



中华人民共和国国家标准

GB/T 15231—202×
代替GB/T 15231—2008

玻璃纤维增强水泥性能试验方法

Test methods for the properties of glassfibre reinforced cement

(征求意见稿)

(2022.05.31)

202×-××-××发布

202×-××-××实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会

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.....	1
4 试件制备.....	2
4.1 试验板法.....	2
4.2 切割制样法.....	2
5 体积密度、含水率和吸水率.....	3
5.1 仪器设备.....	3
5.2 试验步骤.....	3
5.3 结果计算.....	3
6 抗压强度.....	4
6.1 仪器设备.....	4
6.2 试验步骤.....	4
6.3 结果计算.....	4
7 抗弯性能（比例极限强度、极限强度、弹性模量）.....	4
7.1 仪器设备.....	4
7.2 试验步骤.....	4
7.3 结果处理.....	5
8 抗拉强度.....	6
8.1 仪器设备.....	6
8.2 试验步骤.....	6
8.3 结果计算.....	7
9 抗冲击强度.....	7
9.1 仪器设备.....	7
9.2 试验步骤.....	7
9.3 结果计算.....	7
10 锚杆拉拔力.....	7
10.1 仪器设备.....	8
10.2 试验步骤.....	8
10.3 结果表示.....	9
11 预埋螺栓套筒拉拔力.....	9
11.1 仪器设备.....	9
11.2 试验步骤.....	10
11.3 结果表示.....	11
12 抗冻性.....	11
12.1 仪器设备.....	11
12.2 试验步骤.....	11
12.3 结果表示.....	11
13 收缩率.....	11
13.1 仪器.....	11

13.2	试验步骤	12
13.3	结果计算	12
14	加速老化	12
14.1	仪器设备	12
14.2	试验步骤	12
14.3	结果计算	12
15	玻璃纤维含量	13
15.1	仪器	13
15.2	试验步骤	13
15.3	结果计算	13
附录 A (规范性)	外观不规整试件体积测量方法	14
A.1	仪器设备	14
A.2	测量步骤	14
A.3	结果计算	15

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2002《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 15231—2008《玻璃纤维增强水泥性能试验方法》，与 GB/T 15231—2008 相比，除结构调整和编辑性修改外，主要技术变化如下：

- a) 增加了规范性引用文件（见第2章）；
- b) 试件制备中增加了锚杆拉拔力、预埋螺栓套筒拉拔力、收缩率、加速老化试件尺寸和数量（见第4章表1、表2）；
- c) 增加了锚杆拉拔力试验方法（见第10章）；
- d) 增加了预埋螺栓套筒拉拔力试验方法（见第11章）；
- e) 抗冻性试验方法中增加了自动冻融试验方法（见12.1.5、12.2.3.2）；
- f) 增加了收缩率试验方法（见第13章）；
- e) 增加了加速老化试验方法（见第14章）。

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/TC197)归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本文件所代替文件的历次版本发布情况为：

-----1994年首次发布为 GB/T 15231.1~15231.5—1994，2008年第一次修订为 GB/T 15231—2008；

-----本次为第二次修订。

玻璃纤维增强水泥性能试验方法

1 范围

本文件规定了玻璃纤维增强水泥试件的体积密度、含水率、吸水率、抗压强度、抗弯性能（抗弯比例极限强度、抗弯极限强度和抗弯弹性模量）、抗拉强度、抗冲击强度、锚杆拉拔力、预埋螺栓套筒拉拔力、抗冻性、收缩率、加速老化和玻璃纤维含量的试验方法。

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。

JG/T 243 混凝土抗冻试验设备

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

玻璃纤维增强水泥 glassfibre reinforced cement

以耐碱玻璃纤维为主要增强材料、水泥为主要胶凝材料、砂子等为集料，并辅以外加剂等组份，制成的纤维增强水泥基材料。简称 GRC。

3.2

试验板 test board

为了评价 GRC 材料或者 GRC 产品的性能而成型的平板。试验板应在与产品相同的条件下成型、同条件下养护至龄期，但不包含面层装饰性材料。

3.3

试件 sample

用于测试某种性能的样品，用于力学性能试验的试件表面不应含有装饰性材料。试件是从试验板上或产品上切割而成。

3.4

玻璃纤维含量 glassfibre content

玻璃纤维在玻璃纤维增强水泥复合材料中所占的质量百分数。

3.5

短切玻璃纤维 chopped glassfibre

用切割器或者其他刀具将玻璃纤维无捻粗纱切断而成的玻璃纤维段，用于 GRC 中的短切玻璃纤维的长度通常为 10mm~50mm。

3.6

锚杆 anchor

用来连接 GRC 面板和背附钢架的做成 90° 拐弯的钢筋件，允许在和面板垂直的方向上有一定的转动自由度。

3.7

粘结盘 bonding pad

为了固定锚固件而在 GRC 结构层上额外堆起的一块 GRC 材料，一般用在背附钢架 GRC 构件上。

4 试件制备

4.1 试验板法

在与产品相同的条件下成型若干块标称尺寸为 800mm×800mm×10mm 和/或 300mm×300mm×30mm 的试验板，锚杆拉拔力/预埋螺栓套筒拉拔力试验板上锚杆/预埋螺栓套筒间距不应小于 300 mm，板厚度标称尺寸为 20mm。在距离试验板边缘 50mm 以内的部位，切割用于不同性能试验的试件，试件的长度方向根据试验需求确定；试件表面应平整，试件尺寸和数量应符合表 1 规定。

