

DB13

河北省地方标准

DB 13/T 2946—2019

超高性能混凝土制备与工程应用 技术规程

2019 - 03 - 25 发布

2019 - 04 - 25 实施

河北省市场监督管理局 发布

前 言

本标准按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

本标准由河北省交通运输厅提出并归口。

本标准起草单位：河北省高速公路石安改扩建筹建处、福州大学。

本标准主要起草人：董辉、黄卿维、周迎新、张国彬、吴庆雄、张韶波、杨连红、贾钢、康博、王国伟、赵瑞卿、林向楠、雷明雪、苏献素、武毅男、赵青亮、王兴华。

超高性能混凝土制备与工程应用技术规程

1 范围

本规程规定了超高性能混凝土的术语和定义、符号、性能等级、原材料及要求、配合比设计、制备与运输、养生、试验方法、检验与评定。

本规程适用于河北省公路工程，市政工程及其他建筑工程可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 8076 混凝土外加剂
- GB 20472 硫铝酸盐水泥
- GB 50164 混凝土质量控制标准
- GB/T 1345 水泥细度检验方法
- GB/T 1596 用于水泥和混凝土中的粉煤灰
- GB/T 10171 混凝土搅拌站（楼）
- GB/T 14684 建设用砂
- GB/T 14902 预拌混凝土
- GB/T 18736 高强高性能混凝土用矿物外加剂
- GB/T 21120 水泥混凝土和砂浆用合成纤维
- GB/T 26408 混凝土搅拌运输车
- GB/T 27690 砂浆和混凝土用硅灰
- GB/T 31387 活性粉末混凝土
- GB/T 30101 聚乙烯醇水溶短纤维
- GB/T 50080 普通混凝土拌合物性能试验方法标准
- GB/T 50081 普通混凝土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/T 50107 混凝土强度检验评定标准
- GB/T 51003 矿物掺合料应用技术规范
- GB/T 50476 混凝土结构耐久性设计规范
- JC/T 874 水泥用硅质原料化学分析方法
- JGJ 52 普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准
- JGJ 63 混凝土用水标准
- JGJ/T 241 人工砂混凝土应用技术规程
- JGJ/T 283 自密实混凝土应用技术规程
- JT/T 525 公路水泥混凝土纤维材料聚丙烯纤维和聚丙烯腈纤维
- JTG E41 公路工程岩石试验规程
- CECS 03 钻芯法检测混凝土强度技术规程

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

由水泥、矿物掺合料、外加剂、骨料、高强度微细纤维，加水拌合后固化而成的具有超高性能的水泥基复合材料，28d龄期的抗压强度 $f_{uck} \geq 130\text{MPa}$ ，单轴抗拉强度 $f_{uteu} \geq 4\text{MPa}$ ，静力受压弹性模量 $E_U \geq 40\text{GPa}$ 。

