

聚丙烯纤维砂浆在工程中的应用

李京玲 罗兆辉

(天津城市建设学院, 天津 300384)

[摘要] 简述了聚丙烯纤维的特性、作用机理、用途及在工程中的应用,并综合有关资料归纳总结了聚丙烯纤维砂浆研究应用现状,对聚丙烯纤维砂浆今后的研究发展趋势谈几点个人看法。

[关键词] 聚丙烯纤维;水泥砂浆;工程应用

[中图分类号] TQ177.6⁺8

[文献标识码] A

[文章编号] 1001-523X(2005)02-0051-03

STUDYING AND APPLICATION OF POLYPROPYLENE FIBER
MORTAR IN CONSTRUCTION

Li Jing-ling Luo Zhao-hui

[Abstract] This paper presents the behavior, function and engineering application of polypropylene fiber. The present application of polypropylene fiber in cement mortar is summarized with various data. The personal viewpoint of tendency of mortar-fiber developing is instructed in the end.

[Keywords] Polypropylene fiber; Cement mortar; Engineering application

随着建筑技术的不断发展,新型轻质墙体材料的推广以及聚丙烯纤维在混凝土和砂浆中所具有的技术特性,对阻裂、增韧等耐久性方面占有显著优势,所以聚丙烯纤维砂浆得到了日益增多的理论研究和工程应用实践,其使用范围也被不断拓展。现就聚丙烯纤维砂浆在工程中的研究与应用作一归纳、总结,并对聚丙烯纤维砂浆的发展趋势谈几点个人想法,以期引起更多的关注。

1 聚丙烯纤维砂浆概述

1.1 纤维分类简介

用于混凝土和砂浆中的纤维按其材料性质可分为金属纤维、无机纤维和有机纤维;按弹性模量可分为高弹模纤维和低弹模纤维;按纤维长度可分为长纤维和短纤维;按粗细程度可分为粗纤维和细纤维;按纤维掺量的多少可分为高掺量和低掺量纤维。

1.2 聚丙烯纤维的特性

聚丙烯纤维是一种低弹模、高延性的合成有机纤维。其主要特性为:

a) 密度小:(0.90 ~ 0.91) t/m³; b) 抗拉强度高:(≥270 MPa); c) 弹性模量低:(3.5 ~ 7.0) × 10³ MPa; d) 极限伸长率大:(≥15%); e) 熔点一般为:165℃ ~ 170℃; f) 燃点一般为 580℃ ~ 590℃; g) 耐化学侵蚀;抗酸碱性高; h) 抗老化性能好; i) 自分散性好:浸泡在水中可分散成单丝,不结团; j) 导热

性低; k) 保水率低:(< 0.1%); l) 导电性低; m) 安全性好:属无毒材料; n) 加工性能良好:可纺、可塑、可注射吹膜以及真空成型等。

1.3 聚丙烯纤维的作用机理

聚丙烯纤维混凝土与砂浆之所以被广泛应用,主要源于它在混凝土及砂浆中的微观工作机理。聚丙烯纤维加入水泥基体中,理论上可起到 3 种主要作用:a) 提高基体的抗拉强度;b) 阻止基体中原有缺陷(微裂缝)的扩展,并延缓新裂缝的出现;c) 提高基体的变形能力,从而改善其韧性与抗冲击性^[1]。

1.4 聚丙烯纤维砂浆的主要用途及在工程中的应用

1.4.1 聚丙烯纤维砂浆的用途十分广泛

a) 对抗裂要求严格的场合;b) 对温度裂缝、抗冻要求较高的场合;c) 防水抗渗要求较高的部位,作为结构刚性防水材料;d) 要求抗酸、抗碱、抗腐蚀的场合;e) 对抗冲击、抗震、耐磨要求较高的工程;f) 陡坡加固、喷射混凝土、灌浆等以加强其内部支撑及粘结性能;g) 要求非磁性加强材料场合;h) 要求减少灰浆跌落、防止空鼓现象与饰面开裂的水泥砂浆打底等。

1.4.2 聚丙烯纤维在建筑业方面的应用^[2,3]

早在 20 世纪 60 年代初期,已有人在水泥净浆和砂浆中掺加少量的聚丙烯纤维进行工程应用。此后,英国工程技术人员在混凝土中掺入聚丙烯膜裂纤维用于制造墙板和桩壳等预制品。20 世纪 70 年代初,美国开始工业化开发丝束相连的膜裂聚丙烯纤维,继而美国希尔兄弟化学公司开发研制

天津市建委立项科技项目(项目编号:2002-37)

