

团 体 标 准

T/CECS 10107—2020

超高性能混凝土(UHPC)技术要求

Technical requirements for ultra high performance concrete

2020-09-28 发布

2021-02-01 实施



中国工程建设标准化协会 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 分类、性能等级及标记	2
5 材料	4
6 要求	5
7 试验方法	6
8 检验规则	8
9 包装、运输和贮存	9
10 订货和交货	10
附录 A (规范性) 抗拉性能试验方法	12
附录 B (规范性) 氯离子扩散系数试验方法	16

Contents

Foreword	III
1 Range	1
2 Normative reference documents	1
3 Terms and definitions	1
4 Classification, performance grade and marking	2
5 Materials	4
6 Requirements	5
7 Test method	6
8 Inspection rules	8
9 Packaging, transportation and storage	9
10 Ordering and delivery	10
Annex A (Normative annex) Test method for tensile properties	12
Annex B (Normative annex) Test method for chloride diffusion coefficient	16

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》和 GB/T 20001.10—2014《标准编写规则 第10部分：产品标准》的规定起草。

本标准按中国工程建设标准化协会《关于印发〈2018年第一批协会标准制定、修订计划〉的通知》（建标协字〔2018〕015号）的要求制定。

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。

本文件由中国工程建设标准化协会提出。

本文件由中国工程建设标准化协会建筑与市政工程产品应用分会归口。

本文件负责起草单位：上海市建筑科学研究院有限公司、南京倍立达新材料系统工程股份有限公司。

本文件参加起草单位：中国建筑标准设计研究院有限公司、同济大学、福州大学、湖南大学、拉法基豪瑞建材（中国）有限公司、广州市玖珂瑯材料科技有限公司、上海建研建材科技有限公司、上海环宇建筑工程材料有限公司、上海城建物资有限公司、华新新型建材（武汉）有限公司、上海复培新材料技术有限公司、浙江宏日泰耐克新材料科技有限公司、上海城建市政工程（集团）有限公司、广东盖特奇新材料科技有限公司、福建瑞森新材料股份有限公司、苏州市兴邦化学建材有限公司、龙元明筑科技有限责任公司、科之杰新材料集团有限公司、旭密林建筑科技（上海）有限公司、上海核工程研究设计院有限公司、上海市城市建设设计研究总院（集团）有限公司、上海市土木工程学会。

本文件主要起草人：於林锋、樊俊江、韩建军、熊吉如、王俊颜、王琼、柯雄、姚利君、黄伟、李华良、闵轶、蒋航军、周南南、王边、单波、李欢欢、商得辰、李飞、刘健、王洪新、刘福财、陆志军、毛荣良、郑建敏、于飞宇、沈亮、王鑫、程书剑、章毅、孙振平、蒋正武、朱雪峰、张慧宁、商涛平、李敏波、沈贵阳、孙丹丹、勾鸿量、钱磊。

本文件审查人：顾泰昌、阎培渝、黄政宇、吴香国、焦楚杰、王冲、郑七振。

超高性能混凝土(UHPC)技术要求

1 范围

本文件规定了超高性能混凝土的分类、性能等级及标记,材料,要求,试验方法,检验规则,包装、运输和贮存,订货和交货。

本文件适用于桥梁、建筑、市政等工程用的超高性能混凝土。

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 200 中热硅酸盐水泥、低热硅酸盐水泥
GB/T 1596 用于水泥和混凝土中的粉煤灰
GB/T 2015 白色硅酸盐水泥
GB/T 2611 试验机通用技术要求
GB/T 3159 液压式万能试验机
GB 8076 混凝土外加剂
GB/T 18046 用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉
GB/T 21120 水泥混凝土和砂浆用合成纤维
GB/T 27690 砂浆和混凝土用硅灰
GB/T 35164 用于水泥、砂浆和混凝土中的石灰石粉
GB/T 50080 普通混凝土拌合物性能试验方法标准
GB/T 50081 混凝土物理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 50119 混凝土外加剂应用技术规范
JC/T 572 耐碱玻璃纤维无捻粗纱
JGJ 63 混凝土拌合用水标准

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 ultra high performance concrete

由水泥、矿物掺合料、骨料、纤维、外加剂和水等原材料制成的具有超高力学性能、超高抗渗性能的高韧性水泥基复合材料。

3.2

预混料 premix

由水泥、矿物掺合料、骨料按超高性能混凝土配合比配制的干混料,其中可包含粉状外加剂、纤维。

3.3

抗拉性能 tensile performance

超高性能混凝土在单轴拉伸荷载作用下表现出的力学和变形特征。

3.4

抗拉强度 tensile strength

单轴拉伸试验过程中试件达到的最大拉应力。

3.5

抗拉应变 tensile strain

单轴拉伸试验过程中试件达到最大拉应力时对应的拉应变。

3.6

应变软化 strain softening

当拉应力超过弹性极限抗拉强度后,拉应力随应变增大而持续下降的现象。

3.7

应变硬化 strain hardening

当拉应力超过弹性极限抗拉强度后,拉应力随应变增大而持续上升的现象。

3.8

残余抗拉强度 residual tensile strength

单轴拉伸试验过程中试件在应变软化段达到规定拉应变时对应的拉应力。

3.9

热养护 heat curing

借助于热源的热能,经介质的传导、对流或光波辐射,将热量传递于超高性能混凝土,并对周围相对湿度加以控制的养护方法。

3.10

标准蒸汽养护 standard steam curing

在温度为 $20\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度大于 50% 的室内静置 1 d~2 d 后脱模,将脱模后的试件放入蒸汽养护箱,以不大于 $15\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 的速率升温至 $90\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$,恒温 48 h,然后以不大于 $15\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 的速率降温至室温,待试件冷却至室温后从蒸汽养护箱中取出的养护制度。

