

# 中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—XXXX

## 超高性能混凝土非承重构件性能试验方法

Test methods for the properties of non-structural  
ultra-high performance concrete component

(点击此处添加与国际标准一致性程度的标识)

(征求意见稿)

(本草案完成时间：2024.03.26)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 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.....	II
1 范围.....	3
2 规范性引用文件.....	3
3 术语和定义.....	3
4 试件制备.....	3
5 标准试验条件.....	4
6 体积密度、含水率和吸水率.....	4
7 抗压强度.....	5
8 静力受压弹性模量.....	6
9 抗弯性能（抗弯比例极限强度、抗弯极限强度、抗弯弹性模量）.....	8
10 抗拉强度.....	10
11 抗冲击强度.....	11
12 锚杆拉拔力.....	11
13 预埋螺栓套筒拉拔力.....	13
14 抗冻性.....	15
15 收缩率.....	15
附录 A（规范性） 外观不规整试件体积测量方法.....	17

## 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。

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。

本文件由全国水泥构件标准化技术委员会(SAC/TC197)归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

# 超高性能混凝土非承重构件性能试验方法

## 1 范围

本文件规定了超高性能混凝土（以下简称：UHPC）非承重构件的体积密度、吸水率、抗压强度、静力受压弹性模量、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、收缩率的试验方法。

本文件适用于建筑物或构筑物外立面等非承重部位或园艺景观装饰用超高性能混凝土构件（如UHPC外墙板、UHPC装饰制品等）的性能试验。

## 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

**超高性能混凝土非承重构件** ultra-high performance concrete non-structural component

以水泥和矿物掺合料等活性粉末材料、细骨料、外加剂、高强度微细钢纤维和（或）有机/无机纤维、颜料、水等原料，采用浇注、挤出、压制或喷射等工艺工厂化预制而成的用于建筑物或构筑物非承重部位、用于园艺景观装饰等的超高强增韧混凝土构件。简称 UHPC 构件。

### 3.2

**试验板/块** test board/block

为了评价 UHPC 材料或者 UHPC 构件的性能而成型的平板/试块。试验板/块应与构件相同环境条件、相同配合比、相同成型工艺、相同养护方式的条件下制作而成。

### 3.3

**粘结盘** bonding pad

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

## 4 试件制备

### 4.1 试验板/块法

与构件相同条件下成型，试件外形、尺寸和数量应符合表 1 规定。体积密度、含水率、吸水率、抗弯性能、抗拉强度、抗冲击强度、抗冻性和收缩率性能试验用试件宜在与构件相同的条件下成型的若干块尺寸为 800mm×800mm×10mm 试验板上切割，切割部位距离试验板边缘不小于 50mm，切割过程中不应

对试件造成损害。

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 ( <i>l</i> ) mm	宽度 ( <i>b</i> ) mm	厚度 ( <i>h</i> ) mm		
体积密度、含水率、吸水率	100±2	100±2	10±2	6	长方体
抗压强度	100±1	100±1	100±1	3	立方体
静力受压弹性模量	300±1	100±1	100±1	6	棱柱体
抗弯性能	250±2	50±2	10±2	6	长方体
抗拉强度	250±2	30±2	10±2	6	哑铃形
抗冲击强度	120±2	50±2	10±2	6	长方体
锚杆拉拔力	300±2	300±2	20±5	3	长方体
预埋螺栓套筒拉拔力	300±2	300±2	20±5	3	长方体
抗冻性	100±2	100±2	10±2	6	长方体
收缩率	260±2	260±2	10±2	2	长方体

#### 4.2 切割制样法

直接从构件上切割试件，试件切割部位距离构件边缘不小于 50mm，在切割与加工过程中不应应对试件造成损害。根据构件在实际应用时的受力情况，确定试件的长度方向。试件外形、数量应符合表 1 规定；试件尺寸宜符合表 1 规定，若从构件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~105mm，厚度为构件的厚度。
抗压强度	边长为 95mm~105mm 的立方体
抗弯性能	宽度 45mm~55mm，长度 245mm~255mm，厚度不超过 30mm。
抗拉强度	宽度 25mm~35mm，长度 245mm~255mm，厚度不超过 30mm。
抗冲击强度	宽度 45mm~55mm，长度 115mm~125mm，厚度不超过 30mm。
锚杆拉拔力、预埋螺栓套筒拉拔力	边长 295mm~305mm，厚度为构件的厚度。
收缩率	边长 255mm~265mm，厚度不超过 30mm。

