**备案号：**

**DB** ××

西藏自治区地方标准

|  |
| --- |
| DB ××—×××× |

**高延性混凝土加固技术规程**

##### （征求意见稿）

20××－××－××发布 20××－××－××实施

西藏自治区市场监督管理局

西藏自治区住房和城乡建设厅　联合发布

**前 言**

为推动西藏自治区高延性混凝土加固技术的实施，提升工程质量，促进行业的健康发展，根据西藏自治区市场监督管理局《关于下达2024年第二批推荐性地方标准制（修）订计划项目的通知》的要求，规程编制组经深入调查研究，认真总结实践经验，结合西藏自治区的实际情况，参考国内有关标准，在广泛征求意见的基础上，制定本规程（以下简称本规程）。

本规程共分为8章和3个附录，主要内容包括：总则，术语和符号，基本规定，材料，砌体构件加固设计，混凝土构件加固设计，施工，质量验收和附录等。本规程由西藏自治区住房和城乡建设厅负责管理，由中国城市建设研究院负责技术内容的解释。

各单位在执行使用过程中如有意见或建议，请寄送至西安建筑科技大学（地址：陕西省西安市碑林区雁塔路13号；邮政编码：710055），以供今后修订时参考。

本规程第一次发布。

本规程主编单位：西藏自治区建筑勘察设计院

西安建筑科技大学

西藏自治区低碳建筑技术创新中心

本规程参编单位：西安五和建筑科技研究院有限公司

西安五和新材料科技集团股份有限公司

山东五和建筑科技有限公司。。。

本规程主要起草人员：

本规程主要审查人员：

**目 次**

[1 总 则 1](#_Toc207111700)

[2 术语和符号 2](#_Toc207111701)

[2.1 术 语 2](#_Toc207111702)

[2.2 符 号 3](#_Toc207111703)

[3基本规定 4](#_Toc207111704)

[4 材料 5](#_Toc207111705)

[4.1 原材料 5](#_Toc207111706)

[4.2 拌合物性能 6](#_Toc207111707)

[4.3 力学性能 6](#_Toc207111708)

[4.4 耐久性能 7](#_Toc207111709)

[5 砌体构件加固设计 9](#_Toc207111710)

[5.1 一般规定 9](#_Toc207111711)

[5.2 砌体抗压加固 9](#_Toc207111712)

[5.3 砌体抗剪加固 12](#_Toc207111713)

[5.4 砌体抗震加固 13](#_Toc207111714)

[5.5 构造要求 16](#_Toc207111715)

[6 混凝土构件加固设计 20](#_Toc207111716)

[6.1 一般规定 20](#_Toc207111717)

[6.2 钢筋混凝土剪力墙抗剪加固 20](#_Toc207111718)

[6.3 钢筋混凝土梁抗剪加固 21](#_Toc207111719)

[6.4 钢筋混凝土柱正截面抗压加固 23](#_Toc207111720)

[6.5 抗震加固 24](#_Toc207111721)

[6.6 构造要求 25](#_Toc207111722)

[7 施工 28](#_Toc207111723)

[7.1 一般规定 28](#_Toc207111724)

[7.2 施工要点 29](#_Toc207111725)

[7.3 季节性施工 30](#_Toc207111726)

[8 质量验收 31](#_Toc207111727)

[8.1 一般规定 31](#_Toc207111728)

[8.2 材 料 32](#_Toc207111729)

[I 主控项目 32](#_Toc207111730)

[II 一般项目 33](#_Toc207111731)

[8.3 施工质量检验 33](#_Toc207111732)

[I 主控项目 33](#_Toc207111733)

[II 一般项目 35](#_Toc207111734)

[8.4 竣工验收 35](#_Toc207111735)

[附录A 高延性混凝土弯曲试验方法 38](#_Toc207111736)

[附录B 高延性混凝土抗折强度试验方法 41](#_Toc207111737)

[附录C 农村房屋加固 43](#_Toc207111738)

# 1 总 则

### **1.0.1** 为规范高延性混凝土在既有建筑加固工程中的应用，做到技术先进、安全可靠、经济合理，保证工程质量，制定本规程。

### **1.0.2** 本规程适用于西藏自治区既有建筑加固工程中采用高延性混凝土加固砌体结构、混凝土结构构件和农牧区民居建筑的设计、施工和验收。

### **1.0.3** 高延性混凝土在既有建筑加固工程中的应用除应符合本规程的规定外，尚应符合国家和西藏自治区现行有关标准的规定。

# 2 术语和符号

## 2.1 术 语

**2.1.1** 高延性混凝土 high ductile concrete

由胶凝材料、骨料、外加剂和合成纤维等原材料组成，按一定比例加水搅拌、成型以后，具有高韧性和高抗裂性能的特种混凝土。

**2.1.2** 合成纤维 synthetic fibre

以合成高分子化合物为原料制成的化学纤维。

**2.1.3**  等效弯曲强度 equivalent flexural strength

试件弯曲韧性试验时，采用等效弯曲荷载计算所得的抗弯强度。

**2.1.4** 等效弯曲韧性equivalent flexural toughness

试件弯曲韧性试验时等效弯曲强度与挠跨比的乘积，与等效弯曲强度一起作为高延性混凝土弯曲韧性的评价指标。

**2.1.5**  材料强度利用系数 strength utilization factor of material

考虑材料自身变形能力高于砌体及在二次受力条件下其强度得不到充分利用所引入的折算系数。

**2.1.6** 高延性混凝土面层加固 structure member strengthening with high ductile concrete layer

在原结构构件表面增设一定厚度的高延性混凝土，提高结构整体性、结构构件承载力和抗震能力的加固方法。

**2.1.7** 高延性混凝土条带加固 structure member strengthening with high ductile concrete strip

在结构关键部位增设一定宽度和厚度的高延性混凝土条带，提高结构整体性、结构构件承载力和抗震能力的加固方法。

**2.1.8** 配筋高延性混凝土面层加固 structure member strengthening with reinforced high ductile concrete layer

在原结构构件表面增设一定厚度的配筋高延性混凝土，提高结构整体性、结构构件承载力和抗震能力的加固方法。

## 2.2 符 号

### **2.2.1** 材料性能

|  |  |
| --- | --- |
| —— | 等效弯曲强度（N/mm2）； |
| —— | 等效弯曲韧性（kJ/m3）； |
| —— | 高延性混凝土轴心抗压强度设计值（N/mm2）； |
| —— | 高延性混凝土轴心抗拉强度设计值（N/mm2）； |
| —— | 高延性混凝土的弹性模量（N/mm2）； |
| —— | 原构件砌体抗压强度设计值（N/mm2）。 |

### **2.2.2** 作用和作用效应

|  |  |
| --- | --- |
| —— | 采用高延性混凝土面层加固后构件提高的受剪承载力（N）； |
| —— | 墙体采用配筋面层加固后，水平方向钢筋承担的剪力（N）； |
| —— | 考虑地震组合的墙体剪力设计值（N）； |
| —— | 原墙体截面抗震受剪承载力（N）。 |

### **2.2.3** 计算系数

|  |  |
| --- | --- |
| —— | 轴心受压构件的稳定系数； |
| —— | 抗压加固时，高延性混凝土的强度利用系数； |
| —— | 抗剪加固时，高延性混凝土的强度利用系数； |
| —— | 高延性混凝土面层加固的基准增强系数； |
| —— | 高延性混凝土面层加固时墙体侧向刚度的基准提高系数。 |

# 3基本规定

### **3.0.1** 砌体结构和混凝土结构加固前，应按现行国家标准《既有建筑鉴定与加固通用规范》GB 55021等有关标准的规定进行鉴定的要求，按本规程的规定进行加固设计、施工和验收。

### **3.0.3** 加固设计工作年限应符合现行国家标准《既有建筑鉴定与加固通用规范》GB 55021及国家有关标准的规定。

### **3.0.4** 加固设计应明确结构加固后的用途、使用环境和加固设计工作年限。在加固设计工作年限内，未经鉴定或设计许可，不得改变加固后结构的用途和使用环境。

### **3.0.5** 当加固后使结构质量增大时，应对建筑物地基基础进行验算。

### **3.0.6** 加固后结构的安全等级，应根据结构破坏后果的严重性、结构的重要性和加固设计工作年限综合确定。

### **3.0.7** 加固前应按设计的规定卸除或部分卸除作用在结构上的荷载。

### **3.0.8** 对加固过程中可能出现倾斜、失稳、过大变形或坍塌的结构，应在加固设计文件中提出相应的临时性安全措施，并应明确要求施工单位严格执行。

### **3.0.9** 应根据加固部位及其所处环境明确高延性混凝土的耐久性要求。相应耐久性能应满足本规程的有关规定，同时应符合现行国家标准《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476的有关规定。

表3.0.9 受力钢筋的高延性混凝土保护层厚度（mm）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 环境条件 | | 室内正常环境 | 露天或室内潮湿环境 |
| 构件类别 | 墙 | 15 | 20 |
| 梁、柱 | 20 | 25 |

### **3.0.10** 采用配筋高延性混凝土面层加固时，受力钢筋的高延性混凝土保护层厚度不应小于表3.0.9的规定。

### **3.0.11** 加固后的高延性混凝土的应用环境温度不宜超过90°C。当使用环境温度超过90°C时，应采取隔热措施。

# 4 材料

## 4.1 原材料

### **4.1.1** 高延性混凝土宜采用合成纤维作为增韧材料，合成纤维应为单丝纤维或粗纤维。合成纤维的规格应符合表4.1.1-1的规定；合成纤维的力学性能应符合表4.1.1-2的规定，其他性能应满足现行国家标准《水泥混凝土和砂浆用合成纤维》GB/T 21120的规定。

表4.1.1-1 合成纤维的规格

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 外 形 | 公称长度（mm） | 当量直径（μm） |
| 单丝纤维 | 4~15 | 12~50 |

