

文章编号:0559-9342(2002)11-0037-02

聚丙烯纤维混凝土 在白溪水库面板堆石坝中的应用

郑子祥¹,张秀丽¹,郑芝芬²

(1. 国家电力公司大坝安全监察中心,浙江 杭州 310014; 2. 华东勘测设计研究院,浙江 杭州 310014)

关键词:聚丙烯纤维;混凝土;面板堆石坝;设计;白溪水库

摘要:为防止面板裂缝,提高混凝土的质量及耐久性,白溪水库二期面板采用聚丙烯纤维混凝土,试验研究成果表明,掺加聚丙烯纤维可以明显减少混凝土开裂,改善混凝土的变形性能和提高耐久性,在自然条件下,紫外线长期辐射不会造成聚丙烯纤维混凝土性能的退化。聚丙烯纤维混凝土技术性能明显优于普通混凝土,增加的少量工程费用与取得的质量效益相比,经济上是可以接受的,建议在二期面板上应用。

中图分类号:TV431.3;TV641.43(255) **文献标识码:**B

聚丙烯纤维混凝土是60年代末开发的一种新型混凝土材料。它具有防止或减少裂缝、提高变形能力和耐久性等优点。我国从90年代初首先在道路、桥梁和房建工程中应用此类材料,取得良好的技术经济效果。但水利水电工程对聚丙烯纤维混凝土的应用还只停留在试验阶段,尤其在混凝土面板堆石坝工程中的应用尚为空白。

为了提高白溪水库工程混凝土的质量和耐久性,参建各方共同研究决定结合工程建设开展对聚丙烯纤维混凝土在水利工程上的应用研究,以解决白溪水库二期面板开裂、限裂问题,填补聚丙烯纤维混凝土在水利水电工程上应用方面的空白。

1 聚丙烯纤维混凝土的试验研究

在对国内外聚丙烯纤维混凝土应用和研究情况的调研基础上,开展了对聚丙烯纤维混凝土力学性能、防裂性能、变形、韧性、抗渗、抗冻、耐久性、聚丙烯纤维砂浆防裂和老化以及增韧细观结构等性能的室内试验研究。室内试验主要由南京水利科学研究院等单位承担。在开展室内试验的同时,在溢洪道进水口及二期面板1号、3号和9号试验块开展了施工工艺的试验研究。

1.1 室内试验

1.1.1 试验内容

在聚丙烯纤维混凝土配合比试验方案的拟定中,为比较纤维的不同掺量以及粉煤灰掺量对混凝土性能的影响,纤维掺量分不掺、 0.6 kg/m^3 、 0.9 kg/m^3 、 1.2 kg/m^3 四个等级,粉煤灰的掺量分别按等量替代和超量替代(超量系数1.3)进行,试验内容包括:配合比试验方案的拟定;拌合物性能试验;力学性能试验;变形性能和韧性试验;干缩试验;抗渗抗冻试验

研究;聚丙烯纤维阻裂作用试验;聚丙烯纤维及聚丙烯纤维砂浆在紫外线辐射下的老化试验;采用CT技术对聚丙烯纤维增韧防裂机制的试验研究。

1.1.2 试验的主要结论

经试验研究,聚丙烯纤维混凝土具有如下特性:

(1)抗压、早期抗拉均稍有下降,主要是由于掺入聚丙烯纤维后需增大水灰比所致,但28d抗拉强度与不掺基本相同,抗折强度比不掺纤维的混凝土略有增加。

(2)与不掺纤维混凝土相比,聚丙烯纤维混凝土7d弹性模量降低5%~11%;28d弹性模量降低5%~13%。纤维混凝土的极限拉伸值均大于普通混凝土,7d极限拉伸值比普通混凝土提高8%~28%;28d极限拉伸值提高6%~20%。纤维混凝土的低弹模和高极限拉伸值说明其变形能力优于普通混凝土,因而有利于面板混凝土防裂尤其是早期抗裂。

(3)28d弯曲韧性系数比普通混凝土提高5%~136%。纤维混凝土的较高韧性说明了混凝土的传统脆性弱点得到改善,这对支承在堆石坝体和砂砾石层上的混凝土面板,适应沉陷和变形以及防止裂缝的发生具有重要意义。

