

中华人民共和国国家标准

GB/T 23265—2023

代替 GB/T 23265—2009

水泥混凝土和砂浆用短切玄武岩纤维

Chopped basalt fiber for cement concrete and mortar

2023-05-23 发布

2023-12-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言	Ⅲ
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 分类与标记	2
5 一般要求	3
6 技术要求	3
7 试验方法	4
8 检验规则	8
9 标志、出厂、包装、运输、贮存	9
附录 A (规范性) 合股纱断裂强力、拉伸强度试验方法	10
附录 B (规范性) 原丝束断裂强力、拉伸强度、弹性模量和断裂伸长率试验方法	13
附录 C (规范性) 合股纱耐碱强力保留率试验方法	18
附录 D (规范性) 原丝束耐碱强力保留率试验方法	20
附录 E (规范性) 弯曲韧性试验方法	22

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替 GB/T 23265—2009《水泥混凝土和砂浆用短切玄武岩纤维》，与 GB/T 23265—2009 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 更改了标准中纤维的适用范围(见第 1 章,2009 年版的第 1 章)；
- b) 更改了部分规范性引用文件(见第 2 章,2009 年版的第 2 章)；
- c) 增加了公称直径、原丝束、合股纱、耐碱强力保留率的术语和定义(见 3.2、3.3、3.4、3.7)；
- d) 更改了表 1、表 2、表 3 的内容,增加了密度、含水率、可燃物含量性能指标；增加了弯曲韧性(能量吸收值)、混凝土抗冲击强度比性能指标,删除了分散性相对误差、混凝土抗渗性能提高系数、砂浆透水压力比、韧性指数、混凝土抗冲击性能指标(见表 1、表 2 和表 3,2009 年版的表 3)；
- e) 增加了合股纱测量直径的规定(见 7.2.2)；
- f) 修改了出厂检验和型式检验的规定(见 8.1 和 8.2,2009 年版的 7.1 和 7.2)；
- g) 增加了合股纱断裂强力、拉伸强度试验方法(见附录 A)；
- h) 增加了原丝束断裂强力、拉伸强度、弹性模量、断裂伸长率试验方法(见附录 B)；
- i) 增加了合股纱耐碱强力保留率试验方法(见附录 C)；
- j) 增加了原丝束耐碱强力保留率试验方法(见附录 D)；
- k) 增加了弯曲韧性试验方法(见附录 E)。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国建筑材料联合会提出。

本文件由全国水泥制品标准化技术委员会(SAC/TC 197)归口。

本文件主要起草单位：苏州混凝土水泥制品研究院有限公司、扬州大学、苏州混凝土水泥制品研究院检测中心有限公司、中国建筑材料科学研究总院有限公司、河南交院工程技术集团有限公司、中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司、深圳市维特耐新材料有限公司、国网江苏省电力有限公司电力科学研究院、中国建材检验认证集团江苏有限公司、中国铁道科学研究院集团有限公司铁道建筑研究所、水利部交通运输部国家能源局南京水利科学研究院、山东高速路桥集团股份有限公司、珠江水利委员会珠江水利科学研究院、四川谦宜复合材料有限公司、四川省玻纤集团有限公司、江苏天龙玄武岩连续纤维股份有限公司、四川炬原玄武岩纤维科技有限公司、山西巴赛奥特科技有限公司、四川玄武岩纤维新材料研究院(创新中心)、四川尔润玄武岩纤维科技有限公司、山西晋投玄武岩开发有限公司、达州市质量技术监督检验检测中心、苏州市建设工程质量检测中心有限公司、苏州方正工程技术开发检测有限公司、宁夏青龙管业集团股份有限公司、中建八局第一建设有限公司、中冶成都勘察研究总院有限公司、常州市天怡工程纤维有限公司、四川四众玄武岩纤维技术研发有限公司、北京中纺纤建科技有限公司、中国混凝土与水泥制品协会、中交第二航务工程局有限公司、中国水利水电第八工程局有限公司、苏交科集团股份有限公司、中国安能集团第一工程局有限公司、中国安能集团第三工程局有限公司、中铁三局集团有限公司、成都建工路桥建设有限公司、四川华西绿舍建材有限公司、北京中岩大地科技股份有限公司、浙江大东吴集团建材构配件有限公司、中京未来控股集团有限公司、青岛海瑞普电力科技有限公司、新疆城建洪源市政园林有限公司、成都精准混凝土有限公司、黄河勘测规划设计研究院有限公司、中交第四航务工程局有限公司、中铁二院重庆勘察设计研究院有限责任公司、株洲中铁电气物资有限公

司、中国市政工程中南设计研究总院有限公司、中国建筑第七工程局有限公司、中建二局第三建筑工程有限公司、北京建工新型建材有限责任公司、中国电建集团山东电力管道工程有限公司、中国建筑第八工程局有限公司、北京市政建设集团有限责任公司、上海城建物资有限公司、中建三局集团有限公司、中建交通建设集团有限公司、中建西部建设贵州有限公司、中建海峡建设发展有限公司、中建三局集团华南有限公司、贵州建工集团有限公司、江苏绿材谷新材料科技发展有限公司、中交四公局第六工程有限公司、招商局重庆交通科研设计院有限公司、中铁第五勘察设计院集团有限公司、中德新亚建筑材料有限公司、北京玄泽新材料科技有限公司。

本文件主要起草人：谈永泉、杨鼎宜、骆静静、周希才、邵景干、王玲、王天琪、俞锋、职毅恒、裴凌旭、金春山、李伟、杜泽、魏辰芮、王中良、于符静、田寅、刘伟、李成钢、储昭杰、郭子荣、夏昉昊、高函、黄运军、许原骑、张朋来、石钱华、李军、王帅、林英男、王先刚、郁晓岚、刘作磊、谭盐宾、李林香、杜香刚、戈雪良、杨中甲、黄志怀、时涛、杨帅东、王晓艳、周红燕、高文博、周春雨、辛建龙、王萌、李蕾、李耀家、罗东林、任东兴、刘望明、张建东、郭建和、李伟、梁建忠、段峰涛、刘华东、刘光磊、姜厚文、邓远方、陶晓峰、徐小明、郭洪涛、张孟、张珂峥、王小均、景来红、杨建冲、徐健、郑琨鹏、施展、杨涛、曹传国、马俊杰、皮佳亮、任铁钺、杨丹、宁靖华、郝永旺、亓立刚、许国文、陈飞翔、刘卫、张亚、张丽丽、李欢欢、唐宏、段海涛、林丽军、林喜华、王耀、陈昆鹏、薛二伟、魏星、党彦锋、牛松山、唐沛、李伟、郑翼。

本文件于 2009 年首次发布，本次为第一次修订。

水泥混凝土和砂浆用短切玄武岩纤维

1 范围

本文件规定了水泥混凝土和砂浆用短切玄武岩纤维的分类与标记,一般要求,技术要求,试验方法,检验规则,以及标志、出厂、包装、运输、贮存。

本文件适用于水泥混凝土和砂浆用短切玄武岩纤维。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;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/T 4472—2011 化工产品密度、相对密度的测定

GB/T 7690.5—2013 增强材料 纱线试验方法 第5部分:玻璃纤维纤维直径的测定

GB 8076—2008 混凝土外加剂

GB/T 9914.1 增强制品试验方法 第1部分:含水率的测定

GB/T 9914.2 增强制品试验方法 第2部分:玻璃纤维可燃物含量的测定

GB/T 14684 建设用砂

GB/T 14685 建设用卵石、碎石

GB/T 18374 增强材料术语及定义

GB/T 21120—2018 水泥混凝土和砂浆用合成纤维

GB/T 50081 普通混凝土力学性能试验方法标准

JGJ 55 普通混凝土配合比设计规程

JGJ 63 混凝土用水标准

JGJ 70 建筑砂浆基本性能试验方法标准

3 术语和定义

GB/T 18374 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

短切玄武岩纤维 chopped basalt fiber

通过切刀将玄武岩纤维切断到一定的长度,使之能在水泥混凝土或砂浆中均匀分散的无机矿物纤维。

3.2

公称直径 nominal diameter

用于表示玄武岩纤维制品中玄武岩纤维单丝的直径。

注:公称直径的单位为微米(μm)。

3.3

原丝束 strand

同时拉制的略加粘合的单丝束。

注：也称原丝纤维。

3.4

合股纱 plied yarn

二根或多根原丝束通过合股而成的纤维。

注：也称合股纤维。

[来源：GB/T 18374—2008,2.14,有修改]

