

1992年11月10日~12日
南京东南大学

纤维水泥与纤维混凝土

全国第四届学术会议论文集
(一)



中国土木工程学会
混凝土与预应力混凝土学会 纤维混凝土委员会

86.1685

2/1

纤维水泥与纤维混凝土

全国第四届学术会议论文集

(一)

一九九二年十一月十日~十二日

南京 东南大学



中国土木工程学会

纤维混凝土委员会

混凝土与预应力混凝土学会

序 言

为加速纤维水泥与纤维混凝土在我国的深入发展和推广应用。在中国土木工程学会混凝土及预应力混凝土学会纤维水泥与纤维混凝土学术委员会关怀和支持下，在与会代表和有关教学、科研、生产单位的积极努力下，全国第四届纤维水泥与纤维混凝土学术会议于 1992 年 11 月在南京举行。

这次学术会议于 1991 年 9 月发出征文通知后，共收到学术论文 86 篇，内容极为广泛，既反映了钢纤维混凝土在增强机理、材料行为、结构性能、工程应用等主要研究成果，又反映了近两年来我国在有机纤维、碳纤维、混杂纤维增强水泥基复合材料的新进展。本论文集按材料行为与强化机理、结构性能设计理论、在工程和制品的应用和新型纤维增强混凝土等四部份内容排列、各部分论文先后次序与论文重要程度与水平无关。这本论文集对深化我国纤维水泥与纤维混凝土的理论研究，拓宽应用领域，赶超世界先进水平必将发挥积极的作用。

赵国藩

1992 年 11 月

会议学术委员会

主任委员

赵国藩

委 员

(以姓氏笔划为序)

王璋水 孙 伟 李卷志 沈荣熹

夏靖华 徐蕴贤 章文纲 彭少民

蒋永生 程庆国 樊承谋

会议组织委员会

主任委员

孙 伟

副主任委员

蒋永生

委 员

(以姓氏笔划为序)

卢良浩 宁志善 朱晋茂 吴淑华 张春漪

宗丕功 罗光大 金芷生 宗雪华 周福民

赵景海 阎贵芳 黄承逵 程铁生

秘 书 长

高建明 黄承逵 纪友红

论文编辑

孙 伟 高建明

江苏省扬中工程纤维厂

扬中东南工程纤维研究开发中心

荣 誉 出 品

剪切型钢纤维、钢纤维切割机

我厂(中心)是生产和制造钢纤维及其设备的厂家,生产的剪切型钢纤维主要技术指标是根据 GB716 和中国工程建设标准化委员会标准《SFRC 试验方法标准(草案)》的要求而定的,规格有 $0.2 \times 0.4 \times 22$, $0.3 \times 0.4 \times 25$, $0.3 \times 0.5 \times 26$, $0.4 \times 0.5 \times 28$, $0.4 \times 0.6 \times 35$ 几种,钢纤维抗拉强度大于 550MPa,能反复弯曲 2—3 次。

我厂与东南大学联合研制开发的钢纤维系列产品已被广泛应用于公路道面、桥面、无梁框架节点、屋面防水、港口、基础工程及其他补强、加固工程,涉及建筑、交通、水利、矿山、军工等领域,使用效果得到有关专家和部门的充分肯定和高度评价。

我厂(中心)自行研制的半自动化纤维生产流水线,已成年产 2000 吨的生产能力,在国内同行业中具有领先水平。

我厂(中心)技术力量雄厚,设备先进,工艺装备精良,检测手段完善,质量可靠,产品畅销全国。欢迎新老用户惠顾。

最佳的产品

最佳的服务

将令您称心如意

厂址:江苏省扬中县环城南路

电话:扬中 824871

联系人:朱春贵 吴和荣

邮政编码:212200

电 挂:2171

黑龙江庆安钢铁厂

本厂系省级先进企业及省质量管理奖企业，国内唯一从美国引进当代先进熔抽钢纤维技术与设备的厂家。

本厂产品性能稳定、可靠，已达到美国和日本同类产品的标准，1988 年被评为黑龙江省优质产品，产品已销往国内 25 个省市，并已出口日本。

碳钢纤维主要用于砼，不锈钢纤维用于耐火材料。

品 种	型 号	规格(mm)		
		厚度 h	宽度 B	长度 L
不 锈 钢 纤 维	304	0.2	1.0	20
	310			
	330			25
	430			
	446			35
碳 钢 纤 维	RC1-1	0.2	1.0	25
	RC1-2	0.3	1.5	35
	RC1-3	0.3	1.5	45

