

杜拉纤维增强呋喃树脂混凝土的力学性能研究

曾海燕, 晏石林

(武汉理工大学工程结构与力学系,湖北 武汉 430070)

[摘要] 本文主要研究了在呋喃树脂混凝土中掺入不同体积含量的杜拉纤维后,其抗压强度、抗折强度及劈裂抗拉强度的变化,给出了杜拉纤维的最佳掺量,并对杜拉纤维对呋喃树脂混凝土的增强机理进行了初步分析。

[关键词] 杜拉纤维; 抗折强度; 劈裂抗拉强度

[中图分类号] TU528.572 [文献标识码] A [文章编号] 1002-3550(2004)05-0049-02

The mechanical properties of durafiber reinforced furan resin concrete

ZENG Hai-yan, YAN Shi-lin

(School of Science, Wuhan University of Technology, Wuhan Hubei 430070, China)

Abstract: The varied compressive strength, flexural strength and split tensile strength of furan resin concrete of different durafiber volume content are studied. The optimum durafiber volume content is presented and the reinforcing function of durafiber to resin concrete is analyzed in this paper.

Key words: durafiber; flexural strength; split tensile strength

1 前言

树脂混凝土是一种新型的高效多功能材料,具有优良的耐腐蚀性能,可以耐大多数的酸、碱、盐及有机溶剂、石油制品等介质的腐蚀。所以几乎对冶金、化工、石油、电子、机械、兵器、纺织等行业常用的生产介质都有相当良好的耐蚀能力,有着十分广泛的应用前景^[1]。但是大量试验表明,与普通水泥混凝土一样,树脂混凝土的抗拉和抗折强度远比抗压强度低,从而限制了树脂混凝土的大量应用。近年来,国内外大量研究^[2~5]表明,低掺量聚丙烯纤维能显著地改善混凝土早期地塑性收缩开裂,不仅使混凝土的裂缝数量减少,而且微裂缝的尺度也明显降低,有助于改善混凝土的抗拉性能。但聚丙烯纤维对呋喃树脂混凝土的力学性能的影响的研究报道还不多见。为此,本文主要研究了在呋喃树脂混凝土中掺入不同体积含量的杜拉纤维后,其抗压强度、抗折强度及劈裂抗拉强度的变化,给出了杜拉纤维的最佳掺量,并对杜拉纤维对呋喃树脂混凝土的增强机理进行了初步分析。

2 试验方法

2.1 试验原材料

XZL-1型呋喃树脂及呋喃树脂混凝土粉(黄石汇波防腐公司生产)、石英石(5mm~25mm)和杜拉纤维。杜拉纤维由美国希尔兄弟公司生产,其主要参数如下:

材 料:聚丙烯	抗拉强度:276MPa
纤维类型:束状单丝	弹性模量:3793MPa
比 重:0.91g/cm ³	拉伸极限:15%
吸水性:无	抗酸碱性:极强
熔 点:160	安全性:无毒
燃 点:580	旦尼尔(g/9000m):15±2
长 度:19mm	导热性:极低
导电性:极低	

2.2 试样制备

在呋喃树脂混凝土中掺入的杜拉纤维的含量分别为:0、

0.5kg/m³、0.7kg/m³、0.9kg/m³、1.2kg/m³。制作方法:先将混凝土粉与石英石搅拌均匀后,再撒入杜拉纤维干拌,然后再倒入呋喃树脂搅拌均匀。试件经棒振成型后24h脱模,自然养护至28d龄期后,测试其抗压强度、抗折强度及劈裂抗拉强度。

2.3 性能测试

测试方法按GBJ81-85规定进行^[6]。测试抗压强度的试件形状为100mm×100mm×100mm的立方体,测试结果乘以尺寸换算系数0.95,所用试验机为WE-100万能材料试验机;测试劈裂抗拉强度的试件形状为100mm×100mm×100mm的立方体,测试结果乘以尺寸换算系数0.85,所用试验机为WE-30万能材料试验机,其试验装置如图1所示。测试抗折强度的试件形状为100mm×100mm×400mm的棱柱体,测试结果乘以尺寸换算系数0.85,所用试验机为WE-30万能材料试验机,其试验装置如图2所示。

