·kg <sup>-1</sup> )		
		3 d	7 d	28 d
硅酸盐水泥	42.5	314	354	375
硅酸盐水泥	32.5	250	271	334
矿渣水泥	32.5	180	256	334

在取混凝土表面与大气温差为20℃时进行计算得出蓄水养护深度为34cm。为确保混凝土表面与大气温差不大于20℃,在混凝土浇筑完毕后12h向围堰内灌水至承台表面以上50cm左右进行蓄水养护。在混凝土浇注完成后根据测温探头测得数据,再根据式(1)计算蓄水深度;同时在降温过程中应保证

降温速率 $\leq 1 \sim 1.5 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{d}$ ,因为如果降温过快,虽然内表温差仍然控制在规范要求之内,但由于混凝土内部温差过大,温差应力达到混凝土的极限抗拉强度时,理论上就会出现裂缝,而且此裂缝出现在大体积混凝土的内部,如果相差过大,就会出现贯穿裂缝,影响结构使用<sup>[7]</sup>。

### 2.2.3.2 通水冷却

为控制混凝土内表温差,当某一区域内的冷却水管被混凝土完全覆盖并振捣完毕后,即对该区域的冷却水管通水,对混凝土进行降温。在混凝土浇注完成后,根据测温探头测得的混凝土内表温度,调节水流量,确保混凝土内表温差控制在  $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$  内,且芯部最高温度不大于  $65 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

### 2.2.3.3 测温监控

在整个混凝土浇注及养护过程中要通过对测定的温度数据进行计算、分析,及时指导现场混凝土养护。因此在混凝土覆盖某测温点后该点即开始测温,直至混凝土内部温度与混凝土表面温度以及混凝土表面温度与大气环境平均温度之差都小于  $15 \text{ }^{\circ}\text{C}$  时止。另外在混凝土温度上升阶段每  $1 \text{ h}$  测一次,温度下降阶段及温度稳定阶段每  $2 \text{ h}$  测一次,同时测量大气温度。图 3 为第四层冷却水管中心测点 7 与第六层冷却水管测点 10 处所测混凝土温度,图中所示混凝土龄期是从承台全部浇注完成时算起。

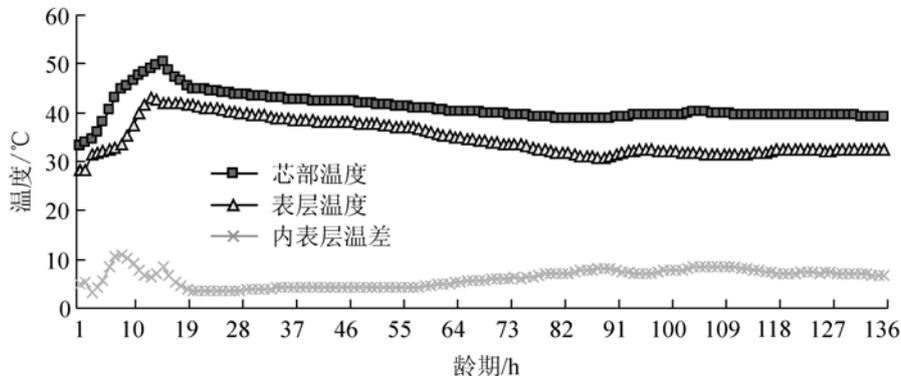


图 3 承台大体积混凝土龄期 0~6 d 芯部与表层位置混凝土温度变化图

根据测定的温度进行计算分析结果,通过调节冷却水流量、进出水口温差等方法来调控混凝土内部温度;通过改变混凝土表面蓄水深度来调控来表层温度。以降低混凝土内表层温差和混凝土表层与大气温差,避免因为温度应力造成混凝土开裂。

根据规范规定大体积混凝土养护时间不少于 28 d,因此在温度差小于  $15 \text{ }^{\circ}\text{C}$  后,对混凝土表面进行洒水养护至 28 d。另外在承台混凝土强度达到  $2.5 \text{ MPa}$  前,禁止在混凝土表面行人,堆放物品等。