表 1 试件尺寸和数量

性能	试件尺寸			试件数量/ 个	试件外形
	长度/mm	宽度/mm	厚度/mm		
体积密度、含水率、吸水率	100±2	100±2	10±2	6	正方形
抗压强度	30±2	30±2	30±2	12	正方体
抗弯性能	250±2	50±2	10±2	6	长方形
抗拉强度	250±2	30±2	10±2	6	
抗冲击强度	120±2	50±2	10±2	6	
锚杆拉拔力	300±2	300±2	20±5	3	正方形
预埋螺栓套筒拉拔力	300±2	300±2	20±5	3	正方形
抗冻性	100±2	100±2	10±2	6	正方形
收缩率	260±2	260±2	10±2	2	正方形
加速老化	250±2	50±2	10±2	12	长方形

4.2 切割制样法

直接从制品上切割试件，试件切割部位距离产品边缘不小于 50mm。在切割过程中不应对试件造成损害，试件的两个表面均应平整并相互平行。根据制品在实际应用时的受力情况，确定试件的长度方向。试件数量应符合表 1 规定。试件标称尺寸宜符合表 1 规定，若从制品上不能切割出符合表 1 规定的试件尺寸时，则试件尺寸应符合表 2 规定。

表 2 试件尺寸

性能	试件尺寸
体积密度、含水率、吸水率、抗冻性	边长 95mm~100mm，厚度为制品的厚度。
抗压强度	边长为 30mm~35mm 的立方体
抗弯性能、加速老化	宽度 45mm~50mm，长度不小于厚度的 16 倍，厚度不超过 15mm。

抗拉强度	宽度 25mm~30mm, 试件的长度与宽度之比不小于 5, 厚度不超过 15mm。
抗冲击强度	宽度 45mm~50mm, 长度 115mm~120mm, 厚度不超过 15mm。
锚杆拉拔力、预埋螺栓套筒拉拔力	边长 295mm~300mm, 厚度为制品的厚度。
收缩率	边长 255mm~260mm, 厚度不超过 15mm。

5 体积密度、含水率和吸水率

5.1 仪器设备

- 5.1.1 干燥箱：温度可控制在 $(100 \pm 5)^\circ\text{C}$ 。
- 5.1.2 天平：称量范围 0g~1000g, 精度 0.1g。
- 5.1.3 游标卡尺：测量范围 0mm~200mm, 精度为 0.02mm。
- 5.1.4 干燥器。
- 5.1.5 水容器。

5.2 试验步骤

- 5.2.1 将试件置于通风良好的室内 3d, 称量其在气干状态的质量 m_1 , 精确到 0.1g。
- 5.2.2 将试件放入温度为 $(60 \pm 5)^\circ\text{C}$ 干燥箱中, 干燥时间不少于 24h, 然后每间隔 2h 称量一次, 直到连续两次的称量之差小于较小值的 0.5% 时为止。将试件从干燥箱中取出, 放入干燥器中冷却到室温, 称量其在干燥状态的质量 m_2 , 精确到 0.1g。
- 5.2.3 对于外观规整的试件, 其体积 V 的测量方法为: 在每对对应边上各测量两次长度, 分别取其平均值作为边长 c_1 、 c_2 , 精确到 0.1mm; 在四个边的中部各测量一次厚度, 取其平均值作为试件的厚度 h , 精确到 0.1mm。
- 5.2.4 对于外观不规整的试件, 其体积 V 的测量方法按附录 A 的规定进行试验。
- 5.2.5 再将试件浸泡于温度不低于 10°C 的水中, 浸水时间不少于 24h, 然后每间隔 2h 称量一次, 直到连续两次称量值之差小于较小值的 0.5% 时为止。将试件从水中取出, 用湿毛巾擦去表面水分, 称量其在饱水状态的质量 m_3 , 精确到 0.1g。