#### 5 标准试验条件

试验室环境温度为 (20±5)℃、相对湿度 (65±20)%。

#### 6 体积密度、含水率和吸水率

##### 6.1 仪器设备

- 6.1.1 干燥箱：温度可控制在（60±5）℃。
- 6.1.2 天平：称量范围 0g~1000g，分度值 0.1g。
- 6.1.3 卡尺：测量范围 0mm~200mm，分度值不大于 0.02mm。
- 6.1.4 干燥器。
- 6.1.5 水容器。

## 6.2 试验步骤

- 6.2.1 将试件置于标准试验条件 3d，称量其在气干状态的质量（ $m_1$ ），精确到 0.1g。
- 6.2.2 将试件放入温度为（60±5）℃干燥箱中，干燥 48h。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。
- 6.2.3 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（ $l$ 、 $b$ ），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。
- 6.2.4 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。
- 6.2.5 再将试件浸泡于温度不低于 10℃的水中，浸水时间 48h。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。

## 6.3 结果计算

按照公式（1）计算体积密度，结果以 6 个试件的算术平均值表示，精确到 0.1g/cm<sup>3</sup>；按照公式（2）计算含水率，结果以 6 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 6 个试件的算术平均值表示，精确到 0.1%。

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

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

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

式中：

- $\rho$ -----体积密度，单位为克每立方厘米（g/cm<sup>3</sup>）；
- $w_h$ -----含水率，%；
- $w_x$ -----吸水率，%；
- $l$ 、 $b$ -----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（cm<sup>3</sup>）；
- $m_1$ -----在气干状态的质量，单位为克（g）；
- $m_2$ -----试件在干燥状态的质量，单位为克（g）；
- $m_3$ -----试件在饱水状态的质量，单位为克（g）。

## 7 抗压强度

### 7.1 仪器设备

- 7.1.1 电子试验机：测力范围 0kN~2000kN，精度 1%。

7.1.2 卡尺：测量范围 0mm~200mm，分度值不大于 0.02mm。

## 7.2 试验步骤

7.2.1 将试件置于标准试验条件 3d。

7.2.2 若增强纤维在试样中的分布有取向性，则受压面选择与纤维分布面平行。

7.2.3 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 ( $l_1$ ) 和宽度 ( $b_1$ )，精确到 0.1mm。

7.2.4 将试件置于压力机下承压板上，确保试件为中心受压，以 1.2 MPa/s~1.4MPa/s 速度匀速加载，直至试件破坏。

7.2.5 记录破坏荷载 ( $P_c$ )，精确到 10N。

## 7.3 结果处理

7.3.1 按照公式 (4) 计算抗压强度。

$$\sigma_c = \frac{P_c}{l_1 \times b_1} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

$\sigma_c$ -----抗压强度，单位为兆帕 (MPa)；

$P_c$ -----破坏荷载，单位为牛顿 (N)；

$l_1$ -----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)。

7.3.2 取 3 个试件抗压强度的算术平均值作为该组试件的抗压强度，精确到 0.1MPa；当 3 个试件的测试值中有一个与中间值的差值超过中间值的 15%时，则取中间值为该组试件的抗压强度值；3 个试件的测试值中有两个与中间值的差值超过中间值的 15%时，则该组试件试验结果无效。

## 8 静力受压弹性模量

### 8.1 仪器设备

8.1.1 电子试验机：测力范围 0kN~2000kN，精度 1%。

8.1.2 卡尺：测量范围 0mm~200mm，分度值不大于 0.02mm。

8.1.3 微变形测量仪：可采用千分表、电阻应变片、激光测长仪、引伸仪或位移传感器等。采用千分表或位移传感器时应备有微变形测量固定架，试件的变形通过微变形测量固定架传递到千分表或位移传感器。采用电阻应变片或位移传感器测量试件变形时，应备有数据自动采集系统。当采用千分表和位移传感器时，其测量精度应为±0.001mm；当采用电阻应变片、激光测长仪或引伸仪时，其测量精度应为±0.001%。

