

CECS XXX:202X

中国工程建设标准化协会标准

高延性纤维增强水泥基复合材料

修补与加固技术规程

Technical Specification for Application of High Ductility Fiber Reinforced Cement-based Composite Materials in Repair and Reinforcement Engineering

（征求意见稿）

XXX出版社

**前 言**

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2019年第一批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字[2019]12号）的要求，标准编制组经广泛调查研究，认真总结各地实践经验，参考有关国内外标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程共分9章。主要技术内容包括：1 总则；2 术语；3 基本规定；4 原材料；5 性能要求；6 配合比设计；7 制备与运输；8 施工；9 质量检验与验收。

本规程由中国工程建设标准化协会归口管理，由建研建材有限公司负责具体技术内容的解释。本规程在执行过程中如有意见或建议，请将有关意见和资料寄送建研建材有限公司（北京市北三环东路30号，邮政编码：100013），以供今后修订时参考。

**主编单位**：建研建材有限公司

河北拓创远威科技有限公司

**参编单位**：

**主要起草人**：

**目 次**

[1 总 则 1](#_Toc16361)

[2 术 语 2](#_Toc24933)

[3 基 本 规 定 3](#_Toc29318)

[4 原材料 4](#_Toc7248)

[5 性能要求 6](#_Toc3489)

[6 配合比设计 8](#_Toc6935)

[7 制备与运输 9](#_Toc1572)

[8 施工 12](#_Toc9113)

[9 质量检验与验收 16](#_Toc9369)

[本规程用词说明 17](#_Toc30194)

[引用标准名录 18](#_Toc9102)

附：[条文说明 19](#_Toc6578)

**Content**

[1 General 1](#_Toc7841)

[2 Terms 2](#_Toc3069)

[3 Basic Rules 3](#_Toc15193)

[4 Raw materials 4](#_Toc4454)

[5 Performance Requirements 5](#_Toc17294)

[6 Mix Design 7](#_Toc11802)

[7 Preparation and Shipping 8](#_Toc20891)

[8 Construction 10](#_Toc19226)

[9 Quality Inspection and Acceptance 12](#_Toc19013)

[Description of terms used in this code 13](#_Toc696)

[Citation List 14](#_Toc3253)

Additon:[Description of the provisions 15](#_Toc5422)

**1 总 则**

**1.0.1** 为规范高延性纤维增强水泥基复合材料在修补加固工程中的应用，做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量，制定本规程。

**1.0.2** 本规程适用于适用于建筑、桥梁、水利等领域修补加固工程中高延性纤维增强水泥基复合材料的应用技术要求。

**1.0.3** 高延性纤维增强水泥基复合材料的应用除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

**2 术 语**

**2.1.1** 高延性纤维增强水泥基复合材料 ductile fiber reinforced cementitious composites

是一种以水泥、矿物掺合料、骨料、纤维和外加剂等为原料，在轴心拉力作用下极限延伸率不低于0.5%且平均裂缝宽度不大于200μm的水泥基复合材料。

**3 基 本 规 定**

**3.0.1** 高延性纤维增强水泥基复合材料加固修补既有结构时，应根据受力情况合理配置增强筋材。

**3.0.2** 高延性纤维增强水泥基复合材料在制备与浇筑过程中应采取措施保证纤维分散的均匀性。

**3.0.3** 高延性纤维增强水泥基复合材料用于加固混凝土结构和砌体结构时，设计应符合现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB50367、《砌体结构加固设计规范》GB 50702以及现行协会标准《应变硬化水泥基复合材料结构技术规程》T/CECS 1212的有关规定。