3.5

含水率 moisture content

在规定条件下测得的原丝束或合股纱的含水量，即试样的湿态质量和干态质量的差值与湿态质量的比值。

[来源：GB/T 18374—2008,2.13,有修改]

3.6

可燃物含量 combustible matter content

干态玄武岩纤维的烧失量和干态质量的比值。

[来源：GB/T 18374—2008,3.29,有修改]

3.7

耐碱强力保留率 alkali-resistant tensile stress retention rate

玄武岩纤维经水泥碱性侵蚀加速老化试验测试得到的强力与未侵蚀的玄武岩纤维的强力的比值。

3.8

基准混凝土 reference concrete

同一试验条件下，未掺加短切玄武岩纤维的水泥混凝土。

3.9

受检混凝土 test concrete

同一试验条件下，掺加有一定比例短切玄武岩纤维的水泥混凝土。

3.10

基准砂浆 reference mortar

同一试验条件下，未掺加短切玄武岩纤维的水泥砂浆。

3.11

受检砂浆 test mortar

同一试验条件下，掺加有一定比例短切玄武岩纤维的水泥砂浆。

4 分类与标记

4.1 产品分类

4.1.1 短切玄武岩纤维按其纤维类型分为原丝束(代号 S)和合股纱(代号 T)。

4.1.2 短切玄武岩纤维按其用途分为用于混凝土的防裂抗裂纤维(代号 BF)和增韧增强纤维(代号 BZ)，用于砂浆的防裂抗裂纤维(代号 BSF)。

4.2 规格和尺寸

4.2.1 短切玄武岩纤维的规格和尺寸应符合表 1 的规定。

表 1 短切玄武岩纤维的规格和尺寸

纤维类型	公称长度/mm		单丝公称直径/ μm
	用于水泥混凝土	用于水泥砂浆	
原丝束	12~30	3~15	9~25
合股纱	6~60		按生产企业明示

4.2.2 经供需双方协商,可生产其他规格和尺寸的短切玄武岩纤维。

4.3 产品标记

产品标记应由用途、纤维类型、公称直径、公称长度和标准号组成。

示例 1:公称直径为 20 μm 、公称长度为 25 mm 的用于混凝土的防裂抗裂短切玄武岩纤维原丝束的标记如下:

BF S 20 μm —25 GB/T 23265

示例 2:公称直径为 200 μm 、公称长度为 40 mm 的用于混凝土的增韧增强短切玄武岩纤维合股纱的标记如下:

BZ T 200 μm —40 GB/T 23265

5 一般要求

5.1 本文件包括的产品不应对人体、生物和环境造成危害,涉及与生产、使用有关的安全与环保问题,应符合相关标准和规范的规定。

5.2 生产短切玄武岩纤维的原材料应为玄武岩或以玄武岩为主要成分的火成岩经高温熔融后经漏板拉丝制备而成的能均匀分散的连续纤维。

5.3 短切玄武岩纤维外观应呈金褐色。

5.4 应参照执行生产企业提供的具体掺量使用短切玄武岩纤维。施工中受检混凝土或砂浆的搅拌方式按照受检产品说明书提供的搅拌方法进行。

6 技术要求

6.1 外观质量

短切玄武岩纤维色泽均匀,表面无污染。

6.2 尺寸偏差

6.2.1 短切玄武岩纤维的长度偏差不应大于公称长度的 ± 2 mm。

6.2.2 短切玄武岩纤维的直径偏差不应大于公称直径的 $\pm 10\%$ 。

6.3 短切玄武岩纤维性能指标

6.3.1 短切玄武岩纤维的性能指标应符合表 2 的要求。

表 2 短切玄武岩纤维的性能指标

试验项目	S类			T类		
	用于混凝土		用于砂浆	用于混凝土		用于砂浆
	防裂抗裂纤维(BF)	增韧增强纤维(BZ)	防裂抗裂纤维(BSF)	防裂抗裂纤维(BF)	增韧增强纤维(BZ)	防裂抗裂纤维(BSF)
拉伸强度/MPa	≥1 250	≥1 500	≥1 250	≥1 250	≥1 500	≥1 250
弹性模量/GPa	≥30	≥35	≥30	—	—	—
断裂伸长率	≤5.0%			—	—	—
密度/(g/cm ³)	2.60±0.20					
含水率	≤0.50%					
可燃物含量	≤1.5%	公称值绝对值±0.3%				
	>1.5%	公称值相对值±20%				
耐碱强力保留率	≥50%			≥65%		
注：“—”表示没有性能指标要求。						

6.3.2 S类纤维拉伸强度变异系数不应大于30%，弹性模量变异系数不应大于30%，断裂伸长率变异系数不应大于30%；T类纤维拉伸强度变异系数不应大于14%。

6.4 掺短切玄武岩纤维水泥混凝土和砂浆性能指标

掺短切玄武岩纤维的水泥混凝土和砂浆性能指标应符合表3的要求。

表 3 掺短切玄武岩纤维水泥混凝土和砂浆性能指标

试验项目	用于混凝土		用于砂浆
	防裂抗裂纤维(BF)	增韧增强纤维(BZ)	防裂抗裂纤维(BSF)
混凝土和砂浆裂缝降低系数	≥55%		
混凝土抗压强度比	≥90%		—
砂浆抗压强度比	—	—	≥90%
弯曲韧性(能量吸收值) ^a	应不低于设计要求		
混凝土抗冲击强度比 ^b	—	≥200%	—
注：“—”表示没有性能指标要求。			
^{a,b} 为可选项目,由供需双方协商选用。			

7 试验方法

7.1 外观质量

正常光照度,距离 0.5 m,目视检查。

7.2 尺寸偏差

7.2.1 长度

随机取 10 束短切玄武岩纤维,用分度值为 1 mm、长度为 150 mm 钢直尺测定每一束的长度,取其算术平均值,修约至 1 mm。计算测值与公称长度的偏差。

7.2.2 直径

原丝束玄武岩单丝纤维的直径按照 GB/T 7690.5—2013 规定的横截面法进行测定。计算测得值与公称直径的偏差。

合股纱玄武岩纤维的直径按照 GB/T 21120—2018 的附录 B 进行。计算测得值与生产企业明示直径的偏差。

7.3 短切玄武岩纤维的性能指标试验

7.3.1 拉伸强度

合股纱纤维的拉伸强度应按附录 A 规定的方法进行测定,原丝束纤维的拉伸强度应按附录 B 规定的方法进行测定。

7.3.2 弹性模量

原丝束纤维的弹性模量应按附录 B 规定的方法进行测定。

7.3.3 断裂伸长率

原丝束纤维的断裂伸长率应按附录 B 规定的方法进行测定。

7.3.4 密度

玄武岩纤维密度按 GB/T 4472—2011 4.2.2 方法中密度瓶法进行测定,试验前应将样品放到 625 °C 的马弗炉中灼烧不低于 30 min,待样品在干燥器中冷却到室温 20 °C ± 5 °C 后再进行试验。