地 址：黑龙江省庆安县

电 报：6921

电 话：2022 2506

张家口市四方台铁合金厂

向您提供

●当代新型建筑增强材料—熔抽法钢纤维

该产品分为不锈钢纤维和普碳钢纤维两大类,用于制作高强度混凝土,铺设机场跑道、高速公路、修筑大坝、隧道、厂房地面,建筑重型设备基础等工程设施。具有良好的抗裂、抗拉,抗扭和耐摩擦性能。该产品规格、品种齐种,可满足用户各种要求。

●火炬牌人造金红石和高钛渣

人造金红石是优质电焊条辅料,1984年以来一直保持部优产品称号。

高钛渣是人造金红石的半成品,也是生产四氯化钛的主要原料。

以上产品化学成分稳定,粒度符合要求,多年来深受用户好评。

●宝矩牌硅锰合金

该产品主要用作炼钢脱氧剂和合金添加剂,1987年被评为省优产品。多年出口日本和东南亚地区。

●炼钢、铸造用生铁

质量优、产量大、供货及时。

热诚欢迎各地用户来人来函选用以上产品

厂址:河北宣化北门外 电 话:(宣北)3733

电挂:0934

邮政编码:075100

海城市防水工程公司

海城市防水工程公司、致力于推广钢纤维砼、竭诚为广大用户服务。并愿与科研部门、大专院校、设计施工单位搞好不同形式的合作,并按海城市南台经济特区的优惠政策兑现。

经营范围:

主营:地下设施防水、屋面防水,装璜

兼营:钢纤维混凝土应用研究及咨询窑炉设计及修筑、热工测试及计算,建材炉料、装璜设计、代购代销钢纤维

理事长:赵国藩

经理:宁志善

常务经理:姜乃良

副经理:陈玉坤、周洪波、徐长利

地址:辽宁省海城市南台镇

电话:04221-52637 邮编:114202

海城市防水工程公司

一九九二年十一月

向您推出 92 年全国银奖产品

新型高握裹力异型钢纤维

我厂生产的剪节型钢纤维有下列三种:

- | | |
|---|----------|
| 1.NQ—25~30 扭曲型钢纤维($0.3-0.5 \times 0.45 \times 25-30$) | 形状(——) |
| 2.BW—30, 波纹型钢纤维($0.45 \times 0.45 \times 30$) | 形状(~~~~) |
| 3.CT—30, 超梯形型钢纤维($0.5 \times 0.45 \times 30$) | 形状(——) |

由于本厂具有冷轧带钢的生产优势, 给钢纤维生产提供了大量质量稳定的原材料, 通过对原材料精选, 生产工艺不断革新改造, 钢纤维质量大大优于其他单位。上述产品在 92 年全国新产品及专利产品乌鲁木齐博览会上评为银奖。

我厂生产的钢纤维, 其长径比为 58~84, 抗拉强度达 680MPa, 抗折性能弯曲 90° 连续 4 次不断, 韧性指数与素混凝土相比提高 30 倍以上, 抗裂强度提高 2 倍, 耐磨损性能提高 50%。

高握裹力的 BW-30 波纹形, CT-30 超梯形钢纤维, 是采用国内首创的先进的技术工艺生产的, 除具有扭曲型钢纤维力学性能外, 其粘结强度大大高于扭曲形, 波纹形是扭曲形的 6.13 倍, 超梯形是扭曲形的 4.28 倍。是钢纤维混凝土和钢纤维水泥制品最理想的增强材料。

根据用户需要还可提供其他规格的碳钢纤维和高温合金钢纤维。尚可提供加工钢纤维的新一代设备。

我厂生产的钢纤维, 质量优良, 价格合理, 大批量用户可协商从优。欢迎来人来函洽谈订货:

联系单位: 马钢公司江东轧钢厂钢纤维分厂

联系人: 名誉厂长兼主任工程师 李志辉

电话: 马鞍山 23376 83944 转 2266

邮编: 243011

目 录

一.综合报告

- 1.钢纤维砼结构与施工规程编写要点 赵国藩 黄承逵(1)
- 2.新型纤维增强水泥复合材料的研究现状与开发前景 沈荣熹(9)
- 3.纤维增强水泥基的复合效应和细观机理 孙伟(26)

