

山西省土木建筑学会团体标准

高延性纤维增强水泥基复合材料应用技术标准

Application technical standard of high-ductility fiber
reinforced cementitious composites

T/SXCAS 032—2024

批准部门：山西省土木建筑学会

主编单位：北京中震建筑科学研究院有限公司

山西省建筑科学研究院集团有限公司

施行日期：2024 年 11 月 1 日

中国建设科技出版社有限责任公司

China Construction Science and Technology Press Co., Ltd.

2024 北 京

山西省土木建筑学会团体标准

T/SXCAS 032-2024

高延性纤维增强水泥基复合材料应用技术标准
Application technical standard of high-ductility fiber
reinforced cementitious composites

主编：北京中震建筑科学研究院有限公司
山西省建筑科学研究院集团有限公司

出版发行：中国建设科技出版社有限责任公司
China Construction Science and Technology Press Co., Ltd.

地 址：北京市西城区白纸坊东街 2 号院 6 号楼

印 刷：山西润金容印业有限公司

开 本：850mm×1168mm 1/32

字 数：40 千字

印 张：1.75

版 次：2024 年 11 月第 1 版

印 次：2024 年 11 月第 1 次印刷

定 价：38.00 元

统一书号：155160 · 3904

版权所有 翻印必究

山西省土木建筑学会
关于发布《高延性纤维增强水泥基
复合材料应用技术标准》的公告

晋土建标字〔2024〕19号

山西省土木建筑学会现批准《高延性纤维增强水泥基复合材料应用技术标准》为团体标准，编号为 T/SXCAS 032—2024，自 2024 年 11 月 1 日起实施，现予公告。

山西省土木建筑学会
2024 年 10 月 25 日

前 言

根据山西省土木建筑学会《关于同意团体标准立项的通知》（晋土建标字〔2022〕12号），标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考国内相关标准，并在广泛征求意见的基础上，编制本标准。

本标准主要内容包括：1.总则；2.术语和符号；3.基本规定；4.材料；5.配合比设计；6.施工；7.质量验收。

本标准由山西省土木建筑学会负责管理，由山西省建筑科学研究院集团有限公司负责具体解释。在执行过程中，如有意见或建议，请寄送山西省建筑科学研究院集团有限公司（地址：山西省太原市迎泽区山右巷10号，邮编：030001，邮箱：78409239@qq.com）。

本标准主编单位：北京中震建筑科学研究院有限公司
山西省建筑科学研究院集团有限公司

本标准参编单位：《山西建筑》杂志社有限责任公司
河北拓创远威科技有限公司
山西建设投资集团有限公司技术中心
太原市建筑设计研究院
忻州市住房和城乡建设局
中国铁路北京局集团有限公司
煤炭工业太原设计研究院集团有限公司
山西省康养集团安养养老发展有限公司
山西大学
中国移动通信集团设计院有限公司
陕西冀泰华合新材料科技有限责任公司
太原盈通凯晟新材料科技有限责任公司

本标准主要起草人员：石永 李绩 马硕 王会博
武振富 史晋荣 毕红 桑颖慧

丁晓茹	申建忠	任吉发	张骏鑫
杨 志	聂建国	赵 佳	王燕楠
杨瑞卿	聂小青	李 璐	杨 磊
赵变清	王 朝	李智刚	杨 旋
邓慧明	赵丽英	高国锋	李宪军
裴峻军	蔚世锦	翟正英	陈素芳
王彩萍	刘 琦	聂可欣	姚俊涛
刘建毅	柳 河	郭满辉	
白艳琴	贾冠华	张兰香	张 霞
李 巍	王荣香	梁福中	

本标准主要审查人员：

目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	2
3	基本规定	3
4	材料	4
4.1	原材料性能	4
4.2	拌合物性能	6
4.3	力学性能	6
4.4	预制板性能	9
4.5	预制板安装用配套材料性能	12
5	配合比设计	14
5.1	一般规定	14
5.2	配制强度的确定	14
5.3	配合比计算	15
6	施工	16
6.1	一般规定	16
6.2	面层喷射施工	16
6.3	面层压抹施工	17
6.4	预制板施工	18

6.5 养护..... 20

6.6 季节性施工..... 20

7 质量验收..... 22

7.1 一般规定..... 22

7.2 现场施工工程验收..... 24

7.3 预制板工程验收..... 26

本标准用词说明..... 27

引用标准名录..... 28

条文说明..... 30

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and Symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	2
3	Basic Requirement	3
4	Materials	4
4.1	Raw Material Property	4
4.2	Mixture Property	6
4.3	Mechanical Property	6
4.4	Prefabricated Board Property	9
4.5	Property of Auxiliary Materials for Prefabricated Board Installation	12
5	Mix Ratio Design	14
5.1	General Requirements	14
5.2	Determination of Preparation Strength	14
5.3	Mix Ratio Calculation	15
6	Construction	16
6.1	General Requirements	16
6.2	Surface Spray Construction	16
6.3	Surface Laminate Coating Construction	17
6.4	Precast Panel Construction	18

6.5	Curing	20
6.6	Seasonal Construction	20
7	Quality Acceptance	22
7.1	General Requirements	22
7.2	Site Construction Engineering Acceptance Check	24
7.3	Prefabricated Board Engineering Acceptance Check	26
	Explanation of Wording in This Standard	27
	List of Quoted Standards	28
	Explanation of Provisions	30

1 总 则

1.0.1 为规范高延性纤维增强水泥基复合材料的生产与应用推广，做到技术先进、安全可靠、经济合理，确保工程质量，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于新建、改建、扩建的一般工业建筑工程、民用建筑工程和既有建筑改造工程中高延性纤维增强水泥基复合材料的原材料控制、配合比设计、施工和质量验收。

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标准外，尚应符合国家、行业及山西省现行相关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 高延性纤维增强水泥基复合材料 high-ductility fiber reinforced cementitious composites

由水泥、矿物掺合料、细骨料、纤维和外加剂等为原材料，按一定比例加水搅拌、成型以后，在轴心拉力作用下具有高韧性、高抗裂性能和高耐损伤性的水泥基复合材料（简称 ECC）。

2.1.2 高延性纤维增强水泥基复合材料预制板 prefabricated panels of high-ductility fiber reinforced cementitious composites

由高延性纤维增强水泥基复合材料在专业化工厂浇筑成型、养护而制成的板材。

2.1.3 聚合物改性水泥砂浆注浆料 polymer modified cement mortar grouting material for fabricated high ductility fiber reinforced cement-based composite plate

