

文章编号:1001-4179(2012)04-0046-03

# 德泽水库混凝土面板堆石坝趾板混凝土裂缝处理

戴乐军, 扬文龙, 余仲军

(长江勘测规划设计有限责任公司 工程建设与监理公司, 湖北 武汉 430010)

**摘要:**德泽水库大坝为混凝土面板堆石坝, 大坝的趾板建在弱风化岩基上, 趾板采用 C30W12F200 混凝土, 趾板在浇筑完成后经检查共发现有 62 条裂缝, 总长度达 169.64 m。为了对裂缝进行有效地处理, 详细分析了产生裂缝的原因, 并针对不同类型的裂缝采取不同的处理措施, 如 I 类裂缝用化学粘补材料进行修补, II 类裂缝采取先环氧砂浆钻孔灌浆、再粘补表面的方法修补。所有裂缝经处理后, 均达到防渗设计要求。

**关键词:**大坝趾板; 混凝土裂缝; 裂缝修补; 德泽水电站

中图分类号: TV543 文献标志码: A

## 1 工程概况

德泽水库位于云南北部曲靖市以南德泽乡的牛栏江上游 3 km 处。工程由混凝土面板堆石坝、左岸溢洪道、右岸泄洪隧洞、左岸发电放空隧洞及坝后电站等组成。水库最大库容为 4.48 亿  $m^3$ , 坝顶高程 1 796.3 m, 最大坝高 142 m, 坝顶长 386.9 m, 坝顶宽 12.0 m。大坝设计地震烈度为 9 度。

大坝趾板建在弱风化岩基上, 高程 1 653.9 ~ 1 715.0 m 段为 A 型趾板, 宽 10 m、厚 0.8 m; 高程 1 715.0 m 以上段为 B 型趾板, 宽度 8 m、厚 0.6 m。

趾板采用 C30W12F100 混凝土, 不设伸缩缝, 分块浇筑的接缝按施工缝处理, 缝内设膨胀止水条。

高程 1 653.9 ~ 1 700.0 m 段混凝土趾板于 2010 年 2 月 10 日开始浇筑, 2010 年 5 月 12 日完成。

2012 年 6 月 15 日, 参建各方对高程 1 700.0 m 以下趾板裂缝进行了调查, 共发现 62 条裂缝, 其中裂缝宽度小于或等于 0.2 mm 的裂缝 29 条, 总长度 124.4 m; 裂缝宽度大于 0.2 mm 的裂缝 33 条, 总长度为 45.24 m。

## 2 裂缝原因分析

### 2.1 气候条件

该工程所处流域除上游部分山区属北热带季风气

候外, 绝大部分地区属暖温带高原季风气候, 日温差大, 干湿季节分明, 由于地形起伏较大, 气候垂直变化明显, 河谷区气温高, 降雨量少, 河谷窄口处风速大。这些气候特点对趾板混凝土防裂极为不利。

### 2.2 地质条件

右岸桩号 K0+045 ~ K0+060 m 段在开挖过程中揭露出一条 2 m 宽的断层破碎带, K0+045 ~ K0+060 m 段趾板鼻坎在灌浆前发现 6 条裂缝, 裂缝间距均匀, 走向规律(平行于断层走向), 在固结灌浆施工过程中, 该部位的灌浆孔孔口处均未发现抬动裂缝存在, 由此推断, 裂缝可能是由于大坝填筑后地基不均匀沉降所引起。

### 2.3 混凝土水化热

通过现场对埋设混凝土内温度传感器的内部温度观测情况看, 混凝土内部温度一般在浇筑后 24 ~ 27 h 之间达到最高温值 44℃, 而环境温度一般在 10.5℃ ~ 25.1℃ 之间, 混凝土内部与周围环境温差较大, 随着混凝土表面温度受环境温度的影响下降, 混凝土内部与表面出现较大的温度梯度, 导致混凝土表面出现裂缝。

### 2.4 趾板未设置伸缩缝

《混凝土面板堆石坝设计规范》中明确规定, 位于基岩上的趾板, 应结合地形、地质条件, 设置必要的伸缩缝, 并和面板的垂直缝错开, 一般地段不分伸缩缝。

趾板地基最理想的应为坚硬、耐冲蚀性和可灌的岩基。

该工程河床段趾板虽然大部分位于弱风化基岩,但属于砂岩夹泥岩,且呈薄层状,强度低,并伴有断层破碎带。河床趾板没有设一条伸缩缝,全部为施工缝,且钢筋过缝,可能由此造成趾板局部应力集中,而出现变形裂缝。

## 2.5 帷幕灌浆的抬动

河床段为砂岩夹泥岩,可灌性好,基岩下 20 m 和 40 m 两处灌浆段吸浆量异常大,最大灌浆段单耗达 12 000 kg/m,复灌现象较普遍,产生抬动的可能性大。抬动观测孔深设置偏浅,只能观测到浅层基岩和盖重混凝土抬动。