表4.1.1-2 合成纤维的力学性能

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项 目 | 力学性能 | 试验方法 |
| 单丝纤维 |
| 断裂强度（N/mm2） | ≥1200 | GB/T 21120 |
| 初始模量（N/mm2） | ≥30.0×103 |
| 断裂伸长率（%） | 2.0~8.0 |
| 耐碱性能（极限拉力保持率）（%） | ≥95.0 |

**4.1.2** 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。

**4.1.3** 细骨料应符合现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684的有关规定。

**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的规定。

**4.1.5** 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。

**4.1.6** 粒化高炉矿渣粉应符合现行国家标准《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046的规定。

**4.1.7** 拌合用水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ63的有关规定。

**4.1.8** 钢材及焊接材料应符合现行国家标准《砌体结构加固设计规范》GB 50702及《混凝土结构加固设计规范》GB 50367的有关规定。

**4.1.9** 结构胶粘剂应符合现行国家标准《砌体结构加固设计规范》GB 50702及《混凝土结构加固设计规范》GB 50367的有关规定。

## 4.2 拌合物性能

### **4.2.1** 高延性混凝土拌合物中的氯化物含量(以氯离子质量计)不应大于0.05%。

### **4.2.2** 高延性混凝土拌合物应具有良好的工作性，不应出现离析、泌水现象，纤维不应结团。

### **4.2.3** 高延性混凝土，采用人工压抹施工时，其拌合物稠度宜为40mm~80mm，拌合物稠度的测试方法应符合现行行业标准《建筑砂浆基本性能试验方法标准》JGJ/T 70的有关规定。

## 4.3 力学性能

### **4.3.1** 高延性混凝土应依据力学性能指标确定高延性混凝土主要类别。高延性混凝土类别应符合表4.3.1的规定。

表4.3.1 高延性混凝土类别

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 性能指标 | 养护方式 | 类别 | | | 试验方法  标准 |
| I类 | II类 | III类 |
| 等效弯曲韧性  （kJ/m3） | 标准养护3d | ≥110.0 | ≥90.0 | ≥70.0 | 本规程  附录A |
| 标准养护60d | ≥160.0 | ≥120.0 | ≥80.0 |
| 等效弯曲强度  （N/mm2） | 标准养护3d | ≥6.5 | ≥5.5 | ≥4.5 | 本规程  附录A |
| 标准养护60d | ≥11.0 | ≥10.0 | ≥9.0 |
| 抗折强度  （N/m m2） | 标准养护3d | ≥7.0 | | | GB/T 17671 |
| 标准养护60d | ≥12.0 | | |
| 立方体抗压强度  （N/mm2） | 标准养护3d | ≥25.0 | | | GB/T 50081 |
| 标准养护60d | ≥50.0 | | |

注：1 表中性能指标除立方体抗压强度为标准值外，其他性能指标均指试验结果的代表值；

2 等效弯曲韧性、等效弯曲强度、抗折强度试件尺寸均为40mm×40 mm×160 mm，立方体抗压强度试件尺寸为100mm×100 mm×100 mm；

3 表中3d龄期作为进场检验指标，28d龄期作为施工过程控制指标，60d龄期作为最终验收的指标要求；

### **4.3.2** 高延性混凝土与基材的正拉粘结强度性能指标应符合表4.3.2的规定。

表4.3.2 高延性混凝土与基材的正拉粘结强度性能指标

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 基材  类别 | 基材强度等级 | 28d性能指标（MPa） | 正常破坏形式 | 试验方法标准 |
| 烧结砖 | MU15 | ≥0.6 | 基材砖内聚破坏 | GB 50702-2011附录B |
| 混凝土 | C30 | ≥1.5 | 基材混凝土内聚破坏 | GB 50550-2010附录E |

注：拉粘结强度性能指标应至少满足28d性能指标与正常破坏形式其中一项。

### **4.3.3** 高延性混凝土的轴心抗压强度设计值应取27.6N/mm2，轴心抗拉强度设计值应取3.8N/mm2。

### **4.3.4** 高延性混凝土的受压弹性模量*E*d应取2.20×104 N/mm2，当有可靠试验依据时，弹性模量可根据实测数据确定。

## 4.4 耐久性能

**4.4.1** 设计应根据加固部位及其所处环境确定高延性混凝土的耐久性要求，相应的耐久性能除应满足表4.4.1的要求外，尚应符合现行国家标准的相关规定。

表4.4.1 高延性混凝土的主要耐久性能指标

| 指标类别 | 等级要求 |
| --- | --- |
| 抗冻试验（快冻法） | ≥F300 |
| 抗水渗透试验（逐级加压法） | ≥P12 |
| 抗氯离子渗透性能-氯离子迁移系数*D*RCM（/10-12m2/s） | ＜2.5 |
| 抗硫酸盐侵蚀性能 | ≥KS90 |
| 抗碳化性能-碳化28d的碳化深度d（mm） | ≤2.0mm |

**4.4.2** 高延性混凝土的耐久性能，应按现行国家标准《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082的相关规定进行试件制作、养护及性能测试。并按现行行业标准《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T 193的相关规定进行等级评定。

# 5 砌体构件加固设计

## 5.1 一般规定

### **5.1.1** 砌体构件加固设计包括砌体抗压加固设计、砌体抗剪加固设计和砌体抗震加固设计。

### **5.1.2** 本章节适用于下列砌体结构的加固设计：

**1** 砖砌体：包括烧结普通砖、烧结多孔砖、蒸压灰砂普通砖、蒸压粉煤灰普通砖、混凝土普通砖、混凝土多孔砖的无筋和配筋砌体；

**2** 砌块砌体：包括混凝土砌块、轻集料混凝土砌块的无筋和配筋砌体；

**3** 石砌体：包括各种料石和毛石的砌体；

### **5.1.3** 高延性混凝土类别的选用应符合表5.1.3的规定。

表5.1.3 高延性混凝土类别选用表

| 适用条件 | 高延性混凝土类别 |
| --- | --- |
| 乙类设防时，抗震设防烈度为7度且层数为五层及以上的砌体结构 | I类 |
| 乙类设防时，抗震设防烈度为7度且层数为五层以下的砌体结构 | 不低于II类 |
| 丙类设防时，抗震设防烈度为7度的砌体结构 | 不低于III类 |
| 抗震设防烈度为6度或抗震设防分类为丁类的砌体结构 | 不低于IV类 |

**5.1.4** 高延性混凝土面层加固及配筋高延性混凝土面层加固砌体结构构件时，其加固后承载力计算应符合本标准的相关规定，并满足国家现行标准相关规定。

**5.1.5** 高延性混凝土加固时，应考虑结构刚度增大而导致地震作用效应增大的影响，同时避免因局部加强或刚度突变形成新的薄弱部位。

## 5.2 砌体抗压加固

### **5.2.1** 高延性混凝土加固轴心受压构件的正截面受压承载力应按下式验算：

 （5.2.1）

|  |  |
| --- | --- |
| 式中： |  |
| *N*—— | 构件轴向压力设计值； |
| —— | 轴心受压构件的稳定系数，可根据加固后截面的高厚比及配筋率，按现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003的规定取值； |
| —— | 原构件砌体抗压强度设计值； |
| —— | 原构件截面面积；对空斗墙砌体构件，应取其净截面面积进行计算； |
| —— | 抗压加固时的高延性混凝土强度利用系数，对砖砌体取0.15； |
| —— | 高延性混凝土轴心抗压强度设计值； |
| —— | 新增高延性混凝土面层的截面面积； |
| —— | 轴心受压构件钢筋强度利用系数，对砖砌体，取； |
| —— | 新增竖向钢筋抗压强度设计值； |
| —— | 新增受压区竖向钢筋截面面积。 |

### **5.2.2** 高延性混凝土加固偏心受压构件（图5.2.2）的正截面受压承载力应符合下列规定：

（a）小偏心受压 （b）大偏心受压

图5.2.2 加固后的偏心受压构件

 （5.2.2-1）

 （5.2.2-2）

** （5.2.2-3）

** （5.2.2-4）

** （5.2.2-5）

|  |  |
| --- | --- |
| 式中： |  |
| —— | 砌体受压区的截面面积； |
| —— | 抗压加固时高延性混凝土强度利用系数，取0.15； |
| —— | 高延性混凝土面层受压区的截面面积； |
| —— | 偏心受压构件竖向钢筋强度利用系数，对砖砌体，取； |
| —— | 钢筋应力，正值为拉应力，负值为压应力； |
| —— | 离轴向力*N*作用点较远一侧钢筋的合力点至轴向力*N*作用点的距离； |
| —— | 砌体受压区的截面面积对钢筋重心的面积矩； |
| —— | 高延性混凝土面层受压区的截面面积对钢筋重心的面积矩； |
| —— | 离轴向力*N*作用点较近一侧钢筋的重心至轴向力*N*作用点的距离； |
| —— | 轴向力对加固后截面的初始偏心距，按荷载设计值计算，当时，取； |
| —— | 加固后的构件在轴向力作用下的附加偏心距； |
| —— | 加固后的构件高厚比； |
| —— | 加固后的截面高度； |
| —— | 加固后的截面有效高度； |
| —— | 分别为离轴向力*N*作用点较远和较近一侧钢筋的合力点至截面外侧边沿的距离； |
| —— | 距轴向力N较远一侧钢筋的截面面积； |
| —— | 距轴向力N较近一侧钢筋的截面面积。 |

按上述规定计算时，尚应符合下列要求：

**1** 钢筋的应力应符合下列规定：

1）当时



 （5.2.2-6）

 （5.2.2-7）

2）当时

 （5.2.2-8）

 （5.2.2-9）

|  |  |
| --- | --- |
| 式中： |  |
| —— | 截面受压区相对高度； |
| —— | 加固后截面受压区相对高度的界限值，对HPB300级钢筋，取0.47；对HRB400级钢筋，取0.36； |
| —— | 截面受压区高度； |