3.2

预拌混合料

由胶凝材料和/或骨料按级配要求而配制的干粉料，其中可包含或不包含固态外加剂。

3.3

单轴抗拉强度

单轴拉伸时的最大拉应力。

3.4

单轴弹性极限抗拉强度

单轴拉伸时试件达到弹性极限时对应的拉应力，即由线弹性转变为非线性时的转折点所对应的拉应力。

3.5

应变硬化

当单轴拉伸应力超过弹性极限抗拉强度时，试件中的拉应变随拉应力增加而增大的现象。

3.6

热养生

采用不低于70℃的热水、蒸汽等对超高性能混凝土进行养生的方法。

3.7

工作性能

新拌超高性能混凝土拌合物运输情况和浇筑密实的难易程度与纤维均匀分布情况。

4 符号

下列符号适用于本文件。

E_U ——静力受压弹性模量。

f_{uck} ——立方体抗压强度标准值。

f_{utek} ——单轴弹性抗拉强度标准值。

f_{uteu} ——单轴抗拉强度标准值。

5 性能等级

5.1 性能等级测试试件可为现场或室内成型试件，也可为实体取芯或切割成型试件。

5.2 超高性能混凝土力学性能等级划分按表 1 规定，其性能等级应同时满足 28d 龄期的抗压强度和单轴抗拉强度的指标要求。

表 1 超高性能混凝土力学性能等级

单位：MPa

| 等级 | 抗压强度, f_{tck} | 单轴抗拉强度, f_{tck} |
|---------|-----------------|-------------------|
| UC130-1 | ≥ 130 | ≥ 4 |
| UC130-2 | | ≥ 5 |
| UC130-3 | | ≥ 6 |
| UC130-4 | | ≥ 7 |
| UC140-1 | ≥ 140 | ≥ 5 |
| UC140-2 | | ≥ 6 |
| UC140-3 | | ≥ 7 |
| UC140-4 | | ≥ 8 |
| UC150-1 | ≥ 150 | ≥ 6 |
| UC150-2 | | ≥ 7 |
| UC150-3 | | ≥ 8 |
| UC150-4 | | ≥ 9 |
| UC160-1 | ≥ 160 | ≥ 7 |
| UC160-2 | | ≥ 8 |
| UC160-3 | | ≥ 9 |
| UC160-4 | | ≥ 10 |
| UC170-1 | ≥ 170 | ≥ 7 |
| UC170-2 | | ≥ 8 |
| UC170-3 | | ≥ 9 |
| UC170-4 | | ≥ 10 |
| UC180-1 | ≥ 180 | ≥ 7 |
| UC180-2 | | ≥ 8 |
| UC180-3 | | ≥ 9 |
| UC180-4 | | ≥ 10 |
| UC190-1 | ≥ 190 | ≥ 7 |
| UC190-2 | | ≥ 8 |
| UC190-3 | | ≥ 9 |
| UC190-4 | | ≥ 10 |
| UC200-1 | ≥ 200 | ≥ 7 |
| UC200-2 | | ≥ 8 |
| UC200-3 | | ≥ 9 |
| UC200-4 | | ≥ 10 |

5.3 超高性能混凝土的耐久性能应满足 GB/T 50476 的要求。

6 原材料及要求

6.1 胶凝材料

6.1.1 水泥宜采用 GB 175 标准要求的硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥。当采用其他种类或标号的水泥时，应通过试验验证。

6.1.2 矿物掺合料应满足 GB/T 51003 的要求，当采用其他种类的矿物掺合料时，应通过试验验证。

6.1.3 硅灰应满足 GB/T 27690 的规定，且符合表 2 要求。

表 2 硅灰的质量要求

| 项次 | 项目 | 技术要求 | 试验方法 |
|----|-------------------------|------|---------------|
| 1 | SiO ₂ 含量 (%) | ≥90 | GB/T 18736附录A |
| 2 | 28d活性指数 (%) | ≥90 | GB/T 27690附录B |

6.1.4 粉煤灰宜为 I 级 F 类粉煤灰，其质量要求宜符合表 3。

表 3 粉煤灰的质量要求

| 项次 | 项目 | 技术要求 | 试验方法 |
|----|------------------|------|--------------|
| 1 | 45μ m方孔筛筛余细度 (%) | ≤12 | GB/T 1345 |
| 2 | 28d活性指数 (%) | ≥95 | GB/T 1596附录C |

6.1.5 矿渣粉宜为 S95 以上等级的粒化高炉矿渣粉。

6.2 骨料

6.2.1 石英粉宜采用以石英为主的粉状材料，且应符合表 4 要求。

表 4 石英粉的质量要求

| 项次 | 项目 | 技术要求 | 试验方法 |
|----|-------------------------|-------|---------------|
| 1 | <0.16mm粒径的颗粒比例 (%) | ≥95 | JGJ 52, 6.1 |
| 2 | SiO ₂ 含量 (%) | ≥97 | JC/T 874, 第8章 |
| 3 | 云母含量 (%) | ≤0.5 | JGJ 52, 6.14 |
| 4 | 硫化物及硫酸盐含量 (%) | ≤0.5 | JGJ 52, 6.17 |
| 5 | 氯离子含量 (%) | ≤0.02 | JGJ 52, 6.18 |