5.3 结果计算

按照公式 (1) 计算体积密度, 结果以六个试件的算术平均值表示, 精确到 $0.1\text{g}/\text{cm}^3$; 按照公式 (2) 计算含水率, 结果以六个试件的算术平均值表示, 精确到 0.1%; 按照公式 (3) 计算吸水率。结果以六个试件的算数平均值表示, 精确到 0.1%。

$$\rho = \frac{m_2}{c_1 \times c_2 \times h} \times 10^3 \text{ 或 } \rho = \frac{m_2}{V} \dots\dots\dots (1)$$

$$W_h = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100 \dots\dots\dots (2)$$

$$W_x = \frac{m_3 - m_2}{m_2} \times 100 \dots\dots\dots (3)$$

式中:

ρ ----- 体积密度, 单位为克每立方厘米 (g/cm^3);

m_h ----- 含水率, %;

- w_s -----吸水率, %;
- c_1 、 c_2 -----试件的两个边长, 单位毫米 (mm);
- h -----试件的厚度, 单位为毫米 (mm);
- V -----试件的体积, 单位为立方厘米 (cm³);
- m_f -----在气干燥状态的质量, 单位为克 (g);
- m_d -----试件在干燥状态的质量, 单位为克 (g);
- m_s -----试件在饱水状态的质量, 单位为克 (g)。

6 抗压强度

6.1 仪器设备

- 6.1.1 电子式压力试验机: 测力范围 0kN~100kN, 精度 1%。
- 6.1.2 游标卡尺: 测量范围 0mm~200mm, 精度 0.02mm。

6.2 试验步骤

- 6.2.1 将试件置于通风良好的室内 3d。
- 6.2.2 将 12 个试件随机分成两组, 六个试件的承载方向平行于试件模板面 (称为面内受压, 即加载方向与纤维分布面平行), 另外六个试件的承载方向垂直于试件模板面 (称为面外受压, 即加载方向与纤维分布面垂直)。
- 6.2.3 测量每个试件受压面的尺寸, 在试件的中央部位分别测其长度 a_1 和宽度 b_1 , 精确到 0.1mm。
- 6.2.4 将试件置于压力机承压板上, 确保试件为中心受压, 以 2mm/min~5mm/min 的速度匀速加载, 直至试件破坏。
- 6.2.5 记录破坏荷载 P_c , 精确到 10 N。

6.3 结果计算

按照公式 (4) 计算抗压强度, 结果以各承载方向六个试件的算术平均值表示, 精确到 0.1MPa。

$$\sigma_c = \frac{P_c}{a_1 \times b_1} \dots \dots \dots (4)$$

式中:

- σ_c -----抗压强度, 单位为兆帕 (MPa);
- P_c -----破坏荷载, 单位为牛顿 (N);
- a_1 -----试件受压面长度, 单位为毫米 (mm);
- b_1 -----试件受压面宽度, 单位为毫米 (mm)。

7 抗弯性能 (比例极限强度、极限强度、弹性模量)

7.1 仪器设备

- 7.1.1 电子式万能试验机: 测力范围 0 kN~20kN, 精度 1%, 可记录荷载-挠度曲线; 当仅对抗弯极限强度进行试验时, 也可使用无法记录荷载-挠度曲线的电子试验机。
- 7.1.2 游标卡尺: 测量范围 0mm~200mm, 精度 0.02mm。
- 7.1.3 挠度计: 测量范围 0mm~50mm, 精度 0.02mm。

7.2 试验步骤

- 7.2.1 将试件置于通风良好的室内 3d。

7.2.2 抗弯试验装置与加载方式如图 2，该装置用钢材制成，支座圆辊直径 12mm。以检验制品质量为目的的抗弯试验，试件的跨度可以为厚度的 16 倍~20 倍。

7.2.3 如果需要记录荷载-挠度曲线，则在跨度中央测量挠度。

单位为毫米

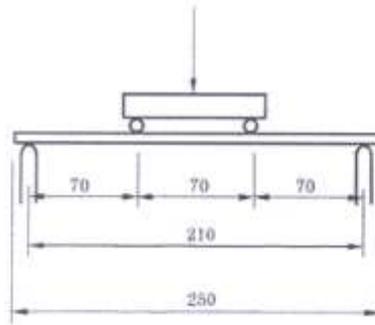


图 2 抗弯试验装置与加载方式

7.2.4 对于全部用短切玻璃纤维作增强材料的试件，三块试件的模板面朝下，三块试件的模板面朝上；对于用连续纤维或纤维织物作增强材料的试件，以连续纤维或纤维所在的主平面朝下。