河床段帷幕灌浆采取孔口封闭孔内循环的方法施灌,压力按孔深逐段递增,该部位是砂岩夹泥岩、薄层状(厚 20~30 cm)的地质结构,容易发生裂隙被击穿。采用逐段递增压力灌浆,会使岩层裂隙反复张开,水泥浆液在裂隙接触面重复沉淀结晶,从而造成深层的基岩缓慢抬动,在达到一定量后,产生趾板抬动并出现裂缝。

## 3 趾板混凝土裂缝处理

### 3.1 设计技术要求

缝宽小于或等于 0.2 mm 为 I 类缝,采用防渗复合板表面粘贴封闭方法处理。

缝宽大于 0.2 mm 为 II 类缝,先采用水溶性聚氨酯化学灌浆,后用环氧砂浆嵌槽处理,再结合防渗复合板表面粘贴封闭方法处理。

### 3.2 裂缝处理材料

裂缝处理材料采用杭州国电水利电力工程有限公司生产的防水处理材料,主要有:SR 找平层、SR 防渗保护盖片、HK-EP-1 弹性环氧、HK 弹性封边剂、KT1 浓缩剂、LW 及 HW 水溶性聚氨酯等。其中,翼边型 SR 防渗盖片作为混凝土面板坝常用的表层盖板,亦可用于混凝土表面裂缝修补处理。它的翼边和配套封边剂配套使用,可免于用扁钢对其压固。处理时,在 SR 防渗盖片两侧翼边上刮涂 HK 弹性封边剂,把 SR 防渗盖片两侧翼边粘结在混凝土基面上,封边宽度 > 5 cm。

### 3.3 裂缝处理作业流程

(1) I 类缝处理(缝宽度  $\leq 0.2$  mm)。处理流程为:安全防护→验收合格→裂缝两侧混凝土面清理和清洗→涂 SR 底胶→施工 SR 找平→粘贴 SR 防渗盖片→HK 封边处理(图 1)。

(2) II 类缝处理(缝宽度 > 0.2 mm)。处理流程

为:安全防护→验收合格→裂缝两侧混凝土面清理和清洗→灌浆孔划线定位→钻灌浆孔→冲刷灌浆孔→埋灌浆止水针头(外径 13 mm、长 10 cm,自闭管浆压力的专用灌浆止水针头)→冲洗裂缝→缝面 HK 封边剂封闭→浆液配制→低压灌浆→灌浆止水针头封堵(待固结)→凿“V”型槽→冲洗槽面→涂刷 KT1 浓缩剂→HK-EP-1 弹性环氧砂浆嵌缝槽→两侧表面清理和清洗→涂 SR 底胶→施工 SR 找平→粘贴 SR 防渗盖片→HK 封边处理(图 2)。

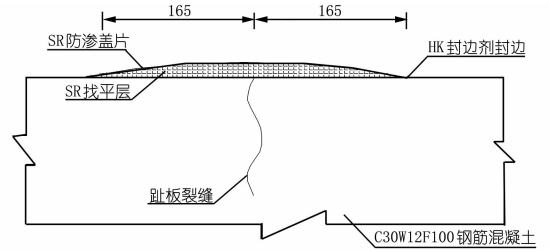


图 1 小于、等于 0.2 mm 裂缝表面粘贴封闭处理结构示意图(单位:mm)

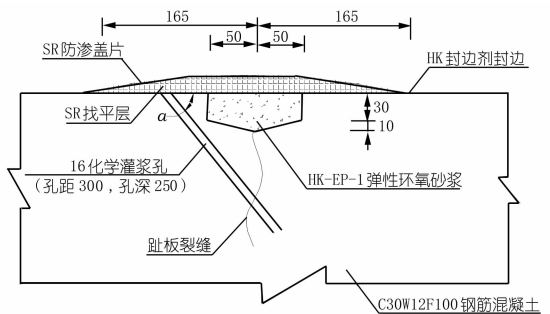


图 2 大于 0.2 mm 裂缝化学灌浆、表面粘贴封闭处理结构示意图(单位:mm)

### 3.4 I 类裂缝处理工艺

将裂缝两侧各 17 cm 范围内的混凝土表面用钢丝刷刷毛,除去松动浆皮及凸出部位,并将混凝土表面的油渍、浮土、灰浆皮及杂物清除掉,用湿棉纱将清理后的混凝土表面擦拭干净,晾干后立即进行下一道工序,以防止混凝土表面再次受污染。

