



炎热干燥大温差条件下 胸墙大体积混凝土裂缝控制技术

湛超, 冯兆胜, 衣鹏飞

(中交二航局第一工程有限公司, 湖北 武汉 430012)

摘要: 依托沙特 Ras Al Khair 港码头 5[#]、6[#]泊位项目, 介绍了在炎热、干燥、大温差、海洋环境下, 按美国标准设计和施工的胸墙大体积混凝土裂缝的控制措施。施工过程中, 通过配合比的比选、原材料温度的控制、浇筑温度的控制、分层分段以及养护等综合措施, 有效控制了胸墙大体积混凝土的开裂, 保证施工质量和进度。

关键词: 大温差; 干燥; 海洋环境; 大体积混凝土; 裂缝控制

中图分类号: TU 528

文献标志码: B

文章编号: 1002-4972(2015)08-0136-03

Technology of mass concrete cracks control of breast wall under hot and dry condition with large temperature difference

CHEN Chao, FENG Zhao-sheng, YI Peng-fei

(The First Construction Company of CCCC Second Harbor Engineering Co., Ltd., Wuhan 430012, China)

Abstract: Based on Ras Al Khair sea port berths No. 5 & 6 project, we introduce the measures of mass concrete cracks control under the conditions of hot and dry extreme temperatures and marine environment for the breast wall designed and constructed according to the American standard. In the process of construction, by selecting the mixing ratio, materials' temperature control, pouring temperature control, hierarchical and segmental construction, maintenance and other comprehensive measures, we control effectively the crack of mass concrete of the breast wall, and ensure the construction quality and progress.

Keywords: large temperature difference; dry; marine environment; mass concrete; crack control

1 工程概述

沙特 Ras Al Khair 港码头 5[#]、6[#]泊位项目位于沙特东侧海岸线的扎瓦尔半岛, 临近波斯湾, 海水盐度高。工程所在地是典型的热带沙漠气候, 夏季气温高、持续时间长, 早晚温差大。每年的 5—10 月, 日平均气温为 40 ℃, 午间气温可达 50 ℃ 以上, 地表温度近 80 ℃; 当地湿度较低, 一般在 45% ~ 70%。

5[#]、6[#]泊位设计为 7 万吨级的散货及杂货码头, 岸线总长 986 m, 为重力式方块结构。5[#]、6[#]泊位及延长段胸墙共计 106 个结构段, 分段长度

6.5 ~ 20 m, 宽度有 4、5、6 m 共 3 种, 其中常规节段宽度为 5 m, 长度有 8、10 m 两种类型, 属于典型的大体积混凝土。

本工程混凝土方量大、要求高。强度等级设计为 C35 (圆柱体), 要求采用高性能混凝土, 混凝土 28 d 龄期氯离子电通量要求不超过 1 000 C, 耐久性要求高。

胸墙大体积混凝土结构在施工过程中存在以下难点: 1) 胸墙混凝土施工期为 4—12 月, 横跨整个夏季, 当地不允许采取在结构内部埋设冷却水管降温的措施, 大体积混凝土的温度控制难度

收稿日期: 2015-05-28

作者简介: 湛超 (1972—), 男, 高级工程师, 从事港航工程施工技术管理工作。

大; 2) 沙特东部地区原材料匮乏且质量较差。粉煤灰、矿粉需进口, 价格昂贵; 粗集料多孔且强度较低; 细集料模度系数偏小; 水泥早期强度高, 不利于混凝土配合比的优化。3) 混凝土耐久性要求高, 为达到电通量要求, 需加入硅粉和足够的水泥, 混凝土温升大。同时要求混凝土入模温度不超过 28 °C, 最高温度不超过 70 °C, 最大内表温差小于 20 °C。

2 混凝土原材料及配合比

2.1 混凝土原材料

由于本工程位于沙漠深处依临波斯湾, 且沙特地理环境构造特殊, 某些混凝土原材料单一, 无可选择性。原材料包括如下: 水泥为 OPC、CEM I, 掺合料为硅灰、矿粉, 粗集料为 5 ~ 10 mm、10 ~ 20 mm 两级配, 细集料为沙丘沙, 拌合水为海水淡化水, 外加剂为聚羧酸高效减水缓凝剂。

