

混凝土防裂技术在汤浦水库面板堆石坝西主坝中的应用

金正平, 苏战军

(浙江省水电建筑安装有限公司, 浙江 杭州 310051)

摘要:汤浦水库面板混凝土掺用膨胀剂、减水剂、引气剂后,具有较高的抗裂性能和一定的补偿收缩性能;结合混凝土出模后覆盖塑料布、初凝后用草袋覆盖、终凝后流水或洒水养护等保温保湿防裂措施,效果良好。在混凝土面板达到 6 个月龄期时,经实地调查,未发现裂缝。

关键词:面板堆石坝;防裂性能;混凝土配合比;汤浦水库

中图分类号:TVTV641.4+2

文献标识码:B

文章编号:1006-7647(2003)04-0035-03

汤浦水库是绍兴市小舜江供水水源主体工程,总库容 2.35 亿 m³。由于特定的地形条件,大坝分东主坝和西主坝,均采用混凝土面板堆石坝。西主坝位于主河道,坝顶高程 36.6 m,最大坝高 37.2 m。西主坝混凝土面板顶部长 280 m,厚 30 ~ 40 cm,最大斜长 43 m,面积 9281 m²,混凝土浇筑量 3300 m³,采用滑模施工。

堆石坝的混凝土面板是浇筑在垫层区斜坡面上窄而长的薄板,在施工过程中对温度和湿度变化较敏感,尤其是当气温骤降和混凝土干缩时,容易引起裂缝。国内外类似工程面板发生裂缝的情况较为普遍,而一旦面板产生裂缝,势必降低混凝土面板的抗渗性能、钢筋的耐蚀性及抗冻性等,且处理比较困难,处理后也难以达到预期效果。因此,从工程安全和效益角度出发,解决好面板防裂问题至关重要。

汤浦水库混凝土面板防裂措施主要是研究如何提高混凝土抗裂能力,采用掺用外加剂,利用适量膨胀补偿收缩,减少破坏力。

1 防裂混凝土性能

1.1 面板混凝土技术要求

汤浦水库面板混凝土的设计强度等级为 C25,抗渗标号 S8,极限拉伸值大于 0.75×10^{-4} 。采用 425 号普通硅酸盐水泥,二级配混凝土,中小石子比例为 50:50,砂率 38% ~ 40%,掺加膨胀剂、减水剂、引气剂,含气量 3% ~ 5%,水灰比小于或等于 0.5,入仓混凝土坍落度 30 ~ 50 mm。

1.2 防裂混凝土性能试验研究

工程项目部委托浙江省水利水电科学研究院做了 15 种配合比试验,包括掺用膨胀剂及不同外加剂,如膨胀剂 UEA-H, TEA, WG-HEA, 高效减水剂 HA-IV, 早强减水剂 ZWL-VII 及引气剂 DH9 等。试验结果均可满足抗压、抗渗和耐久性能要求,但以掺用高效膨胀剂 UEA-H, 早强减水剂 ZWL-VII, 高效引气剂 DH9 的混凝土性能较优。经优选推荐的混凝土配合比见表 1,其力学和变形性能试验成果见表 2 和表 3。

表 1 混凝土配合比

水灰比	砂率 /%	混凝土材料用量/(kg·m ⁻³)						
		水	水泥	砂	小石 ^①	大石 ^②	膨胀剂 UEA-H	引气剂 DH9
0.4	39	158	309	700	547	547	34.3	4.46

注:①粒径 5 ~ 20 mm;②粒径 20 ~ 40 mm。

表 2 混凝土力学性能

抗压强度/MPa	极限拉伸值 /10 ⁻⁴	轴向抗拉强度/MPa	抗渗标号	含气量/%
7 d	28 d			
22.8	33.8	10.998	3.02	> S8

表 3 混凝土变形性能

配筋率	变形率/10 ⁻⁵				
	水中养护				
	2 d	3 d	7 d	14 d	28 d
0.785	7	12	15	19	25

1.3 防裂混凝土主要技术指标

1.3.1 抗压强度

面板混凝土的设计强度等级为 C25,根据 SL49-94《混凝土面板堆石坝施工规范》的规定和施

作者简介:金正平(1966—),男,浙江东阳人,工程师,主要从事水利水电工程施工技术管理工作。

工条件,强度保证率取95%,强度标准差取4.0MPa,则试配强度为31.6MPa。而28d抗压试验成果为33.8MPa,满足设计要求。

1.3.2 抗拉强度和极限拉伸值

混凝土抗拉强度和极限拉伸值是面板防裂的关键性技术指标。根据汤浦水库面板尺寸、面板与垫层砂浆(M5)的约束程度、面板温度控制以及环境相对条件等初步分析认为,混凝土的抗拉强度达到3.02MPa,极限拉伸值达 1.0998×10^{-4} ,基本上能满足防裂要求。

