

金盆水利枢纽泄洪洞(塔)混凝土裂缝的处理及预防措施

何 刚 孙发红

(陕西工程管理局集团公司第三工程公司 陕西 咸阳 712000)

摘要 通过对金盆水利枢纽泄洪洞混凝土裂缝的分析,指出产生裂缝的主要原因是由于温度、混凝土收缩、内外温差等多种因素的综合作用,提出针对不同类型的裂缝采用不同的处理措施,即表面封闭处理工艺或化学灌浆处理工艺,并提出严格控制混凝土的浇筑温度和水化热温升,增强混凝土表层的抗拉强度,加强养护措施等预防裂缝的措施。

关键词 泄洪洞 混凝土裂缝 处理工艺 预防措施

中图分类号:TV651.3

文献标识码:B

文章编号:1006-7647(2002)07-0043-02

金盆水利枢纽是西安市黑河引水的水源工程,是一项以城市供水为主,兼有农田灌溉、发电、防洪等综合效益的大型水利工程。泄洪洞洞身沿洞轴线方向呈二次抛物线,泄洪洞衬砌断面为城门洞型,断面尺寸 $10\text{ m} \times 13\text{ m}$ (宽 $\times$ 高),洞底最大坡度 26.6° ,洞内最大流速 $30\text{ m}^3/\text{s}$,泄洪塔位于泄洪洞进口,塔高 55 m ,外缘尺寸 $17\text{ m} \times 25.4\text{ m}$,设计混凝土量 $19\,340\text{ m}^3$ 。

泄洪洞(塔)过水面均属高速水流区,对混凝土强度、抗冲、耐空蚀等都具有较高的要求。因此泄洪洞侧墙、底板及泄洪塔导水墙设计均采用 500 号混凝土,外加剂采用 HF 耐磨粉。在泄洪洞(塔)开始浇筑的 11 块混凝土成型脱模后,发现有 24 条不同程度的裂缝。除泄洪塔第 7 浇筑块右侧弧门闸槽附近一条裂缝较大外(长 4.5 m ,缝宽 $1.0 \sim 1.7\text{ mm}$,深 $8.3 \sim 26.6\text{ cm}$),一般裂缝深度均在 10 cm 以下,裂缝宽度 $0.1 \sim 1.0\text{ mm}$,均属表层温度干缩裂缝,对泄洪洞(塔)的结构没有影响,可保证安全运行。

1 裂缝产生的原因

从泄洪洞(塔)混凝土裂缝的统计情况分析可知,产生裂缝的主要原因如下:

a. 环境温度的影响。泄洪洞(塔)混凝土的施工正值盛夏,外界气温高达 $28^\circ\text{C} \sim 36^\circ\text{C}$,在高温季节施工,未采取严格的温控措施是产生裂缝的重要原因。

b. 配合比因素。混凝土设计标号高,配合比设计水泥用量大,导致水泥水化热温升最高达 75°C ;水灰比和坍落度大,也是一个重要因素。

c. 结构设计因素。泄洪洞(塔)按设计分缝分块,最小浇筑块为 230 m^3 ,最大浇筑块为 580 m^3 ,而在设计时未设计温度应力筋,使得混凝土在水化热的作用下产生对混凝土的温度应力,混凝土在后期降温收缩时,产生的拉应力大于混凝土的抗拉强度而产生裂缝。

d. 外加剂因素。HF 耐磨粉在黑河工程中尚属首次使用,其性能不稳定,在混凝土中掺入了耐磨粉后,更易产生裂缝。

总之,在高温季节,高标号水泥和过多的水泥用量,将导致过高的混凝土温升,并与外界气温产生较大降温差,混凝土温度收缩应力超过其抗拉强度,因而产生了裂缝。

2 裂缝的处理

泄洪洞(塔)出现的裂缝按其发生的部位、成因及性质归类,属表面裂缝,其裂缝的形态与分布很不规则,且裂缝的宽度、深度较小,主要是由于混凝土的内外温差及养护不善造成的,其危害不大。

