预防岩基水闸底板裂缝的措施

李运昌[1],吴新民[2]

(1.赣榆县水利局,江苏 赣榆　222100;2.连云港市水利规划设计院,江苏 连云港　222000)

摘要:在小塔山水库主坝溢洪闸建设过程中,为了最大限度地减少底板裂缝的数量,减小裂缝宽度,通过对老溢洪闸底板裂缝成因分析,针对性地从地基处理、合理设置伸缩缝、配置适量钢筋、选用新型混凝土抗裂材料、降低混凝土水化热以及加强施工期质量控制等方面采取措施,取得了良好效果.工程结束两年多来,经有关部门检测,未发现裂缝.

关键词:水闸底板;底板裂缝;裂缝成因;裂缝预防措施

中图分类号:TV662+.1　　文献标识码:A　　文章编号:1006-7647(2005)S1-0084-03

1　工程概况

小塔山水库建于 1959 年,库区面积 40 km^2,总库容 2.8×10^8 m^3,为大(2)型水库.1959 年建设的原主坝溢洪闸闸基处于破碎断裂带的风化基岩上,在运行过程中,10 孔闸底板均出现贯穿性断裂缝.闸基处于塔山 F_3 破碎断裂带的风化基岩上,过去由于建设施工中采用大爆破法进行石方开挖,致使底板下基岩局部破碎并产生多道爆破裂隙.溢洪闸底板为 0.5 m 厚 110 # 素混凝土,浇筑底板时,未作地基处理.溢洪闸建成后不久,10 孔闸底板中部陆续出现顺水流向裂缝.经检测,缝宽多为 1 ~ 3 mm 左右,最宽处达 6 mm.经委托勘探部门采取钻芯检查,发现底板已断裂.因此,水库多年来一直降低蓄水高度和降级运行.为确保水库防洪安全,经上级主管部门批准,溢洪闸于 2002 年 10 月拆除重建.

2　裂缝成因分析

底板出现裂缝是岩基上水工建筑物较为常见却又较难处理的一种病害,裂缝的存在会降低混凝土的抗渗性和抗冻性,影响工程的耐久性和安全性,必须引起重视.按出现位置主要分为表层发丝缝、深层或贯穿缝.按其成因主要有混凝土的早期裂缝、温度和干缩裂缝及外荷载引起的裂缝[1].

早期裂缝是混凝土在凝结过程中产生的裂缝,它可能是由于混凝土拌和物中骨料的沉降受到钢筋的阻碍而产生的沿钢筋方向的表面裂缝,也可能是由于混凝土养护时,表面水分蒸发速度超过了混凝土的泌水速度而造成混凝土内外的不均匀收缩,引起混凝土表面开裂,形成鸡爪状的表层裂缝,或称龟裂.裂缝形状通常不规则,在表面薄弱处就会有皱形裂缝,在较长的板体上会有条形裂缝.早期产生的各类裂缝都会逐渐加深发展,从而影响结构的耐久性及建筑物的防渗安全.该种类型裂缝可以通过对混凝土拌和物的控制以及改善早期养护条件加以预防.

温度和干缩裂缝主要是混凝土结硬后,因温度变化和混凝土干缩引起的体积变形受到内部或外部的约束而产生的裂缝.如果外界约束较大,容易产生贯穿性裂缝.这种裂缝由于影响因素较多,预防控制比较困难.水库老溢洪闸底板处于基岩上,底板混凝土因温度变化和混凝土干缩引起体积变形时,受到基岩的约束很大,而底板又未配置钢筋,不能有效地控制裂缝宽度,因此在底板中部发生顺水流方向的贯穿裂缝,从而对结构产生破坏作用.

外荷载引起的裂缝,是指荷载作用下引起的裂缝.通常发生在轴心受拉或小偏心受拉构件中,可以通过配制钢筋加以预防.

由于闸底板几乎不存在轴心受拉或小偏心受拉,所以在新闸底板施工中应重点预防早期裂缝和温度及干缩裂缝.针对岩基上底板裂缝成因的分析,在工程建设过程中,从地基处理、合理设置伸缩缝、配置适量钢筋、选用新型混凝土抗裂材料、降低混凝土水化热、加强施工期质量控制等多方面采取措施,可以降低裂缝产生的几率.

作者简介:李运昌(1971—),男,江苏赣榆人,工程师,从事水利工程规划设计及建设管理工作.