**3.0.4** 高延性纤维增强水泥基复合材料用于抗震加固时，设计应符合现行行业标准《建筑抗震加固技术规程》JGJ 116 及国家现行有关标准的规定。

**3.0.5** 高延性纤维增强水泥基复合材料用于桥梁、水工等工程修补与加固时，设计还应符合相应国家或行业标准的有关规定。

**3.0.6** 加水搅拌后的高延性纤维增强水泥基复合材料在现场施工过程中不应离析和泌水。

**3.0.7** 高延性纤维增强水泥基复合材料施工过程中，严禁加水。

**4 原材料**

**4.1 技术要求**

**4.1.1** 水泥宜采用通用硅酸盐水泥，并应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175的规定；当采用其他品种水泥时，其性能应符合国家现行有关标准的规定；不同水泥不得混合使用。

**4.1.2** 拌合用水和养护用水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63的规定。

**4.1.3** 骨料应符合现行国家标准《建设用砂》GB/T14684的有关规定，并宜采用中砂、细砂或特细砂。也可采用其他类型骨料，其性能应通过试验验证。

**4.1.4** 粉煤灰应符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596的有关规定，硅灰应符合现行国家标准《砂浆和混凝土用硅灰》GB/T 27690的有关规定，粒化高炉矿渣粉应符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046的有关规定，复合掺合料应符合现行行业标准《混凝土用复合掺合料》JG/T 486的规定。当采用其他品种的矿物掺合料时，其性能指标应符合国家现行有关标准的规定。

**4.1.5** 外加剂应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076和《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119的规定。

**4.1.6** 纤维宜采用高强高模短切PVA纤维和PE纤维，且性能指标应满足表4.1.6 的要求。也可选用PP纤维、玄武岩纤维、钢纤维等其他品种的纤维，其性能指标除应符合国家现行有关标准的规定外，尚应通过试验验证。

表4.1.6 高强高模短切合成纤维技术指标要求

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 纤维种类 | 技术指标 | 要求 |
| PVA | 抗拉强度/MPa | ≥1200 |
| 初始模量/GPa | ≥30 |
| 断裂延伸率/% | ≥5 |
| 耐碱性/% | ≥95 |
| 静态接触角/° | ≥60 |
| PE | 抗拉强度/MPa | ≥2400 |
| 初始模量/GPa | ≥63 |
| 断裂延伸率/% | ≥2 |
| 耐碱性/% | ≥95 |
| 静态接触角/° | ≥90 |

**5 性能要求**

**5.1 拌合物性能**

**5.1.1** 高延性纤维增强水泥基复合材料拌合物应具有良好的和易性，不得离析、泌水，纤维应分散均匀，且应满足设计和施工要求。

**5.1.2** 高延性纤维增强水泥基复合材料水溶性氯离子含量应符合《混凝土结构通用规范》GB 55008的要求。

**5.1.3** 高延性纤维增强水泥基复合材料的拌合物性能试验方法应符合现行国家标准《普通混凝土拌合物性能试验方法》GB/T 50080的规定。

**5.2 力学性能**

**5.2.1** 高延性纤维增强水泥基复合材料的力学性能应符合设计要求。

**5.2.2** 高延性纤维增强水泥基复合材料的强度等级应划分为C20、C30、C40、C50、C60、C70、C80。

**5.2.3** 高延性纤维增强水泥基复合材料的轴心抗压强度、轴心抗拉开裂强度、轴心抗拉强度的标准值和设计值，受拉和受压弹性模量，剪切变形模量以及泊松比应按《应变硬化水泥基复合材料结构技术规程》T/CECS 1212采用。

**5.2.4** 极限延伸率等级应符合表5.2.4的要求。

表5.2.4 极限延伸率等级

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 极限延伸率等级 | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 |
| 极限延伸率/% | ≥1.0 | ≥2.0 | ≥3.0 | ≥4.0 | ≥5.0 |

**5.2.5** 极限抗拉强度等级应符合表5.2.4的要求。

表5.2.5 极限抗拉强度等级

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 抗拉强度等级 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 |
| 极限抗拉强度/MPa | ≥2.0 | ≥3.0 | ≥4.0 | ≥5.0 | ≥6.0 | ≥7.0 | ≥8.0 |

