



中华人民共和国建筑工业行业标准

JG/T 472—2015
代替 JG/T 3064—1999

钢纤维混凝土

Steel fiber reinforced concrete

2015-03-04 发布

2015-09-01 实施



中华人民共和国住房和城乡建设部 发布

目 次

前言	Ⅲ
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义、符号	2
3.1 术语和定义	2
3.2 符号	2
4 性能等级	3
5 原材料和配合比	3
5.1 钢纤维	3
5.2 水泥	4
5.3 骨料	4
5.4 水	4
5.5 外加剂	4
5.6 矿物掺合料	4
5.7 配合比	4
6 性能要求	5
6.1 拌合物性能	5
6.2 力学性能	6
6.3 长期性能与耐久性能	7
7 制备	7
7.1 一般要求	7
7.2 拌制	8
7.3 运输、浇筑和成型	8
8 试验方法	8
8.1 试件制作与养护	8
8.2 拌合物性能	9
8.3 拌合物中钢纤维含量	10
8.4 喷射钢纤维混凝土钢纤维含量	11
8.5 强度	11
8.6 弹性模量	12
8.7 弯曲韧性	12
8.8 长期性能	14
8.9 耐久性能	14
9 检验规则	15
9.1 一般要求	15
9.2 质量评定	15

附录 A (规范性附录) 钢纤维的分类、质量要求与检验规则 16

附录 B (规范性附录) 钢纤维质量检验方法 18

附录 C (资料性附录) 钢纤维混凝土与既有混凝土粘结及其耐久性能试验方法 22

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 JG/T 3064—1999《钢纤维混凝土》。与 JG/T 3064—1999 相比主要技术变化如下：

- 修改了标准的范围；
- 增加了钢纤维混凝土性能等级划分的规定；
- 增加了钢纤维抗拉强度等级划分的规定，钢纤维生产工艺分类中增加了钢丝削刮型；
- 修订完善了钢纤维质量检验方法；
- 增加了水泥、骨料、水、外加剂、矿物掺合料等的技术要求与检验规定；
- 修订了钢纤维混凝土配合比设计方法；
- 细化并完善了钢纤维混凝土力学性能计算方法，增加了抗拉强度、弯拉强度标准值的影响系数；
- 增加了钢纤维混凝土拌合物性能和钢纤维含量的试验方法以及钢纤维混凝土中氯离子含量的检验方法；
- 增加了钢纤维混凝土弯拉疲劳强度、受压和受拉弹性模量、剪切变形模量、泊松比和线膨胀系数等力学性能要求及其对应的试验方法；
- 增加了钢纤维混凝土收缩性能、徐变性能以及钢纤维混凝土抗氯离子渗透性能的技术要求及其对应的试验方法；
- 修订了钢纤维混凝土弯曲韧性计算与评定方法；
- 增加了钢纤维混凝土与既有混凝土粘结及其耐久性能的技术要求和试验方法；
- 细化并完善了钢纤维混凝土检验规则。

本标准由住房和城乡建设部标准定额研究所提出。

本标准由住房和城乡建设部建筑结构标准化技术委员会归口。

本标准负责起草单位：郑州大学、大连金广建设集团有限公司。

本标准参加起草单位：华北水利水电大学、大连理工大学、东南大学、上海贝卡尔特—二钢有限公司、上海哈瑞克斯钢纤维有限公司、郑州禹建钢纤维有限公司。

本标准主要起草人：高丹盈、朱海堂、赵顺波、何化南、孙伟、孙斌、张学军、陈建清、赵军、李晓克、蒋金洋、程红强、李长永、王拥鹏。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

- JG/T 3064—1999。

钢纤维混凝土

1 范围

本标准规定了钢纤维混凝土的术语和定义、符号、性能等级、原材料和配合比、性能要求、制备、试验方法及检验规则。

本标准适用于钢纤维体积率不大于3%的钢纤维混凝土。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB 175 通用硅酸盐水泥
- GB 200 中热硅酸盐水泥 低热硅酸盐水泥 低热矿渣硅酸盐水泥
- GB/T 1596 用于水泥和混凝土中的粉煤灰
- GB 8076 混凝土外加剂
- GB/T 14902 预拌混凝土
- GB/T 18046 用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉
- GB/T 20491 用于水泥和混凝土中的钢渣粉
- GB/T 25176 混凝土和砂浆用再生细骨料
- GB/T 25177 混凝土用再生粗骨料
- GB/T 27690 砂浆和混凝土用硅灰
- GB/T 28293 钢铁渣粉
- GB 50010 混凝土结构设计规范
- GB/T 50080 普通混凝土拌合物性能试验方法标准
- GB/T 50081 普通混凝土力学性能试验方法标准
- GB/T 50082 普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准
- GB/T 50107 混凝土强度检验评定标准
- GB 50119 混凝土外加剂应用技术规范
- GB 50164 混凝土质量控制标准
- GB 50204 混凝土结构工程施工质量验收规范
- GB/T 50476 混凝土结构耐久性设计规范
- JC 477 喷射混凝土用速凝剂
- JG/T 248 混凝土坍落度仪
- JG/T 351 水泥砂浆和混凝土用天然火山灰质材料
- JGJ/T 10 混凝土泵送施工技术规程
- JGJ 52 普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准
- JGJ 55 普通混凝土配合比设计规程
- JGJ 63 混凝土用水标准

- JGJ/T 193 混凝土耐久性检验评定标准
JGJ/T 221 纤维混凝土应用技术规程
JGJ/T 240 再生骨料应用技术规程
JGJ/T 281 高强混凝土应用技术规程
JGJ/T 283 自密实混凝土应用技术规程
JGJ/T 322 混凝土中氯离子含量检测技术规程

3 术语和定义、符号

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

钢纤维 steel fiber

用钢材经加工制成的短纤维。

3.1.2

钢纤维混凝土 steel fiber reinforced concrete

掺加适量、均匀分布钢纤维的混凝土。

3.1.3

钢纤维等效直径 equivalent diameter of steel fiber

钢纤维截面为非圆形时,按截面积相等原则换算的圆形截面的直径。

3.1.4

钢纤维长径比 aspect ratio of steel fiber

钢纤维长度与直径或等效直径的比值。

3.1.5

钢纤维体积率 fraction of steel fiber by volume

钢纤维占钢纤维混凝土的体积分数,以%表示。

3.2 符号

下列符号适用于本文件。

A_i ——钢纤维截面积;

d_i ——钢纤维直径或等效直径;

F ——荷载;

f_{ick} ——钢纤维混凝土轴心抗压强度标准值;

f_{isk} ——钢纤维混凝土抗剪强度标准值;

f_{isbk} ——钢纤维混凝土与既有混凝土粘结抗剪强度标准值;

f_{itbk} ——钢纤维混凝土与既有混凝土粘结抗拉强度标准值;

f_{itk} ——钢纤维混凝土抗拉强度标准值;

f_{itm_k} ——钢纤维混凝土弯拉强度标准值;

f_{itm}^i ——钢纤维混凝土弯拉疲劳强度设计值;

f_{sk} ——混凝土抗剪强度标准值;

f_{si} ——钢纤维抗拉强度;

- f_{tk} ——混凝土抗拉强度标准值；
 l_f ——钢纤维长度或名义长度；
 m ——质量；
 $R_{e,k}$ ——钢纤维混凝土弯曲韧度比；
 $R_{e,p}$ ——钢纤维混凝土初始弯曲韧度比；
 V ——体积；
 v ——应变速率；
 W_f ——钢纤维含量；
 α_t ——钢纤维对混凝土抗拉强度的影响系数；
 α_{tm} ——钢纤维对混凝土弯拉强度的影响系数；
 γ_f ——钢纤维质量密度；
 γ_{fc} ——钢纤维混凝土拌合物表观密度；
 δ ——挠度，变形；
 δ_d ——钢纤维直径偏差；
 δ_l ——钢纤维长度偏差；
 λ_f ——钢纤维含量特征值；
 ρ ——密度；
 ρ_f ——钢纤维体积率。

4 性能等级

4.1 钢纤维混凝土强度等级按立方体抗压强度标准值确定，采用符号 CF 与立方体抗压强度标准值（以 MPa 计）表示。立方体抗压强度标准值应为按照标准方法制作和养护的边长为 150 mm 的立方体试件，用标准试验方法在 28 d 龄期测得的具有 95% 保证率的抗压强度。

4.2 钢纤维混凝土强度等级划分为 CF20、CF25、CF30、CF35、CF40、CF45、CF50、CF55、CF60、CF65、CF70、CF75、CF80、CF85、CF90、CF95、CF100。