二.材料性能与增强机理

- 4.钢纤维砼双向破坏准则的研究 董毓利 樊承谋 潘景龙(40)
- 5.SFRC 复合材料的蠕变延迟断裂试验研究 马勇 郭晓辉 孙珏(47)
- 6.钢纤维增强砼动态断裂能 郭晓辉 朱健 杨强 闫立新(55)
- 7.乱向钢纤维增强砼抗拉理论研究 梁军林 蒲心诚 丛钢(60)
- 8.应用散斑干涉法对钢纤维砼增强机理的进一步探讨 李书进 彭少民(71)
- 9.钢纤维增强砼的动态断裂扩展 郭晓辉 朱健 闫立新 郭建民(76)
- 10.钢纤维增强砼拉伸损伤本构特性 彭晓辉 王显耀 马勇 纪国华(83)
- 11.SFRC 复合材料的蠕变延迟断裂模型 马勇 郭晓辉 孙珏(88)
- 12.异形钢纤维形状对钢纤维砼性能的影响 金芷生 庞云 邓美瑁 王义珍(93)
- 13.螺旋钢纤维应力传递机理的研究 姚立宁(103)
- 14.异形钢纤维抗拔性能对比试验研究 谢秉洪 邹东明 王珀 钟汉才(108)
- 15.道路大骨料钢纤维砼机理与纤维方向效应研究 王文安 刘平 茆田杨(116)
- 16.异形钢纤维增强机理初探 谢秉洪 王珀(123)
- 17.二级配钢纤维砼纤维增强效果的研究 彭骏 黄承逵 赵国藩(129)
- 18.二级配钢纤维砼疲劳特性的研究 黄承逵 赵国藩 彭骏(138)
- 19.高强砼与钢纤维砼冲击和疲劳特性的研究 孙伟 严云(147)
- 20.原状粉煤板应用于 SFRC 的试验研究 李秋义(155)
- 21.钢纤维海工砼耐久性初探 金伟华 陈慧瑛(163)
- 22.SFRC 耐磨特性及机理分析 秦鸿根 孙伟(169)
- 23.钢纤维增强碾压砼性能研究 邹东明 方坤何(176)
- 24.碾压复合层钢纤维砼路面的研究 孙继印 徐吉恩 罗光大(184)
- 25.钢纤维膨胀砼变形行为及力学特性的研究 金锦花 赵景海 樊承谋(188)
- 26.硅灰钢纤维砼的性能 吴淑华 李启棣 何亚雄(196)
- 27.聚合物水泥提高钢纤维砼的界面粘结强度 张明如 宋中健 樊承谋(201)
- 28.钢纤维与混凝土粘结力正交设计试验研究 徐吉恩 孙继印 罗光大(209)

三.构件和结构性能

- 29.钢纤维高强砼在结构中应用研究综述 蒋永生(213)

30.装配式框架钢纤维砼齿槽节点	章文纲 程铁生 迟维胜 邵式亮(219)
31.三维增强 S-GRC 梁正截面强度分析	傅秀黛 陈文渊 刘庆琛(227)
32.钢纤维砼梁在冲击荷载下的韧性和动力响应	王璋水 申光前(235)
33.钢纤维砼本构关系的研究	董毓利 樊承谋 潘景龙(243)
34.钢纤维砼双向受力试验设备的研制	董毓利 潘景龙 樊承谋(249)
35.钢纤维砼双向受压损伤的研究	董毓利 潘景龙 樊承谋(258)
36.F.R 桥面铺装与连续桥面板强度计算	李士恩(265)
37.钢纤维增强砼整体弹性模量的理论计算	张庆宗 张福保(273)
38.钢纤维钢筋砼叠合构件的试验分析与计算方法	邵永松 张立平(281)
39.受拉区掺入钢纤维砼叠合受弯构件理论及试验研究	邵永松 张立平(287)
40.钢纤维高强砼牛腿计算方法的探讨	高俊峰 邱洪云 蒋永生(295)
41.钢纤维砼环状受拉应力-应变全曲线研究	卢亦焱 何少溪(301)
42.配筋钢纤维砼受扭构件力学性能的研究	李其廉(311)
43.异型钢纤维增强结构胶补强的阻裂分析	何亚伯 罗光大 江庆岳 黎家旋(319)
44.配筋钢纤维砼拱桥主拱强度验算	蒙云(325)
45.SFRC 增强孔口高应力区的研究	何菊芳 袁文清(330)
46.SFRC 道面板极限破坏试验研究	蒙云(337)
47.钢纤维砼路面计算模式及优化设计研究	蒙云(346)
48.部分钢纤维砼梁弯曲性能的研究	高丹盈(355)
49.钢筋-钢纤维砼板冲切的试验研究	盛欣荣 杨光华 石志民(364)
50.钢纤维砼纯扭构件的开裂强度和极限强度	王岗 原明昭(372)
51.Cora-3 判别法对钢纤维砼梁极限弯矩的模式识别	周祥(379)
52.钢纤维细石砼屋面伸缩缝间矩的计算方法	王春印 王彦才 杨光华 罗福周(386)
53.钢纤维砼板材轴拉实验方法的研究	高坚新(391)