**5.2.6** 平均裂缝宽度不应大于200 μm。

**5.2.7** 14 d拉伸粘结强度应符表5.2.7的规定。

表5.2.7 14d拉伸粘结强度

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 抗压强度等级 | C20 | C30 | C40 | C50 | C60 | C70 | C80 |
| 14 d拉伸粘结强度/MPa | ≥1.0 | | ≥1.5 | | | | |

**5.2.8** 高延性纤维增强水泥基复合材料的力学性能试验方法应符合现行行业标准《高延性纤维增强水泥基复合材料力学性能试验方法》JC/T 2461的规定。

**5.3 长期性能和耐久性能**

**5.3.1** 高延性纤维增强水泥基复合材料的长期性能和耐久性能应符合设计要求。

**5.3.2** 高延性纤维增强水泥基复合材料28d碳化深度应不大于2.0mm。

**5.3.3** 高延性纤维增强水泥基复合材料抗冻性能不应低于F300。

**5.3.4** 高延性纤维增强水泥基复合材料抗水渗透性能不应低于P12。

**5.3.5** 高延性纤维增强水泥基复合材料抗氯离子渗透性能不应低于RCM-IV级。

**5.3.6** 高延性纤维增强水泥基复合材料抗硫酸盐侵蚀性能不应低于KS90。

**5.3.6** 高延性纤维增强水泥基复合材料28d干燥收缩不应大于1000×10-6。

**5.3.7** 高延性纤维增强水泥基复合材料的长期性能和耐久性能应符合现行国家标准《普通混凝土长期和耐久性能试验方法》GB/T 50082的规定。

**6 配合比设计**

**6.1** 高延性纤维增强水泥基复合材料配制强度应符合下列规定：

(6.2)

式中：——高延性纤维增强水泥基复合材料的配制强度（MPa）；

——高延性纤维增强水泥基复合材料的立方体抗压强度标准值（MPa）；

——高延性纤维增强水泥基复合材料抗压强度标准差，宜通过试验确定；当无可靠试验依据时，可取0.08（MPa）。

**6.2** 高延性纤维增强水泥基复合材料配合比应经试验确定，在缺乏试验依据的情况下，配合比设计宜符合下列要求：

1 高延性纤维增强水泥基复合材料的水胶比不宜大于0.50，砂胶比不宜大于0.80；

2 高延性纤维增强水泥基复合材料的胶凝材料用量可按表6.1选取，并经试验确定：

表6.1 高延性纤维增强水泥基复合材料的胶凝材料用量

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 最大水胶比 | 0.50 | 0.45 | 0.40 | ≤0.35 |
| 最小胶凝材料用量（kg/m3） | 300 | 320 | 340 | 360 |

3 水泥用量不宜大于450kg/m3。

4 纤维体积掺量不宜小于0.8%。

**6.3** 在试配过程中，应采用三个不同的配合比进行高延性纤维增强水泥基复合材料的强度试验，其中一个可为依据6.2计算后调整拌合物的试拌配合比，另外两个配合比的水胶比宜较试拌配合比分别增加和减少 0.05。

**6.4** 高延性纤维增强水泥基复合材料设计配合比确定后，尚应采用该配合比进行不少于三盘高延性纤维增强水泥基复合材料的重复试验，每盘高延性纤维增强水泥基复合材料应至少成型一组试件，每组高延性混凝土的抗压强度不应低于配制强度。

**7 制备与运输**

**7.1 一般规定**

高延性纤维增强水泥基复合材料可采用预拌方式生产，也可在工厂将各种干燥的固体原料预拌为固态混合物，运输到施工现场，加水与液体组分拌制拌合物。

**7.2 原材料储存**

**7.2.1** 各种原材料应分仓贮存，并应有明显的标识。

**7.2.2** 水泥应按品种、强度等级和生产厂家分别标识和贮存；应防止水泥受潮及污染，不应采用结块的水泥；水泥用于生产时的温度不宜高于60℃；水泥出厂超过3个月应进行复检，合格者方可使用。

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

**7.2.4** 外加剂应按品种和生产厂家分别标识和贮存；粉状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300μm方孔筛筛孔后方可使用；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。

