

炎热期施工水工混凝土的耐久性

浦德明,徐瑞忠,曹国强

(吴江市水利局,江苏 吴江 215200)

摘要 简述炎热期施工对混凝土强度和耐久性的影响因素,分析炎热期施工造成混凝土病害的原因,并提出炎热期混凝土施工的质量保证措施。

关键词 水工混凝土 耐久性 混凝土施工

中图分类号:TV431

文献标识码:B

文章编号:1006-7647(2002)07-0032-02

水工建筑物所处环境比较恶劣,如:高速水流的冲刷磨损,压力水的渗透,水的冻融,腐蚀水质的侵蚀,以及基础底板的大体积混凝土所带来的温度、干缩湿胀等变形所引起的不利因素,都使水工混凝土的耐久性问题显得更为突出。

强度和耐久性是水工混凝土工程设计的基本要求,而混凝土施工的操作和质量控制则是保证混凝土的强度和各项耐久性指标的重要环节。尤其在炎热季节或严寒季节中施工,如缺乏混凝土工程质量保证措施,就会降低水工混凝土的强度和耐久性。

苏南地区冬季较短并趋于温和,而夏季的炎热时间长,以下针对此情况,分析炎热季节混凝土施工的突出问题对水工混凝土耐久性的影响,并提出必要的质量保证措施。

1 炎热季节施工混凝土的几个突出问题

在夏季平均气温达 25℃以上的高温条件下,水泥水化速度加快,水分蒸发加剧,凝结速度提早,使混凝土密实度降低而影响混凝土的强度和耐久性。炎热季节混凝土施工中出现的突出问题有:

a. 随着气温升高,混凝土的坍落度损失较快,为了保持一定的稠度,满足施工对混凝土和易性的要求,高温期混凝土配制如不采取有效技术措施,势必增加混凝土的单位用水量。

b. 混凝土原材料的初始温度高,经炎热的太阳曝晒后的砂、石骨料和拌和水将增加混凝土的浇筑温度。

c. 在运输和浇筑过程中混凝土坍落度值损失,给施工带来困难,无法使混凝土获得高的密实度。有些工地缺乏现场质量管理,操作工为了施工方便,现

场随意加水来补偿混凝土的和易性,这样随水灰比加大而降低了混凝土的强度。

d. 高温会加速水泥的水化反应,使混凝土很快就开始凝固。

e. 混凝土浇灌后在表面分泌出来的水分,会逐渐蒸发掉,高温季节蒸发的水比析水的速度快,导致混凝土表面出现不规则的微裂缝。

f. GB50204-92《混凝土结构工程施工及验收规范》附录 2 提供的“温度、龄期对混凝土强度影响曲线”说明了同样配合比的混凝土,如在高温环境下养护,会出现早期强度增长快,后期强度增长不足的情况。

2 炎热期施工造成混凝土病害的原因分析

a. 决定普通混凝土配合比的主要因素是水灰比,而水灰比对混凝土强度起决定性作用。SL/T191-96《水工钢筋混凝土结构设计规范》强调了水灰比对混凝土耐久性的主要影响,并要求在设计中提出水灰比的最大限制值。目前内河涵闸的水灰比取值根据水工建筑物结构位置约分别在 0.45~0.60 之间。如底部结构下层水灰比取 0.60,这占水泥重量 60% 的水真正与水泥起水化反应产生新的强度物质的只占其中一小部分(约为水泥重量的 20% 左右),其余大部分水则是为了满足混凝土的流动性而加入的。在混凝土硬化前后,这部分游离成分的水将逐步从混凝土体内脱离而造成孔隙。因此,炎热季节施工混凝土如单位用水量增加,则降低了混凝土的强度,并减弱了混凝土抗渗性能和抗碳化性能,从而影响混凝土的耐久性。

b. 炎热季节的高温加速水泥的水化反应,混凝

土凝固时间缩短带来的主要影响是:混凝土搭接面不良,严重形成冷缝,混凝土表面抹光困难,并且混凝土表面蒸发的水比析水的速度快,使尚未硬化的混凝土表面的固体粒子与大气直接接触,导致混凝土表面出现塑性收缩裂缝,严重时,还会出现混凝土面层脱落。

