



中华人民共和国建筑工业行业标准

JG/T 3064—1999

钢 纤 维 混 凝 土

Steel fiber reinforced concrete

1999-07-28 发布

1999-12-01 实施

中华人民共和国建设部 发布

## 前 言

钢纤维混凝土是一种新型的复合材料,广泛应用于道路、机场、桥梁、水工、港口、铁路、矿山、隧道、军事及工业和民用建筑等工程领域。为确保钢纤维混凝土的质量,促进技术进步,满足工程建设的需要,对钢纤维混凝土的质量进行全面管理而制定本标准。

本标准的附录 A、附录 B 都是标准的附录。

本标准由建设部标准定额研究所提出。

本标准由建设部建筑工程标准技术归口单位中国建筑科学研究院归口。

本标准主要起草单位:大连理工大学、中国人民解放军空军工程设计研究局、参加起草单位:铁道部科学研究院、东南大学、北京市市政设计研究总院、浙江嘉兴七星钢纤维厂。

本标准主要起草人:赵国藩、王璋水、黄承逵、徐蕴贤、孙伟、罗保恒、陈昭谟。

本标准委托大连理工大学负责解释。

# 钢纤维混凝土

JG/T 3064—1999

Steel fiber reinforced concrete

## 1 范围

本标准规定了钢纤维混凝土原材料的要求、钢纤维混凝土强度和耐久性、钢纤维混凝土的配合比、钢纤维混凝土的施工质量控制及试验方法和检验规则。

本标准适用于钢纤维体积率不大于 3% 的钢纤维混凝土。

## 2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 228—1987 金属拉伸试验法

GB 8076—1997 混凝土外加剂

GB 50204—1992 混凝土结构工程施工及验收规范

GB J80—1985 普通混凝土拌合物性能试验方法

GB J81—1985 普通混凝土力学性能试验方法

GB J82—1985 普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法

GB J97—1987 水泥混凝土路面施工及验收规范

GB J107—1987 混凝土强度检验评定标准

JG J63—1989 混凝土拌合用水标准

### 3 定义和符号

#### 3.1 本标准采用下列定义：

##### 3.1.1 钢纤维 steel fiber

用钢质材料经加工制成的短纤维。

##### 3.1.2 钢纤维混凝土 steel fiber reinforced concrete

用一定量乱向分布的钢纤维增强的以水泥为粘结料的混凝土。

##### 3.1.3 钢纤维体积率 steel fiber fraction in volume

钢纤维所占钢纤维混凝土体积的百分数。

#### 3.2 本标准采用下列符号：

##### 3.2.1 $d_f$ ：钢纤维直径或等效直径，mm。

##### 3.2.2 $l_f$ ：钢纤维长度或标称长度，mm。

##### 3.2.3 $l_f/d_f$ ：钢纤维长径比或标称长径比。

##### 3.2.4 $\rho$ ：钢纤维体积率，%。

##### 3.2.5 $f_{st}$ ：钢纤维抗拉强度，MPa。

##### 3.2.6 $f_{tk}$ ：钢纤维混凝土抗拉强度标准值，MPa。

##### 3.2.7 $f_{tk}$ ：与钢纤维混凝土强度等级相对应的，按现行有关混凝土结构规范的规定所确定的混凝土抗拉强度标准值，MPa。

##### 3.2.8 $f_{tm}$ ：钢纤维混凝土的弯拉强度设计值，MPa。

##### 3.2.9 $f_{tm}$ ：与钢纤维混凝土相同水灰比、原材料的素混凝土的弯拉强度设计值，MPa。

### 4 钢纤维混凝土的原材料

#### 4.1 钢纤维

##### 4.1.1 产品分类

1) 钢纤维按生产工艺可分为：切断型钢纤维、剪切型钢纤维、

熔抽型钢纤维和铣削型钢纤维。

2) 钢纤维的横截面可为圆形、矩形、月牙形及不规则形等。

3) 钢纤维的外形可为平直形和异形,异形钢纤维可为波浪形、压痕形、扭曲形、端钩形及大头形等。