掺有改性环氧乳液或其他改性共聚物乳液的高强度水泥砂浆，用于高延性纤维增强水泥基复合材料预制板的安装注浆。

2.1.4 纤维增强复合材料网格 fiber reinforced polymer composite grids

用连续纤维按一定工艺，如拉挤、模压成型或真空辅助成型等生产的连续网格状复合材料制品，一般为正交双向形式。

2.2 符 号

$f_{cu, 0}^d$ —高延性纤维增强水泥基复合材料的配制抗压强度；

$f_{cu, k}^d$ —高延性纤维增强水泥基复合材料立方体抗压强度标准值；

σ —高延性纤维增强水泥基复合材料抗压强度标准差。

3 基本规定

3.0.1 高延性纤维增强水泥基复合材料应有出厂检验报告、产品合格证和使用说明书。

3.0.2 高延性纤维增强水泥基复合材料中有害物质含量应符合现行国家有关标准的规定。

3.0.3 高延性纤维增强水泥基复合材料除符合本标准有关规定外，尚应同时符合设计要求。高延性纤维增强水泥基复合材料正常使用环境温度不宜超过 90℃，不应超过 120℃。

3.0.4 高延性纤维增强水泥基复合材料用于加固工程时，应按现行国家标准《工业建筑可靠性鉴定标准》GB 50144 或《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292 的有关规定进行可靠性鉴定；当与抗震加固结合时，应按现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB 50023 或《构筑物抗震鉴定标准》GB 50117 的有关规定进行抗震鉴定；农村砌体房屋加固前，应按现行行业标准《农村住房危险性鉴定标准》JGJ/T 363 的有关规定对结构安全、抗震性能进行评估。

4 材 料

4.1 原材料性能

4.1.1 水泥应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的有关规定。

4.1.2 骨料应符合现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684、《建设用卵石、碎石》GB/T 14685 和现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 的有关规定。

4.1.3 粉煤灰、矿渣粉和硅灰等矿物掺合料应分别符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596、《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046 和《砂浆和混凝土用硅灰》GB/T 27690 的有关规定；其他品种矿物掺合料应符合国家、行业现行相关标准的要求。

4.1.4 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 的有关规定。

4.1.5 拌合用水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的有关规定。

4.1.6 增强纤维可采用合成纤维或钢纤维，并应符合下列规定：

1 合成纤维应符合现行国家标准《水泥混凝土和砂浆用合成纤维》GB/T 21120 的有关规定。合成纤维宜采用长度为 6mm ~ 24mm、直径为 $10\mu\text{m}$ ~ $100\mu\text{m}$ 的聚丙烯、聚乙烯醇、芳纶、聚乙烯等纤维，抗拉强度不宜低于 1200 N/mm^2 。合成纤维主要性能指标和检验方法应符合表 4.1.6-1 的规定。

表 4.1.6-1 合成纤维主要性能指标和检验方法

项目	性能指标			检验方法
	聚丙烯纤维	聚丙烯粗纤维	聚乙烯醇纤维	
截面形状	圆形或异形	圆形或异形	圆形	目测
密度（g/cm ³ ）	0.90~0.92	0.90~0.93	1.28~1.30	《国家纺织产品基本安全技术规范》GB 18401-2010
熔点（℃）	160~176	160~176	215~220	
吸水率（%）	< 0.1	< 0.1	< 5	
抗拉强度（N/mm ² ）	≥ 1200			《水泥混凝土和砂浆用合成纤维》GB/T 21120
初始模量（N/mm ² ）	≥ 30.0×10 ³			
断裂伸长率（%）	≥ 7.0			
耐碱性能(极限拉力保持率)（%）	≥ 95			

2 钢纤维应符合现行国家标准《混凝土用钢纤维》GB/T 39147 的有关规定，主要性能指标和检验方法应符合表 4.1.6-2 的规定。

表 4.1.6-2 钢纤维主要性能指标和检验方法

项目	性能指标	检验方法
长度 (mm)	12~60	《混凝土用钢纤维》GB/T 39147
直径 (mm)	0.1~0.8	
长径比	100~600	
抗拉强度 (MPa)	≥ 1000	《金属材料 拉伸试验 第1部分: 室温试验方法》GB/T 228.1

4.2 拌合物性能

4.2.1 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,纤维不得聚团,并应符合设计和施工要求。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标准》GB/T 50080 的有关规定。

4.2.2 高延性纤维增强水泥基复合材料拌合物中水溶性氯离子最大含量应符合现行行业标准《纤维混凝土应用技术规程》JGJ/T 221 的有关规定,拌合物中水溶性氯离子含量测定方法宜符合现行行业标准《混凝土中氯离子含量检测技术规程》JGJ/T 322 的有关规定。

4.3 力学性能

4.3.1 高延性纤维增强水泥基复合材料抗压强度应按标准养护龄期为 60d 的立方体抗压强度值确定,标准立方体试块的边长应为 100mm。

4.3.2 高延性纤维增强水泥基复合材料抗压强度评定应符合现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107 的有关规定,但不应计尺寸折算系数。

4.3.3 高延性纤维增强水泥基复合材料抗压强度、抗折强度应按以下方法检验:

1 抗压强度测试应按现行国家标准《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081 执行,标准试件尺寸为 100mm×100mm×100mm;

2 抗折强度测试应按现行国家标准《水泥胶砂强度检验方法(ISO 法)》GB/T 17671 执行,标准试件尺寸为 40mm×40mm×160mm,进行三点抗折试验。

4.3.4 高延性纤维增强水泥基复合材料等效弯曲韧性、等效弯曲强度、抗折强度、立方体抗压强度、正向拉伸粘结强度、吸水率等主要性能指标和检验方法应符合表 4.3.4 的规定。

表 4.3.4 高延性纤维增强水泥基复合材料主要性能指标和检验方法

项目	性能指标			检验方法
等效弯曲韧性（kJ/m³）	标准 养 护 龄 期	3d	≥50.0	《高延性混凝土加固技术规程》DBJ04/T 397
		60d	≥40.0	
等效弯曲强度（MPa）		3d	≥4.5	
		60d	≥5.5	
抗折强度（MPa）		3d	≥6.0	
		60d	≥10.0	
立方体抗压强度（MPa）		3d	≥18	
		60d	≥50.0	
正向拉伸粘结强度（MPa）		≥1.5或为砌块内聚破坏		《建筑砂浆基本性能试验方法标准》JGJ/T 70
吸水率(5%)		≤1		《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081

注：表中60d的性能指标作为高延性纤维增强水泥基复合材料最终力学性能评定指标，3d力学性能指标作为高延性纤维增强水泥基复合材料进场检验的力学性能指标。

4.3.5 高延性纤维增强水泥基复合材料抗拉强度等级划分及检验方法应符合表 4.3.5 的规定。

表 4.3.5 高延性纤维增强水泥基复合材料抗拉强度等级划分及检验方法

项目	性能指标									检验方法
	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	
极限抗拉强度标准值 f_{ctk} (MPa)	≥ 2	≥ 3	≥ 4	≥ 5	≥ 6	≥ 7	≥ 8	≥ 9	≥ 10	《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
轴心抗拉强度标准值 f_{tk} (MPa)	1.60	2.40	3.20	4.00	4.80	5.60	6.40	7.20	8.00	
轴心抗拉强度设计值 f (MPa)	1.23	1.85	2.46	3.08	3.69	4.31	4.92	5.54	6.15	