7.3.5 含水率

玄武岩纤维含水率按 GB/T 9914.1 规定的方法进行测定。

7.3.6 可燃物含量

玄武岩纤维可燃物含量按 GB/T 9914.2 规定的方法进行测定。

7.3.7 耐碱强力保留率

合股纱耐碱强力保留率按附录 C 规定的方法进行测定。原丝束耐碱强力保留率按附录 D 规定的方法进行测定。

7.4 掺短切玄武岩纤维水泥混凝土和砂浆性能试验

7.4.1 试验环境

试验应在温度为 20 °C ± 5 °C 的室内进行。拌合混凝土或砂浆用原材料应提前运至室内,存放时间不应小于 24 h。

7.4.2 试验材料

7.4.2.1 水泥

P·O42.5 的水泥,符合 GB 175 的规定。

7.4.2.2 砂

中砂,含泥量小于 1%,符合 GB/T 14684 的规定。

7.4.2.3 石

碎石,粒径为 5 mm~20 mm,符合 GB/T 14685 的规定。

7.4.2.4 水

符合 JGJ 63 要求。

7.4.2.5 外加剂

符合 GB 8076—2008 要求。

7.4.2.6 纤维

应检测的短切玄武岩纤维。

7.4.3 混凝土和砂浆制备

7.4.3.1 混凝土

基准混凝土和受检混凝土的配合比按 JGJ 55 进行设计,应符合以下规定:

- a) 混凝土强度等级为 C30;
- b) 使用外加剂及其他混凝土掺合料时,依据相应标准的要求对混凝土配合比进行调整;
- c) 短切玄武岩纤维:委托方提供的受检纤维的推荐掺量;
- d) 基准混凝土用水量:使混凝土坍落度达 180 mm±20 mm。受检混凝土与基准混凝土采用相同配合比,仅增加纤维含量。

7.4.3.2 砂浆

基准砂浆的水泥、砂、水的质量配合比为:1:1.5:0.5。受检砂浆的水泥、砂、水的质量配合比为:1:1.5:0.5,短切玄武岩纤维为委托方提供的受检纤维的推荐掺量。

7.4.3.3 混凝土和砂浆的计量、搅拌

混凝土和砂浆的计量、搅拌应符合以下规定:

- a) 试验用原材料应称重计量,质量称量的精确度:水泥、水、外加剂和短切玄武岩纤维为±0.2%;砂、石为±0.5%。
- b) 采用 60 L 或 100 L 强制式混凝土搅拌机,拌合量控制在 10 L~45 L 之间,保证搅拌均匀,材料投入及搅拌时间方式一般采用:砂、石、水泥、水和外加剂搅拌 60 s~90 s,再加纤维后搅拌 25 s~35 s,出料后在铁板上用人工翻拌 2 次~3 次再行试验。
- c) 采用 15 L 砂浆搅拌机进行砂浆的搅拌,搅拌方式参照混凝土的搅拌方式进行。

7.4.4 试件制作、养护及试验所需试件数量

7.4.4.1 混凝土试件制作、养护按 GB/T 50081 进行,硬化混凝土或砂浆的标准养护龄期为 28 d。试验项目及所需试件数量详见表 4。

表 4 试验项目及所需试件数量

试验项目	短切玄武岩纤维类别	试验类别	试验所需试件数量			
			拌合批数	每批取样数量	掺短切玄武岩纤维混凝土或砂浆总取样数量	基准混凝土或砂浆总取样数量
混凝土和砂浆裂缝降低系数	BF、BZ、BSF	硬化混凝土或砂浆	2	1 次	2 次	2 次
混凝土抗压强度比	BF、BZ		3	3 块	9 块	9 块
砂浆抗压强度比	BSF		3	3 块	9 块	9 块
弯曲韧性(能量吸收值)	BZ		3	4 块	12 块	12 块
混凝土抗冲击强度比	BZ		3	6 块	18 块	18 块

7.4.4.2 试验时,检验一种纤维的三批混凝土或砂浆应在同一天完成。

7.4.5 混凝土和砂浆裂缝降低系数

混凝土和砂浆裂缝降低系数试验按 GB/T 21120—2018 附录 E 进行。

7.4.6 硬化混凝土和砂浆

7.4.6.1 混凝土抗压强度比

混凝土抗压强度比以受检混凝土与基准混凝土同龄期 150 mm×150 mm×150 mm 立方体试件的抗压强度比表示,受检混凝土与基准混凝土抗压强度按 GB/T 50081 进行试验和计算,混凝土抗压强度比按公式(1)计算:

$$\alpha_c = \frac{f_{cc1}}{f_{cc0}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

α_c ——混凝土抗压强度比;

f_{cc1} ——受检混凝土的抗压强度,单位为兆帕(MPa);

f_{cc0} ——基准混凝土的抗压强度,单位为兆帕(MPa)。

混凝土抗压强度比以三批试验测值的平均值表示(结果精确到 1%)。若三批试验测值的最大值或最小值与中间值的差值超过中间值的 15%,则把最大值及最小值一并舍去,取中间值作为该批的试验结果;若三批试验测值的最大值和最小值与中间值的差均超过中间值的 15%,则该组试验结果无效,应该重新试验。

7.4.6.2 砂浆抗压强度比

砂浆抗压强度比以受检砂浆与基准砂浆同龄期 70.7 mm×70.7 mm×70.7 mm 立方体试件的抗压强度比表示,受检砂浆与基准砂浆抗压强度按 JGJ 70 进行试验和计算,砂浆抗压强度比按公式(2)计算:

$$\alpha_{m,c} = \frac{f_{m,cu1}}{f_{m,cu0}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中：

$\alpha_{m,c}$ ——砂浆抗压强度比；

$f_{m,cu1}$ ——受检砂浆的抗压强度，单位为兆帕(MPa)；

$f_{m,cu0}$ ——基准砂浆的抗压强度，单位为兆帕(MPa)。

砂浆抗压强度比以三批试验测值的平均值表示(结果精确到1%)。若三批试验测值的最大值或最小值与中间值的差值超过中间值的15%，则把最大值及最小值一并舍去，取中间值作为该批的试验结果；若三批试验测值的最大值和最小值与中间值的差均超过中间值的15%，则该组试验结果无效，应该重新试验。

7.4.6.3 弯曲韧性(能量吸收值)

弯曲韧性(能量吸收值)按附录 E 方法进行测定。

7.4.6.4 混凝土抗冲击强度比

混凝土抗冲击强度比按照 GB/T 21120—2018 附录 G 进行测定。

8 检验规则

8.1 出厂检验

8.1.1 出厂检验项目

包括：外观、尺寸、密度、含水率、可燃物含量。

8.1.2 组批规则

同一品种、同一规格、同一生产工艺、稳定连续生产的产品为一批。每批为 10 t，不足 10 t 也为一批。

8.1.3 抽样及留样

以批为单位，每批抽样 1 kg。每批取样的样品分二等份，一份按规定的項目检验，另一份密封保存半年，以备提交复验或仲裁。

8.1.4 判定规则

产品经检验，所测纤维的性能指标符合本文件要求，则判定该批纤维合格，如不符合本文件要求，则判该批纤维不合格。

8.2 型式检验

8.2.1 型式检验条件

有下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品或老产品转厂生产的试制定型鉴定时；
- b) 正式生产后，如材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能时；
- c) 正常生产时，一年至少进行一次检验；
- d) 产品停产半年以上恢复生产时；

e) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时。

8.2.2 型式检验项目

包括第 6 章的全部技术要求。

8.2.3 组批规则

同 8.1.2。

8.2.4 抽样及留样

以批为单位,每批抽样数量为 S 类纤维 2 kg,T 类纤维 10 kg。每批取样的样品分二等份,一份按规定的項目检验,另一份密封保存半年,以备提交复验或仲裁。

8.2.5 判定规则

产品经检验,短切玄武岩纤维的性能指标符合第 6 章要求,则判定该批短切玄武岩纤维合格;如不符合第 6 章要求,则判定该批短切玄武岩纤维不合格。

9 标志、出厂、包装、运输、贮存

9.1 标志

所有包装上均应在显著位置注明以下内容:产品名称、标记、净质量、生产厂名、厂址、生产日期、本文件编号等,如有商标应在产品包装上标明。包装上应特别注明劳动保护提示。

9.2 出厂

9.2.1 凡有下列情况之一者,不应出厂:

- a) 不合格品;
- b) 技术文件不全(产品说明书、合格证、检验报告);
- c) 包装不符;
- d) 产品受潮。

9.2.2 生产厂应随货提供产品说明书,其内容应包括产品名称及型号、出厂日期、主要特性、适用范围及推荐掺量、储存条件、使用方法及注意事项。

9.3 包装、运输、贮存

9.3.1 可采用吨包装方式,也可按单位混凝土或砂浆体积用量进行小袋包装,若干个小袋组合成一个大件包装。

9.3.2 包装应采取避光、密封防潮措施。运输过程应防止包装损坏。出厂产品在使用前应安置在较为防雨、防晒的地方,避免与其他易腐蚀的化学产品混放。

附录 A

(规范性)

合股纱断裂强力、拉伸强度试验方法

A.1 概述

本方法适用于纤维长度不小于 30 mm 短切合股纱的断裂强力、拉伸强度试验。纤维长度小于 30 mm 的合股纱则由供应商提供不小于 30 mm 的同质产品进行本项目测试。

A.2 原理

短切合股纱在规定条件下,在拉伸试验机上将纤维拉伸至断裂,从数据显示采集系统中得到试样的断裂强力测定值,通过计算得到拉伸强度。

A.3 仪器设备

仪器设备包括:

- a) 拉伸试验机,精度 1 级;
- b) 电热恒温鼓风干燥箱,可控温度 100 °C,准确度 ± 2 °C。

A.4 材料

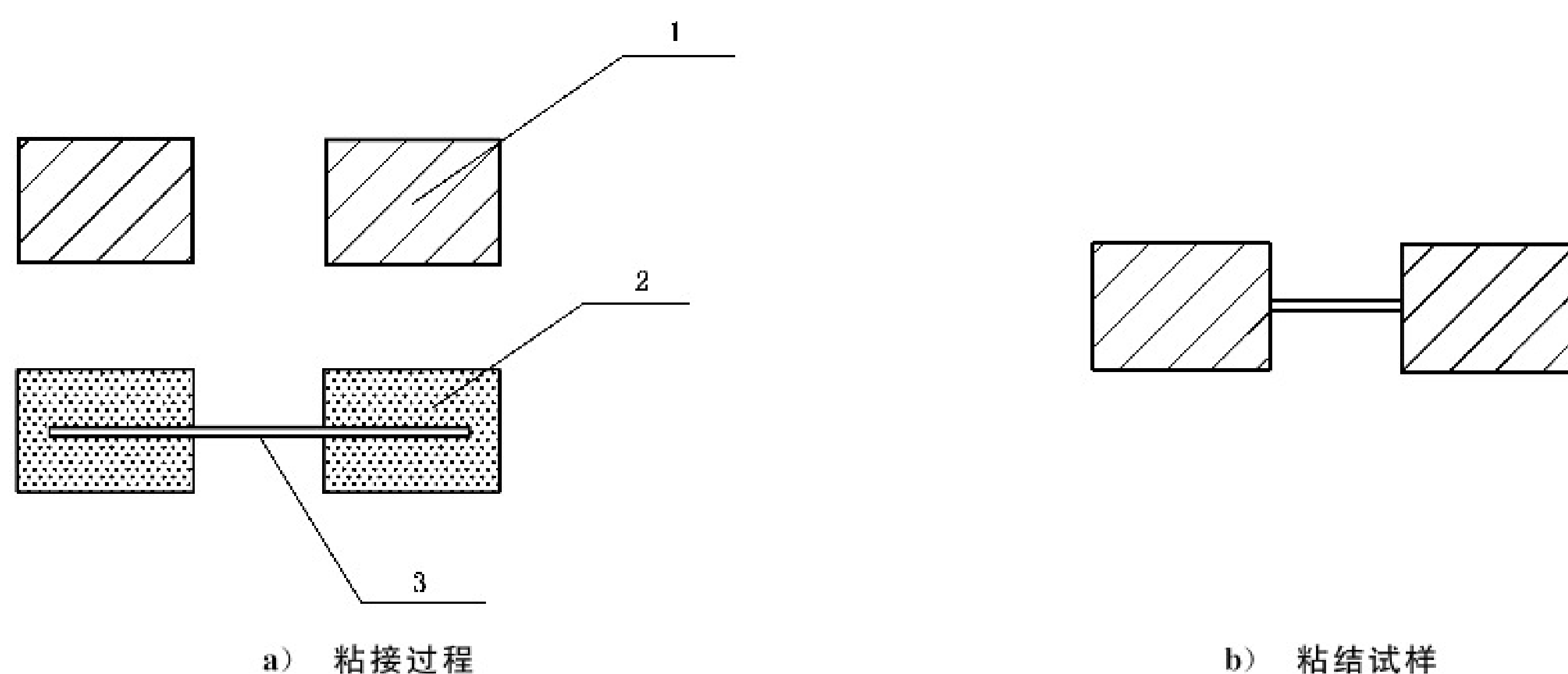
材料主要为粘贴片和纤维粘结剂。

A.5 试验方法

A.5.1 试验条件

A.5.1.1 试样的处理

- a) 试样应在提供的样品中用四分法缩分。
- b) 试样放置在 50 °C ± 2 °C 的烘箱内烘干 1 h ± 5 min。在干燥器中冷却至室温,将每根纤维的两端(纤维两端加固的部分长度不小于 10 mm)通过粘贴片和纤维粘结剂进行加固处理,确保中间测试部分的纤维长度等于 10 mm ± 1 mm。见图 A.1。



标引序号说明:

1——粘贴片;

2——粘结剂;

3——测试部分短切合股纱。

图 A.1 粘接过程和粘结试样示意图

A.5.1.2 试样数量

不少于 10 根短切合股纱,并保证至少得到 10 个有效数据。

A.5.2 直径测试

按照 GB/T 21120—2018 附录 B 所述方法,测试纤维直径。

A.5.3 试验步骤

A.5.3.1 试样以随机抽取 10 根为一组。

A.5.3.2 调节拉伸试验机上下夹具之间的距离不小于 10 mm。

A.5.3.3 调节拉伸试验机的速度,使活动夹具的移动速度为 1 mm/min。

A.5.3.4 夹取纤维粘贴片的一端,另一端在上夹持器中夹紧后放手,让粘贴片自由下垂,再夹紧下夹持器。

A.5.3.5 启动拉伸试验机,试样拉伸直至破坏,记录每个试样破坏时的最大负载[单位为牛(N)]。

A.5.3.6 重复 A.5.3.2~A.5.3.5 步骤直至获得 10 个有效的测试数据,且 10 个有效数据的断裂强力、拉伸强度的变异系数小于 14%。

A.5.3.7 由于受到了粘结剂的保护,拉伸力被传送到样品的中间部位,因而断裂位置会发生在测试部分。当某些特殊原因或纤维保护存在缺陷时,测试部分外的纤维也会发生少量的断裂,当这种情况发生时,测试结果为无效。变异系数超过 14%的数据也无效。10 个试样为一组,结果保留两位小数。

A.5.4 结果计算

试样 10 个为一组。单个试件拉伸强度按公式(A.1)计算,拉伸强度平均值按公式(A.2)计算,断裂强力平均值按公式(A.3)计算,标准差按公式(A.4)计算,变异系数按公式(A.5)计算。

$$\sigma_i = \frac{4f_i}{\pi D^2} \dots\dots\dots (A.1)$$

$$\bar{\sigma} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sigma_i \dots\dots\dots (A.2)$$

$$\bar{f} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f_i \quad \dots\dots\dots (A.3)$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad \dots\dots\dots (A.4)$$

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (A.5)$$

式中：

- σ_i ——第 i 个试样拉伸强度,单位为兆帕(MPa)；
- $\bar{\sigma}$ ——拉伸强度平均值,单位为兆帕(MPa)；
- D ——试样直径,单位为毫米(mm)；
- \bar{f} ——10 个试样断裂强力的平均值,单位为牛顿(N)；
- f_i ——第 i 个试样断裂强力值,单位为牛顿(N)；
- n ——纤维测试根数；
- S ——标准差；
- C_v ——变异系数；
- \bar{X} ——试样断裂强力、拉伸强度 10 个纤维试样的平均值；
- X_i ——试样断裂强力、拉伸强度第 i 个纤维试样的测定值。