4.3 钢纤维混凝土抗冻性能、抗水渗透性能、抗硫酸盐侵蚀性能、抗碳化性能的等级划分应符合 GB 50164 的规定；钢纤维混凝土抗氯离子渗透性能的等级划分应符合 GB 50164 中 RCM 法的等级划分规定。

5 原材料和配合比

5.1 钢纤维

5.1.1 钢纤维的分类、质量要求与检验规则应符合附录 A 的规定。

5.1.2 钢纤维质量检验方法应符合附录 B 的规定。

5.1.3 钢纤维出厂时应有明显标志，内容包括产品名称与商标、规格、数量、执行标准、生产厂家、生产日期等，供货方应提供出厂检验报告等质量证明文件；当用户有特别要求时，还应提供钢纤维材质的化学成分或母材钢种。进场检验项目及检验批量应符合附录 A 的规定。

5.1.4 当钢纤维生产厂家在产品说明书中表明钢纤维对混凝土的增强与增韧效果时，应同时提供钢纤维混凝土试验配合比和性能检测报告。

5.2 水泥

5.2.1 水泥应符合 GB 175、GB 200 和 JGJ/T 281 的规定。

5.2.2 用于堆场铺面、建筑地面和工业地坪等工程领域的钢纤维混凝土以及喷射钢纤维混凝土,宜采用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥。

5.2.3 水泥应提供出厂检验报告等质量证明文件,进场检验项目及检验批量应符合 GB 50164 的规定。

5.3 骨料

5.3.1 骨料应符合 JGJ 52、JGJ/T 281 和 JGJ/T 283 的规定,再生细骨料应符合 GB/T 25176 的规定,再生粗骨料应符合 GB/T 25177 的规定。钢纤维混凝土不应采用海砂。

5.3.2 钢纤维混凝土应采用连续级配粗骨料,其最大公称粒径不宜大于 25 mm 和钢纤维长度的 3/4。当粗骨料公称粒径大于 25 mm 时,应选用适宜的钢纤维,通过试验检验达到设计要求的增强、增韧指标后,方可使用;喷射钢纤维混凝土的粗骨料最大公称粒径不宜大于 10 mm。

5.3.3 骨料进场时应进行检验。检验项目及检验批量应符合 GB 50164、JGJ 52 和 JGJ/T 240 的规定。

5.4 水

5.4.1 钢纤维混凝土拌合用水应符合 JGJ 63 的规定。

5.4.2 钢纤维混凝土拌合用水检验项目应符合 JGJ 63 的规定,检验频率应符合 GB 50204 的规定。

5.5 外加剂

5.5.1 外加剂应符合 GB 8076、GB 50119、JGJ/T 281 和 JC 477 的规定,且不应使用含氯盐的外加剂。

5.5.2 外加剂应提供出厂检验报告等质量证明文件。进场检验项目及检验批量应符合 GB 50119 和 GB 50164 的规定。

5.6 矿物掺合料

5.6.1 粉煤灰应符合 GB/T 1596 的规定,硅灰应符合 GB/T 27690 的规定,粒化高炉矿渣粉应符合 GB/T 18046 的规定,钢渣粉应符合 GB/T 20491 的规定,钢铁渣粉应符合 GB/T 28293 的规定,天然火山灰质材料应符合 JG/T 351 的规定。当配制 CF80 及以上强度等级的钢纤维混凝土时,矿物掺合料尚应符合 JGJ/T 281 的规定。

5.6.2 矿物掺合料应提供出厂检验报告等质量证明文件。进场检验项目及检验批量应符合 GB 50164 的规定。

5.7 配合比

5.7.1 钢纤维混凝土配合比除应满足强度、拌合物性能和施工要求外,还应满足韧性和耐久性的设计要求。

5.7.2 钢纤维形状及强度等级的选用宜根据钢纤维混凝土抗拉强度或弯拉强度的设计要求经试验确定。钢纤维长度宜为 20 mm~60 mm,直径或等效直径宜为 0.3 mm~1.2 mm,长径比宜为 30~100。

5.7.3 用于喷射钢纤维混凝土时,钢纤维的抗拉强度等级不应低于 600 级,长度不宜大于输料软管及喷嘴内径的 0.7 倍,长径比宜为 30~80。

5.7.4 对有耐腐蚀或耐高温要求的钢纤维混凝土结构,宜选用耐热不锈钢钢纤维。

5.7.5 钢纤维体积率应根据设计要求确定,且不应小于 0.35%;当采用 1 000 级及以上抗拉强度等级的

异形钢纤维时,不应小于 0.25%;当采用的钢纤维用于有特殊要求的结构时,若钢纤维体积率小于以上规定,应经试验验证。

5.7.6 钢纤维混凝土配合比设计的试配抗压强度应符合 JGJ 55 的规定。当采用抗压强度与抗拉强度双控时,钢纤维混凝土试配抗拉强度的确定应采用与抗压强度相同的变异系数。钢纤维混凝土试配弯拉强度,可根据工程的重要性,按弯拉强度设计值的 1.10~1.15 倍确定。

5.7.7 钢纤维混凝土配合比设计应符合下列规定:

- 根据试配抗压强度,按照 JGJ 55 规定计算水胶比并选取单位体积用水量和砂率,其中砂率宜选取同等条件下普通混凝土砂率范围的上限值;
- 根据试配抗拉强度、弯拉强度或韧性与耐久性的要求,经计算或根据已有资料确定钢纤维体积率;
- 按假定质量法或体积法计算材料用量,确定初步配合比。

5.7.8 按假定质量法确定钢纤维混凝土配合比材料用量时,按式(1)、式(2)和式(3)计算:

$$m_{c0} + m_{a0} + m_{w0} + m_{s0} + m_{g0} = (1 - \rho_f) m_{cp} \quad (1)$$

$$\beta_s = \frac{m_{s0}}{m_{s0} + m_{g0} + m_{f0}} \quad (2)$$

$$m_{f0} = 7850\rho_f \quad (3)$$

式中:

m_{c0} 、 m_{a0} 、 m_{w0} 、 m_{s0} 、 m_{g0} 、 m_{f0} ——分别为 1 m³ 钢纤维混凝土中所用水泥、矿物掺合料、水、砂、石和钢纤维的质量,单位为千克(kg);

m_{cp} ——1 m³ 新拌钢纤维混凝土的假定质量,单位为千克(kg);

β_s ——新拌钢纤维混凝土的砂率;

ρ_f ——钢纤维体积率。

5.7.9 按体积法确定钢纤维混凝土配合比材料用量时,按式(2)、式(3)和式(4)计算:

$$\frac{m_{c0}}{\rho_c} + \frac{m_{a0}}{\rho_a} + \frac{m_{w0}}{\rho_w} + \frac{m_{s0}}{\rho_s} + \frac{m_{g0}}{\rho_g} + \rho_f + 0.01\alpha = 1 \quad (4)$$

式中:

ρ_c 、 ρ_a 、 ρ_w 、 ρ_s 、 ρ_g ——分别为水泥密度、矿物掺合料密度、水密度、砂的表观密度和石的表观密度,单位为千克每立方米(kg/m³);

α ——钢纤维混凝土的含气量百分数。

5.7.10 钢纤维混凝土配合比试配应采用工程实际使用的原材料,进行钢纤维混凝土拌合物性能、力学性能和耐久性能试验,并按 JGJ 55 规定进行配合比的调整。满足设计和施工要求的配合比可确定为设计配合比。

5.7.11 应根据工程要求对设计配合比进行调整以确定钢纤维混凝土施工配合比。

6 性能要求

6.1 拌合物性能

6.1.1 钢纤维混凝土拌合物性能应符合 GB 50164、GB/T 14902、JGJ/T 10 和 JGJ/T 283 的规定。

6.1.2 钢纤维混凝土拌合物性能应满足钢纤维在混凝土拌合物中的均匀性要求,不应出现钢纤维结团现象。

6.1.3 钢纤维混凝土拌合物中水溶性氯离子含量应符合表 1 的规定。水溶性氯离子含量试验方法应符合 JGJ/T 322 的规定,试验用钢纤维混凝土拌合物砂浆试样应去除粗骨料及钢纤维。

表 1 钢纤维混凝土拌合物中水溶性氯离子含量允许值

结构型式	环境条件	水溶性氯离子含量 [*] /%
钢筋钢纤维混凝土结构	干燥或有防潮措施的环境	≤0.30
	潮湿但不含氯离子的环境	≤0.10
	潮湿且含有氯离子的环境	≤0.06
	除冰盐等腐蚀环境	≤0.06
预应力钢筋钢纤维混凝土结构	—	≤0.06
[*] 水溶性氯离子含量是指水溶性氯离子占水泥材料用量的质量百分比。		

