

聚丙烯纤维增强钢丝网混凝土薄板力学性能试验研究

禹智涛¹ 李士恩¹ 邓天宇²

(1. 广东工业大学建设学院, 广州 510643; 2. 广州鲁班防水公司)

摘要: 在大量聚丙烯纤维增强钢丝网混凝土薄板试验的基础上, 分析研究了聚丙烯纤维增强钢丝网混凝土薄板的抗弯性能和抗冲击性能。研究了聚丙烯纤维掺量、钢丝网对聚丙烯纤维增强钢丝网混凝土薄板抗弯性能和抗冲击性能的影响规律, 并建立了聚丙烯纤维增强钢丝网混凝土薄板抗弯强度和抗冲击强度的近似计算公式。

关键词: 聚丙烯纤维; 钢丝网混凝土薄板; 抗弯性能; 抗冲击性能; 近似计算公式

中图分类号: TU528.572, TU502.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4637(2002)04-35-03

0 前言

纤维增强混凝土是一种物理性能和力学性能优良的新型复合材料^[1-2], 它与普通的素混凝土及钢筋混凝土相比, 具有较高的抗拉、抗折、抗冲击、韧性、耐磨、抗渗、抗裂、耐久性、抗疲劳等性能。这种新型复合材料的试验研究及开发利用, 已越来越引起有关专家学者和工程技术人员的兴趣和关注, 并解决了工程实际中存在的一些难题。

随着社会经济的飞速发展, 在越来越多的城市, 特别是大城市中, 车辆数量急剧增加, 对停车场所的需求也日益增加, 因此修建了许多多层停车场, 不少高层建筑也将下部若干层作为停车场。对作为停车场楼层的楼面面层需有比一般楼层楼面面层更高更多的要求, 如较高的强度、抗冲击能力、韧性、耐久性以及较好的抗裂性能、耐磨性能、防水抗渗性能等。广东工业大学建设学院与广州鲁班防水公司合作, 提出了以聚丙烯纤维增强钢丝网混凝土作为罩面层, 并在聚丙烯纤维增强钢丝网混凝土层与楼面板之间设置具有弹性的防水材料层的楼面面层设计思想。聚丙烯纤维增强钢丝网混凝土层与楼面板形成整体, 共同承受荷载, 提高了承载能力, 而且能充分利用聚丙烯纤维增强钢丝网混凝土材料的优良性能。为获取设计应用的有关参数, 对大量聚丙烯纤维增强钢丝网混凝土薄板进行了一系列的试验研究, 本文介绍聚丙烯纤维增强钢丝网混凝土薄板抗弯性能及抗冲击性能试验研究

的内容。

1 原材料及试验方案

1.1 原材料

水泥 广东石井水泥厂生产的 425 号普通硅酸盐水泥。

砂 中粗砂。

碎石 粒径不大于 15mm 的花岗岩细石料。

减水剂 广州某公司生产的 G-3 早强高效减水剂。

聚丙烯纤维 杜拉纤维, 美国希尔兄弟化工有限公司产单丝聚丙烯纤维, 单丝抗拉强度为 492N/mm²。

钢丝网 广州产的编织方格网, 网眼尺寸为 10mm × 10mm, 单丝直径为 0.9mm, 单丝抗拉强度为 1078N/mm²。

1.2 试件制作

试件的尺寸为: 长 100mm, 宽 200mm, 厚度分 20mm、40mm、60mm 三种。

聚丙烯纤维的体积掺率(‰)为: 取 0、0.5、0.7、1.0、1.5 五种。

钢丝网布置: 分 0 层、1 层、2 层三种。

共制作试件 75 组, 211 件。其中, 抗弯试件 35 组, 88 件; 抗冲击试件 40 组, 123 件。

试件厚度为 20mm 时用砂浆, 厚度为 40mm、60mm 时用细粒混凝土, 各类薄板试件所用配合比见表 1。

1.3 试验方法

表 1 试件配合比

类别	水泥 /kg	砂 /kg	碎石 /kg	水 /kg	减水剂 /g	聚丙烯纤维 /g				
						0‰	0.5‰	0.7‰	1.0‰	1.5‰
砂浆	1	1.62	0.0	0.380	3	0	0.613	0.858	1.226	1.839
细粒混凝土	1	2.01	2.54	0.407	3	0	1.136	1.511	2.272	3.408