#### 4.1.2 钢纤维尺寸

1) 钢纤维的标称长度指钢纤维两 endpoint 之间的直线距离。其尺寸可为 15~60 mm。

2) 钢纤维截面的直径或等效直径宜在 0.3~1.2 mm。

3) 钢纤维长径比或标称长径比宜在 30~100。

4) 根据需方要求也可供应其他规格型号产品。

#### 4.1.3 技术要求与检验方法

##### 1) 长度

钢纤维的长度与其标称值的偏差,不应超过±10%。

检验方法:每批产品中随机取样 10 根,用精度不小于 0.02 mm 的卡尺测量其长度,长度偏差合格率不应低于 90%,10 根纤维长度平均值同时应满足偏差的要求。

##### 2) 直径或等效直径

钢纤维的直径或等效直径平均值与其标称值的偏差,不应超过±10%。

圆形截面的钢纤维直径的检验,每批随机取样 10 根,用游标卡尺逐根测量其直径(计量单位为 mm,精度为 0.02 mm),求得的直径平均值与其标称值的偏差,应满足规定偏差的要求。

非圆形截面的钢纤维等效直径的检验,采用质量法测定其平均等效直径。每批随机取样 100 根钢纤维,用精度为 0.01 g 的天平测定其质量,用精度为 0.02 mm 的游标卡尺逐根测定钢纤维长度,按式(1)求得的等效直径平均值  $d_f$  与其标称值的偏差,应满足规定偏差的要求。

$$d_f = 0.113 \sqrt{w_0 / l_a \gamma} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中： $w_0$ ——100 根钢纤维实测质量，g；

$l_a$ ——取样钢纤维的实测平均长度，mm；

$\rho$ ——钢的质量密度 0.007 85 g/mm<sup>3</sup>。

### 3) 长径比

钢纤维的长径比与其标称值的偏差，不应超过±10%。

根据实测平均长度和实测平均直径或等效直径，求得的长径比平均值与其标称值的偏差，应满足规定偏差的要求。

### 4) 形状合格率

异形钢纤维的形状符合出厂规定形状数量占纤维总量的百分数称为形状合格率。

除平直形钢纤维外的其他形状钢纤维，其形状合格率不宜小于 90%。

每批产品随机取样 100 根钢纤维，逐根检查其形状，如有断钩、单边成形和其他形状缺陷者视为不合格，受检钢纤维的形状合格率不应低于 85%。

### 5) 抗拉强度

钢纤维的抗拉强度不得低于 380 MPa。当工程有特殊要求时，钢纤维的抗拉强度可由需方根据技术与经济条件提出。

每批产品随机取样 10 根，进行抗拉强度试验，按 GB/T 228 试验方法进行，测得的抗拉强度平均值不得低于规定值，单根钢纤维的抗拉强度不得低于规定值的 90%。当母材为钢板或钢丝时，可用母材大试样进行试验，所测得任一试样的抗拉强度不得低于规定值。

进行钢纤维抗拉强度试验时，试样的截面为圆形或矩形时，应采用精度为 0.01 mm 游标卡尺测量，截面积单位为 mm<sup>2</sup>，计算时应保留到小数点后四位。当试样的截面为不规则形状时，试样的截面积由纤维的长度和质量计算确定，钢纤维质量采用精度为 0.000 1 g 的天平称取。钢纤维的抗拉强度按式(2)计算：

$$f_{st} = F_{\max} / A_{st} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中： $F_{\max}$ ——钢纤维抗拉试验的最大拉伸荷载，N；

$A_{\text{实}}$ ——钢纤维截面的实际面积， $\text{mm}^2$ 。

#### 6) 弯折性能

钢纤维应能经受沿直径为 3 mm 钢棒弯折 90° 不断。

每批产品随机取样 10 根钢纤维，每根沿直径为 3 mm 钢棒的圆周，用手工弯折 90° 一次，至少应有九根试样不得断裂。

#### 7) 杂质

钢纤维表面不得有油污和其他妨碍钢纤维与水泥浆粘结的杂质。钢纤维内含有的因加工不足造成的粘连片、表面严重锈蚀的钢纤维、铁锈粉及杂质的总质量，不得超过钢纤维质量的 1%。