6.2 力学性能

6.2.1 钢纤维混凝土的强度、模量、弯曲韧性等力学性能应满足工程设计要求。

6.2.2 钢纤维混凝土轴心抗压强度标准值 f_{ick} 应取用同强度等级普通混凝土轴心抗压强度标准值,应符合 GB 50010 的规定。

6.2.3 钢纤维混凝土抗拉强度标准值可按式(5)和式(6)计算确定:

$$f_{\text{ftk}} = f_{\text{tk}} (1 + \alpha_t \lambda_f) \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$\lambda_f = \rho_f l_f / d_f \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中:

f_{ftk} ——钢纤维混凝土抗拉强度标准值,单位为兆帕(MPa);

f_{tk} ——混凝土抗拉强度标准值,单位为兆帕(MPa),根据钢纤维混凝土强度等级,取用同强度等级的普通混凝土抗拉强度标准值,应符合 GB 50010 的规定;

l_f ——钢纤维长度或等效长度,单位为毫米(mm);

d_f ——钢纤维长度或等效直径,单位为毫米(mm);

ρ_f ——钢纤维体积率;

λ_f ——钢纤维含量特征值;

α_t ——钢纤维对混凝土抗拉强度的影响系数,宜通过试验确定。当缺乏试验资料时,对于强度等级为 CF20~CF80 的钢纤维混凝土,可按照表 2 采用。

表 2 钢纤维对混凝土抗拉强度和弯拉强度的影响系数

钢纤维品种	钢纤维形状	强度等级	α_t	α_{fm}
冷拉钢丝切断型	端钩形	CF20~CF45	0.76	1.13
		CF50~CF80	1.03	1.25
薄板剪切型	平直形	CF20~CF45	0.42	0.68
		CF50~CF80	0.46	0.75
	异形	CF20~CF45	0.55	0.79
		CF50~CF80	0.63	0.93
钢锭铣削型	异形	CF20~CF45	0.70	0.92
		CF50~CF80	0.84	1.10
低合金钢熔抽型	大头形	CF20~CF45	0.52	0.73
		CF50~CF80	0.62	0.91

6.2.4 钢纤维混凝土弯拉强度标准值可按式(7)计算确定:

$$f_{itm} = f_{tmk}(1 + \alpha_{tm}\lambda_f) \quad \dots\dots\dots(7)$$

式中:

f_{itm} ——钢纤维混凝土弯拉强度标准值,单位为兆帕(MPa);

f_{tmk} ——混凝土弯拉强度标准值,单位为兆帕(MPa),根据钢纤维混凝土强度等级,取用同强度等级的普通混凝土弯拉强度标准值;

α_{tm} ——钢纤维对混凝土弯拉强度的影响系数,宜通过试验确定。当缺乏试验资料时,对于强度等级为 CF20~CF80 的钢纤维混凝土,可按照表 2 采用。

6.2.5 钢纤维混凝土受压和受拉弹性模量以及剪切变形模量,可根据与钢纤维混凝土强度等级相同的普通混凝土强度等级,按 GB 50010 的规定采用;钢纤维混凝土弯拉弹性模量宜通过试验确定。

6.2.6 钢纤维混凝土泊松比和线膨胀系数可取与普通混凝土相同值,按 GB 50010 的规定采用。

6.2.7 钢纤维混凝土弯拉疲劳强度设计值可根据结构设计使用年限内设计的累积重复作用次数按式(8)计算确定:

$$f_{fm}^f = f_{tm}(0.885 - 0.063\lg N_e + 0.12\lambda_f) \quad \dots\dots\dots(8)$$

式中:

f_{fm}^f ——钢纤维混凝土弯拉疲劳强度设计值,单位为兆帕(MPa);

f_{tm} ——钢纤维混凝土弯拉强度设计值,单位为兆帕(MPa);

N_e ——设计使用年限内,钢纤维混凝土结构所经历的累计重复作用次数。

6.2.8 强度等级为 CF30~CF55 的喷射钢纤维混凝土弯拉强度标准值应不低于表 3 的规定。

表 3 喷射钢纤维混凝土弯拉强度标准值

单位为兆帕

强度等级	CF30	CF35	CF40	CF45	CF50	CF55
弯拉强度	3.8	4.2	4.4	4.6	4.8	5.0

6.2.9 用于结构修复加固的钢纤维混凝土与既有混凝土粘结强度应满足设计要求。用于支护结构或结构加固的喷射钢纤维混凝土与既有混凝土的粘结强度应不低于 1.0 MPa,用于非结构性防护的喷射钢纤维混凝土与既有混凝土的粘结强度应不低于 0.5 MPa。钢纤维混凝土与既有混凝土粘结强度可根据附录 C 的规定确定。

6.3 长期性能与耐久性能

6.3.1 钢纤维混凝土长期性能和耐久性能应满足设计要求,且应符合 GB 50010、GB/T 50476 和 JGJ/T 193 的规定。

6.3.2 钢纤维混凝土中氯离子含量和碱含量应满足设计要求,且应符合 GB 50010 和 GB/T 50476 的规定。

7 制备

7.1 一般要求

7.1.1 钢纤维混凝土制备过程中的质量控制应符合 GB 50204 和 GB/T 14902 的规定。

7.1.2 原材料计量宜采用电子计量仪器。钢纤维混凝土各种原材料质量应按施工配合比和一次搅拌量计算确定,材料的计量偏差不应超过表 4 的规定。

表 4 材料计量偏差

材料名称	钢纤维	水泥和掺合料	粗细骨料	水	外加剂
每盘允许偏差/%	±1	±2	±3	±1	±1
累计计量允许偏差 ^a /%	±1	±1	±2	±1	±1

^a 累计计量允许偏差是指每一运输车中各盘钢纤维混凝土的每种材料计量和的偏差。

7.2 拌制

7.2.1 钢纤维混凝土应采用强制式搅拌机搅拌。搅拌时,宜优先采用将钢纤维和粗细骨料、水泥先干拌,而后加水湿拌的方法;也可采用在混合料拌合过程中均匀撒布钢纤维的拌合方法。当钢纤维体积率较高或混凝土强度等级在 C50 以上时,应适当延长搅拌时间。拌制过程中,应避免钢纤维结团。

7.2.2 预拌钢纤维混凝土的搅拌除应符合 7.2.1 的规定外,尚应符合 GB/T 14902 的规定。

7.3 运输、浇筑和成型

7.3.1 钢纤维混凝土在运输过程中不应离析和分层。若因运输或等待浇筑时间较长而导致坍落度损失较大时,可在卸料前掺入适量减水剂进行搅拌;减水剂应采用同品种减水剂,其掺量及搅拌时间应有经试验确定的预案。预拌钢纤维混凝土的运输应符合 GB/T 14902 的规定。

7.3.2 钢纤维混凝土宜采用平板振捣器或模外振捣器振捣成型。浇筑和成型过程中应保证钢纤维混凝土密实、钢纤维分布均匀以及钢纤维混凝土结构的连续性,避免出现拌合物离析、分层以及钢纤维裸露出结构表面。

8 试验方法

8.1 试件制作与养护

8.1.1 试验室钢纤维混凝土拌合物试样的制备应符合 GB/T 50080 的规定,且应符合 7.2.1 的规定。

8.1.2 现场钢纤维混凝土拌合物的取样应符合 GB 50204 和 GB/T 50080 的规定,且自取样至试件成型的时间间隔不宜超过 15 min。

8.1.3 浇筑成型钢纤维混凝土试件的制作与养护应符合 GB/T 50081 的规定,且应符合下列规定:

- 试件的最小边长应不小于钢纤维长度的 2.5 倍。
- 测定材料性能的试件应根据拌合物的稠度确定成型方法:坍落度不大于 50 mm 的钢纤维混凝土用振动台振实;坍落度大于 50 mm 的用木制或橡胶制振槌振实。用以检验或控制工程质量的试件,其成型方法应与实际施工采用的方法相同。棱柱体及小梁试件应采用卧式成型,小梁试件应首先在试模中部装料。
- 用振槌振实时,截面为 150 mm×150 mm 的试件分两层将拌合物装入试模,截面为 100 mm×100 mm 的试件一次性将拌合物装入试模。装料时应用抹刀沿试模内壁略加插捣。用振槌敲击试模外侧壁,每层 30 次,将凸凹不平的上表面振平,然后刮去多余拌合物并用抹刀抹平。严禁用振捣棒插入模内振捣或用铁棒模内振捣。

8.1.4 喷射成型钢纤维混凝土试件的制作与养护应符合下列规定:

- 喷射钢纤维混凝土试件应由喷射成型的大板经切割加工制作。喷射成型大板的试模尺寸应根据试件的尺寸要求确定,平面尺寸可取 1 000 mm×1 000 mm 或 800 mm×800 mm,厚度可根据需要取 100 mm 或 150 mm,尺寸允许偏差不应超过±15 mm。
- 喷射前,应先将试模模板支撑稳定,受喷面与水平面成 135°夹角;喷射时,喷枪应垂直试模,与喷射面的距离应保持在 1 m 左右,自上而下逐次喷射;喷射完毕后,应迅速使用刮刀将高出试

模的钢纤维混凝土刮去并抹平。

- c) 喷射成型的大板应覆盖塑料薄膜,1 d~2 d后连同底模一起移入标准养护室养护,14 d时按照试验要求切割加工成试件。试件切割边缘距离大板外边缘不应小于100 mm,试件顶面与底面应进行磨平或修补处理。
- d) 加工后的试件应继续按标准养护至规定龄期进行相应试验。梁式试件试验时,应使喷射成型的顶面朝下。
- e) 在工程现场喷射的试件应和工程进行同条件养护。

8.2 拌合物性能

8.2.1 钢纤维混凝土拌合物坍落度、扩展度、含气量和表观密度的试验应符合 GB/T 50080 的规定。

8.2.2 自密实钢纤维混凝土拌合物的自密实性能试验应符合 JGJ/T 283 的规定。

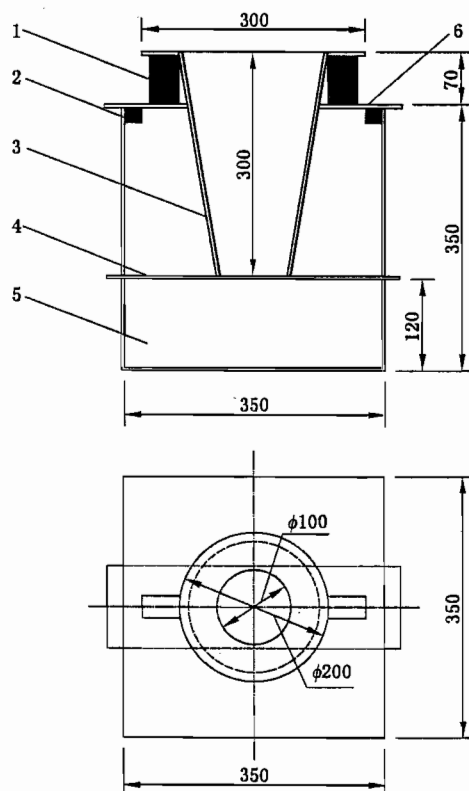
8.2.3 当钢纤维混凝土拌合物坍落度小于20 mm时,宜采用倒置坍落度筒法测定。

8.2.4 倒置坍落度筒法测定钢纤维混凝土拌合物稠度时应符合下列规定:

8.2.4.1 试验设备

- a) 混凝土坍落度仪应符合 JG/T 248 的规定。将坍落度筒倒置于钢底筒上,倒置坍落度筒口与底板距离应为120 mm,筒口由插板封住,安装时应保持倒坍落度筒轴线的垂直度,见图1。

单位为毫米



说明:

- 1——固定块;
- 2——限位块;
- 3——坍落度筒;
- 4——插板;
- 5——底筒;
- 6——底筒盖。

图1 倒置坍落度筒法试验装置

b) 小型插入式振动棒:

棒体直径:宜为 25 mm~28 mm;

棒体长度:应不小于 250 mm;

振动频率:宜为 8 Hz~22 Hz;

振幅:宜为 0.7 mm~1.0 mm。

c) 工具:秒表、容器、铁铲和抹刀等。

8.2.4.2 试验步骤

a) 应将坍落度筒及底筒内壁润湿后推入插板,将钢纤维混凝土试样装入坍落度筒,使顶面略高出筒口,刮去多余拌合物后用抹刀抹平;

b) 轻轻抽出插板,同时开启振动棒,在其接触钢纤维混凝土表面的瞬间用秒表开始计时;

c) 使振动棒沿坍落度筒中心线垂直下沉,达到距底筒底面 10 mm±1 mm 处为止。继续振捣直至钢纤维混凝土全部流出坍落度筒,停表计时,精确值 0.1 s。

8.2.4.3 试验应进行两次,取两次试验测得排空时间的平均值作为试验结果,计算应精确至 1 s。

8.2.4.4 倒置坍落度筒排空试验结果应符合式(9)的规定:

$$|t_{s1} - t_{s2}| \leq 0.05 t_{sim} \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中:

 t_{sim} ——两次试验测得的拌合物排空时间平均值,单位为秒(s); t_{s1} 、 t_{s2} ——两次试验分别测得的拌合物排空时间,单位为秒(s)。

8.3 拌合物中钢纤维含量

8.3.1 钢纤维混凝土拌合物中钢纤维含量试验应采用水洗法。

8.3.2 钢纤维含量试验设备应符合下列规定:

a) 电子天平,称量 1 kg,感量不应低于 1 g;

b) 容量筒:容积 5 L;

c) 振动台:频率宜为 50 Hz±3 Hz,空载时振幅宜为 0.5 mm±0.1 mm;

d) 不锈钢丝筛网,网孔尺寸应为 2.5 mm×2.5 mm;

e) 其他:振槌、铁铲、容器和磁铁等。

8.3.3 钢纤维含量测定应按下列步骤进行:

a) 应把容量筒内外擦拭干净;

b) 对坍落度不大于 50 mm 的拌合物,可用振动台振实。应一次性将拌合物灌到高出容量筒口,装料时用振槌稍加敲振。振动过程中如拌合物沉落低于筒口,应随时添加,直至表面出浆;

c) 对坍落度大于 50 mm 的拌合物,可用振槌振实。容量筒应按 100 mm 高度分层装入拌合物,每层应沿容量筒侧壁用振槌均匀敲振 30 次。敲振完毕后,应将直径 16 mm 的钢棒垫在筒底,左右交替将容量筒颠击地面各 15 次;

d) 刮去多余的拌合物,并填平表面凹陷部分;

e) 应将拌合物倒入不小于 10 倍拌合物体积的大容器中,加水搅拌,将稀浆慢慢倒出,在所余的砂石及钢纤维残渣中用磁铁收集钢纤维,并仔细洗净粘附在钢纤维上的异物;

f) 必要时可将收集的钢纤维倒入另外容器中二次加水搅拌,重新收集;

g) 将收集的钢纤维在 105℃±5℃ 的温度下烘干至恒重,烘干时间应不少于 4 h,然后每隔 1 h 称量一次,直到连续两次称量之差小于较小值的 0.5% 时为止。冷却至室温后称其质量,精确至 1 g。

8.3.4 钢纤维含量应按式(10)计算确定:

$$W_f = m_f / V \quad \dots\dots\dots (10)$$

式中:

W_f ——钢纤维含量,单位为千克每立方米(kg/m^3);

m_f ——容量筒中钢纤维质量,单位为克(g);

V ——容量筒容积,单位为升(L)。

8.3.5 试验应进行两次,取两次测定值的平均值作为钢纤维含量试验结果。

8.3.6 钢纤维含量试验结果应符合式(11)的规定:

$$|W_{f1} - W_{f2}| \leq 0.05W_{fm} \quad \dots\dots\dots(11)$$

式中:

W_{f1} 、 W_{f2} ——两次试验分别测得的钢纤维含量,单位为千克每立方米(kg/m^3);

W_{fm} ——两次测定钢纤维含量的平均值,单位为千克每立方米(kg/m^3)。

8.3.7 钢纤维体积率应按式(12)计算确定:

$$\rho_f = W_f / \gamma_f \times 100\% \quad \dots\dots\dots(12)$$

式中:

ρ_f ——钢纤维体积率;

γ_f ——钢纤维的质量密度,单位为千克每立方米(kg/m^3)。

8.4 喷射钢纤维混凝土钢纤维含量

喷射钢纤维混凝土钢纤维含量试验应符合下列规定:

8.4.1 喷射钢纤维混凝土钢纤维含量试验的试样应在处于硬化初期的钢纤维混凝土喷层上通过现场钻芯取样或其他方法获得,试样体积大小以2 L左右为宜。

8.4.2 试样体积可通过水中称重法测定。

8.4.3 采用压力机或锤击方式将试样压碎后,采用磁铁收集钢纤维,通过人工方法将收集到的钢纤维表面附着砂浆去除干净,并烘干,对收集到的钢纤维称重,精确至1 g。

8.4.4 钢纤维含量应按式(13)计算:

$$W_f = m_f / V \quad \dots\dots\dots(13)$$

式中:

W_f ——钢纤维含量,单位为千克每立方米(kg/m^3);

m_f ——试样中钢纤维质量,单位为克(g);