7.2.5 以 2mm/min~5mm/min 的速度匀速加载，直到试件破坏，记录荷载-挠度曲线或者直接读取抗弯破坏荷载 P_m 。

7.2.6 避开破坏断面，在靠近破坏的位置测量试件的宽度 b 和厚度 h ，均精确到 0.1mm。

7.3 结果处理

7.3.1 在荷载-挠度曲线上读取下列数值：

(1) 比例极限荷载 P_1 （即：在曲线上刚开始离开直线处的荷载）；

(2) 破坏荷载 P_m （即：曲线上最高点处的荷载）；

(3) $\frac{2}{3} \times P_1$ ；

(4) $(\frac{2}{3} \times P_1)$ 点对应的挠度值 δ 。

7.3.2 按照公式 (5) 计算抗弯比例极限强度，按照公式 (6) 计算抗弯极限强度，结果均以六个试件的算术平均值表示，精确到 0.1MPa；按照公式 (7) 计算抗弯弹性模量，结果以六个试件的算术平均值表示，精确到 1MPa。

$$\sigma_{LOP} = \frac{P_1 L}{bh^2} \dots\dots\dots (5)$$

$$\sigma_{MOR} = \frac{P_m L}{bh^2} \dots\dots\dots (6)$$

$$E = \frac{23P_1 L^3}{162\delta b h^3} \dots\dots\dots (7)$$

式中：

σ_{LOP} -----抗弯比例极限强度，单位为兆帕 (MPa)；

- σ_{MOR} -----抗弯极限强度，单位为兆帕（MPa）；
 E -----抗弯弹性模量，单位为兆帕（MPa）；
 P_1 -----抗弯比例极限荷载，单位为牛顿（N）；
 P_m -----抗弯破坏荷载，单位为牛顿（N）；
 L -----跨度，单位为毫米（mm）；
 δ -----（ $\frac{2}{3} \times P_1$ ）点对应的跨中挠度，单位为毫米（mm）；
 b -----试件宽度，单位为毫米（mm）；
 h -----试件厚度，单位为毫米（mm）。

8 抗拉强度

8.1 仪器设备

8.1.1 电子式拉力试验机：测力范围 0kN~100kN，精度 1%。

8.1.2 游标卡尺：测量范围 0mm~200mm，精度 0.02mm。

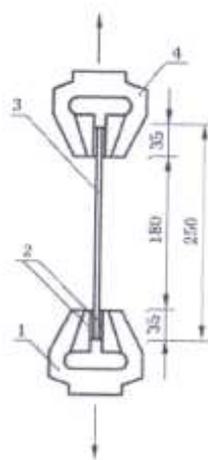
8.2 试验步骤

8.2.1 将试件置于通风良好的室内 3d。

8.2.2 用软质笔在试件上划出测长标线，试件测长为 180mm；以检验制品质量为目的的抗拉试验，试件的测长与宽度之比不应小于 5。

8.2.3 将试件推入楔形夹头中，在夹头与试件之间垫柔性垫片，夹紧试件，如图 3 所示。保持试件垂直受拉。

单位为毫米



标引序号说明：

- 1-----下楔形夹头；
 2-----柔性垫片；
 3-----试件；
 4-----上楔形夹头。

图3 抗拉试验装置

8.2.4 以2mm/min~5mm/min的加载速度匀速加载，直到在试件破坏，记录抗拉破坏荷载 P_t 。

8.2.5 避开破坏断面，在靠近破坏的位置来测量试件的宽度 b 和厚度 h ，均精确到0.1mm。

8.3 结果计算

按照公式(8)计算抗拉强度，结果以六个试件的算术平均值表示，精确到0.1MPa。

$$\sigma_t = \frac{P_t}{bh} \dots\dots\dots (8)$$

式中：

σ_t -----抗拉强度，单位为兆帕 (MPa)；

P_t -----抗拉破坏荷载，单位为牛顿 (N)；

b -----试件宽度，单位为毫米 (mm)；

h -----试件厚度，单位为毫米 (mm)。

9 抗冲击强度

9.1 仪器设备

9.1.1 冲击试验机：摆锤式冲击试验机，可选择附带0J~7.5J、0J~15J、0J~25J、0J~50J四个能量级别的摆锤，精度1%；跨距可调整为70mm。

9.1.2 游标卡尺：测量范围0mm~200mm，精度0.02mm。

9.2 试验步骤

9.2.1 将试件置于通风良好的室内3d。

9.2.2 选用适当能量级别的摆锤，使冲断试件所消耗的能量为该摆锤最大能量的20%~80%。

9.2.3 三个试件的模板面与竖直支撑面紧密贴合，另外三个试件的磨平面与竖直支撑面紧密贴合。在试件中部用软质笔划线，测量试件划线部位的宽度 b 和厚度 h ，均精确到0.1mm。