每批随机取样 5 kg，用肉眼观察检查钢纤维的表面，用人工挑拣粘连片、严重锈蚀钢纤维以及其他杂质并称重计算。

8) 钢纤维的表面不得镀有有害物质或涂有不利于与混凝土粘结的涂层。

9) 钢纤维混凝土所使用的钢纤维，除应符合本标准的规定外，若需方对钢纤维有其他要求时，供需双方可商定附加技术条件。

### 4.1.4 检验规则

1) 钢纤维应成批验收，每批应为相同材质、尺寸和技术规格的同品种产品。以每 5 t 或小于 5 t 的一次供货作为一个批量，按 4.1.3 的要求检验。

2) 钢纤维任一项检验结果，不符合规定要求时，应对不合格项目，在同一批产品中取双倍样品进行复检，复验仍不合格时，则该批产品为不合格产品。

### 4.1.5 产品贮存和质量证明书

1) 钢纤维产品应贮存在清洁、通风、干燥的库房内，不同品种钢纤维应分别贮存，不受雨水及有腐蚀作用物质侵入。

2) 每批交货的产品，应附有质量证明书，证明书中应注明生产厂家、产品标记、发货日期、检验单据和检验部门印记。当用户

有特殊需要时,还应提供钢纤维材质的化学成分或母材钢种。

## 4.2 其他原材料

4.2.1 所用的水泥、水、骨料、外加剂、混合材料,应符合现行有关标准和规范中关于混凝土所用原材料的规定。

4.2.2 拌制钢纤维混凝土不得采用海水、海砂。钢纤维混凝土拌合物中氯化物总含量,对普通钢纤维混凝土和处于干燥环境或有防潮措施的配筋钢纤维混凝土,不得超过水泥用量的 1%;对处于潮湿而不含氯离子或潮湿而含氯离子环境中的配筋钢纤维混凝土,分别不得超过水泥用量的 0.3% 和 0.1%;对预应力钢纤维混凝土及处于易腐蚀环境中配筋钢纤维混凝土,不得超过水泥用量的 0.06%。

4.2.3 钢纤维混凝土采用的粗骨料粒径不宜大于 20 mm 或钢纤维长度的 2/3。

4.2.4 拌制钢纤维混凝土所选用的外加剂性能应符合 GB 8076 的规定。

## 5 钢纤维混凝土的强度和耐久性

### 5.1 钢纤维混凝土强度等级

钢纤维混凝土强度等级,按立方体抗压强度标准值确定。立方体抗压强度标准值系指按照标准方法制作养护的边长为 150 mm 的立方体试件在 28 d 龄期,用标准试验方法测得的具有 95% 保证率的抗压强度。若采用边长为 100 mm 的立方体试件时,其强度折减系数为 0.95。钢纤维混凝土强度等级用符号 CF 表示。

### 5.2 钢纤维混凝土抗拉强度

5.2.1 钢纤维混凝土的抗拉强度,可通过试验所得的劈裂抗拉强度乘以强度折减系数 0.80 确定,劈裂抗拉强度试验方法按 GB J81 规定进行。

5.2.2 钢纤维混凝土抗拉强度标准值  $f_{t,k}$  可按式(3)确定:

$$f_{t,k} = f_{t,k}(1 + \alpha_t \rho_t l_f / d_f) \quad \dots\dots\dots (3)$$



式中： $\alpha_t$ ——钢纤维对钢纤维混凝土抗拉强度的影响系数，宜通过试验确定，也可按国家现行有关钢纤维混凝土结构设计规程的规定值取用。

### 5.3 钢纤维混凝土弯拉强度(抗折强度)

5.3.1 钢纤维混凝土用于公路路面、机场道面或其他采用弯拉强度为设计指标的结构物时，与钢纤维混凝土相应的基体混凝土的弯拉强度设计值的分级和适用范围，可按国家现行有关水泥混凝土路面、机场道面等行业设计规范的规定采用。