### 8.2 试验步骤

8.2.1 将 6 块 100mm×100mm×300mm 的棱柱体试件分为二组（每组 3 块）置于标准试验条件 3d。

8.2.2 取一组试件按第 7 章规定方法测定试件轴心抗压强度 ( $\sigma_{cp}$ )，棱柱体试件直立放置在试验机的下承压板上，试件轴心与承压板中心对准。另一组用于测定静力受压弹性模量。

8.2.3 在测定静力受压弹性模量时，微变形测量仪应安装在试件两侧的中线上并对称于试件的两端。当采用千分表或位移传感器时，应将千分表或位移传感器固定在变形测量架上，试件的测量标距为 150mm，由标距定位杆定位，将变形测量架通过紧固螺钉固定。当采用电阻应变片测量变形时，应变片的标距为 150mm，贴应变片区域的试件表面若有缺陷应进行修补和风干处理，并在试件的两侧中部粘贴

应变片。

8.2.4 试件放置试验机前，应将试件表面与上、下承压板面擦拭干净。

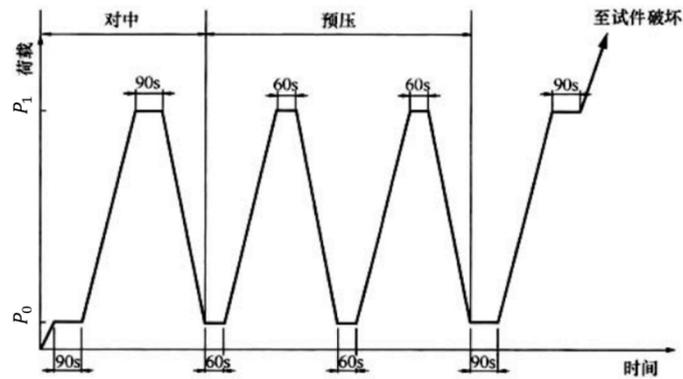
8.2.5 将试件直立放置在试验机的下承压板上，并使试件轴心与下承压板中心对准。

8.2.6 开启试验机，试件表面与上下承压板应均匀接触。

8.2.7 应加荷至基准应力为 0.5MPa 的初始荷载值 ( $P_0$ )，保持恒载 60s 并在以后的 30s 内记录每测点的变形读数 ( $\varepsilon_0$ )。应立即连续均匀地加荷至应力为轴心抗压强度的 1/3 时的荷载值 ( $P_1$ )，保持恒载 60s 并在以后的 30s 内记录每一测点的变形读数 ( $\varepsilon_1$ )。所用的加荷速度为 1.2 MPa/s~1.4MPa/s。

8.2.8 左右两侧的变形值之差与它们平均值之比大于 20%时，应重新对中试件后重复 8.2.7 条的规定。当无法使其减少到小于 20%时，此次试验无效。

8.2.9 在确认试件对中符合 8.2.8 条规定后，以与加荷速度相同的速度卸荷至基准应力 0.5MPa ( $P_0$ )，恒载 60s；应用同样的加荷和卸荷速度以及 60s 的保持恒载 ( $P_0$  及  $P_1$ ) 至少进行两次反复预压。在最后一次预压完成后，应在基准应力 0.5MPa ( $P_0$ ) 持荷 60s 并在以后的 30s 内记录每一测点的变形读数 ( $\varepsilon_0$ )；再用同样的加荷速度加荷至  $P_1$ ，持荷 60s 并在以后的 30s 内记录每一测点的变形读数 ( $\varepsilon_1$ )。如图 1 所示。



注1：90s包括60s持荷时间和30s读数时间；

注2：60s为持荷时间。

图 1 弹性模量试验加荷方法示意

8.2.10 卸除变形测量仪，应以同样的速度加荷至破坏，记录破坏荷载；当测定静压受力弹性模量之后的试件轴心抗压强度与  $\sigma_{cp}$  之差超过  $\sigma_{cp}$  的 20%时，应在报告中注明。

### 8.3 结果处理

8.3.1 按照公式 (5) 计算静压受力弹性模量。

$$E_c = \frac{P_1 - P_0}{A} \times \frac{L_s}{\Delta \varepsilon} \dots\dots\dots (5)$$

$$\Delta \varepsilon = \varepsilon_a - \varepsilon_0 \dots\dots\dots (6)$$

式中：

$E_c$ ----静压受力弹性模量，单位为兆帕 (MPa)；

$P_1$ ----应力为 1/3 轴心抗压强度时的荷载，单位为牛顿 (N)；

$P_0$ ----应力为 0.5MPa 时的初始荷载, 单位为牛顿 (N);

