

大体积混凝土基础裂缝预防措施研究

熊 炜, 周 健

(中国水利水电第七工程局有限公司, 四川 成都 610213)

摘要:在大体积混凝土施工过程中,常常由于温差等原因造成施工完成的混凝土开裂,且其处理方法复杂,对工程质量的影响较大。阐述了从调整配合比、混凝土分层分块、保温养护和布置冷却水管等措施入手,对大体积混凝土裂缝预防措施进行的研究过程,在实际工程中取得了较好的应用效果。

关键词:大体积混凝土;裂缝;预防措施;温差;研究

中图分类号:TV7;TV43;TV42;TV41

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2022)04-0030-03

Foundation Crack Prevention Measures of Mass Concrete

XIONG Wei, ZHOU Jian

(Sinohydro Bureau 7 Co., Ltd, Chengdu, Sichuan, 610213)

Abstract: In the construction process of mass concrete, temperature difference and other reasons often results in cracking. The crack treatment is complex and crack also has a great impact on the project quality. This paper studies the crack prevention measures of mass concrete from adjusting mix proportion, concrete layering and blocking, curing to arranging cooling water pipes. Well results have been achieved in practical projects.

Key words: Mass concrete; Cracks; Prevention measures; Study

1 概 述

某大桥基础浇筑分为三个台阶,最底层平面尺寸为 57.91 m×25 m,第二层平面尺寸为 54.91 m×20.5 m,第三层平面尺寸为 51.91 m×16 m,单个台阶高 3 m。

最底层扩大基础设 3 级 0.5 m×4 m 抗推抗滑移台阶,基底嵌入中等风化的泥质砂岩中。

大桥基础第一层浇筑完成后共发生两处裂缝,最大缝宽约 3 mm,未贯穿。

受基础第一层浇筑后出现裂缝的影响,在大桥基础第二层浇筑时,从平面上分成 3 块(两侧各一块、中间作为后浇块)进行浇筑,两侧块体浇筑完成 8 d 后,先浇筑的两侧块体出现了 2 条贯穿裂缝和 1 条非贯穿裂缝,最大裂缝宽度约 3 mm。

项目部技术人员在了解了设计分层分块要求和现场施工、温控情况后,分析裂缝产生的原因为混凝土内外温差扩大、温度应力大于早期强度导致裂缝的产生。

2 预防与优化措施

在保证扩大基础施工质量和满足设计强度

要求的前提下,考虑到降低温升峰值、减小里表温差、平缓降温速率等因素,最终决定采取以下措施对扩大基础混凝土浇筑及温控进行优化:

- (1)优化混凝土配合比,减少混凝土水化热;
- (2)分块、分层浇筑;
- (3)覆盖保温养护,延缓拆模时间;
- (4)加密冷却水管,严格控制通水参数。

2.1 混凝土配合比的调整

该工程扩大基础均采用商品泵送混凝土,所有原材料由拌合站提供,在扩大基础混凝土浇筑前,根据拌合站提供的资料报送配合比,初始配合比见表 1。

其中:①水泥使用低热硅酸盐水泥,其 3 d 水化热为 198 kJ/kg,7 d 水化热为 239 kJ/kg。②掺合料为 II 级粉煤灰,检测结果满足设计及相关规范要求。③细骨料 1 为人工砂,细度模数为 3.1;细骨料 2 为天然砂,细度模数为 1.5。合成细度模数为 2.8,满足相关中砂要求;粗骨料的级配不理想;粗、细骨料的其他技术指标满足设计及相关规范要求^[1]。④外加剂为苏博特减水剂。⑤在施

收稿日期:2022-05-05

表 1 初始配合比表

项目	材料名称							
	水	水泥	掺合料	细骨料 1	细骨料 2	粗骨料	外加剂 1	外加剂 2
每 m ³ 用量 /kg	174	294	126	627	111	1 062	6.3	
重量比	0.41	1	1.49	0.26	2.53	0.015		

工现场将施工塌落度配合比控制为 180~200 mm,混凝土入仓温度控制为 20℃~25℃,满足施工和配合比的设计要求。

从前期浇筑情况看,实际效果并不理想。第一层及第二层扩大基础均在浇筑后产生了裂缝。

针对这一情况,项目部技术人员对初始配合比进行了优化:主要是减少了水泥,同时掺加了膨胀剂以补偿混凝土后期收缩。经过上述优化,确定了两种配合比,优化配合比 1 见表 2,优化配合比 2 见表 3。

