



21世纪土木工程实用技术丛书



纤维混凝土结构

Xianwei Hunningtu Jiegou

黄承逵 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



21 世纪土木工程实用技术丛书

纤维混凝土结构

黄承逵 编著



机械工业出版社

纤维混凝土的研究与工程应用近年来在国内外发展很快,是继预应力混凝土之后混凝土材料与结构学科的又一次飞跃。本书结合国内外最新发展,较全面地论述了钢纤维混凝土与合成纤维混凝土的性能、结构设计方法和应用技术。全书共分10章,内容包括纤维混凝土的性能及增强机理,纤维混凝土的配制、拌合、浇筑及检验,钢纤维混凝土在不同工程领域应用时的结构设计方法,钢纤维喷射混凝土以及合成纤维混凝土的应用技术要点。书中还对有关的试验研究、工程实例和国外技术规范作了简要的介绍。

本书可供土木工程技术人员和从事纤维混凝土研究的人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

纤维混凝土结构/黄承逵编著. —北京:机械工业出版社, 2004.4

(21世纪土木工程实用技术丛书)

ISBN 7-111-14083-4

I. 纤… II. 黄… III. 纤维增强混凝土—混凝土结构 IV. TU37

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第014918号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:薛俊高

责任编辑:薛俊高 版式设计:霍永明 责任校对:申春香

封面设计:张静 责任印制:施红

北京铭成印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2004年5月第1版第1次印刷

890mm×1240mm A5·10.875印张·321千字

0 001—4 000册

定价:24.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话(010)68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

序

我国自 20 世纪 70 年代开始了钢纤维混凝土理论和应用研究, 30 年来发展很快。自 1986 年在大连召开第一次全国性纤维混凝土学术会议以来, 已经举行了九届, 第十届学术会议将于 2004 年 11 月在同济大学召开。1989 年、1992 年先后颁布了《钢纤维混凝土试验方法》、《钢纤维混凝土结构设计 with 施工规程》两本国家推荐性标准, 对推动我国钢纤维混凝土技术发展起了重要作用。目前我国四大类钢纤维都有生产, 产量逐年增加, 质量不断提高, 不但满足国内供应还大量出口。钢纤维混凝土在公路、隧道、码头铺面、工业建筑地面、刚性防水、结构复杂应力区、抗冲磨结构等工程中得到了广泛应用。自 20 世纪 90 年代, 用于混凝土的合成纤维大量进口, 客观上推动了国内合成纤维混凝土研究应用的发展, 合成纤维国产化比例在增加, 合成纤维混凝土的应用领域越来越广。为适应这种情况, 在中国工程建设标准化协会领导下由大连理工大学会同有关单位, 将《钢纤维混凝土结构设计 with 施工规程》修订为《纤维混凝土结构技术规程》, 新规程不仅适应新修订的有关各类混凝土结构规范, 同时新增了合成纤维混凝土及钢纤维混凝土新应用领域的有关技术规定。这本技术规程的颁布将推动纤维混凝土复合材料更快地、健康地发展。

黄承逵教授在这本书中论述了纤维混凝土的力学性能及

IV

其增强机理,介绍了作者及国内其他单位的钢纤维混凝土和合成纤维混凝土的主要研究成果和工程应用实例,以及国外有关的技术规范内容,阐述了钢纤维混凝土结构的设计方法和钢纤维混凝土、合成纤维混凝土在各工程领域应用的技术要点。这本书有利于对《纤维混凝土结构技术规程》的理解和应用,对从事纤维混凝土研究和工程应用的科研人员和工程技术人员是一本很好的参考书。

中国工程院 院士 赵国藩
大连理工大学 教授

2004年1月5日

前 言

纤维混凝土是当代迅速发展的新型复合建筑材料，尤其以钢纤维混凝土及合成纤维混凝土发展最快。钢纤维对混凝土具有显著的阻裂、增强和增韧作用，经过多年的研究与工程实践，钢纤维混凝土的优良性能已得到全世界广大工程界的认可，钢纤维混凝土在土木、水利等许多工程领域都得到了广泛应用。合成纤维对防止混凝土早期收缩裂缝，改善混凝土耐久性的作用十分明显，合成纤维混凝土在各工程领域也正在推广应用。