$A$ ----试件承压面积, 单位为平方毫米 ( $\text{mm}^2$ );

$L_s$ ----测量标距, 单位为毫米 (mm);

$\Delta \varepsilon$ ----最后一次从  $P_0$  加荷至  $P_1$  时试件两侧变形的平均值, 单位为毫米 (mm);

$\varepsilon_1$ ---- $P_1$  时试件两侧变形的算术平均值, 单位为毫米 (mm);

$\varepsilon_0$ ---- $P_0$  时试件两侧变形的算术平均值, 单位为毫米 (mm)。

8.3.2 应按 3 个试件测值的算术平均值作为该组试件的静压受力弹性模量值, 精确至 100MPa。当其中有一个试件在测定静压受力弹性模量后的轴心抗压强度值与用以确定检验控制荷载的轴心抗压强度值相差超过后者的 20% 时, 静压受力弹性模量值应按另两个试件测值的算术平均值计算; 当有两个试件在测定静压受力弹性模量后的轴心抗压强度值与用以确定检验控制荷载的轴心抗压强度值相差超过后者的 20% 时, 此次试验无效。

## 9 抗弯性能 (抗弯比例极限强度、抗弯极限强度、抗弯弹性模量)

### 9.1 仪器设备

9.1.1 电子试验机: 测力范围 0kN~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, 也可使用无荷载-挠度曲线记录的电子试验机。

9.1.2 卡尺: 测量范围 0mm~200mm, 分度值不大于 0.02mm。

9.1.3 挠度计: 测量范围 0mm~50mm, 分度值 0.02mm。

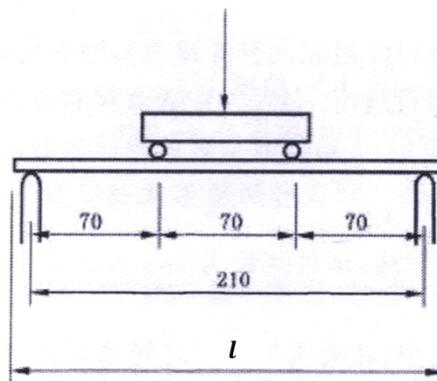
### 9.2 试验步骤

9.2.1 将试件置于标准试验条件 3d。

9.2.2 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, 试验跨距 210mm, 双点加荷头间距 70mm。以检验构件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。

9.2.3 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



标引序号说明:

$l$ ----试件长度。

图2 抗弯试验装置与加载方式

9.2.4 每组6块试件，3块试件的模板面朝下，3块试件的模板面朝上。

9.2.5 以0.5mm/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极限荷载（ $P_m$ ）。当荷载-挠度曲线中直线段延长线不通过坐标原点时，应以直线段延长线与横坐标交点作为挠度值起始点。

9.2.6 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。

### 9.3 结果处理

9.3.1 在荷载-挠度曲线上读取下列数值：

- 1) 抗弯比例极限荷载（ $P_1$ ）（在曲线上刚开始离开直线处的荷载）；
- 2) 抗弯极限荷载（ $P_m$ ）（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（ $\delta$ ）。

9.3.2 按照公式（7）计算抗弯比例极限强度，按照公式（8）计算抗弯极限强度，按照公式（9）计算抗弯弹性模量。

$$\sigma_{\text{LOP}} = \frac{P_1 L}{bh^2} \dots\dots\dots (7)$$

$$\sigma_{\text{MOR}} = \frac{P_m L}{bh^2} \dots\dots\dots (8)$$

$$E_b = \frac{23P_1 L^3}{162\delta bh^3} \dots\dots\dots (9)$$

式中：

$\sigma_{\text{LOP}}$ -----抗弯比例极限强度，单位为兆帕（MPa）；

$\sigma_{\text{MOR}}$ -----抗弯极限强度，单位为兆帕（MPa）；

$E_b$ -----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）；

$P_m$ -----抗弯极限荷载，单位为牛顿（N）；

$L$ -----跨度，单位为毫米（mm）；

$\delta$ -----  $(\frac{2}{3} \times P_1)$ 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）。