(4)早期干缩比普通高强混凝土略大,主要是由于掺入聚丙烯纤维后需增大水灰比所致,但60d后其收缩已低于普通高强混凝土。总之,掺入聚丙烯纤维对混凝土干缩量影响不大。

收稿日期:2002-05-12

基金项目:水利部科技创新计划项目(SCX2000-32)

作者简介:郑子祥(1960—)男,浙江江山人,高级工程师,主要从事水工设计工作。

(5)在最终加压至 2.1 MPa 时,纤维混凝土渗水高度比不掺纤维的混凝土减少 16%~49%,抗渗能力明显优于普通混凝土。抗冻试验按快冻法进行,聚丙烯纤维的掺入可使混凝土抗冻等级从 F100 提高到 F200 以上,其抗冻性的提高十分显著。

(6)试验中发现不掺纤维砂浆的裂缝长而粗,掺纤维砂浆的裂缝短而细,纤维混凝土的开裂系数仅为普通混凝土的 42%~46%,阻裂作用明显。

(7)试验中采用氙灯人工气候老化箱来加速老化,用人工方法模拟和强化在自然气候中受到的光、热、氧、湿气、降雨等环境因素的作用。试验证明,气候老化对聚丙烯纤维混凝土的作用很小,纤维受到老化影响仅在表面深度 3、4 mm 的范围内。浅表层几毫米范围内聚丙烯纤维性能的下降,对整体混凝土的强度特性没有影响。对于厚度在 30 cm 以上的二期面板,无需担心聚丙烯纤维的老化问题。

1.2 施工工艺的试验研究

施工工艺试验主要结合溢洪道进水口底板浇筑开展了聚丙烯纤维混凝土施工的一般工艺试验,并结合二期面板施工进行滑模施工试验。

1.2.1 试验内容

①聚丙烯纤维混凝土的拌和工艺及纤维的分散均匀性;②坍落度的控制;③二期面板聚丙烯纤维混凝土施工工艺(包括施工配合比、混凝土运输、平仓和振捣、模板提升、压面等)。

1.2.2 试验的主要结论

(1)根据现场试验,虽然干拌法纤维分散均匀性比湿拌法稍好,但干拌法存在混凝土坍落度变化较大、环境污染严重以及生产效率低下等问题,因此选择湿拌法,即砂、石、水泥、纤维及水一起湿拌,拌和时间为 5 min。经纤维分散均匀性检验,纤维平均含量与设计值(0.9 kg/m³)相比,误差在 6%以内,基本均匀。

(2)坍落度过大混凝土运输过程中易分离,出模后混凝土易下塌,表面平整度差;坍落度过小混凝土在溜槽中易发生堵塞现象,滑模困难,入仓后振捣及收面困难,滑模时阻力大,易开裂。试验结果表明,搅拌机口坍落度控制在 5~7 cm 范围内比较适宜,并尽量缩短搅拌机出料到入仓的时间间隔,使仓面坍落度不低于 3 cm。

(3)根据施工中混凝土试块取样进行力学强度测试,滑模施工的聚丙烯纤维混凝土各项指标均超过设计要求,3 d、7 d 强度比普通混凝土有所提高,对面板早期防裂十分有利。

2 聚丙烯纤维混凝土在面板中的应用

室内外试验成果表明,聚丙烯纤维混凝土的力学性能、限裂、抗老化、耐久性等指标达到或超过设计要求,调整后的施工工艺可确保混凝土的浇筑质量。因此,设计同意二期面板采用聚丙烯纤维混凝土。

2.1 设计指标

(1)材质:密度:0.91g/cm³;纤维长度:15±1 mm;直径:

51μm;燃点:590℃;熔点:167.2~168.8℃;抗拉强度:382.9 MPa;极限拉伸:59.9%;加入防老化剂。

(2)掺量:每立方米混凝土中掺 0.9kg,约有 3400~5300 万根纤维丝,其掺量约为混凝土体积的 0.1%。

(3)粉煤灰:质量不低于Ⅱ级(含Ⅱ级),等量替代水泥,掺量为水泥用量的 15%。

(4)混凝土水灰(胶)比:0.40~0.425。

(5)混凝土含气量:4%~5%。

(6)坍落度:出机口为 5~7 cm,仓面为 3~4 cm,可根据气候作适当调整。

(7)纤维在混凝土中的均匀度:现场随机取样,每个试样纤维丝含量与设计值之差小于 6%。

(8)聚丙烯纤维混凝土力学性能要求:满足 C25W8F100,保证率大于 95%。

2.2 质量评定

根据试块 28 d 龄期力学性能检测结果,对二期面板聚丙烯纤维混凝土的质量评定如下:

(1)抗压强度(共 108 组试件):设计等级 C25,实测平均值 38.8 MPa,均方差 3.28 MPa,离差系数 8.5%,保证率 99.98%。

(2)抗渗等级(共 7 组试件):设计值 W8,实测值 W8~W14,合格率 100%。

(3)抗冻等级(共 6 组试件):设计值 F100,实测值 F100~F150,合格率 100%。

(4)劈裂抗拉强度(共 15 组试件):实测平均值 2.47 MPa,最大值 2.94 MPa,最小值 2.1 MPa。

(5)抗折强度(共 1 组试件):抗折强度为 3.4 MPa。

以上检测数据表明二期面板聚丙烯纤维混凝土各项指标均满足设计要求。

2.3 裂缝检测

采用读数显微镜对二期面板聚丙烯纤维混凝土的裂缝宽度、长度进行观测,并用超声波检测仪对裂缝深度进行观测。

二期面板裂缝宽度超过 0.15 mm 的共 8 条,其中裂缝宽度超过 0.20 mm 的有 4 条,裂缝总数量少于一期常规混凝土面板,而且裂缝宽度、深度、长度都较一期面板有明显改善。与国内同类面板坝相比,面板裂缝数量较少,充分显示了聚丙烯纤维混凝土良好的抗裂性,同时,面板的质量和耐久性也有所提高。

3 结语

(1)室内及现场试验研究表明,聚丙烯纤维混凝土在防裂、阻裂、增韧以及增强混凝土的抗渗、抗冻融、抗冲磨、抗冲击以及抗老化方面,具有十分优越的性能,对提高混凝土质量和延长其寿命有明显的作用。

(2)施工工艺也是影响聚丙烯纤维混凝土施工质量的关键要素。为了确保施工质量,室内试验和现场施工工艺试验是必不可少的。此外,还需要合理控制出机(下转第 42 页)



图1 有错台伸缩缝防渗施工布置示意

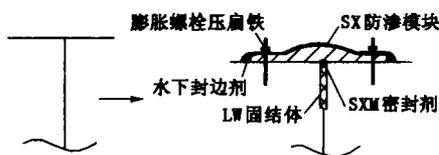


图2 无错台伸缩缝防渗施工布置示意

司自行研制的倾角为 45° 的液压切割机,将水下大于3 cm的错台进行切割整平,共计切割掉水下混凝土错台17.5 m左右,为伸缩缝开槽和SR盖片粘贴创造了有利条件。

(2)切缝开槽。沿伸缩缝用液压切割机进行垂直切缝,缝宽8 mm、深100 mm,去除缝内油毛毡、沥青等杂物。对切好的缝槽有局部不能满足大于100 mm的要求时,用液压金刚石链锯继续进行补深;而对伸缩缝明显不规则的情况,则完全使用液压金刚石链锯进行切割开槽,以充分满足灌浆的深度和连续性要求。

(3)造止浆孔。在水下伸缩缝处理的末端用液压潜孔钻骑缝钻一个止浆孔,孔径42 mm、深120 cm。这个孔是用来将处理过的伸缩缝与底部的伸缩缝彻底隔开,防止浆液往下跑和水绕过止浆孔往上跑。此止浆孔打好后,经过压水试验加压到40 N后,用SXM水下密封剂进行封堵密实。

(4)打磨清洗伸缩缝两侧混凝土表面。考虑到水下涂料的粘接要求,对水下伸缩缝两侧各20 cm范围内的混凝土表面用液压旋转动力刷进行打磨清洗,以清除混凝土表面青苔等浮生物和沉积物,提高HK-963水下涂料的粘接强度。