6.2.2 石英砂宜采用以石英为主的颗粒材料。宜采用单粒级的石英砂，其粒径范围宜为 0.16mm~1.25mm，且应符合表 5 要求。

表5 石英砂的质量要求

| 项次 | 项目 | 技术要求 | 试验方法 |
|----|--|-------------|---------------|
| 1 | 1.25~0.63mm粒级 \geq 1.25mm的颗粒比例 (%) | ≤ 5 | JGJ 52, 6.1 |
| 2 | 1.25~0.63mm粒级 $<$ 0.63mm的颗粒比例 (%) | ≤ 5 | |
| 3 | 0.63~0.315mm粒级 \geq 0.63mm的颗粒比例 (%) | ≤ 5 | |
| 4 | 0.63~0.315mm粒级 $<$ 0.315mm的颗粒比例 (%) | ≤ 5 | |
| 5 | 0.315~0.16mm粒级 \geq 0.315mm的颗粒比例 (%) | ≤ 5 | |
| 6 | 0.315~0.16mm粒级 $<$ 0.16mm的颗粒比例 (%) | ≤ 5 | |
| 7 | SiO ₂ 含量 (%) | ≥ 97 | JC/T 874, 第8章 |
| 8 | 云母含量 (%) | ≤ 0.5 | JGJ 52, 6.14 |
| 9 | 硫化物及硫酸盐含量 (%) | ≤ 0.5 | JGJ 52, 6.17 |
| 10 | 氯离子含量 (%) | ≤ 0.02 | JGJ 52, 6.18 |

6.2.3 天然砂应满足 GB/T 14684 的规定，宜采用细度模数为 2.3~3.0 的中砂或 1.6~2.2 的细砂，且应符合表 6 要求。

表 6 天然砂的质量要求

| 项次 | 项目 | 技术要求 | 试验方法 |
|----|------------------------|------------|-----------------|
| 1 | >4.75 mm 粒径的颗粒比例 (%) | < 1 | GB/T 14684, 7.3 |
| 2 | 含泥量 (%) | ≤ 0.5 | GB/T 14684, 7.4 |
| 3 | 泥块含量 (%) | 0 | |

6.2.4 人工砂（机制砂）应满足 JGJ/T 241 的规定，宜采用细度模数为 2.3~3.0 的中砂或 1.6~2.2 的细砂，且应符合表 7 要求。

表 7 人工砂的质量要求

| 项次 | 项目 | 技术要求 | 试验方法 |
|----|------------------------|------------|-------------------|
| 1 | >4.75 mm 粒径的颗粒比例 (%) | < 1 | GB/T 14684, 第7.3节 |
| 2 | 母岩强度 (MPa) | ≥ 100 | JTG E41, 第4节 |

6.3 外加剂

6.3.1 减水剂应符合 GB 8076 的规定，宜选用减水率不小于 30% 的高效减水剂。

6.3.2 其它外加剂应符合国家现行相关标准的规定，与水泥和矿物掺合料有良好的适应性，并通过试验验证。

6.4 纤维

6.4.1 可选用钢纤维，钢纤维应符合表 8 要求，当采用其他种类钢纤维时，应通过试验验证。

表8 钢纤维的质量要求

| 项次 | 项目 | 技术要求 | 试验方法 |
|----|------------|-------|---------------|
| 1 | 长度 (mm) | 8~25 | GB/T 31387附录A |
| 2 | 长度与直径比值 | ≥60 | |
| 3 | 抗拉强度 (MPa) | >2000 | |

6.4.2 可选用聚乙烯醇、聚丙烯腈等有机合成纤维或经试验验证的其他合成纤维，单掺或与钢纤维复掺用于超高性能混凝土中。聚乙烯醇应满足 GB/T 30101 的规定。聚丙烯腈应满足 JT/T 525 的规定。