9.3.3 结果均以6个试件的算术平均值表示，抗弯比例极限强度、抗弯极限强度精确到0.1MPa，抗弯弹性模量精确到100MPa。6个试件中若有1个试件破坏断面发生在双点加荷头之外时，以另外5个试件的试验结果计算。当有2个试件破坏断面发生在双点加荷头之外时，该组试件试验无效。

## 10 抗拉强度

### 10.1 仪器设备

10.1.1 电子试验机：测力范围 0kN~100kN，精度 1%，抗拉夹具连接件具有万向节调节功能。

10.1.2 卡尺：测量范围 0mm~200mm，分度值不大于 0.02mm。

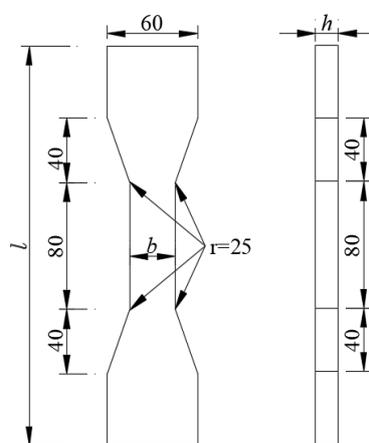
### 10.2 试验步骤

10.2.1 将试件置于标准试验条件 3d。

10.2.2 试件形状及尺寸见图 3。用软质笔在试件上划出测量区标线，测量区长度为 80mm。

10.2.3 将试件放置于试验机上下夹具中，保持上下夹具连接件与试件的中轴线一致并对中，在试件与夹具接触部位垫柔性垫片，保持试件垂直受拉。

单位为毫米



标引序号说明：

$l$ -----试件长度；

$b$ -----试件测量区宽度；

$h$ -----试件厚度。

图 3 抗拉强度用试件

10.2.4 以 0.5mm/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 ( $P_t$ )。

10.2.5 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。

### 10.3 结果处理

10.3.1 按照公式 (10) 计算抗拉强度。

$$\sigma_t = \frac{P_t}{bh} \dots\dots\dots (10)$$

式中：

$\sigma_t$ -----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）。

10.3.2 结果以 6 个试件的算术平均值表示，精确到 0.1MPa。6 个试件中若有 1 个试件破坏断面发生在测量区之外时，以另外 5 个试件的试验结果计算。当有 2 个试件破坏断面发生在测量区之外时，该组试件试验无效。

## 11 抗冲击强度

### 11.1 仪器设备

11.1.1 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 和 0J~50J 四个能量级别的摆锤，精度 1%；跨距可调整为 70mm。

11.1.2 卡尺：测量范围 0mm~200mm，分度值不大于 0.02mm。

### 11.2 试验步骤

11.2.1 将试件置于标准试验条件 3d。

11.2.2 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%。

11.2.3 每组六块试件，3 个试件的模板面与竖直支撑面紧密贴合，另外 3 个试件的抹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。