5.3.2 钢纤维混凝土弯拉强度设计值  $f_{tm}$ ，可按式(4)确定：

$$f_{tm} = f_{tm} (1 + \alpha_m \rho_f l_f / d_f) \dots\dots\dots (4)$$

式中： $\alpha_m$ ——钢纤维对弯拉强度的影响系数，宜通过试验确定，也可按国家现行有关钢纤维混凝土结构设计规程的规定值取用。

5.4 钢纤维混凝土的抗冻性、抗渗性试验方法，按 GB J82 规定进行。实测的抗冻性、抗渗性指标值，不应低于设计要求。

## 6 钢纤维混凝土配合比

### 6.1 一般要求

钢纤维混凝土配合比除满足普通混凝土一般要求外，还应满足抗拉强度或弯拉强度、韧性及施工时拌合物和易性和钢纤维不结团的要求。

### 6.2 钢纤维的选用

6.2.1 钢纤维品种、几何参数和体积率的选用，应满足设计要求的钢纤维混凝土强度、韧性和耐久性；并应满足拌合物的和易性与施工要求，不得因选用不当，而发生钢纤维的结团和堵塞混凝土泵送管或喷射管。其选用的适合范围，可参照已有经验或国家现行有关钢纤维混凝土结构设计规程的规定确定。

6.2.2 对有耐腐蚀和耐高温要求时的结构物，宜选用不锈钢钢纤维。

## 6.3 钢纤维混凝土配合比设计

### 6.3.1 钢纤维混凝土配合比的设计,可按下述步骤进行:

1) 根据强度标准值或设计值以及施工配制强度提高系数确定试配抗压强度与抗拉强度或试配抗压强度与弯拉强度。钢纤维混凝土配比设计的试配抗压强度提高系数,按 **JGJ/T 55** 的规定采用。钢纤维混凝土试配抗拉强度提高系数,可参照抗压强度提高系数采用。钢纤维混凝土试配弯拉强度,可根据施工技术水平和工程的重要性,按弯拉强度设计值的 **1.10~1.15** 倍确定。

2) 根据试配抗压强度或弯拉强度计算水灰比;

3) 根据试配抗拉强度或弯拉强度或韧性与耐久性要求,经计算或根据已有资料确定钢纤维体积率;

4) 根据施工要求的稠度,通过试验或已有资料确定单位体积用水量,如掺用外加剂时应考虑外加剂的影响;

5) 根据稠度和钢纤维体积率或参照已有工程经验确定砂率;

6) 按绝对体积法或假定质量密度法计算材料用量,确定初步配合比;

7) 按初步配合比进行拌合物性能试验,调整单位体积用水量和砂率,确定强度试验用基准配合比。

8) 根据强度试验结果调整水灰比和钢纤维体积率,确定施工配合比。

### 6.4 对比试验

当需要评定钢纤维对混凝土的增强、增韧效果时,应在专门的质量检测单位,采用符合工程设计要求的对比试验用配合比,在标准养护条件下,分别按 **GB J81** 与附录 A(标准的附录)的规定,同时进行不少于两组立方体抗压强度、劈拉强度、弯拉强度与弯曲韧性和弯曲初裂强度的对比试验。钢纤维对混凝土的增强、增韧效果应符合工程设计要求。

生产厂家在产品说明书中表明钢纤维对混凝土的增强、增韧效果时,应同时提供试验配合比和检测报告,不得使用无试验依据

的数据。

## 7 钢纤维混凝土施工质量控制

### 7.1 一般要求

钢纤维混凝土施工质量控制,应包含钢纤维混凝土各组成材料检验和计量、搅拌、浇筑等工序的质量控制。

### 7.2 材料检验和计量

**7.2.1** 施工过程中应测定粗细骨料的含水量,每一工作班不应少于一次,当含水量有显著变化时,应增加次数,依据检测结果,及时调整用水量和材料用量。

**7.2.2** 在施工期间,钢纤维混凝土各种材料的质量,应按施工配合比和一次搅拌量计算确定。材料的称量偏差,不得超过表 1 的规定。

表 1 材料计量偏差表

材料名称	钢纤维	水泥或掺合料	粗细骨料	水	外加剂
允许偏差	$\pm 2\%$	$\pm 2\%$	$\pm 3\%$	$\pm 2\%$	$\pm 2\%$

