

# 混凝土面板堆石坝趾板混凝土裂缝预防及处理

叶南普

中科标禾工程项目管理有限公司 四川 成都 610000

**摘要:** 混凝土面板堆石坝是以堆石(砂砾)料分层填筑压实,以此作为坝体受力支撑结构,并在其上游设置防渗体系(如采用面板混凝土、趾板混凝土与坝基帷幕灌浆等)的坝型。连接坝基防渗体与面板的混凝土板称为趾板。作为大体积的堆石坝体趾板混凝土施工过程中难免会产生裂缝,对有害裂缝(如宽度大于0.2mm的裂缝或判定为贯穿性的裂缝),应按要求逐条进行处理至合格。下面就趾板混凝土裂缝预防经验和处理方法进行探讨。

**关键词:** 趾板混凝土裂缝预防及处理

## 1 趾板混凝土裂缝产生的原因分析

混凝土裂缝按照深度大致划分为表面裂缝、深层裂缝和贯穿性裂缝三类。趾板混凝土产生裂缝的原因主要有:

- (1) 混凝土表面干缩裂缝(龟裂)。
- (2) 大体积混凝土水化过程中因混凝土内外温差较大而引起的裂缝。
- (3) 环境温度变化而产生温度裂缝。
- (4) 趾板基础不均匀沉降而产生的沉降裂缝。
- (5) 当发生有害地震时,也可能使趾板混凝土产生裂缝。

(6) 由于混凝土水灰比及坍落度偏大,和易性差,混凝土浇筑振捣质量差,养护不及时或养护质量差,砂石骨料含泥量和石粉含量偏大,选用了水化热较大的水泥,混凝土浇筑完毕后其表面未进行二次压抹,钢筋保护层过大等,都有可能造成趾板混凝土产生裂缝<sup>[1]</sup>。

## 2 趾板混凝土裂缝的预防措施

(1) 按照设计和规范要求提出的趾板混凝土温控措施和技术要求,进行混凝土配合比优化设计,减小单位用水量和降低水灰比,选用低水化热水泥,掺入适量膨胀剂、泵送剂及粉煤灰,选用碱活性小的砂石骨料,严格控制砂石骨料含泥量和石粉含量。

(2) 设置抗裂钢筋,钢筋保护层厚度要符合设计要求,其厚度偏差应满足规范要求。

(3) 按设计要求设置必要的变形缝(如伸缩缝、沉降缝和防震缝),施工缝位置尽量与变形缝位置保持一致。

(4) 提高混凝土拌合质量,原材料计量要准确,原材料计量偏差应符合规范要求。

(5) 加强混凝土振捣,避免漏振、欠振、过振现象,混凝土第一次振捣后还应进行第二次振捣,以满足混凝土密实性要求;混凝土浇筑完毕后初凝前应进行二次原浆抹压收光,禁止采用在混凝土表面加水泥粉和

(或)加水泥砂浆收面,以防止混凝土表面开裂。

(6) 尽量避开在高温季节浇筑混凝土,当确需浇筑混凝土时,应经监理工程师同意,并采取相应的温控措施:

- ① 尽量选择在晚间及早晨温度较低时浇筑混凝土。
- ② 混凝土拌合站应设制冷装置(设施),混凝土出机口温度不得大于25℃。
- ③ 混凝土运输车应有隔热遮阳措施,应经常用冰水喷洒运输车,使之降低运输车表面温度;减少混凝土周转时间,及时入仓并加强平仓振捣,提高混凝土覆盖速度,减少混凝土的裸露时间。
- ④ 采取相应措施(如喷雾、遮阳等)降低混凝土仓面温度,严禁往仓面加生水以此来降低混凝土仓面温度。
- ⑤ 混凝土入仓温度控制在28℃以内。
- ⑥ 混凝土面使用湿草袋(或土工布、塑料薄膜等)及时覆盖,前期养护注意及时洒水,使草袋(或土工布、塑料薄膜等)始终处于湿润状态。采用洒水养护时,应在混凝土浇筑完毕后8~12h内开始进行。趾板混凝土的养护需专人养护至水库蓄水为止,并填写好养护记录备查。