对于局部不平整的混凝土表面(蜂窝麻面),需用弹性环氧砂浆(按弹性环氧砂浆施工方法施工)找平,或用磨光机打磨平整。待基础面干燥后,沿缝两侧各 17 cm 宽度范围内,均匀涂刷 SR 底胶,SR 底胶涂刷范围为待粘贴 SR 防渗盖片的混凝土面。SR 底胶晾干后,先用 SR 材料在底胶上做 SR 找平层,再进行粘贴 SR 防渗盖片,沿裂缝一端逐步向前挤压密实,排尽空气。SR 防渗盖片接头的搭接长度不小于 10 cm,最后用配套的 HK 封边剂封边处理。

### 3.5 II 类裂缝处理工艺

(1) 灌浆。根据裂缝情况对灌浆孔划线定位,沿

缝两侧 10 cm 位置,间隔 30 cm 用电锤交错打斜孔,倾角  $45^{\circ} \sim 60^{\circ}$ ,孔径 16 mm,孔深 25 cm,使其穿过缝面。

当一条缝打孔完成后,用高压风对其孔内粉尘进行吹孔,吹孔完成后埋设灌浆止水针头。将裂缝表面清洗干净,沿缝面均匀涂刷宽 50 mm,厚 3 mm 的 HK 封边剂,保证缝面封闭,避免浆液外漏。依次对灌浆止水针头进行压水试验,压力 0.3 MPa,观察裂缝表面封堵是否严实,裂缝是否连通。

浆液配置: LW:HW = 30:70;根据缝宽情况,细缝可适量加入稀释剂丙酮 (<5%)。各组成部分加入顺序: LW→HW→稀释剂,按顺序加入后,搅拌均匀,随配随用。

水平方向分布的孔逐孔依次灌浆,垂直方向分布的孔自下而上灌浆。灌浆压力 0.3 MPa,当邻孔出浆后,维持 0.3 MPa 压力 3 min 为止。

浆液固化 72 h 后,去除灌浆嘴,再进行凿槽和表面封闭处理。

(2) 凿槽、嵌弹性环氧砂浆。沿裂缝走向凿 10 cm × 3 cm (宽 × 深) 的“V”型槽,裂缝位于槽底部,清除松动混凝土渣及污渍,并对凿除部位进行清洗,清除积水。

沿裂缝均匀涂刷 KT1 浓缩剂,涂刷宽度为裂缝两侧各 25 mm。

在槽内混凝土面涂刷 HK-EP-1 弹性环氧基液,然后嵌填 HK-EP-1 弹性环氧砂浆,振捣密实,砂浆表面抹平。

(3) 表面封闭处理。同 I 类裂缝处理工艺。

### 3.6 质量检查

趾板裂缝化学灌浆达到强度后,采用混凝土取芯机抽样钻孔取芯检查灌浆充填效果,从芯样看,灌浆充填饱满,灌浆效果良好。

表面封闭粘贴的 SR 防渗盖片及 SR 找平层,现场检查,具体做法为一看、二按、三剥离。经现场抽检,所有 SR 防渗盖片及 SR 找平层粘贴紧密,达到表面封闭效果。

裂缝处理完成后,建设单位、设计单位、监理单位及施工单位现场进行了全面检查,效果良好,达到了设计要求的防渗堵漏效果。

## 4 结语

(1) 考虑气候条件及混凝土水化热影响,趾板混凝土浇筑后应及时覆盖保温并加强养护。

(2) 对于地质条件较差或不能落在弱风化基岩上的趾板段,应考虑设伸缩缝。

(3) 对于地质条件差,需要深挖置换的部位,为避免不均匀沉降对趾板造成破坏,宜在置换起点或终点设伸缩缝。

(4) 宜加深灌浆抬动观测孔,确保在帷幕灌浆过程中,能有效观测抬动情况。

(5) 关于帷幕灌浆压力递增可能引起趾板抬动的问题,宜从固定孔深后直接按终孔压力施灌,避免裂隙反复被击穿而引起抬动。

(编辑:赵凤超)

## Treatment of concrete crack of toe slab of CFRD of Deze Reservoir

DAI Lejun, YANG Wenlong, YU Zhongjun

(Construction and Supervision Company, Changjiang Institute of Survey, Planning, Design and Research, Wuhan 430010, China)

**Abstract:** The toe slab of the concrete faced rockfill dam (CFRD) of Deze Reservoir, using the concrete C30W12F200, is built on weakly weathered rock foundation. After grouting, 62 cracks were found on toe slab with a total length of 169.4 m. To treat these cracks, their causes were analyzed and different treatment measures were adopted for different crack types; for type I crack, chemical bonding material was used for concrete patching; for type II cracks, epoxy mortar was used for drilling grouting and then the surface was patched by bonding material. The seepage prevention effect is satisfying after the treatment.

**Key words:** dam toe slab; concrete crack; crack mending; Deze Reservoir

维 护 健 康 长 江

促 进 人 水 和 谐