本书介绍了作者及其合作者多年从事纤维混凝土研究和推广应用的成果，汇总了国内近年来的研究和工程实践经验，吸收了国外有关规范标准的技术内容，对纤维混凝土的增强机理和性能、纤维混凝土结构的设计方法、纤维混凝土的施工及检验、纤维混凝土在各个工程领域应用的技术要点作了讲解。书中还对一些重要的试验研究和典型的工程实例作了必要的介绍。期望本书的内容有助于对《纤维混凝土结构技术规程》的理解与应用。由于该规程正在送审报批过程中，本书的个别内容可能与之有出入，希望读者注意这一点。

在多年的纤维混凝土课题研究和本书的编写过程中，自始至终得到了我的老师赵国藩院士的支持、关心和指导，在本书的立项、编辑、出版工作中还得到机械工业出版社薛俊

高编辑和有关同志的大力支持与帮助，在此表示衷心的感谢！

大连理工大学结构工程博士点博士研究生张宏战对钢纤维混凝土强度影响系数和钢筋钢纤维混凝土构件斜截面受剪承载力计算方法进行了试验数据分析和校核工作，博士研究生杨萌完成了钢纤维与基体粘结性能试验并参与有关工业建筑地面内容的编写工作，硕士研究生黄靖和葛树奎绘制了全书的插图并对打印稿进行了校对，本书的编写还参考了《纤维混凝土结构技术规程》编制组有关单位提供的数据、资料，在此一并表示感谢！

由于本书涉及的专业领域较多，成书又较仓促，来不及对不同专业设计理论深入学习，不妥之处敬请批评指正。

黄承遠

2004年1月5日于大连理工大学

目 录

序

前言

第 1 章	绪论	1
1.1	纤维混凝土的定义与分类	1
1.2	纤维混凝土的特性	2
1.3	纤维混凝土的工程应用	4
1.4	纤维混凝土的发展前景	6
第 2 章	纤维混凝土的组成材料及其性能	11
2.1	纤维品种及其性能	11
2.2	基体分类及性能	12
第 3 章	纤维混凝土增强机理	14
3.1	概述	14
3.2	复合材料力学理论	14
3.3	纤维间距理论	20
3.4	纤维混凝土的增韧效果及评定方法	23
3.5	纤维混凝土的纤维临界体积率和最小体积率	27
第 4 章	钢纤维混凝土的配制与施工	32
4.1	钢纤维混凝土的原材料	32
4.2	钢纤维混凝土配合比设计	37

4.3	钢纤维混凝土施工及检验	46
第5章	钢纤维混凝土的基本性能	52
5.1	钢纤维与基体的粘结性能	52
5.2	钢纤维混凝土的基本力学性能	62
5.3	钢纤维混凝土的疲劳和冲击性能	74
5.4	钢纤维混凝土的长期变形性能	79
5.5	钢纤维混凝土耐磨性和耐冲刷性	81
5.6	钢纤维混凝土的抗冻性	83
5.7	钢纤维混凝土的耐腐蚀性	84
第6章	钢纤维混凝土结构设计	94
6.1	概述	94
6.2	无筋钢纤维混凝土构件承载力计算	98
6.3	钢筋钢纤维混凝土正截面承载力计算	105
6.4	钢筋钢纤维混凝土构件受剪承载力计算	118
6.5	受冲切、局部受压和节点受剪承载力计算	124
6.6	钢筋钢纤维混凝土构件正常使用 极限状态验算	131
6.7	钢纤维混凝土结构的构造要求	151
第7章	钢纤维混凝土面板结构	155
7.1	概述	155
7.2	钢纤维混凝土路面和机场道面	156
7.3	钢纤维混凝土港口道路和堆场铺面	168
7.4	钢纤维混凝土工业建筑地面	172
7.5	钢纤维混凝土桥面铺装层	186
7.6	钢纤维混凝土刚性防水屋面	187
第8章	钢纤维增强及局部增强混凝土	