9.2.4 保持试件的稳定，并使试件上的划线对准摆锤的刃口。操作冲击试验机控制机构，使摆锤自由落下，冲击试件使其破坏。

9.2.5 读取并记录冲击能量值，精确到0.01J。

9.3 结果计算

按照公式(9)计算抗冲击强度，结果以六个试件的算术平均值表示，精确到0.1kJ/m²。

$$\sigma_1 = \frac{A}{bh} \times 10^3 \dots\dots\dots (9)$$

式中：

σ_1 -----抗冲击强度，单位为千焦每平方米 (kJ/m²)；

A -----冲击能量，单位为焦耳 (J)；

b -----试件宽度，单位为毫米 (mm)；

h -----试件厚度，单位为毫米 (mm)。

10 锚杆拉拔力

10.1 仪器设备

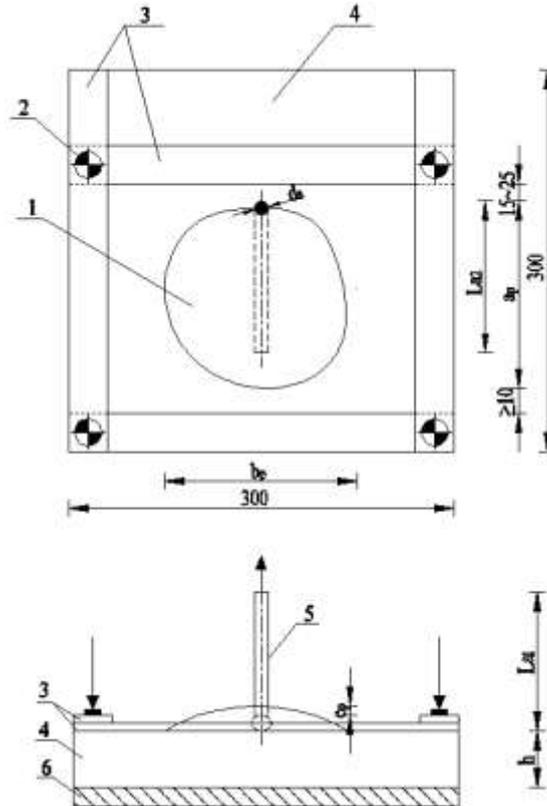
10.1.1 电子式拉力试验机：测力范围 0kN~20kN，精度 1%，拉拔夹紧装置具有万向节调节功能。

10.1.2 游标卡尺：测量范围 0mm~200mm，精度 0.02mm。

10.1.3 钢直尺，量程 0mm~300mm，分度值为 1mm。

10.1.4 加载夹具：加载夹具由一块边长不小于 300mm×300mm 厚度不小于 15mm 的钢衬板、四条 300mm×50mm 厚度不小于 10mm 的钢板条和四个 C 型固定夹组成，如图 4 所示。加载夹具的设计应有足够的钢度，使试件牢固地附着在钢衬板上，特别是在锚杆受拉时，靠近锚杆的试件截面不得弯曲。

单位为毫米



标引序号说明：

- 1-----粘结盘；
- 2-----C 型固定夹；
- 3-----钢板条；
- 4-----GRC 板；
- 5-----锚杆；
- 6-----钢衬板。

图 4 锚杆拉拔力试验固定装置与加载方式

10.2 试验步骤

10.2.1 将试件置于通风良好的室内 3d。

10.2.2 用游标卡尺测量锚杆直径 d_a ，精确到 0.1mm。

10.2.3 用钢直尺分别测量 GRC 板试件厚度 h 、锚杆垂直段长度 L_{a1} 、粘结盘预埋锚杆方向最大长

度作为粘结盘长度 a_p 、垂直与预埋锚杆方向最大宽度作为粘结盘宽度 b_p ，精确到 1mm。

10.2.4 将试件固定在加载夹具中，如图 4 所示。试件下表面牢固地附着在钢衬板上，上表面由四条钢板条通过 C 型固定夹固定。与预埋锚杆垂直方向的两条钢板条紧贴试件上表面，且锚杆根部表面与钢板条垂直距离为 15mm~25mm。粘结盘边缘与钢板条间应有足够的距离，不应小于 10 mm。

10.2.5 试件及加载夹具置于拉拔力试验机，钢衬板与试验机底座相连接，且调节至锚杆与拉拔力方向在同一轴线。锚杆拉拔过程中拉拔力应始终与板面垂直，加载速度为 5mm/min，直至试件破坏或锚杆钢筋屈服。记录最大荷载值 P_a ，精确到 0.1kN。

10.2.6 用钢直尺测量锚杆预埋水平段长度 L_{a2} ，精确到 1mm。

10.2.7 用游标卡尺测量锚杆顶部的粘结盘平均厚度 e_p 。分别测量锚杆预埋水平段两端及中点处顶部的粘结盘厚度，结果以三个数值的算术平均值表示，精确到 0.5mm。

10.3 结果表示

10.3.1 锚杆拉拔力以三个试件最大荷载 P_a 算术平均值表示，精确到 0.1kN。

10.3.2 另需分别报告每个试件的如下内容：

- a) 最大荷载值 P_a ；
- b) 试件厚度 h
- c) 锚杆规格尺寸（直径 d_a 、垂直段长度 L_{a1} 、预埋水平段长度 L_{a2} ）；
- d) 粘结盘尺寸（长度 a_p 、宽度 b_p 及锚杆顶部的平均厚度 e_p ）；
- e) 破坏形式（粘结盘破坏、粘结盘脱粘、锚杆钢筋屈服或 GRC 板破坏）。