在停止冷却水管通水养护后,用高压空气将水管内的残余水压出,吹干冷却水管,然后用压浆机对冷却水管压注等强度水泥浆,并割除伸出承台面冷却水管。

## 3 结语

根据图 3 中在混凝土浇注完成后的内表层温度监控情况可以看出混凝土内部最高温度,以及混凝土内表层间的温差均符合规范要求。在混凝土浇注完成 3 d 后进行拆模,并在养护期内对混凝土外观进行观察,未发现任何裂纹。

综上所述,思贤窖特大桥主墩承台大体积混凝土施工过程中通过合理选择材料配合比、以及养护过程中采用内部冷却,外部保温的施工工艺,并通过温度监控及时调节养护措施等成功的控制了大体积混凝土内、表温差,避免了大体积混凝土因水化热等问题产生温度裂缝影响结构安全的问题。

## 参 考 文 献

- [1] 伍勇华,何廷树,南峰,等. 大体积混凝土中外加剂的应用[J]. 建筑技术,2009(8):756-757.
- [2] 中国铁路工程总公司. 铁建设【2005】160号 客运专线铁路桥涵工程施工质量验收暂行标准[S]. 北京:中国铁道出版社,2005.

- [3] 刘吉士,张俊义,陈亚军. 桥梁施工百问[M]. 北京:人民交通出版社,2003.
- [4] 杨嗣信. 高层建筑施工手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1992.
- [5] 贺灵荣,宋静艳. 大体积混凝土施工质量控制[J]. 公路交通科技,2010(1):107-108.
- [6] 江正荣. 建筑施工计算手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2001.
- [7] 杨嗣信. 高层建筑施工手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1992.

## Construction Control of Massive Concrete for Pile Caps of Sixianjiao Super-large Bridge

Liu Bingwei

(The 3rd Engineering Company. of CCC Fourth Harbor Engineering Corporation Ltd, Zhanjiang 524000, China)

**Abstract:** According to the construction of main Pier Pile Caps of Sixianjiao super-large bridge, the construction method of mass concrete is briefly introduced in this paper from construction organization, concrete casting, concrete curing and other aspects. In order to prevent the cracks, based on the design of mix proportion, admixture and the cooling and temperature measuring system, the paper minutely analyses the construction and curing of concrete on the spot, including control of temperature difference caused from hydration heat between internal concrete and surface, between surface and external environment, etc.

**Key words:** massive concrete; cooling and temperature measuring system; hydration heat; temperature cracks

(上接第 40 页)

- [5] 涂常卫,黎增丰,凌子如. 混凝土桥面铺装病害与设计施工的关系浅析[J]. 公路, 1999(2):5-9.
- [6] 许涛,黄晓明,高雪池. 移动荷载作用下沥青混凝土桥面铺装层动力响应分析[J]. 公路交通科技,2007,24(10):17-20.
- [7] 王春雷. 桥面铺装破损原因及对策[J]. 辽宁交通科技, 2003(3):33-35.
- [8] 熊峰,吴光蓉,肖贤德. 重庆长江二桥桥面病害分析与处治研究[J]. 公路交通技术, 2007(1):17-21.
- [9] 邓强民,倪富健,顾兴宇,等. 钢桥面铺装非均布轮载效应分析[J]. 东南大学学报:自然科学版,2007,37(4):15-18.
- [10] 黄朝晖. 桥面混凝土铺装层病害处理对策[J]. 工程与建设, 2008(3):27-30.
- [11] 顾兴宇. 悬索桥桥面沥青铺装层力学分析及结构设计研究[D]. 南京:东南大学交通学院,2002.

## Numerical Study on Mechanical Action of Concrete Pavement of Continuous T-beam

Ma Wendong

(Hebei Province Highway Administration, Shijiazhuang 050043, China)

**Abstract:** Through the 3d finite element analysis of concrete pavement of continuous T-beam, the position of the most unfavorable load for the concrete pavement mechanical response is studied under the vehicle load, then the mechanical response influence of the horizontal load, overload, pavement thickness and pavement elastic modulus is respectively researched. Some useful conclusions are obtained, which may provide reference for the concrete pavement design and construction.

**Key words:** concrete pavement; finite element numerical analysis; most unfavorable load position; various factors