结构和预制构件	192
8.1 钢纤维增强预应力混凝土轨枕	192
8.2 钢纤维局部增强钢筋混凝土预制桩	198
8.3 钢纤维增强钢筋混凝土牛腿	202
8.4 钢纤维增强钢筋混凝土桩基承台	210
8.5 钢纤维增强钢筋混凝土筒仓	221
8.6 钢纤维部分增强钢筋混凝土梁和深梁	233
8.7 钢筋钢纤维混凝土叠合梁	247
8.8 钢纤维混凝土在桥梁结构中的应用	257
 第 9 章 钢纤维喷射混凝土及其在支护	
和加固工程中的应用	266
9.1 概述	266
9.2 喷射混凝土的施工方法	268
9.3 钢纤维喷射混凝土的原材料与配合比	273
9.4 钢纤维喷射混凝土隧道及地下工程 衬砌与支护设计	281
9.5 钢纤维喷射混凝土力学性能要求及试验方法	283
9.6 钢纤维喷射混凝土的施工检验	286
9.7 钢纤维喷射混凝土修补加固工程	289
 第 10 章 合成纤维混凝土	302
10.1 概述	302
10.2 合成纤维混凝土的组成	303
10.3 合成纤维混凝土早期防裂性能	307
10.4 合成纤维混凝土的力学性能	310
10.5 合成纤维混凝土的耐久性	317
10.6 合成纤维混凝土的应用	324
 参考文献	333

第 1 章 绪 论

1.1 纤维混凝土的定义与分类

纤维增强混凝土(FRC, Fiber Reinforced Concrete)简称纤维混凝土, 它是以水泥浆、砂浆或混凝土为基体, 以金属纤维、无机非金属纤维、合成纤维或天然有机纤维为增强材料组成的复合材料。

纤维混凝土以其基体不同, 可分为:

纤维水泥: 由纤维与水泥浆或掺有细粉活性材料或填料的水泥浆组成的复合材料, 多用于建筑制品, 如石棉水泥瓦、石棉水泥板、玻璃纤维水泥墙板等。

纤维砂浆: 在砂浆中掺入纤维, 多用于防裂、防渗结构。如聚丙烯纤维抹面砂浆、钢纤维防水砂浆等。

纤维混凝土, 这里是狭义的纤维混凝土, 专指基体含有粗骨料的混凝土。依基体混凝土的特征, 又可分为纤维轻质混凝土、纤维膨胀混凝土、纤维高强混凝土等等。

纤维弹性模量是否高于基体混凝土的弹性模量, 其增强增韧效果有明显差异, 故可分为两类: 高弹模纤维增强混凝土和低弹模纤维增强混凝土。

高弹模纤维有:

金属纤维: 钢纤维、不锈钢纤维、钢棉等;

无机非金属纤维: 石棉、矿棉、玻璃纤维、碳纤维、陶瓷纤维等;

高弹模合成纤维: 芳纶纤维、高弹模聚乙烯纤维等。

低弹模纤维有:

天然有机纤维: 纤维素纤维、麻纤维、草纤维等;

合成纤维: 聚丙烯纤维、聚丙烯腈纤维、尼龙纤维等。

为了获得需要的纤维混凝土特性和较低成本,有时将两种或两种以上纤维复合使用,称为混杂(或混合)纤维混凝土。

通常,纤维是短切、乱向、均匀分布于混凝土基体中。但是有时采用连续的纤维(如单丝、网、布、束等)分布于基体中,称为连续纤维增强混凝土。

近年来发展的高性能高含量纤维混凝土主要有:

渍浆纤维混凝土(SIFCON, Slurry Infiltrated Fiber Concrete),系将水泥浆或水泥砂浆渗浇到钢纤维堆体中的一种高强度高韧性复合材料。

活性粉末混凝土(RPC, Reactive Powder Concrete)采用水泥、超细粉料:硅粉、石英粉及石英细砂($d_s < 0.5\text{mm}$)和细短钢纤维、超塑化剂、极低水灰比经蒸压养护制成的一种超高强复合材料。

纤维增强无宏观缺陷水泥(FRMDFC, Fiber Reinforced Macro-Defect Free Cement)。采用碳化硅纤维或芳纶纤维、水泥、水和水溶性聚合物等制作,复合体内无宏观缺陷。