注：1 抗拉强度等级对应极限抗拉强度换算的具有95%保证率的抗拉强度。

2 T2~T10代表高延性纤维增强水泥基复合材料抗拉强度等级。

3 轴心抗拉强度设计值系指极限抗拉强度标准值除以材料分项系数得到的抗拉强度。

4.3.6 高延性纤维增强水泥基复合材料延伸率等级划分及检验方法应符合表 4.3.6 的规定。

表 4.3.6 高延性纤维增强水泥基复合材料延伸率等级划分及检验方法

项目	性能指标										检验方法
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	
延伸率 ε_{del} (%)	≥ 1	≥ 2	≥ 3	≥ 4	≥ 5	≥ 6	≥ 7	≥ 8	≥ 9	≥ 10	《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
残余延伸率 (%)	≥ 1.2	≥ 1.1	≥ 1.1	≥ 1.1	≥ 1.1	≥ 1.1	≥ 1.1	≥ 1.1	≥ 1.1	≥ 1.1	

注：1 延伸率系指按照标准方法制作养护的拉伸用试件，在28d龄期用标准试验方法测得的最大力下延伸率的平均值。

2 D1~D10代表在单轴拉伸过程中表现出不同程度的延伸率水平。

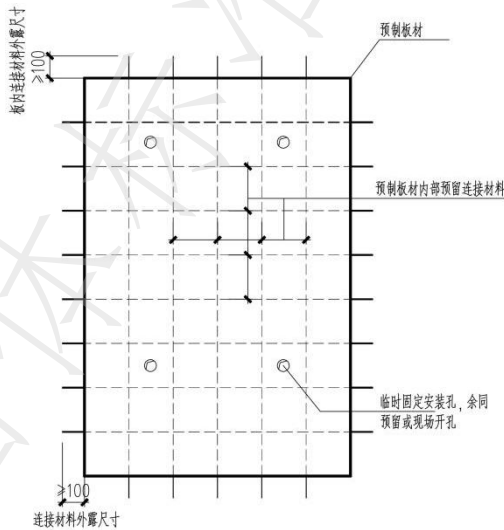
3 残余延伸率系指拉伸试件在达到极限抗拉强度后，继续加载导致拉伸强度降至极限抗拉强度85%时对应的延伸率。

4.3.7 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设计要求，并应按照现行国家标准《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082 进行检验。

4.3.8 高延性纤维增强水泥基复合材料抗冻、抗水渗透、抗氯离子渗透、抗碳化、早期抗裂、抗硫酸盐侵蚀等性能应符合设计要求，并按现行国家标准《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082 和现行行业标准《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T 193 进行检验评定。

4.4 预制板性能

4.4.1 高延性纤维增强水泥基复合材料预制板示意图如 4.4.1 所示。



预制板材、板内连接材料、预留孔示意图

图 4.4.1 高延性纤维增强水泥基复合材料预制板示意图

4.4.2 高延性纤维增强水泥基复合材料预制板的尺寸允许偏差和检验方法应符合表 4.4.2 的规定。

表 4.4.2 高延性纤维增强水泥基复合材料预制板的尺寸允许偏差和检验方法

项目	尺寸允许偏差（mm）	检验方法
长度	±5	尺量检查
宽度、厚度	±3	钢尺量一端及中部，取其中偏差绝对值较大处
表面平整度	3	2m靠尺和塞尺检查
翘曲	$L/750$	调平尺在两端量测
对角线差	10	钢尺量两个对角线
预留孔中心线位置	5	尺量检查
预留孔尺寸	±5	尺量检查

注：1 L 为构件最长边长度（mm）。

2 检查中心线、螺栓和孔道位置偏差时，应沿纵横两个方向量测，并取其中偏差较大值。

4.4.3 高延性纤维增强水泥基复合材料预制板的主要力学性能指标参考表 4.3.4~表 4.3.6 的规定。

4.4.4 高延性纤维增强水泥基复合材料预制板长期性能和耐久性能应符合设计要求，并按现行国家标准《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082 进行检验。

4.4.5 高延性纤维增强水泥基复合材料预制板内连接材料可采用钢丝网或纤维增强复合材料网格，并应符合下列规定：

1 以钢丝网作为内连接材料，钢丝主要性能指标和检验方法应符合表 4.4.5-1 的规定。

表 4.4.5-1 钢丝主要性能指标和检验方法

项目		性能指标		检验方法
		$1.80 \leq d < 4.00$	$d \geq 4.00$	
抗拉强度 R_m （MPa）		350~550		《金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法》GB/T 228.1
断后伸长率 A $L=200\text{mm}$ 镀层钢丝（%）		≥ 12		
缠绕试验芯棒 直径为钢丝直 径的倍数	I 组	1.0	1.5	《金属材料 线材 缠绕试验方法》 GB/T 2976
	II 组	2.0	2.0	

注: d 为钢丝公称直径。

2 以纤维增强复合材料网格作为内连接材料, 主要性能指标和检验方法应符合表 4.4.5-2 的规定, 其他性能和检验方法应符合现行国家标准《结构工程用纤维增强复合材料网格》GB/T 36262 中结构工程用纤维增强复合材料网格的有关规定。

表 4.4.5-2 纤维增强复合材料网格的主要性能指标和检验方法

项目	性能指标					检验方法
	CFG2500	CFG3000	CFG3500	BFG2000	BFG2400	
拉伸强度 (MPa)	≥ 2500	≥ 3000	≥ 3500	≥ 2000	≥ 2400	《结构工程用 纤维增强复合 材料网格》 GB/T 36262
拉伸弹性模 量 (GPa)	≥ 210	≥ 210	≥ 230	≥ 85	≥ 90	
断裂伸长 (%)	≥ 1.2	≥ 1.4	≥ 1.5	≥ 2.3	≥ 2.6	

4.5 预制板安装用配套材料性能

4.5.1 聚合物改性水泥砂浆注浆料的主要性能指标和检验方法应符合表4.5.1的规定。

表 4.5.1 聚合物改性水泥砂浆注浆料的主要性能指标和检验方法

项目	性能指标		检验方法
	I m级	II m级	
劈裂强度（MPa）	≥6.0	≥4.5	《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550
与烧结砖或混凝土小砌块的正粘结强度（MPa）	≥1.8, 且为MU20砖或砌块内聚破坏		《砌体结构加固设计规范》GB 50702
抗折强度（MPa）	≥10	≥8	《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550
抗压强度（MPa）	≥55	≥45	《建筑砂浆基本性能试验方法标准》JGJ/T 70
钢套筒粘结抗剪强度标准值（MPa）	≥7.5	≥5.5	《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550
流动度（mm）	≥260		《建筑砂浆基本性能试验方法标准》JGJ/T 70

注：1 检验应在浇筑试件达到28d养护期时立即在试验室进行，推迟检验日期时，除应征得有关方同意外，不应超过3d。

2 表中性能指标除标有强度标准值外，均为平均值。

4.5.2 砌体结构加固用聚合物改性水泥砂浆注浆料，粘结剪切性能应经湿热老化检验合格。湿热老化检验应在50℃温度和95%相对湿度环境条件下，采用钢套筒粘结剪切试件，按现行国家标准《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550的有关规定执行；老化试验持续时间不得少于60d。老化结束后，在常温条件下进行剪切破坏试验，平均强度降低百分率（%）均应符合下列规定：