11 预埋螺栓套筒拉拔力

11.1 仪器设备

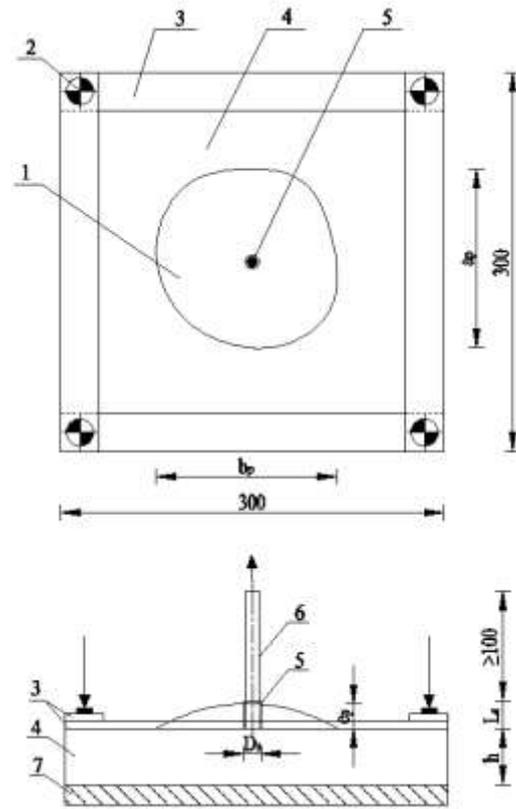
11.1.1 电子式拉力试验机：测力范围 0kN~20kN，精度 1%，拉拔夹紧装置具有万向节调节功能。

11.1.2 游标卡尺：测量范围 0mm~200mm，精度 0.02mm。

11.1.3 钢直尺，量程 0mm~300mm，分度值为 1mm。

11.1.4 加载夹具：加载夹具由一块边长不小于 300mm×300mm 厚度不小于 15mm 的钢衬板、四条 300mm×50mm 厚度不小于 10mm 的钢板条和四个 C 型固定夹组成，如图 5 所示。加载夹具的设计应有足够的钢度，使试件牢固地附着在钢衬板上，特别是在预埋螺栓套筒受拉时，靠近预埋螺栓套筒的试件截面不得弯曲。

单位为毫米



标引序号说明:

- 1-----粘收盘;
- 2-----C 型固定夹;
- 3-----钢板条;
- 4-----GRC 板;
- 5-----预埋螺栓套筒;
- 6-----螺栓;
- 7-----钢衬板。

图 5 预埋螺栓套筒拉拔力试验固定装置与加载方式

11.2 试验步骤

11.2.1 将试件置于通风良好的室内 3d。

11.2.2 用游标卡尺测量预埋螺栓套筒外径 D_s ，精确到 0.1mm；并记录预埋螺栓套筒公称直径 d_s 。

11.2.3 用钢直尺测量 GRC 板试件厚度 h 、精确到 1mm。

11.2.4 有突出 GRC 板表面粘收盘时，用钢直尺测量分别粘收盘长度 a_p 、宽度 b_p ，精确到 1mm。

11.2.5 将配套螺栓一端拧入预埋螺栓套筒至底端，另一端伸出预埋螺栓套筒顶端面不少于 100 mm。

11.2.6 将试件固定在加载夹具中，如图 5 所示。试件下表面牢固地附着在钢衬板上，上表面由四条钢板条通过 C 型固定夹固定。粘收盘边缘与钢板条间应有足够的距离，不应小于 10 mm。

11.2.7 试件及加载夹具置于拉拔力试验机，钢衬板与试验机底座相连接，且调节至螺栓与拉拔力方向在同一轴线。拉拔过程中拉拔力应始终与板面垂直，加载速度为 5mm/min，直至试件或螺栓破坏。记录最大荷载值 P_s ，精确到 0.1kN。

11.2.8 用游标卡尺测量预埋螺栓套筒埋入深度 e_p 和预埋螺栓套筒长度 L_s ，精确到 0.5mm。

11.3 结果表示

11.3.1 预埋螺栓套筒拉拔力以三个试件最大荷载 F 算术平均值表示，精确到 0.1kN。

11.3.2 另需分别报告每个试件的如下内容：

- a) 最大荷载值 P_s ；
- b) 试件厚度 h ；
- c) 预埋螺栓套筒规格尺寸（外径 D_s 、公称直径 d_s 、预埋螺栓套筒长度 L_s ）；
- d) 粘结盘尺寸（长度 a_p 、宽度 b_p ）或标注无粘结盘及埋入深度 e_p ；
- e) 破坏形式（粘结盘破坏、粘结盘脱粘、螺栓拔出、螺栓屈服、预埋螺栓套筒拔出或 GRC 板破坏）。