V ——试样体积,单位为升(L)。

8.4.5 试验应进行两次,取两次测定值的平均值作为钢纤维含量试验结果。

8.4.6 钢纤维含量试验结果应符合式(14)的规定:

$$|W_{f1} - W_{f2}| \leq 0.05W_{fm} \quad \dots\dots\dots(14)$$

式中:

W_{f1} 、 W_{f2} ——两次试验分别测得的钢纤维含量,单位为千克每立方米(kg/m^3);

W_{fm} ——两次测定钢纤维含量的平均值,单位为千克每立方米(kg/m^3)。

8.5 强度

8.5.1 钢纤维混凝土的立方体抗压强度、轴心抗压强度和抗拉强度等试验应按 GB/T 50081 的规定执行,弯拉强度试验应按 GB/T 50081 的抗折强度试验规定执行。

8.5.2 钢纤维混凝土强度试验宜采用标准尺寸试件。当采用非标准尺寸试件时,钢纤维混凝土的强度换算系数宜通过试验确定。当缺乏试验资料时,对于强度等级在 CF20~CF80 范围内的钢纤维混凝土非标准试件换算系数应符合下列规定:

a) 100 mm×100 mm×100 mm 非标准试件相对于 150 mm×150 mm×150 mm 标准试件的立

方体抗压强度换算系数,宜取为 0.90;

- b) 100 mm×100 mm×300 mm 非标准试件相对于 150 mm×150 mm×300 mm 标准试件的轴心抗压强度换算系数,宜取为 0.90;
- c) 100 mm×100 mm×100 mm 非标准试件相对于 150 mm×150 mm×150 mm 标准试件的劈裂抗拉强度换算系数,宜取为 0.80;
- d) 100 mm×100 mm×400 mm 非标准试件相对于 150 mm×150 mm×550 mm 标准试件的弯拉强度换算系数,宜取为 0.82。

8.5.3 钢纤维混凝土与既有混凝土粘结强度试验宜符合附录 C 的规定。

8.6 弹性模量

钢纤维混凝土静力受压弹性模量试验应按 GB/T 50081 的规定执行。

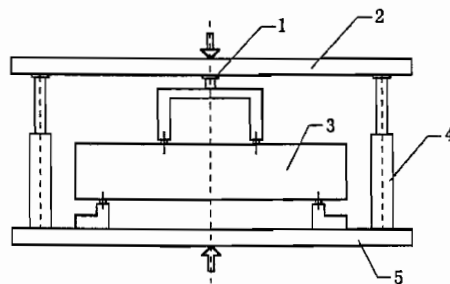
8.7 弯曲韧性

钢纤维混凝土弯曲韧性试验应符合下列规定:

8.7.1 当钢纤维长度不大于 40 mm 时,可采用截面为 100 mm×100 mm 的梁式试件;当纤维长度大于 40 mm 时,应采用截面为 150 mm×150 mm 的梁式试件。支座跨度应为截面边长的 3 倍,试件长度应比试件支座跨度至少长 100 mm。每组试验应为 3 个试件。

8.7.2 试验设备应符合下列规定:

- a) 试验机宜采用由变形控制的刚性试验机。试验机的卸荷刚度应大于试件荷载-挠度曲线下降段的最大斜率,以绝对值计;示值精度不应低于 1.0%;试验时的最大荷载应控制在试验机量程的 20%~80% 范围内。
- b) 当普通液压试验机刚度不满足上述要求时,可附加千斤顶、弹簧或玻璃钢圆筒等刚性组件,见图 2。刚性组件与试件共同的荷载-变形曲线的斜率应大于零,或试验机卸载刚度与刚性组件刚度之和应大于试件荷载-挠度曲线下降段的最大斜率,以绝对值计。刚性组件在弹性范围内的可压缩量,应大于试件的变形量。

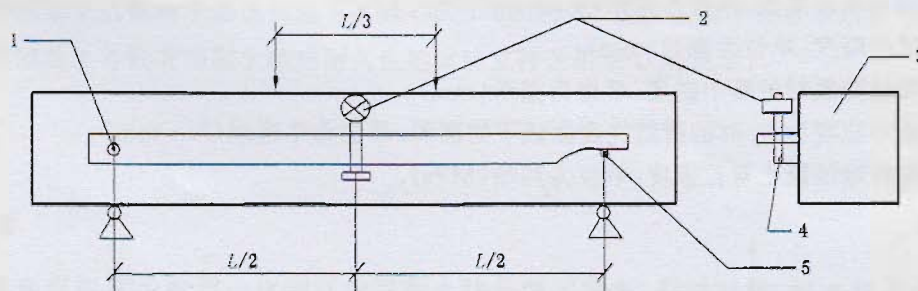


说明:

- 1——测力计;
- 2——上压板;
- 3——试件;
- 4——刚性组件;
- 5——下压板。

图 2 刚性组件简图

- c) 荷载测试仪器可采用试验机的荷载测试系统或附加的荷载测试系统,包括荷载传感器及配套的电测信号放大仪器。荷载测试系统的量程应与试验要求的量程相匹配,精度不应低于 1%。
- d) 应采用图 3 所示的挠度测量装置。位移计量程不应小于 5 mm,精度不应低于 0.001 mm。



说明:

- 1——枢轴;
- 2——位移计;
- 3——试件;
- 4——角状贴片;
- 5——滚动支座。

图3 挠度测量装置

- e) 测试数据采集应连续自动完成,可通过模数转换器与计算机连接,由程序控制,采样频率不宜低于 1.0 kHz。

8.7.3 试验应按下列步骤进行:

- a) 从养护地点取出试件,检查外观。试件不应有明显缺损,在跨中 $L/3$ 区段的受拉区内不应有直径大于 5 mm、深度大于 2 mm 的表面缺陷。在试件中部测量其宽度和高度,同时标记出加载装置和测量仪表安装位置。
- b) 将试件成型时的侧面作为承压面,安装试件和测量变形的仪表,当采用非刚性试验机时应安装刚性组件并予以调试。
- c) 按三分点集中荷载对试件连续、均匀加荷。初裂前加载速率取 0.03 MPa/s~0.08 MPa/s;初裂后采用位移控制,以每分钟 $L/3\ 000$ mm 的挠度增长速率等速加载;若试件在受拉面跨度三分点以外断裂,则该试件的试验结果无效。
- d) 采用千斤顶作刚性组件时,应使试验机活塞将刚性组件顶升至稍高出荷载传感器顶面,然后开动试验机,使千斤顶刚度达到稳定状态,随后对试件连续均匀加荷。初裂前加载速率取 0.05 MPa/s~0.08 MPa/s,初裂后减小加载速率,使试件应变速率满足式(15)的要求:

$$v_{\Delta \max} / v_m \leq 5 \quad \dots\dots\dots (15)$$

式中:

$v_{\Delta \max}$ ——挠度增量最大时的应变速率,单位为微米每秒($\mu\text{m/s}$);

v_m ——挠度由 0 到 3 倍最大荷载挠度时段内应变速率的平均值,单位为微米每秒($\mu\text{m/s}$)。

- e) 绘出荷载-挠度曲线。

8.7.4 试件峰值挠度前的弯曲韧性采用初始弯曲韧度比 $R_{e,p}$ 表征(见图 4),按式(16)和式(17)计算确定:

$$R_{e,p} = f_{e,p} / f_{tm} \quad \dots\dots\dots (16)$$

$$f_{e,p} = \frac{\Omega_p L}{bh^2 \delta_p} \quad \dots\dots\dots (17)$$

式中:

$R_{e,p}$ ——初始弯曲韧度比;

$f_{e,p}$ ——等效初始弯拉强度,单位为兆帕(MPa);

b ——试件截面宽度,单位为毫米(mm);

- h ——试件截面高度,单位为毫米(mm);
 L ——试件跨度,单位为毫米(mm);
 δ_p ——峰值荷载时的跨中挠度,单位为毫米(mm);
 Ω_p ——跨中挠度为 δ_p 时的荷载挠度曲线下的面积,单位为牛毫米(N·mm);
 f_{ftm} ——钢纤维混凝土弯拉强度,单位为兆帕(MPa)。

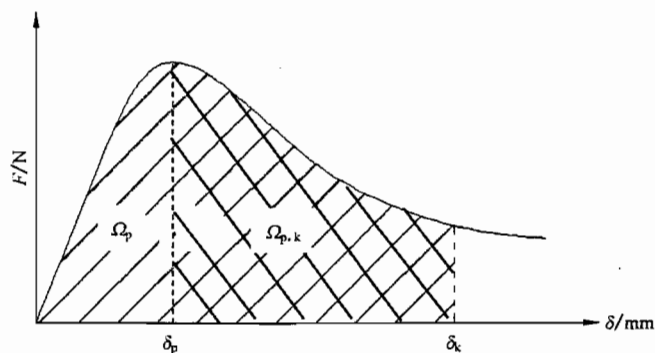


图4 等效弯曲强度计算

8.7.5 试件峰值挠度后的弯曲韧性采用弯曲韧度比 $R_{e,k}$ 表征,按式(18)、式(19)和式(20)计算:

$$R_{e,k} = f_{e,k} / f_{\text{ftm}} \quad \dots\dots\dots (18)$$

$$f_{e,k} = \frac{\Omega_{p,k} L}{bh^2 \delta_{p,k}} \quad \dots\dots\dots (19)$$

$$\delta_{p,k} = \delta_k - \delta_p \quad \dots\dots\dots (20)$$

式中:

- $R_{e,k}$ ——对应于跨中挠度为 δ_k 的弯曲韧度比;
 $f_{e,k}$ ——对应于跨中挠度为 δ_k 的等效弯拉强度,单位为兆帕(MPa);
 $\Omega_{p,k}$ —— δ_p 至 δ_k 对应的荷载-挠度曲线下的面积,单位为牛毫米(N·mm);
 $\delta_{p,k}$ —— δ_p 至 δ_k 的跨中挠度增加值,单位为毫米(mm);
 δ_k ——给定的计算跨中挠度 L/k ,单位为毫米(mm); k 值分别为 500,300,250,200,150。

8.7.6 分别以 3 个试件初始弯曲韧度比、弯曲韧度比计算值的算术平均值作为该组试件初始弯曲韧度比和弯曲韧度比的试验值。若 3 个试验值中的最大值或最小值与中间值之差大于中间值的 15%,则取中间值作为该组试件的试验值;如果二者与中间值之差均大于 15%,则该组试件的试验结果无效。将初始弯曲韧度比试验值、弯曲韧度比试验值分别与弯曲韧度比 $R_e = 1$ 比较,以评定钢纤维混凝土的弯曲韧性。

8.8 长期性能

钢纤维混凝土收缩性能和受压徐变性能试验应符合 GB/T 50082 的规定。

8.9 耐久性能

8.9.1 钢纤维混凝土的抗冻性、抗水渗透性、抗碳化性和抗硫酸盐侵蚀性等耐久性能试验应符合 GB/T 50082 的规定。

8.9.2 钢纤维混凝土中氯离子含量试验可按照 JGJ/T 322 的规定执行。

- 8.9.3 钢纤维混凝土抗氯离子渗透试验可按照 GB/T 50082 中“快速氯离子迁移系数法”的规定执行。
- 8.9.4 钢纤维混凝土与既有混凝土粘结耐久性能试验宜符合附录 C 的规定。

9 检验规则

9.1 一般要求

- 9.1.1 每工作台面应至少检测一次钢纤维混凝土拌合物的稠度、凝结时间、泌水性和表观密度；每 100 m³~200 m³ 同一配合比的钢纤维混凝土应在浇筑地点至少抽样检验一次钢纤维含量，不足一个检验批量的钢纤维混凝土应作为一个检验批；同一工程、同一配合比的钢纤维混凝土应至少检验一次钢纤维混凝土拌合物氯离子含量；对于有抗冻性能要求的钢纤维混凝土拌合物，每工作台面应至少在搅拌地点检验一次含气量。
- 9.1.2 钢纤维混凝土强度等级检验应符合 GB/T 50107 的规定；钢纤维混凝土力学性能与长期性能的检验应符合 GB 50204 的规定和工程设计要求。
- 9.1.3 钢纤维混凝土耐久性能的检验应符合 JGJ/T 193 的规定和工程设计要求。
- 9.1.4 喷射钢纤维混凝土的质量检验项目应根据设计要求进行，所需试件应在工程施工中制作。抗压强度、弯拉强度、弯曲韧性和钢纤维含量等项目的检测频度宜符合表 5 的规定。

表 5 喷射钢纤维混凝土质量检测频度(喷射面积 m²/检测 1 次)

检验等级	次要Ⅲ ^a	一般Ⅱ ^b	重要Ⅰ ^c
拌合物稠度	每工作台面	每工作台面	每工作台面
抗压强度	500	250	100
弯拉强度	—	500	250
弯曲韧性	—	1 000	500
喷层钢纤维含量	500	250	100

注：检验等级根据工程性质和钢纤维在喷射钢纤维混凝土结构中的作用划分。

^a 次要Ⅲ指基坑边坡支护、坍方整治、抢险工程等临时性结构。

^b 一般Ⅱ指围堰初期支护。

^c 重要Ⅰ指单层衬砌、既有隧道衬砌与裂损整治等工程。

9.2 质量评定

- 9.2.1 钢纤维混凝土拌合物性能应符合 6.1 的规定，钢纤维含量偏差不应超过配合比设计的钢纤维含量的±5%，喷射钢纤维混凝土钢纤维含量偏差不应超过喷层中设计实际含量的±5%。
- 9.2.2 钢纤维混凝土力学性能检验结果应符合 6.2 规定和工程设计要求。
- 9.2.3 钢纤维混凝土长期性能和耐久性能的检验结果应符合 6.3 规定和工程设计要求。

附 录 A
(规范性附录)
钢纤维的分类、质量要求与检验规则

A.1 分类

- A.1.1 钢纤维按生产工艺可分为冷拉钢丝切断型、薄板剪切型、钢锭铣削型、钢丝削刮型和熔抽型。
- A.1.2 钢纤维按材质可分为碳钢型、低合金钢型和不锈钢型。
- A.1.3 钢纤维按形状可分为平直形和异形。异形钢纤维可分为压痕形、波形、端钩形、大头形和不规则麻面形等。
- A.1.4 钢纤维抗拉强度等级及其抗拉强度见表 A.1。

表 A.1 钢纤维抗拉强度等级

钢纤维抗拉强度等级	钢纤维抗拉强度 f_{st} /MPa
380 级	$600 > f_{st} \geq 380$
600 级	$1\,000 > f_{st} \geq 600$
1\,000 级	$1\,300 > f_{st} \geq 1\,000$
1\,300 级	$1\,700 > f_{st} \geq 1\,300$
1\,700 级	$f_{st} \geq 1\,700$

A.2 质量要求

- A.2.1 钢纤维抗拉强度按 A.1.4 的规定分级,任一单根钢纤维抗拉强度不应低于最小规定值的 90%。当采用钢丝、钢板为原料制作钢纤维时,允许以最后一道工序前的母材做抗拉强度试验,但其抗拉强度不应低于该钢纤维强度等级规定的抗拉强度最小规定值。
- A.2.2 钢纤维长度与其标称值的偏差、钢纤维直径与其标称值的偏差、钢纤维长径比与其标称值的偏差均应不超过 $\pm 10\%$ 。
- A.2.3 异形钢纤维形状与出厂规定形状模板图的符合度应不低于 90%。
- A.2.4 钢纤维应能经受一次向最易弯折方向的 90° 弯折而不发生折断。
- A.2.5 钢纤维表面不应粘有油污和其他妨碍钢纤维与混凝土粘结的有害物质。

A.3 检验规则

A.3.1 检验批及抽样

- a) 钢纤维应成批检验,每批应为相同材质、尺寸和技术规格的同一种产品,以每 5 t 或小于 5 t 的一次供货作为一个批量。钢纤维的进场质量检验批量可根据使用量适当增大,但同一工程的同品种和同规格钢纤维最大检验批量不应超过 20 t。不同批次或非连续供应的不足一个检验批量的钢纤维应作为一个检验批。
- b) 对于长度、直径、形状和表面质量等检验项目,每个检验批应分 10 个部位随机取样 100 根钢纤

维逐根检验。对于钢纤维杂质含量检验,每个检验批应随机取样 5 kg。

- c) 对于钢纤维的弯折性能检验,每个检验批应随机取样 10 根钢纤维逐根检验。
- d) 对于钢纤维抗拉强度检验,等截面钢纤维每个检验批取一组,每组应取 10 根试样;非等截面钢纤维每个检验批应抽取三组,每组取 10 根试样。当采用钢丝、钢板为原料制作钢纤维时,允许以母材做抗拉强度试验。所取母材应为切断成型,且为最后一道工序前的母材。采用母材做试验时,取样数为 5 个。

A.3.2 评定方法

- a) 钢纤维的长度和直径允许偏差应符合 A.2.2 的规定。受检钢纤维长度和直径偏差的合格率不应低于 90%,同时其平均值应满足偏差的要求。
- b) 钢纤维的表面形状应符合 A.2.3 的规定。受检钢纤维表面形状合格的钢纤维数量占总数量的百分数为受检钢纤维的合格率,不应低于 90%。
- c) 受检钢纤维中的杂质含量不应超过受检钢纤维总重量的 1%。
- d) 钢纤维的弯折性能应符合 A.2.4 的规定。受检钢纤维弯折性能的合格率不应低于 90%。
- e) 受检钢纤维的抗拉强度应符合 A.2.1 的规定。