6.5 水

拌合与养生用水应符合 JGJ 63 的规定。

7 配合比设计

7.1 一般规定

7.1.1 超高性能混凝土配合比设计宜采用绝对体积法。

7.1.2 超高性能混凝土的水胶比不宜大于 0.20。

7.1.3 骨料与胶凝材料各组分的相对比例宜按照颗粒最紧密堆积理论进行设计。

7.1.4 硅灰掺量不宜小于胶凝材料用量的 10%。

7.1.5 粉煤灰微珠掺量可为胶凝材料的 5%~15%。

7.1.6 UC130、UC140 和 UC150 等级的超高性能混凝土可用天然砂、人工砂替代石英砂，最大替代率均可达到 100%，替代后的配合比应根据试配结果进行调整。

7.1.7 超高性能混凝土配合比设计应考虑结构受力特点、施工工艺、养生条件以及应用环境等因素。根据混凝土工作性能、强度、耐久性以及其它必要性能要求计算初始配合比。配合比应经实验室试配、调整，得出满足工作性能要求的基准配合比，并经强度、耐久性指标复核确定。

7.2 超高性能混凝土试配、配合比调整与确定

7.2.1 应采用工程实际使用的原材料进行试配，每盘混凝土的最小搅拌量不宜小于 20L。

7.2.2 试配时，首先应进行试拌，先检查拌合物工作性能指标。当试拌所得拌合物的扩展度不能满足要求时，应在水胶比不变、胶凝材料用量和外加剂用量合理的原则下，调整胶凝材料、外加剂用量或不同粒级骨料的体积比例等，直到符合要求为止。根据试拌结果提出试验用的基准配合比。

7.2.3 试验以基准配合比为基础，确定另外两个试配配合比，其水胶比宜较基准配合比分别增加和减少 0.02，相应地分别减少或增加骨料的体积；或者用水量与基准配合比相同，骨料的体积比例可分别增加或减少 2%，相应地分别减少或增加胶凝材料的总体积。

7.2.4 制作试件时，应验证拌合物工作性能是否达到设计要求，并以该结果代表相应配合比的拌合物性能指标。

7.2.5 试验时，每种配合比应至少制作一组（三块）试件。采用热养生的超高性能混凝土，宜在终凝后进行 90℃ 热养生 48h，再进行标准养生（环境温度 20℃±2℃，相对湿度大于 95%）5d 后开展力学性能指标试验；采用常温养生的超高性能混凝土，宜按照普通混凝土标准养生（环境温度 20℃±2℃，相对湿度大于 95%）规定的成型后 28d 时进行力学性能指标试验。

7.2.6 根据试配结果对基准配合比进行调整，确定的配合比作为设计配合比。

7.2.7 对于应用条件特殊的工程，可对确定的设计配合比进行特殊条件下的模拟试验。

8 制备与运输

8.1 一般规定

8.1.1 超高性能混凝土拌合物可在预制工厂或施工现场制备；也可将预拌混合料运输到预制厂或施工现场，加水和液态外加剂拌合而成。

8.1.2 超高性能混凝土的制备与运输过程应保证拌合物不分层离析。

8.2 原材料贮存

8.2.1 水泥应按品种、强度等级和生产厂家分别标识和贮存。贮存的水泥用于生产时的温度不宜高于 60℃。受潮、结块、受污染及贮存期超过 3 个月的水泥，不得使用。

8.2.2 骨料堆场应为能排水的硬质地面，并应有防尘和防雨设施；不同品种、规格的骨料应分别贮存，避免混杂或受污染。

8.2.3 外加剂应按品种和生产厂家分别标识和贮存。固态外加剂应防止受潮结块，如有结块，应进行检验，合格者应经粉碎至全部通过 600μm 筛孔后方可使用。液态外加剂应贮存在密闭容器内，并应防晒和防冻。如有沉淀等异常现象，应经检验合格后方可使用。