**2** 截面受压区高度应符合下列规定：

（5.2.2-10）



|  |  |
| --- | --- |
| 式中： |  |
| —— | 砌体受压区的截面面积对轴向力N作用点的面积矩； |
| —— | 高延性混凝土面层受压区的截面面积对轴向力N作用点的面积矩； |

## 5.3 砌体抗剪加固

### **5.3.1** 高延性混凝土加固砌体墙的受剪承载力应按下式验算：

 （5.3.1）

|  |  |
| --- | --- |
| 式中： |  |
| *V* —— | 墙体剪力设计值； |
| —— | 原墙体受剪承载力，按现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003计算；被加固墙体为空斗墙时，可不考虑原墙体的受剪承载力，即=0； |
| —— | 高延性混凝土面层加固后构件受剪承载力提高值。 |

### **5.3.2** 高延性混凝土加固后提高的受剪承载力*V*d应按下列公式计算：

 （5.3.2-1）

 （5.3.2-2）

|  |  |
| --- | --- |
| 式中： |  |
| —— | 高延性混凝土轴心抗拉强度设计值；按本规程4.3.3条规定取值；当有可靠试验资料时，取值可根据试验结果确定； |
| —— | 抗剪加固时，高延性混凝土强度利用系数，可取； |
| *b* —— | 高延性混凝土面层厚度（双面加固时，取其厚度之和）； |
| *h* —— | 采用面层加固的墙体水平方向长度； |
| —— | 墙体采用配筋面层加固后，水平钢筋承担的剪力； |
| —— | 水平向钢筋强度利用系数，可取； |
| —— | 水平向钢筋的强度设计值； |
| —— | 配置在同一截面内的水平向钢筋全部截面面积； |
| —— | 水平向钢筋的间距。 |

## 5.4 砌体抗震加固

### **5.4.1** 高延性混凝土加固砌体墙的抗震受剪承载力应按下式验算：

 （5.4.1）

|  |  |
| --- | --- |
| 式中： |  |
| —— | 考虑地震组合的墙体剪力设计值； |
| —— | 原墙体截面抗震受剪承载力，按现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003计算；被加固墙体为空斗墙时，可不考虑原墙体的抗震受剪承载力，即=0； |
| —— | 采用高延性混凝土加固后提高的受剪承载力，按本规程5.3.2条计算； |
| —— | 承载力抗震调整系数，取为0.85。 |

### **5.4.2** 高延性混凝土加固后的砌体结构楼层和墙段的综合抗震能力指数应按下式计算：

 （5.4.2）

|  |  |
| --- | --- |
| 式中： |  |
| —— | 加固后楼层或墙段的综合抗震能力指数； |
| —— | 加固增强系数，可按本规程第5.4.4条计算； |
| —— | 楼层或墙段原有的抗震能力指数，应分别按现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB 50023规定的有关方法计算； |
| 、—— | 分别为体系影响系数和局部影响系数，应根据房屋加固后的状况，按现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB 50023的有关规定取值。 |

### **5.4.3** 按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011的规定只选择从属面积较大或竖向应力较小的墙段进行抗震承载力验算时，截面抗震受剪承载力可按下列公式验算：

计入构造影响时  （5.4.3-2）

|  |  |
| --- | --- |
| 式中： |  |
| —— | 墙段的剪力设计值； |
| —— | 加固后第*i*楼层第*j*墙段抗震能力增强系数，按式（5.4.4-2）确定； |
| —— | 墙段原有的抗震受剪承载力，可按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011有关规定计算；但其中的材料性能设计指标、承载力抗震调整系数应按现行行业标准《建筑抗震加固技术规程》JGJ 116的有关规定采用。空斗墙抗震加固应采用式（5.4.1）验算截面抗震受剪承载力。 |

### **5.4.4** 楼层抗震能力的增强系数可按下列公式计算：

 （5.4.4-1）

 （5.4.4-2）

|  |  |
| --- | --- |
| 式中： |  |
| —— | 高延性混凝土加固后第*i*楼层抗震能力的增强系数； |
| —— | 第*i*楼层第*j*墙段高延性混凝土面层加固的增强系数；高延性混凝土面层加固时，取值不大于3.00；配筋高延性混凝土面层加固时，取值不大于5.00； |
| —— | 第*i*楼层中验算方向原有抗震墙在1/2层高处净截面的面积； |
| —— | 第*i*楼层中验算方向面层加固的抗震墙*j*墙段在1/2层高处净截面的面积； |
| —— | 第*i*楼层中验算方向上的面层加固抗震墙的道数； |
| —— | 原砌体截面抗震受剪承载力，可按现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003计算。 |

当原墙体在重力荷载代表值作用下的平均竖向压应力时，增强系数应乘以0.8进行折减，*f*为砌体的抗压强度设计值。

### **5.4.5** 高延性混凝土加固采用综合抗震能力指数验算时，有关构件支承长度的影响系数应作相应改变，有关墙体局部尺寸的影响系数应取1.0。

### **5.4.6** 墙体的侧向刚度*K*应按下列规定进行计算：

**1** 墙体高宽比小于1时，可只计算剪切变形：

 （5.4.6-1）

**2** 墙体高宽比不大于4且不小于1时，应同时计算弯曲和剪切变形：

 （5.4.6-2）

 （5.4.6-3）

**3** 墙体高宽比大于4时，墙体的侧向刚度可取0。

|  |  |
| --- | --- |
| 式中： |  |
| —— | 采用高延性混凝土面层加固后墙体的侧向刚度； |
| —— | 砌体的弹性模量； |
| —— | 高延性混凝土面层的弹性模量； |
| —— | 砌体的横截面面积； |
| —— | 高延性混凝土面层的横截面面积； |
| —— | 加固砖墙的剪切模量，取； |
| —— | 截面剪应变不均匀系数，取=1.2； |
| —— | 竖向压应力影响系数，取=1.0； |
| —— | 墙体竖向高度； |
| 、—— | 分别表示采用高延性混凝土面层加固后，组合截面惯性矩和组合截面面积。 |

### **5.4.7** 采用高延性混凝土或配筋高延性混凝土面层加固后，墙体侧向刚度的提高系数按下式计算：

 （5.4.7）

|  |  |
| --- | --- |
| 式中： |  |
| —— | 原墙体加固前的侧向刚度； |
| —— | 高延性混凝土加固后，墙体侧向刚度的提高系数。 |

## 5.5 构造要求

### **5.5.1** 高延性混凝土加固砌体构件应符合下列规定：

**1** 高延性混凝土面层厚度不应小于10mm。当面层厚度大于30mm时，应配置钢筋网片及拉结筋，钢筋直径不应小于6mm；竖向钢筋及水平钢筋的间距不宜大于300mm；双面加固时采用S拉结筋间距不宜大于750mm，单面加固时采用L形锚筋间距不宜大于600mm，具体配筋应根据实际工程由计算确定。

**2** 宜选用HRB400级钢筋，也可采用HPB300级钢筋。竖向钢筋的连接宜采用焊接，钢筋焊接应符合现行行业标准《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18的有关规定；当钢筋采用机械连接时，应符合现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107的有关规定。

**3** 原砌筑砂浆抗压强度检测推定值低于1.0MPa时，高延性混凝土面层与墙体之间宜采用局部嵌缝等方式进行处理，嵌缝深度宜为10mm~15mm（图5.5.1-1）。局部嵌缝宜采用梅花状布置，嵌缝净间距不应大于600mm。



（a）局部嵌缝剖面示意图 （b）局部嵌缝立面示意图

图5.5.1-1 高延性混凝土面层嵌缝示意图

1-高延性混凝土嵌缝；2-高延性混凝土面层

### **4** 面层端部应采用嵌缝、开槽或L型倒角等锚固加强措施（图5.1.1-2）。

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| （a）面层端部L形倒角 | （b）面层端部开槽嵌入墙内 |
| 图5.5.1-2 高延性混凝土面层嵌缝示意图 | |
| 1-高延性混凝土 | |

**5** 遇门窗洞口时，单面加固宜将面层延伸至洞口侧边锚固，双面加固宜将两侧的面层在洞口处闭合。

**6** 配筋高延性混凝土面层加固法加固砌体构件时，竖向钢筋宜采用等代集中配置穿板连接筋的方式穿过楼板，并应符合下列规定：

穿板连接筋宜采用HRB400级钢筋，直径宜大于上下层配筋高延性混凝土面层中竖向钢筋的直径，穿板连接筋的间距宜为600mm；

楼板为预制楼板时，竖向钢筋宜从板缝之间穿过；

穿板连接筋与上、下层配筋面层中竖向钢筋的搭接长度*ll*应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的有关规定，且不应小于400mm。

**7** 采用高延性混凝土加固空斗墙构件时，应采用双面加固。加固面层中配置钢筋网，S形拉结筋和L形锚筋所在位置在眠砖与立砖处穿墙设置，应采用灌浆料灌注填实。无眠全斗形式的空斗墙不宜采用高延性混凝土加固。

### **5.5.2** 砌体抗压加固时，应符合下列规定：

**1** 高延性混凝土面层加固砌体受压构件，宜采用双面加固，面层厚度不宜小于15mm；当采用单面加固时，面层厚度不宜小于20mm；

**2** 配筋高延性混凝土面层中纵向受力钢筋的上端宜锚入有配筋的混凝土构件内，伸入地下一端应锚固在基础内，锚固应采用锚固型结构胶，结构胶的性能应符合现行国家标准《工程结构加固材料安全性鉴定技术规范》GB 50728中对结构胶粘剂安全性鉴定的相关规定；