1.3.3 上限膨胀率

可在面板混凝土中掺用一定量的膨胀剂使混凝土适度膨胀,以补偿其有害的干缩和温度收缩。

采用UEA-H高效膨胀剂,以钙矾石($C_3A \cdot 3CaSO_4 \cdot 32H_2O$)作为膨胀源,膨胀稳定性较好。

试验中采用的防裂剂掺量为8%~24%。结果表明,随着UEA-H高效膨胀剂掺量的增加,膨胀率也随之增加;防裂剂掺量为8%~16%时,混凝土抗压强度变化不大;防裂剂掺量超过16%时,抗压强度明显下降。

根据国内水工混凝土使用膨胀剂的经验,膨胀值不宜过大。从表1~3可见,当UEA-H掺量为10%时,混凝土28d水中养护膨胀率为 25×10^{-5} ,对干缩和温度收缩起到一定的补偿作用,且其它各项性能指标均满足设计要求。

1.4 原材料质量

混凝土原材料的质量,对其抗裂性能有重大影响,应严格控制。

a. 水泥。水泥的品种和质量对面板混凝土的抗拉强度和极限拉伸有较大影响。汤浦水库面板混凝土采用绍兴市上虞水泥厂生产的越王牌425号普通硅酸盐水泥。除了水泥熟料的化学、矿物成分及物理力学性能应符合国家标准外,还应重视其水化热、膨胀性和含碱量。

b. 砂石骨料。砂石骨料的吸水率、含泥量对混凝土的收缩及抗拉性能有较大的影响。汤浦水库采用河床冲积砂砾石筛选的天然骨料,面板混凝土采用的砂、小石、中石的饱和面干吸水率分别为2.6%,1.3%,1.2%;含泥量分别为1.3%,0.5%,0.3%,均小于规定值。

c. 外加剂。汤浦水库面板混凝土使用的是浙江力顿特种水泥公司生产的高效膨胀剂UEA-H,浙江五龙化工股份有限公司生产的早强减水剂ZWL-II,河北省混凝土外加剂厂生产的引气剂DH9。这些外加剂各项指示均符合行业标准和国家标准。

2 施工措施

混凝土面板发生裂缝的主要原因是温度和干缩。面板混凝土由于温度和湿度的变化产生收缩变形,在基础约束下产生拉应力。当温度应力和干缩应力大于混凝土抗裂能力时,混凝土就会开裂。因此,必须在施工中采取有效而严格的措施以减少混凝土的破坏力。

a. 选择有利时机浇筑面板混凝土。汤浦水库面板混凝土选择在气温相对较低的11月中旬开始施工,1月底结束。混凝土浇筑之后处于温度逐渐回升段,有利于改善温度收缩应力。

b. 加强保温保湿。汤浦水库混凝土面板厚30~40cm,水化热温升阶段短,最高温度峰值出现较早,随后很快出现降温趋势。在面板表面及时和连续采取保温保湿措施,有利于降低混凝土的热交换系数,提高面板表面温度,降低温度急速降低的冲击力,减缓变形变化,从而减少裂缝的产生。不同时间测得的膨胀量表明,龄期24h的膨胀量仅为6h的42.8%,可见尽早保温保湿、避免影响初期收缩效果有重要作用。西主坝面板混凝土施工中混凝土出模以后,即在表面覆盖塑料布,初凝后用草袋覆盖,终凝后流水或洒水连续养护至水库蓄水。

c. 保证混凝土质量的均匀性。主要是控制混凝土各种材料称量的准确性。规定砂石骨料称量误差小于2%,水泥及外加剂误差小于1%,保证混凝土和易性好,不离析,不泌水。随时监控混凝土含气量及入仓坍落度。

d. 改善面板约束条件。面板因受到垫层料保护层砂浆的约束而产生应力。为了减小这种约束,防止裂缝,垫层料保护层为50号碾压砂浆。表面平整度按3m×3m方格网控制,其偏差不超过设计线5cm,局部低凹部位用低标号砂浆填平抹顺,分层碾压的砂浆接头处不得出现陡坎和错台。

3 混凝土面板防裂效果

汤浦水库西主坝面板混凝土于1999年11月8日开始施工,2000年1月10日结束,历时63d,共完成29个浇筑块,29个单元工程质量评定合格率为100%,优良率为90%。

3.1 混凝土性能检测

a. 抗压强度。面板混凝土浇筑时,共抽样46组做抗压试验。28d抗压强度值在27.8~39.4MPa之间,平均为33.2MPa,标准差1.96MPa,离差系数0.059,说明强度满足设计要求,匀质性良好。

b. 抗渗标号。抗渗标号均大于S8。

表 4 面板实测温度统计资料

面板编号	面板长度/m	浇筑日期	混凝土浇筑温度/℃	混凝土温度峰值/℃	峰值发生日期	峰值发生时间/d	面板中心温度高于表面温度 ΔT_1 /℃	面板表面温度高于气温值 ΔT_2 /℃	气温骤降混凝土面板表里温差 ΔT_3 /℃	气温骤降面板表面与气温差值 ΔT_4 /℃
9	101.7	1999-11-11	11.75	27.4	11-18	2.0	3~7	2~5	3.4~7.5	4~6
11	112.3	1999-11-16	25.25	38.1	11-23	1.5	2~6	2~6	4~7	2~6
13	123.0	1999-11-26	23.35	43.0	11-25	2.0	2~6	2~6	2~5	3~6
17	128.0	1999-11-20	17.0	28.7	12-19	1.5	2~6	1.5~5	5~10	5~15
25	142.6	2000-01-04	15.2	24.8	01-08	2.0	2~6	1.5~5		