收稿日期:2004-11-15

作者简介:李京玲(1957-),女,天津人,天津城市建设学院副教授。

出一种高强聚丙烯单丝纤维,称之为杜拉纤维,是混凝土和砂浆专用纤维的一个品牌。该纤维具有高强的抗老化能力,对酸、碱、紫外线等具有极高的抵御能力,少量掺入混凝土(砂浆)中可有效控制混凝土(砂浆)塑性收缩及沉降裂纹,大大改善混凝土(砂浆)的抗裂、抗渗性,有效提高抗冲击及抗冻融能力。从此,聚丙烯纤维在美国、英国、加拿大、澳大利亚、日本、韩国、墨西哥以及东南亚的混凝土工程中得到了相当广泛的应用。20世纪90年代初,美国生产的杜拉纤维产品通过商业渠道进入我国,成为聚丙烯纤维混凝土(砂浆)在中国大量应用的契机。目前我国采用聚丙烯纤维混凝土(砂浆)的工程实例数以千计,广泛应用于高速公路、桥梁、机场跑道、港口码头、贮水池、水利工程(渠道、混凝土面板坝等)工业及民用建筑(预制构件、喷射混凝土、地下室、屋面、内外墙抹灰)等工程。

2 聚丙烯纤维砂浆的研究、应用现状

2.1 聚丙烯纤维砂浆的研究状况

聚丙烯纤维砂浆的理论研究目前还不太深入,一般局限於低掺量聚丙烯纤维在砂浆中的阻裂、抗渗、抗冲击等耐久性方面的机理分析与探讨;另外,通过大量的实验研究、应用分析,摸索出一些聚丙烯砂浆性能以及应用中的关键技术与方法。如:纤维的合理用量、搅拌方法、纤维长短等对聚丙烯纤维砂浆性能的影响。下面根据有关资料概述聚丙烯纤维砂浆的一些试验研究结果。

a)美国维力克(Wilrick)工程与检测公司以及中国广州市住宅建设发展有限公司先后于1989年、1998年用Kraai建议的计数法,对美国生产的杜拉纤维分别以不同掺率加入到水泥砂浆中,制成板状试件,测评试件表面裂缝情况。两项试验的结果一致表明,当砂浆中含有低掺率(0.05%~0.1%)的杜拉纤维时即可显著减少其塑性收缩裂缝与早期的干缩裂缝。纤维的体积率愈大,效果愈佳。纤维掺率的上限设置,是为了保证砂浆的工作性和其他性能不受影响^[2]。

b)台湾荣民工程股份有限公司营建材料实验室对掺有聚丙烯单丝纤维、聚丙烯膜裂纤维的砂浆与素浆进行了干缩值对比试验。结果表明:掺量为 0.9 kg/m^3 的聚丙烯单丝纤维砂浆和聚丙烯膜裂纤维砂浆的干缩率分别比素浆的干缩率降低了20.64%和15.96%。说明聚丙烯纤维砂浆有较好的抗干缩效果^[2]。

c)中国国家建筑材料测试中心对杜拉纤维砂浆板与普通砂浆板进行了冲击试验。试验数据表明:掺0.05%与0.1%纤维的砂浆抗冲击强度比素砂浆的抗冲击强度分别提高了17.7%与25.8%^[4]。而葛州坝水电工程学院也对聚丙烯纤维砂浆进行了抗冲击能力性能试验,结论为:聚丙烯纤维掺量(重量比)为1.0%时,试件抗冲击能力最大且掺纤维试件抗冲击强度是未掺纤维试件的抗冲击强度的3倍左右,继续增加掺量,试件抗冲击能力一般不再增加,不同长度的纤维对抗冲击能力影响也不大。另外,试验还表明:聚丙烯纤维能使试件裂后保持良好的整体性,并能减轻自重^[4]。

d)湖南大学土木工程学院通过砂浆平板的抗裂试验分

析得出结论:在砂浆中加入聚丙烯纤维能明显减少塑性收缩裂缝的产生,改善砂浆的抗裂性。当砂浆中的聚丙烯纤维体积掺量分别为0.05%和0.10%时,可分别减少65%和75%的裂缝^[5]。而美国加州韦尔瑞克工程及检测公司所进行的杜拉纤维砂浆试件抗裂比较试验结果也显示:试件加入杜拉纤维后,抗裂能力至少提高70%。长度约为5mm的短杜拉纤维,当体积掺量分别为 0.6 kg/m^3 和 1.2 kg/m^3 时,可分别减少76.6%和96.1%的裂纹。若纤维长度为10mm,则裂纹减少效果更佳^[2]。