**7.2.5** 矿物掺合料应按品种、质量等级和产地分别标识和贮存，不应与水泥等其他粉状料混杂，并应防潮、防雨。

**7.2.6** 纤维应按品种、规格和生产厂家分别标识和贮存。

**7.3 计量**

**7.3.1** 固体原材料应按质量进行计量，水和液体外加剂可按体积进行计量。

**7.3.2** 原材料计量应采用电子计量设备。计量设备应能连续计量不同高延性纤维增强水泥基复合材料配合比的各种原材料，并应具有逐盘记录和储存计量结果（数据）的功能，其精度应符合《建筑施工机械与设备 混凝土搅拌站（楼）》GB 10171的规定。计量设备应具有法定计量部门签发的有效检定证书，并应定期校验。生产单位每月应至少自检一次；每一工作班开始前，应对计量设备进行零点校准。

**7.3.3** 原材料的计量允许偏差不应大于表7.3.3规定的范围，并应每班检查1次。

表7.3.3 高延性纤维增强水泥基复合材料原材料计量允许偏差 单位为百分比

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 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a | ±1 | ±2 | ±1 | ±1 | ±1 | ±1 |
| a 累计计量允许偏差是指每一运输车中各盘高延性纤维增强水泥基复合材料的每种材料计量和的偏差。 | | | | | | |

**7.4 搅拌**

**7.4.1**  搅拌机型式应为强制式，并应符合《建筑施工机械与设备 混凝土搅拌站（楼）》GB 10171的规定。

**7.4.2** 搅拌应保证预拌高延性纤维增强水泥基复合材料拌合物质量均匀；同一盘高延性纤维增强水泥基复合材料的搅拌匀质性应符合《混凝土质量控制标准》GB 50164的规定。

**7.4.3** 预拌高延性纤维增强水泥基复合材料搅拌时间应保证拌合物或固态混合物搅拌均匀。

**7.4.4** 可采用集中搅拌或现场搅拌方式生产，宜采用强制式搅拌机，搅拌机应符合现行国家标谁 《建筑施工机械与设备 混凝土搅拌站（楼）》 GB/T 10171 的有关规定。

**7.4.5** 制备高延性纤维增强水泥基复合材料所用的水泥、外加剂、矿物摻合料和骨料等千粉料宜在工厂混合为预混料。将预混料运输到预拌混凝土厂或施工现场后，应加水搅拌3min~5min 至浆体均匀，然后宜分两次缓慢撒人纤维再搅拌 3min~5min。搅拌机的下料处应设有防止纤维结团的装置。

**7.4.6** 当不采用预混料时，搅拌的投料顺序宜为骨料、水泥、矿物掺合料、水、外加剂、纤维。骨料、水泥、矿物掺合料等干粉料应先预搅拌 3min~5min 至混合均匀，投人水和外加剂后应再搅拌 3min~5min 至浆体均匀，然后宜分两次缓慢撒人纤维再搅拌 3min~5min。搅拌机的下料处应设有防止纤维结团的装置。

**7.5 运输**

**7.5.1** 高延性纤维增强水泥基复合材料搅拌运输车应符合JG/T 5094的规定；翻斗车应仅限用于运送坍落度小于80mm的高延性纤维增强水泥基复合材料拌合物。运输车在运输时应能保证高延性纤维增强水泥基复合材料拌合物均匀并不产生分层、离析。对于寒冷、严寒或炎热的天气情况，搅拌运输车的搅拌罐应有保温或隔热措施。