### 7.3 搅拌

**7.3.1** 钢纤维混凝土的搅拌,可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或采用在混合料拌合过程中加入钢纤维拌合的方法。

**7.3.2** 钢纤维混凝土搅拌后,每工作台班应检测一次拌合物的均匀性、稠度(偏差不应超过配合比要求的 $\pm 10\%$ ),必要时应检测钢纤维体积率(偏差不应超过配合比要求的 $\pm 15\%$ )。掺引气型外加剂的钢纤维混凝土拌合物,还应检验其含气量。

钢纤维混凝土拌合物应拌合均匀,颜色一致,不得有离析、泌水、钢纤维结团现象。

钢纤维混凝土拌合物的稠度,应以塌落度或维勃稠度表示。塌落度法适用于塌落度值不小于 20 mm 的拌合物。维勃稠度法适

用于 5~30 s 的拌合物。其检测方法按 GB J80 稠度试验法进行。

钢纤维体积率检测方法应按附录 B(标准的附录)规定进行。

掺引气型外加剂的钢纤维混凝土拌合物的含气量检测方法,按 GB J80 拌合物含气量试验进行。

当需要检验钢纤维混凝土的水灰比和水泥用量时,其检测方法按 GB J80 混凝土拌合物水灰比分析规定进行。

## 7.4 浇筑

7.4.1 钢纤维混凝土的浇筑,应保证钢纤维分布的均匀性和结构的连续性。在浇筑中,禁止因拌合物干涩而加水。

7.4.2 钢纤维混凝土宜用平板振捣器或模外振捣器振捣,保证钢纤维混凝土密实外,还应保证钢纤维分布的均匀性,避免钢纤维裸露在结构物表面。

## 7.5 强度、弯曲韧性及抗冻性和抗渗性的检验

7.5.1 施工中应依据工程的要求制作试件,进行抗压强度、劈拉强度或弯拉强度、弯曲韧性试验,如有特殊要求时,还应做抗冻和抗渗试验。抗压强度、劈拉强度和弯拉强度的试验,分别按 GB J81 规定进行。弯曲韧性和弯曲初裂强度的试验按附录 A 进行。抗冻和抗渗试验按 GB J82 规定进行。

7.5.2 钢纤维混凝土立方体抗压强度检验的试件制作、取样方法、试验方法评定标准,应按 GB 50204、GB J81 及 GB J107 或有关行业标准的规定进行。

7.5.3 用于公路路面、机场道面、工业地面和码头铺面等工程的钢纤维混凝土,钢纤维混凝土的弯拉强度检验,应按 GB J97 或有关行业标准的规定进行。

7.5.4 钢纤维混凝土劈拉强度检验的试件制作、取样方法、试验方法,可参照 GB 50204 和 GB J107 的规定进行。并按 5.2.1 确定抗拉强度。

钢纤维混凝土的抗拉强度的评定,可参照 GB J107 的规定进行。

当取样试件组数  $n < 10$  时,其强度应同时满足下列要求:

$$m_{ft} \geq (1.15 \sim 1.20) f_{ft,k} \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$f_{ft,min} \geq (0.95 \sim 1.00) f_{ft,k} \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中:  $m_{ft}$ ——同一验收批钢纤维混凝土抗拉强度平均值,MPa;

$f_{ft,min}$ ——同一验收批钢纤维混凝土抗拉强度最小值,MPa。

当取样试件组数  $n \geq 10$  时,其强度应同时满足下列要求:

$$m_{ft} - \lambda_1 s_m \geq (0.90 \sim 0.95) f_{ft,k} \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$f_{ft,min} \geq \lambda_2 f_{ft,k} \quad \dots\dots\dots (8)$$

$$s_m = \sqrt{\left\{ \sum_{i=1}^n f_{ft,i}^2 - nm_{ft}^2 \right\} / (n-1)} \quad \dots\dots (9)$$

式中:  $s_m$ ——验收批钢纤维混凝土抗拉强度的标准差;

$f_{ft,i}$ ——验收批内第  $i$  组钢纤维混凝土的抗拉强度,MPa;

$\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ ——合格判定系数,可按表 2 的规定采用。

表 2 合格判定系数表

试件组数 $n$	10~14	15~24	$\geq 25$
$\lambda_1$	1.70	1.65	1.60
$\lambda_2$	0.90~0.95	0.85~0.90	0.85~0.90