表 2 优化配合比 1 表

项目	材料名称							
	水	水泥	掺合料	细骨料 1	细骨料 2	粗骨料	外加剂 1	外加剂 2
每 m ³ 用量 /kg	163	254	126	639	213	1 000	5.89	22.6
重量比	0.43	1	1.65	0.56	2.63	0.015	0.06	

表 3 优化配合比 2 表

项目	材料名称							
	水	水泥	掺合料	细骨料 1	细骨料 2	粗骨料	外加剂 1	外加剂 2
每 m ³ 用量 /kg	174	270	120	604	201	1 025	6.2	23.4
重量比	0.45	1	1.55	0.53	2.63	0.015	0.06	

配合比 1 中的原材料组成品牌与厂商没有变化,仅改变了用量。水泥从前期的 294 kg 减少为 254 kg,减少了水泥用量 40 kg,增加了膨胀剂。

配合比 2 中的原材料组成品牌与厂商没有变化,仅改变了用量。水泥从前期的 294 kg 减少为 270 kg,减少了水泥用量 24 kg,增加了膨胀剂。

项目部根据优化后的两种配合比进行了室内试拌并成型混凝土试件,两种优化配合比后的对比情况为:①拌合物的状态。配合比 1 的混凝土施工和易性不好,流动性差,不利于泵送,现场施

工难度大^[2]。②混凝土试块 7 d 抗压强度试验。配合比 1 的抗压强度为 24.2 MPa,配合比 2 的抗压强度为 27.8 MPa。③根据商混站以往经验及项目部对商混站强度跟踪的情况推算并考虑到实际操作和原材料波动等情况,配合比 1 的 60 d/90 d 强度无法满足混凝土评定规范要求,最终决定选用配合比 2。④根据业主、设计、监理等参建各方对优化方案的会审意见:配合比 2 中水灰比偏大,可能会导致水化热过高。遂建议减少用水量。最终优化配合比见表 4。

表 4 最终优化配合比表

项目	材料名称							
	水	水泥	掺合料	细骨料 1	细骨料 2	粗骨料	外加剂 1	外加剂 2
每 m ³ 用量 /kg	169	270	120	604	201	1 025	6.2	23.4
重量比	0.43	1	1.55	0.53	2.63	0.015	0.06	

2.2 混凝土分层分块

扩大基础混凝土单层设计为厚 3 m,分 2 次浇筑,每次浇筑 1.5 m 厚;每层再分为 6 大块浇筑,并设 3 m 宽后浇带。上下两层竖向施工缝相互错开,后浇块在先浇块浇筑完成至少 7 d 后浇筑。

2.3 保温养护

当混凝土浇筑完毕、初凝后,先在混凝土表面洒水,然后立即覆盖一层塑料薄膜,薄膜上再覆盖麻袋或无纺布以减缓混凝土表面水分蒸发时温度

迅速散失、达到保温的效果,避免因混凝土内外产生过大的温差应力出现裂缝。薄膜和保温材料在覆盖时需有效搭接,搭接宽度不小于 5 cm,并保持其表面平整、覆盖严密。

2.4 冷却水管的布置

分层布置冷却水管,采用 Φ48 mm×3 mm 钢管,利用 Φ25 mm 和 Φ20 mm 架立筋支撑。原设计方案中的冷却水管水平间距为 2 m,优化调整后为 1.5 m,进出水口伸出混凝土表面 50 cm,并引流至模板外的基坑内,避免水流淤积在混凝

土保温层上。通水流量及通水温度等保持设计参数不变。

3 主要施工方法

3.1 施工工艺流程

施工工艺流程:优化混凝土配合比→施工准备→架立钢筋安装→冷却水管安装→测温管安装→模板安装→连接筋安装→混凝土分层浇筑→混凝土振捣→覆盖养护、通水冷却→根据测温结果通过冷却水管控制混凝土温度^[3]。

3.2 施工准备

(1)技术准备。根据施工图纸、相应的设计施工规范及现场施工条件制定施工方案,对施工现场作业层的施工人员进行技术交底和安全交底,交底的重点为混凝土浇筑流向、浇筑方法、浇筑重点、温度控制等。