**7.5.2** 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高延性纤维增强水泥基复合材料拌合物中加水。

**7.5.3** 当卸料前需要在高延性纤维增强水泥基复合材料拌合物中掺入外加剂时，应在外加剂掺入后采用快档旋转搅拌罐进行搅拌；外加剂掺量和搅拌时间应有经试验确定的预案。

**7.5.4** 预拌高延性纤维增强水泥基复合材料从搅拌机卸入搅拌运输车至卸料时的运输时间不宜大于90min，如需延长运送时间，则应采取相应的有效技术措施，并应通过试验验证；当采用翻斗车时，运输时间不应大于45 min。

**7.5.5**  采用施工现场搅拌的高延性纤维增强水泥基复合材料，其运输应当保证固态混合物全程干燥。

**8 施工**

**8.1 一般规定**

**8.1.1** 采用高延性纤维增强水泥基复合材料加固修补工程的材料检验、安装施工和工程质最验收应进行全过程控制。

**8.1.2** 高延性纤维增强水泥基复合材料加固修补施工应配合其他专业的预留、预埋工作，不得破坏原有顶埋管线。

**8.1.3** 采用高延性纤维增强水泥基复合材料加固混凝土结构和砌体结构时，应对结构构件加固区采取标识措施，未经技术鉴定或设计许可，严禁任何人在加固完成后对加固区进行破坏性施工。

**8.1.4** 高延性纤维增强水泥基复合材料加固施工流程应按施工准备、基层处理、增强筋材施工、界面剂施工、涂抹或浇筑高延性纤维增强水泥基复合材料材料、养护的顺序进行。

**8.2 施工准备**

**8.2.1** 施工使用的机具应满足施工需要，且性能应稳定可靠。

**8.2.2** 施工过程中应做好安全防护工作，作业人员应正确使用安全防护用品。

**8.2.3** 施工单位技术人员应仔细阅读设计文件和相关产品使用说明书，并根据施工现场和加固修补构件的实际情况编制专项施工方案。施工人员应经过安全质量技术交底，并应经培训掌握施工操作要领。

**8.2.4** 抗压加固时应卸除构件活荷载，必要时应设置临时支撑。

**8.2.5** 施工操作脚手架应符合施工方案要求，搭设完成并经验收合格后方可使用。

**8.2.6** 宜在施工现场加固构件旁采用相同材料和施工工艺制作施工样板。

**8.2.7**  高延性纤维增强水泥基复合材料加固修补施工前，应检查和修补结构原有裂缝、爆皮等缺陷。

**8.3 基层处理**

**8.3.1** 应按图纸现场放线定位，确定加固范围；清除原装修面层时应处理至裸露结构坚实面，基层处理的边缘应比设计抹灰尺寸外扩 50mm。

**8.3.2** 对原混凝士结构待加固面应进行凿毛处理，并应清理表面、喷水湿润，应保特面层潮湿但无明水状态，水质应达到高延性纤维增强水泥基复合材料的用水要求。

**8.3.3** 应在将松散、剥落等缺陷较大的部位剔除后，应进行表面刮毛，涂刷界面剂，后用高延性纤维增强水泥基复合材料进行修补，经修补后的基面应适时进行喷水养护，养护时间不应少于 7d。

**8.3.4** 应对裸露、锈蚀的钢筋进行除锈处理。

**8.4 增强筋材施工**

**8.4.1** 钢筋网施工应符合下列规定：

1施工前应对钢筋进行调直；加工好的钢筋或钢筋网应按被加固构件进行编号并分批存放；

2钢筋网安装前，应在被加固构件面采用机械钻孔，孔应为梅花状布置，孔内粉末及污物应及时清除；应在孔内植人剪切销钉、锚筋、穿墙筋等，其竖向间距和横向间距均不应大于500mm；宜在植入剪切销钉等24h 后进行下一道工序；