8.2.4 矿物掺合料应按品种、质量等级和产地分别标识和贮存，应有防潮和防雨设施，并不得与水泥等其他粉状料混杂。

8.2.5 纤维应按品种、规格和生产厂家分别标识和贮存，并应防潮和防锈。

8.3 计量

8.3.1 固体原材料应按干燥状态下的质量进行计量，水和液态外加剂可按体积或者质量进行计量。

8.3.2 原材料计量应采用电子计量设备，其精度应满足 GB/T 10171 的要求。

8.3.3 原材料的计量允许偏差不应大于表 9 中规定的范围。

表 9 超高性能混凝土原材料计量允许偏差 (%)

| 原材料品种 | 水泥 | 骨料 | 水 | 外加剂 | 掺合料 | 纤维 |
|-----------|----|----|----|-----|-----|----|
| 每盘计量允许偏差 | ±2 | ±3 | ±1 | ±1 | ±2 | ±1 |
| 累计计量允许偏差* | ±1 | ±2 | ±1 | ±1 | ±1 | ±1 |

* 累计计量允许偏差是指每一运输车中各盘混凝土的每种材料计量和的偏差

8.4 搅拌

8.4.1 超高性能混凝土搅拌宜选用可调速的强制式搅拌机。

8.4.2 搅拌应保证超高性能混凝土拌合物质量均匀；同一盘混凝土的匀质性应符合 GB 50164 的规定。

8.4.3 搅拌机宜有防止纤维结团的下料装置。

8.5 运输

8.5.1 搅拌运输车应符合 GB/T 26408 的规定。对于寒冷或炎热的气候情况，运输车的搅拌罐应有保温或隔热措施。

8.5.2 搅拌运输车在装料前应将搅拌罐内积水排尽，装料后严禁向搅拌罐内的拌合物加水。

8.5.3 超高性能混凝土拌合物在搅拌运输车内的时间不宜超过 90min；如需延长运送时间，则应采取相应的技术措施，并通过试验验证。当采用翻斗车运输时，运输时间不宜超过 45min。

8.5.4 超高性能混凝土拌合物的运输应保证浇筑过程的连续性。

8.6 浇筑

8.6.1 浇筑前，应检查模板支撑的稳定性和接缝的密合情况，应保证模板在浇筑过程中不失稳、不跑模和不漏浆。

8.6.2 采用分层浇筑时层间不应出现冷缝。

8.6.3 浇筑振捣应采用平板振捣器或模外振捣器，不宜采用插入式振捣器。浇筑和成型过程中应保证超高性能混凝土密实、纤维分布均匀以及构件的整体性，避免出现拌合物离析、分层以及纤维裸露出构件表面。

9 养生

9.1 宜采用热养生，热养生前静停时间不宜小于 6h，热养生的升/降温的速率不宜大于 15℃/h，热养生后，试件表面温度与环境温度之差不宜大于 20℃。

9.2 热养生结束后，宜用塑料薄膜覆盖，保持表面潮湿，进行保湿养生。

9.3 常温养生应能保证材料性能达到设计要求，并通过试验验证。

10 试验

10.1 取样

10.1.1 浇筑成型的超高性能混凝土的取样应从同一次搅拌或同一车运送的拌合物中取出，取样量不应小于试样需要量的 1.5 倍，且不宜小于 20L。

10.1.2 实体取芯的超高性能混凝土的取样应符合 CECS 03 第 5 章的相关规定。

10.2 力学性能试验

10.2.1 抗压强度采用 100mm×100mm×100mm 立方体试件，按照 GB/T 50081 第 7 节大于 C60 混凝土的抗压强度测试规定进行测试，加载速率为 1.20~1.40MPa/s，测得强度不乘以尺寸换算系数。

10.2.2 单轴抗拉强度按附录 A 规定的试验方法进行测试。

10.2.3 静力受压弹性模量采用 100mm×100mm×300mm 棱柱体试件,按照 GB/T 50081 第 8 节的静力受压弹性模量测试规定进行测试,加载和卸载速率为 1.20~1.40MPa/s。