3.11

早龄期自收缩 standard steam curing

在与外界无水分交换的条件下,超高性能混凝土从初凝开始至初凝后 72 h,由于胶凝材料水化引起内部相对湿度降低和毛细孔负压而导致的宏观体积的减小。

3.12

干燥收缩 drying shrinkage

硬化超高性能混凝土在无约束和规定温湿度条件下的收缩变形,其中包括超高性能混凝土在不饱和和空气中失水引起的收缩和胶凝材料水化引起的自收缩。

4 分类、性能等级及标记

4.1 分类

4.1.1 超高性能混凝土按产品用途分为结构类超高性能混凝土和非结构类超高性能混凝土,并采用表 1 规定的代号。

表 1 按用途分类的超高性能混凝土及其代号

种类	结构类超高性能混凝土	非结构类超高性能混凝土
代号	ST	NST

4.1.2 超高性能混凝土按养护方法分为自然养护类超高性能混凝土和热养护类超高性能混凝土,并采用表 2 规定的代号。

表 2 按养护方法分类的超高性能混凝土及其代号

种类	自然养护类超高性能混凝土	热养护类超高性能混凝土
代号	N	H

4.2 性能等级

4.2.1 超高性能混凝土的扩展度分级应符合表 3 的规定。

表 3 超高性能混凝土扩展度分级

单位为毫米

等级	UF1	UF2	UF3
扩展度	$S < 650$	$650 \leq S < 750$	$S \geq 750$

4.2.2 超高性能混凝土的抗压性能分级应符合表 4 的规定。

表 4 超高性能混凝土抗压性能分级

单位为兆帕

等级	UC1	UC2	UC3	UC4
抗压强度	$100 \leq f_{cu} < 120$	$120 \leq f_{cu} < 150$	$150 \leq f_{cu} < 180$	$f_{cu} \geq 180$

4.2.3 超高性能混凝土的抗拉性能分级应符合表 5 的规定。

表 5 超高性能混凝土抗拉性能分级

等级	UT1	UT2	UT3	UT4
抗拉强度/MPa	≥ 5	≥ 5	≥ 7	≥ 10
残余抗拉强度/弹性极限抗拉强度	≥ 0.7	—	—	—
抗拉强度/弹性极限抗拉强度	≥ 1.00	> 1.00	≥ 1.10	≥ 1.20
抗拉应变/ $\times 10^{-6}$	$< 1\ 000$	$\geq 1\ 000$	$\geq 1\ 500$	$\geq 2\ 000$
注 1: UT1 级代表超高性能混凝土在单轴拉伸试验过程中无显著应变硬化现象或只表现出应变软化现象,UT2、UT3、UT4 级代表超高性能混凝土在单轴拉伸试验过程中表现出不同程度拉伸应变硬化现象。 注 2: 残余抗拉强度取超高性能混凝土拉伸至拉应变为 $1\ 500 \times 10^{-6}$ 时对应的拉应力。 注 3: 同一等级中所列指标应同时满足,否则应降级。				

4.3 标记

超高性能混凝土应按下列顺序进行标记:

- a) 产品用途代号;
- b) 养护方法代号;
- c) 产品简称 UHPC;
- d) 扩展度等级代号;
- e) 抗压性能等级代号;
- f) 抗拉性能等级代号;
- g) 本标准编号。

示例 1:

自然养护的结构类超高性能混凝土,扩展度等级为 UF2,抗压性能等级为 UC3,抗拉性能等级为 UT3,标记为:

ST-N-UHPC UF2/UC3/UT3-T/CECS 10107—2020

示例 2:

热养护的非结构类超高性能混凝土,扩展度等级为 UF3,抗压性能等级为 UC1,抗拉性能等级为 UT2,标记为:

NST-H-UHPC UF3/UC1/UT2-T/CECS 10107—2020

5 材料

5.1 水泥

5.1.1 水泥宜选用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、中热硅酸盐水泥或白色硅酸盐水泥。硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥应符合 GB 175 的有关规定,中热硅酸盐水泥应符合 GB/T 200 的有关规定,白色硅酸盐水泥应符合 GB/T 2015 的规定。

5.1.2 当采用其他种类的水泥时,应通过试验验证,满足超高性能混凝土设计性能要求时方可使用。

5.2 矿物掺合料

5.2.1 硅灰应符合 GB/T 27690 的规定, SiO_2 含量宜大于 90%。

5.2.2 石英粉的 SiO_2 含量应大于 95%,小于 0.16 mm 粒径的颗粒比例应大于 95%,氯离子含量不应大于 0.02%,硫化物及硫酸盐含量不应大于 0.50%,云母含量不应大于 0.50%。

5.2.3 粉煤灰应符合 GB/T 1596 的规定,粒化高炉矿渣粉应符合 GB/T 18046 的规定,石灰石粉应符合 GB/T 35164 的规定。

5.2.4 当采用其他矿物掺合料时,矿物掺合材料性应符合国家现行标准的有关规定,且应通过试验验证,满足超高性能混凝土设计性能要求时方可使用。

5.3 骨料

5.3.1 骨料宜选用最大粒径不超过 1.25 mm 的单粒级石英砂,也可选用细度模数为 1.6~2.2 的天然砂或人工砂。石英砂按粒径可分粗粒径砂(1.25 mm~0.63 mm)、中粒径砂(0.63 mm~0.315 mm)和细粒径砂(0.315 mm~0.16 mm)三个粒级。天然砂含泥量不应大于 0.5%,泥块含量应为 0%。人工砂的石粉含量不应大于 5%,且亚甲蓝试验结果(MB 值)不应大于 1.4。

5.3.2 石英砂、天然砂、人工砂的氯离子含量不应大于 0.02%,硫化物及硫酸盐含量不应大于 0.5%,云母含量不应大于 0.5%。

5.3.3 超高性能混凝土有特殊要求需使用粗骨料时,其最大粒径不应大于 10 mm,且应通过试验验证,满足超高性能混凝土设计性能要求时方可使用。

5.4 外加剂

5.4.1 减水剂应符合 GB 8076 和 GB 50119 的规定,宜选用减水率不小于 30%的高性能减水剂。

5.4.2 其他外加剂应符合国家现行标准的有关规定,与水泥和矿物掺合料有良好的适应性,且应通过试验验证,满足超高性能混凝土设计性能要求时方可使用。

5.5 纤维

5.5.1 超高性能混凝土中掺加的钢纤维宜采用长度为 6 mm~25 mm、直径为 0.10 mm~0.25 mm、抗拉强度不低于 2 000 MPa 的微细钢纤维。