四.新型纤维增强水泥基材

54.影响云母鳞片对水泥基体增强效果的主要因素	王武祥 沈荣熹(396)
55.聚丙烯纤维-钢纤维水泥基复合材料力学性能的研究	林江 陈志源(404)
56.聚丙烯纤维增强水泥砂浆的弯曲性能研究	王显耀 崔江余 孙珏(411)
57.碳纤维增强轻质砼(CFRC)物理力学性能的研究	张其颖 吕忠亚 李仍元(417)
58.无石棉轻质纤维水泥平板的研究	崔琪 崔玉忠 沈荣熹(425)
59.混杂纤维增强水泥砂浆的弯曲性能研究	崔江余 王显耀 孙珏(433)

五.施工技术与应用研究

60. 钢纤维在钢板桥面沥青铺装中的应用研究 覃淑媛(441)
61. 碾压钢丝网、钢纤维砼抗弯强度分析及其在路面工程中的应用 . . . 张荣辉(448)
62. 钢纤维砼工程应用三例 卢良浩(456)
63. 钢纤维混凝土路面经济评价 蒙云(462)
64. 钢纤维混凝土在建筑工程中的应用 张忠刚 唐昆仑(470)
65. 钢纤维砼在多年冻土地区的应用研究 张秀华 聂让 武敬民(475)
66. 异型钢纤维振动分散筛的分析 秦学优 李俊彦 何亚伯 罗光大(481)
67. 剪切法钢纤维机自磨刀具的研究 袁家辞 李皋 杨佑安 罗红兵(486)
68. 异型钢纤维新加工原理的研究 丁沃圻 王国顺 徐克文 袁家辞 黄晓(490)
69. 异型钢纤维砼修补路面错台的分析
. 王尧生 李国良 黎家旋 罗光大 刘光泉(495)
70. 波纹钢纤维砼在道路中的应用 周明春 林介文 曾焕金(500)
71. 异形钢纤维增强结构胶试验研究 罗光大 徐吉恩 陶定宇 林树 陆光(505)
72. 钢纤维生产的技术经济效益分析 吴德发(510)
73. 钢纤维砼刚性防水层在平台屋顶中的应用
. 张春漪 刁心红 陈柏林 鲁基林(515)
74. 钢纤维在城市道路改造上的应用 王自成 姚素珍 徐力 季辉(521)
75. 碳素钢纤维耐火砼在ANS罩上的试验研究
. 宁志善 王晶 王振生 马庆山(528)
76. 钢纤维聚合物水泥砂浆在防水工程中的应用
. 张忠刚 安玉杰 刘永春 陈玉坤 周洪波(531)
77. 纤维混凝土路面的施工 金志强(533)
78. 纤维混凝土路面施工工艺的研究 徐屏 黄俊 刘炳强(539)
79. 钢纤维砼路面设计的技术探讨 季辉 余自强 刘惠君(546)
80. 钢纤维细石砼刚性屋面施工技术及其实践
. 王春印 王彦才 戴维忠 卢元鹏(554)
81. 早强膨胀钢纤维砼补强机场迫贯通裂缝试验研究
. 曾焕金 程俊祥 罗光大(557)
82. 钢纤维砼悬辊管试验研究
. 胡幸生 张先进 许振增 陈锋 傅国祥 顾敏煜(564)
83. 短切纤维增强水泥轻质内墙板预拌泵注工艺设备的研究
. 祁振庆 史伟明 娄邦 蒋云强(572)
84. 钢纤维砼板覆盖保温层外包旧房节能技术之一 易成 徐鹏 樊承谋(580)
85. 钢纤维砼板覆盖保温层外包旧房节能技术之二 隋承飞 王永利 樊承谋(586)
86. 普通钢纤维取代不锈钢纤维增强防火砼的试验研究 章杰春 孙伟(594)