1 I m级砂浆不得大于15%；

2 II m级砂浆不得大于20%。

4.5.3 严寒地区加固砌体结构使用的聚合物改性水泥砂浆注浆料，应具有耐冻融性能检验合格证书。冻融环境温度应为-25℃~35℃，循环次数不应少于50次；每次循环应为8h；试验结束后，钢套筒粘结剪切试件在常温条件下测得的平均强度降低百分率不应大于10%。

4.5.4 聚合物改性水泥砂浆注浆料主要耐久性能指标和检验方法应符合表 4.5.4 的规定。注浆料的性能应比板材的性能高。

表 4.5.4 聚合物改性水泥砂浆注浆料主要耐久性能指标和检验方法

项目	耐久性能指标	检验方法
抗冻试验（快冻法）	≥F200	《普通混凝土长期性能和耐久性试验方法标准》GB/T 50082
抗水渗透试验（逐级加压法）	≥P10	
抗氯离子渗透（RCM法）	≥RCM-1V	
抗硫酸盐侵蚀	≥KS90	

5 配合比设计

5.1 一般规定

5.1.1 高延性纤维增强水泥基复合材料配合比设计应同时符合试配强度和韧性要求，并应符合混凝土拌合物性能、力学性能和耐久性性能设计要求。

5.1.2 矿物掺合料掺量和外加剂掺量应经高延性纤维增强水泥基复合材料试配确定，并应符合高延性纤维增强水泥基复合材料强度、韧性和耐久性性能设计要求以及施工要求。

5.1.3 用于公路路面和城市道路的高延性纤维增强水泥基复合材料配合比设计应通过试配确定，力学性能和耐久性能应符合现行行业标准《公路水泥混凝土路面施工技术细则》JTG/T F30 和《城镇道路路面设计规范》CJJ 169 的有关规定。

5.1.4 高延性纤维增强水泥基复合材料应为干混拌合料，由工厂生产。

5.2 配制强度的确定

5.2.1 高延性纤维增强水泥基复合材料配制抗压强度应符合下列规定：

$$f_{\text{cu}, 0}^{\text{d}} \geq f_{\text{cu}, k}^{\text{d}} + 1.645 \sigma$$

式中： $f_{\text{cu}, 0}^{\text{d}}$ —高延性纤维增强水泥基复合材料的配制抗压强度（N/mm²）；

$f_{\text{cu}, k}^{\text{d}}$ —高延性纤维增强水泥基复合材料立方体抗压强度标准值（N/mm²）；

σ —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 $0.08f_{\text{cu}, k}^{\text{d}}$ 。

5.2.2 高延性纤维增强水泥基复合材料的配制抗折强度、等效弯曲强度和等效弯曲韧性均应符合设计要求，且应符合本标准的规定。

5.3 配合比计算

5.3.1 高延性纤维增强水泥基复合材料水胶比不宜大于 0.4，砂胶比不宜大于 0.8。

5.3.2 配合比计算中每立方米高延性纤维增强水泥基复合材料纤维用量应按质量计算；设计参数选择时，可用纤维体积率表达。

5.3.3 高延性纤维增强水泥基复合材料中纤维体积率不宜小于 0.5%，可参照表 5.3.3 选择，且应以检验结果确定。

表 5.3.3 高延性纤维增强水泥基复合材料纤维体积率

工程类型	使用目的	纤维体积率（%）
建筑结构	提高结构构件延性	0.50 ~ 2.00
加固砌体结构	结构抗震加固	1.00 ~ 2.00
刚性防水屋面	控制混凝土早期收缩裂缝	0.50 ~ 1.50
工业建筑地面	防裂、耐磨、提高整体性	0.50 ~ 1.00
薄型屋面板	防裂、提高整体性	0.75 ~ 1.50
公路路面	防裂、耐磨、防重载	0.50 ~ 1.00
机场道面	防裂、耐磨、抗冲击	1.00 ~ 1.50
港区道路和堆场铺面	防裂、耐磨、防重载	0.50 ~ 1.20
水工混凝土结构	高应力区局部增强	1.00 ~ 2.00
	抗冲磨、防气蚀区增强	0.50 ~ 2.00

6 施 工

6.1 一 般 规 定

6.1.1 高延性纤维增强水泥基复合材料应采用干混料预拌方式制备。原材料计量宜采用电子计量仪器，使用前应确认其标定合格。

6.1.2 高延性纤维增强水泥基复合材料应采用强制式搅拌机搅拌，搅拌机转速不宜小于 45r/min ，并应配备纤维专用计量和投料设备。投料顺序为：先加入水，在搅拌过程中加入骨料、水泥、矿物掺合料等干混料；拌合物搅拌均匀后加入纤维，待纤维分散均匀、手摸无聚团后停止搅拌。

6.1.3 施工单位应根据本标准，结合实际情况制定施工方案和技术措施。

6.1.4 高延性纤维增强水泥基复合材料在工程施工中，应进行过程控制和质量检查，并应有完整的检查记录。

6.2 面层喷射施工

6.2.1 高延性纤维增强水泥基复合材料喷射设备选用应符合下列规定：

- 1 生产能力不应小于 $3.0\text{m}^3/\text{h}$ ；
- 2 允许输送骨料最大粒径为 25mm ；
- 3 水平输料距离不宜小于 50m ，竖向输料距离不宜小于 20m ；
- 4 混凝土喷射设备应有良好的密封性和连续均匀输料能力。

6.2.2 空气压缩机选用应符合下列规定：

- 1 单台供风量不宜小于 $9\text{m}^3/\text{min}$ ；
- 2 压缩空气进入喷射机前应进行油水分离；
- 3 应供给稳定的风压，风压不宜小于 0.6MPa ；
- 4 当多台喷射机同时工作时，空气压缩机的供风量应为各台喷射机用风量之和的 1.2 倍~ 1.4 倍。

6.2.3 搅拌机宜选用强制式混凝土搅拌机。搅拌机容量应与混凝土喷射设备生产能力相匹配，且容量不宜小于 400L，生产能力宜为 $3\text{m}^3/\text{h}$ 。

6.2.4 输料管承压能力不宜小于 0.8MPa，管径应符合输送设计最大粒径骨料要求，并应具有良好的耐磨性能。

6.2.5 供水设施应保证连续供水，且喷头水压宜为 0.15MPa~0.2MPa。

6.2.6 高延性纤维增强水泥基复合材料的面层喷射施工应符合下列规定：

1 喷射顺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，不宜交叉重叠，喷头与受喷面宜垂直，喷射距离保持 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 界面剂凝固前应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料均匀喷射在被加固表面及筋材之间。喷射厚度应覆盖筋材，并完成一次喷射。第一层喷射表面应拉毛。