附录 B

(规范性)

原丝束断裂强力、拉伸强度、弹性模量和断裂伸长率试验方法

B.1 概述

本方法适用于长度不小于 15 mm 的原丝束的断裂强力、拉伸强度、弹性模量和断裂伸长率的测定。试验时取原丝束纤维单丝或原丝。长度小于 15 mm 的原丝束则由供应商提供不小于 15 mm 的同质产品进行本项目测试。

B.2 原理

取原丝束的单根纤维在规定条件下,在等速伸长型拉伸仪上将纤维拉伸至断裂,从负荷-伸长曲线或数据显示采集系统中得到试样的断裂强力、拉伸强度、弹性模量、断裂伸长率等拉伸性能的测定值。

B.3 仪器设备

主要仪器设备包括:

- a) 纤维强伸仪:负荷测量范围:能适应试样最大荷载要求;负荷测量误差:±1%;负荷测量分辨率:0.001 N;伸长测量范围:100 mm;伸长测量误差:≤0.05 mm;伸长测量分辨率:0.1%;下夹持器下降速度:连续可调;夹持器隔距:1 mm~20 mm 连续可调;下夹持器动程:100 mm;具备负荷-伸长曲线输出功能或初始模量自动计算功能;
- b) 显微镜:应能满足测量值,精确到 0.5 μm,放大倍率 400~1 000;
- c) 电热恒温鼓风干燥箱:可控温度 100 ℃,准确度±2 ℃。

B.4 试验方法

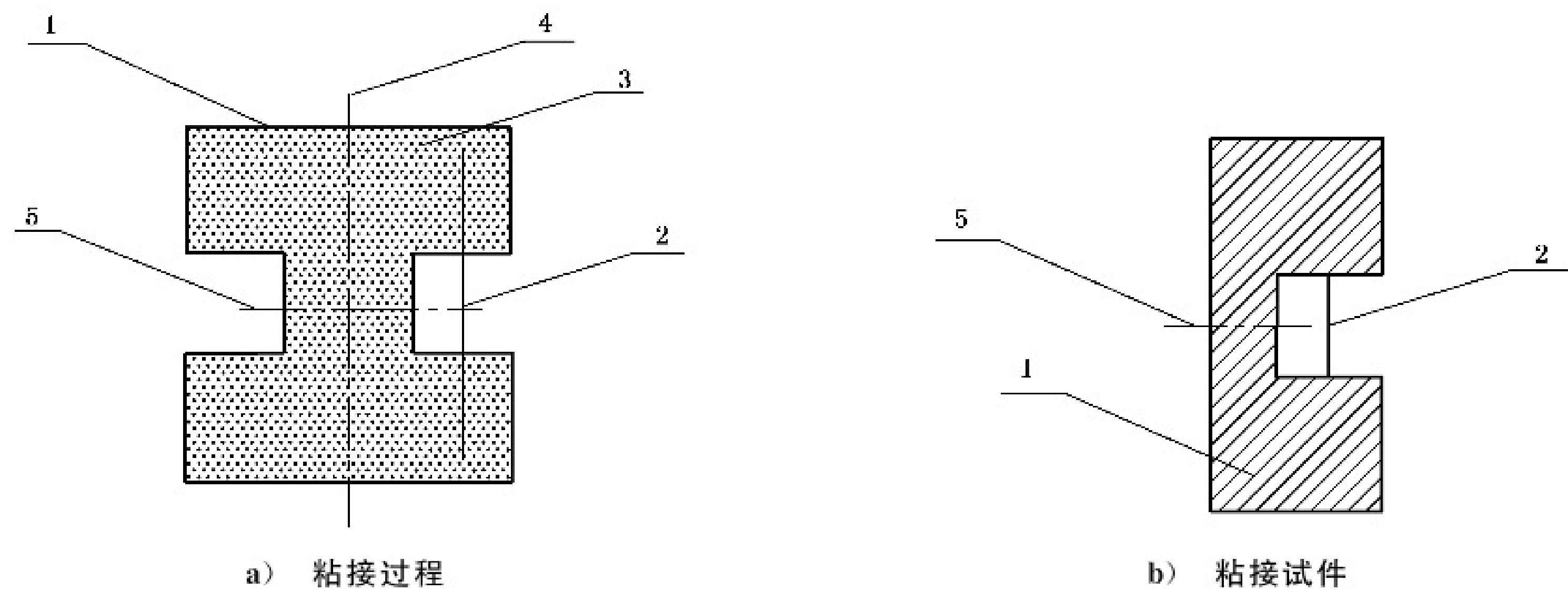
B.4.1 试验条件

B.4.1.1 试样的处理

试样应在提供的样品中用四分法缩分到 2 g 左右,然后在 50 ℃±2 ℃烘箱内烘干 1 h±5 min,在干燥器中冷却到室温。抽取干燥器中的试样单丝,将每根纤维单丝粘结固定在粘贴片上(粘贴片部分的纤维长度应不小于 4 mm),粘贴片预先留出 5 mm×5 mm 的正方形中空形状,见图 B.1,确保中间测试部分的纤维长度等于 5 mm±1 mm。

B.4.1.2 试样数量

不少于 30 根纤维单丝,并保证至少得到 30 个有效数据。



标引序号说明：

- 1——粘贴片；
- 2——测试部分原丝束纤维单丝；
- 3——粘结剂；
- 4——粘贴片对折线；
- 5——剪切线。

图 B.1 粘接过程和粘接试件示意图

B.4.1.3 名义隔距长度

试样的公称长度大于等于 15 mm 时,名义隔距长度采用 5 mm。

注:名义间隔长度指玄武岩纤维拉伸试验开始时,两夹钳钳口之间的试样长度。

B.4.1.4 试样的拉伸速度

试样的拉伸速度采用 1 mm/min。

B.4.2 试验步骤

B.4.2.1 试样以随机抽取 30 根为一组。

B.4.2.2 按 GB/T 7690.5—2013 测试纤维直径。

B.4.2.3 调节强力拉伸仪上下夹具之间的距离为 5 mm。

B.4.2.4 调节强力拉伸仪的速度,使活动夹具的移动速度为 1 mm/min。

B.4.2.5 夹取纤维粘贴片的一端,另一端在上夹持器中夹紧后放手,让粘贴片自由下垂,再夹紧下夹持器,随后用剪刀将剪切线 5 剪断(见图 B.2)。

B.4.2.6 启动强力拉伸仪,试样拉伸直至破坏,记录试样断裂负荷和伸长值。

B.4.2.7 重复 B.4.2.3~B.4.2.6,直至获得 30 个有效的测试数据,且 30 个有效数据的断裂强力、拉伸强度、弹性模量和断裂伸长率变异系数小于 30%。

B.4.2.8 由于受到了粘结剂的保护,拉伸力被传送到样品的中间部位;因而断裂位置会发生在测试部分。当某些特殊原因或纤维保护存在缺陷时,测试部分外的纤维也会发生少量的断裂,当这种情况发生时,测试结果为无效。变异系数超过 30%的数据也无效。30 个试样为一组,结果保留两位小数。

B.4.3 结果计算

B.4.3.1 平均断裂强力

平均断裂强力按公式(B.1)计算：

$$\bar{f} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f_i \quad \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

\bar{f} ——30 个纤维试样断裂强力的平均值,单位为牛顿(N)；

f_i ——第 i 个纤维试样断裂强力值,单位为牛顿(N)；

n ——纤维测试根数。

B.4.3.2 拉伸强度

拉伸强度按公式(B.2)计算：

$$\sigma_i = \frac{4f_i}{\pi D^2} \quad \dots\dots\dots (B.2)$$

式中：

σ_i ——试样拉伸强度,单位为兆帕(MPa)；

f_i ——第 i 个纤维试样断裂强力值,单位为牛顿(N)；

D ——试样直径,单位为毫米(mm)。

B.4.3.3 平均拉伸强度

平均拉伸强度按公式(B.3)计算：

$$\bar{\sigma} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sigma_i \quad \dots\dots\dots (B.3)$$