钢纤维混凝土结构设计施工规程编写要点

钢纤维混凝土结构设计施工规程编写要点

赵国藩* 黄承逵**

[摘要] 本文扼要地介绍了不久即将由中国工程建设标准化协会颁布的我国第一部钢纤维混凝土结构设计施工规程的主要内容,包括主要设计原则,构件的正常使用极限状态和承载能力极限状态的计算方法,几种常用的构件和工程的设计施工方法,钢纤维混凝土施工的特殊要求以及喷射钢纤维混凝土设计和施工。同时还对这些原则和方法的理解作了必要的阐述。

一、前言

钢纤维混凝土自 70 年代以来已在我国逐渐推广应用,主要用于路面、机场道面、刚性防水屋面、桥面、工业建筑地面、隧洞衬砌、轨枕、桩基、房屋结构、桥梁结构及其修补工程等,涉及交通、矿山、水利、港口、土木建筑等许多工程领域。

为了促进钢纤维混凝土的推广应用,工程界迫切需要一本适用于上述各工程领域的钢纤维混凝土结构设计施工规程。但在这些工程领域中都有相应于各专业的混凝土结构设计和施工规范,如果修改各专业规范的设计原则,提出一个以新的设计方法为依据的统一用于各专业的钢纤维混凝土结构设计施工规程,是不现实的。最好的方式是根据钢纤维混凝土的特点编制一本能适用于各专业并与各专业规范相协调的规程。本规程的编制正是遵循了这一原则。

这本规程于 1988 年经中国工程建设标准化协会批准开始进行编制,由大连理工大学、哈尔滨建筑工程学院等单位组成了编制组,依据国内 10 多年工程应用比较成熟的经验和科研成果,特别是编制组组织完成的 20 多项专题研究成果,于 1990 年底完成了规程的报批稿。本规程的编制还参考了日本土木工程学会的“钢纤维混凝土设计与施工准则”(1982 年)、美国混凝土学会 544 委员会的“钢纤维混凝土的分类、拌合、浇筑成型的指南”(1984 年)和“钢纤维混凝土的设计考虑”(1985 年)三个国外的同类文献。

* 博士生导师 大连理工大学

** 硕士 大连理工大学

二、规程的主要内容和特点

规程共分九章，对总的设计原则，钢纤维混凝土力学性能取值方法、结构构件极限状态的设计方法和正常使用极限状态的验算方法、钢纤维混凝土浇筑施工方法、各种常用构件和工程的设计和施工细节以及喷射钢纤维混凝土的设计与施工作出规定，下面按章节顺序加以阐述。

第一章总则 指明钢纤维混凝土的定义、适用范围和设计施工应遵循的总原则，并强调2点：(1) 由于钢纤维混凝土具有优良的抗拉、抗弯、抗剪、抗冲击、耐疲劳和裂后韧性等特性，因此适用于使用要求较严格的构件或部位，用以改善混凝土或钢筋混凝土乃至预应力混凝土的性能，即所谓“好钢用在刀刃上”；(2) 应根据应用条件与相应的国家现行的各专业领域混凝土结构设计与施工规范相配合，结合钢纤维混凝土的特点进行设计。

第二章材料 规定了钢纤维、钢筋、钢纤维混凝土的各项设计指标的取值方法。

目前，国内常用的钢纤维有圆直型、熔抽型和剪切型3种，各类工程所要求的钢纤维直径、长度、长径比和体积率不同，比较常用的范围是：直径为0.3~0.8mm，长度为20~50mm，长径比40~100，纤维体积率为0.5~2.0%。规程列表给出了适用于各类工程的选择范围。