## 3 趾板混凝土裂缝的修补

根据趾板混凝土裂缝宽度和有无贯穿性,选择不同的修补方法:

(1) 宽度 ≤ 0.2mm的非贯穿性裂缝(即表面裂缝),可不作处理。

(2) 宽度 ≤ 0.2mm的贯穿性裂缝,可采用建筑结构胶或环氧树脂灌浆材料进行注胶(浆)修补。

(3) 宽度 > 0.2mm的裂缝,可将裂缝凿成“V或U”型槽后用环氧树脂砂浆填补密实。

(4) 对宽度 ≤ 0.2mm的贯穿性裂缝和宽度 > 0.2mm的裂缝,经注胶(浆)处理合格后还可采用碳纤维布进行加固补强<sup>[2]</sup>。

### 3.1 注胶(浆)法修补裂缝

宽度 ≤ 0.2mm的贯穿性混凝土裂缝,可采用建筑结

构胶或环氧树脂灌浆材料进行注胶(浆)修补。注胶(浆)方法主要有两种：人工注胶和高压注浆机注浆。

### 3.1.1 人工注胶

混凝土裂缝较少且较浅时，可采用人工注胶方式进行处理。

(1) 工艺流程：混凝土裂缝清理→裂缝表面用胶布粘帖封闭→配制注胶液→使用注胶器注胶→撕去裂缝表面胶布并检查注胶质量。

#### (2) 修补注意事项：

①混凝土裂缝表面应平整、干燥清洁，无任何乳皮、松散物、灰尘、油和油脂等异物。②在混凝土裂缝位置上贴上胶布封闭。③按照选用的建筑结构胶厂家产品使用说明提供的配合比配制胶液。④使用厂家提供的专用注胶器和注胶嘴(见图1所示)进行裂缝注胶。垂直裂缝由下往上注胶，水平裂缝从一端到另一端逐一注胶。为了保证胶液充填饱满，在注胶后30分钟左右可再对每个注胶嘴补灌注。⑤注胶完成后15小时左右撕去裂缝表面胶布，检查注胶质量。



图1 专用注胶器和注胶嘴

### 3.1.2 高压注浆机注浆

混凝土裂缝较多较深时，应采用高压注浆机(见图2)进行注浆处理，以便达到理想的处理效果和提高处理效率。



图2 高压注浆机

(1) 工艺流程：清理混凝土裂缝表面悬浮物→洗缝

→埋设注浆针头→胶泥封缝→注浆机注浆→拆除注浆针头→封口。

(2) 注浆材料：采用环氧树脂灌浆材料，主要包括环氧树脂、稀释剂、固化剂、强韧剂、亲水剂等。

(3) 利用高压注浆机往埋设针头内注射浆液(环氧树脂)，注浆压力为0.2MPa~0.4MPa。垂直裂缝由下向上注浆，水平裂缝从一端至另一端逐一注浆。当相邻孔开始冒出浆液后，保持压力5分钟便可停注该孔，换注相邻注浆孔。

(4) 拆除注浆针头：注浆完毕后，采取相应措施检查原漏点不再出现渗漏后便可拆除注浆针头，同时还要将溢出的硬化注浆液清理干净。

(5) 封口：进行注浆口的修补，封口处理(可采用微膨胀水泥砂浆封口)。

(6) 堵漏工作完成后，观察一周左右无渗漏再进行下一道工序施工。

(7) 混凝土裂缝修补施工人员应经过专业培训且有专业注浆施工经验。

### 3.2 开槽法修补裂缝

宽度 > 0.2mm的混凝土裂缝，可将裂缝凿成“V或U”型槽后用环氧树脂砂浆填补密实。

#### 3.2.1 工艺流程

(1) 工艺流程：混凝土裂缝基层处理→拌制底涂料(基液)→涂刷底涂料(基液)→拌制环氧树脂砂浆→涂抹环氧树脂砂浆→压实抹平。

(2) 混凝土浇筑28天后才能使用环氧树脂砂浆进行裂缝修补，并在混凝土浇筑后60天内修补完成。

#### 3.2.2 混凝土基层处理措施

(1) 将混凝土表面的浮渣、乳皮、杂物、松动粒料、油渍等清除(清理)干净，使其混凝土表面微露新鲜的混凝土骨料，并用水冲洗干净并保证其表面无水迹(自然晾干或吹干)。