注:式(5)、(6)、(7)、(8)中系数可在给定的范围内按工程的重要性和工程经验确定。

## 7.6 钢纤维混凝土质量不合格的处理

钢纤维混凝土的强度、韧性、抗渗和抗冻性检验不合格时,必须立即对施工中的结构进行全面的技术鉴定,会同设计等有关单位研究处理,提出切实可行的措施,保证所施工的工程达到设计所要求的安全性、适用性和耐久性的要求。

## 附 录 A

### (标准的附录)

#### 弯曲韧性和弯曲初裂强度试验

**A1** 本方法适用于测定钢纤维混凝土试件弯曲时的韧度指数和弯曲初裂强度。

**A2** 当纤维长度不大于 40 mm 时,采用截面为 100 mm×100 mm 的梁式试件;当纤维长度大于 40 mm 时,采用截面 150 mm×150 mm 试件。试件跨度为截面边长的三倍,试件长度应比试件跨度的大 100 mm。每组四个试件,其制作及养护应符合有关的规定。

**A3** 本试验的设备应符合下列规定:

**A3.1** 试验机宜采用由变形控制的刚性试验机。试验机的卸载刚度应大于试件荷载-挠度曲线下降段的最大斜率(绝对值),其值相对误差应不大于 2%,试件的预期破坏荷载应处在全量程的 20%~80%。也可采用 1 000 kN 普通液压试验机附加刚性组件(千斤顶、弹簧或玻璃钢圆筒等),其装置示于图 A1。刚性组件应符合下列规定:

**A3.1.1** 刚性组件与试件共同的荷载-变形曲线的斜率大于零,或试验机卸载刚度和刚性组件刚度之和,应大于试件荷载-挠度曲线下降段的最大斜率(绝对值)。

**A3.1.2** 刚性组件在弹性范围内的可压缩量,应大于试件的变形量。

**A3.2** 按三分点加荷,试验机应带有两个能同时作用在小梁跨度三分点处相等荷载的装置。试验机上、下压板与刚性组件及测力计之间均应加钢垫板,其不平度为 100 mm 应不大于 0.02 mm。

**A3.3** 挠度测量装置示于图 A2,应将安装位移传感器的铝板(或钢板)用螺钉固定在支座垂线与试件中和轴的交点上,采用精度为 0.01 mm 的位移传感器(或机械式位移计),抵承在粘结于加荷点

下侧的角型支承上。

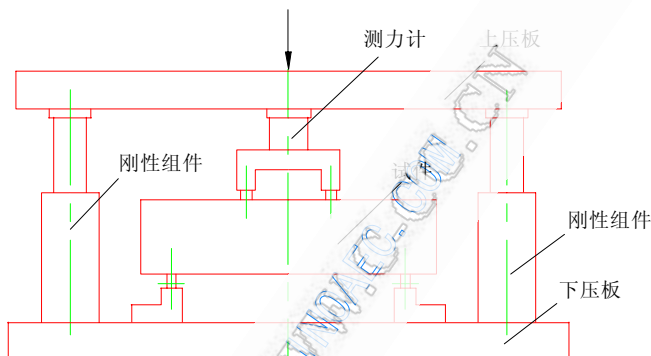
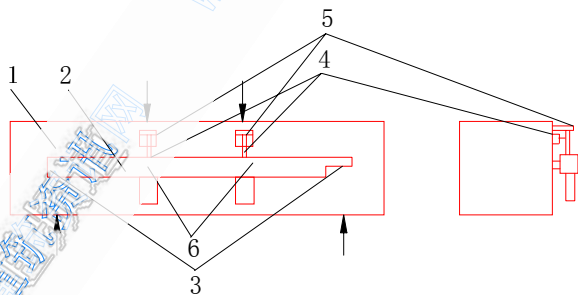