(5)封缝固管。用SXM水下密封剂进行缝面止封,同时沿缝按100 cm左右的间距用SXM水下密封剂埋设管长25 cm左右、外径8 mm的塑料灌浆管,埋设深度为5~8 cm,保

证灌浆时不漏浆、跑浆。在SXM封缝时要尽可能挤入缝内2~3 cm,缝面高出厚度不超过1 cm,且尽量减少缝两侧的封缝宽度,但要表面抹平,边缘压实。

(6)灌浆。灌浆之前先用颜色水从最底端的灌浆管灌入进行压水试验,以检测封缝的密闭性。压水试验成功之后,便可灌丙酮排水(丙酮起到将浆液与水隔绝并给浆液一个引导作用),然后再灌注LW的浆液。在灌浆之前先打开所有灌浆管,以0.3 MPa左右的灌浆压力从底部的灌浆管开始进浆,待相邻或更上面的灌浆管冒出纯浆后进行结扎,将灌浆管移至最上方出纯浆的灌浆管继续灌浆。依此顺序逐步往上进行,一直灌到最上口灌浆管出纯浆时开始并浆(并浆压力为0.3 MPa),以充分保证整条伸缩缝内的浆液填满、密实。

(7)涂刷水下涂料、粘贴SR塑料止水材料和盖片。SR盖片加工之前,先要对整条伸缩缝表面测量,对于有错台部分要重点测量,把错台切割后的形状仔细地描绘出来,然后再进行SR盖片的加工。在水下伸缩缝两侧表面分段涂刷HK-963水下粘合剂后,将在岸上已制作好的、表面也涂刷上HK-963的SR盖片吊放下水,按“由上而下,从中间向两边”的顺序由潜水员粘贴在水下缝面上并碾压密实。SX防渗模块长1.5 m,模块搭接长度为15 cm,两侧用厚3 mm、宽40 mm的扁铁压住,并用膨胀螺栓和水下射钉固定。

(8)SX防渗模块周边封堵。在SX防渗模块周边与混凝土交接处、SR盖片搭接处以及螺栓孔处涂抹厚型HK-963胶泥,使整个SX防渗模块系统形成一个密封体。这是最后一道关键的工序,以进一步保证防渗效果。

4 结 语

新安江水电厂上游坝面伸缩缝水下防渗处理施工后,经过高水位考验和多次渗漏水检查,在原来相应渗漏部位均未再发现渗漏水。

经过专家组评审和中国电力信息中心查新后表明,工程从设计到施工在国内均属首例,无任何经验可借鉴,在课题组各方共同协作与探索中,开创了一条大坝上游面伸缩缝、裂缝水下防渗处理的新途径,具有深远的推广价值和巨大的社会效益。

(上接第38页)口混凝土坍落度,尽量缩短出机口到仓面的运输时间,控制仓面混凝土坍落度不低于3 cm,适当加强振捣和收面作业,并对进入仓面前及在振捣过程中发现的不合格料及时作废料处理。上述施工工艺需要一支有聚丙烯纤维混凝土施工经验的专业队伍来完成,以确保聚丙烯纤维混凝土施工的顺利进行和工程质量。

(3)2001年5月水利部国际合作与科技司对聚丙烯纤维混凝土在水利工程中的应用研究进行鉴定,对该研究成果给予较高评价,并以查新报告证明《聚丙烯纤维混凝土在水利工程中的应用研究》成果总体上达到国际先进水平,其中聚丙烯纤维混凝土在堆石坝混凝土面板中的应用达到国际

先水平。

(4)国产聚丙烯纤维的适宜价格为今后我国聚丙烯纤维混凝土在水电工程中推广应用创造了条件。可以预见,在不久的将来,聚丙烯纤维混凝土将会在水电工程中得到推广应用。

参考文献:

- [1] 南京水利科学研究所. 聚丙烯纤维混凝土试验研究[R]. 2001.
- [2] 水电十二局第一分局. 掺改性聚丙烯纤维混凝土施工小结及施工指南[R]. 2001.
- [3] 聚丙烯纤维混凝土在水利工程中的应用研究课题组. 聚丙烯纤维混凝土在水利工程中的应用研究报告[R]. 2001.