c. 预测混凝土中心温度的绝热温升理论公式为

$$T_{\max} = T_p + T_r \quad (1)$$

$$T_r = \frac{WQ_0}{CR} \quad (2)$$

式中: $T_{\max}$ 为预测混凝土中心最高温度; T_p 为混凝土浇筑的入模温度; T_r 为混凝土的水化热温升; W 为每立方米混凝土的水泥用量; Q_0 为不同品种单位水泥 28 d 的累计水化热; C 为混凝土比热系数; R 为混凝土容重。该公式反映了在同品种水泥及同水泥用量的情况下所拌制的混凝土中心最高温度 $T_{\max}$ 与混凝土的入模温度 T_p 有密切关系。炎热的环境,热的骨料和拌和水增加了混凝土入模温度。混凝土的浇筑温度越高,越能促进水泥的水化反应。一般浇筑温度每提高 10°C ,混凝土的温度上升 $3^{\circ}\text{C} \sim 5^{\circ}\text{C}$ 。GB50204-92 规定,大体积混凝土浇筑温度不宜超过 28°C 。水工建筑物的混凝土基础底板往往体积大,混凝土在硬化期间的水泥水化过程将释放大量的水化热,但水化热聚集在混凝土内部不易散发,使混凝土中心及基础块中部区域产生很高的温度(基础块厚度越大,混凝土内部温度升高越显著),而混凝土表面则散热较快,表面温度的降低导致形成较大的内外温度差,使混凝土内部产生压应力,混凝土表面产生拉应力,混凝土浇筑温度越高,混凝土的内表温差也就越大,这种现象往往发生在混凝土升温阶段。当温度梯度超过一定程度时,所产生的温度应力易使龄期短的混凝土表面拉应力超过它的抗拉强度而使混凝土表面出现裂缝。一般在 7 d 后逐渐降温,由于混凝土逐渐散热而产生收缩,加之混凝土凝固时间缩短所带来的塑性收缩,这两种收缩在进行时,受到基底及结构本身的约束,以致产生较大的收缩应力(拉应力),当这种收缩应力超过一定的限度时,所产生的温度应力就会在新浇筑混凝土基础中产生收缩裂缝。这种收缩裂缝严重时,会贯穿混凝土基础全断面,成为结构性裂缝。

d. 养护条件可改变混凝土孔结构。高温季节,气候炎热干燥,浇筑后混凝土水分快速散失,缩短了混凝土的散热时间,使混凝土的潜力和松弛特性未能充分发挥,影响了混凝土内部组织结构而降低了混凝土的强度和耐久性能。

3 炎热季节混凝土施工质量保证措施

施工现场管理、混凝土配合比设计、混凝土的浇筑温度控制以及混凝土的浇筑和养护等是炎热期确保混凝土施工质量的关键。应采取的主要质量保证措施有:

a. 严格掌握气候变化情况,像对待冬季混凝土施工一样认真做好测温、预报工作,对在炎热且干燥期内施工的混凝土采取单独的施工方案和技术措施及必要的物质保障。

b. 混凝土绝热温升理论计算公式中 $T_{\max}$ 与 Q_0 和 W 成正比。从不同水泥品种来比较,矿渣硅酸盐水泥(矿渣水泥)、火山灰质硅酸盐水泥或粉煤灰硅酸盐水泥的水化热均比硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥低得多。因此,对抗冻性要求低的水工混凝土部位应选择水化热低的水泥品种,一般选择矿渣水泥较多。采用双掺技术,混凝土中同时掺入 II 级磨细粉煤灰和具有缓凝、减水的外加剂,以减少每立方米混凝土的水泥用量,既可节约单位用水量,又降低混凝土水化热,减缓水泥水化热释放速度。

c. 改善骨料也是一项控制混凝土单位用水量的技术措施。建议选用大分口级配(粗骨料 $40 \sim 20\text{mm}$)和小分口级配($20 \sim 5\text{mm}$)组成的级配以减少粗骨料的孔隙率,从而减少水泥浆液。对粗中砂的选用要控制细度模数和砂的平均粒径。

d. 对混凝土浇筑温度影响最大的是石子和水。降低浇筑温度的措施有:避开高温干燥的白天,利用夜间施工;搭设遮阳蔽风设施,骨料尽可能避免太阳直射;料堆上洒水以冷却骨料。如 1984 年援外工程塞内加尔比尼奥纳河水坝工地搭设凉棚,提前堆放待用的混凝土原材料,实测棚内外温差有 $6^{\circ}\text{C} \sim 10^{\circ}\text{C}$,而粗、细骨料温度比曝晒的降低了 $15^{\circ}\text{C} \sim 20^{\circ}\text{C}$ (一般粗、细骨料的温度各降低 1°C 时,混凝土出机温度可降低 0.6°C)。另外采用低水温拌和,工地如采用井点排水时,可利用地下水,无地下水可用的工地,需对拌和用水采用加冰的办法来降温,水温降低 1°C 时,混凝土出机温度可降低 0.2°C 上下。

e. 在厚度较大的基础底板中投放 $10\% \sim 15\%$ 标号大于 300 号的块石。块石能吸收部分热量,自身收缩小,可阻止裂缝发展。适量投放块石在江苏省不少大型泵站底部及水闸厚度较大的部位使用,效果均较好。

f. 采用保温保湿养护法:一层塑料薄膜、二层草袋,草袋上下错开,搭接压紧,交接处包裹。草袋洒水保证混凝土表面的湿润,用塑料薄膜来保持混凝土表面的温度。保湿保温层使混凝土(下转第 77 页)

