

改性聚丙烯纤维混凝土应用中的若干问题

董建伟, 朱菊明

(吉林省水利实业公司, 吉林 长春 130032)

[摘要] 改性聚丙烯纤维混凝土在水利工程特别是渠道防渗工程中的应用已经在我省形成热潮, 但由于一些单位对这种新材料了解不深, 在应用中出现较多问题。本文根据多年研究结果, 对目前发现的问题进行了科学分析, 澄清了某些错误认识, 提出了改性聚丙烯纤维混凝土的时效性等问题。

[关键词] 改性聚丙烯纤维混凝土; 应用; 问题

[中图分类号] TV431+.3

[文献标识码] B

改性聚丙烯纤维混凝土在渠道防渗工程的应用研究是吉林省水利实业公司的科研成果, 经吉林省科技厅组织鉴定, 达到国内领先水平。对改性聚丙烯纤维及改性聚丙烯纤维混凝土的研究始于 1998 年初, 吉林省水利实业公司与吉林省纺织工业设计研究院合作研究开发出改性聚丙烯纤维并通过了吉林省科技厅鉴定。在梅河口、九台、石头口门水库、榆树、龙井等地进行了渠道防渗、堤防护砌等改性聚丙烯纤维混凝土的实验及应用工程。1999 年将成果介绍到省内科研、设计、管理单位及黑龙江、辽宁、内蒙等地, 在省内外掀起了应用热潮。2001 年 5 月, 吉林省水利实业公司作为吉林省的唯一代表, 参加了由水利部主办的“全国聚丙烯纤维混凝土水利工程应用研讨会”, 并发表了题为《吉林省改性聚丙烯纤维混凝土应用现状与探讨》的论文, 受到会议高度重视, 改变了会前认为浙江白溪水库是全国水利系统首家应用这一技术的说法, 证明了吉林省水利实业公司是全国水利系统率先研究应用改性聚丙烯纤维混凝土的单位, 吉林省水利厅曾在工作简报中给予报道。

在改性聚丙烯纤维混凝土技术应用的热潮中, 也发现一些单位或是对高分子材料的特性较陌生, 分不清改性与非改性纤维; 或是迷信改性聚丙烯纤维混凝土是无所不能的。事实上, 改性聚丙烯纤维混凝土有其优点, 也有其致命短处, 特别是在水工混凝土应用中, 更有其特殊性。科学地了解改性聚丙烯纤维混凝土, 冷静地认识这种材料的利弊是非常重要的。

1 关于聚丙烯纤维改性问题

改性与非改性的聚丙烯纤维是有所不同的。

聚丙烯纤维是聚丙烯类结晶化合物, 具有抗拉强度高、弹性模量低、柔性好、不吸水等特点, 耐候性不

好, 易受光氧化、热氧化、冻脆老化。不经改性的纤维同样可以改良混凝土韧性指标, 但很难均匀地掺入到水泥与集料中, 分散性不好, 易出现纤维局部结团现象, 使混凝土内部出现空洞而影响混凝土强度。

改性纤维克服了上述部分缺点。对聚丙烯纤维的改性, 主要包括:

提高弹性模量与刚性, 增加纤维可分散性;

改善纤维表面性能, 增加纤维与混凝土的握合性。

从表面看, 改性纤维较刚挺、不缠绕结团, 放入水中呈半悬浮状, 颜色较深, 容易均匀掺和到混凝土中。

吉林省水利实业公司在研究中, 还通过在纤维表面加活性材料的方法, 进一步增加纤维与混凝土的粘合握合性, 同时增加了混凝土抗压强度。据了解, 美国的杜拉纤维也是采取类似的表面改性方法。

2 关于改性聚丙烯纤维改善混凝土性能问题

常见一些资料介绍称加入改性聚丙烯纤维后, 混凝土的抗压强度提高。就混凝土与改性聚丙烯纤维自身材料性质而言, 这一说法属常识性错误。这是因为二者弹性模量相差悬殊, E_f/E_c 约在 0.03~0.02 左右, 在混凝土受到荷载作用时, 未等纤维产生约束应力, 混凝土早已分崩离析; 纤维过量时, 还会降低混凝土抗压强度。

我们在将改性聚丙烯纤维与某些聚合物配合使用时, 曾出现了混凝土抗压强度增加的现象, 同时了解到美国杜拉纤维也有类似效果。经分析和研究认为: 是纤维表面附着的某些聚合物作用的结果。这些聚合物能增加水泥的水化程度, 并在纤维周围形成了高强度的薄壳层, 克服了混凝土因掺入纤维后产生薄弱点使抗压强度降低的弊病。

[收稿日期] 2003-08-26

[作者简介] 董建伟 (1959-), 男, 高级工程师。

关于改性聚丙烯纤维改善混凝土性能的机理,在多缝开裂理论、纤维等间距理论、复合力学理论这三种解释中,我们倾向于多缝开裂理论。即低弹模的改性聚丙烯纤维在混凝土中并不是传递应力,而是吸收破坏能量,延缓混凝土破坏速度,分散了破坏程度,故破坏表现为多缝开裂方式,混凝土韧性指标得以改善。这在实验中已得到证实。

3 关于纤维掺量与掺入方法

纤维掺量与混凝土孔隙率~强度的关系相关。

在常用水灰比条件下,混凝土的孔隙率一般在0.1%左右。因此为避免掺入混凝土的纤维降低混凝土强度,掺入纤维的体积率(V_f/V_c)一般也在0.1%左右。改性聚丙烯纤维的容重为910~920kg/m³,故每立方米混凝土掺入纤维一般在0.91~1.0kg。实验证实,在这一掺量范围内,混凝土抗压强度无明显降低。