限于沙特的特殊条件, 粗骨料来源非常紧张, 且粗骨料多孔、强度低、含泥量高。经过多次试验测定, 其石料强度平均约 60 MPa, 清洗前的石料含泥量达 5%。

细骨料为沙丘砂属于细砂, 缺点是增加了胶凝材料用量和增大硬化混凝土的收缩。

2.2 配合比^[3]

由于不允许在胸墙中配置冷却水管降温, 混凝土处于近似绝热状况, 为降低胸墙大体积混凝土内部水化温升同时满足耐久性设计要求, 需优化配合比设计。

在胸墙施工之前, 实验室试拌了 4 组配合比, 第 1 组采用水泥掺硅灰, 第 2 组采用水泥双掺硅灰和矿粉, 第 3 组和第 4 组采用波特兰 I 型水泥掺矿粉。在预制方块浇筑施工中, 对不同混凝土配合比的性能进行对比, 分别测量方块内部最高温峰, 对方块外观质量进行比较, 试验结果见表 1。

表 1 不同配合比下预制方块的试验结果

编号	胶材用量/(kg·m ⁻³)			水灰比	混凝土温度指标/°C		电通量/C	外观效果
	水泥	矿粉	硅灰		入模温度	温度峰值		
1 [#]	385	0	35	0.36	26.6	72.6	965	局部较大裂缝
2 [#]	140	220	40	0.35	27.8	68.1	752	表面收缩裂缝
3 [#]	170	230	0	0.35	27.5	65.2	893	微小裂缝
4 [#]	170	250	0	0.35	27.6	64.3	880	无裂缝

由试验数据可知, 4 组配合比 28 d 电通量均小于 1 000 C, 满足抗氯离子渗透要求。1[#] 配合比中, 因其水泥用量大且单掺了 8% 的硅灰, 混凝土水化热大, 其温峰值在 4 个配合比中也是最高的, 产生温度裂缝的风险高, 不适宜大体积混凝土施工; 2[#] 配合比中, 双掺了硅灰和磨细高炉矿渣, 占胶凝材料总量的 65%, 降低了水泥用量, 但硅灰的存在加速了水化反应, 导致其温峰值较高, 且硅灰加大了混凝土的收缩, 易产生收缩裂缝; 配合比 3[#] 中磨细高炉矿渣的掺量为胶凝材料总量的 57.5%, 减小了水泥用量, 降低了水化热温升, 且磨细高炉矿渣的填充作用抑制了混凝土的部分收缩, 不易形成收缩裂缝; 配合比 4[#] 中磨细高炉矿渣的掺量比配合比 3[#] 多 20 kg, 通过试验得知: 4[#] 配比水化热更低, 更适合沙特高温低

湿环境下大体积混凝土的施工。因此, 选用配合比 4[#] 作为胸墙大体积混凝土的施工配合比。

3 混凝土裂缝控制措施

针对工程所处地区的高温低湿气候条件, 为保证胸墙大体积混凝土的顺利进行并保证施工质量, 采取如下措施^[1-2]: 1) 控制混凝土原材料质量和温度; 2) 避免高温时段施工, 选择夜间低温时浇筑混凝土; 3) 用碎冰代替部分拌合水, 降低新鲜混凝土出机温度; 4) 热天浇筑混凝土时减少浇筑厚度, 利用浇筑层面散热; 5) 对胸墙进行合理的分段跳仓施工; 6) 合理安排施工工序, 避免侧面长期暴露; 7) 浇筑后采取严格的保湿养护措施。

3.1 原材料温度控制

10 mm 和 20 mm 石料进场后分开堆放。由于

当地粗骨料为沙漠表层下开采的,含泥量较高,在搅拌站设置了一套石料清洗设备,石料使用前分别进行清洗,并抽样检测,满足含泥量小于1.5%方可使用。

白天在强烈阳光的照射下粗骨料温度很高,实验室的试验结果为:当气温37℃时,暴露在阳光下的粗骨料表层的温度为48℃;而放置在遮阳棚下的粗骨料表层的温度与气温相当。要求进场的散装水泥为下生产线7d后置于遮阳棚下的水泥,且温度不高于60℃。