**3** 采用高延性混凝土面层加固，当面层厚度大于20mm时，宜采用拉结钢筋增强面层与墙体的可靠拉结，拉结钢筋的间距不宜大于600mm，且宜为梅花状布置。对多孔砖砌体墙，拉结件宜设置在多孔砖上，应采用灌浆料灌注密实；

**4** 对独立承重砖柱和高宽比大于4的窗间墙，宜采用高延性混凝土面层围套加固，面层厚度不宜小于20mm；当面层厚度大于30mm时，应配置纵向钢筋和闭合箍筋，竖向钢筋宜采用HRB400级钢筋、直径不宜小于10mm，闭合箍筋的直径不宜小于6mm、间距不宜大于150mm，具体配筋应根据实际工程由计算确定；

**5** 底层墙体的高延性混凝土面层，应向下延伸至基础顶面。

### **5.5.3** 砌体抗剪加固和砌体抗震加固时，应符合下列规定：

**1** 宜采用双面加固，单侧面层厚度不应小于10mm；当采用单面加固时，面层厚度不应小于15mm；

**2** 底层外墙的高延性混凝土面层，在室外宜伸入地面以下200mm或伸至地圈梁顶面；

**3** 独立砖柱的抗剪及抗震加固方法同抗压加固；

**4** 底层的配筋高延性混凝土面层在室外地面下宜加厚并伸入地面以下500mm。

### **5.5.4** 当圈梁和构造柱设置不满足要求时，可采用高延性混凝土-砌体组合圈梁和高延性混凝土-砌体组合构造柱对房屋进行整体性加固（图5.5.4），整体性加固应符合下列规定：

**1** 组合圈梁高度不小于350mm，面层厚度不应小于40mm；

**2** 高延性混凝土-砌体组合构造柱的面层厚度不应小于40mm，且配筋面层在墙体拐角处应加宽不小于150mm；

**3** 组合圈梁和组合构造柱的纵筋宜采用HRB400级钢筋，箍筋宜采用HPB300级钢筋。组合圈梁的纵筋和箍筋直径不应小于10mm和6mm，组合构造柱的纵筋和箍筋直径分别不应小于12mm和8mm，箍筋间距不宜大于300mm。组合圈梁和组合构造柱的纵筋、箍筋的设置同时应满足现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010等相关规范的要求。

（a）组合圈梁 （b）组合构造柱1



（c）组合构造柱2

图5.5.4 高延性混凝土-砌体组合圈梁及组合构造柱做法示意图

1-高延性混凝土；2-组合圈梁纵筋；3-双面搭接焊；4-组合圈梁闭合箍筋；5-组合构造柱纵筋；6-组合构造柱闭合箍筋

# 6 混凝土构件加固设计

## 6.1 一般规定

### **6.1.1** 混凝土构件加固设计包括钢筋混凝土剪力墙抗剪加固、钢筋混凝土梁抗剪加固和钢筋混凝土柱受压加固。

### **6.1.2** 本章节适用于下列混凝土结构的加固设计：

**1** 钢筋混凝土剪力墙：抗剪、抗压及抗弯加固；

**2** 钢筋混凝土梁：抗剪加固、抗弯加固；

**3** 钢筋混凝土柱：受压加固。

### **6.1.3** 原构件混凝土强度检测推定值不应低于13MPa，且不应高于50MPa。不得用于素混凝土构件以及纵向受力钢筋一侧配筋率小于0.2%的构件。

### **6.1.4** 高延性混凝土类别不应低于II类；当用于抗震加固时，高延性混凝土类别应采用I类。

## 6.2 钢筋混凝土剪力墙加固

### **6.2.1** 加固偏心受压剪力墙构件时，其加固后的受剪截面应符合下列条件：

 （6.2.1）

|  |  |
| --- | --- |
| 式中： |  |
| *V*—— | 构件的剪力设计值； |
| —— | 混凝土强度影响系数，取； |
| —— | 原构件混凝土抗压强度设计值； |
| —— | 加固前剪力墙截面宽度； |
| —— | 高延性混凝土轴心抗压强度设计值； |
| —— | 高延性混凝土面层厚度，双面加固时取其厚度之和； |
| —— | 加固后剪力墙截面有效高度； |

### **6.2.2** 加固偏心受压的剪力墙构件时，其斜截面受剪承载力应按下列公式验算：

 （6.2.2）

|  |  |
| --- | --- |
| 式中： |  |
| *V* —— | 墙体剪力设计值； |
| —— | 原剪力墙斜截面受剪承载力，按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010计算； |
| —— | 高延性混凝土面层加固后剪力墙受剪承载力提高值，按本规程第6.2.3条计算。 |

### **6.2.3** 加固后剪力墙的受剪承载力提高值应按下列公式计算：

 （6.2.3-1）

 （6.2.3-2）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： | |  |
| 0.66—— | | 高延性混凝土面层的受剪承载力系数； |
| —— | | 高延性混凝土面层的强度利用系数，加固剪力墙时，可取； |
| —— | | 高延性混凝土轴心抗拉强度设计值；按本规程4.3.3条规定取值；当有可靠试验资料时，取值可根据试验结果确定； |
| —— | | 高延性混凝土面层厚度，双面加固时取其厚度之和； |
| —— | | 剪力墙采用配筋面层加固后，水平钢筋承担的剪力； |
| —— | | 新增水平钢筋的强度利用系数，可取=0.9； |
| —— | 水平方向钢筋的强度设计值； | |
| —— | 配置在同一截面内的水平分布钢筋全部截面面积； | |
| —— | 水平分布钢筋的竖向间距。 | |

### **6.2.4** 采用高延性纤维增强水泥基复合材料增大截面法加固偏心受压钢筋混凝土剪力墙墙肢时，其正截面承载力应按下列公式确定：

|  |  |
| --- | --- |
|  | （6.2.4-1） |
|  | （6.2.4-2） |
|  | （6.2.4-3） |
|  | （6.2.4-4） |

式中：

|  |  |
| --- | --- |
| —— | 高延性纤维增强水泥基复合材料轴心抗压强度设计值； |
| 、—— | 在峰值应力状态下的ECC受压等效应力图形系数为、； |
| —— | 沿截面腹部均匀配置的全部纵向普通钢筋截面面积； |
| —— | 沿截面腹部均匀配置的纵向普通钢筋强度设计值，按本规范表4.2.3-1采用； |
| —— | 沿截面腹部均匀配置的纵向普通钢筋强度所承担的轴向压力，当大于时，取为进行计算； |
| —— | 沿截面腹部均匀配置的纵向普通钢筋的内力对重心的力矩，当大于时，取为进行计算； |
| —— | 均匀配置纵向普通钢筋区段的高度与截面有效高度的值，宜取为。 |

受拉边或受压较小边普通钢筋中的应力以及在计算中是否考虑受压普通钢筋和受压较小边翼缘受压部分的作用，应按《混凝土结构设计规范》GB 50010-2010第6.2.17条和第6.2.18条的有关规定确定。

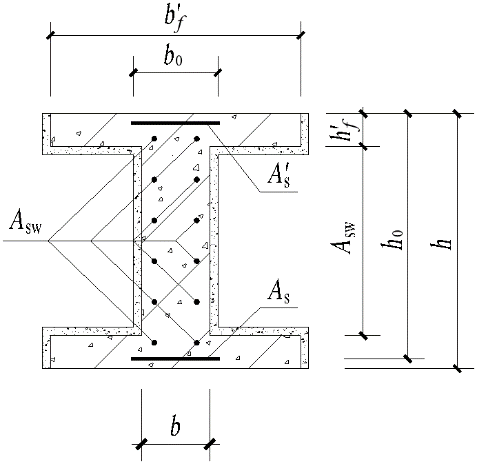


图6.2.4 沿截面腹部均匀配筋的Ⅰ形截面

## 6.3 钢筋混凝土梁加固

### **6.3.1** 钢筋混凝土梁抗剪加固时，其加固后的受剪截面应符合下列条件：

**1** 当时

 （6.3.1-1）

**2**  当时

 （6.3.1-2）

**3** 当时，按线性内插法确定。

|  |  |
| --- | --- |
| 式中： |  |
| —— | 截面腹板高度；对矩形截面，取有效高度；对T形截面，取有效高度减去翼缘高度；对I形截面，取腹板净高； |
| —— | 构件的剪力设计值； |
| —— | 加固后梁截面宽度； |
| —— | 加固前梁截面宽度。 |

### **6.3.2** 当采用配筋高延性混凝土面层加固法三面围套加固梁构件（图6.3.2），并采用加锚式或胶锚式箍筋时，其斜截面受剪承载力应符合下列规定：



（6.3.2）



图6.3.2 高延性混凝土三面围套加固钢筋混凝土受弯构件示意图

原有纵筋；2-原有箍筋；3-新增纵筋；4-新增箍筋

|  |  |
| --- | --- |
| 式中： |  |
| —— | 斜截面混凝土受剪承载力系数，按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010规定取值； |
| —— | 原构件混凝土轴心抗拉强度设计值； |
| —— | 加固前截面有效高度； |
| —— | 高延性混凝土面层的强度利用系数，抗剪加固混凝土梁时，可取； |
| —— | 加固后截面有效高度； |
| —— | 原箍筋的抗拉强度设计值； |
| —— | 构件两侧高延性混凝土面层的总截面面积，此时； |
| —— | 同一截面内原箍筋的各肢截面面积之和； |
| —— | 原箍筋沿构件长度方向的间距； |
| —— | 新增箍筋的强度利用系数，可取=0.9； |
| —— | 新增箍筋的抗拉强度设计值； |
| —— | 同一截面内新增箍筋的各肢截面面积之和； |
| —— | 新增箍筋沿构件长度方向的间距。 |