薄板抗弯试验利用反弯加载原理,以便于观测薄板弯曲时每个阶段受弯面的裂缝宽度,加载图式如图1所示。薄板冲击试验采用钢球自由落体冲击薄板的方法,加载图式如图2所示。

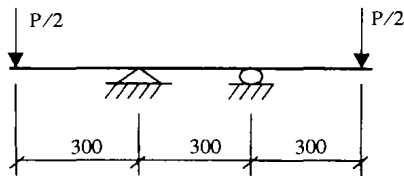


图1 薄板抗弯试验加载图

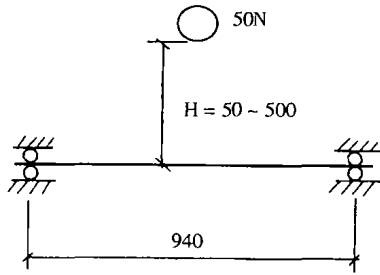


图2 薄板抗冲击试验加载图

2 试验结果分析及近似计算公式

对试验结果进行整理分析,并利用概率统计的方法,可获得有关参数及近似计算公式,本文所列近似计算公式与实测结果的相关性均满足概率统计规定的相关性要求。限于篇幅,在此不一一列出。

2.1 薄板抗弯强度近似计算公式

聚丙烯纤维增强混凝土薄板(不布置钢丝网)破坏时的强度公式为:

$$f_m = 1.092\sigma_c(\alpha_f - 0.21h) \quad (1)$$

式中, f_m — 薄板的抗弯强度, N/mm^2 ;

σ_c — 素混凝土的弯曲抗拉强度设计值, N/mm^2 ;

h — 薄板的厚度, mm (板厚不宜大于 $70mm$);

α_f — 系数,根据聚丙烯纤维掺率 ρ_f 由表2查得。

通过对各类薄板的抗弯强度实测值与纤维掺率的关系进行数值分析可知,不同厚度、不同层数钢丝

表2 系数 α_f 值

ρ_f	0	0.5	0.7	1.0	1.2	1.5
α_f	1.00	1.058	1.075	1.040	1.010	0.978

网的薄板的抗弯强度均在 $\rho_f = 0.7\%$ 处达到最大值,由此可知聚丙烯纤维的最佳掺率为 0.7% 。

$\rho_f = 0.7\%$ 的聚丙烯纤维增强钢丝网混凝土薄板(布置一层或二层钢丝网)在裂缝宽度达 $0.1mm$ 和破坏时两个阶段的强度公式为:

$$f_m = 2.5\sigma_c(\alpha_m - 0.72h) \quad (2)$$

式中, α_m — 系数,由表3查得。

$\rho_f = 0.7\%$ 的聚丙烯纤维增强钢丝网混凝土薄板

表3 系数 α_m 值

状态	$\rho_f = 0.7\%$	
	一层钢丝网	二层钢丝网
裂缝宽度达 $0.1mm$ 时	1.07	1.56
破坏时	1.27	1.85

(布置一层或二层钢丝网)在裂缝宽度达 $0.05mm$ 时的抗弯强度实测值离散性较大,不宜采用概率统计的分析方法,于是将疑点舍弃,采用取平均值的方法,可得裂缝宽度为 $0.05mm$ 时的强度公式为:

$$f_{m0} = 0.48f_{mu} \quad (3)$$

式中, f_{m0} — 薄板开裂 $0.05mm$ 时的抗弯强度, N/mm^2 ;

f_{mu} — 薄板破坏时的抗弯强度, N/mm^2 。

厚度为 $20mm$ 、 $40mm$ 、 $60mm$ 的系列薄板抗弯试验结果分析表明,聚丙烯增强混凝土薄板与素混凝土薄板的抗弯强度相比,厚度为 $20mm$ 的薄板增加 12.8% ,而厚度为 $60mm$ 的薄板仅增加 3.6% ,也就是说板材的厚度越薄,聚丙烯纤维对抗弯强度的增强作用越大,这说明聚丙烯纤维具有钢纤维类似的性质,即板材厚度越薄纤维平面分布越显著。

通过薄板的抗弯试验可以发现,对聚丙烯纤维增强混凝土薄板,超过初裂阶段后挠度值增长的速度加快,这是由于聚丙烯纤维与混凝土二者的弹性模量相差较大,聚丙烯纤维的增强作用非常微弱。而聚丙烯纤维增强钢丝网混凝土薄板挠度增长的速度明显减慢,说明聚丙烯纤维与钢丝网的复合可以有效地提高薄板的延性和抗裂性能。

2.2 薄板抗冲击强度近似计算公式

薄板抗冲击初裂强度公式为:

$$f_{i0} = 394k_m\sigma_c \cdot 10^\beta \quad (4)$$

式中, f_{i0} — 薄板抗冲击初裂强度, J/m^2 ;

$$\beta = \frac{1}{16}(h + 2.85\rho)$$

$$\rho = 1000\rho_f;$$

k_m — 系数,按钢丝网层数由表4查得。

表4 系数 k_m 值

钢丝网层数	0	1	2
k_m	1	1.088	1.938

通过对各类薄板的抗冲击强度实测值与纤维掺率的关系进行数值分析可知,薄板抗冲击初裂强度随着掺率 ρ_f 的增大而增大,且呈线性关系;薄板抗冲击破坏强度不随掺率 ρ_f 的增大而呈线性规律变化,而是在 $\rho_f = 0.7\%$ 处达到最大值,由此可知聚丙烯纤维的最佳