e)大连理工大学于2000年进行了聚丙烯纤维混凝土和砂浆的早期塑性收缩性能试验研究,试验结果表明:1)低含量范围的聚丙烯纤维能有效控制混凝土及砂浆的早期塑性收缩裂缝;2)聚丙烯纤维对砂浆的裂缝控制最主要影响因素是纤维体积含量,0.1%体积分数的聚丙烯可降低砂浆裂缝面积约60%左右;3)聚丙烯纤维掺入混凝土和砂浆中,裂缝形态为多发型细微裂缝,0.1%体积分数的聚丙烯纤维可降低砂浆最大缝宽约46%左右;4)聚丙烯纤维加入混凝土和砂浆后能对混凝土和砂浆的表面蒸发有抑制作用,纤维体积分数为0.05%、0.1%、0.15%、0.2%时,表面水分蒸发速度分别降低了6%、8%、24%、20%;5)聚丙烯纤维长度对混凝土和砂浆的收缩裂缝面积和宽度有一定影响,长纤维比短纤维改善的效果更好一些,但不明显^[6]。

f)华南理工大学材料学院通过改性聚丙烯纤维水泥基复合材料力学性能试验证实:水泥砂浆中加入少量的聚丙烯纤维可以提高水泥砂浆的抗折、抗压强度。改性纤维在水泥砂浆中的最佳用量为 0.9 kg/m^3 左右,超过这一用量,纤维对水泥砂浆的增强增韧效果提高不显著,且不经济^[7]。

g)太原理工大学利用柔度法测定了不同龄期、不同配下方纤维增强砂浆试样的断裂韧度 K_{Ic} ,得到了掺入聚丙烯纤维的水泥砂浆断裂韧度值提高的结论,且随着龄期的增加,断裂韧度 K_{Ic} 值增长幅度也愈大,即材料韧性增强^[8]。

h)太原工业大学进行的聚丙烯纤维增强水泥砂浆弯曲性能试验研究表明:随着纤维含量的改变,初裂强度和弯曲强度及裂后延性均有很大改善,并有如下结论:1)初裂强度随纤维含量的增加而增加,但增加幅度不大;2)弯曲强度随纤维含量的增加而增加;3)为了使弯曲强度超过初裂强度,纤维含量必须大于1.5%;4)当纤维含量达到2.5%时,初裂强度反而比纤维含量为2%时有所降低,原因可能是纤维含量太多不能均匀分散,致使工作性能变差;5)弯曲荷载-变形曲线受加载速率的影响较大,随加载速率的增加,初裂后荷载-变形曲线变陡。并且在相对小的变形范围内达到最大值,这个结果表明初裂后材料的刚度增加^[9]。

i)国家电力公司成都勘测设计研究院对聚丙烯纤维砂浆进行了耐磨试验,结果表明:掺入 1.0 kg/m^3 聚丙烯纤维,砂浆的耐磨硬度可提高27%^[10]。

j)天津城市建设学院利用国产改性聚丙烯纤维(欣晟建筑纤维)进行了有关水泥砂浆的强度、抗收缩、冻融等性能试验。试验结果表明:加入欣晟纤维后的砂浆:1)抗压强度有

一定程度的提高,提高百分率约为 10%;2)韧性增加、脆性降低,提高了砂浆的抗拉强度,提高的百分率为 20%以上;3)沉入量减小,稠度增加,分层度值变小,致使砂浆保水性增强,减少了砂浆拌合物的离析、泌水等现象;4)对早期砂浆的收缩有明显的改善效果,收缩减少了 15%~30%;5)抗冻融性提高,经 25 次冻融循环,无论是质量损失,还是强度损失都明显降低。与未掺纤维的普通砂浆相比,质量损失减少了 50%~60%,抗压强度损失减少了 60%~70%^[11]。

2.2 聚丙烯纤维砂浆的基本工程技术特性及优势

根据上述试验研究成果,结合工程实践,可发现聚丙烯纤维具有如下基本工程技术特点及优势:

a)在砂浆中加入适量聚丙烯纤维可以阻止开裂并达到良好的抗渗效果。实践也证明:在砂浆中加入聚丙烯纤维,施工简单,抹灰效率高,灰浆跌落少,抗裂性能强,工程质量好。因此,应用聚丙烯纤维砂浆进行内、外墙抹灰,能很好地弥补新型轻质墙体材料推广应用中的易裂、抗渗不足的技术缺陷,并且极大地提高了施工抹灰效率,减少了损耗。

b)聚丙烯纤维砂浆可有效弥补结构自防水、屋面防水等现代工程技术创新应用与发展的技术性能缺陷。由于砂浆中的聚丙烯纤维可大幅度地提高砂浆基体的抗裂延性,与自防水钢筋混凝土墙体结构、基础底板结构、屋面梁板结构配套使用,就可以作为非结构性补强材料来防止砂浆面层塑性收缩裂缝的产生,从而对钢筋混凝土结构本身形成一道有效的保护,增强其抗老化作用的能力,改善结构的耐久性能^[3]。

c)聚丙烯纤维砂浆用于墙体抹灰,可以部分或全部替代钢丝网的构造作用。由于各类单丝纤维材料与水泥基料能保持良好的粘结力,其分布又极其均匀和充分,力学形态表现为类似于一种多维无序分布配置筋作用,这种作用可替代或部分替代钢丝网的作用,且阻裂效果优于钢丝网。这样,对节约材料、降低成本,无疑是极有意义的。

d)低掺量的聚丙烯纤维砂浆具有抗冲击、耐磨、增韧、防腐等耐久性能均有较好的优势,且制拌工艺简单。因此不仅适用于内外墙、楼地面、屋面、水池等抹灰面层或基层,也适用于耐磨抗冲击的停车场、交通路桥、飞机场跑道等面层,以及有防腐特殊要求的工程。