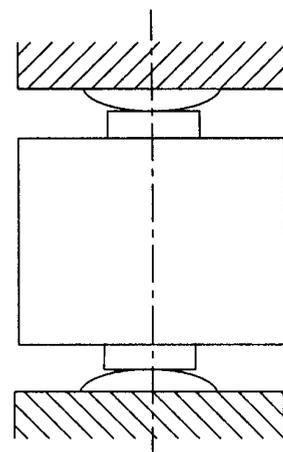


图1 劈裂抗拉试验示意图

3 试验结果与讨论

在呋喃树脂混凝土中掺入不同体积含量的杜拉纤维后,其抗压强度、抗折强度及劈裂抗拉强度值如表1所示。从表1及图3、图4可看出,掺入杜拉纤维后,呋喃树脂混凝土的抗压强

度影响不大,而其抗折强度及劈裂抗拉强度有显著提高。当杜拉纤维掺量从 $0 \sim 0.9\text{kg}/\text{m}^3$ 时,其抗折强度及劈裂抗拉强度呈现增长趋势,其抗折强度最大增长了 14.4%,劈裂抗拉强度最大增长了 15.5%。而当纤维含量从 $0.9\text{kg}/\text{m}^3$ 增加到 $1.2\text{kg}/\text{m}^3$ 时,其抗折强度及劈裂抗拉强度则有所下降。经过对试件破坏过程及破坏后状态的仔细分析,原因如下:

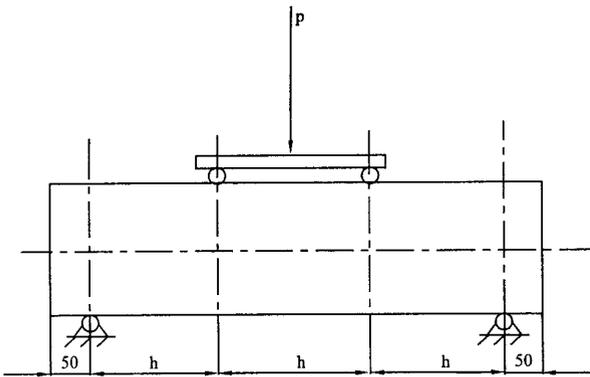


图2 抗折试验示意图

表1 杜拉纤维咪喃树脂混凝土的力学性能

试件编号	杜拉纤维掺量 / (kg/m^3)	抗压强度 / MPa	抗折强度 / MPa	劈裂抗拉强度 / MPa
1	0	33.2	6.36	3.26
2	0.5	32.7	6.91	3.53
3	0.7	32.0	7.18	3.71
4	0.9	32.3	7.27	3.76
5	1.2	31.7	7.11	3.66

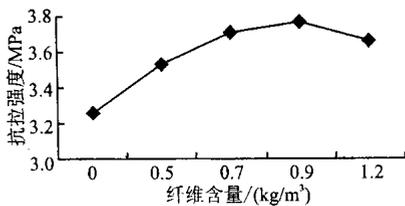


图3 纤维含量与抗拉强度的关系

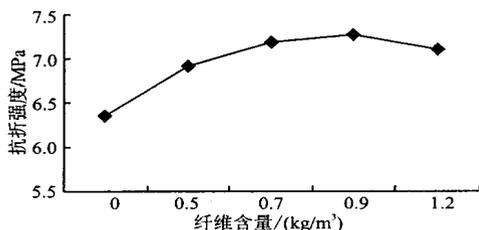


图4 纤维含量与抗折强度的关系

(1) 在咪喃树脂混凝土中掺入一定量的杜拉纤维,杜拉纤维是一种以聚丙烯为原料、以独特工艺制造的高强聚丙烯单丝纤维,它可以迅速与混凝土材料混合,且分布均匀,同时由于细微,每立方混凝土中仅需掺入约 0.7 公斤纤维,纤维丝数量即可达 2000 多万条^[7],比表面积大,能在混凝土内部构成一种均匀的乱向支撑体系,使整个试件更为有效地连成一有机整体。在承受荷载时,能够使荷载较为均匀地分布于整个横截面上,从而避免在试件的某个较为薄弱的截面上裂纹首先失稳扩展,造成整个试件的迅速破坏。

(2) 从微观的角度来看,任何密实的混凝土都存在微裂缝,混凝土在硬化形成强度的过程中,由于混凝土体积的收缩,在混凝土内部引起微裂缝。由于杜拉纤维的存在,减少了树脂混凝土的收缩量,从而也就减少了由于收缩变形而引起的微裂