(2) 采用有效的凿毛方法(如压力水冲毛或人工凿毛等)，凿毛深度控制在1mm~3mm内。

(3) 混凝土表面裂缝局部突出处，应用砂轮机磨平并打毛。

(4) 混凝土表面裂缝较宽较深时，可沿缝凿出一条宽度约30mm、深度约50mm的“U或V”型槽，清除槽内松动粒料后，用水冲洗干净并保证其表面干燥。

#### 3.2.3 拌料工艺和要求

##### (1) 底涂料拌和

底涂料也称基液，是指环氧树脂、固化剂及其他添加剂混合后具有足够的流动性，能按设计要求直接涂抹

或喷涂于混凝土表面作为第一层(或底层)涂料的材料。

①采用低速专用电动搅拌机,在开口容器中拌和。

②拌和时各组分应按配方要求的加料顺序依次倒入拌和容器中,用搅拌机拌和至颜色均匀为止,一般应搅拌3min~5min。

### (2) 环氧树脂砂浆拌和

环氧树脂砂浆是指环氧树脂、固化剂和一定级配填料的混合物。

①应用专用砂浆搅拌机拌和。②拌和量根据施工需要而定,一次拌料量为30kg左右。③拌和时各配料应按配合比设计依次加料,边拌边加料,拌至配合料颜色基本一致后,再搅拌5分钟左右即可。

(3)工地现场若遇到无电、断电、停电或所需材料量较小时,可采取人工拌和。

### 3.2.4 涂抹工艺和要求

#### (1) 底涂料的施工工艺和要求

①选用口齐、根硬、头软、不掉毛的扁形毛刷。新刷使用时应先将不牢固的刷毛搓揉掉,以免影响涂刷质量。②刷涂一般先由上向下纵向涂刷一遍,再左右横向涂刷,然后对角线交叉涂刷,最后再收面和修整边角。做到薄而均匀,无流挂、无露底。③涂料应随用随拌,如已凝胶,应废弃不再使用,以保证施工质量。底涂料如已失去黏性,应重新涂抹之后再涂环氧砂浆。④每次涂刷的面积应视现场气温、人员组合等条件而定。⑤陈化时间:底涂料涂刷后应陈化20min~60min(陈化是指从基液涂刷完毕到涂抹环氧砂浆之间的间隔时间),以连续三次手触拉丝至1cm断开为准,方可涂抹环氧砂浆。

#### (2) 环氧树脂砂浆的施工工艺和要求

①环氧砂浆施工应沿逆水流方向进行,全断面涂抹时宜按先顶面、再侧面、后底面、先上后下的顺序施工。②施工前先在施工块的边缘固定厚度标尺,然后再涂环氧砂浆。施工时要边涂抹、边压实、边找平,涂完环氧树脂砂浆后30min~60min,待砂浆初凝时再进行提浆、收面(表面提浆、收面的时机以环氧砂浆即将失去塑性,仍能压抹出光泽为宜)。③涂层提浆收面后,表面要求密实、平整,不得有明显的搭接痕迹、下坠、裂纹、起泡、麻面等现象。如果发现,应及时处理,严重者必须凿除重抹。④施工中出现的施工缝应做成斜面(即与水平面成45°)。再次施工时,应先将斜面清洁处理并涂底涂料,要着重做好接缝处砂浆的压实、抹平,避免出现冷缝接茬。⑤环氧树脂砂浆的稠度以满足施工层不脱落、不起皮、不起皱、不流坠等施工性能为宜。拌和好的环氧砂浆超过适用期时,应废弃,不再使用。⑥环

氧砂浆厚度宜为5mm~20mm。⑦每一施工层的厚度为5mm~10mm,待前一施工层环氧砂浆完全失去塑性,不再变形时方可进行下一道施工。

(3)施工环境要求环氧树脂砂浆的施工环境日温差不宜太大,施工温度在15℃~30℃比较合适。露天施工时应避免日光直射施工面,应搭设遮阳棚<sup>[3]</sup>。