5.5.2 超高性能混凝土中掺加的合成纤维应符合 GB/T 21120 的规定。

5.5.3 超高性能混凝土中掺加的玻璃纤维应符合 JC/T 572 的规定,且应通过试验验证,满足超高性能混凝土设计性能要求时方可使用。

5.6 水

拌合用水应符合 JGJ 63 的规定。

6 要求

6.1 拌合物性能

超高性能混凝土的拌合物性能要求应由设计单位或供需双方根据工程实际需求确定。无特殊要求的情况下,扩展度、扩展度经时损失、扩展时间应符合表 6 的规定。

表 6 超高性能混凝土拌合物性能要求

项目	扩展度 mm	扩展度经时损失 mm	扩展时间 s
要求	≥650	≤100	3~10

6.2 力学性能

超高性能混凝土的力学性能应符合表 7 的规定。

表 7 超高性能混凝土力学性能要求

分类	项目			
	抗压强度 MPa	抗拉性能	弹性模量 GPa	抗弯强度 MPa
结构类	≥120	不低于 UT2 级	≥40	≥14
非结构类	≥100	不低于 UT1 级	≥40	≥10

6.3 耐久性能

对耐久性能有要求时,超高性能混凝土的氯离子扩散系数应符合表 8 的规定。

表 8 超高性能混凝土耐久性能要求

项目	结构类	非结构类
氯离子扩散系数/($\times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$)	≤0.40	≤0.60

6.4 收缩

对收缩有要求时,超高性能混凝土的干燥收缩、早龄期自收缩应符合表 9 的规定。

表 9 超高性能混凝土收缩要求

项目	自然养护类	热养护类
干燥收缩/ $\times 10^{-6}$	≤ 300	≤ 100
早龄期自收缩/ $\times 10^{-6}$	$\leq 1\ 000$	—

7 试验方法

7.1 试件制备

7.1.1 搅拌

超高性能混凝土的搅拌应符合下列规定。

- 超高性能混凝土应采用强制式搅拌机搅拌,搅拌时宜将水泥、矿物掺合料、骨料、粉剂外加剂等干料预先干拌 1 min~2 min,然后加入水和其他液体原材料湿拌,湿拌时间不宜低于 5 min,至拌合物接近目标流动性;然后缓慢加入纤维,待纤维全部加完后继续搅拌不少于 2 min,至纤维在拌合物中分散均匀。
- 超高性能混凝土的搅拌方式宜根据产品特点和实际情况进行调整。
- 采用预混料制备超高性能混凝土时,应根据使用说明书中的要求进行搅拌。

7.1.2 成型

超高性能混凝土试件的成型应符合下列规定。

- 超高性能混凝土拌合物宜从试模的一侧开始浇筑,一次浇筑完毕,浇筑后可用橡胶锤轻敲侧模排除气泡。
- 对于扩展度小于 650 mm 的超高性能混凝土拌合物,浇筑完成后,可根据需要将试模置于振动台上振动以排除气泡,振动时间宜为 10 s~15 s。
- 成型过程中不得进行插捣。

7.1.3 养护

超高性能混凝土试件的养护应符合下列规定。

- 试件成型后,应立即在试模表面覆盖塑料薄膜,避免水分散失。
- 自然养护类超高性能混凝土试件应按 GB/T 50081 的规定进行标准养护。
- 热养护类超高性能混凝土试件应进行标准蒸汽养护。

7.2 试验龄期

7.2.1 硬化超高性能混凝土性能测试的试件试验龄期应符合下列规定。

- 自然养护类超高性能混凝土试件,无特殊情况下,试验龄期应为 28 d。
- 热养护类超高性能混凝土试件,无特殊情况下,试验龄期应为 7 d。试件应在标准蒸汽养护结束后,放置于 GB/T 50081 规定的试验环境中至试验龄期。

7.2.2 超高性能混凝土干燥收缩和早龄期自收缩试件的试验龄期,应符合 7.6.1 和 7.6.2 的规定。

7.3 拌合物性能测定

7.3.1 扩展度及扩展度经时损失

超高性能混凝土拌合物的扩展度及扩展度经时损失应按 GB/T 50080 的有关规定进行测定,应测试超高性能混凝土拌合物不再扩散或扩散持续时间达到 90 s 时的扩展度。扩展度经时损失无特殊要求情况下应测试 1 h 扩展度经时损失。

7.3.2 扩展时间

超高性能混凝土拌合物的扩展时间应按 GB/T 50080 的有关规定进行测定,应测试自坍落度筒提离地面时开始,至扩展开的超高性能混凝土拌合物外缘初触平板上所绘直径 500 mm 圆周的时间。

7.4 力学性能测定

7.4.1 抗压强度

超高性能混凝土的抗压强度应按 GB/T 50081 的有关规定进行测定,并应符合下列规定。

- 应采用 100 mm×100 mm×100 mm 的立方体试件,每组 6 个试件。
- 加载速率应为 1.20 MPa/s~1.40 MPa/s。
- 取与平均值偏差小于 10% 的试件强度平均值作为测定值。当 6 个测值中有 1 个或 2 个与平均值的差值超过平均值的 10% 时,将超出平均值 10% 的测值舍除,取剩余测值的平均值作为该组试件的抗压强度值;当有 3 个或 3 个以上试件强度值与平均值偏差大于 10% 时,则该组试件试验结果无效。

7.4.2 抗拉性能

超高性能混凝土的抗拉性能应按附录 A 进行测定。

7.4.3 弹性模量

超高性能混凝土的弹性模量应按 GB/T 50081 的有关规定进行测定,试件应采用 100 mm×100 mm×300 mm 的棱柱体试件,加载速率应为 1.20 MPa/s~1.40 MPa/s。