10.3 其他性能试验

10.3.1 扩展度按附录 B 规定的试验方法进行测试。

10.3.2 收缩性能按照 GB/T 50082 第 8 章的规定进行测试。

10.3.3 受压徐变性能按照 GB/T 50082 第 10 章的规定进行测试。

11 检验与评定

11.1 检验

11.1.1 超高性能混凝土的性能应分批进行检验。一个检验批应由力学性能等级相同、试验龄期相同、生产工艺条件和配合比基本相同的混凝土组成。

11.1.2 对于超高性能混凝土的抗压强度、单轴抗拉强度与静力受压弹性模量的检验,每 50m³ 检验一次;批量不到 50m³ 时,按 50m³ 计算。每批次应至少留置两组试件。试件应在浇筑地点随机抽样制作。

11.1.3 超高性能混凝土应采用同条件养生成型后 28d 进行力学性能指标试验。

11.1.4 对于超高性能混凝土的抗渗性能、扩展度、收缩性能和受压徐变性能的检验,在确定施工配合比时,应采用工程实际使用的原材料,在试验室内拌制混凝土,制作试样,按设计要求的性能项目检验一组。在原材料或配合比发生重大变化时应再次检验上述参数。

11.2 评定

11.2.1 超高性能混凝土强度代表值的确定,应符合下列规定:

- a) 取 3 个试件强度的算术平均值作为每组试件的强度代表值。
- b) 当一组试件中强度最大值或最小值与中间值之差超过中间值的 15%时,取中间值作为该组试件的强度代表值。
- c) 当一组试件中强度的最大值和最小值与中间值之差均超过中间值的 15%时,该组试件的强度不应作为评定的依据。

11.2.2 超高性能混凝土强度代表值不应小于 4.2 条规定的超高性能混凝土强度。

附录 A
(规范性附录)
超高性能混凝土单轴抗拉强度试验方法

A.1 适用范围

本试验方法适用于无切口的超高性能混凝土试件，采用单轴拉伸的力-位移曲线测试法。

A.2 定义

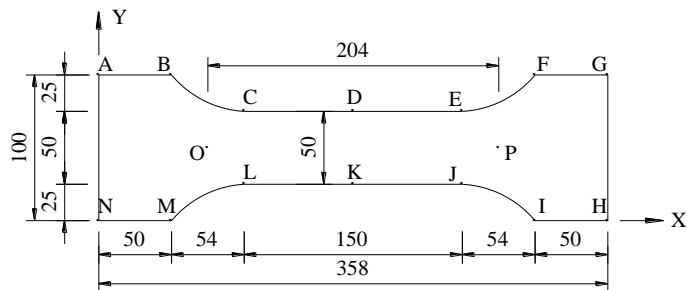
A.2.1 试件的力-位移曲线测试的终止条件为：

- a) 残余强度等于抗拉强度的 20%时。
- b) 试件平均位移拉伸量为钢纤维长度的 60%时。

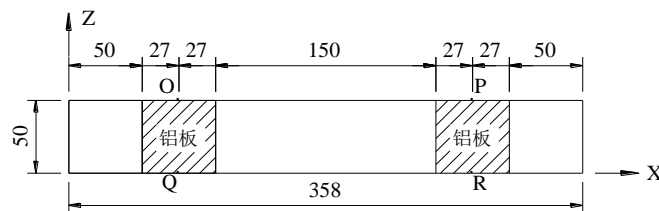
A.2.2 平均位移拉伸量指附着在试件两面的电感式位移传感器所测值的平均值。

A.2.3 应力指测量的拉力与试件中间段横截面积之间的比值。

A.2.4 A弹性应变指平均位移拉伸量与图A.1中点C和点E（或点L和点J）间距的比值；硬化应变指平均位移拉伸量与图A.1中点O和点P（或点Q和点R）间距的比值。



a) 平面图



b) 侧面图

图 A.1 单轴拉伸试件几何尺寸与位移传感器安装位置（单位：mm）

A.3 原则规定

A.3.1 拉伸机的荷载量程应在50~200kN；应采用位移来控制加载。

A.3.2 为了确保试件在不同位置断裂时均可测得其变形，两个位移传感器应对称安装于试件两侧面，即试件点C和点E之间，以及点L和点J之间；另外两个位移传感器应对称安装于试件两平面，即试件点O和点P之间，以及点Q和点R之间。