试验发现,在 $V_f=0.03\%$ 时,混凝土的韧性指标已经有所改善;增加纤维掺量,混凝土的韧性指标相应增加,但搅拌均匀的难度、纤维结团形成混凝土中空洞的可能性也随之增加;当掺量超过极限体积掺量时,由于混凝土孔隙率增加,导致抗压强度迅速降低。

纤维的掺量应根据混凝土的应用要求、施工要求、纤维纤度、纤维长度、纤维强度及弹性模量、搅拌方式等来确定。有关不同地区适用不同纤维掺量之说并无科学根据。

关于纤维掺入方法,因纤维在水中呈半悬浮分散状,故以水掺法为宜。为改善纤维在水中的分散程度,可在水中加入活性剂,如减水剂、丙烯酸酯乳液等。有文章称可以边将纤维放入搅拌机边加水,实践证明此方法不可取,纤维会粘在搅拌机内壁上。

4 关于掺入纤维后混凝土的和易性问题

在掺入纤维后,高度分散的纤维阻碍了水泥颗粒的移动,同时原本不吸水的聚丙烯纤维在改性后可吸附一定水分,所以使混凝土流动性降低,触变性增加,坍落度减少。因此宜加入减水剂,或酌情增加水量,以保持和易性。有文章称加入改性聚丙烯纤维后,混凝土的流动性增加、坍落度降低,显然荒谬的。

5 关于改性聚丙烯纤维混凝土耐候性、时效性问题

在水利工程中应用改性聚丙烯纤维混凝土,耐候性、时效性是非常重要的。目前国内外有关改性聚丙烯纤维混凝土研究文章中,除笔者于2001年撰文提出纤维的耐候性问题外,尚未见相关内容。

在混凝土初凝期,改性聚丙烯纤维减少混凝土裂纹的作用是明显的,通过同时对掺纤维与不掺纤维的素水泥浆进行风干试验就可看出。但能否减少裂纹数量达80%尚无法用科学方法证明。由于掺入的纤维对混凝土初凝时的失水干缩、水化热膨胀产生的裂纹有很好的抑

制作用,混凝土内部缺陷减少,因此提高了耐久性。

然而,水工混凝土基本是在室外,裸露于原野的阳光下,受环境、气候影响极大。笼统地说在北方寒冷地区水利工程中,使用改性聚丙烯纤维混凝土可大大提高混凝土的综合性能一说值得商榷。

5.1 冻脆老化问题

改性聚丙烯纤维的工作温度要求在-25℃以上,其冻脆温度在-35~45℃。经常处于这一温度区间时,改性聚丙烯纤维的分子链将发生断裂,使纤维丧失原有功能。吉林、黑龙江等省采用的抗老化丙纶强力丝(加紫外线平衡剂的聚丙烯纤维)模袋在经过1~2个冬季便粉化的事实即是佐证。

5.2 热氧老化问题

室外阳光下的混凝土表面温度在45~60℃左右,会加快表层混凝土内改性聚丙烯纤维的热氧老化速度,使其很快丧失原有功能。浙江白溪水库在应用改性聚丙烯纤维混凝土时,曾做过在紫外线照射30d时,黑板温度为60℃、厚度分别为30mm和50mm的混凝土板后改性聚丙烯纤维的耐紫外线老化实验,证明50mm的混凝土板后纤维的老化速度迟于30mm混凝土板。该耐紫外线实验方法虽令人质疑,但却证明了在外部温度为60℃时,存在纤维热老化现象,且老化速度与混凝土厚度成反比。

5.3 改性聚丙烯纤维在水工混凝土中存在时效性问题

在室外温度变化较大的应用环境下,水工混凝土中的纤维对水工混凝土综合性能的改善只是出现在混凝土初凝后的一定时间内。改性聚丙烯纤维在未受冻脆、热老化影响前,可减少或抑制水工混凝土在荷载、温度作用下产生的内部缺陷,改善某些性能。但在改性聚丙烯纤维冻脆、热氧老化后,其作用将逐渐丧失。仅根据改性聚丙烯纤维初期对混凝土某些性能的改善而盲目减少混凝土的护砌厚度、增加纤维的用量是不科学的。

6 吉林省水利实业公司进行的有关研究工作

吉林省水利实业公司在进行改性聚丙烯纤维混凝土的研究与应用中,提出一整套研究与应用的理论和方法,论文数量及深度均居省内之首,奠定了我省改性聚丙烯纤维混凝土研究及应用的理论基础:

1999年,在“全国堤防加固技术研讨会”上发表了题为《改性聚丙烯纤维混凝土及在堤防工程中的应用》的论文;自2000年起,会同有关单位先后在《吉林水利》上发表了《水泥混凝土增强用改性聚丙烯(PP)纤维研究与应用》《改性聚丙烯纤维混凝土及其应用》《混凝土复合防渗材料的研究与应用》《水利工程中改性聚丙烯纤维混凝土的研究应用》《铠甲式纤维混凝土复合渠道防渗卷材研究》等论文。

在上述系列研究文章中,提出了纤维表面有机硅改性理论和方法、纤维周边混凝土水化增强理论、改性纤维增加粘附强度现象、活性剂提高纤维分散度现象、环境影响纤维混凝土性能问题、纤维与聚合物配合使用问题等,铠甲式纤维混凝土复合渠道防渗卷材还获得国家专利。□