按缝宽界限来确定裂缝处理方案,要根据结构物对混凝土的耐久性(即结构所处的环境)及工程的重要程度等因素综合考虑。一般来说,当结构物处于较恶劣的环境(如水位变化区或有侵蚀性地下水的地下环境)以及结构物对混凝土的耐久性要求较高时,混凝土产生的裂缝缝宽大于 0.2 mm 时必须进行处理。对小于 0.2 mm 的表面裂缝一般不必修补处理。

2.1 裂缝处理方案

综合国内外资料及裂缝限裂宽度补强标准,泄

洪洞(塔)混凝土裂缝的处理按以下方案进行:①A形裂缝:裂缝宽度小于0.2 mm,不做处理。②B形裂缝:裂缝宽度在0.2~0.5 mm,用丙乳砂浆进行表面封闭处理。③C形裂缝:裂缝宽度大于0.5 mm,采用表面封闭加化学灌浆的方法处理。

2.2 裂缝处理措施

对泄洪洞(塔)出现的混凝土裂缝进行统计,结果如下:①A形裂缝共17条,总长32.8 m;②B形裂缝5条,总长15.2 m;③C形裂缝2条,总长8.7 m。

2.2.1 表面封闭处理工艺

表面封闭处理工艺适用于B形裂缝。

a. 材料性能及要求。丙乳是南京建筑科学研究院生产的一种水泥砂浆及混凝土聚合物的改性剂,全称为“丙烯酸酯共聚乳液聚合物”。丙乳砂浆是由丙乳基液按一定比例加入水泥和砂后制成,是一种新型的修理、防渗、抗渗材料,具有优异的粘结、抗裂、防渗、抗冻、防腐、耐老化等性能,且无毒性,对环境及施工人员无危害,在潮湿面可直接施工。砂浆在拌制时,采用525号新鲜普通硅酸盐水泥。对混凝土表面有配色要求的,采用425号硅酸盐白水泥。砂用干净的天然砂,过2.5 mm筛。

b. 砂浆拌制。砂浆采用人工拌和,拌和量根据施工能力而定,勤配勤用,配制好的砂浆在30 min内用完,并用专用容器盛放。

丙乳砂浆配合比为水泥、砂和丙乳之比为1:(1~1.5):(0.25~0.35),水按砂浆稠度酌情试加。

c. 凿V形槽。以裂缝为中心,凿宽6~8 cm,深4~6 cm的V形槽。

d. 基面处理。用钢丝刷清除混凝土表面及槽内的浮尘、杂物、松动物,并用水冲洗干净,使其表面干净,无积水,并形成微毛面。

e. 槽内基面涂水泥净浆液。对处理好的槽内基面湿润,用水泥、丙乳之比为1:0.5的纯丙乳水泥浆打底,涂刷层薄而均匀,稍干约10 min,即可进行丙乳水泥砂浆填压施工。