3.2 混凝土坍落度及含气量

在混凝土浇筑仓面实测的坍落度为 3.2 cm 左右,最大 4.1 cm,最小 2.5 cm.含气量为 3.8%~4.1%.混凝土泌水和离析很小,粘聚性好.

3.3 面板温度

在 9 号、11 号、13 号、17 号、25 号 5 块面板中心和表面各布置了 2 支温度计,分别测量中心和表面温度变化.温度实测统计资料见表 4.

面板属薄板结构,水化热升温时间短,达到最高温度峰值的时间为 1.5~2.0 d,且很快下降,尔后随气温波动.

面板在降温过程中,其中心温度在大多数情况下高于面板表面温度.面板及时保温保湿非常重要.从表 4 可见,面板表面温度高于外界气温 2~6℃,特别在 1999 年 12 月 20~24 日气温骤降,从 11℃降到 -4℃时,面板表面温度高于外界气温 2~5℃.第 15 号面板于 1999 年 12 月 18 日浇筑,在混凝土降温

过程中,遇到气温骤降,采取措施后,面板表面温度始终高于外界气温 5~10℃,有效地避免了早期裂缝.

3.4 面板混凝土裂缝调查

先后于 1999 年 12 月 26 日、2000 年 1 月 13 日及 2 月 27 日、3 月 20 日、4 月 20 日、5 月 12 日,对面板不同龄期混凝土进行 6 次实地调查.调查结果表明,在面积为 9281 m² 的面板上,均未发现裂缝,说明西主坝面板混凝土具有较强的抗裂性能,施工防裂措施效果良好.

参考文献:

- [1] 司洪洋.混凝土面板堆石坝的监测性态[A].见:中国混凝土面板堆石坝十年学术研讨会论文集[C].北京:中国水力发电工程学会,1995.
- [2] 蒋国澄.混凝土面板坝工程[M].武汉:湖北科学技术出版社,1997.

(收稿日期:2003-03-18 编辑:傅伟群)

(上接第 19 页)进行排污口优化计算,可得目标费用函数 $Z = 40354.89$ 万元,各排污口处理率如表 2 所示.

表 2 排污口优化计算结果

所属地区	排污口名称	处理率	入河排放量/(t·a ⁻¹)
北 河	北 河	0.30	352.8000
小清河	小清河	0.99	0
襄 樊	3542,米公路,邵家巷	0.66	2326.9880
襄 樊	闸 口	0.60	5210.8000
襄 樊	湖北制药厂	0.99	0
钟 祥	蜜 河	0.99	0
钟 祥	磷肥厂	0.26	9611.3960
竹皮河	竹皮河	0.92	328.2214

除表 1 之外的其余各排污口均采用直排,处理率为 0.

2.5 结果分析

把计算结果代入水质模型中验证,结果如图 1 所示.从图中可以看出整条河流水质计算结果符合水体功能要求,故该优化结果是可靠的,该模型是可用的.

3 结 论

应用排污口最优化理论建立汉江中下游水污染控制规划模型,同时结合分段线性化和线性规划理论求解该模型,该模型简单、实用,可应用于汉江中下游多

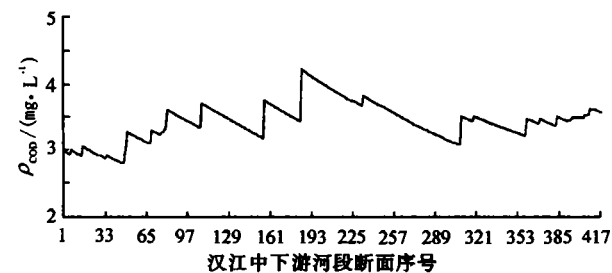


图 1 COD 质量浓度曲线分析

种水文水质,以及各种水体功能目标条件下的排污口优化计算.通过实例计算可以看出该模型计算结果可靠稳定,能为决策者提供一个可靠而经济的参考方案.

参考文献:

- [1] 韦鹤平.环境系统工程[M].北京:中国环境科学出版社,1995.
- [2] 刁在筠,郑汉鼎,刘家状,等.运筹学[M].北京:高等教育出版社,2001.
- [3] 王富廉.工业废水和城市污水处理经济手册[M].北京:清华大学出版社,1992.
- [4] 曹瑞钰,顾国维.水环境治理工程费用优化模型[J].同济大学学报,1997,25(5):548~552.

(收稿日期:2002-08-31 编辑:熊水斌)