式中：

$\bar{\sigma}$ ——试样平均拉伸强度,单位为兆帕(MPa)；

σ_i ——试样拉伸强度,单位为兆帕(MPa)；

n ——纤维测试根数。

B.4.3.4 单根断裂伸长率

单根断裂伸长率按公式(B.4)计算：

$$\epsilon_i = \frac{L_i - L_0}{L_0} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (B.4)$$

式中：

ϵ_i ——纤维的单根断裂伸长率；

L_i ——夹持器的断后隔距,单位为毫米(mm)；

L_0 ——夹持器的原始隔距,单位为毫米(mm)。

B.4.3.5 平均断裂伸长率

平均断裂伸长率按公式(B.5)计算：

$$\bar{\epsilon} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \epsilon_i \quad \dots\dots\dots (B.5)$$

式中：

$\bar{\epsilon}$ ——纤维的平均伸长率,以百分数表示(%)；

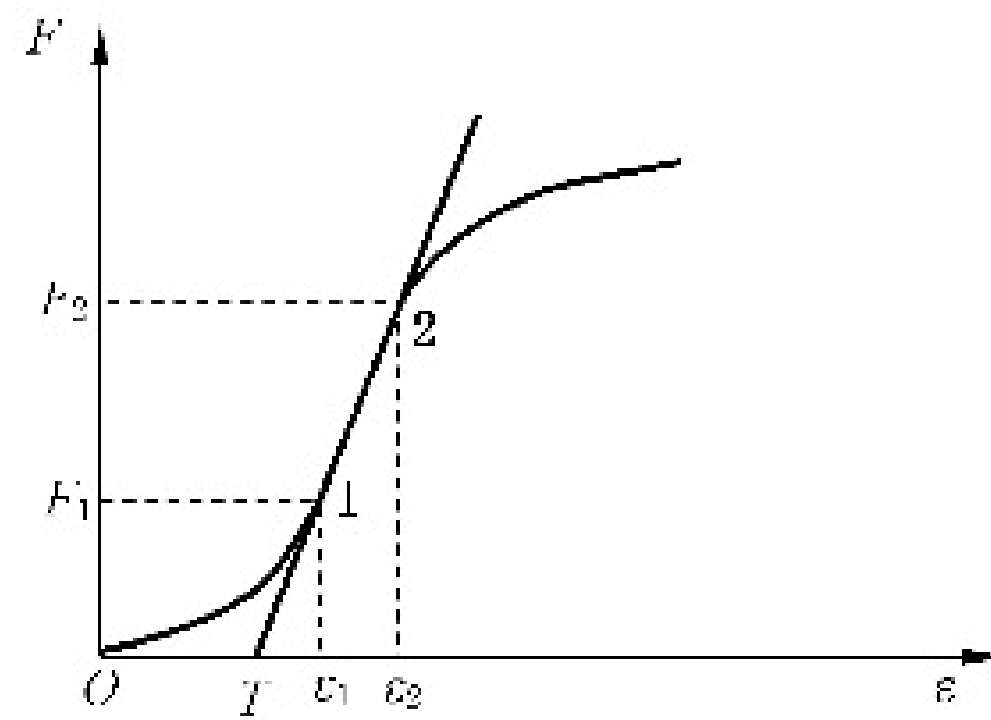
ϵ_i ——纤维的单根断裂伸长率,以百分数表示(%)；

n ——纤维的测试根数。

B.4.3.6 单根纤维的初始模量

单根纤维的初始模量由图 B.2 的方法确定。负荷-伸长率曲线上取初始接近直线部分,做切线,与

坐标轴相交点为 T 点,切线与负荷-伸长率曲线重合的起始点为 1,终止点为 2。单根纤维的初始模量按公式(B.6)计算。



标引说明:

- F —— 负荷;
- 1 —— 切线与负荷-伸长率曲线重合的起始点;
- 2 —— 切线与负荷-伸长率曲线重合的终止点;
- F_1 —— 与点 1 相应的力值;
- F_2 —— 与点 2 相应的力值;
- ϵ —— 伸长率;
- ϵ_1 —— 与点 1 相应的伸长率;
- ϵ_2 —— 与点 2 相应的伸长率;
- T —— 过 1、2 点的切线与横坐标轴的交点。

图 B.2 负荷-伸长率曲线

$$E_i = \frac{4(F_2 - F_1)}{\pi(\epsilon_2 - \epsilon_1)D^2} \dots\dots\dots (B.6)$$

式中:

- E_i —— 单根纤维的初始模量,单位为兆帕(MPa);
- F_1 —— 与点 1 相应的力值,单位为牛(N);
- F_2 —— 与点 2 相应的力值,单位为牛(N);
- ϵ_1 —— 与点 1 相应的伸长率,以百分数表示(%);
- ϵ_2 —— 与点 2 相应的伸长率,以百分数表示(%);
- D —— 纤维的当量直径,单位为毫米(mm)。

B.4.3.7 平均弹性模量

平均弹性模量按公式(B.7)计算:

$$\bar{E} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_i \dots\dots\dots (B.7)$$

式中:

- \bar{E} —— 平均弹性模量,单位为兆帕(MPa);
- E_i —— 单根纤维的初始模量,单位为兆帕(MPa);
- n —— 纤维的测试根数。

B.4.3.8 标准差和变异系数

按公式(B.8)、公式(B.9)计算纤维断裂强力、拉伸强度、弹性模量和断裂伸长率的各项目的标准差和变异系数。

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad \dots\dots\dots (B.8)$$

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (B.9)$$

式中：

S ——标准差；

C_v ——变异系数；

\bar{X} ——试样断裂强力、拉伸强度、弹性模量和断裂伸长率 30 个纤维试样的平均值；

X_i ——试样断裂强力、拉伸强度、弹性模量和断裂伸长率第 i 个纤维试样的测定值；

n ——纤维的测试根数。

B.4.4 试验结果的处理

平均断裂强力、平均拉伸强度、单根纤维的拉伸强度、初始模量、单根断裂伸长率、当量直径计算精确到小数点后两位，变异系数计算精确至小数点后一位。弹性模量试验结果精确到 0.01 MPa、断裂伸长率试验结果精确到 0.01%。

测试结果应保证 30 根纤维试验数据的有效性，且断裂强力、拉伸强度、弹性模量、断裂伸长率测定值任何一项的变异系数应小于 30%。

附录 C

(规范性)

合股纱耐碱强力保留率试验方法

C.1 概述

本方法适用于长度不小于 30 mm 合股纱的耐碱强力保留率试验。长度小于 30 mm 的合股纱玄武岩纤维则由供应商提供不小于 30 mm 的同质产品进行本项目测试。

C.2 仪器设备

仪器设备包括：

- a) 拉伸试验机：精度 1 级，测试力值应在仪器量程的 20%~80% 范围内，并具有位移控制功能；
- b) 电热恒温鼓风干燥箱：可控温度 100 °C，准确度 ±2 °C；
- c) 水浴箱：温控范围 (0~100) °C，准确度 ±2 °C；
- d) 天平：分度值为 0.1 g；
- e) 量杯：量程为 1 000 mL；
- f) 带有盖子的储存器皿和搅拌机、抹刀。

C.3 材料

材料包括：

- a) 基准水泥，符合 GB 8076—2018 附录 A 要求；
- b) 蒸馏水；
- c) 粘贴片和粘结剂。

C.4 试验方法

C.4.1 试验条件

C.4.1.1 水泥上层清液应按以下步骤配制：

- a) 用天平称取 80 g 的基准水泥和 800 g 的蒸馏水(可根据实际试验称取，确保基准水泥与蒸馏水的质量比为 1 : 10)；
- b) 将称好的基准水泥和蒸馏水倒入搅拌锅混合，通过搅拌机搅拌 30 min ± 1 min；
- c) 取下搅拌锅，静置 24 h ± 30 min；
- d) 取水泥上层清液并倒入带有盖子的器皿中。