3钢筋网与剪切销钉、锚筋或穿墙筋可采用钢丝绑扎或点焊固定。

**8.4.2** 钢绞线网片施工应符合现行行业标准《钢绞线网片聚合物砂浆加固技术规程》JGJ 337 的有关规定。

**8.4.3**  钢丝绳网片施工应符合现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367 的有关规定。

**8.4.4** FRP 格栅或纤维织物施工应符合下列规定：

1 FRP 格栅施工应与 高延性纤维增强水泥基复合材料层施工同时进行：

2 界面处理后应在混凝土表面抹界面剂，然后抹第一层高延性纤维增强水泥基复合材料，应填实并压平；在第一层高延性纤维增强水泥基复合材料初凝之前应铺设第一层FRP格栅或纤维织物，然后应抹第二层高延性纤维增强水泥基复合材料；

3 第二层高延性纤维增强水泥基复合材料初凝前应压实2遍或3遍，并应铺设第二

层FRP格栅或纤维织物，然后应抹面层高延性纤维增强水泥基复合材料，厚度宜将第二层格栅或纤维织物完全覆盖，待高延性纤维增强水泥基复合材料初凝后应压光2遍或3遍。如需继续铺设格栅或纤维织物，可按照本款步骤进行施工。

**8.5 界面剂施工**

**8.5.1** 喷涂界面剂前，应用高压气泵将构件加固面上的浮沉浮渣等清理干净；并应提前 6h对被加固构件表面进行喷水养护，保特表面湿润且无明水；

**8.5.2** 界面剂配制应采用液状产品，并应按产品使用说明将界面剂乳液与粉料按规定配比在搅拌桶中配制，应用电动搅拌器搅拌均匀；

**8.5.3** 基层养护完成后即可涂刷或喷涂界面剂；界面剂施工应按高延性纤维增强水泥基复合材料抹灰施工段进行，界面剂应随用随搅拌，喷涂应分布均匀。

**8.6 高延性纤维增强水泥基复合材料材料涂抹或浇筑**

**8.6.1** 高延性纤维增强水泥基复合材料修补加固施工宜采用机械喷涂抹灰，也可采用人工抹灰。抹灰范围应大于设计抹灰范围，且不应小于 20mm。

**8.6.2** 如果空间允许，也可采用浇筑施工方式。

**8.6.3** 采用机械喷涂抹灰应符合下列规定：

1 喷涂顾序和路线宜先远后近、先上后下、先里后外。喷枪移动轨迹应规则有序，不宜交叉重香，喷头与受喷面应基本垂直，喷射距离宜保持 0.6m~1.0m；应保持喷射混凝土表面平整，湿润光泽，无干块滑移、流淌现象；

2 应在界面剂凝固前喷涂第一层高延性纤维增强水泥基复合材料，并应将高延性纤维增强水泥基复合材 均匀喷涂在被修补加固表面及筋材之间，喷涂厚度应覆盖筋材，并完成一次喷涂：第一层喷涂表面应拉毛；

3 后续高延性纤维增强水泥基复合材料的喷涂应在前次高延性纤维增强水泥基复合材料初凝后进行。后续喷涂分层厚度应控制在 10mm~15mm，喷涂应均匀密实，应使前后喷涂层结合紧密；尚未达到设计厚度时，在后续喷涂前应将上一层高延性纤维增强水泥基复合材料表面拉毛；已达到设计厚度时，表面应抹平、压实、压光；

4 喷涂过程中应加强对成品的保护，对各部位喷溅黏附的高延性纤维增强水泥基复合材料应及时清除干净。

**8.6.4** 人工抹灰应符合下列规定：

1 应在界面剂凝固前抹第一层高延性纤维增强水泥基复合材料，施工应压实，且使高延性纤维增强水泥基复合材料透过增强筋材与被加固构件基层紧密结合，第一道抹灰厚度不宜超过 15mm，且宜覆盖增强筋材，第一层抹灰表面应拉毛；