图 A1 刚性组件示意



1—试件；2—铝板(或钢板)；3—固定铝板的螺钉；  
4—位移传感器；5—角形支承；6—固定位移传感器的螺钉

图 A2 挠度测量装置示意

可将荷载与挠度的输出信号经放大器与 **X-Y** 记录仪相连,直接绘得荷载-挠度曲线。

**A4** 本试验步骤如下:

**A4.1** 从养护地点取出试件,检查外观和测量尺寸。

**A4.2** 安放试件,并安装测量传感器。

**A4.3** 对试件连续、均匀加荷。初裂前的加荷速度取  $0.05\sim0.08$  MPa/s;初裂后取每分钟  $1/3\ 000$ ,使挠度增长速度相等。

若试件在受拉面跨度( $l$ )三分点以外断裂,则该试件试验结果无效。

**A4.4** 采用千斤顶作刚性组件时,应使活塞顶升至稍高出力传感器顶面,然后开动试验机,使千斤顶刚度达到稳定状态,随即对试件连续均匀加荷。初裂前的加荷速度与 A4.3 相同的,初裂后减小加荷速度,使试件处于“准等应变”状态,其条件是:

$$V_{\Delta w_{\max}}/V_m \leq 5 \dots\dots\dots (A1)$$

式中:  $V_{\Delta w_{\max}}$ ——挠度增量最大时的相应速度,  $\mu\text{m/s}$ ;

$V_m$ ——挠度由零到三倍最大荷载挠度时段内相应速度的平均值,  $\mu\text{m/s}$ ;

在加荷过程中记录挠度变化速度。

**A5** 钢纤维混凝土试件的弯曲韧度指数、承载能力变化系数、弯曲初裂强度的计算步骤如下:

**A5.1** 将直尺与荷载-挠度曲线的线性部分重叠放置确定初裂点  $A$ (图 A3)。  $A$  点的纵坐标为弯曲初裂荷载  $F_{cr}$ ,横坐标为弯曲初裂挠度  $W_{Fcr}$ ,面积  $OAB$  为弯曲初裂韧度。

**A5.2** 以  $O$  为原点,按 3.0、5.5 和 15.5 或试验要求的初裂挠度的倍数,在横轴上确定  $D$ 、 $F$  和  $H$  点或其他给定点( $J$ )。用求积仪测得  $OAL$ 、 $OACD$ 、 $OAEF$  和  $OAGH$  或其他给定变形的面积,即为弯曲初裂韧度和各给定挠度的韧度实测值。按下列公式求得每个试件的弯曲韧度指数,精确至 0.01。

$$\eta_{m5} = OACD \text{ 面积} / OAB \text{ 面积}$$

$$\eta_{m10} = OAEF \text{ 面积} / OAB \text{ 面积}$$

$$\eta_{m30} = OAGH \text{ 面积} / OAB \text{ 面积}$$



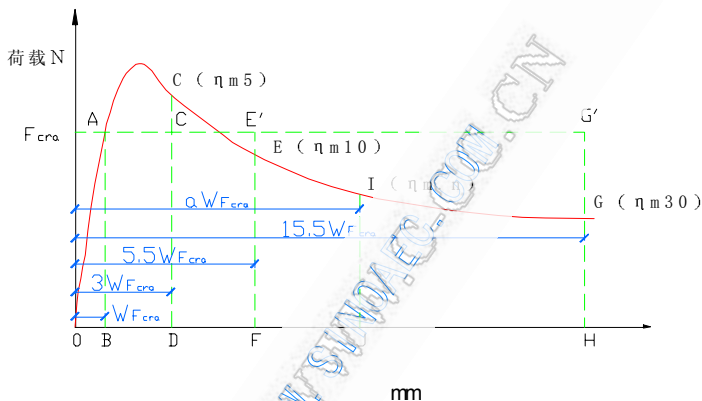


图 A3 荷载—挠度曲线及弯曲初度指数  $\eta_{m,R}$

以四个试件计算值的算术平均值作为该组试件的初度指数。

**A5.3** 每组试件的承载能力变化系数  $\zeta_{m,n,m}$  按式(A2)计算:

$$\zeta_{m,n,m} = (\eta_{m,n,m} - \alpha) / (\alpha - 1) \quad \dots\dots\dots (A2)$$

式中:  $\alpha$ ——倍数,  $\alpha$  等于给定挠度除以弯曲初裂挠度, 本标准给定  $\alpha$  为 3.0、5.5、15.5, 或按试验要求给定;