3 工程建设中预防措施的采用

3.1 风化破碎岩基处理

根据地质勘察成果，老闸底板以下约 0.5 m 厚为强风化碎斑岩，岩石多破碎或成碎屑．该层以下岩石风化程度较上层轻，属弱风化岩，呈斑状结构或块状构造．在拆闸和重建新闸时，闸基石方严禁采用大孔径爆破法开挖，并预留 0.2 m 厚的岩体保护层采用人工风镐开挖，尽量减少施工对岩基的破坏．基础开挖到位后，根据现场施工地质勘察资料，进一步对闸底板基础局部张性裂隙作适当超挖，对断层破碎带，在一定范围内将破碎部分挖除，用混凝土回填，以改善底板受力条件．

3.2 设置伸缩缝

由于该闸底板长期露天，受温度变化影响较大．据统计，该地区 1 月份最冷，月平均气温 －10℃，日极端最低气温 －19.5℃（1969 年 2 月 6 日）．七八月份最热，月平均气温分别为 26.3℃和 26.1℃，日极端最高气温 39.9℃（1955 年 6 月 19 日）[2]．由于该地区一年中平均最大气温差达 36.3℃，底板发生温度裂缝的几率相应加大．在闸室布置时，为了预防温度裂缝产生，底板设置伸缩缝．根据规范[3]，闸底板长期露天，基础为岩基时，伸缩缝的最大间距不超过 20 m．因此，溢洪闸闸室结构布置为：溢洪闸共分 4 孔，单孔净宽 8 m；闸室顺水流向长 14.5 m，底板宽 36.42 m，厚 1.2 m；底板中间顺水流向设一道伸缩缝，缝内设水平紫铜片止水．

3.3 配置适量钢筋

闸底板经过受力计算，所配受力钢筋量极少，配筋率小于 0.1%．为了将混凝土温度裂缝宽度控制在允许范围之内，根据规范[3]，“基岩约束底面受力的底板，应在板顶面配置钢筋网，每个方向的配筋率宜为 0.1%，但每米配筋不多于 5 根直径为 16 mm 的钢筋．”所以，该闸底板布置纵横向间距均为 20 cm、直径为 16 mm 的钢筋网．

3.4 添加新型混凝土抗裂材料

由于配置钢筋只能起到控制混凝土裂缝宽度的作用，不能从根本上提高混凝土的抗裂性．为此，根据本闸实际情况，经分析、比选，决定在新建的溢洪闸底板中添加聚丙烯抗裂防渗纤维来提高混凝土的抗裂性能．该种纤维是一种以 100% PP 原胶为原料的高强聚丙烯束状单丝纤维，不吸水，具有较强的抗酸碱、抗盐腐蚀作用．纤维混凝土抗裂试验结果表明：混凝土中掺入聚丙烯纤维后，28 d 内的干缩量比普通混凝土减少 5% ～7%；其开裂系数（以裂缝宽度为衡量标准）比不掺纤维的减少 58%；极限拉伸率比普通混凝土高 6% ～16%，弹性模量低 5% ～15%，而韧性指数高 21% ～35%．聚丙烯纤维混凝土的这种低弹性模量和高极限拉伸率说明其变形能力优于普通混凝土，因而能起到一定的抗裂作用．

目前国内市场上聚丙烯纤维的种类较多，主要区别在于纤维的粗细上，在同等纤维掺入量情况下，纤维越细，混凝土中的纤维根数就越多．本次选用的纤维直径为 18 μm，按 0.6 kg/m^3 掺入量计算，在每立方米混凝土中纤维的数量可达到 1.35 亿根．这些数量巨大的纤维在混凝土内部构成一种均匀的三维乱向的支撑体系，可以有效地防止表面塑性干缩缝的形成，在混凝土硬化阶段由于纤维的阻挡作用，可降低裂缝深度及向上延伸的长度，从而产生有效的阻裂效应．混凝土中掺入该种纤维，不需改变混凝土的配合比．为了使其在混凝土中分布均匀，当采用强制式搅拌机拌和时，只需将混凝土拌和时间延长 2 min．

3.5 掺入粉煤灰，降低水化热

为了降低水化热，可在混凝土中掺入少量粉煤灰．由于粉煤灰本身的水化反应很慢，当掺入粉煤灰后，可以使水化反应的减速期、稳定期延长，混凝土的温度上升速度减慢，延长散热时间，从而起到防裂作用．

据有关资料显示，在混凝土中掺入 20% 的Ⅰ级粉煤灰，并添加 0.25% 的常用减水剂木钙后，其 1 d，3 d，5 d，7 d 的水泥水化热分别相当于基准水化热的 28%，68%，80% 和 90%．掺入粉煤灰能有效地降低混凝土的水化热，减低水化热峰值，延缓峰值发生时间．同时，粉煤灰在混凝土中还可起到增大混凝土流动性、减少泌水、改善和易性、提高混凝土密实性的作用．

由于粉煤灰活性较低，在取代水泥时，混凝土早期及 28 d 龄期强度会有所降低，但随着龄期延长，掺粉煤灰混凝土强度可逐步增强．为了保持混凝土 28 d 强度不变，施工中采用超量取代法，即粉煤灰的掺入量大于所取代的水泥量，多出的粉煤灰取代同体积的砂，混凝土中石子、用水量基本不变．本工程粉煤灰掺入量为 15%，超量系数取 1.2．

3.6 加强施工期质量控制

施工期的质量控制对防止混凝土裂缝的产生至关重要．溢洪闸底板混凝土施工过程中对施工材料、施工方法、施工工艺等方面亦采取了较多的控制措施．

在材料方面，通过对附近砂石材料场进行实地调查、比较，选用质地优良、级配适宜的骨料，并严格控制黄砂及石子的含泥量，水泥则全部采用国家免检产品．

采用泵送方式输送混凝土时，混凝土的塌落度一般在 14 ～16 cm 左右．而采用常规方式运输，混凝土塌落度一般在 5 ～7 cm 左右．因此，在水灰比一定

的情况下，采用泵送方式，混凝土需较多地增加水泥用量．而水泥用量越多，混凝土凝固时产生的水化热就越多，不利于防止混凝土裂缝的产生．为此，施工中混凝土拌和物采用了机动翻斗车运输．