2.7 启闭机运行状况检查

- a. 启闭机减速箱齿轮轮齿磨损严重,齿面受损.开式齿轮轮齿润滑、啮合不良,承载不均,齿面有较深的划痕.
- b. 钢丝绳缠绕设计不合理,相互干涉,致使两侧吊点不同步,闸门启闭过程中左右摇摆、颤振.
- c. 启闭机电机三相电流及电压的不平衡度不满足安全运行要求,启闭机电气控制元件老化、失灵.

3 评估结论与建议

3.1 评估结论

- a. 闸门门体锈蚀严重,主要构件多被评为“严重锈蚀”.
 - b. 闸门主轮、侧轮、动滑轮及吊耳严重锈蚀,侧轮多已锈死不能转动,部分主轮及动滑轮转动不灵活.
 - c. 在设计水位下,闸门上下主横梁的最大剪应力及折算应力均已超过容许应力,最大剪应力为 88.8 MPa,大于容许应力 77.0 MPa 约 15%,最大折算应力为 178.4 MPa,大于容许应力 143.0 MPa 约 25%.
 - d. 在设计水位下,闸门 6 根小横梁已有 4 根小横梁的应力超过容许应力,最大应力为 208.4 MPa,大于容许应力约 60%.
- 文献 3 规定,整扇闸门因强度条件需要更换的构件超过 30%,该闸门应报废.据此,辛集闸闸门应予报废.
- e. 传动系统的开式齿轮轮齿润滑不良,齿面磨损严重,轮齿啮合不良;减速箱齿轮轮齿损伤、磨损严重.
 - f. 钢丝绳缠绕设计不合理,致使两侧吊点不同步.
 - g. 在设计水位下,闸门最大启门力为 293 kN,小于启闭机额定启闭力 2×250 kN,但由于闸门前后

淤积严重,运行过程中曾出现钢丝绳拉断的事故.故闸门的实际启门力将大于实测启门力.

检测结果表明,启闭机的传动系统及卷筒应更新.根据文献 1 的规定,固定卷扬式启闭机传动系统及卷筒报废,则应整机报废.故辛集闸启闭机应报废.

3.2 建议

- a. 闸门及启闭机更新应在 2003 年前完成.
- b. 闸门及启闭机更新前应控制在设计水位以下运行.
- c. 闸门和启闭机更新设计应充分考虑管理中存在的问题及管理所必需的设施.同时应考虑设备的现代化和自动化要求,为管理单位创造良好的运行管理条件.

4 结 语

工程运行多年后,进行全面的安全检测与评估是十分必要的,通过检测可以发现工程中存在的隐患,提出消除隐患的措施和建议,为主管部门决策提供科学依据.

水工金属结构安全检测与评估是一项非常重要的工作,有着巨大的社会效益和经济效益.辛集闸闸门和启闭机安全检测与评估成果可作为闸门和启闭机更新改造的设计依据.同时,安全检测与评估的内容和方法亦可供其他工程参考借鉴.

参考文献:

[1] GB11345-89 钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果分级[S].
[2] SL101-94 水工钢闸门和启闭机安全检测技术规程[S].
[3] SL226-98 水利水电工程金属结构报废标准[S].
[4] SL74-95 水利水电工程钢闸门设计规范[S].

(收稿日期 2002-02-25 编辑 张志琴)

(上接第 33 页)表面和保温层间形成水蒸气垫,保证了水泥的水化作用在一良好潮湿环境下进行,同时使混凝土表层减少热扩散,延长散热时间,提高混凝土表面较高的温度,减少混凝土块体内表温差和延长降温速度和时间.

4 结 语

炎热期施工对混凝土的强度和耐久性会带来各种影响,通过分析病害的成因,提出了消除病害的各种技术措施,这些技术措施是环环相扣,相互联系又相互影响的,都是为了有效地降低混凝土水化热温

升和控制混凝土浇筑温度以及确保护期间混凝土内外温差小于 25℃.通过这些技术措施完全可以保证炎热季节水工混凝土的施工质量.

(收稿日期 2002-03-18 编辑 熊水斌)