1.2 纤维混凝土的特性

自从1824年英国人J. Aspdin发明波特兰水泥以来,水泥工业和混凝土材料在不到二百年的历史中,有了突飞猛进的发展。在当代五大工程材料(混凝土、砌体、钢材、木材、合成材料)中,混凝土的用量最大、应用范围最广。其原因在于:原材料容易获得,耗能和成本相对较低,成型和施工相对简便,采用钢筋增强和预应力技术所筑成的工程结构坚固耐用,承载力高、稳定性好,经专门设计和采取防护措施,结构的抗震性能和耐久性也可满足要求。但混凝土材料本身抗拉强度低、韧性差等固有弱点依然限制其优势的发挥。为克服混凝土的弱点,人们一直致力于混凝土的改性研究,采用纤维增强混凝土则是一种重要的解决途径。

纤维的掺入,使混凝土性能发生明显改善,和普通混凝土相比,纤维混凝土具有以下特点:

(1) 在配合比设计和拌合工艺上采取相应措施可使纤维在基体中分散均匀,拌合物具有良好的施工性能。由于拌合物粘聚性增加,可

用于某些特殊施工需要,如掺用合成纤维来增强水下混凝土的不分散性等。

(2) 与普通混凝土相比,纤维混凝土的抗拉强度、弯拉强度(又称折断模量、抗弯强度、抗折强度)、抗剪强度均有提高,尤其是对于高弹模纤维混凝土或高含量纤维混凝土提高的幅度更大。

(3) 纤维在基体中可明显降低早期收缩裂缝,并可降低温度裂缝和长期收缩裂缝。

(4) 纤维混凝土的裂后变形性能明显改善,弯曲韧性($P-\Delta$ 曲线下某一变形前的面积)提高几倍到几十倍,压缩韧性也有一定程度提高,极限应变有所提高。受压破坏时,基体裂而不碎。

(5) 纤维混凝土的收缩变形和徐变变形较基体混凝土有一定程度降低。

(6) 纤维混凝土的抗压疲劳和弯拉疲劳性能,以及抗冲击和抗爆炸性能显著提高。

(7) 高弹模纤维增强混凝土用于钢筋混凝土和预应力混凝土构件,可显著提高构件的抗剪强度、抗冲切强度、局部受压强度和抗扭强度并延缓裂缝出现,降低裂缝宽度,提高构件的裂后刚度,提高构件的延性。

(8) 由于纤维可降低混凝土微裂缝和阻止宏观裂缝扩展,故可使其耐磨性、耐空蚀性、耐冲刷性、抗冻融性和抗渗性有不同程度的提高;使侵蚀介质侵入基体的速率降低,对钢筋混凝土构件中钢筋的防腐蚀有利。

(9) 纤维混凝土中纤维的耐腐蚀和耐老化与纤维品种和基体特性有关。

在碱性环境中不受腐蚀、耐紫外线、耐候性好的纤维,如碳纤维、石棉纤维增强水泥混凝土耐久性好。

钢纤维增强混凝土,当基体混凝土满足耐久性要求时,钢纤维的锈蚀基本在表面 5mm 范围内,且不锈胀,故可满足结构耐久性要求。

合成纤维耐紫外线老化性能低的,如聚丙烯纤维,由于水泥石和骨料的保护,基体内部纤维不产生老化,纤维老化基本在构件表面 5mm 范围内。细微的老化纤维也不对表面混凝土强度和密实性产生

明显影响。

普通玻璃纤维在碱环境中老化很快，不可用于水泥基复合材料。采用耐碱玻璃纤维和低碱水泥制作的玻璃纤维水泥制品，可满足耐久性要求。

(10) 某些特殊纤维配制的混凝土，其热学性能、电学性能、耐久性能较普通混凝土也有变化。如石棉水泥板绝热性能、耐久性能优良；碳纤维混凝土导电性能显著提高，并具有一定“压阻效应”；线胀系数为零或负值的碳纤维、芳纶纤维一定程度上可限制变温作用下的基体胀缩，从而降低纤维混凝土的温度裂缝；低熔点合成纤维配制的纤维混凝土在火灾过程中，细微纤维熔化可降低混凝土的爆裂。