### 6.3.3 当采用增大截面法加固矩形截面受弯构件时，其正截面受弯承载力可按现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367中增加截面加固法的相关规定进行计算。

## 6.4 钢筋混凝土柱正截面抗压加固

### **6.4.1** 钢筋混凝土柱正截面抗压加固（图6.4.1）时，其正截面受压承载力应按下式验算：

 （6.4.1）

|  |  |
| --- | --- |
| 式中： |  |
| —— | 构件轴向压力设计值； |
| —— | 构件稳定系数，根据加固后的截面尺寸，按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的规定值采用； |
| —— | 构件加固前混凝土截面面积，当纵筋配筋率大于3%时应减去原配筋面积； |
| —— | 构件新增高延性混凝土总截面面积； |
| —— | 新增纵向钢筋和原纵向钢筋的抗压强度设计值，其取值不应超过400N/mm2； |
| —— | 新增纵向 受压钢筋和原纵向受压钢筋的截面面积； |
| —— | 综合考虑新增高延性混凝土和钢筋强度利用程度的降低系数，取值为0.50；当有可靠试验依据时，值可做适当调整； |
| —— | 高延性混凝土轴心抗压强度设计值。 |



图6.4.1 高延性混凝土围套加固钢筋混凝土柱示意图

1-高延性混凝土；2-新增箍筋；3-原柱截面；4-新增纵向受力钢筋

## 

## 6.5 抗震加固

### **6.5.1** 考虑地震作用组合时，截面承载力计算除应符合本规程规定外，尚应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011的相关规定，且其受剪截面应符合下列要求：

**1** 对于跨高比大于2.5的梁和连梁及剪跨比大于2的柱

 （6.5.1-1）

**2** 对于跨高比不大于2.5的梁和连梁及剪跨比不大于2的柱

 （6.5.1-2）

剪跨比的计算应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011的有关规定。

|  |  |
| --- | --- |
| 式中： |  |
| —— | 加固后的混凝土构件考虑地震组合的剪力设计值； |
| —— | 原构件混凝土轴心抗压强度设计值； |
| —— | 加固前的梁、柱截面宽度； |
| —— | 高延性混凝土面层厚度，双面加固时取其厚度之和； |
| —— | 加固后构件截面有效高度； |
| —— | 承载力抗震调整系数，按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011的规定取值。 |

### **6.5.2** 考虑地震作用组合时，加固后剪力墙的受剪截面应符合下列要求：

**1** 剪跨比大于2.0

 （6.5.2-1）

**2** 剪跨比不大于2.0

 （6.5.2-1）

其抗震斜截面受剪承载力应按下列公式验算：

 （6.5.2-2）

|  |  |
| --- | --- |
| 式中： |  |
| —— | 考虑地震组合的加固后剪力墙的剪力设计值； |
| —— | 剪力墙的正截面承载力抗震调整系数，按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010取值。 |

## 6.6 构造要求

### **6.6.1** 高延性混凝土面层的最小厚度不应小于15mm；当面层厚度大于30mm时，应在面层内增设钢筋。

### **6.6.2** 钢筋宜选用HPB300级、HRB400级普通钢筋；剪力墙的受力钢筋直径不应小于10mm，梁的受力钢筋直径不应小于12mm，柱的受力钢筋直径不应小于14mm。

### **6.6.3** 新增箍筋可采用加锚式或胶锚式构造（图6.6.3），并应符合下列规定：

**1** 直径不应小于8mm，当原构件箍筋直径大于8mm时，箍筋直径应与原箍筋直径相同；分布筋直径不应小于6mm。

**2** 加锚式箍筋应穿过楼板后，与钢板采用螺帽拧紧后加点焊连接；

|  |
| --- |
|  |
| （a）加锚式箍筋构造 |
|  |
| （b）胶锚式箍筋构造 |
| 图6.6.3 增大截面法配置新增箍筋的连接构造 |
| 1-原钢筋；2-新增受力钢筋；3-加锚式箍筋；4-原箍筋；5-螺栓、螺帽拧紧后加焊点；6-钢板；7-胶锚式箍筋；8-孔中用结构胶锚固；9-高延性混凝土 |

**3** 胶锚式钢筋的锚固应符合《混凝土结构加固设计规范》GB 50367中关于植筋技术的锚固要求。

### **6.6.4** 钢筋混凝土剪力墙加固构造应符合下列规定：

**1** 钢筋直径不应小于6mm，钢筋间距不应大于250mm；

**2**  钢筋固定方式可采用化学植筋，植筋钢筋直径不小于6mm，植筋深度不小于60mm，间距不应大于500mm，应采用梅花状布置；化学植筋的结构胶应符合现行国家标准《工程结构加固材料安全性鉴定技术规范》GB 50728的有关规定。

|  |
| --- |
|  |
| 图6.6.4 配筋高延性混凝土面层加固钢筋混凝土剪力墙构造 |
| 高延性混凝土；2-原剪力墙截面；3-新增水平分布钢筋；4-新增竖向分布钢筋；  5-L形拉锚筋，梅花状布置，采用化学植筋方式锚固 |

# 7 施工

## 7.1 一般规定

### **7.1.1** 施工技术人员应熟悉设计文件和相关产品使用说明书，并应结合施工现场条件和加固构件的质量状况编制专项施工方案。施工作业人员应经过技术交底，并应经培训掌握工艺操作要领。

### **7.1.2** 加固施工前，应对原结构、构件进行清理、修整和安全支护。构件清理、修整和支护的具体要求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的有关规定。

### **7.1.3** 高延性混凝土加固施工工序：

1 砌体构件加固应按图7.1.3-1所示工序进行施工：

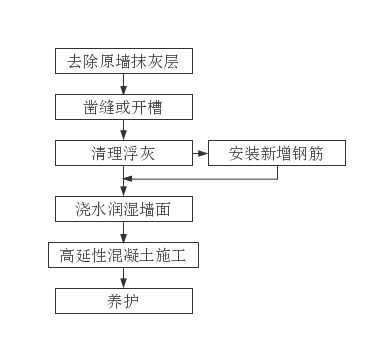


图7.1.3-1 砌体构件加固工序流程图

2 混凝土构件加固应按图7.1.3-2所示工序进行施工：

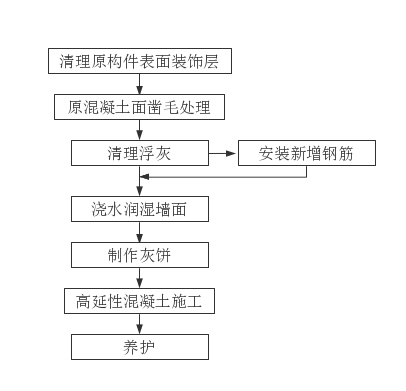


图7.1.3-2 混凝土构件加固工序流程图

### **7.1.4** 高延性混凝土加固砌体结构施工应进行质量控制，并应符合下列要求：

**1** 高延性混凝土应按本规程规定进行现场见证取样复验，其它材料进场复验应符合《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550的有关规定；

**2** 结构加固工程的每道工序均应按本规程及国家现行相关标准的规定进行质量控制，每道工序完成后应进行检查验收，合格后方允许进入下一道工序的施工；

**3** 相关专业工种交接时，应进行交接检验，并应经监理工程师检查认可。

### **7.1.5** 砌体内埋有水电管线的，应检查嵌填砂浆密实程度，若需要剔除重新嵌填处理的，应采用抹灰砂浆分段处理。

### 7.1.6 当砌体基材极不平整，高延性混凝土面层收平操作困难时，应及时反馈设计方，可在保证最小加固面层厚度的前提下，加抹抹灰砂浆收平。

## 7.2 施工要点

### **7.2.1** 施工准备应符合下列要求：

**1** 施工单位应认真熟悉图纸，参加相关单位组织的设计交底，并结合施工情况提出合理建议。

**2** 加固施工使用的机具应满足施工需要，且性能应稳定可靠。

**3** 加固施工过程中应做好安全防护工作，作业人员应正确使用劳动保护用品。

**4**  施工脚手架应符合施工方案要求，并符合《施工脚手架通用规范》GB 55023-2022标准要求，搭设完成应经验收合格方可使用。

**5** 宜在施工现场加固构件旁采用相同材料预先制作施工样板。

### **7.2.2** 采用高延性混凝土增大截面加固法加固混凝土结构构件时，设计文件应对界面处理方法和质量提出要求。原构件混凝土表面应予以全面凿毛处理，完整凿除表层混凝土的深度不应小于5mm，且凿毛后的表面凹凸差不宜小于5mm。对于新老结合界面有较高抗剪受力要求的，宜通过混凝土开凿形成抗剪键或植入适量抗剪钢筋。

### **7.2.3** 砌体构件表面碱蚀严重时，应先剔除酥松部分并用高延性混凝土修补。砌体存在裂缝等损伤的，应逐一剔槽灌水泥浆修补，对裂缝较密集部位，应进行局部拆砌。

### **7.2.4** 当设计需要植入钢筋、拉结筋或剪切销钉时，其制作和安装的施工要求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中植筋施工的有关规定。

### **7.2.5** 高延性混凝土施工前，应提前对构件表面浇水湿润，并待构件表面湿润无明水后再进行施工。

### **7.2.6** 高延性混凝土应采用强制式搅拌机搅拌，搅拌机转速不宜小于45r/min。

### **7.2.7** ，高延性混凝土应在施工现场按照产品使用说明加水搅拌，拌合时间不宜小于5min，拌合后的稠度应符合本规程第4.2.3条的规定。

### **7.2.8** 墙体阴阳角处、高延性混凝土相交处以及高延性混凝土加腋部位应连续抹压。当面层厚度大于15mm时，可分层抹压，单次抹压厚度不宜超过15mm；当高延性混凝土用于砌体结构加固时，后一层抹压应在前一层抹压后2h内进行，当高延性混凝土用于混凝土结构加固时，后一层抹压应在前一层抹压后4h内进行；最后一层之前抹压的高延性混凝土层面不宜收平。