3 后续高延性纤维增强水泥基复合材料的喷射应在前次高延性纤维增强水泥基复合材料初凝后进行。后续喷射分层厚度应为 10mm~15mm，喷射应均匀密实，应使前后喷射层结合紧密。尚未达到设计厚度时，在后续喷射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，表面抹平、压实、压光。

4 喷射过程中应加强对成品保护，对喷溅粘附的高延性纤维增强水泥基复合材料应及时清除干净。

6.3 面层压抹施工

6.3.1 高延性纤维增强水泥基复合材料的面层压抹施工应符合下列规定：

1 基层处理：铲除原墙面抹灰层，清理灰缝，用钢丝刷刷净残灰，吹净表面灰粉，用水浇透墙面，最后在墙面刷水泥素浆一道。

2 压抹高延性纤维增强水泥基复合材料面层：设置标志，保证面层厚度一致。压抹高延性纤维增强水泥基复合材料面层前，应沿墙面往返浇水湿润，并待墙面稍干后再进行压抹。

3 高延性纤维增强水泥基复合材料面层，应在高延性纤维增强水泥基复合材料终凝后及时保湿养护，养护时间不应少于7d。日平均气温低于10℃时，养护时间不宜少于10d。冬期施工时，高延性纤维增强水泥基复合材料养护应符合《建筑工程冬期施工规程》JGJ/T 104的有关规定；夏季施工时要防止烈日暴晒。

4 加固施工时，要注意加固材料储存和使用过程中的安全，并按产品说明的要求采取安全保障措施。

6.4 预制板施工

6.4.1 高延性纤维增强水泥基复合材料预制板的生产制作应符合下列规定：

1 配料：根据高延性纤维增强水泥基复合材料组分比例，称取原材料。

2 搅拌：将称好的原材料倒入搅拌机中加水搅拌均匀。

3 成型：将搅拌好的高延性纤维增强水泥基复合材料浆料倒入铺设好连接材料的成型模具中，并振捣密实。

4 预养：将成型后的高延性纤维增强水泥基复合材料预制板移入养护室预养护。

5 脱模：待模具内的高延性纤维增强水泥基复合材料浆体硬化后脱模。

6 养护：将脱模后的高延性纤维增强水泥基复合材料预制板移至养护室养护。养护室温度不宜低于20℃，湿度不宜低于95%，养护周期宜为7d以上。

6.4.2 高延性纤维增强水泥基复合材料预制板施工应符合下列规定：

1 工厂生产的预制板材，现场采用化学锚栓，临时固定，将板材固定于墙面；

2 注浆，将板材与墙体进行粘结；

- 3 板内连接材料进行搭接；
- 4 板缝进行压抹施工（参照本标准第6.3节执行）；
- 5 养护。

6.4.3 高延性纤维增强水泥基复合材料预制板安装注浆施工应符合下列规定：

1 基层处理：铲除原墙面抹灰层，清理灰缝，用钢丝刷刷净残灰，吹净表面灰粉，用水浇透墙面；

2 锚栓：临时固定高延性纤维增强水泥基复合材料预制板设置标志，距离墙体3mm~5mm，采用化学锚栓固定；

3 注浆：采用压力将聚合物改性水泥砂浆注浆料由高延性纤维增强水泥基复合材料预制板底部打压进入缝隙内，且上部开始有浆液溢出表示浆液已注满，停止注浆。板块与原墙体填充配套专用注浆料，板材与原墙体粘结强度完成后，进行接茬部位板材连接。第二层高延性纤维增强水泥基复合材料预制板铺贴时与前一层错位铺贴，按上述步骤依次安装；

4 封缝：可采用环氧树脂胶泥、石膏、腻子等，并按材料要求配比制备；缝隙封堵，应做到表面平整且光滑；封堵应严密，不出现漏气现象。

6.4.4 施工质量控制应符合下列规定：

1 每道工序均应按本标准及施工技术标准进行质量控制；每道工序完成后应检查验收；必要时应按隐蔽工程检查验收，如高延性纤维增强水泥基复合材料预制板内连接材料的连接；合格后方可进行下道工序施工；

2 专业工种交接时，应进行交接检验，并应经监理工程师检查认可。

6.4.5 构造要求应符合下列规定：

1 板材内置连接材料，每边超出板材的长度不得小于100mm；

2 板材用于和原结构连接的连接件应为化学锚栓，直径不得小于12mm；

3 施工前，应对板材布置位置进行放线，应使化学锚栓的安装孔

布置于砌块处。

6.5 养 护

6.5.1 高延性纤维增强水泥基复合材料喷射、压抹或预制成型后，应及时对暴露面覆盖。高延性纤维增强水泥基复合材料终凝前，表面应搓压两遍以上，平整后重新覆盖。采用塑料布覆盖养护时，敞露表面应覆盖严密，并应保持塑料布内表面有凝结水。

6.5.2 高延性纤维增强水泥基复合材料和预制板在终凝后可采取潮湿养护或蒸汽养护。潮湿养护可采用蓄水、浇水、喷淋洒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养护方法执行。

6.5.3 当高延性纤维增强水泥基复合材料和预制板表面不便浇水或使用塑料布时，宜涂刷养护剂。当采用养护剂养护时，养护剂有效保水率不应小于 90%。在风速较大的环境养护时，应采取防风措施。室内施工后，宜将门窗关闭，室外构件应采取防止烈日曝晒措施。

6.5.4 冬季施工和夏季施工时，高延性纤维增强水泥基复合材料和预制板养护可按普通混凝土养护方法执行。

6.6 季节性施工

6.6.1 高延性纤维增强水泥基复合材料施工时环境温度不宜低于 5℃，且不宜进行冬期室外施工。

6.6.2 冬期施工应符合现行行业标准《建筑工程冬期施工规程》JGJ/T 104 的有关规定。冬期施工应制定施工方案，并对施工人员进行培训。

6.6.3 冬期室内施工时，应监测室内温度，且不宜浇水养护。

6.6.4 高延性纤维增强水泥基复合材料冬期施工时，应适当缩短高延性纤维增强水泥基复合材料凝结时间，但应经试配确定。高延性纤维增强水泥基复合材料拌合物的储存容器应采取保温措施。

6.6.5 雨天不宜进行外墙高延性纤维增强水泥基复合材料施工，若必须施工时，应采取防雨措施，且高延性纤维增强水泥基复合材料凝结前不应受雨淋。

6.6.6 在高温、多风、空气干燥的季节进行室内高延性纤维增强水泥基复合材料施工时，宜对门窗封闭。

6.6.7 夏季施工时，高延性纤维增强水泥基复合材料应随拌随用，压抹高延性纤维增强水泥基复合材料时应控制好各层压抹的间隔时间。

6.6.8 夏季气温高于 30℃时，外墙高延性纤维增强水泥基复合材料面层应采取遮阳措施，并应加强养护。

7 质量验收

7.1 一般规定

7.1.1 高延性纤维增强水泥基复合材料应进行进场检验，进场检验合格后方可用于施工。施工过程中，尚应按本标准规定留置标准养护试件和同条件养护试件。

7.1.2 高延性纤维增强水泥基复合材料检验批的质量检验，应按现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 的抽样原则及本标准所规定的抽样方案执行。