C.4.1.2 试样处理步骤如下：

- a) 将不少于 10 根待检合股纱玄武岩纤维放入装有水泥上层清液的器皿中，盖上盖子；
- b) 将装有试样的器皿放入 80 °C ± 2 °C 的水浴箱中浸泡 6 h ± 10 min；
- c) 取出试样，用蒸馏水浸泡 2 h，再冲洗 3 遍。

C.4.2 试样制作及断裂强力测试

试件制作及断裂强力测试方法见附录 A。

C.5 结果计算

耐碱强力保留率按公式(C.1)计算：

$$G = \frac{\bar{f}_2}{\bar{f}_1} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (C.1)$$

式中：

G ——耐碱强力保留率；

\bar{f}_1 ——未经耐碱处理的短切纤维断裂强力平均值，单位为牛顿(N)；

\bar{f}_2 ——经水泥上层清液处理后的短切纤维断裂强力平均值，单位为牛顿(N)。

附 录 D

(规范性)

原丝束耐碱强力保留率试验方法

D.1 概述

本方法适用于原丝束的耐碱强力保留率试验。试验时取长度不小于 15 mm 的原丝束玄武岩纤维。长度小于 15 mm 的原丝束玄武岩纤维,则由供应商提供不小于 15 mm 的同质产品进行本项目测试。

D.2 仪器设备

仪器设备包括:

- a) 强力引伸仪:精度 1 级,测试力值应在仪器量程的 20%~80%范围内;强力测量分辨率:0.001 N;下夹持器下降速度:连续可调;夹持器隔距:1 mm~20 mm 连续可调;
- b) 电热恒温鼓风干燥箱:可控温度 100 °C,准确度±2 °C;
- c) 水浴箱:温控范围(0~100)°C±2 °C;
- d) 量杯:量程为 1 000 mL;
- e) 带有盖子的储存器皿和搅拌机。

D.3 材料

材料包括:

- a) 基准水泥,符合 GB 8076—2018 附录 A 要求;
- b) 蒸馏水;
- c) 粘贴片和粘结剂。

D.4 试验方法

D.4.1 试验条件

D.4.1.1 水泥上层清液配制同 C.4.1.1。

D.4.1.2 试样水泥上层清液处理步骤如下:

- a) 将不少于 30 根待检原丝束纤维的单丝放入装有水泥上层清液的器皿中,盖上盖子;
- b) 将装有试样的器皿放入 80 °C±2 °C 的水浴箱中浸泡 6 h±10 min;
- c) 取出试样,用蒸馏水浸泡 2 h,再冲洗 3 遍。

D.4.2 试样制作及力学性能测试

试件制作及力学性能测试方法见附录 B。

D.5 结果计算

耐碱强力保留率按公式(D.1)计算:

$$G = \frac{\bar{f}_2}{f_1} \times 100\% \quad \dots(D.1)$$

式中：

G ——耐碱强力保留率；

\bar{f}_1 ——未经耐碱处理的短切纤维断裂强力平均值，单位为牛顿(N)；

\bar{f}_2 ——经水泥上层清液处理后的短切纤维断裂强力平均值，单位为牛顿(N)。

附 录 E
(规范性)
弯曲韧性试验方法

E.1 概述

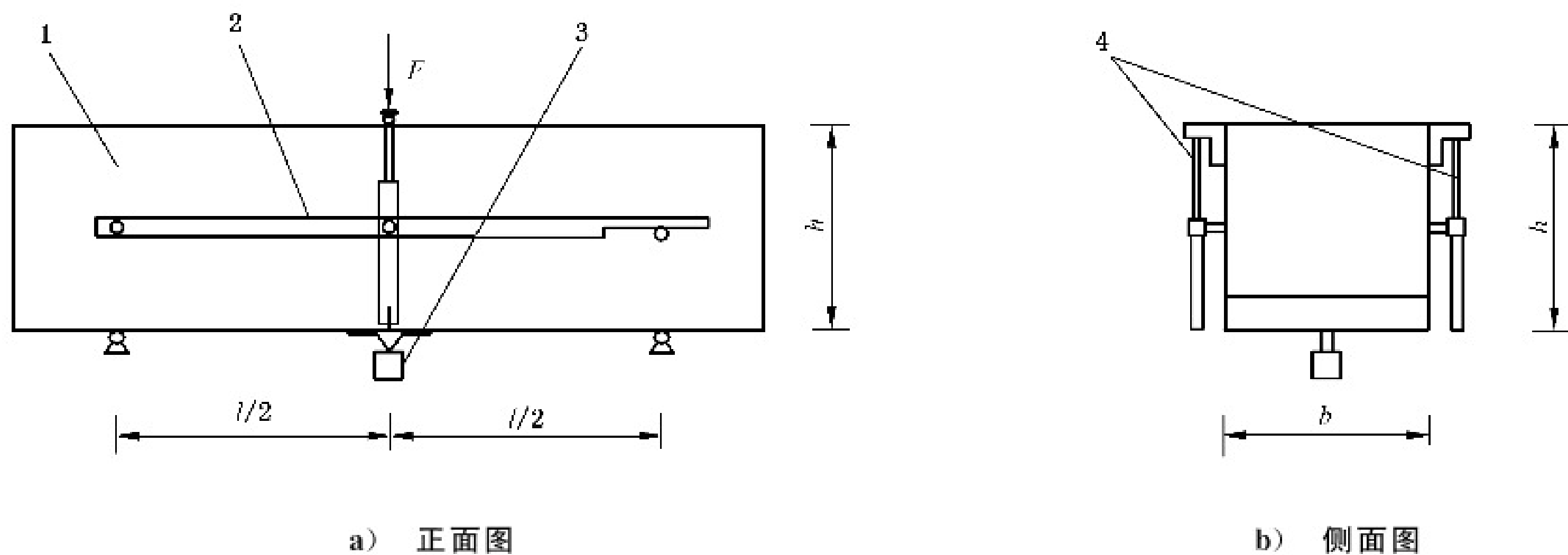
本方法适用于测定纤维混凝土(砂浆)带切口梁试件的弯曲韧性试验。

E.2 仪器设备

E.2.1 仪器设备包括：

- a) 液压伺服试验机：量程 200 kN，相对误差不大于 1.0%，具有足够的刚度，并具有位移控制功能；
- b) 位移传感器：量程不小于 5 mm，精度不低于 0.01 mm；
- c) 荷载传感器：量程 200 kN，精度不低于 0.1 kN；
- d) 动态数据采集系统：应能确保实时采集荷载与挠度的数值，采集频率不低于 1 kHz；
- e) 夹式引伸仪：量程不小于 5 mm，精度不低于 0.01 mm；
- f) 挠度测量架：包括水平安装的铝板、固定钮、位移传感器触头顶板等；
- g) 其他：钢直尺、游标卡尺。

E.2.2 试验装置及测量仪表见图 E.1。



标引序号说明：

- 1 —— 试件；
- 2 —— 铝板(钢板)；
- 3 —— 切口；
- 4 —— 夹式引伸仪；
- F —— 外加荷载，单位为牛顿(N)；
- l —— 跨度，单位为毫米(mm)；
- b —— 试件宽度，单位为毫米(mm)；
- h —— 试件截面有效高度，等于截面高度减去预开口深度，单位为毫米(mm)。

图 E.1 试验装置及测量仪表简图

E.3 试件制作

E.3.1 当纤维长度不大于 40 mm 时，应采用尺寸为 100 mm×100 mm×400 mm，跨度为 300 mm，跨

中一侧面有宽度为 2 mm 预开口,深度为 15 mm±1 mm 的试件;当纤维长度大于 40 mm 时,应采用尺寸为 150 mm×150 mm×550 mm,跨度为 500 mm,跨中一侧面有预宽度为 2 mm 开口,深度为 25 mm±1 mm 的试件。