钢纤维混凝土的抗拉强度、抗折强度和抗折疲劳强度分别按下列公式计算：

$$f_{ft} = f_t (1 + \alpha_t \rho_l l_f / d_f) \tag{2.1}$$

$$f_{fcm} = f_{cm} (1 + \alpha_{cm} \rho_l l_f / d_f) \tag{2.2}$$

$$f_{ftm}^I = f_{fcm} (0.944 - 0.077 \lg N + 0.12 \rho_l l_f / d_f) \tag{2.3}$$

式中 f_{ft} 、 f_{fcm} 、 f_{ftm}^I ——钢纤维混凝土的抗拉强度、抗折和抗折疲劳强度设计值；
 f_t 、 f_{cm} ——基体混凝土抗拉、抗折强度设计值，按有关专业规范的规定采用；
 N ——设计使用年限内累计疲劳循环次数；
 l_f 、 d_f 、 ρ_l ——钢纤维的长度、直径、体积率；
 α_t 、 α_{cm} ——钢纤维对抗拉、抗折强度的影响系数；可按表2.1选用。

试验和分析表明，正常情况下钢纤维混凝土强度的变异系数接近或低于普通混凝土的强度变异系数，因此钢纤维混凝土设计强度的保证率与普通混凝土设计强度保证率是接近的。

表 2.1 强度影响系数选用表

钢 纤 维 品 种	熔抽型 ($l_f < 35\text{mm}$)、 圆 直 型	熔抽型 ($l_f \geq 35\text{mm}$)、 剪 切 型
α_t	0.36	0.47
α_{cm}	0.52	0.73

钢纤维混凝土的抗压强度、弹性模量、泊松比等的取值方法可按普通混凝土的规定确定。其它的力学性能如收缩、徐变、抗冻性、抗渗性、耐冲刷、耐气蚀等特性应根据试验确定。对于新型的钢纤维品种强度影响系数,也必须通过试验确定。

第三章基本设计规定 钢纤维混凝土结构的设计基本上应遵循相应工程所采用的混凝土结构设计规范的设计规定,只是在抗力计算中考虑钢纤维混凝土的特点,对混凝土结构抗力计算部分做适当修改。由于采用与混凝土结构相同的荷载和材料强度取值的设计规定,而钢纤维混凝土结构破坏时的延性又较混凝土结构提高,因而钢纤维混凝土结构设计的可靠度水准等于或高于相应的混凝土结构可靠度水准。在正常使用极限状态下配筋钢纤维混凝土构件的应力、变形和裂缝宽度的验算应考虑钢纤维混凝土的抗拉作用,关于应力、变形和裂缝宽度的限值,可采用有关的混凝土结构设计规范的规定。

第四章承载能力极限状态计算 主要规定了无筋和配筋的钢纤维混凝土构件承载力设计计算方法,一般是根据国内试验结果并参考国外试验资料分析得出。对于缺乏研究的,如受扭构件的计算,暂时没有列入,有待于今后进一步研究补充。

无筋钢纤维混凝土主要适用于弹性地基上的梁、板,也可能用于处于偏心受压状态的其它结构如拱桥。对于考虑拉应力的受弯和偏心受压构件,其承载能力均按其使用条件根据相应的专业设计规范规定的计算方法计算,只将公式中的混凝土抗拉强度设计值用钢纤维混凝土的抗拉强度设计值取代;对于公路路面和机场道面的设计,将水泥混凝土抗折疲劳强度用钢纤维混凝土抗折疲劳强度取代。对于局部受压强度计算可按同强度等级普通混凝土计算然后乘以 $(1+\beta_l \rho_f l_f / d_f)$, β_l 通常可取 0.34,必要时通过试验确定。

将钢筋混凝土构件中的受拉钢筋完全用钢纤维取代是不可行的,但是当掺入钢纤维用以改善钢筋混凝土构件的抗裂性或抗动力性能时,将使正截面承载力有所提高,国内外已提出了各种考虑钢纤维混凝土拉应力对受弯承载力作用的计算方法,通常将拉应力简化为等效矩形应力图形,其等效应力值 f_{fb} 可按正式计算:

$$f_{fb} = \beta_{fb} f_t \rho_f l_f / d_f \quad (4.1)$$

式中 f_t ——不考虑钢纤维作用,根据钢纤维混凝土的强度等级按有关混凝土结构设计规范确定的基体抗拉强度;