2.3 聚丙烯纤维砂浆工程应用实践

聚丙烯纤维砂浆的优势很多,但在工程上的应用不如聚丙烯纤维混凝土那样量大面广。目前工程上应用聚丙烯纤维砂浆主要用于抗裂防渗,其典型工程实例见表 1。

3 聚丙烯纤维砂浆研究发展趋势

a)目前工程上应用的聚丙烯纤维国外产品居多,国产聚丙烯纤维年产量约 190 万吨,但应用较少,原因是国产聚丙烯纤维的某些性能指标达不到国外产品的指标。因此应立足国产聚丙烯纤维的研究与应用,通过改进纤维的表面形状、长径比、在混凝土和砂浆中的分散等,使聚丙烯纤维在混凝土与砂浆中的技术特性更为有效,优势更为显著,同时又能降低成本以期得到更好的性能价格比。

b)通过广泛试验和系统的理论研究,应编制出一套纤维

砂浆的技术标准、规范或规程,以便指导聚丙烯纤维砂浆在工程上的应用与推广。

表 1 应用聚丙烯纤维砂浆的典型工程

工程项目	使用部位	纤维掺量 (kg/m ³)
中山市大明花园住宅小区	7000 m ² 左右屋面找平层	
中山市南下市场	天面找平层	
武汉长江科学规划研究院 1号、2号高层职工住宅楼	外墙抹灰(纤维取代挂网)	
武汉南湖花园宝安苑	内外墙抹灰、停车场、路面、游泳池	0.8
深圳天健天然居高层商住楼	加气混凝土外墙抹灰	0.9
深圳金田花园	外墙抹灰	0.9
深圳华为电子厂房	轻质砖墙内、外墙抹灰	0.9
深圳万科四季花城	内外墙浴间抹灰	0.9
广州松园大厦	高层外墙抹灰	0.9
广州同德围安居工程	高层轻质砖外墙抹灰(纤维取代钢丝网)	0.9
广州万宝冷机厂	大面积屋面砂浆防水层、网球场	0.9
广州路灯基地大楼	内外墙抹灰	0.8
广州新大厦	轻质墙体外墙抹灰	0.9
*天津凯信佳园	外墙抹灰	1.0

注:表中工程除*为采用国产欣晟纤维外均采用杜拉纤维。

c)为了配合大开间住宅建设和墙体改革,仅研究掺单一纤维砂浆的耐久性就不够了,应拓展研究范围。如在砂浆中同时掺入高弹模、高延性的混杂纤维,使两种纤维适时发挥各自的增强增韧作用,从而获得具有综合力学性能的优质纤维砂浆。

d)努力使纤维产品规模化生产朝着环保及需求方向发展,即要保证质量稳定性,又要保证供应渠道的稳定性。

参考文献

- 1 陈容辉等.低掺量聚丙烯纤维在混凝土(砂浆)中的阻裂作用,建材产品与应用,2000,(5)
- 2 龚益等.杜拉纤维在土建工程中的应用.北京:机械工业出版社,2002
- 3 陶刚等.纤维砂浆的工程技术特性分析及其在工程中的应用.建筑技术开发,2001,28(8)
- 4 李建林.聚丙烯纤维砂浆抗冲击性能的研究
- 5 袁震宇等.聚丙烯纤维对砂浆抗裂性能影响的试验研究.混凝土与水泥制品,1999,(6)
- 6 戴建国等.聚丙烯纤维混凝土和砂浆的塑性收缩试验研究.沈阳建筑工程学院学报,2000,16(3)
- 7 黄承亚等.改性聚丙烯纤维水泥基复合材料力学性能研究,混凝土与水泥制品,2001,(6)
- 8 武艳霞.纤维增强砂浆的断裂韧度 K_{1C} 试验研究.太原理工大学学报,2000,31(4)
- 9 崔江余等.聚丙烯纤维增强水泥砂浆的弯曲性能试验.石家庄铁道学院学报,1994,7(1)
- 10 李光伟等.聚丙烯纤维混凝土性能的试验研究.水利水电科技进展,2001,21(5)
- 11 聚丙烯纤维在混凝土工程中的应用研究.天津市建委科技项目鉴定材料,2003