12 抗冻性

12.1 仪器设备

12.1.1 低温箱：温度可调整到 $(-20 \pm 2)^\circ\text{C}$ 。

12.1.2 温度计：测量范围 $10^\circ\text{C} \sim 50^\circ\text{C}$ 。

12.1.3 水容器。

12.1.4 试验架。

12.1.5 自动冻融设备：符合 JG/T243 慢速冻融试验设备要求，气冻保持时间和水融保持时间分别在 1h~2h 内可调。

12.2 试验步骤

12.2.1 将试件放入不低于 10°C 的清水中浸泡 24h，取出，检查不得有因切割而引起的缺陷。

12.2.2 浸泡后的试件侧立在试验架上，间距不小于 15mm。

12.2.3 当采用人工冻融试验时，将装入试件的试验架放入预先降温至 $(-20 \pm 2)^\circ\text{C}$ 的低温箱中，冷冻 2h，冷冻时间以放入试件后温度重新降至 $(-20 \pm 2)^\circ\text{C}$ 时开始计时，取出放入 $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ 的清水中融化 1h，为一次循环。每 5 次循环宜对冻融试件进行一次外观检查，需擦干表面，检查试件有无起层、剥落等破坏现象。

12.2.4 当采用自动冻融试验时，将装入试件的试验架放入自动冻融设备中，负温 $(-20 \pm 2)^\circ\text{C}$ 气冻保持时间为 2h，水融 $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ 保持时间为 1h。每 25 次循环宜对冻融试件进行一次外观检查，需擦干表面，检查试件有无起层、剥落等破坏现象。

12.3 结果表示

12.3.1 按产品标准规定的冻融循环次数 n 进行试验时，结果表示为：经 n 次冻融循环后，试件有（或无）起层、剥落等破坏现象。

12.3.2 按产品的极限冻融循环次数 n' 进行试验时，结果表示为：经 n' 次冻融循环后，试件出现起层、剥落等破坏现象。

13 收缩率

13.1 仪器

13.1.1 外径千分尺：分度值 0.01mm。

13.1.2 干燥箱：温度范围 0℃～200℃。

13.1.3 水槽：控制水温在 10℃～25℃。

13.1.4 干燥器。

13.2 试验步骤

13.2.1 将试件置于通风良好的室内 3d。在距试件四个边缘各 10mm 处划测量标线，每条标线至试件的两端面。试件浸泡于 10℃～25℃的水中 24h，水面高出试件不小于 20mm，取出后用湿毛巾擦去表面水分，分别测量每条标线长度 l_1 ；然后将试件放入温度为（60±5）℃干燥箱中干燥 48h，取出后放入干燥器中冷却至室温，再次测量每条标线长度 l_2 。精确到 0.01mm。

13.2.2 试件在浸水、干燥过程中，试件与水槽、干燥箱内壁间距不小于 50mm，试件与试件间距不小于 20mm。

13.3 结果计算

按照公式（10）计算收缩率，结果以两个试件 8 个数据的算术平均值表示，精确到 0.01%。

$$\varepsilon = \frac{l_1 - l_2}{l_1} \times 100 \dots \dots \dots (10)$$

式中：

ε ——收缩率，%；

l_1 ——饱水状态试件长度，单位为毫米（mm）；

l_2 ——（60±5）℃干燥后试件长度，单位为毫米（mm）；

14 加速老化

14.1 仪器设备

14.1.1 恒温水槽：温度可控制在（50±2）℃；并带有密封盖，内部样品室空间体积不宜大于 0.12m³。

14.1.2 第 7 章抗弯性能所需仪器设备。

14.2 试验步骤

14.2.1 将试件分成对比组和测试组，每组 6 块试件。置于通风良好的室内 3d。

14.2.2 将对比组 6 块试件按第 7 章进行抗弯极限强度试验。

14.2.3 将测试组 6 块试件浸于（50±2）℃的水槽中至规定时间 n 天，且 n 不应小于 7；浸泡结束后将试件取出，置于通风良好的室内 7d。按第 7 章进行抗弯极限强度试验。

14.2.4 试件应完全浸入水中，水面高出试件不小于 20mm，且试件间距不应小于 10mm。试验期间不应更换水，水位下降时应补水。

14.3 结果计算

按照公式（11）计算经 n 天加速老化后抗弯极限强度保留率，精确到 0.1%。

$$r_{\text{MOR}} = \frac{\sigma'_{\text{MOR}}}{\sigma_{\text{MOR}}} \times 100 \dots \dots \dots (11)$$