E.3.2 每组四个试件,其制作及养护应符合 GB/T 50081 的规定。

E.3.3 试验用配合比、纤维混凝土基体配合比同 7.4.3.1。

E.4 试验方法

E.4.1 进行试件尺寸测量,并作出安装位置和测试仪表位置的标记。

E.4.2 将试件无偏心地放置于试验支座上,以试件预开口面作为支撑面。加荷前,试件、加荷装置以及铰支座应充分接触。

E.4.3 采用单点加载,作用点距支座距离为二分之一跨度。在试件跨中位置两侧面分别安置位移传感器,以消除加荷时因试件扭转带来的影响。

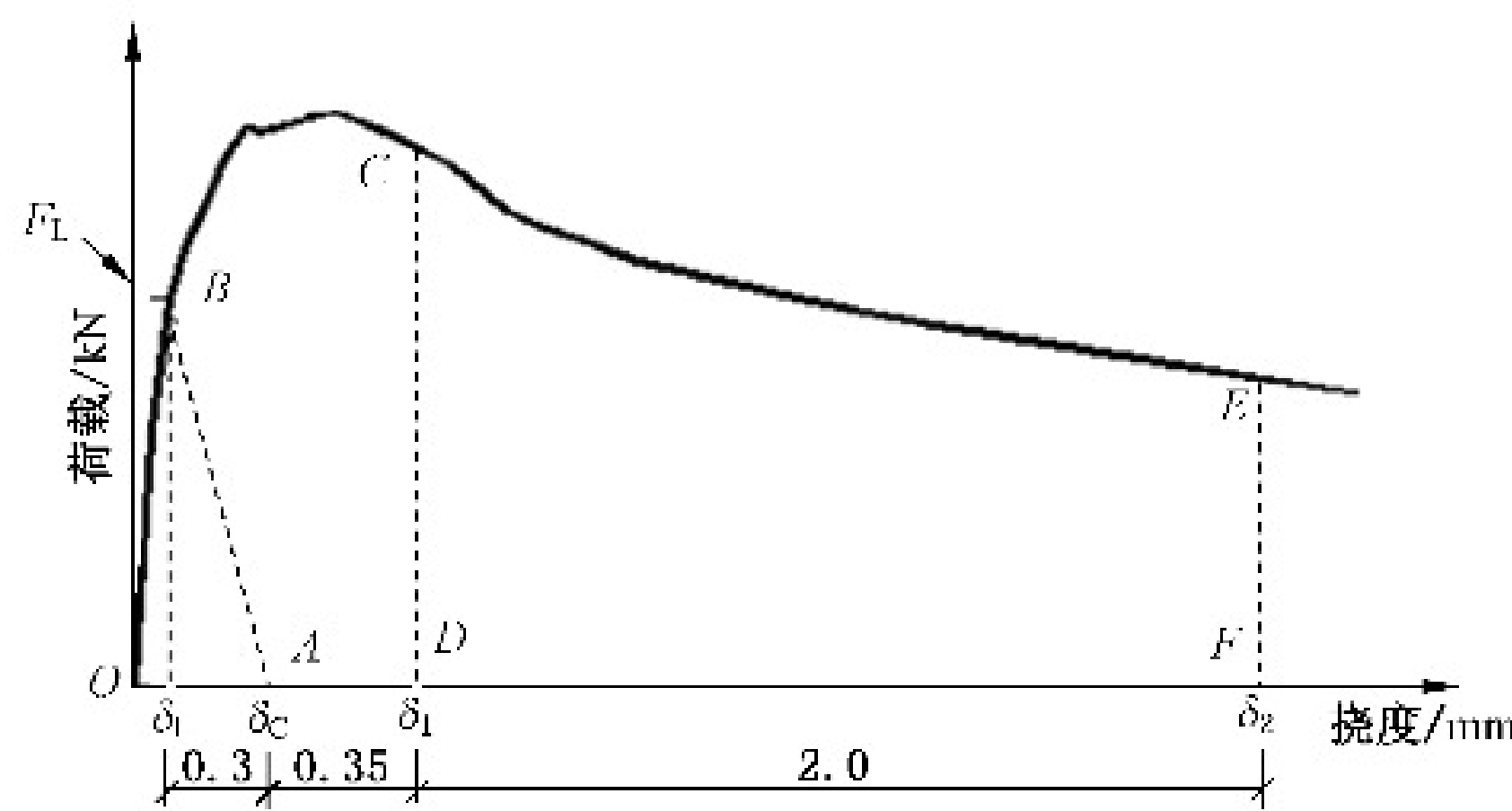
E.4.4 启动试验机,采用闭环等速位移控制,跨中位移速率为 0.2 mm/min。试验应进行至试件跨中挠度不小于 3 mm。

E.4.5 测量试件断裂面处的有效高度和宽度各两次,精确到 1.0 mm,以确定试件有效高度和宽度的平均值。

E.4.6 若试件在非预开口处断裂,则舍弃该测试结果。

E.5 试验结果

荷载-挠度曲线见图 E.2;试验结果按公式(E.1)~公式(E.5)计算。



标引符号说明:

F_L —— 曲线 0 mm~0.05 mm 挠度范围内最大荷载;

δ_L —— F_L 处对应的挠度;

δ_c —— 跨中挠度, $\delta_c = \delta_L + 0.3$ mm;

δ_1 —— 跨中挠度, $\delta_1 = \delta_L + 0.65$ mm;

δ_2 —— 跨中挠度, $\delta_2 = \delta_L + 2.65$ mm;

A —— 跨中挠度为 δ_c ($\delta_c = \delta_L + 0.3$ mm) 时横坐标上的标记点;

B —— 荷载为 F_L 时曲线上的标记点;

C —— 跨中挠度为 δ_1 时曲线上的标记点;

D —— 跨中挠度为 δ_1 时横坐标上的标记点;

E —— 跨中挠度为 δ_2 时曲线上的标记点;

F —— 跨中挠度为 δ_2 时横坐标上的标记点。

图 E.2 荷载-挠度曲线示意图

$$f_L = \frac{3F_L l}{2bh^2} \dots\dots\dots (E.1)$$

$$F_{eq1} = \frac{D_{1f}}{0.5} \dots\dots\dots (E.2)$$

$$F_{eq2} = \frac{D_{2f}}{2.5} \dots\dots\dots (E.3)$$

$$f_{eq1} = \frac{3F_{eq1}l}{2bh^2} \dots\dots\dots (E.4)$$

$$f_{eq2} = \frac{3F_{eq2}l}{2bh^2} \dots\dots\dots (E.5)$$

式中：

- f_L ——比例极限,单位为兆帕(MPa);
- F_L ——曲线 0 mm~0.05 mm 挠度范围内最大荷载值,单位为牛顿(N);
- l ——跨度,单位为毫米(mm);
- b ——试件宽度,单位为毫米(mm);
- h ——试件高度,单位为毫米(mm);
- F_{eq1} ——跨中挠度为 δ_1 时的等效荷载,单位为牛顿(N);
- F_{eq2} ——跨中挠度为 δ_2 时的等效荷载,单位为牛顿(N);
- f_{eq1} ——跨中挠度为 δ_1 时的等效抗弯强度,单位为兆帕(MPa);
- f_{eq2} ——跨中挠度为 δ_2 时的等效抗弯强度,单位为兆帕(MPa);
- D_{1f} ——跨中挠度为 δ_1 时纤维对混凝土所贡献的能量吸收值(在数值上等于 ABCD 所围成的面积),单位为牛·毫米(N·mm);
- D_{2f} ——跨中挠度为 δ_2 时纤维对混凝土所贡献的能量吸收值(在数值上等于 ABCEF 所围成的面积),单位为牛·毫米(N·mm)。

E.6 评价体系

E.6.1 该评价体系中采用对比不同挠度下纤维能量吸收值(D_n)和等效抗弯强度($f_{eq,n}$)作为纤维混凝土弯曲韧性评价指标。

E.6.2 试验结果均应以 4 个试件试验值的平均值表示。