$\eta_{m,n,m}$ ——与给定挠度  $\alpha W_{Fcr0}$  对应的一组试件的平均弯曲初度指数。

将所得结果与理想弹塑性材料的承载能力变化系数  $\zeta_{m,n,m} = 1$  比较, 评定其弯曲韧性。

**A5.4** 弯曲初裂强度按式(A3)计算, 精确至 0.1 MPa。

$$f_{fc,ca} = f_{fc,ca} \times l / bh^2 \quad \dots\dots\dots (A3)$$

式中:  $f_{fc,ca}$ ——钢纤维混凝土弯曲初裂强度, MPa;

$F_{cr0}$ ——钢纤维混凝土弯曲初裂荷载, N;

$l$ ——支座间距, mm;

$b$ ——试件截面宽度, mm;

$h$ ——试件截面高度, mm。

以四个试件计算值的算术平均值作为该组试件的弯曲初裂强度。

## 附 录 B

(标准的附录)

### 拌合物钢纤维体积率试验

**B1** 本方法适用于测定钢纤维混凝土拌合物中钢纤维所占的体积百分率,即钢纤维体积率。

**B2** 测定钢纤维体积率所用设备应符合下列规定:

**B2.1** 容量筒为金属制成的圆筒,两侧装有把手。对纤维长度不大于 40 mm 的拌合物采用容积为 5 L 的容量筒,其内径与筒高均为  $186\text{ mm}\pm 2\text{ mm}$ ,筒壁厚为 3 mm;纤维长度大于 40 mm 时,容量筒的内径与筒高均应大于纤维长度的 4 倍。容量筒上缘及内壁应光滑平整,顶面与底面应平行并与圆柱体的轴线垂直。

**B2.2** 台秤:称量 100 kg,感量 5 g。

**B2.3** 震动台:频率  $50\text{ Hz}\pm 3\text{ Hz}$ ,空载时的振幅为  $0.5\text{ mm}\pm 0.1\text{ mm}$ 。

**B2.4** 震槌:重量为 1 kg 的木槌。

**B2.5** 称量钢纤维的托盘天平:称量 2 kg,感量 2 g。

**B3** 钢纤维体积率应测定两次,测定步骤如下:

**B3.1** 按如下规定装料并振实。

**B3.1.1** 装料与振实。

**B3.1.1.1** 坍落度不大于 50 mm 的拌合物,用震动台振实。应一次将拌合物灌到高出容量筒口,装料时用震槌稍加敲振。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。

**B3.1.1.2** 坍落度大于 50 mm 的拌合物,用震槌振实。5 L 容量筒按 1/2 高度分层装入拌合物,大于 5 L 容量筒按 100 mm 分层。震槌沿容量筒侧壁均匀敲振,每层 30 次。敲振完毕后,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。

**B3.1.2** 刮去多余的拌合物,并填平表面凹陷部分。擦净容量筒外壁,称出钢纤维混凝土拌合物与容量筒总重,精确至 50 g。

**B3.2** 倒出拌合物,边水洗边用磁铁搜集钢纤维。

**B3.3** 将搜集的钢纤维在  $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  温度下烘干至恒重,冷却至室温后称其质量,精确至 2 g。

**B4** 钢纤维体积率  $\rho_f(\%)$ 按式(B1)计算:

$$\rho_f = \frac{m_f}{\gamma \cdot V} \times 100 \quad \dots\dots\dots (\text{B1})$$

式中:  $m_f$ ——容量筒中钢纤维质量, g;

$V$ ——容量筒容积, L;

$\gamma$ ——钢的质量密度,  $\text{kg}/\text{m}^3$ 。

**B5** 两次测定值的平均值即为钢纤维体积率。若测定值不符合下列条件,则试验结果无效。

$$|\rho_{f1} - \rho_{f2}| \leq 0.05 \rho_{fm} \quad \dots\dots\dots (\text{B2})$$

式中:  $\rho_{fm}$ ——两次测定钢纤维体积率的平均值, %;

$\rho_{f1}, \rho_{f2}$ ——分别为两次测得的钢纤维体积率。

---