(2)现场施工准备。①预先规划浇筑混凝土所需的施工便道及工作平台。②认真组织测量放线,确保定位准备,做好控制桩和水准点。③现场开工前,对所需材料分期分批组织进场。④施工管理人员和辅助施工工人全部到位,小型工具准备齐全。⑤现场安全文明施工标志、标牌必须按要求设置。

3.3 架立筋的安装

架立筋采用 $\Phi 25$ mm 钢筋,水平筋及斜撑筋采用 $\Phi 20$ mm 钢筋,在钢筋加工厂集中制作,采用小型运输车运往施工现场,按设计要求采用人工安装并焊接固定。

3.4 冷却水管的安装

测量好冷却水管的尺寸、位置,根据施工方案分层埋设冷却水管网,安装控制阀门。冷却水管采用导热性好并具有一定强度的 $\Phi 48$ mm \times 3 mm Q235 铁管,利用架立筋支撑,均采用 U 型定位筋卡焊在架立筋上并确保位置准确、固定牢靠,必须保证其在浇筑混凝土过程中不发生移位现象。冷却水管的进水口和出水口外露出混凝土顶面的长度为 50 cm,均引至模板外并固定好,使用时打开^[4]。

3.5 测温管的安装

测温管采用 $\Phi 5$ mm PVC 管,竖直安装,沿扩大基础纵横向中轴线对称均匀布置,利用限位钢筋与架立筋连接固定。测温管在安装前须将两头封闭以防止漏浆,下料时不得对准测温管下料,以

免造成其位移或破坏。

3.6 模板安装

基础大面外模及键槽均采用 P6015、P3015 钢模拼装,部分边角位置采用木模板。

混凝土施工操作平台采用 $\Phi 48$ mm 钢管搭设,立杆按 2 m \times 2 m 点阵布设,钢管外套设 PVC 管,以便于施工完毕提拔取出。操作平台应与模板加固体系分离,避免施工过程中扰动模板。

3.7 连接钢筋的安装

在钢筋加工厂预先切割好连接钢筋,连接钢筋均为 $\Phi 28$ mm 螺纹钢,长度为 1 m。竖向缝连接筋在模板预埋位置开孔,将连接钢筋与冷却水管架立筋绑扎在一起进行加固,混凝土浇筑时避免连接钢筋错位;水平缝连接筋可在混凝土浇筑完成且初凝之前按设计位置预埋。

3.8 混凝土浇筑

(1)该工程基础混凝土浇筑按照“一个坡度,分层浇捣,循序渐进”的方法实施。混凝土的自然流淌坡度不超过 7:1,将斜面分层厚度控制在 30 cm 左右,不宜过厚,以保证混凝土在初凝之前被上层混凝土覆盖,振捣器顺混凝土流淌方向赶振,浇筑时每块混凝土由两侧向中间浇筑。

(2)振捣时要做到“快插慢拔”,振捣棒应插入其下层 50 mm 左右,以消除两层之间的接缝。每点振捣时间以 20~30 s 为宜,但还应视混凝土表面不再显著下沉、表面无气泡产生且混凝土表面有均匀的水泥浆泛出为准^[5]。

3.9 保温养护

混凝土浇筑完毕并完成初凝后,先在混凝土表面洒水,然后立即覆盖一层塑料薄膜,在薄膜上再覆盖麻袋或无纺布以减缓混凝土表面水分蒸发时温度的迅速散失,达到保温的效果。

蓄热养护时间不少于 7 d,并应尽量延迟拆除四周模板,拆模时混凝土表面与大气的温差不得大于 20 $^{\circ}$ C。

3.10 温控措施

(1)通水冷却。待混凝土浇筑到各层冷却管标高后即开始通水,采用 WQ100-7.5-15 型潜污泵直接从附近水域抽水冷却,每道冷却水管的通水量不小于 30 L/min。为了增加冷却效果,进

(下转第 67 页)

根据外水压力大小和压力要求选择相应压力的止回结构,根据排水孔孔深选择相应个数的橡胶膨胀件(最后一个橡胶膨胀件距孔口至少5 cm)。根据排水孔孔径大小选择相应管径的单向排水装置。