7.4.4 抗弯强度

超高性能混凝土的抗弯强度应按 GB/T 50081 中抗折强度试验方法的有关规定进行测定,并应符合下列规定:

- 应采用 100 mm×100 mm×400 mm 的棱柱体试件,每组 3 个试件;
- 应采用四点加载方式,试件支座间的跨度为 300 mm,双点加荷应使两个相等的荷载同时垂直作用在试件跨度的两个三分点处;
- 应对试件进行连续均匀加载,初裂前的加载速率为 0.12 MPa/s~0.14 MPa/s,初裂后取位移控制,加载速率为 0.1 mm/min,初裂后应继续加载至荷载低于最大荷载的 30%;
- 以试验过程中的最大荷载计算抗弯强度。

7.5 耐久性能测定

超高性能混凝土的氯离子扩散系数应按附录 B 进行测定。

7.6 收缩测定

7.6.1 干燥收缩

超高性能混凝土的干燥收缩应按 GB/T 50082 中收缩试验(接触法)的有关规定进行测定。自然养护类超高性能混凝土干燥收缩测试的开始时间为 3 d 龄期,测试时长为 28 d;热养护类超高性能混凝土干燥收缩测试的开始时间为标准蒸汽养护结束,测试时长为 28 d。

7.6.2 早龄期自收缩

自然养护类超高性能混凝土的早龄期自收缩应按 GB/T 50082 中收缩试验(非接触法)的有关规定进行测定,应测试从初凝开始至初凝后 72 h 的收缩值。超高性能混凝土的凝结时间应按 GB/T 50080 的有关规定进行测定,应采用不含纤维和粗骨料的超高性能混凝土拌合物。热养护类超高性能混凝土可不进行早龄期自收缩测试。

8 检验规则

8.1 一般规定

8.1.1 超高性能混凝土产品质量检验分为型式检验、出厂检验和交货检验。

8.1.2 在下列情况下应进行型式检验:

- a) 新产品投产或产品定型鉴定时;
- b) 正常生产时,每年至少进行一次;
- c) 主要材料、配合比或生产工艺有较大差异时;
- d) 出厂检验结果与上次型式检验结果有较大差异时;
- e) 停产六个月以上恢复生产时。

8.1.3 超高性能混凝土出厂前应进行出厂检验,出厂检验的取样、测试工作应由供方承担。

8.1.4 超高性能混凝土的交货检验应在供需双方合同约定的交货地点进行,取样、测试工作应由需方承担,当需方不具备试验和人员的技术资质时,供需双方可协商确定并委托有检验资质的单位承担,并应在合同中予以明确。交货检验的试验结果应在试验结束后 7 d 内通知供方。

8.2 检验项目

型式检验、出厂检验和交货检验的检验项目应符合表 10 的规定。

表 10 超高性能混凝土检验项目

项目	型式检验	出厂检验	交货检验
扩展度	√	√	√
扩展度经时损失	√	×	○
扩展时间	√	×	○
抗压强度	√	√	√
抗拉性能	√	×	√
弹性模量	√	×	○
抗弯强度	√	√	○

表 10 超高性能混凝土检验项目 (续)

项目	型式检验	出厂检验	交货检验
氯离子扩散系数	√	×	○
干燥收缩	√	×	○
早龄期自收缩	√	×	○
注：“√”为必检项目，“×”为无需检验项目，“○”为可选检验项目，由设计单位或供需双方协商确定。			

8.3 取样与检验频率

8.3.1 超高性能混凝土拌合物

8.3.1.1 出厂检验的超高性能混凝土拌合物试样，应在搅拌地点随机采样，每 50 m³ 相同配合比的超高性能混凝土取样不应少于 1 次。每一工作班相同配合比的超高性能混凝土不足 50 m³ 时，取样不应少于 1 次。

8.3.1.2 交货检验的超高性能混凝土拌合物试样，应在交货地点随机采取。当从运输车中取样时，应在超高性能混凝土拌合物卸料过程中卸料量的 1/4 至 3/4 之间采取，且应从同一运输车中采取。扩展度和抗压强度检验的试样，每浇筑 50 m³ 相同配合比的超高性能混凝土取样不应少于 1 次；抗拉性能检验的试样，每浇筑 200 m³ 相同配合比的超高性能混凝土取样不应少于 1 次；设计单位或供需双方协商确定的其他检验项目，同一工程、同一配合比应至少进行一次检验。

8.3.2 预混料

8.3.2.1 出厂检验的预混料试样，应在出料口随机采样，按超高性能混凝土配合比拌制成超高性能混凝土拌合物后检验。以 100 t 相同配比的预混料为 1 批，每 1 批取样不应少于 1 次。

8.3.2.2 交货检验的预混料试样，应在交货地点随机抽取，按超高性能混凝土配合比拌制成超高性能混凝土拌合物后检验。扩展度和抗压强度的检验，每 100 t 相同配比的预混料取样不应少于 1 次；抗拉性能的检验，每 500 t 相同配比的预混料取样不应少于 1 次；设计单位或供需双方协商确定的其他检验项目，同一工程、同一配比预混料应至少进行一次检验。

8.4 判定规则

8.4.1 对于型式检验的判定，若全部检验项目符合本标准要求，则判定该产品合格。若有 2 项或 2 项以上检验项目不符合本标准要求时，则判定该产品不合格。若仅有一项检验项目不符合本标准要求时，可重新加倍取样对不符合项目进行二次检验，如符合要求，则判定该产品合格；如不符合要求，则判定该产品为不合格。

8.4.2 对于出厂检验和交货检验的判定，若全部检验项目符合本标准要求，则判定该产品的检验项目合格；若有检验项目不符合本标准要求，则判定该检验项目不合格。

9 包装、运输和贮存

9.1 包装

9.1.1 超高性能混凝土以预混料形式供应时，可采用小袋或吨袋包装。化学外加剂、纤维可预拌于干混料中一同供应，也可单独包装供应。

9.1.2 袋装超高性能混凝土预混料包装袋上应有标志标明产品名称、标记、商标、加水量、化学外加剂掺量(如需)、纤维掺量(如需)、净含量、使用说明、贮存条件及保质期、生产日期或批号、生产单位、地址和电话等。