11.2.4 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。

11.2.5 读取并记录冲击能量值（ $e$ ），精确到 0.01J。

### 11.3 结果计算

按照公式（11）计算抗冲击强度，结果以 6 个试件的算术平均值表示，精确到 0.1kJ/m<sup>2</sup>。

$$\sigma_i = \frac{e}{bh} \times 10^3 \dots\dots\dots (11)$$

式中：

$\sigma_i$ -----抗冲击强度，单位为千焦每平方米（kJ/m<sup>2</sup>）；

$e$ -----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）。

## 12 锚杆拉拔力

### 12.1 仪器设备

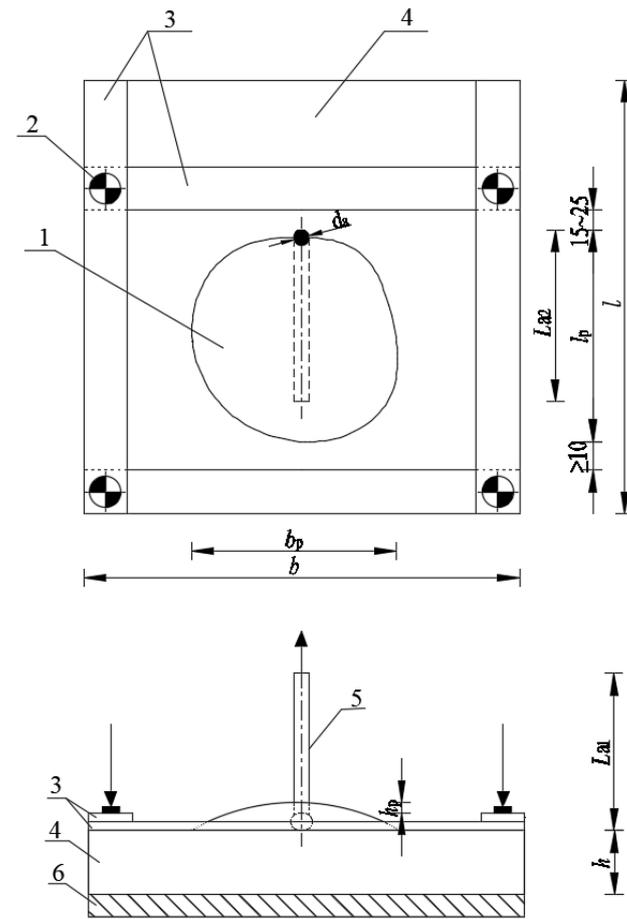
12.1.1 电子式拉力试验机：量程 0kN~20kN，精度 1%，拉拔夹紧装置具有万向节调节功能。

12.1.2 卡尺：测量范围 0mm~200mm，分度值不大于 0.02mm。

12.1.3 金属直尺，量程 0mm~300mm，分度值为 1mm。

12.1.4 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、4 条 300mm×50mm 厚度不小于 10mm 的钢板条和 4 个 C 形固定夹组成，如图 4 所示。加载夹具的设计应有足够的刚度，试件应牢固地附着在钢衬板上，在锚杆受拉时，靠近锚杆的试件截面不应弯曲。

单位为毫米



标引序号说明：

1-----粘收盘；

2-----C形固定夹；

3-----钢板条；

4-----UHPC板；

5-----锚杆；

6-----钢衬板；

$L_{a1}$ -----锚杆垂直段长度；

$L_{a2}$ -----锚杆预埋水平段长度；

$d_a$ -----锚杆直径；

$l_p$ -----粘收盘长度；

$b_p$ -----粘收盘宽度；

$h_p$ -----粘收盘平均厚度；

$l$ -----试件长度；

$b$ -----试件宽度；

$h$ -----试件厚度。

图4 锚杆拉拔力试验固定装置与加载方式

## 12.2 试验步骤

12.2.1 将试件置于标准试验条件下3d。

12.2.2 用卡尺测量锚杆直径( $d_a$ )，精确到0.1mm。

12.2.3 用金属直尺分别测量UHPC试件厚度( $h$ )、锚杆垂直段长度( $L_{a1}$ )、粘收盘沿预埋锚杆方向最大长度作为粘收盘长度( $l_p$ )、垂直于预埋锚杆方向最大宽度作为粘收盘宽度( $b_p$ )，精确到1mm。

12.2.4 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4条钢板条通过C形固定夹固定。与预埋锚杆垂直方向的2条钢板条紧贴试件上表面，且锚杆跟部表面与钢板条垂直距离为15mm~25mm。粘收盘边缘与钢板条间应有足够的距离，不应小于10mm。

12.2.5 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。

12.2.6 用金属直尺测量锚杆预埋水平段长度 ( $L_{a2}$ )，精确到 1mm。

12.2.7 用卡尺测量锚杆顶部的粘结盘平均厚度 ( $h_p$ )。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 3 个数值的算术平均值表示，精确到 0.5mm。

### 12.3 结果表示

12.3.1 锚杆拉拔力以 3 个试件最大荷载 ( $P_a$ ) 算术平均值表示，精确到 0.1kN。

12.3.2 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 ( $L_p$ )、宽度 ( $b_p$ ) 及锚杆顶部的平均厚度 ( $h_p$ ) ]；
- e) 破坏形式 (粘结盘破坏、粘结盘脱粘、锚杆钢筋屈服或 UHPC 板破坏)。