A.3.3 试件拉伸的方向是沿着图A.1所示的X轴方向。在试件的两端变截面曲面处粘贴1.5mm厚的铝板，以便于固定于拉伸机的夹头。

A.3.4 试件两端的约束条件必须是固结，不得发生任何扭转。

A.4 试验设备

拉伸机的加载及测试精度应在 ± 0.2 kN之内；位移传感器的量程应在5~30mm，线性测量误差不得大于 $\pm 0.2\%$ ；试件长度和厚度的测量仪器精度应在 ± 0.05 mm之内。

A.5 试件制备

A.5.1 每次浇筑，须制备如图A.1所示尺寸的试件，共6块。试件浇筑时的厚度可控制在 50 ± 2 mm，测试前须将试件厚度打磨至 50 ± 1 mm。

A.5.2 在试件模具的两端变截面曲面处放置铝片，以便强化变截面区抵消外夹具带来的应力集中影响。

A.5.3 对于标准养生试件，应在成型后立刻用塑料薄膜包裹，在20℃下养生1d后拆模，标准养生至测试龄期，除非特别注明，一般指28d。在测试前3~5d，应在20℃下大气中自然干燥24h，粘贴好铝片及位移传感器的固定螺栓，然后再用塑料薄膜包裹着，并放置在20℃下，直到测试前。

A.5.4 测量试件中间测试区的截面长度和宽度。沿每一纵向边各取3个等间距分布的不同位置，共测量6个位置的厚度，取其厚度的平均值。

A.6 试件加载

A.6.1 先取6个试件中的3个进行单轴连续加载试验。在弹性和应变硬化阶段，以位移传感器0.05mm/min的加载速率，或以夹头0.2mm/min的加载速率匀速进行加载。在应变软化阶段，相应的加载速率可分别提高至0.5mm/min及0.4mm/min。采集频率为5Hz。当试件长度变化平均值达到钢纤维长度的60%时，结束试验。

A.6.2 取剩余的3个试件进行加载-卸载循环试验，所施加的荷载为前3个试件测得的最大抗拉强度平均值的1/3，加载速率与先前相同。

A.7 试验数据

A. 7.1 对于所有试件，试验数据应包括：每个试件的应力-应变全曲线；按照A. 8所计算出来的弹性应力和所对应的弹性应变及静力受压弹性模量；试件达到抗拉强度 f_{Utu} 和所对应的抗拉应变 ϵ_{Utu} ；裂缝位置与轨迹。

A. 7.2 对于按照A. 6. 1试验的试件，试验数据应包括：按照A. 8所计算出来的弹性应力 f_{Ute} 和所对应的弹性应变 ϵ_{Ute} 及静力受压弹性模量 E_{Ut} 。

A. 7.3 对于测试系列的所有试件，试验数据应包括：按照A. 6. 2试验所确定的平均弹性模量，平均弹性抗拉强度 f_{Ute} 和平均抗拉强度 f_{Utu} ，及两者的比值 f_{Utu}/f_{Ute} ；确定试件的抗拉强度和所对应的抗拉应变；按照表1对试件的等级进行分类，取平均弹性抗拉强度和平均抗拉强度为试件的弹性抗拉强度标准值 f_{Utek} 和抗拉强度标准值 f_{Utuk} 。

A. 8 强度和位移计算

A. 8.1 超高性能混凝土理想受拉应力-应变模型如图A. 2所示。

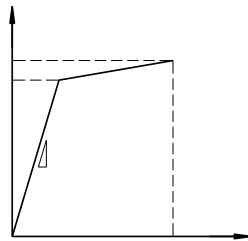


图 A. 2 受拉强度计算理想模型

A. 8.2 由A. 6. 2的加载-卸载循环试验来计算试件的弹性模量。试件的割线模量 E_i 由每一循环中的最大应力值 F_i 和对应的变形值 w_{Uti} 来确定，计算公式见式A. 1。

$$E_i = \frac{F_i}{b_m \cdot h_m} \cdot \frac{l_{mes}}{w_{Uti}} \dots\dots\dots (A. 1)$$