7.1.3 检验批中，凡涉及结构安全的加固材料、施工工艺、施工过程中留置的试件、结构重要部位的加固施工质量等项目，均应进行现场见证取样检测或结构构件实体见证检验。未经见证的此类项目，检测或检验报告不得作为施工质量验收依据。

7.1.4 检验批合格质量标准应符合下列规定：

- 1 主控项目的质量经抽样检验合格；
- 2 一般项目的质量经抽样检验合格；当采用计数检验时，抽检合格点率不低于85%，一般项目质量不应有严重缺陷；
- 3 具有完整的施工操作依据、质量检查记录及质量证明文件。

7.1.5 工程质量验收，应在所含检验批均验收合格的基础上，按现行国家标准《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550 及本标准的规定，对每项质量验收记录及其合格证明文件进行检查。

7.1.6 工程检验批合格质量标准应符合下列规定：

- 1 工程所含检验批质量均符合现行国家标准《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550的有关规定；
- 2 工程所含检验批质量验收记录和有关证明文件完整。

7.1.7 检验批、分项工程、子分部工程和分部工程质量验收，应按现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 的格式填写质量验收记录。

7.1.8 高延性纤维增强水泥基复合材料力学性能试件的制作及养护方法应符合现行国家标准《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081 的有关规定，养护龄期应为 60d。高延性纤维增强水泥基复合材料试件标准尺寸及力学性能检测方法应符合下列规定：

1 按现行国家标准《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081 的有关规定测试立方体抗压强度，标准试件尺寸为 100mm×100mm×100mm，且不再对尺寸换算系数折减；

2 按现行国家标准《水泥胶砂强度检验方法(ISO法)》GB/T 17671 的有关规定进行抗折试验，测定高延性混凝土的抗折强度，标准试件尺寸为40mm×40mm×160mm。

7.1.9 高延性纤维增强水泥基复合材料进场检验和力学性能检验评定的试件留置应符合下列规定：

1 材料进场检验和最终力学性能检验，每一检验批测试不少于3组试件，每组3个试件；

2 施工过程中，应按现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204的有关规定留置同条件养护试件，每批次留置的同条件养护试件数量不少于标准养护试件的留置数量。

7.1.10 高延性纤维增强水泥基复合材料预制板的检查和复验应符合下列规定：

1 原材料应检查产品使用说明书、出厂检验报告或产品合格证、产品性能全项检验报告或型式检验报告，全项检验报告应包括力学性能和耐久性能检验项目，且检验结果应符合本标准的规定；

2 现场应对板材抗折强度等力学性能复检。测定标准试块尺寸：40mm×40mm×160mm，从板材上切割，力学性能指标可参照表 4.3.4。每批抽取不应少于 3 个试块。现场应对板材正向拉伸粘结强度检测，指标可参照表 4.3.4，每批抽取不应少于 3 个试块。

7.1.11 高延性纤维增强水泥基复合材料主要力学性能试验结果评定方法应符合下列规定：

1 等效弯曲强度代表值和等效弯曲韧性代表值取3个试件测试结果的算术平均值；

2 抗折强度代表值计算应符合现行国家标准《水泥胶砂强度检验方法（ISO法）》GB/T 17671的有关规定；

3 立方体抗压强度标准值计算应符合现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107的有关规定，且不再进行尺寸换算系数折减。

7.1.12 高延性纤维增强水泥基复合材料耐久性能应按现行国家标准《普通混凝土长期性能和耐久性试验方法标准》GB/T 50082的有关规定进行试件制作、养护及性能测试，养护龄期均为28d。等级评定应符合现行行业标准《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T 193的有关规定。

7.2 现场施工工程验收

I 主控项目

7.2.1 原砌体构件表面碱蚀严重时，应先清除松散部分并用高延性纤维增强水泥基复合材料修补，已松动的勾缝砂浆应剔除。在清理、修整原结构、构件过程中发现的裂缝和损伤，应逐个修补，当修补有困难时，应进行局部拆砌。修补或拆砌完成后，应用清洁的压力水冲刷干净。

检查数量：全数检查。

检验方法：核查隐蔽验收记录等。

II 一般项目

7.2.2 高延性纤维增强水泥基复合材料的搅拌应符合本标准第6.1.2条的规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：现场观察。

7.2.3 拌合物稠度宜为28mm~33mm；拌合物稠度测试方法应符合《建筑砂浆基本性能试验方法标准》JGJ/T 70的有关规定。

检查数量：每工作班检查1次。

检验方法：现场检查；检查施工记录。

7.2.4 单次压抹厚度不宜超过 15mm，后一层压抹应在前一层压抹后 4h 内进行，最后一层之前压抹的高延性纤维增强水泥基复合材料表面收平但不宜收光。

检查数量：全数检查。

检验方法：现场观察。

7.2.5 高延性纤维增强水泥基复合材料的养护应符合本标准第 6.3.1 条第 3 款的规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察；检查施工记录。

7.2.6 高延性纤维增强水泥基复合材料面层，压抹外观质量不应有严重缺陷，不宜有一般缺陷。对已出现的问题应由施工单位提出处理方案，经业主或监理单位和设计单位共同认可后进行处理并应重新检查、验收。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察；检查技术处理方案及施工记录。

7.2.7 砌体构件外加的高延性纤维增强水泥基复合材料与基材界面粘结的施工质量，可采用现场锤击法或其他探测法进行探查。按探查结果确定的有效粘结面积与总粘结面积之比的百分率不小于 90% 进行合格判定。

检查数量：每一检验批抽取 5%，且不少于 5 处。

检验方法：用小锤轻击或其他探测方法查空鼓。

7.2.8 高延性纤维增强水泥基复合材料面层的厚度检测，可采用局部凿开法，面层厚度不应小于设计要求，且面层厚度仅允许出现正偏差、无负偏差进行合格判定，抽样合格率不应小于 90%。面层厚度检验的检测误差不应大于 1mm。

检查数量：每一检验批抽取 5%，且不少于 5 处。

检验方法：局部凿开后用钢尺测量。

7.3 预制板工程验收

I 主控项目

7.3.1 高延性纤维增强水泥基复合材料预制板间进行连接的压抹部位，与基材截面粘结的施工质量，可采用现场锤击法，根据结果确定的有效粘结面积与总粘结面积之比的百分率不应小于90%。

检查数量：每一检验批抽取10%，且不少于5块高延性纤维增强水泥基复合材料预制板。

检验方法：用小锤轻击或其他探测方法查空鼓。

II 一般项目

7.3.2 高延性纤维增强水泥基复合材料预制板安装允许偏差和检验方法应符合表7.3.2的规定。

检查数量：每一检验批抽取10%，且不少于5块高延性纤维增强水泥基复合材料预制板。

检验方法：钢尺、塞尺、水准仪等测量。

表 7.3.2 高延性纤维增强水泥基复合材料预制板安装允许偏差和检验方法

项目	允许偏差（mm）	检验方法
构件中心线对轴线位置	5	尺量检查
构件标高	±5	水准仪或尺量检查
相邻构件平整度	5	钢尺、塞尺量测
墙板接缝宽度、中心线位置	±5	尺量检查