1.3 纤维混凝土的工程应用

纤维混凝土在工程中应用比较广泛，用量较大的有石棉纤维水泥制品和玻璃纤维水泥制品，钢纤维混凝土以及合成纤维混凝土。

石棉水泥最早在 1879 年问世，1900 年奥地利人哈谢克(Hatschek)发明了著名的哈谢克法生产石棉水泥板，使石棉水泥走向工业化生产，用量越来越大。在石棉纤维水泥制品中，石棉纤维占水泥重量比，对于瓦和板在 9%~12%之间，对于管材在 11%~14%之间，对耐火板材在 20%~30%之间。石棉水泥制品中一般纤维呈二维分布，其弯拉强度在 25~45MPa 之间，吸水率在 14%~18%之间。石棉水泥制品主要用于波纹瓦、平板瓦、贴墙板、隔热板、绝缘板、下水管道、电缆管等。石棉水泥工业到 20 世纪 70 年代达到高峰，全世界产量超过 2000 万 t。20 世纪 70 年代中期，发现石棉粉尘有致癌危害，引起世界各国的关注，一些国家开始限制和减少石棉的开采和使用。但不少国家在采取控制石棉粉尘污染措施的前提下，仍大量使用石棉水泥制品。据不完全统计，到目前为止，全世界石棉水泥制品与非石棉水泥制品产量仍在 4:1 左右。

玻璃纤维用于增强水泥及混凝土最早于 1957 年由前苏联彼尤科维奇(Biryukovich)提出，并于 1964 年出版了关于玻璃纤维混凝土的专著。前苏联、中国、英国、德国等国开发研究较早。玻璃纤维水泥混

凝土应用的最大障碍是普通玻璃纤维在硅酸盐水泥石的碱环境中受腐蚀而性能下降。随着耐碱玻璃纤维的开发,以及降低水泥基材中的含碱量,使玻璃纤维水泥制品的应用逐渐推广。目前,制造耐碱玻璃纤维采用两种途径,一种是在玻纤上做耐碱涂层,另一种是增加纤维中锆的含量。而降低水泥基材含碱量,目前采用的方法有:在硅酸盐水泥基体中掺用高活性火山灰混合材料,或同时辅以水溶性聚合物;采用低碱性的高铝水泥或硫铝酸盐水泥。玻璃纤维水泥制品主要有玻璃纤维水泥波纹瓦、平板瓦、玻璃纤维水泥墙板、空心墙板、保温复合墙板、永久模板、玻璃纤维水泥管、管衬、现浇空心楼板的圆孔内模等。中国建筑材料科学研究院开发的一种玻璃纤维壳体粮仓具有结构自重轻、成本低的优点,具有良好的应用前景。

采用连续玻璃纤维(玻纤布、玻纤网格等)增强石膏和氯氧镁水泥,用以制作内墙贴面板、空心隔墙板以及包装用板、箱、梁等,具有成本低、施工简便、满足使用要求等优点,目前国内许多中小企业正在开发和推向市场。

钢纤维混凝土是目前作为工程结构材料用途最广,用量较大的一种纤维混凝土。钢纤维混凝土最早出现于1910年,由H.F.Porter提出,但直到1963年J.P.Romualdi和J.B.Batson关于纤维混凝土增强理论研究报告的发表,钢纤维混凝土的研究和应用才有了较快的发展。我国在20世纪70年代开始了钢纤维混凝土的研究和应用,1986年第一届全国性纤维混凝土学术会议召开,到目前已进行了九届,1989、1992年分别颁布了“钢纤维混凝土试验方法 CECS13:89”和“钢纤维混凝土结构设计与施工规程 CECS38:92”。目前国内已有年产万吨以上较大规模的钢纤维厂三家,中小企业几十家,估计钢纤维混凝土年用量在30万 m^3 左右。

钢纤维混凝土主要应用领域有:

公路路面、桥面、机场道面、码头铺面和工业建筑地面,用以提高这些面板结构的抗裂性、弯拉强度、弯曲韧性、耐冲击、耐疲劳性能等。

房屋和桥梁结构、水工结构、特种结构中,用于梁和叠合梁的裂缝控制和抗剪性能的增强;复杂应力区如悬挑结构、闸门门槽、大坝孔口等部位的增强;抗震框架节点、牛腿、剪力墙连梁等的抗剪增