A. 8.3 对于每个 w_{Uti} ，所对应的割线模量平均值 E_{im} 可由前10个割线模量 E_i 求均值得出。线性范围从常数 E_{im} 开始至 F_A 下的割线模量值 E_i 为止。

A. 8.4 试件的弹性抗拉强度按式A. 2计算。

$$f_{Ute} = \frac{F_A}{b_m \cdot h_m} \dots\dots\dots (A. 2)$$

式中：试样的静力受压弹性模量 E_i 为 F_A 下的割线模量值 E_i 。

A. 8.5 试试件的抗拉强度按式A. 3计算。

$$f_{Ute} = \frac{F_A}{b_m \cdot h_m} \dots\dots\dots (A. 3)$$

式中：如果有应变硬化现象，则式中 F_A 指的是对应的最大抗拉强度。 ϵ_{Utu} 为最大抗拉强度所对应的应变；若无应变硬化现象，则 F_A 指的是裂缝宽度达到0.4mm时对应的应力平均值，按式A. 4计算。

$$F_B = \frac{A_{0.4}}{0.4mm} \dots\dots\dots (A. 4)$$

A.9 测试报告

测试报告至少应包括以下信息：委托单位名称和地址、测试目的；检测实验室和测试人员名称；检测标准及与标准不一致部分；试样名称、生产和检测日期；试样尺寸；检测数据。

A.10 测试精度与一致性检验

A.10.1 设备测试精度与一致性可由同尺寸的铝制标准试件来校核。重复性可由6次弹性阶段的加载-卸载循环来测定。

A.10.2 不同试验室间的一致性检验必须由相同材料制作的，采用相同浇筑和养生方式条件下的试件进行对比试验。

A.11 试件关键点坐标

图A.1中B-C弧线段的坐标如表A.1所示，E-F段，I-J段，以及L-M段的坐标通过几何对称获得。

表 A.1 B-C 弧线段的坐标

| | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| point | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| X(mm) | 50.0 | 51.2 | 52.1 | 53.0 | 54.0 | 55.0 | 56.1 | 57.1 | 58.3 | 59.5 | 60.7 | 62.0 | 63.4 |
| Y(mm) | 100.0 | 99.0 | 98.0 | 97.0 | 96.0 | 95.0 | 94.0 | 93.0 | 92.0 | 91.0 | 90.0 | 89.0 | 88.0 |
| point | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 |
| X(mm) | 64.8 | 66.3 | 67.9 | 69.7 | 71.5 | 73.5 | 75.6 | 78.0 | 80.7 | 83.7 | 87.4 | 92.2 | 104.0 |
| Y(mm) | 87.0 | 86.0 | 85.0 | 84.0 | 83.0 | 82.0 | 81.0 | 80.0 | 79.0 | 78.0 | 77.0 | 76.0 | 75.0 |

附 录 B
(规范性附录)
超高性能混凝土扩展度试验方法

- B.1 新拌超高性能混凝土拌合物的工作性用扩展度(SF)表示,按GB/T 50080的规定进行测定。
- B.2 新拌超高性能混凝土拌合物的初、终凝时间,按GB/T 50080的规定进行测定。
- B.3 含纤维、不可振动成型的超高性能混凝土,新拌拌合物的工作性应达到自密实混凝土的工作性要求,宜满足JGJ/T 283中的相关规定。
- B.4 含纤维、可振动成型的超高性能混凝土,以及浇筑非水平面的超高性能混凝土,可根据需要,确定具体的新拌拌合物的工作性。
- B.5 对于半干硬性的超高性能混凝土拌合物工作性,可根据生产或施工需要,自行规定。
-