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待,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

- 《通用硅酸盐水泥》GB 175
《国家纺织产品基本安全技术规范》GB 18401
《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
《砌体结构工程施工质量验收规范》GB 50203
《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204
《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300
《混凝土外加剂》GB 8076
《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596
《水泥胶砂强度检验方法（ISO法）》GB/T 17671
《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046
《金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法》GB/T 228.1
《水泥混凝土和砂浆用合成纤维》GB/T 21120
《建筑隔墙用保温条板》GB/T 23450
《天然砂岩建筑板材》GB/T 23452
《天然石灰石建筑板材》GB/T 23453
《混凝土用钢纤维》GB/T 39147
《金属材料 线材 缠绕试验方法》GB/T 2976
《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080
《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081
《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082
《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107
《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476
《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
《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52

《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55
《混凝土用水标准》JGJ 63
《钢筋焊接网混凝土结构技术规程》JGJ 114
《城镇道路路面设计规范》CJJ 169
《建筑砂浆基本性能试验方法标准》JGJ/T 70
《建筑工程冬期施工规程》JGJ/T 104
《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T 193
《纤维混凝土应用技术规程》JGJ/T 221
《高强混凝土应用技术规程》JGJ/T 281
《混凝土中氯离子含量检测技术规程》JGJ/T 322
《公路水泥混凝土路面施工技术细则》JTG/T F30
《高延性混凝土加固技术规程》DBJ04/T 397

山西省土木建筑学会团体标准

高延性纤维增强水泥基复合材料应用技术标准

T/SXCAS 032-2024

条文说明

目 次

1	总则	32
2	术语和符号	33
2.1	术语	33
3	基本规定	34
4	材料	35
4.1	原材料性能	35
4.2	拌合物性能	35
4.3	力学性能	35
4.4	预制板性能	36
4.5	预制板安装用配套材料性能	37
5	配合比设计	38
5.1	一般规定	38
5.2	配制强度的确定	38
6	施工	39
6.3	面层压抹施工	39
6.4	预制板施工	39
7	质量验收	41
7.1	一般规定	41
7.2	现场施工工程验收	41

1 总 则

1.0.1 高延性纤维增强水泥基复合材料，是一种具有高强度、高韧性、高抗裂性能和高耐损伤能力的特种混凝土。其原理是通过加入高韧性纤维，使混凝土具有较高的韧性，提高其抗破坏能力和避免产生开裂，广泛应用于建筑工程砌体房屋建筑结构的加固、修补、公路路面和城市道路路面工程中。砌体房屋建筑结构的加固应用是根据原建筑结构损坏鉴定情况，对原结构进行抗静力荷载及抗震修复，传统的建筑结构加固通常要进行穿墙打孔，安装对穿钢筋、支模板，然后双面浇筑混凝土砂浆，不仅施工程序复杂，且对原结构造成较大损伤。

1.0.2 本标准规范了高延性纤维增强水泥基复合材料的原材料控制、配合比设计、性能要求、生产施工和质量验收的各项要求，有利于产品的系统化使用。

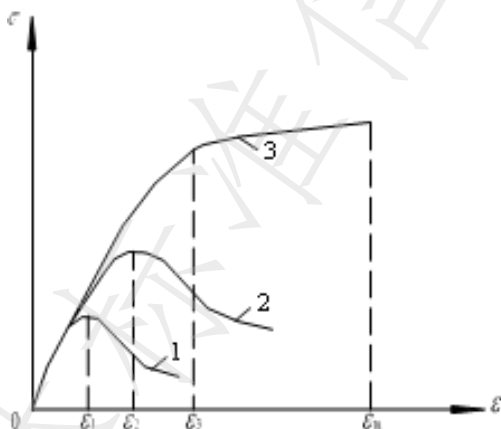
1.0.3 高延性纤维增强水泥基复合材料，用于加固砌体结构已经成为常规工程，但是存在现场压抹和湿作业工作量大的缺点，本标准同时结合了高延性纤维增强水泥基复合材料的材料性能和预制构件工厂生产，质量容易控制、现场施工速度快的优势，主要有如下特点：

- 1 工厂标准化生产，产品质量高、生产效率高；
- 2 预制和现场压抹相结合，连接构造简单，整体抗震性能好；
- 3 预制构件质量较轻，易于吊装、运输和安装。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 具有高韧性、高抗裂性能和高耐损伤能力的新型结构材料。高延性纤维增强水泥基复合材料开裂后，应力基本保持不变，应变维持较长时间发展，在拉伸和剪切荷载下表现出良好多裂缝开展和应变硬化特征（图 1）。



1—普通混凝土；2—纤维混凝土；3—高延性纤维增强水泥基复合材料

图 1 高延性纤维增强水泥基复合材料单轴拉伸曲线比较

3 基本规定

3.0.1 高延性纤维增强水泥基复合材料适用于对混凝土材料的韧性、抗裂性能和耐损伤能力等有较高要求的工程，对不同力学性能需求的混凝土工程，应根据工程实际设计材料性能，考虑到高温下可能导致高延性纤维增强水泥基复合材料的延性降低，本条给出高延性纤维增强水泥基复合材料适用的环境温度不应超过 90℃。另外，采用高延性纤维增强水泥基复合材料的工程遇火灾后，应通过检测鉴定评定其力学性能是否满足原设计的要求。

3.0.4 高延性纤维增强水泥基复合材料涉及不同工类别及国家标准或行业标准，在使用中除应执行本标准外，还应符合现行相关国家和行业标准的有关规定。

4 材 料

4.1 原材料性能

4.1.6 从目前来看,高延性纤维增强水泥基复合材料需要掺加短纤维作为增韧材料。本条文列举了现有的比较成熟的合成纤维和钢纤维,均可用于高延性纤维增强水泥基复合材料的增延、增韧。随着制备技术的发展与进步,不排除其他方式同样可以配制出这类材料。原则上,只要满足本标准第 4 章各项性能要求的应变强化型水泥基复合材料,均可引用本标准,因此本标准不强制要求纤维的种类或尺寸。

混凝土的碱性环境要求纤维具有足够的耐碱性能。在高碱性环境下的极限拉力保持率是指纤维在氢氧化钠碱溶液中,以规定的温度、浓度和时间浸泡处理,然后测试其断裂强度,从而得到浸后断裂强度与原试样的断裂强度之比的百分率。耐碱性能试验测试方法可参照现行团体标准《水泥混凝土和砂浆用工程纤维试验方法》T/CSTM 00041 的有关规定。