式中：

r_{MOR} ——经 n 天加速老化后抗弯极限强度保留率，%；

σ_{MOR} -----对比组试件的抗弯极限强度，单位为兆帕（MPa）；

σ'_{MOR} -----测试组试件的抗弯极限强度，单位为兆帕（MPa）。

15 玻璃纤维含量

15.1 仪器

15.1.1 干燥箱：温度可控制在（100±5）℃。

15.1.2 天平：称量范围 0g~1000g，精度 0.1g。

15.1.3 筛网：三个，外形尺寸约 150mm×150mm、深度约 100mm，网孔尺寸的大小应可使用砂粒漏过而纤维不能漏过。

15.1.4 切割刀或者剪刀：可切断或剪断玻璃纤维增强水泥复合材料中的玻璃纤维。

15.1.5 水容器：其尺寸大小应可放入筛网。

15.2 试验步骤

15.2.1 对三个筛网进行标记，分别称其质量 m_s ，精确到 0.1g。

15.2.2 在新成型（即：玻璃纤维可从复合材料中分离出来时的状态）的试验板或者制品上，在距离边缘 50mm 以内的部位，分散割取三个边长约为 100mm 的试件，剪去试件边缘裸露的玻璃纤维。

15.2.3 将试件分别放入三个筛网中，称量试件和筛网的总质量 m_{z1} ，精确到 0.1g。

15.2.4 将试件连同筛网一起浸入盛有水的容器中，用手指将试件轻轻分散开，仔细清理粘附在玻璃纤维上的异物，最后用清水冲洗，洗出过程中应防止玻璃纤维流失。

15.2.5 将冲洗干净的玻璃纤维连同筛网一起放入温度控制在（105±5）℃的干燥箱中，烘干时间不少于 4h，然后每隔 1h 称量一次，直到连续两次的称量值之差小于较小值的 0.5% 时为止。记录最后一次称量的玻璃纤维和筛网的总质量 m_{z2} ，精确到 0.1g。

15.3 结果计算

按照公式（12）计算玻璃纤维含量，结果以三个试件的算术平均值表示，精确到 0.1%。

$$W_f = \frac{m_{z2} - m_s}{m_{z1} - m_s} \times 100 \dots \dots \dots (12)$$

式中：

W_f -----玻璃纤维含量，%；

m_{z2} -----筛网和干燥玻璃纤维的总质量，单位为克（g）；

m_s -----筛网的质量，单位为克（g）；

m_{z1} -----筛网和 GRC 的总质量，单位为克（g）。

附录 A

(规范性)

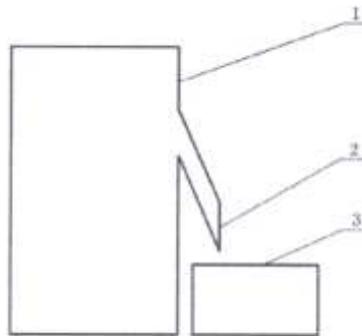
外观不规整试件体积测量方法

A.1 仪器设备

A.1.1 天平：称量范围 0g~1000g，精度 0.1g。

A.1.2 排水桶：高度 300mm，直径 150mm 或边长 150mm，如图 A.1 所示。

A.1.3 塑料水容器：容积约为 500mL，高度约 50mm，如图 A.1 所示。



标引序号说明：

1-----排水桶；

2-----排水桶溢水口；

3-----塑料水容器。

图 A.1 排水桶示意图

A.1.4 细线：能在试验期间承受试件的重力作用。

A.2 测量步骤

A.2.1 把塑料水容器放在排水桶的溢水口下方，保持排水桶稳定，缓慢向排水桶中注水，直到水从溢水口溢出。

A.2.2 等待数分钟，直到溢水口不再滴水。

A.2.3 将水容器中的水倒掉，擦干内、外表面，称其质量 m_r ，精确到 0.1g。

A.2.4 将水容器放置在溢水口下方。

A.2.5 用水浸透细线，并用湿布擦去细线中的多于水分。

A.2.6 取饱水状态的试件（见 5.2.5），擦干表面水分。

A.2.7 用湿的细线将试件捆绑牢固，并留出约 400mm 长度。

A.2.8 手提细线末端，将捆绑牢固的试件轻轻沉入桶底，待试件在水中稳定后再松开手提端的细线。应避免试件在沉入过程中对桶内的水造成冲击。

A.2.9 等待数分钟，直到溢水口不再滴水。

A.2.10 擦干水容器外表面，称量水容器和溢出水的质量 m_{rs} ，精确到 0.1g。

A.2.11 重复 A.2.1~A.2.10，进行第二次测量。

A.3 结果计算

按照公式 (A.1) 计算试件体积, 结果以两次测量结果的算术平均值表示, 精确到 0.1cm^3 。

$$V = \frac{m_{rs} - m_r}{\rho_{\text{水}}} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

V -----试件的体积, 单位为立方厘米 (cm^3);

m_r -----水容器质量, 单位为克 (g);

m_{rs} -----水容器和溢出水的质量 m_b , 单位为 (g);

$\rho_{\text{水}}$ -----水的密度, 取 $\rho_{\text{水}} = 1\text{g}/\text{cm}^3$ 。