底板混凝土浇筑过程中，按规定坯厚均匀浇筑，认真平仓，以保证混凝土密实、均匀．浇筑完成后，采用轻型真空吸水设备，对表面混凝土进行真空吸水处理，以吸出混凝土中的游离水和气泡，达到降低水灰比、提高混凝土早期强度的目的．

底板浇筑完成后，突遭寒流袭击（夜间最低气温降至 -12℃）．为防止新浇混凝土受冻而造成强度损失，立即在仓面搭设暖棚，棚内生火炉，并加设碘钨灯，使仓内温度保持在 5℃左右．混凝土表面采用两布一膜土工布覆盖，并在其上部及模板四周再加覆 2 层草帘，对底板混凝土进行保温、保湿养护．

4 结 语

小塔山水库溢洪闸底板，其底部为基岩，对底板的约束作用较强，再加上在冬季气温较低的条件下施工，极易产生裂缝．但在实施过程中，经各参建单位的共同努力，采取多种行之有效的预防措施，最终取得了良好的效果．从施工结束到现在 2 年多时间，经省水利工程检测站初步检测，未发现裂缝．这说明，只要结合建筑物特点，认真仔细地分析裂缝产生的原因，有针对性地采取措施，可以尽量避免裂缝的产生，或将其控制在允许范围之内，从而大大提高水工建筑物的安全性、耐久性，对水利工程综合效益的充分发挥具有重要意义．

参考文献：

[1] 华东水利学院，大连工学院，陕西机械学院，等．水工钢筋混凝土结构学[M]．北京：水利电力出版社，1983：144．

[2] 赣榆县水利史志编纂委员会．赣榆县水利志[M]．北京：方志出版社，2000：72．

[3] SL/T191-96，水工混凝土结构设计规范[S]．

（收稿日期：2005-07-06　编辑：高建群）

（上接第 78 页）总渗漏量为 1 421.79 m^3/d，其中坝体、坝基、绕坝渗漏量分别为 20.13 m^3/d，281.70 m^3/d 和 1 119.96 m^3/d，分别占渗流总量的 1.42%，19.91% 和 78.77%．由此看出，经帷幕灌浆后渗透量减少 99%．

4 结 语

通过对云龙水库大坝选取二维、三维渗流计算得知：

a．黏土防渗心墙与垫层接触局部地区渗透坡降仍较大，应做好反滤层设计．

b．主要渗漏来自于坝基渗漏和绕坝渗流，心墙渗漏较小，因此帷幕灌浆防渗处理在整个工程中至关重要，防渗帷幕的质量优劣对坝基渗流控制起决定性的作用，在施工阶段一定要严抓施工质量，保证工程安全运行．

c．大坝心墙混凝土垫层下设置铺盖固结灌浆层可将原在混凝土垫层与基岩接触面上产生的最大水力坡降移到固结灌浆层底部，增加岩体盖重，解决混凝土垫层较薄、与基础接触面上作用水头压力较大而灌浆压力不宜过大、难以灌好的缺陷．此外，固结灌浆与混凝土垫层一起可将基岩与土质防渗体分开，防止接触冲刷．

d．大坝左岸坝肩防渗帷幕延伸 52 m，虽然未能到达正常蓄水位与相对隔水层界线或地下水位交点，但经三维渗流分析，防渗帷幕以外范围的渗流量较小，大坝下游岸坡山体不存在渗透变形问题，防渗及渗透坡降满足要求．

e．大坝、坝基及绕坝渗流的渗流量不大，大坝整体年渗漏量为 5.18×10^5 m^3，不到掌鸠河多年平均产水量的 0.2%，占水库总库容的 0.107%．

云龙水库坝址区地质条件复杂，对大坝的渗流与渗透稳定关键性技术问题采用二维、三维渗流计算，能客观地反映坝址区渗流的情况．工程施工过程中，聘请第三方进行质量检查，确保了灌浆施工质量．云龙水库于 2004 年 3 月 1 日下闸蓄水，从大坝安全监测仪器资料显示，水库各项技术指标均在设计控制范围内，说明大坝基础防渗设计较切合实际．

参考文献：

[1] 张树洪．昆明市掌鸠河引水供水工程水源工程（云龙水库）技施设计·大坝坝基渗漏及绕坝渗漏问题工程地质专题勘察报告[R]．云南省水利水电勘测设计研究院，2001．

[2] 龚玉峰，周钊兵．昆明市掌鸠河云龙水库三维渗流计算分析[R]．武汉大学，2004．

[3] 苏卫强．昆明市掌鸠河引水供水工程水源工程（云龙水库）灌浆设计专题报告[R]．云南省水利水电勘测设计研究院，2001．

（收稿日期：2005-02-04　编辑：高建群）