强；筒仓的裂缝控制；桩基承台的抗剪、抗冲击增强等等。

交通隧道、输水隧洞、沟壑等钢纤维喷射混凝土衬砌、支护。

防水、防渗结构：如刚性防水屋面，地下室刚性防水层，储水池、输水沟渠、渡槽、管道。

预制构件：预制桩的桩尖、桩顶，大管桩、铁路轨枕、道路井盖等。

军事工程：主要用其抗爆、抗侵彻的优良性能，如掩体、防空洞、防护门等等。

修补加固工程，如大坝坝面修补，路面局部修补或罩面，梁、板、柱、墩的加固。

合成纤维用于增强水泥混凝土最早于 1965 年由 S. Goldfein 提出，建议用聚丙烯纤维作为混凝土的掺合料，建造美军工兵部队的防爆结构。此后引起工业界的广泛注意，到 1971 年英国制定了有关聚丙烯纤维混凝土制作管子、管件和薄板的国家标准。我国起步比较晚，20 世纪 90 年代初开始研究和应用。目前应用较多的纤维品种是聚丙烯纤维、聚丙烯腈纤维、尼龙纤维和高弹模聚乙烯纤维。合成纤维的掺量一般比较少，体积率只有 0.05% ~ 0.3%，主要减少和防止砂浆、混凝土的早期收缩裂缝，同时对混凝土的抗渗性、抗冻性耐磨性等有所改善。当纤维的弹性模量较高或掺量较多时，也用于混凝土的增韧，以期提高抗冲击和抗疲劳性能。其主要应用领域有：

桥面板、路面、工业建筑地面；

建筑外墙砂浆抹面、刚性防水砂浆抹面、屋面刚性防水层；

水池底板、池壁、渠道、输水和排水管道；

水工建筑物：面板堆石坝的面板、混凝土坝的外表面部位等；

隧洞、护坡喷射混凝土支护、衬砌；

与玻璃纤维、钢纤维混合使用，用于对混凝土的防裂、增强和增韧。

1.4 纤维混凝土的发展前景

纤维混凝土在近 30 年中有了突飞猛进的发展。随着纤维和混凝

土新材料的不断出现,纤维混凝土理论和应用技术的发展,尤其是工程界对混凝土的力学性能和耐久性要求愈来愈高,纤维混凝土的发展前景十分可观。

1. 钢纤维混凝土结构

钢纤维用于增强混凝土结构不仅仅是阻裂和增韧,在许多场合下钢纤维参与结构受力,从而改善无筋混凝土(如弹性地基上的板)、钢筋混凝土结构和预应力混凝土结构的性能。国外目前广泛应用于桥面板、工业地坪、隧洞喷射支护,除此之外在钢筋高强混凝土和预应力混凝土中采用钢纤维增强和局部增强将是很有效的。钢纤维混凝土叠合式构件和分层路面,将钢纤维用于最需要改善性能的结构层中;钢纤维与钢丝网混合使用,用于增强钢筋混凝土或预应力高强混凝土梁、板结构,会产生轻质高强、耐冲击、耐疲劳和高延性的结构。同时随着设计理论研究的深入,钢纤维混凝土结构的应用范围将日益扩大。

2. 钢纤维高性能混凝土

20世纪80年代美国 Lankard 研制成一种高强度高含量钢纤维混凝土(SIFCON Slurry Infiltrated Fiber Concrete),中文译作渍浆(或砂浆渗浇)混凝土。它的钢纤维体积率5%~20%,最高达27%。其抗压强度为100~250MPa,抗拉强度可达38MPa,弯拉强度可达84MPa。受压和受拉极限应变较素混凝土可提高二个数量级,弯曲韧性较素混凝土提高三个数量级。美国 Hackman 等近年来开发了一种砂浆渗浇钢纤维网混凝土(SIMCON Slurry Infiltrated Mat Concrete)。与SIFCON不同的是预置于模具中的是定向分布的钢丝网而不是乱向分布的钢纤维。其增强增韧效果比SIFCON成倍提高。SIFCON和SIMCON对于承受严酷的重载作用、爆炸作用的结构具有显著的优越性,可望用于军事工程、保险库、防爆仓库容器、桥面接缝等结构。

活性粉末混凝土(RPC, Reactive Powder Concrete)也是近年来发展的一种超高强、高韧性混凝土。是采用硅酸盐水泥、硅粉和石英粉、短细钢纤维、超塑化剂配制,成型后一般经蒸压养护,抗压强度可达200MPa和800MPa等级,弯拉强度最高分别可达60和140MPa。我国孙伟教授采用普通养护方法也获得了200MPa级的RPC。RPC目前处