3.2 浇筑温度控制^[4]

1) 选择夜间施工。

白天环境温度高,会加刷新拌混凝土内部水分的蒸发,导致混凝土坍落度损失大。在配合比试拌时曾进行过坍落度损失试验^[3],当环境温度为30℃时,新拌混凝土坍落度为140mm,20min后坍落度损失30mm;当环境温度为38℃时,20min后坍落度损失50mm。大的坍落度损失将给混凝土的振捣、抹面等操作带来不便,易产生混凝土表面开裂、内部不密实,从而降低混凝土的强度和耐久性。

本工程选择在夜间进行胸墙混凝土施工,既可以避免阳光的直射,又大大降低新拌混凝土受到环境温度的影响。

2) 加碎冰代替部分拌合水。

在美国ACI 305委员会的报告中,给出了新拌混凝土温度的计算公式,结合本工程的两级配粗骨料,修订如下:

$$T = [0.22(T_{20}W_{20} + T_{10}W_{10} + T_sW_s + T_cW_c) + T_wW_w + T_aW_{wf} - W_i(79.6 - 0.5T_i)] / [0.22(W_{20} + W_{10} + W_s + W_c) + W_w + W_i + W_{wf}] \quad (1)$$

式中: T 为新拌混凝土温度; T_{20} 为20mm粗骨料温度; T_{10} 为10mm粗骨料温度; T_s 为细骨料的温度; T_a 为骨料的平均温度; T_c 为胶凝材料的温度; T_w 为拌合水的温度; T_i 为冰的温度; W_{20} 为含有水分的20mm粗骨料的质量; W_{10} 为含有水分的10mm粗骨料的质量; W_s 为含有水分的细骨料的质量; W_c 为胶凝材料的质量; W_w 为拌合水的质量; W_{wf} 为骨料中自由水的质量; W_i 为冰的质量。

为达到不高于28℃的入模温度,在混凝土搅拌时加入适量的碎冰降低混凝土出机温度。应用式(1),当气温在30℃时要达到混凝土出机温度25℃,所需冰水混合物温度为6℃。在实际拌合中,加入的碎冰质量占拌合水用量的70%,混凝土出机温度为25.2℃,控制效果良好。

3) 减小布料厚度。

3.2m高的胸墙采用一次浇筑,混凝土布料时分层阶梯型均匀浇筑,采用 $\phi 70$ 插入式振捣棒充分振捣,分层厚度小于50cm,方便浇筑层面散热,也可以保证振捣效果。

4) 分段跳仓施工。

温度应力和收缩应力是造成超长大体积混凝土裂缝的主要原因。分段跳仓施工可以在施工期间短距离释放应力,解决超长结构混凝土的有害裂缝问题,提高施工质量。其结构施工缝的设置可以消除因温度变化引起的混凝土热胀冷缩应力,减小约束内应力。

根据码头结构特点,划分为若干节段(每个节段长度为6.5~20m不等)进行跳仓施工,加快了施工进度,有效控制超长混凝土结构裂缝产生。

5) 合理安排施工工序。

避免侧面长期暴露。因模板转移的困难及工作面的限制,往往会造成夹档胸墙封头部分养护周期过短的问题,在胸墙施工过程中,增加胸墙封头部分养护;在夹档施工过程中,按时对过渡段胸墙封头部分进行洒水养护,尽量提高养护质量。

6) 混凝土养护。

高温低湿环境条件下的混凝土养护极为重要。结构表层混凝土的抗裂性和耐久性在很大程度上取决于施工养护过程中的温度和湿度,因为水泥只有水化到一定程度才能形成有利于混凝土强度和耐久性的微结构。环境温度高、湿度低会加剧混凝土水分的蒸发,混凝土表面大量水分的逸出造成毛细孔连接而产生裂缝。同时,水分的过快蒸发增大了混凝土的养护困难,加剧了混凝土收缩形成裂缝,导致硬化后的混凝土质量降低。白天和夜间的温差也对成型后的混凝土产生影响,温差大使混凝土在热胀冷缩的反复作用下开裂的机会增大。

(下转第143页)