9.2 运输

9.2.1 超高性能混凝土预混料运输时,应有防扬尘措施,不应污染环境。

9.2.2 袋装超高性能混凝土预混料运输过程中,不得混入杂物,并应有防雨、防潮和防扬尘措施。

9.2.3 当以超高性能混凝土拌合物的形式运输时,应采用搅拌运输车运输。运输车装料前,装料口应保持清洁,筒体内不应有积水、积浆及杂物。

9.3 贮存

9.3.1 超高性能混凝土预混料在贮存过程中不应受潮和混入杂物。不同品种、型号规格的超高性能混凝土预混料应分别贮存,不应混杂。

9.3.2 袋装超高性能混凝土预混料应贮存在干燥环境中,应有防雨、防潮、防扬尘措施。贮存过程中包装袋不应破损。

9.3.3 袋装超高性能混凝土预混料的保质期自生产日起为6个月。超过6个月时应进行复检,复检合格后方可继续使用。

10 订货和交货

10.1 订货

10.1.1 购买超高性能混凝土时,供需双方应先签订合同。

10.1.2 合同签订后,供方应按订货单组织生产和供应。订货单应至少包括以下内容:

- a) 订货单位及联系人;
- b) 施工单位及联系人;
- c) 工程名称;
- d) 交货地点;
- e) 产品标记;
- f) 标记内容以外的要求;
- g) 订货量;
- h) 供货起止时间;
- i) 其他。

10.2 交货

10.2.1 供需双方应在合同规定的地点交货。

10.2.2 交货时,需方应指定专人及时对供方所供超高性能混凝土的质量、数量进行确认。

10.2.3 供方应随每一辆运输车向需方提供发货单,发货单应至少包括以下内容:

- a) 合同编号;
- b) 发货单编号;
- c) 需方名称;
- d) 供方名称;
- e) 工程名称;
- f) 产品标记;

- g) 供货量；
- h) 供货日期；
- i) 供需双方交接人员签字；
- j) 其他。

10.2.4 供方提供发货单时应附上产品质量证明文件,产品质量证明文件应包括产品型式检验报告和出厂检验报告。

附录 A
(规范性)
抗拉性能试验方法

A.1 范围

本试验方法适用于测定超高性能混凝土在单轴拉伸试验条件下的弹性极限抗拉强度、弹性极限拉应变、拉伸弹性模量、抗拉强度、抗拉应变,以评价超高性能混凝土的抗拉性能。

A.2 试件尺寸和数量

A.2.1 抗拉性能试件尺寸如图 A.1 所示,其中 B-C 弧段由包括 B 点、C 点在外的 21 个点连接而成的 20 条线段组成,每个点的坐标见表 A.1,F-E、I-J、M-L 弧段构成同 B-C 弧段。

A.2.2 抗拉性能试件厚度分为 30 mm 和 100 mm 两种,设计单位或供需双方可根据需要选择抗拉性能试验试件的厚度。当超高性能混凝土中纤维长度不大于 13 mm 且不含粗骨料时,宜采用厚度为 30 mm 的试件;当超高性能混凝土中纤维长度大于 13 mm 或含有粗骨料时,宜采用厚度为 100 mm 的试件。不同厚度试件的测试结果在进行合格评定时不考虑尺寸效应。

A.2.3 每组试件数量为 6 个。

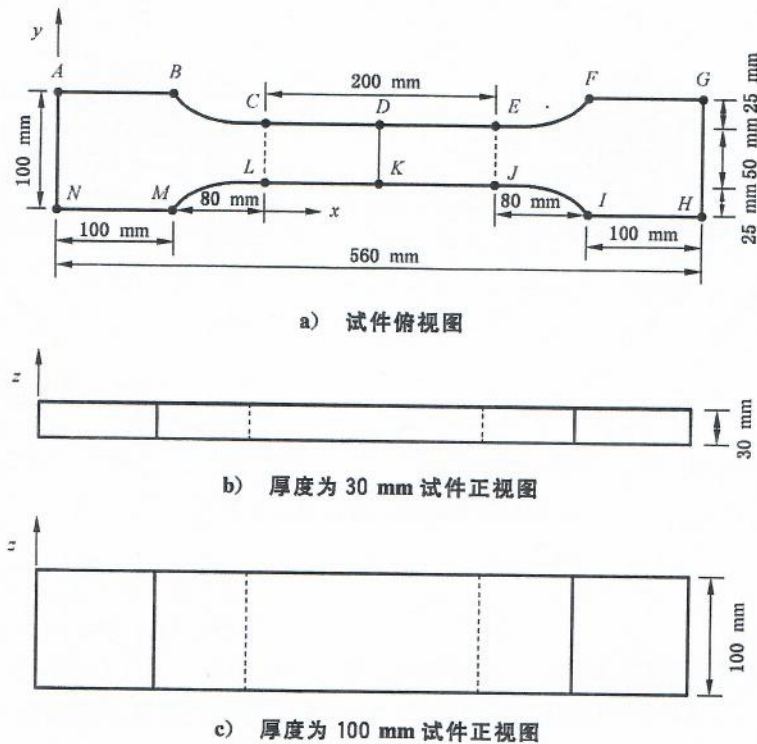


图 A.1 抗拉性能试件尺寸示意图

表 A.1 B-C 弧段内各连接点坐标

点	1(B点)	2	3	4	5	6	7
X/mm	100.0	104.0	108.0	112.0	116.0	120.0	124.0
Y/mm	100.0	94.4	90.0	86.6	84.0	81.9	80.4
点	8	9	10	11	12	13	14
X/mm	128.0	132.0	136.0	140.0	144.0	148.0	152.0
Y/mm	79.1	78.2	77.4	76.8	76.4	76.0	75.8
点	15	16	17	18	19	20	21(C点)
X/mm	156.0	160.0	164.0	168.0	172.0	176.0	180.0
Y/mm	75.6	75.4	75.3	75.2	75.1	75.0	75.0