### **7.2.9** 高延性混凝土拌合物宜在2h内用完。当施工温度高于30℃时，高延性混凝土拌合物宜在1h内用完。

### **7.2.10** 高延性混凝土施工完成后，应及时进行保湿养护，养护时间不应少于7d。

## 7.3 季节性施工

### **7.3.1** 冬期施工应符合JGJ/T 104的有关规定，并应采取保温措施。高延性混凝土施工环境温度不宜低于5 ℃；当施工环境温度低于5 ℃时，应采取措施提升环境温度。

### **7.3.2** 冬期施工时，当环境温度低于0 ℃时不宜浇水养护。

### **7.3.3** 雨天不宜进行外墙高延性混凝土施工；确需施工时，应采取防雨措施，且高延性混凝土终凝前不应受雨淋。

### **7.3.4** 在大风天气，不宜进行室外高延性混凝土施工；进行室内高延性混凝土施工时，宜对门窗进行封闭。。

### **7.3.5** 夏季施工时，高延性混凝土应随拌随用，压抹高延性混凝土时分层压抹的间隔时间不宜超过2小时。

### **7.3.6** 夏季气温高于30 ℃时，外墙高延性混凝土面层施工时应采取遮阳措施，并应加强养护。

# 8 质量验收

## 8.1 一般规定

### **8.1.1** 既有建筑高延性混凝土加固工程的子分部工程和分项工程应按表8.1.1的规定进行划分。子分部工程的施工质量应按本规程第8.4节的规定进行竣工验收，并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的有关规定；分项工程中原构件修整、界面处理、钢筋加工与焊接、钢筋安装与锚固及养护工程按现行国家标准《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550的有关规定进行质量验收；高延性混凝土施工工程按本规程有关规定进行质量验收。

表8.1.1 建筑结构高延性混凝土加固子分部工程、分项工程划分

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 分部工程 | 子分部工程 | 分项工程 |
| 建筑结构  高延性混凝土  加固工程 | 高延性混凝土加固  混凝土结构构件工程 | 原构件修整、界面处理、钢筋加工与焊接、  钢筋安装与锚固、高延性混凝土施工、养护 |
| 高延性混凝土加固  砌体构件工程 | 原构件修整、界面处理、钢筋加工与焊接、  钢筋安装与锚固、高延性混凝土施工、养护 |

注：建筑结构高延性混凝土加固工程指上部结构加固工程。

### **8.1.2** 既有建筑高延性混凝土加固工程的施工质量控制应符合下列规定：

**1** 结构加固设计单位应按审查批准的施工图，向施工单位进行技术交底；施工单位应据以编制施工组织设计和施工技术方案，经审查批准后组织实施。

**2** 加固材料、产品应进行进场验收。凡涉及安全、卫生、环境保护的材料和产品应按本规范规定的抽样数量进行见证抽样复验；其送样应经监理工程师签封；复验不合格的材料和产品不得使用；施工单位或生产厂家不应自行抽样、送检的委托检验报告。

**3** 结构加固工程施工前，应对原结构、构件进行清理、修整和支护。

**4** 结构加固工程的每道工序均应按本规范及企业的施工技术标准进行质量控制；每道工序完成后应进行检查验收；必要时尚应按隐蔽工程的要求进行检查验收；合格后方允许进行下一道工序的施工。

**5** 相关各专业工种交接时，应进行交接检验，并应经监理工程师检查认可。

### **8.1.3** 高延性混凝土检验应按检验批进行，检验批的划分应符合下列规定：

**1** 高延性混凝土进场复验时，按同一厂家、同一生产批次、同一进场时间每100t为一个检验批，不足100t也按一个检验批计。

**2**  加固砌体结构施工时，高延性混凝土力学性能检验和施工质量检验，以加固的50个自然间为一个检验批，不足50间的也划分为一个检验批；

**3** 加固混凝土构件施工时，高延性混凝土力学性能检验和施工质量检验，以同一个单体工程的每100个同类构件为一个检验批，不足100个构件时也划分为一个检验批。

### **8.1.4** 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应合格；

**2** 一般项目的质量经抽样检验应合格；当采用技术检验时，除本规程另有规定外，其抽检的合格点率应不低于85%，且不得有严重缺陷；

**3** 应具有完整的施工操作依据、质量检查记录及质量证明文件。

### **8.1.5** 分项工程的质量验收，应在其所含检验批均验收合格的基础上，按本规程规定的检验项目，对各检验批中每项质量验收记录及其合格证明文件进行检查。

### **8.1.6** 分项工程合格质量标准应符合下列规定：

**1** 分项工程所含的各检验批，其质量均应符合本规程的合格质量规定；

**2** 分项工程所含的各检验批，其质量验收记录和有关证明文件应完整。

### **8.1.7** 高延性混凝土施工工程的质量检验，可按本规程附录C的格式填写质量验收记录。

## 8.2 材 料

## I 主控项目

### **8.2.1** 高延性混凝土进场时，应按下列规定进行检查和复验：

**1** 进场的高延性混凝土干混料应外观均匀，无结块、受潮现象；

**2** 进场时应核验型式检验报告、出厂检验报告、产品合格证和产品使用说明书等质量证明文件。型式检验报告应包含本规程第4.3.1、4.3.2和4.4.1条规定的所有检验项目，且检验结果应满足本规程的相关规定；

**3** 应按表4.3.1规定的检验项目与性能合格指标，见证取样复验高延性混凝土3d龄期的等效弯曲韧性、等效弯曲强度、抗折强度和立方体抗压强度4个项目；见证取样应以每一检验批为一个取样单位，按下列规定取样：

（1）取样方法应符合现行国家标准《水泥取样方法》GB/T 12573的相关规定，取样应有代表性。

（2）每一检验批取得的试样应充分混合均匀后分为两等份，其中一份进行进场复检，另一份应密封保存至有效期。

检查数量：按本规程8.1.3条的规定的进场复验检验批次，每批见证取样不应少于一次；每批留置不少于3组，每组3个试件。

检验方法：检查产品合格证、出厂检验报告和进场复验报告。

### **8.2.2** 施工过程中，应在搅拌机内随机抽取高延性混凝土拌合物并制作标准养护试块，并按本规程表4.3.1相关规定测试试件标准养护60d的等效弯曲韧性、等效弯曲强度、抗折强度和立方体抗压强度，测试结果应满足本规程第4.3.1条指标要求，同时应满足设计要求。

检查数量：按本规程8.1.3条的规定的施工质量检验批次，每批留置不少于1组，每组3个试件；

检验方法：检查标准养护试件的检验报告。

## II 一般项目

### **8.2.3** 高延性混凝土拌制及养护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；采用饮用水作为高延性混凝土用水时，可不检验；采用其他水源时，应对其成份进行检验。

检查数量：同一水源检查不应少于一次。

检验方法：检查水质检验报告。

### **8.2.4** 其他加固材料或产品应按现行国家标准《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550的有关规定进行验收。

## 8.3 施工质量检验

## I 主控项目

### **8.3.1** 高延性混凝土面层或配筋高延性混凝土面层，其外观质量不应有严重缺陷。硬化后高延性混凝土面层或配筋高延性混凝土面层的严重缺陷应按表8.3.1进行检查和评定。对已出现的问题应由施工单位提出处理方案，经业主、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。

表8.3.1 高延性混凝土面层或配筋高延性混凝土面层外观质量缺陷

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 名称 | 现象 | 严重缺陷 | 一般缺陷 |
| 露筋 | 钢筋网或拉结件未被高延性混凝土包裹而外露 | 受力钢筋外露 | 按构造要求设置的钢筋有少量外露 |
| 疏松 | 高延性混凝土局部不密实 | 构件主要受力部位有疏松 | 其他部位有少量疏松 |
| 夹杂异物 | 高延性混凝土中夹有异物 | 构件主要受力部位夹有异物 | 其他部位夹有少量异物 |
| 硬化（或固化）不良 | 高延性混凝土失效，致使面层不硬化 | 任何部位不硬化 | （不属于一般缺陷） |
| 裂缝 | 缝隙从高延性混凝土面层表面延伸至内部 | 构件主要受力部位有影响结构性能或使用功能的裂缝 | 仅有表面细裂纹 |
| 连接部位缺陷 | 构件端部连接处高延性混凝土面层分离或锚固件与面层之间松动、脱落 | 连接部位有影响结构传力性能的缺陷 | 连接部位有轻微影响或不影响传力性能的缺陷 |

### **8.3.2** 高延性混凝土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。按探查结果确定的构件有效粘结面积与受检构件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：每一检验批抽取加固构件的5%，且不少于5个构件；不足5个构件时全部检查。

检验方法：用小锤轻击或其他探测方法查空鼓。

### **8.3.3** 高延性混凝土与基材之间的正拉粘结强度，应进行现场取样检验，以正拉粘结强度不小于0.6MPa或破坏形式为基材砖内聚破坏进行合格判定。

检查数量：每一检验批按实际加固面层表面积均匀划分为若干区，每区100m2，不足100m2，按100m2计，每层不应少于1区；以每区为一个检验组，每组3个检验点。

检验方法：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附录U的有关规定执行。

### **8.3.4** 高延性混凝土面层或配筋高延性混凝土面层的厚度不应小于设计要求，且应按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%。

检查数量：每一检验批抽取加固构件的5%，且不少于5个构件；不足5个构件时全部检查；每个构件抽查不少于3处。

检验方法：局部凿开或取芯后用钢尺测量。

注：面层厚度检验的检测误差不应大于1mm。

### 8.3.5 嵌缝、新增钢筋、剪切销钉及各种锚固件、预埋件的锚固、连接、安装应符合设计文件和现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204以及本规程的相关要求；钢筋锚固的长度或深度应符合设计要求，锚固螺栓应紧固，锚孔注胶应密实；并应在高延性混凝土施工前进行隐蔽工程验收。

检查数量：全数检查。

检验方法：尺量检查；观察检查；用扳手检查；核查隐蔽工程验收记录。

## II 一般项目

### **8.3.6** 高延性混凝土面层中配置钢筋时，应对钢筋的保护层厚度进行检测，可采用局部凿开或取芯后检查法或非破损探测法。检测时，应按钢筋网保护层厚度仅允许有5mm正偏差、无负偏差进行合格判定，钢筋保护层厚度检验的检测误差不应大于1mm。