A.3.3 合格判定

- a) 钢纤维各项检验指标均满足 A.3.2 规定时为合格。
- b) 钢纤维任一项检验结果不符合 A.3.2 相应规定时,应对该项不合格产品在同一批次产品中取双倍样本进行复检。复检仍不合格时,则该批产品为不合格。

附录 B
(规范性附录)
钢纤维质量检验方法

B.1 检验仪器

- a) 游标卡尺:量程 150 mm,精度应不低于 0.01 mm。
- b) 电子天平:称量不小于 50 g,感量应不大于 0.1 mg。
- c) 电子天平:称量 10 kg,感量应不大于 1 g。
- d) 电子拉伸试验机:具有荷载和位移速率调节和控制功能,精度应不低于 1.0%;试验时的最大荷载应处于试验机量程的 20%~80%范围内。
- e) 专用夹具系统:拉伸试验机配用的夹具系统应保证钢纤维试件的轴线与试验机的作用力同轴,接触试件的夹具表面应使试件能够夹持牢固、不滑动,并避免试件出现滑痕及其他损伤。
- f) 记录仪器:试验荷载记录仪器应具备测量数据和最大量值的自动采集功能;精度应不低于 ±1.0%,采样频率应不低于 1.0 kHz。

B.2 长度检验

- a) 对于形状规则的平直形钢纤维,用游标卡尺量测其长度。
- b) 对于波形和端钩形钢纤维,用游标卡尺量测钢纤维的名义长度(两端点的距离,即投影长度)和实际曲线长度。

钢纤维长度与其标称值的偏差按式(B.1)计算确定:

$$\delta_l = (l_{10} - l_f) / l_f \times 100\% \quad \dots\dots\dots (B.1)$$

式中:

- δ_l ——钢纤维的长度偏差;
- l_{10} ——钢纤维长度或名义长度实测值,单位为毫米(mm);
- l_f ——钢纤维长度或名义长度标称值,单位为毫米(mm)。

B.3 直径检验

单根钢纤维的直径检验应符合下列规定:

- a) 对于圆形截面钢纤维,用游标卡尺测量钢纤维中间截面的直径,在横截面相互垂直的方向各测量一次计算其平均值 d_{10} 。
- b) 对于矩形截面钢纤维,用游标卡尺测量中间截面边长,按式(B.2)计算其等效直径:

$$d_{10} = \sqrt{(4/\pi) \times a_0 b_0} \quad \dots\dots\dots (B.2)$$

式中:

- d_{10} ——钢纤维的等效直径实测值,单位为毫米(mm);
- a_0 、 b_0 ——分别为矩形截面钢纤维边长实测值,单位为毫米(mm)。

- c) 对于非圆形不规则截面钢纤维,每根用电子天平称重,用游标卡尺测量钢纤维的实际曲线长度

值;或截取中间直线段用电子天平称重,用游标卡尺测量截取的直线段长度值,按式(B.3)计算其等效直径:

$$d_{10} = 1.13 \sqrt{m_{10} / (l_{10} \gamma_f)} \quad \dots\dots\dots (B.3)$$

式中:

m_{10} ——被测钢纤维或其直线段的实测质量,单位为毫克(mg);

l_{10} ——钢纤维的实际曲线长度或截取的直线段长度,单位为毫米(mm);

γ_f ——钢纤维的质量密度,取 7.85 mg/mm³。

d) 钢纤维直径或等效直径与其标称值的偏差按式(B.4)计算确定:

$$\delta_d = (d_{10} - d_f) / d_f \times 100\% \quad \dots\dots\dots (B.4)$$

式中:

δ_d ——钢纤维的直径或等效直径偏差;

d_{10} ——钢纤维直径或等效直径实测值,单位为毫米(mm);

d_f ——钢纤维直径或等效直径标称值,单位为毫米(mm)。

B.4 形状合格率检验

采用目视法进行检验,对照钢纤维产品形状模板图,逐根检查钢纤维的形状符合度,判断是否存在端钩、单边成形或明显不符合出厂形状规定的情况。

B.5 表面质量检验

采用目视法进行检验,人工挑拣出表面有油脂、污垢等妨碍与混凝土粘结的有害物质的钢纤维,并统计其根数。

B.6 杂质含量检验

用感量 1 g 的电子天平称重受检钢纤维 5 kg。人工挑选粘结连片、污染和严重锈蚀的钢纤维及其他杂质,用感量 0.1 mg 的电子天平称重,并计算杂质含量。

B.7 弯折性能检验

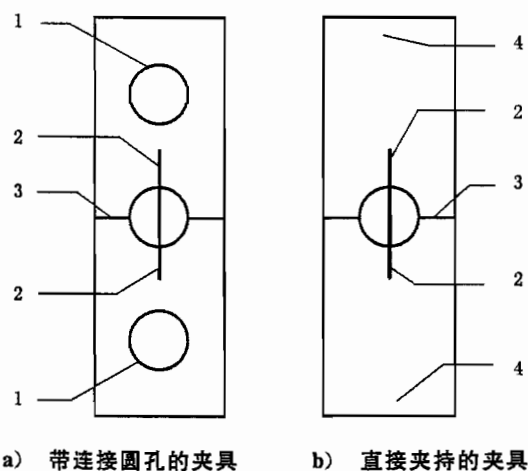
将钢纤维围绕直径 3 mm 的圆钢棒向最易弯折方向弯折 90°,检查是否出现折断情况。

B.8 抗拉强度检验

a) 试验装置:

圆形和矩形截面直形试样可直接安装到试验机夹具上,上下夹口应分别距离试样中点 1.5 mm~2 mm。端头带弯钩的圆形和矩形截面试样可采用钳工方法对端头调直,但不应影响被夹持部分以外的试验段。

端头形状不规则的试样难于直接夹持,宜采用连接装置连接(见图 B.1)。先用粘结剂将试样粘结在连接板中线中,然后用螺栓与加载装置相连或直接夹在试验机夹头上。试样中点应与连接板中点重合,其轴线偏移应不大于 0.6 mm。试样与连接板的粘结应保证在测试过程中试样不发生滑移。



说明:

- 1——圆孔,与拉力机连接;
2——试样,用粘结剂固定;
3——上下分离缝;
4——拉力机夹持处。

图 B.1 钢纤维拉伸试验连接装置

- b) 加载速率应保证试样能够在约 30 s 断裂,位移控制速率宜取 $5 \times 10^{-6} \text{ m/s} \sim 10 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ 。
c) 钢纤维的截面积应根据试样的原始测量尺寸计算得到,尺寸测量精度应不低于 1.0%,计算结果应保留 4 位有效数字。

矩形等截面钢纤维应在试样的中点测量宽度和厚度,按式(B.5)计算试样截面面积:

$$A_f = a_0 \times b_0 \quad \dots\dots\dots (\text{B.5})$$

式中:

A_f ——钢纤维的截面积,单位为平方毫米(mm^2)。

圆形等截面钢纤维应在试样的中点从两个相互垂直方向测量试样的直径,取其算术平均值,按式(B.6)计算试样截面面积:

$$A_f = \pi/4 \times d_{f0}^2 \quad \dots\dots\dots (\text{B.6})$$

非等截面钢纤维的截面积可采用电子天平称出单根钢纤维的质量,用游标卡尺测量单根钢纤维的长度,按式(B.7)计算试样的截面面积:

$$A_f = m_{f0} / (l_{f0} \times \gamma_f) \quad \dots\dots\dots (\text{B.7})$$

不规则截面试样的截面尺寸和截面面积计算还可利用激光衍射技术、显微镜光学反射及扫描电子显微镜图像分析系统获得,此时计算截面积应取试样试验标距内最小截面面积。

- d) 单根钢纤维的抗拉强度按式(B.8)计算确定:

$$f_{sf} = F_{\max} / A_f \quad \dots\dots\dots (\text{B.8})$$

式中:

f_{sf} ——单根钢纤维抗拉强度,单位为兆帕(MPa);