A.3 试验仪器

A.3.1 拉力试验机应符合下列规定：

- 试件破坏荷载宜大于拉力试验机全量程的 20% 且宜小于拉力试验机全量程的 80%；
- 示值相对误差应为 $\pm 1\%$ ；
- 应具有加荷速度指示装置或加荷速度控制装置，并能均匀、连续地加荷；
- 其拉伸间距不应小于 800 mm~1 000 mm；
- 其他要求应符合 GB/T 3159 和 GB/T 2611 的有关规定。

A.3.2 用于微变形测量的仪器装置应符合下列规定。

- 用于微变形测量的仪器宜采用位移传感器，也可采用激光测长仪、引伸仪等。采用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位移传感器。采用位移传感器测量试件变形时，应备有数据自动采集系统；条件许可时，可采用荷载和位移数据同步采集系统。
- 当采用位移传感器时，其测量精度应为 ± 0.001 mm；当采用激光测长仪或引伸仪时，其测量精度应为 $\pm 0.001\%$ 。
- 微变形测量仪的标距宜为 200 mm。

A.4 试验步骤

A.4.1 按第 7 章有关规定制作试件。每个试件在进行抗拉性能试验时，应同时确定弹性极限抗拉强度、弹性极限拉应变、拉伸弹性模量、抗拉强度、抗拉应变 5 个参数，对于抗拉应变小于 $1\,000 \times 10^{-6}$ 的试件尚应确定残余抗拉强度。

A.4.2 到达试验龄期前，将试件从养护室取出，待表面水分干燥后，将试件放置于试验机上下夹具中，保证上下夹具连接件与混凝土试件的中轴线一致并对中。在试件弧形段与夹具接触部位放置 0.5 mm~1 mm 厚的橡胶垫片。将试件上端与试验机上夹头固定，升降拉力试验机至合适高度，调整试件方向，将试件下端固定。

A.4.3 当采用位移传感器测量变形时，应将位移传感器固定在变形测量架，并由标距定位杆进行定位，然后将变形测量架通过紧固螺钉固定在试件中部。从试件取出至试验完毕，不宜超过 4 h。应提前做

好变形测量的准备工作。

A.4.4 开动试验机进行预拉,预拉荷载相当于破坏荷载的15%~20%。预拉时,应测读应变值,计算偏心率,计算方法参考GB/T 50081的轴向拉伸试验方法。当试块偏心率大于15%时,应对试块重新进行对中调整。

A.4.5 预拉完毕后,应重新调整测量仪器,进行正式测试。拉伸试验时,对试件进行连续、均匀加荷,宜采用位移控制加荷,加荷速率宜控制在0.2 mm/min。当采用位移传感器测量变形时,试件测量标距内的变形应由数据采集系统自动记录,绘制荷载-变形曲线。

A.4.6 当满足下列条件之一时,应终止加载,停止试验:

- 试件进入拉伸应变软化阶段后拉应力低于抗拉强度的30%时;
- 试件的拉应变达到 $10\,000 \times 10^{-6}$ 时;
- 拉断。

A.5 结果计算及确定

A.5.1 弹性极限点

在结果计算前,首先应确定抗拉弹性极限点。在位移传感器和数据采集系统绘制的荷载-变形曲线中,由线性段转为非线性段的点作为弹性极限点。当弹性极限点不明显时,取拉应变为 200×10^{-6} 对应的曲线上的点作为弹性极限点。

A.5.2 弹性极限抗拉强度应按式(A.1)进行计算:

$$f_{te} = \frac{F_{te}}{A} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

f_{te} ——弹性极限抗拉强度,单位为兆帕(MPa),计算结果精确至0.01 MPa;

F_{te} ——弹性极限荷载,取弹性极限点处的荷载,单位为牛(N);

A ——抗拉试件中部截面积,单位为平方毫米(mm²)。

A.5.3 弹性极限拉应变应按式(A.2)进行计算:

$$\mu_{te} = \frac{l_{te}}{L} \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

μ_{te} ——弹性极限拉应变,计算结果精确至 10×10^{-6} ;

l_{te} ——弹性极限点处变形,单位为毫米(mm);

L ——测试标距,单位为毫米(mm)。

A.5.4 拉伸弹性模量应按式(A.3)进行计算:

$$E_{te} = \frac{f_{te}}{\mu_{te}} \dots\dots\dots (A.3)$$

式中:

E_{te} ——拉伸弹性模量,单位为吉帕(GPa),计算结果精确至0.1 GPa;

f_{te} ——弹性极限抗拉强度,单位为兆帕(MPa);

μ_{te} ——弹性极限拉应变($\times 10^{-6}$)。

A.5.5 抗拉强度应按式(A.4)进行计算:

$$f_{tu} = \frac{F_{max}}{A} \dots\dots\dots (A.4)$$

式中:

f_{tu} ——抗拉强度,单位为兆帕(MPa),计算结果精确至 0.01 MPa;

F_{max} ——抗拉试验加荷过程中的最大荷载,单位为牛(N);

A ——抗拉试件中部截面积,单位为平方毫米(mm^2)。

A.5.6 抗拉应变应按式(A.5)进行计算:

$$\mu_{tu} = \frac{l_{tu}}{L} \dots\dots\dots (A.5)$$

式中:

μ_{tu} ——抗拉应变,计算结果精确至 10×10^{-6} ;

l_{tu} ——最大拉应力处变形,取荷载-变形曲线中最大拉应力处的试件变形,单位为毫米(mm);

L ——测试标距,单位为毫米(mm)。

A.5.7 残余抗拉强度应按式(A.6)计算:

$$f_{tr} = \frac{F_{tr}}{A} \dots\dots\dots (A.6)$$

式中:

f_{tr} ——残余抗拉强度,单位为兆帕(MPa),计算结果精确至 0.01 MPa;

F_{tr} ——抗拉应变小于 $1\,000 \times 10^{-6}$ 的试件拉伸试验过程中拉应变为 $1\,500 \times 10^{-6}$ 时的荷载,单位为牛(N);