检查数量：每一检验批抽取加固构件的5%，且不少于5个构件；不足5个构件时全部检查。

检验方法：局部凿开或取芯后用钢尺测量，或采用非破损探测方法检测。

### **8.3.7** 高延性混凝土面层或配筋高延性混凝土面层，其外观质量不宜有一般缺陷。对已出现的一般缺陷，应由施工单位按技术处理方案进行处理，并重新检查验收。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察、量测并检查技术处理方案。

## 8.4 竣工验收

### **8.4.1** 高延性混凝土加固砌体工程竣工验收程序和组织应符合下列规定：

1 检验批和分项工程应由监理工程师组织施工单位专业技术负责人及专业质量负责人进行验收；

2 子分部工程应由总监理工程师组织施工单位项目负责人和技术、安全、质量负责人进行验收；该加固项目设计单位工程项目负责人及施工单位部门负责人也应参加；

3 各子分部工程验收完成后，施工单位应向建设单位提交分部工程验收报告，建设单位收到报告后，应指派其加固工程负责人组织施工（含分包单位）、设计、监理等单位负责人进行分部工程竣工验收；

4 分部工程竣工验收合格后，建设单位应负责办理有关建档和备案等事宜。

5 若参加竣工验收各方对加固工程的安全和质量有异议，应请当地工程质量监督机构协调处理。

### **8.4.2** 既有建筑高延性混凝土加固工程的施工质量应按下列要求进行竣工验收：

1 加固工程施工质量应符合本规程和相关专业验收标准的规定，以及加固设计文件的要求；

2 参与加固工程施工质量验收的各方人员应具备规定的资格；

3 加固工程质量的验收应在施工单位自行检查评定合格的基础上进行；

4 隐蔽工程应在隐蔽前已由施工单位通知有关单位进行了验收，并已形成验收文件；

5 涉及结构安全的检验项目，已按规定进行了见证取样检测，其检测报告的有效性已得到监理人员检查认可；

6 加固工程的观感质量应由验收人员进行现场检查。其检查结果的综合结论已得到验收组成员共同确认。

### **8.4.3** 既有建筑高延性混凝土加固工程子分部工程竣工验收时，应提供下列文件和记录：

1 设计变更文件；

2 原材料、产品出厂检验合格证和涉及安全的原材料、产品的进场见证抽样复验报告；

3 结构加固各工序应检项目的现场检查记录和检验报告；

4 施工过程质量控制记录；

5 隐蔽工程验收记录；

6 加固工程质量问题的处理方案和验收记录；

7 其他必要的文件和记录。

### **8.4.4** 子分部工程合格质量标准应符合下列规定：

1 子分部工程所含的各分项工程，其质量验收合格；

2 质量控制资料完整；

3 涉及安全的见证检验项目，其抽检结果符合本规程合格质量标准的要求；

4 观感质量经验收组成员共同确认合格。

### **8.4.5** 既有建筑高延性混凝土加固工程施工质量不合格时，应由施工单位返工重做，并重新检查、验收。若通过返工后仍不能满足安全使用要求的加固工程，严禁验收。

# 附录A 高延性混凝土弯曲试验方法

### **A.0.1** 试验设备（图A.0.1）应符合下列规定：



图A.0.1 抗弯试验加载装置

1-加载分配梁；2-分配梁辊轴；3-试件；4-支座；

5-座辊轴；6-位移计

**1** 试验机宜采用液压伺服万能试验机或带有弯曲试验台的伺服式压力试验机，示值相对误差不应大于1.0%，试验时的最大荷载宜在量程的20%~80%以内。

**2** 试验室的温度应保持在20±5℃。

**3** 加载点应设在分配梁中点处，在试件标距三分点处应设有两个加压辊轴，辊轴直径为应在10mm~12mm之间。

**4** 与试件接触的两个辊轴铰支座，支座长度应比试件宽度长10mm，辊轴弧形直径应在10mm~12mm之间。

**5** 挠度测量装置应符合图A.0.1的要求，并应包括固定测量挠度仪表的支座；位移计量程不小于20mm，精度不应低于0.001mm，测试点位于试件底部跨中位置。

**6** 荷载测量传感器应准确测量施加于试件上的荷载，测量精度不应低于0.1N。

**7** 测试数据采集应连续自动完成，可通过模数转换器与计算机连接，有程序控制，采样频率不宜低于10Hz。

8 其他：钢直尺、精度不低于0.5mm；游标卡尺、精度不低于0.1mm。

### **A.0.2** 试验测试过程应按下列要求进行：

**1** 试件应按本规程附录B有关规定进行制作和养护，从养护地点取出试件，擦净后检查外观，不应有明显缺损，在跨中*l*/3的纯弯段内不得有直径大于2mm、深度大于2mm的表面缺陷。

**2** 将试件成型时的浇筑侧面作为承荷面，安放在支座上。按图A.0.2规定尺寸和三分点位置加荷的规定，检查支座及分配梁位置，所有间距尺寸偏差不应大于±1mm。

**3**  试件放稳对中后启动试验机，当分配梁辊轴与试件接近时，调整分配梁和支座，使接触均衡。压头及支座不能前后倾斜，各接触不良处应予以垫平。

**4** 试件安放好后，施加一定的预压荷载，停机检查试件与压头及支座的接触情况，确保试件不发生扭动，然后安装测量跨中挠度的位移计。

**5** 安装测量变形的仪表时首先接通测试线路并做空载调试，然后做预压调试，待测试系统工作正常后方可进行正式试验。

**6** 对试件按位移控制加荷，加载应连续、均匀，加载速率取2~3mm/min。若试件在受拉面跨度三分点以外断裂，则该试件试验结果判定无效，应重新按步骤进行试验。

**7** 绘制荷载-挠度曲线。

### **A.0.3** 试件尺寸为40mm×40mm×160mm，试验跨度L=150mm。

### **A.0.4** 试件的等效弯曲强度应按下式计算：

 （A.0.4）

|  |  |
| --- | --- |
| 式中： |  |
| —— | 等效弯曲强度（N/mm2），精确至0.1 N/mm2； |
| —— | 跨中挠度为时荷载-挠度曲线下的面积（N∙mm），见图A.0.4所示； |
| —— | 荷载下降至峰值荷载的*u*倍时对应的挠度值（mm）。用于高延性混凝土力学性能指标测定时，*u*取0.85； |
| *b*、*h*—— | 试件的截面宽度和高度（mm）； |
| *L*—— | 试件的跨度（mm）。 |



图A.0.4 等效弯曲强度计算

### **A.0.6** 试件的等效弯曲韧性应按下式计算：

 （A.0.5）

|  |  |
| --- | --- |
| 式中： |  |
| —— | 等效弯曲韧性（×103kJ/m3），精确至0.1kJ/m3。 |

### **A.0.6** 等效弯曲强度和等效弯曲韧性测试以3个试件为一组，以3个试件测试值的算术平均值作为每组试件的测试结果代表值。

# 附录B 高延性混凝土抗折强度试验方法

### **B.0.1** 本试验方法适用于高延性混凝土抗折强度的测定。

### **B.0.2** 试验装置（图B.0.2）应符合下列规定：



1——加载头；2——加载头辊轴；3——试件；4——支座；5——支座辊轴；

图B.0.2 抗弯试验加载装置

**1** 试验机宜采用液压伺服万能试验机，示值相对误差不大于1.0%，试验时的最大荷载宜在量程的20%~80%。

**2** 加载头辊轴直径10mm~12mm。

**3** 与试件接触的两个辊轴铰支座，辊轴弧形直径10 mm~12 mm，支座长度比试件宽度长10 mm。

**4** 荷载测量传感器应准确测量施加于试件上的荷载，测量精度不应低于0.1 kN。

**5** 测试数据采集应连续自动完成，可通过模数转换器与计算机连接，有程序控制，采样频率不宜低于10 Hz。

**6** 其他：钢直尺、游标卡尺、直角规等。

### B.0.3 试件成型及养护方法同《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081的有关规定。每组试验至少应制备3个试件。

### **B.0.4** 标准试件尺寸为40 mm×40 mm×160 mm，试验跨度取L=100 mm。

### B.0.5 试验测试应按下列步骤进行：

**1** 从养护地点取出试件，擦净后检查外观，试样不得有明显缺损，在两个辊轴铰支座内不得有直径大于5 mm、深度大于2 mm的表面缺陷。

**2** 将试件成型时的浇筑侧面作为承荷面，安放在支座上。按图B.1规定尺寸，检查支座及加载头位置，所有间距尺寸偏差不应大于±1 mm。

**3** 试件放稳对中后启动试验机，当加载头辊轴与试件接近时，调整加载头和支座，使接触均衡。加载头及支座不能前后倾斜，各接触不良处应予以垫平。

**4** 对试件按力控制加荷，加载应连续、均匀，加载速率取50N/s±10N/s，荷载下降至峰值荷载的0.2倍时，停止加载。

### **B.0.6** 试件的等效弯曲强度R*f*按下式计算（图B.0.6）：

|  |  |
| --- | --- |
|  | （B.0.6） |

式中：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Rf | —— | 抗折强度,单位为兆帕(MPa)，精确至0.1MPa； |
| Ff | —— | 折断时施加于棱柱体中部的荷载，单位为牛顿(N)； |
| L | —— | 支撑辊轴之间的距离，单位为毫米(mm)；； |
| b | —— | 棱柱体正方形截面的边长，单位为毫米(mm)。 |

# 附录C 农村房屋加固

## C.1 一般规定

### **C.1.1** 本章适用于西藏自治区抗震设防烈度为7、8 度的农村地区，且层数为一、二层的土-木结构房屋、石-木结构房屋、砌块-木结构房屋以及其他混杂结构的农房加固。9 度区农房的抗震加固应组织专家进行研究与论证，制定符合当地实际的技术措施。其中，砌体构件所用块材为烧结普通砖、烧结多孔砖、混凝土小型空心砌块。