f. 丙乳砂浆填缝。将新拌制的丙乳砂浆分段压填V形槽内,用力压抹,力求一次抹平,避免反复抹面。因丙乳砂浆具有快凝特性,因此以上操作要快,在抹光前先刮平。

g. 在填缝完成约40 min(以丙乳砂浆终凝时间为准),用手提磨光机对修补面及混凝土相邻面轻轻打磨使其平整。

h. 养护。表面抹完丙乳砂浆后1~2 h,进行喷雾或表面覆盖保温养护7 d。

2.2.2 化学灌浆处理工艺

化学灌浆处理工艺适用于C形裂缝。

a. 化学灌浆材料。采用南京建筑科学研究院生产的可灌性好,抗压、抗拉强度高,粘结性好、化学性能稳定、流动性好的EA改性环氧灌浆材料。

b. 灌浆工艺。①凿V形槽及基面处理方法和丙乳处理方法一致;②在V形槽内以裂缝为中心,用电锤打孔,孔径16~25 mm,孔距0.6~1.5 m,孔深不小于10 cm,孔打好后,使用缠有棉纱的钎子沾水,将孔内浮渣等杂物清洗数遍,至干净为止,并将孔内余水排出;③使用 $\varnothing 10$ 塑料软管长约0.6 m,将一端缠约4 cm棉纱,外包一层胶布,用钎子将管牢牢地固定在灌浆孔中,同时塑料管距底部要预留一定空隙,外设回浆管与埋管形成回路;④丙乳砂浆封缝后约12 h,就可以进行化学灌浆,将EA灌浆材料的A及B组分按4.9:1重量比称量后混合,装入灌浆泵内进行化学灌浆作业,灌浆顺序一般从低到高,灌浆压力不大于0.2 MPa。

c. 灌浆结束标准。①对于裂缝长度小于2 m的裂缝,从低处第1孔开始压入浆液,当第二孔的灌浆管冒浆后,可将此管弯折后,用扎丝扎紧,继续依次灌完剩余孔;②对于长度大于2 m的裂缝。如在0.2 MPa的恒压下,吃浆量小或不吃浆,继续恒压5 min,结束该孔的灌浆,并用扎丝将管扎紧,更换至新的灌浆孔,然后用0.2 MPa的压力循环灌完所有孔。

灌浆结束后,立即用丙酮清洗灌浆泵及称量容器。

3 裂缝的预防措施

通过对早期浇筑成型的11块混凝土产生裂缝的原因分析,在随后浇筑的混凝土中采取了以下预防措施:

a. 严格控制混凝土的浇筑温度。①对拌和站混凝土骨料搭设凉棚,洒水降低骨料温度;②用加冰的办法,将拌和用水的温度从19℃~21℃降为0℃~5℃;③为避免混凝土在运输、入仓过程中的温升,对溜槽、皮带机等入仓设施搭设遮阳棚,用无纺布包裹混凝土搅拌运输车罐体,并喷水降温。

b. 控制混凝土水化热温升。①使用发热量低的中、低热水泥替代同标号普通水泥,以降低水化热温升;②改善骨料级配,调整混凝土配合比。将500号高强混凝土级配由原来的二级配、坍落度14~16 cm调整为三级配,坍落度7~9 cm,混凝土入仓方式由原来的混凝土泵输送改为皮带机、溜槽入仓,从而减少水灰比,减少水泥用量,降低水化热温升;③在混凝土内按0.8 m间距埋设循环冷却水管,以降低水化热温升。

(下转第48页)

复上下搅拌→清洗→移位进行下一根桩的施工。

c. 采用多头小直径深层搅拌桩成墙, 钻孔垂直度偏差小于或等于 0.5%, 钻孔 12.6 m 高程以上段用黏土回填夯实。

d. 相邻桩施工间隔时间超过 24 h 时, 需进行接头处理, 具体方法为待工程完工 15 d 后, 用直径为 150 mm 钻机造孔并灌注水泥砂浆连接。

e. 根据以往类似工程施工经验, 进行现场生产性工艺试验, 确定水灰比(浆液水灰比一般可为 0.5~0.8)和水泥掺入比(黏性土为墙体土重的 7%~12%, 砂性土为 10%~15%)。

f. 为了使喷浆量适宜, 需确定合理的输浆档位和搅拌头提升(下沉)速度, 一般搅拌头提升速度控制在 0.3~0.5 m/min, 下沉速度控制在 0.4~0.7 m/min。

3 质量检验

a. 选择典型断面, 在堤身及堤基埋设测压管(距墙体上游 2.5 m, 距墙体下游 5.5 m 各设 1 根), 观测墙体两侧水位, 以便评定截渗墙的截渗效果。

b. 截渗墙在成墙后 15 d, 按每 100~200 m 在墙的下游开槽检查一次, 其深度不小于 1.5 m, 纵向长 5 m, 观察成墙质量, 检查搭接和墙体倾斜情况, 测量两桩之间最大、最小搭接距离, 搭接距离小于设计值的墙段应采取有效补救措施。