### 3.2.5 环氧树脂砂浆的养护

养护期间,不得在修复层上行人、过车、碰撞、日晒雨淋等,养护龄期不宜短于7d。

### 3.3 碳纤维加固

对宽度 $\leq 0.2\text{mm}$ 的贯穿性裂缝和宽度 $> 0.2\text{mm}$ 的裂缝,经注胶(浆)处理合格后还可采用碳纤维布进行加固补强。

(1)工艺流程:施工准备→混凝土表面处理→配制并涂刷底层环氧树脂胶→粘贴碳纤维布→表面防护。

(2)混凝土表面处理:将裂缝表面处理层打磨平整,并将打磨后的混凝土表面清洗干净至晾干。结构层表面的低凹处应采用微膨胀水泥砂浆填平压实。

(3)配制并涂刷底层环氧树脂胶:按厂家规定配比将底层环氧树脂胶的主剂和固化剂准确称量后放入容器内,用搅拌机拌合均匀。一次拌和量应以在可允许使用时间内用完为准,超过允许使用时间不能再使用。用滚筒刷(面积少时可采用毛刷)均匀地涂抹底层环氧树脂胶,涂抹范围为裂缝两侧各10cm。

#### (4) 碳纤维布粘贴

①检查粘贴表面是否干燥。气温在5℃以下,相对湿度 $> 85\%$ 时,如未采取有效措施时不得粘贴碳纤维布。②严防碳纤维布损坏。在裁切和粘贴过程中,严禁弯折碳纤维布。③碳纤维布纵向接头搭接必须保证10cm以上,搭接部位应多涂粘结树脂;不允许碳纤维布横向搭接。粘贴范围为裂缝两侧至少各10cm。④下涂:粘贴碳纤维布前,在混凝土基层表面上用滚筒刷均匀地涂抹粘结树脂胶,称为下涂。所抹涂量应根据具体施工部位和施工面的粗糙程度而定。碳纤维布接缝处和拐角处要多涂抹一些,但必须保证均匀涂抹。⑤粘贴碳纤维布时,在碳纤维布和树脂胶之间不应有残留空气形成的气泡空鼓。为防止空鼓现象,可采用硬质刮板沿着纤维方向在碳纤维布上多次刮压,使之除去气泡,达到树脂胶能充分均匀地渗透进碳纤维布中的目的。⑥上涂:粘贴碳纤维布30分钟后(具体时间应根据其干燥程度而定),再用滚筒刷均匀涂抹粘结树脂胶,称为上涂。采用硬质刮板沿碳纤维布方向用力多次刮压,使碳纤维布浸透树脂胶饱满均匀。⑦对碳纤维布的粘贴情况进行空鼓检查,若有空鼓则应进行处理(可割开空鼓处后按上述方法重新粘贴并保

证搭接范围超过空鼓处10cm以上)。

(5) 表面防护:碳纤维粘贴完成并经验收合格后,应对其表面进行防护(如表面抹2cm厚的普通水泥砂浆或表面回填2cm厚的中粗砂、细土等),以免刺伤或损坏碳纤维布。

#### 3.4 裂缝处理的资料整理归档

施工单位应将混凝土裂缝位置、修补方法、修补材料质量证明文件、处理影像资料等原始数据(资料)单独收集保存归档并绘制成图,且应经监理工程师检查签认,竣工资料移交时也应向建设单位和档案管理机构移交,以便日后对大坝趾板渗水情况分析提供有力佐证依据。

结语:裂缝是混凝土结构工程中普遍存在而又难以完全消除的问题,裂缝的出现既会降低构(建)筑物的

抗渗能力,还会引起钢筋的逐步锈蚀,降低混凝土的耐久性,从而影响构(建)筑物的结构安全和使用功能。因此要对混凝土裂缝产生的原因进行深入细致地分析研究并区别对待,采取经济合理的方法进行预防和处理,以确保构(建)筑物能够安全可靠长久地运行。

#### 参考文献

[1]翁永红等.水工混凝土施工规范(SL 677-2014).中国水利水电出版社.2014

[2]宗敦峰等.混凝土面板堆石坝施工规范(DL/T 5128-2021).中国电力出版社.2021

[3]赵波等.环氧树脂砂浆技术规程(DL/T 5193-2021).中国电力出版社.2021