β_{fb} ——钢纤维对配筋构件中钢纤维混凝土抗拉作用的影响系数,通过试验确定,无试验资料时可取为 1.30。

受弯构件和偏心受压构件正截面承载力可根据截面平衡条件导出其计算公式,以矩形截面为例(图 1),其受弯承载力设计值 M_{fb} 可按下列公式计算:

$$M_{fb} = f_{cm} b x (h_0 - \frac{x}{2}) + f'_y A'_s (h_0 - a'_s) - f_{fb} b x (\frac{x}{2} - a_s) \quad (4.2)$$

$$f_{cm} b x = f_y A_s - f'_y A'_s + f_{fb} b x \quad (4.3)$$

式中 f_y 、 f'_y ——受拉、受压钢筋强度设计值;

A_s 、 A'_s ——受拉、受压负钢筋截面积;

b 、 h_0 ——截面宽度、有效高度;

a'_s ——受压钢筋合力点到受压边缘的距离;

f_{cm} ——钢筋张纤维混凝土弯曲抗压强度,根据钢纤维混凝土的强度等级按有

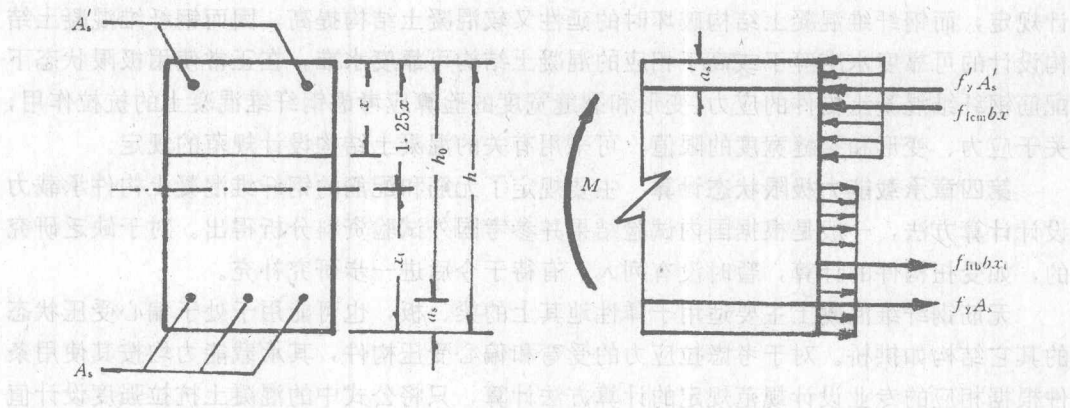


图1 矩形截面受弯构件正截面强度计算图

关混凝土结构设计规范的规定确定；

应当顺便指出：钢纤维的掺入能显著地改善混凝土的抗压韧性，因而受压区的最大压应变以及弯曲抗压强度都有一定幅度的提高，但是这对于正常配筋的梁抗弯能力提高的作用不大，所以在上述计算中忽略了这一影响。

为了改善钢筋混凝土梁板柱等构件的抗剪性能，可以在特殊需要时掺入钢纤维，并可部分取代箍筋。钢纤维能约束斜裂缝的扩展，作为微筋材象箍筋一样起到承受剪力的作用，同时也增强了骨料的咬合和摩阻，另一方面也改善剪压区混凝土的抗剪能力，其抗剪增强机理较为复杂。经过几种计算方案的比较，规程最后采用了下列公式来计算受剪承载力设计值 V_{fu} ：