4.2 拌合物性能

4.2.1 高延性纤维增强水泥基复合材料的配制应注意调配拌合物的和易性,并使其不离析、不泌水,还应当注意纤维在基体材料中的分散性,保证纤维不聚团。

4.3 力 学 性 能

4.3.1 高延性纤维增强水泥基复合材料预制板的耐久性能明显高于普通混凝土板,本条规定了其主要的耐久性能指标,当设计中对其耐久性能有要求时,可参照本条规定其具体耐久性指标,设计中相应的耐久性指标要求不应低于本条的规定。

4.4 预制板性能

4.4.1 大量实验研究和工程实践表明,复合板的尺寸长度在 1.5m、宽度在 0.5m~1.0m 时,施工较为方便。

4.4.5 高延性纤维增强水泥基复合材料预制板内连接材料

1 钢丝网

钢丝在 4.4.5-1 规定的直径芯棒上以不超过 15r/min 的速度紧密缠绕 8 圈,钢丝不应断裂;接头焊接时,焊接点应牢固,飞边和毛刺应修平;焊接处应涂覆保护层。目测检查钢丝外形、表面质量,钢丝直径的测量用精度为 0.01mm 的千分尺或游标卡尺,在同一截面两个相互垂直的方向上,二次测量所得直径的算术平均值。

每批钢丝检验项目、取样部位及数量应符合下表的规定。

表 1 检验项目、取样部位及数量

序号	检验项目	取样数量及部位
1	表面质量	全数,任意处
2	钢丝直径	全数,任意处
3	抗拉强度	10%捆,不少于一捆,任意一端
4	断后伸长率	
5	镀层质量	
6	缠绕	

2 纤维增强复合材料网格

碳纤维按其主原料分为三类,即聚丙烯腈(PAN)基碳纤维、沥青(PITCH)基碳纤维和粘胶(RAYON)基碳纤维。从结构加固性能要求来考量,只有PAN基碳纤维最符合承重结构的安全性和耐久性要求;粘胶基碳纤维的性能和质量差,不能用于承重结构的加固;沥青基碳纤维只有中、高模量的长丝,可用于需要高刚性材料的加固场合,但在通常的建筑结构加固中很少遇到这类用途,况且在国内

尚无实际使用经验，因此，本标准规定：应选用聚丙烯腈基(PAN基)碳纤维。

4.5 预制板安装用配套材料性能

4.5.1 目前市场上聚合物乳液的品种很多，但绝大多数都是不能用于配制承重结构加固用的聚合物改性水泥砂浆。为此，根据标准编制组通过验证性试验的筛选结果，经专家讨论后做出了本规定，以供设计单位在选材时使用。

5 配合比设计

5.1 一般规定

5.1.1 高延性纤维增强水泥基复合材料具有优异的弯曲韧性、抗裂性能和耐损伤能力，在建筑工程、公路路面和城市道路路面工程中均具有明显的优势。用于建筑工程、公路路面和城市道路的高延性纤维增强水泥基复合材料配合比设计应根据相应的行业标准进行试配确定，保证其抗压强度、弯拉强度、抗冻性能等耐久性均满足现行行业标准《纤维混凝土应用技术规程》JGJ/T 221、《公路水泥混凝土路面施工技术细则》JTG/T F30 和《城镇道路路面设计规范》CJJ 169 的有关规定。

5.1.2 高延性纤维增强水泥基复合材料为了保证产品质量，应由具备相应生产资质和技术能力的工厂生产。

5.2 配制强度的确定

配制高延性纤维增强水泥基复合材料时，其抗折强度、抗压强度、正向拉伸粘结强度、吸水率应满足表 4.3.4 的要求；同时，其等效弯曲强度和等效弯曲韧性应当符合设计要求。

6 施 工

6.3 面层压抹施工

6.3.1 高延性纤维增强水泥基复合材料的压抹施工，主要为人工压抹，因此在施工过程中应注意加固面的清理要干净，并要养护到位，保证高延性纤维增强水泥基复合材料性能的可靠。

为了保证纤维均匀分散在高延性纤维增强水泥基复合材料基体中，宜采用纤维后掺法，将不含纤维的母料加水搅拌均匀以后，再加入纤维搅拌，使纤维完全分散均匀无结块。高延性纤维增强水泥基复合材料的搅拌时间应比普通混凝土长，搅拌机转速应适当调高。

6.4 预制板施工

6.4.1 高延性纤维增强水泥基复合材料采用了大量的矿物掺合料，标准养护周期不宜少于 7d；运输与堆放注意以下事项：

1 应制定预制构件运输与堆放方案，内容应包括运输时间、次序、堆放场地、运输线路、固定要求、堆放支垫及成品保护措施等。

2 预制构件运输车辆应符合构件尺寸和载重要求，装卸与运输时应符合下列规定：

- 1) 装卸构件时，应采取保证车体平衡的措施；
- 2) 运输构件时，应采取防止构件移动、倾倒、变形等的固定措施；
- 3) 运输构件时，应采取防止构件损坏的措施，对构件边角部或链索接触处的混凝土，宜设置保护衬垫。

3 构件堆放应符合下列规定：

- 1) 堆放场地应平整、坚实，并应有排水措施；
- 2) 构件支垫应坚实，垫块在构件下的位置宜与脱模位置一致；
- 3) 重叠堆放构件时，每层构件间垫块应上下对齐，堆垛层数应根据构件、垫块承载力确定，并应根据需要采取防止堆垛倾覆的措施。

施。

6.4.2 对预制构件而言，连接问题始终是最重要的问题，高延性纤维增强水泥基复合材料预制板也不例外，为了使板材与原墙体基面进行可靠连接，原墙面的洁净和粘结材料的饱满是基础。同时，考虑到施工完成后墙面平整度的调整，采用化学锚栓固定，可适当调整板材的表面平整度。

7 质量验收

7.1 一般规定

7.1.1~7.1.4 高延性纤维增强水泥基复合材料的质量对于相应的工程质量有着直接的重要影响，使用前应对进场的材料进行复验，其中材料性能应委托给国家计量认证和实验室认可的检测单位检验。

预制构件中预留孔洞的形状尺寸和中心定位偏差非常重要，生产时应要求进行抽样检验。施工过程中临时使用的预埋件可适当放松。

7.2 现场施工工程验收

7.2.1 主控项目

1 砌体结构或混凝土结构构件修复时，由于修复的构件可能存在局部松散（如混凝土保护层、砖的破损等）或构件腐蚀、材料风化等耐久性损伤，为了保证对损伤进行彻底处理，应在高延性纤维增强水泥基复合材料施工前，将松散部位或风化、腐蚀等影响较严重的部位进行剔凿并将表面清理干净。

7.2.2 一般项目

2 采用高延性纤维增强水泥基复合材料压抹施工时，施工质量验收，包括面层外观质量、加固面层厚度等，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 及其他现行相关规范、标准的有关规定。

3 本条对高延性纤维增强水泥基复合材料的压抹厚度和检验方法及质量评定要求进行了规定。

6 本条对高延性纤维增强水泥基复合材料预制板粘结材料的质量提出了检测方法和合格标准。