A ——抗拉试件中部截面积,单位为平方毫米(mm^2)。

A.5.8 试验结果的处理

开裂位置位于标距内的试件为有效拉伸试件,有效拉伸试件数量不应小于 4 个。当有效拉伸试件数量小于 4 个时,该组试件无效。以所有有效拉伸试件测值的平均值确定弹性极限抗拉强度、弹性极限拉应变、拉伸弹性模量、抗拉强度、抗拉应变的最终试验结果。

A.6 抗拉性能等级的评定

进行抗拉性能等级评定时,应根据单根有效拉伸试件的抗拉强度、弹性极限抗拉强度、抗拉应变、残余抗拉强度的测试结果按表 5 分别进行评级,当有 3 个或 3 个以上有效拉伸试件的各项抗拉性能指标符合目标抗拉性能等级要求时,可认为受检的超高性能混凝土达到相应的抗拉性能等级,否则应做降级处理。

附录 B
(规范性)
氯离子扩散系数试验方法

B.1 范围

本方法适用于以快速氯离子扩散系数法(或称 RCM 法)测定氯离子在超高性能混凝土中非稳态迁移的扩散系数来确定超高性能混凝土的抗氯离子渗透性能。

B.2 试件尺寸和数量

B.2.1 试件尺寸:宜采用直径 $100\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$ 、高度 $50\text{ mm} \pm 2\text{ mm}$ 的圆柱体试件。当需要提高氯离子渗透深度时,可采用直径 $100\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$ 、高度 $30\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$ 的圆柱体试件。

B.2.2 试件数量:每组试件数量为 3 块。

B.2.3 试件成型时应使用不含纤维的超高性能混凝土拌合物。

B.3 试验所用仪器设备、溶液和指示剂

试验所用仪器设备、溶液和指示剂应符合 GB/T 50082 的有关规定,其中 RCM 装置的电源应能稳定提供 $0\text{ V} \sim 90\text{ V}$ 的可调直流电。

B.4 试件制备

B.4.1 试件制作应符合第 7 章的规定,在试验室制作试件时,宜采用 $\phi 100\text{ mm} \times 200\text{ mm}$ 试模。

B.4.2 自然养护类超高性能混凝土试件应在抗氯离子渗透性能试验前 7 d 加工成标准尺寸的试件,热养护类超高性能混凝土试件应在标准蒸汽养护结束时加工成标准尺寸试件。应先将试件从正中间切成 $\phi 100\text{ mm} \times 100\text{ mm}$ 相同尺寸的两部分,然后从两部分各切取一个目标高度的圆柱体试件,并应将第一次的切口面作为暴露于氯离子溶液中的测试面。

B.4.3 试件加工后应采用 200 号~600 号的水砂纸和细锉刀打磨光滑,加工好的试件应按相应的养护制度继续养护至试验龄期。

B.5 试验步骤

B.5.1 RCM 法试验应按下述步骤进行。

- a) 首先应将试件从养护池中取出,并将试件表面的碎屑刷洗干净,擦干试件表面多余的水分。然后应采用游标卡尺测量试件的直径和高度,测量应精确到 0.1 mm 。应将试件在饱和面干状态下置于真空容器中进行真空处理。应在 5 min 内将真空容器中的气压减少至 $1\text{ kPa} \sim 5\text{ kPa}$,并保持该真空度 3 h ,然后在真空泵仍然运转的情况下,将用蒸馏水配制的饱和氢氧化钙溶液注入容器,溶液高度应保证将试件浸没。在试件浸没 1 h 后恢复常压,并应继续浸泡 $18\text{ h} \pm 2\text{ h}$ 。
- b) 试件安装在 RCM 试验装置前应采用电吹风冷风挡吹干,表面应干净,无油污、灰砂和水珠。

- c) RCM 试验装置的试验槽在试验前应用室温凉开水冲洗干净。
- d) 试件和 RCM 试验装置准备好以后,应将试件装入橡胶套内的底部,应在与试件齐高的橡胶套外侧安装两个不锈钢环箍(图 B.1),每个箍高度应为 20 mm,并应拧紧环箍上的螺栓至扭矩 $30 \text{ N} \cdot \text{m} \pm 2 \text{ N} \cdot \text{m}$,使试件的圆柱侧面处于密封状态。

单位为毫米

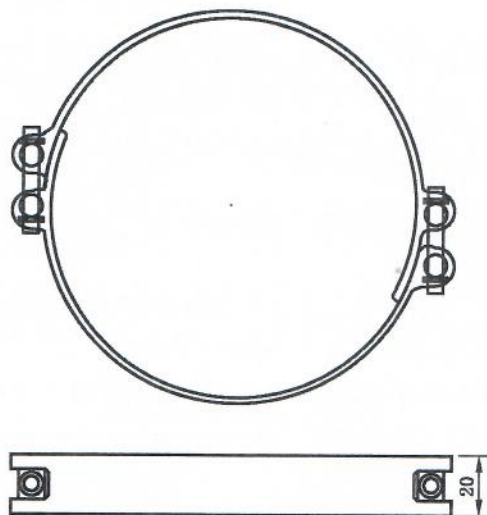


图 B.1 不锈钢环箍

- e) 应将装有试件的橡胶套安装到试验槽中,并安装好阳极板。然后应在橡胶套中注入约 300 mL 浓度为 0.3 mol/L 的 NaOH 溶液,并使阳极板和试件表面均浸没于溶液中。应在阴极试验槽中注入 12 L 质量浓度为 10% 的 NaCl 溶液,并应使其液面与橡胶套中的 NaOH 溶液的液面齐平。
- f) 试件安装完成后,应将电源的阳极(又称正极)用导线连至橡胶筒中阳极板,并将阴极(又称负极)用导线连至试验槽中的阴极板。

B.5.2 电迁移试验应按下列步骤进行。

- a) 首先应打开电源,将电压调整到 $30 \text{ V} \pm 0.2 \text{ V}$,并应记录通过每个试件的初始电流。
- b) 后续试验应施加的电压(表 B.1 第二列)应根据施加 30 V 电压时测量得到的初始电流值所处的范围(表 B.1 第一列)决定。应根据实际施加的电压,记录新的初始电流。应按照新的初始电流值所处的范围(表 B.1 第三列),确定试验应持续的时间(表 B.1 第四列)。