(上接第 44 页)

c. 增强混凝土表层的抗拉强度, 鉴于裂缝均因混凝土表面温度梯度大(混凝土内部温度达 75℃, 外部温度 33℃~36℃), 沿水平方向在原分布钢筋再加一根 $\varnothing 12$ 的分布钢筋, 同时为了增强表面混凝土的抗拉强度, 防止表面裂缝, 在混凝土保护层中(距模板 10 cm)加入钢纤维, 以增强表层素混凝土的抗拉强度。

d. 加强养护措施, 加强混凝土养护, 在混凝土拆模后采用喷淋保湿法养护, 养护时间延长至 28 d, 养护水采用冷却水管排出的温水进行养护, 以减小内外温差。

4 结 语

泄洪洞(塔)在最初施工过程中出现的裂缝, 属表面温度干缩裂缝, 虽然裂缝对其结构及实际应用不会产生影响, 但影响建筑物的外形美观。因此, 认真分析产生裂缝的原因, 及时采取预防措施, 对于在高温条件下高标号混凝土在施工中容易出现的裂缝实施有效控制措施, 使泄洪洞(塔)混凝土表面光滑平整, 外形美观, 达到了预期的目的。

(收稿日期 2002-02-06 编辑 张志琴)

c. 在桩养护到 28 d 龄期后, 采用钻孔抽芯取样采集适当墙体样品(可在墙端部取)做试块单轴抗压强度、渗透性室内试验。

d. 现场围井渗透试验, 围井渗透试验与现场生产性工艺试验相结合, 围井为 0.8 m×0.8 m 正方形, 底部达堤基下弱透水层内 1 m, 采用注水渗透试验。检测现场截渗墙体渗透系数试验时, 应记录相应的上游水位(巢湖水位)和下游水位(堤内沟塘水位), 注水试验需编写试验报告(附试验方法、照片、试验记录、渗透系数计算式及结果)。

e. 探地雷达检测, 为探测墙体质量(主要包括桩体完整性、连续性, 是否有缺陷等), 采用探地雷达检测, 沿墙中心线布测线, 全程检测, 垂直墙体在堤顶每 50 m 检测一墙身横断面。

4 结 语

巢湖大堤肥西县滨湖联圩段经 1999 年冬至 2000 年春采用土方加高培厚, 迎水面堤身浆砌块石护坡加混凝土罩面(设混凝土消浪坎两道), 多头小直径深层搅拌桩截渗墙等防浪防渗工程综合治理后, 2000 年、2001 年已安全度汛, 其汛期防洪能力大为提高, 防渗效果非常显著。

(收稿日期 2002-06-03 编辑 马敏峰)

(上接第 46 页)

2.5 灌浆、侧墙开挖和混凝土施工

在顶拱混凝土浇筑完毕后, 为提高顶拱承载力, 于侧墙开挖衬砌, 应及时对拱顶进行回填和固结灌浆。灌浆采用水泥灌浆, 灌浆过程中要注意随时观测。

顶拱处理完成后, 用装载机出渣, 分段安装模板浇筑侧墙混凝土。

3 结 语

金堆城西川河排洪洞发生的成型洞塌方, 采用超前锚杆的方法进行处理后, 已正常安全运行了 10 多年, 处理效果非常好。超前锚杆法处理塌方是一项比较可靠的施工方法, 在隧洞掘进施工过程中也可用此方法顺利穿越断裂等不良地质带, 保证隧洞顺利贯通。同时超前锚杆法处理塌方, 钢材消耗量大, 回收利用率不到 20%, 成本较大, 因此在隧洞掘进中应加强观测, 尽可能提早处理, 以避免大的塌方。

(收稿日期 2002-02-06 编辑 熊水斌)