掺率为 0.7‰。

$\rho_f = 0.7‰$ 的薄板抗冲击破坏强度公式为:

$$f_u = 1139 k_u \sigma_c \cdot 10^{(0.067k_u)} \quad (5)$$

式中, f_u — 薄板抗冲击破坏强度, J/m^2 ;

k_u — 系数, 按钢丝网层数由表 5 查得。

表 5 系数 k_u 值

钢丝网层数	0	1	2
k_u	1	2.7	11.6

2.3 各类薄板强度比较

根据以上得到的近似计算公式, 重新计算各类薄板的抗弯强度和抗冲击强度, 并进行分析比较, 可以看出, 聚丙烯纤维增强钢丝网混凝土薄板的抗弯强度和抗冲击强度较素混凝土薄板及聚丙烯纤维增强混凝土薄板均有很大幅度的提高, 特别是布置二层钢丝网时提高的幅度更大, 而且可以看出, 钢丝网起到了主要的增强作用。限于篇幅, 这里仅列出厚度为 20mm 的各类薄板的强度比较, 见表 6。

表 6 厚度为 20mm 的各类薄板强度比较

试验项目	抗弯试验				抗冲击试验			
	素混凝土	聚丙烯纤维增强混凝土	聚丙烯纤维增强钢丝网混凝土		素混凝土	聚丙烯纤维增强混凝土	聚丙烯纤维增强钢丝网混凝土	
$\rho_f / ‰$	0	0.7	0.7	0.7	0	0.7	0.7	0.7
钢丝网层数	0	0	1	2	0	0	1	2
强度/(N/mm^2 ; J/m^2)	4.5	5.08	12.67	19.19	2571	6967	18812	80821
提高比例	1	1.13	2.82	4.26	1	2.71	7.32	31.44

3 结论

3.1 聚丙烯纤维与钢丝网的复合能大幅度提高薄板的抗弯强度和抗冲击强度, 其中起主要增强作用的是钢丝网。

3.2 聚丙烯纤维对聚丙烯纤维增强钢丝网混凝土薄板的抗弯强度和抗冲击强度的增强作用均在其体积掺率为 0.7‰时达到最大值。

3.3 布置二层钢丝网对聚丙烯纤维增强钢丝网混凝土薄板的抗弯强度和抗冲击强度的增强作用更为显著。

3.4 聚丙烯纤维增强钢丝网混凝土薄板具有较好的延性和抗裂性能。

本文的研究可为聚丙烯纤维增强钢丝网混凝土在建筑工程(如楼面、屋面、墙体等)中的应用提供一定的依据, 也可为聚丙烯纤维增强钢丝网混凝土在道路桥梁工程(如道路路面、桥面铺装等)中的应用提供有益的启示和参考。

参考文献

- 1 郑建岚. 现代混凝土结构技术. 人民交通出版社, 1999
- 2 王立伍. 聚丙烯纤维对混凝土性能的影响和工程应用. 全国第七届纤维水泥与纤维混凝土学术会议论文集. 中国铁道出版社, 1998

收稿日期: 2002-04-29

作者简介: 禹智涛, 男, 广东工业大学讲师, 华南理工大学博士生

通讯地址: 广州市五山广东工业大学建设学院

联系电话: 13076816558

钢纤维混凝土检查井盖

我院研制的钢纤维砼检查井盖, 已取得了国家专利, 专利名称为“钢纤维混凝土检查井盖”, 专利号 ZL99 218299.9。国家行业标准“钢纤维混凝土检查井盖”已由国家经贸委发布, 将于 2002 年 6 月 1 日起实施。钢纤维混凝土井盖以优良的性能, 被广泛应用于城市道路及小区雨水、污水、煤气、电力及邮电通讯等各种地下管道的检查井上。是一种有很好发展前途的市政建设新产品。

该产品强度高, 抗震性好, 且具有制作方便、成本低等优点。另外, 这种井盖再回收价值极低, 被盗的可能性极小, 能从根本上减少目前居高不下的铸铁井盖丢失率, 避免了建设和使用单位不必要的麻烦和损失。深受使用单位欢迎。

该产品建厂投资小、用人少、利润高。建一条年产 1 万套井盖的生产线, 设备及模具等投资 10 万元, 只需 4~6 名工人, 年产值在 250 万元, 利润可达 25 万元。

该产品专利转让费 3 万元。包括提供产品结构图纸、工艺操作规程、钢纤维混凝土配合比及设备清单。

本院可提供整条生产线的设备和模具设备等, 到现场后一个星期即可投产并保证产品达到标准要求。

苏州混凝土水泥制品研究院

地址: 苏州市三香路 162 号 邮编: 215004

联系人: 岳秋辉(0512-68295388 13812665127) 汤关祚(0512-68295095 13862012210)