## 13 预埋螺栓套筒拉拔力

### 13.1 仪器设备

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

13.1.2 卡尺：测量范围 0mm~200mm，分度值不大于 0.02mm。

13.1.3 金属直尺，量程 0mm~300mm，分度值为 1mm。

13.1.4 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、4 条 300mm×50mm 厚度不小于 10mm 的钢板条和 4 个 C 形固定夹组成，如图 5 所示。加载夹具的设计应有足够的刚度，试件应牢固地附着在钢衬板上，在预埋螺栓套筒受拉时，靠近预埋螺栓套筒的试件截面不应弯曲。

单位为毫米



板条通过 C 形固定夹固定。粘结盘边缘与钢板条间应有足够的距离，不应小于 10mm。

13.2.7 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。

13.2.8 用卡尺测量预埋螺栓套筒埋入深度 ( $h_p$ ) 和预埋螺栓套筒长度 ( $L_s$ )，精确到 0.5mm。

### 13.3 结果表示

13.3.1 预埋螺栓套筒拉拔力以 3 个试件最大荷载 ( $P_s$ ) 算术平均值表示，精确到 0.1kN。

13.3.2 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 ( $L_p$ )、宽度 ( $b_p$ )]或标注无粘结盘及埋入深度 ( $h_p$ )；
- 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 UHPC 板破坏)。

## 14 抗冻性

### 14.1 仪器设备

14.1.1 温度计：测量范围 10℃~50℃。

14.1.2 水容器。

14.1.3 试验架。

14.1.4 自动冻融设备：应符合 JG/T 243 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。

### 14.2 试验步骤

14.2.1 将试件放入 (20±5)℃ 的水中浸泡 (24±0.5) h，取出，检查试件不应有因切割而引起的缺陷。

14.2.2 浸泡后的试件侧立在试验架上，间距不小于 15mm。

14.2.3 采用自动冻融试验，将装入试件的试验架放入自动冻融设备中，负温 (-20±2)℃ 气冻保持时间 2h，水融 (20±5)℃ 保持时间 1h，为一次循环。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。

### 14.3 结果表示

14.3.1 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。

14.3.2 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。

## 15 收缩率

### 15.1 仪器设备

- 15.1.1 外径千分尺：分度值 0.01mm。  
 15.1.2 干燥箱：温度可控制在  $(60 \pm 5)^\circ\text{C}$ 。  
 15.1.3 水槽：控制水温在  $10^\circ\text{C} \sim 25^\circ\text{C}$ 。  
 15.1.4 干燥器。

## 15.2 试验步骤

- 15.2.1 将试件置于标准试验条件下 3d。  
 15.2.2 在距试件 4 个边缘各 10mm 处划测量标线，每条标线至试件的两端面。  
 15.2.3 试件浸泡于  $10^\circ\text{C} \sim 25^\circ\text{C}$  的水中  $(24 \pm 0.5)$  h，水面高出试件不小于 20mm，取出后用拧干的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  $(60 \pm 5)^\circ\text{C}$  干燥箱中干燥  $(48 \pm 0.5)$  h，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。  
 15.2.4 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。

## 15.3 结果计算

按照公式 (12) 计算收缩率，结果以 2 个试件 8 个数据的算术平均值表示，精确到 0.01%。

$$k = \frac{l_1 - l_2}{l_1} \times 100 \dots\dots\dots (12)$$

式中：

$k$ ——收缩率，%；

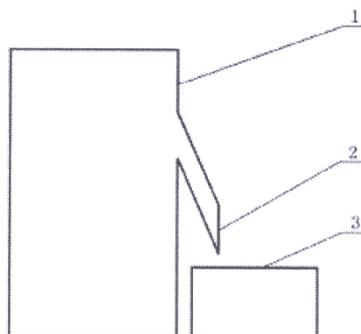
$l_1$ ——浸水后试件长度，单位为毫米 (mm)；

$l_2$ —— $(60 \pm 5)^\circ\text{C}$  干燥后试件长度，单位为毫米 (mm)。

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，分度值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 ( $m_t$ )，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余水分。  
 A.2.6 取饱水状态的试件 (见6.2.5)，用拧干的湿毛巾擦去试件表面明水。  
 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总质量 ( $m_{ts}$ )，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 2 次测量结果的算术平均值表示, 精确到  $0.1\text{cm}^3$ 。

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

式中:

$V$ -----试件的体积, 单位为立方厘米 ( $\text{cm}^3$ );

$m_r$ -----水容器质量, 单位为克 (g);

$m_{rs}$ -----水容器和溢出水的总质量, 单位为克 (g);

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