$F_{\max}$ ——钢纤维拉断时作用在单根钢纤维上的最大拉力,单位为牛(N)。

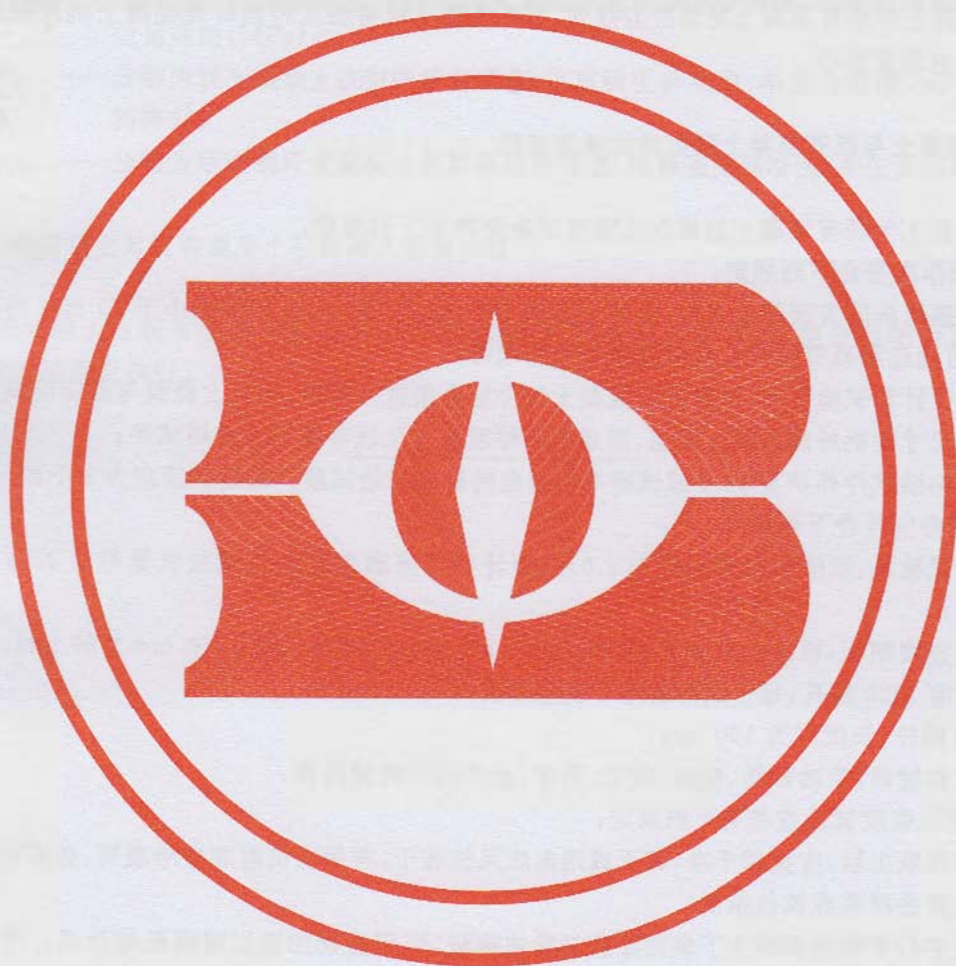
- e) 抗拉强度的确定

等截面钢纤维以 10 个试样抗拉强度的算术平均值作为该组试样的抗拉强度。

非等截面钢纤维分别计算出每组 10 个试样抗拉强度的算术平均值,再计算出 3 组抗拉强度的算术平均值,作为该次检验试样的抗拉强度值。若 3 组的 3 个平均值中的最大值或最小值与

中间值之差大于该中间值的 15%，则取中间值作为试验结果；若最大值和最小值与中间值之差均大于 15%，则该组试样的试验无效，重新取样试验。

受检钢纤维中任一钢纤维试样的抗拉强度均不应低于相应级别的钢纤维抗拉强度规定值的 90%。若低于规定值的 90%，则按该试样的抗拉强度作为该组钢纤维试样的抗拉强度值。



附录 C

(资料性附录)

钢纤维混凝土与既有混凝土粘结及其耐久性能试验方法

C.1 钢纤维混凝土与既有混凝土粘结抗剪强度试验

钢纤维混凝土与既有混凝土粘结抗剪强度、既有混凝土抗剪强度和钢纤维混凝土抗剪强度试验应按 JGJ/T 221 的规定执行。

C.2 钢纤维混凝土与既有混凝土粘结抗拉强度试验

钢纤维混凝土与既有混凝土粘结抗拉强度试验应符合下列规定：

C.2.1 试件制作应符合下列规定：

- a) 作为基层的既有混凝土试件,宜采用截面 150 mm×150 mm、厚度不小于 75 mm 的棱柱体试件,可通过对既有混凝土板块采用切割法取得;
- b) 根据设计和试验要求,可对既有混凝土试件结合面进行处理,在其上浇筑与既有混凝土相同形状和尺寸的钢纤维混凝土面层,形成钢纤维混凝土与既有混凝土粘结试件;
- c) 应将粘结试件养护至 28 d 或试验专门规定的龄期开始试验。每组试验应为 3 个试件。

C.2.2 试验设备应符合下列规定：

- a) 万能试验机:示值精度应不低于 1.0%,预计破坏荷载应控制在试验机量程的 20%~80% 范围内;
- b) 拉伸连接钢板:板的尺寸应采用 150 mm×150 mm×20 mm 或 $\phi 150$ mm×20 mm,板的正中应留有 M20 螺孔,每个试件备用 2 块连接板;
- c) M20 螺杆:长度应为 150 mm;
- d) 工具和材料:手动砂轮、钢刷、刮刀、天平、盘子和环氧树脂等。

C.2.3 粘结抗拉强度试验应符合下列规定：

- a) 将试件取出后,应擦拭干净,晾干或用电吹风机吹干,再用有机溶剂擦净表面,必要时用钢刷或砂轮除去浮浆或其他杂质;
- b) 应在平行于粘结面的上下表面涂胶粘贴连接板,可用重物加压以增强粘结效果。待胶粘剂达到硬化时间和强度后,在拉伸连接钢板上拧上拉伸连接螺杆;
- c) 将带连接装置的试件置于拉伸试验机中,应使试件对中并夹紧上下螺杆;
- d) 开动试验机进行拉伸试验,应控制加载速率使试件在 40 s~60 s 内达到极限荷载;
- e) 记录最大荷载及破坏形态,如破坏发生在连接钢板与试件的粘结面上,该试件的试验结果无效。

C.2.4 钢纤维混凝土与既有混凝土粘结抗拉强度应按式(C.1)计算确定：

$$f_{\text{fib}} = F_{\text{max}}/A \quad \dots\dots\dots (C.1)$$

式中：

f_{fib} ——钢纤维混凝土与既有混凝土粘结抗拉强度,单位为兆帕(MPa);

F_{max} ——拉伸试验的最大荷载,单位为牛(N);

A ——粘结面的面积,单位为平方毫米(mm²)。

C.2.5 应以 3 个试件测值的算术平均值作为该组试件的粘结抗拉强度值。若其中的最大值或最小值

与中间值之差大于中间值的 15%，则取中间值为该组试件的粘结抗拉强度值；如果二者与中间值之差均大于中间值的 15%，则该组试验结果无效。

C.2.6 对于强度等级为 CF20~CF50 的钢纤维混凝土，粘结面凿毛纹深不小于 3 mm、使用 42.5 普通硅酸盐水泥且水灰比 0.45~0.50 的水泥净浆作界面剂进行处理的情况下，粘结抗拉强度标准值和粘结抗剪强度标准值可按式(C.2)和式(C.3)计算确定：

$$f_{\text{fbk}} = 0.20(f_{\text{tk}} + f_{\text{f tk}})(1 + 0.31\lambda_f) \quad \dots\dots\dots (\text{C.2})$$

$$f_{\text{fbk}} = 0.16(f_{\text{sk}} + f_{\text{f sk}})(1 + 0.65\lambda_f) \quad \dots\dots\dots (\text{C.3})$$

式中：

f_{fbk} 、 f_{fbk} ——分别为钢纤维混凝土与既有混凝土粘结抗拉强度标准值、粘结抗剪强度标准值，单位为兆帕(MPa)；

f_{tk} 、 f_{sk} ——分别为既有混凝土抗拉强度标准值、抗剪强度标准值，单位为兆帕(MPa)，可通过实测得到；

$f_{\text{f tk}}$ 、 $f_{\text{f sk}}$ ——分别为后浇钢纤维混凝土抗拉强度标准值、抗剪强度标准值，单位为兆帕(MPa)。

C.3 钢纤维混凝土与既有混凝土粘结耐久性能试验

钢纤维混凝土与既有混凝土粘结耐久性能试验，应根据设计要求，成型带有粘结面的试块，按 GB/T 50082 的规定执行。

中华人民共和国建筑工业
行 业 标 准
钢纤维混凝土
JG/T 472—2015

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

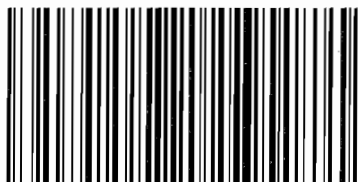
*

开本 880×1230 1/16 印张 2 字数 47 千字
2015年5月第一版 2015年5月第一次印刷

*

书号: 155066·2-28658 定价 30.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



JG/T 472—2015