将单向排水装置塞入排水孔内,使用活动扳手旋动压紧套管,驱动金属垫圈下压,使橡胶膨胀件膨胀并与孔壁相抵,此时外水将无法从该装置四周流入洞内,同时内水也无法从该装置四周外渗至围岩中。

使用活动扳手旋动压紧套管,在橡胶膨胀件膨胀的同时,排水钢管管径渐变扩大端向外移动,金属膨胀件被张开并与孔壁相抵,金属膨胀件四周的齿状凸起咬紧孔壁,使该装置牢牢固定在排水孔孔内。

单向排水装置固定完成后,在压紧套管与孔壁间使用堵漏王进行填充,最后在管口四周涂刷2 mm厚的环氧胶泥。

5 结 语

针对引水隧洞衬砌混凝土的渗水,可以分别从混凝土浇筑的前、中、后期进行控制。前期通过引水提高衬砌混凝土的质量,中期通过灌浆封堵衬砌混凝土中的渗水通道,后期可以通过单向排

(上接第32页)

出水方向每天更换1次,通水时间一般不少于12 d,或根据测温结果确定。

(2)温度的检测方法。①测温仪器采用电子感应式温度计。②测温项目:a.大气温度、环境温度;每昼夜2~4次;b.水、砂、石等原料;每工作班4次;c.拌和楼室内温度;每工作班2~4次;d.混凝土入模温度;每工作班2~4次。③当结构内部的最高温度不再上升且与外界环境温度的差值不高于温差控制值时,温度控制工作即可结束。

4 结 语

大体积混凝土的裂缝预防一直是工程建设中的一个难点,通过理论分析与实践经验,对所采取的主要预防措施进行了简单的阐述,解决了大体积混凝土的开裂问题,提高了工程的质量,加快了施工进度,所取得的经验对类似施工条件的大体

积混凝土施工具有重要的参考借鉴意义。

单向排水装置的研发不仅减少了灌浆设备及人员的投入,降低了灌浆成本,而且可以降低外水压力,保证衬砌混凝土结构的稳定性,同时缩短了渗水处理的工期。该装置结构简单,运行可靠,安装方便、快捷。该技术实用性较强,具有可推广性,所取得的经验可为类似工程提供借鉴。

参考文献:

- [1] 尚景民,于春枝.隧道渗漏水原因及其治理措施[J].科技风,2010,23(19):160-162.
- [2] 王军红.固增水电站引水隧洞复杂特殊地质问题的处理[J].四川水力发电,2021,40(1):60-63.
- [3] 郭金喜.水工隧洞混凝土渗漏处理[J].甘肃水利水电技术,2006,51(4):385-386.
- [4] 吴强.引水隧洞灌浆施工技术探讨[J].交通建设与管理,2014,51(增刊2):23-24,27.
- [5] 杨军平,张庆平,瞿兵,王彦宏,张新华.输水隧洞固结灌浆工艺研究[J].西部探矿工程,2018,30(10):9-13.

作者简介:

戚绍礼(1987-),男,四川阆中人,项目总工程师,工程师,从事水利水电工程施工项目管理;

韩 坤(1996-),男,四川宜宾人,助理工程师,从事水利水电工程施工项目管理。

(责任编辑:李燕辉)

积混凝土施工具有重要的参考借鉴意义。

参考文献:

- [1] 罗纬邦.混合骨料在BEJ拱坝混凝土中的应用研究[J].人民长江,2017,48(19):102-105.
- [2] 黄飞.双掺技术C70混凝土在工程上的应用实例[J].安徽建筑,2013,40(1):172-174.
- [3] 李明亮.承台大体积混凝土温控措施分析[J].重庆建筑,2015,14(5):43-47.
- [4] 罗欢,代现志.徐葛大桥Z8号主墩承台施工方案设计[J].桥梁检测与加固,2012,40(1):17-19.
- [5] 高凯,王海旭.大型储罐基础无后浇带施工技术[J].四川建筑科学研究,2011,37(3):286-288.

作者简介:

熊 炜(1985-),男,四川眉山人,分局副主任,工程师,从事市政工程施工技术与管理工作;

周 健(1993-),男,湖北黄冈人,副主任科员,助理工程师,学士,从事市政工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)