2 后续抹灰应在前次抹灰初凝后进行，后续抹灰的分层厚度应控制为 10mm~15mm，抹灰应挤压密实，应使前后抹灰层结合紧密。尚未抹至设计厚度时，在后续抹灰前应将上一层抹灰表面拉毛；已抹至设计厚度时，表面应抹平、压实、压光。

**8.7 养护**

**8.7.1** 高延性纤维增强水泥基复合材料浇筑或抹灰成型后，应及时对暴露面进行覆盖。终凝前，应用抹子搓压表面2 遍以上，平整后应重新覆盖。采用塑料布覆盖养护的高延性纤维增强水泥基复合材料，其敞露的全部表面应覆盖严密。并应保持塑料布内表面有凝结水。

**8.7.2** 高延性纤维增强水泥基复合材料在终凝后可采取潮湿养护或蒸汽养护。溯湿养护可采用蓄水、浇水、喷淋酒水或覆盖保湿等方式，养护时间不宜少于7d；蒸汽养护可按普通混凝土预制构件的养护方法进行。

**8.7.3** 当高延性纤维增强水泥基复合材料材料表面不便洗水或使用塑料布时，宜涂刷养护剂。当采用养护剂进行养护时，养护剂的有效保水率不应小于90%。在风速较大的环境养护时，应采取适当的防风措施。室内施工后，宜将门窗关闭，室外构件应采取措施防止烈日暴晒。

**8.7.4** 当冬季或夏季施工时，高延性纤维增强水泥基复合材料的养护可按照普通混凝土的养护方法进行。

**9 质量检验与验收**

**9.1 原材料及高延性纤维增强水泥基复合材料质量检验**

**9.1.1** 高延性纤维增强水泥基复合材料用原材料的质量检验应符合现行国家标准《预拌混凝土》GB/T 14902的规定。

**9.1.2** 高延性纤维增强水泥基复合材料材料应进行进场检验，进场检验满足第5章要求后方可用于施工。

**9.2 修补加固工程质量验收**

**9.2.1** 高延性纤维增强水泥基复合材料用于建筑结构加固时，加固工程质量验收应符合现行国家标准《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550的规定。

9.2.2 高延性纤维增强水泥基复合材料用于桥梁和水利工程等的修补与加固时，工程质量验收尚应符合现行相关国家、行业标准的有关规定。

**本规程用词说明**

**1** 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1）表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2）表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3）表示允许稍有选择，在条件许可时，首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4）表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

**2** 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

**引用标准名录**

本规程引用下列标准。其中，注日期的，仅该日期对应的版本适用于本规程；不注日期的，其最新版适用于本规程。

《普通混凝土拌合物性能试验方法》GB/T 50080

《普通混凝土长期和耐久性能试验方法》GB/T 50082

《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119

《混凝土质量控制标准》GB 50164

《混凝土结构加固设计规范》GB 50367

《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550

《砌体结构加固设计规范》GB 50702

《混凝土结构通用规范》GB 55008

《通用硅酸盐水泥》GB 175

《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596

《混凝土外加剂》GB 8076

《建设用砂》GB/T 14684

《预拌混凝土》GB/T 14902

《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046

《砂浆和混凝土用硅灰》GB/T 27690

《混凝土用复合掺合料》JG/T 486

《高延性纤维增强水泥基复合材料力学性能试验方法》JC/T 2461

《应变硬化水泥基复合材料结构技术规程》T/CECS 1212

中国工程建设标准化协会标准

高延性纤维增强水泥基复合材料

修补与加固技术规程

**CECS×××:××××**

**条文说明**

**制定说明**

本规程制定过程中，编制组进行了广泛深入的调查研究，总结了我国工程建设中高延性纤维增强水泥基复合材料在修补与加固工程中的实践经验，同时参考了国外先进技术法规、技术标准，并在广泛征求意见的基础上，对主要问题进行了反复讨论、协调，最终确定各项技术要求。