纹,抑制了扩展裂纹源的产生,结果使树脂混凝土的抗拉及抗折强度提高。

(3) 杜拉纤维的阻裂作用。美国 Romualdi 提出的“纤维间距机理”,根据线弹性断裂力学来说明纤维对于裂缝发生和发展的约束作用。认为在混凝土内部原来就存在缺陷,欲提高强度,必须尽可能地减少缺陷的程度,提高韧性,降低内部裂缝端部的应力集中系数,从而使纤维混凝土的抗拉强度得以提高。由于杜拉纤维以单位体积内较大的数量均匀分布于混凝土内部,故微裂缝在发展的过程中必然遭遇到纤维的阻挡,消耗了能量,裂缝难于进一步发展。具体的杜拉纤维阻裂如下:荷载从零增加到初裂时,此时纤维与树脂混凝土作为一个整体共同承载,使初裂荷载得以提高;从初裂荷载继续增加到极限荷载时,纤维通过界面粘接力横贯裂缝传递内力,达到应力重新分布,使纤维树脂混凝土仍然能继续承载;荷载继续增加到破坏,此时纤维与混凝土的粘界面被破坏,纤维从混凝土基材中被拔出、拉断,吸收大量能量,从而提高混凝土的抗拉强度及断裂韧性。

从纤维树脂混凝土试件的破坏过程和破坏端面来看,在抗折及劈裂抗拉试验的过程中,裂纹由下表面逐步向上表面扩展,随着荷载的逐步下降,试件继续变形,表现出明显的韧性。从试件的开裂面上,可观察到纤维被拔出和拉断的现象。

杜拉纤维的掺量从 $0.5\text{kg}/\text{m}^3$ 到 $0.9\text{kg}/\text{m}^3$,试件的劈裂抗拉强度及抗折强度逐渐提高。这是因为随杜拉纤维数量增多,每根纤维所承受的荷载减少,客观上表现出力学性能的提高,且纤维数量的增多,能约束裂缝的出现,更为有效地阻止裂纹地扩展。杜拉纤维的掺量从 $0.9\text{kg}/\text{m}^3$ 到 $1.2\text{kg}/\text{m}^3$,劈裂抗拉强度及抗折强度又有所下降,原因是:杜拉纤维的掺量太多,在搅拌的过程中不易分散,从而在混凝土中不能完全均匀分布所致。杜拉纤维的掺入,对咪喃树脂混凝土的抗压强度影响不大。原因是由于纤维的掺入,减少了初始裂纹的产生及抑制了裂纹的扩展,而裂纹对抗压强度的影响远小于对抗拉强度的影响。

4 结论

(1) 咪喃树脂混凝土中掺入杜拉纤维,可提高其劈裂抗拉强度及抗折强度,而对抗压强度的影响不大。其劈裂抗拉强度最高提高了 15.5%,抗折强度最高提高了 14.4%。

(2) 杜拉纤维的最佳掺量推荐采用 $0.7\text{kg}/\text{m}^3 \sim 0.9\text{kg}/\text{m}^3$ 。纤维掺量太少,增强作用不明显,掺量太多,不易分布均匀及形成空隙。

[参考文献]

- [1] 张信鹏,王德森,耐腐蚀混凝土,化学工业出版社[M], 1989.
- [2] V M Malholra, G G Garelle, A Bilodeau. Mechanical properties and durability of polypropylene fiber reinforced high-volume fly ash concrete for shotcrete applications[J]. ACI Materials Journal. 1994, 91(5): 478 - 486.
- [3] P Soroushian, A Khan, J W Hsu. Mechanical properties of concrete materials reinforced with polypropylene or polyethylene fibers[J]. ACI Materials Journal. 1992, 89(2): 535 - 540.
- [4] 姚武,李杰,周钟鸣. 聚丙烯纤维对混凝土抗拉强度的影响[J]. 混凝土, 2001, (10).
- [5] 沈荣熹, M.L. HILL, 田永兴. 低掺量聚丙烯纤维在混凝土中的阻裂作用. 国际纤维混凝土学术会议论文集[C]. 广东科技出版社, 1997.
- [6] 纪午生,陈伟,张应立,等. 常用建筑材料实验手册[M]. 中国建筑工业出版社, 1986.
- [7] 田永兴. 专用聚丙烯纤维在高性能混凝土工程中的应用[C]. 全国第二届高性能混凝土学术研讨会论文集, 1999, 4.

[作者简介] 曾海燕(1967-),女,硕士研究生。晏石林(1963-),男,博士生导师。

[单位地址] 武汉理工大学理学院工程结构与力学系(430070)

[联系电话] 027 - 87651129; 87875245; E-mail: zenghaiyan@mail.whut.edu.cn