$$V_{fu} = V_c(1 + \beta_v \rho_{fl} l_i / d_i) + V_s \quad (4.4)$$

式中 V_c ——不考虑钢纤维的影响，按有关混凝土结构设计规范计算的无腹筋梁受剪承载力设计值；

V_s ——腹筋的受剪承载力设计值；

β_v ——钢纤维对梁的抗剪影响系数，通过试验确定，对于中等强度 (C20~C40) 钢纤维混凝土可取 $\beta_v = 0.90$ 。

对于无梁楼盖和柱基础，可用钢纤维进行柱顶板或柱底基础板进行局部增强，其冲切承载力设计值 N_{ipu} 可按下列公式计算：

$$N_{ipu} = N_{pu}(1 + \beta_p \rho_{fl} l_i / d_i) \quad (4.9)$$

式中 N_{pu} ——不考虑钢纤维的影响，按有关混凝土结构设计规范规定计算的受冲切承载力；

β_p ——钢纤维对板的抗冲切影响系数，通过试验确定，缺少试验资料时可取

钢筋的抗拉强度设计值 $f_{yk} = 0.50$ 。

第五章配筋钢纤维混凝土构件正常使用极限状态验算 在钢筋混凝土构件中掺入钢纤维可以明显地提高构件的抗裂性能,在有裂缝条件下工作时可使裂缝宽度减小、变形钢筋的粘结应力加大,钢筋实际应力减小,同时使构件的刚度增大。根据已有研究成果,规范只规定了受弯构件抗裂、裂缝宽度和刚度的计算方法,分别表示为下列公式:

$$M_{fcr} = M_{cr}(1 + \beta_{cr}\rho_l l_f/d_f) \quad (5.1)$$

$$W_{fmax} = W_{max}(1 - \beta_{cw}\rho_l l_f/d_f) \quad (5.2)$$

$$B_{fs} = B_s(1 + \beta_B\rho_l l_f/d_f) \quad (5.3)$$

式中 M_{fcr} 、 W_{fmax} 、 B_{fs} ——配筋钢纤维混凝土受弯构件的抗裂弯矩、最大裂缝宽度、短期刚度;

M_{cr} 、 W_{max} 、 B_s ——不考虑钢纤维的影响,按有关混凝土结构设计规范计算的受弯构件抗裂弯矩最大裂缝宽度、短期刚度;

β_{cr} 、 β_{cw} 、 β_B ——钢纤维对构件抗裂、裂缝宽度、短期刚度的影响系数,可通过试验确定,缺少试验资料时可取 $\beta_{cr} = 0.60$, $\beta_{cw} = \beta_B = 0.35$ 。

第六章配筋钢纤维混凝土结构构造规定 配筋钢纤维混凝土构件构造要求和相应的钢筋混凝土构件基本相同,所不同的是当受拉钢筋为变形钢筋时,钢筋的锚固长度可适当减少,减少的长度 Δl_a 应满足下列公式:

$$\Delta l_a = 0.25l_a\rho_l l_f/d_f \quad (6.1)$$

$$\Delta l_a \leq 0.25l_a \quad (6.2)$$

式中 l_a ——有关混凝土结构规范规定的锚固长度。

第七章钢纤维混凝土浇筑施工 着重规定了浇筑成型的钢纤维混凝土施工不同于普通混凝土的特殊要求。所采用的粗骨料粒径不应大于 20mm,并不应大于纤维长度的 2/3,以便充分发挥钢纤维的增强作用。为防止碳钢纤维的锈蚀,不应采用海水、海砂及添加氯盐。对配合比的设计步骤、水泥用量、水灰比、砂率的选择作了较详细的规定,给出了钢纤维混凝土配合比设计参考用表格,推荐选用:水泥用量 350~450kg/m³,水灰比 0.40~0.50,钢纤维体积率 0.5%~2.0%,钢纤维体积率每增加 0.5%,用水量相应增加 8kg/m³ 左右,砂率相应增加 3~5%。

拌合所采用的机械、投料次序、拌合方法应保证混凝土密实和钢纤维不结团、拌合料均匀。浇筑和振捣过程应保证混凝土密实和钢纤维分布均匀,应注意所采用的振捣方式对钢纤维取向和分布的影响,例如手工插捣可使钢纤维被插捣向构件底部,应禁止采用。对于公路路面等工程,宜采用平板振捣器和振动梁振捣摊平,并用具有槽形表面的金属压滚将露出竖起的钢纤维压下去,再用圆滚平整表面,最后的拉毛工序也应避免将钢纤维拉出表面。

钢纤维混凝土质量控制的特殊点有二:一是强度控制采用双控准则,即同时检验抗压强度和抗拉强度(或抗折强度),因为单纯检验抗压强度不能反映钢纤维的增强效果;二是要特别注意拌合物中钢纤维的实际含量,检验方法可采用水洗法。

第八章结构构件的设计与施工规定 在这一章中对应用较多的构件(或工程),诸如公路路面和机场道面、桥面、刚性防水屋面、工业厂房和仓库地面、铁路轨枕、预制桩、