为便于广大技术和管理人员在使用本规程时能正确理解和执行条款规定，《高延性纤维增强水泥基复合材料修补与加固技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，对条款规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项等进行了说明。本条文说明不具备与规程正文及附录同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规程规定的参考。

**目 次**

[1 总 则 2](#_Toc16361)3

[3 基 本 规 定 2](#_Toc29318)4

[4 原材料 2](#_Toc7248)5

[5 性能要求 2](#_Toc3489)6

[7 制备与运输 2](#_Toc1572)7

[8 施工 2](#_Toc9113)8

**1 总 则**

**1.0.2** 高延性纤维增强水泥基复合材料可用于既有建筑结构梁、板、柱、梁柱节点和砌体等的加固与裂缝修补，也可以用于桥面、路面、输水渡槽、大坝、隧道衬砌等的加固与修补。

**3 基 本 规 定**

**3.0.3** 高延性纤维增强水泥基复合材材料中通常掺加一定掺量的纤维，纤维的分散性对高延性纤维增强水泥基复合材料的性能具有非常重要的影响。因此，在制备与浇筑过程中应采取措施保证纤维分散的均匀性。

**4 原材料**

**4.1 技术要求**

**4.1.1** 高延性纤维增强水泥基复合材料通常采用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥。当用于快速修补加固时，也可采用硫铝酸盐水泥。

**4.1.3** 配制高延性纤维增强水泥基复合材料不建议采用粗骨料。研究表明，骨料粒径偏大会影响纤维桥接作用，使其能以实现应变硬化性能。此外，高延性纤维增强水泥基复合材料也可以采用一些新型骨料，用于发挥其他特性。

**4.1.4** 粉煤灰、硅灰、矿渣粉、复合掺合料是高延性纤维增强水泥基复合材料常用的掺合料。根据工程需求，也可采用石灰石粉、尾矿粉等其他矿物掺合料。

**4.1.6** 纤维是高延性纤维增强水泥基复合材料的重要原材料之一。本条给出了常用的PVA、PE纤维的技术要求。

**5 性能要求**

本章规定了高延性纤维增强水泥基复合材料的性能要求，首先需要满足工程施工与设计要求。在此前提下，本章也给出还应满足的具体的性能指标要求。

高延性纤维增强水泥基材料在用于修补加固工程中，需进行结构设计计算，本章也规定了高延性纤维增强水泥基复合材料的轴心抗压强度、轴心抗拉开裂强度、轴心抗拉强度的标准值和设计值，受拉和受压弹性模量，剪切变形模量以及泊松比应按《应变硬化水泥基复合材料结构技术规程》T/CECS 1212采用。

**7 制备与运输**

**7.1 一般规定**

高延性纤维增强水泥基复合材料的生产方式比较灵活，可采用预拌方式生产，也可在工厂将各种干燥的固体原料预拌为固态混合物，运输到施工现场，加水与液体组分拌制拌合物。

**7.4 搅拌**

**7.4.5、7.4.6** 高延性纤维增强水泥基复合材料中的纤维均匀分散难度较大，容易结团。因此，明确了两种生产方式下的投料顺序、搅拌时间、纤维投入方式等。

**8 施工**

**8.4 增强筋材施工**

高延性纤维增强水泥基复合材料用于修补加固工程中，通常采用钢筋网、钢绞线网、钢丝绳网片、FRP 格栅或纤维织物几种常用的增强筋材，其施工步骤不同，本节进行了详细规定。

**8.6 高延性纤维增强水泥基复合材料材料涂抹或浇筑**

高延性纤维增强水泥基复合材料修补加固施工宜采用机械喷涂抹灰，也可采用人工抹灰。如果空间允许，也可采用浇筑施工方式。本节重点规定了常用的机械喷涂、人工抹灰的具体要求。

**8.7 养护**

高延性纤维增强水泥基复合材料早期收缩较大，表面水分损失会加剧高延性纤维增强水泥基复合材料的开裂风险。因此，必须进行必要的养护。