表 B.1 初始电流、电压与试验时间的关系

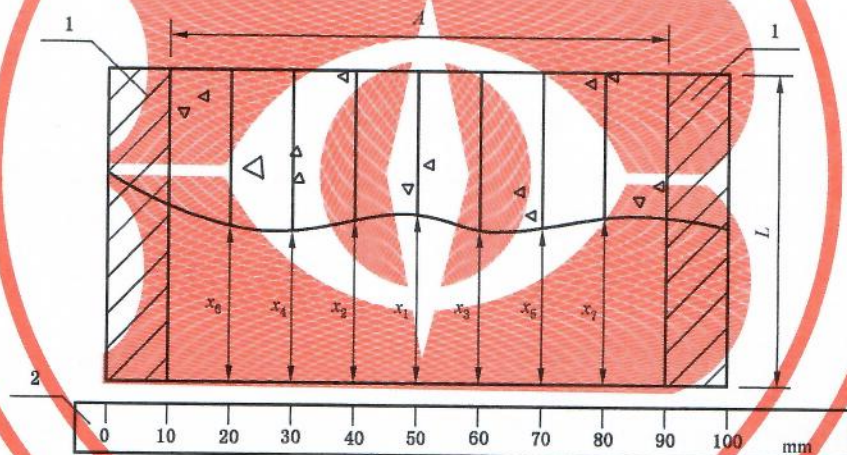
初始电流 I_0 (用 30 V 电压)/mA	施加的电压 U (调整后)/V	可能的新的初始电流 I'_0 /mA	试验持续时间 t /h
$I_0 < 2.5$	90	$5 \leq I'_0 < 10$	168
$2.5 \leq I_0 < 5$	60	$5 \leq I'_0 < 10$	96
$5 \leq I_0 < 10$	60	$10 \leq I'_0 < 20$	48
$I_0 \geq 10$	60	$I'_0 \geq 20$	24

- c) 应按照温度计或者电热偶的显示读数记录每一个试件的阳极溶液的初始温度。
- d) 试验结束时,应测定阳极溶液的最终温度和最终电流。

- e) 试验结束后应及时排除试验溶液。应用黄铜刷清除试验槽的结垢或沉淀物,并应用饮用水和洗涤剂将试验槽和橡胶套冲洗干净,然后用电吹风的冷风挡吹干。

B.5.3 氯离子渗透深度测定应按下列步骤进行。

- 试验结束后,应及时断开电源。
- 断开电源后,应将试件从橡胶套中取出,并应立即用自来水将试件表面冲洗干净,然后应擦去试件表面多余水分。
- 试件表面冲洗干净后,应在压力试验机上沿轴向劈成两个半圆柱体,并应在劈开的试件断面立即喷涂浓度为 0.1 mol/L 的 AgNO_3 溶液显色指示剂。
- 指示剂喷洒约 15 min 后,应沿试件直径断面将其分成 10 等份,并应用细防水笔描出渗透轮廓线。
- 然后应根据观察到的明显的颜色变化,采用游标卡尺测量显色分界线(图 B.2)离试件底面的距离,精确至 0.1 mm。
- 当某一测点被骨料阻挡,可将此测点位置移动到最近未被骨料阻挡的位置进行测量,当某测点数据不能得到,只要总测点数多于 5 个,可忽略此测点。
- 当某测点位置有一个明显的缺陷,使该点测量值远大于各测点的平均值,可忽略此测点数据,但应将这种情况在试验记录和报告中注明。



标引序号说明:

- 1 —— 试件边缘部分;
2 —— 尺子;
A —— 测量范围;
L —— 试件高度。

图 B.2 显色分界线位置编号

B.6 试验结果计算及处理

B.6.1 超高性能混凝土的氯离子扩散系数应按式(B.1)进行计算:

$$D_{\text{RCM}} = \frac{0.0239 \times (273 + T)L}{(U - 2)t} \left(X_d - 0.0238 \sqrt{\frac{(273 + T)LX_d}{U - 2}} \right) \quad \dots\dots\dots (\text{B.1})$$

式中:

D_{RCM} —— 超高性能混凝土的氯离子扩散系数,精确到 $0.01 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$;

U —— 所用电压的绝对值,单位为伏特(V);

- T ——阳极溶液初始温度和结束温度的平均值,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$);
- L ——试件厚度,单位为毫米(mm),精确到 0.1 mm;
- X_d ——氯离子渗透深度的平均值,单位为毫米(mm),精确到 0.1 mm;
- t ——试验持续时间,单位为小时(h)。

B.6.2 超高性能混凝土的氯离子扩散系数确定应符合以下规定。

- a) 计算 3 个试件氯离子扩散系数的算术平均值。
 - b) 当氯离子扩散系数的计算平均值小于 $0.10 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$ 时,直接取 3 个试件氯离子扩散系数的中间值作为该组试件的氯离子扩散系数测定值。
 - c) 当氯离子扩散系数的计算平均值介于 $0.10 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s} \sim 0.40 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$ 之间时,若最大值或最小值与中间值之差超过中间值的 30%,应剔除此值,再取其余两值的平均值作为测定值;若最大值和最小值均超过中间值的 30%,应取中间值作为测定值。
 - d) 当氯离子扩散系数的计算平均值大于 $0.40 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$ 时,若最大值或最小值与中间值之差超过中间值的 15%,应剔除此值,再取其余两值的平均值作为测定值;若最大值和最小值均超过中间值的 15%,应重新制样进行试验,或取其中最大值作为测定值。
-

中国工程建设标准化协会
团 体 标 准
超高性能混凝土(UHPC)技术要求
T/CECS 10107—2020

*

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 1.75 字数 42 千字
2020年11月第一版 2020年11月第一次印刷

*

书号: 155066·5-2530 定价 27.00 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



T/CECS 10107-2020



码上扫一扫 正版服务到