### **C.1.2** 农村房屋的屋面、地基基础、木构件等本标准未涉及的加固内容，应按国家及西藏自治区现行有关标准的规定进行处理。

### **C.1.3** 高延性混凝土加固农村房屋应进行设计、施工和验收。

### **C.1.4** 高延性混凝土条带加固农村房屋时，应使用I类或II类高延性混凝土；高延性混凝土面层加固农村房屋时，可使用III类高延性混凝土。

## C.2 基本要求

### **C.2.1** 农村房屋加固后的抗震设防目标为：当遭受低于本地区抗震设防烈度的多遇地震影响时，一般不需修复或简单修复后可继续使用；当遭受相当于本地区抗震设防烈度的地震影响时，主体结构不至于严重破坏，围护结构不发生大面积倒塌。

### **C.2.2** 当基础无腐蚀、酥碱、松散和剥落，无不均匀沉降、倾斜和开裂，或虽有不均匀沉降、开裂、倾斜但不严重且无发展趋势时，应以加强上部结构的整体性为主；当不均匀沉降和上部结构开裂、倾斜仍在发展时，应先对地基基础进行加固，再进行上部结构加固处理。

### **C.2.3** 上部结构的加固，应以提高房屋整体性和综合抗震能力为主，同时保证关键部位或关键构件的承载能力，并兼顾房屋的使用性和耐久性。

### **C.2.4** 承接农村房屋加固改造项目的建筑工匠或施工单位的技术人员，应经过专门的技术培训。

## C.3 土-木结构农房加固设计

## Ⅰ 围护墙体加固

### **C.3.1** 采用高延性混凝土条带加固土-木结构农房加固农村房屋，应同时设置竖向和水平条带。在墙体拐角处及水平和竖向条带相交处应连续施工，严禁留施工冷缝。

### **C.3.2** 高延性混凝土加固砌体结构农村房屋的条带最小宽度和最小厚度可按表C.3.2取值。当墙体采用高延性混凝土面层加固时，面层厚度可参照表C.3.2中条带厚度取值。

表C.3.2 高延性混凝土条带最小厚度和最小宽度

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 设防烈度（条带厚度） | | 7度（30mm） | 8度（35mm） |
| 竖向条带宽度（mm） | a | 1000 | |
| b | 800 | |
| 水平条带宽度（mm） | c | 800 | |

注：表中a表示外墙拐角处高延性混凝土竖向条带宽度；b表示外墙中部高延性混凝土竖向条带宽度；c表示楼（屋）盖处或墙顶高延性混凝土条带宽度。

### **C.3.3** 砌体墙的整体性很差或外墙开洞率大于50%时，应采用高延性混凝土面层对整片墙体进行加固，面层厚度可按表C.3.2取值。

### **C.3.4** 高延性混凝土竖向条带设置应符合下列规定：

**1**  房屋外墙拐角处、长墙中部、纵横墙交接处、窗间墙以及一字形外墙端部均应设置高延性混凝土竖向条带。当房屋纵横墙咬茬较弱，或纵横墙为不同材料砌筑时，尚应在房屋内部纵横墙交接处设置竖向条带（（图C.3.4-1）；



图C.3.4-1 高延性混凝土竖向条带设置平面示意图

**2**  当高延性混凝土竖向条带净间距不应大于5m，当竖向条带净间距不满足时，应增加竖向条带宽度或数量。

**3**  外墙拐角距门窗洞口边的距离小于竖向条带宽度a时，应将高延性混凝土包至洞口处门（窗）框边（图C.3.4-2）。门（窗）框与外墙外平齐时，应在门（窗）框边的墙体上竖向刻槽并用高延性混凝土压抹填实，刻槽的宽度和深度可为20mm；

|  |
| --- |
|  |
| （a）门、窗框不与外墙平齐时 |
|  |
| （b）门、窗框与外墙外平齐时 |

图C.3.4-2 外墙阳角距洞口边距离小于a时竖向条带布置示意图

1-门窗洞口；2-高延性混凝土竖向条带

**4** 高延性混凝土竖向条带边沿距洞口边距离不大于200mm时，宜将高延性混凝土条带延伸至洞口边沿，并将高延性混凝土包至门（窗）框边（图C.3.4-3）；



图C.3.4-3 窗间墙加固平面示意图

1-门窗洞口；2-高延性混凝土竖向条带

**5** 一字墙端部应采用高延性混凝土竖向条带加固，条带宽度不小于b，高延性混凝土应包至墙端，且竖向条带应双面布置（图C.3.4-4）；



图C.3.4-4 一字墙端部加固平面示意图

1-原墙体；2-高延性混凝土竖向条带

### **C.3.5** 高延性混凝土水平条带设置应符合下列规定：

**1**  外墙楼（屋）盖处应设置高延性混凝土水平条带，山墙应沿墙顶设置高延性混凝土条带（图C.3.5-1、图C.3.5-2），且高延性混凝土水平条带宜闭合；

|  |
| --- |
|  |
| （a）正立面 |
|  |
| （b）侧立面 |

图C.3.5-1 二层房屋加固条带立面示意图

h1-一层层高；h2-二层层高

|  |
| --- |
|  |
| （a）正立面 |
|  |
| （b）侧立面 |

图C.3.5-2单层房屋加固条带立面示意图

h1-一层层高

**2**  单层房屋含阁楼时，应在阁楼高度处增设一道高延性混凝土水平条带，条带宽度及厚度与楼（屋）盖处水平条带相同；

**3** 高延性混凝土水平条带边缘距外墙洞口上下边距离不大于100mm时，宜调整水平条带宽度至上下洞口边沿，并将高延性混凝土条带包至门（窗）框边（图C.3.5-3）；



图C.3.5-3 水平条带在门窗洞口边缘的加固示意图

1-门窗洞口；2-楼面；3-高延性混凝土水平条带

**4** 高延性混凝土水平条带应延伸至一字墙端部，且当一字墙长度大于2m时，应在墙体半高处增设一道水平条带，条带宽度及厚度可按表C.3.2取值；

**5** 两端均设置高延性混凝土竖向条带的内墙，宜在楼（屋）盖处设置高延性混凝土水平条带，条带宽度及厚度可按表C.3.2取值；

**6** 墙体根部长期处于潮湿环境时，宜在墙体根部增设一道高延性混凝土水平条带，条带宽不宜小于600mm，且水平条带上沿应高出室内地坪不小于200mm。

**7** 当房屋正面因开洞而条带无法实施时，应设置加强筋或者钢拉杆替代水平条带的作用。

### **C.3.6** 房屋端山墙外侧有相邻建筑物时，端山墙上的高延性混凝土水平条带及竖向条带均应设置在墙体内侧，且外纵墙与端山墙交接部位的高延性混凝土竖向条带应双面布置（图C.3.6-a）。当墙体内侧不能进行高延性混凝土施工时，应在楼板底部沿横墙设置钢拉杆，钢拉杆需要张紧，直径不小于16mm，拉杆两端设置不小于250mm×250mm×10mm的钢垫板锚固于高延性混凝土条带外侧（图C.3.6-b）。

（a）内侧设置条带 （b）内侧设置钢拉杆

图C.3.6 相邻建筑物的端山墙加固平面示意图

1-原墙体；2-高延性混凝土竖向条带

### **C.3.7** 高延性混凝土水平条带与竖向条带相交部位应设置高延性混凝土加腋区（图C.3.7）。加腋部位高延性混凝土面层应与高延性混凝土条带连续施工，严禁留施工冷缝。



图C.3.7 高延性混凝土条带相交处加腋示意图

1-高延性混凝土竖向条带；2-高延性混凝土加腋；3-高延性混凝土水平条带

### **C.3.8** 当墙体倾斜，或纵横墙咬茬较弱，或纵横墙采用不同墙体材料时，纵横墙交接处应采用U型拉结筋连接纵横墙体后，增设高延性混凝土竖向条带（图5.2.7）。

|  |
| --- |
|  |
| 图C.3.8 纵横墙交接处连接示意图 |

## Ⅱ 木构件加固设计

### **C.3.9** 当木柱、木梁、木柱脚等木构件严重腐朽时，应对其局部替换或整根替换。

### **C.3.10** 柱脚石尺寸边长不大于400mm时，应用素混凝土包裹扩大至不小于400mm（图**C.3.10**）。

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| （a）柱脚石在地面上时 | （b）柱脚石在地面下时 |
| 图C.3.10 柱脚石加固示意图 | |

### **C.3.11** 加固开裂木柱时，对于自然劈裂的裂缝，如果裂缝宽度≤20mm时，可以使用腻子或环氧树脂进行填充。对于宽度较大的裂缝，裂缝宽度达到20mm~30mm时，需要使用与木柱同材质的木条进行嵌填。（图C.3.11）。裂缝宽度＞30mm时，应对木柱进行局部替换或整根替换。

|  |
| --- |
|  |
| 图C.3.11 加固开裂木柱示意图  1—扁钢箍；2—裂缝；3—不锈钢钢钉 |

### **C.3.12** 对于木梁直接搁置在土墙或石墙顶面且梁下端无任何措施时，应在梁底增设梁垫。梁垫截面为200mm×200mm，长度600mm。（图C.3.12）。本条石墙专指采用不规则石块砌筑的石墙。施工在作用前应做好临时支撑，保证施工期间的安全。

|  |
| --- |
|  |
| 图C.3.12 木梁下方增设梁垫示意图  1-石墙/土墙；2-既有木梁；3-增设梁垫 |

### **C.3.13** 既有木柱顶节点加固做法如图（图C.3.13）。

|  |
| --- |
|  |
| 图C.3.13-1 木柱柱顶连接处加固图  1—M18保险螺栓；2—4M12普通对穿螺栓 |
|  |
| 图C.3.13-2 木柱柱顶连接处加固图 |

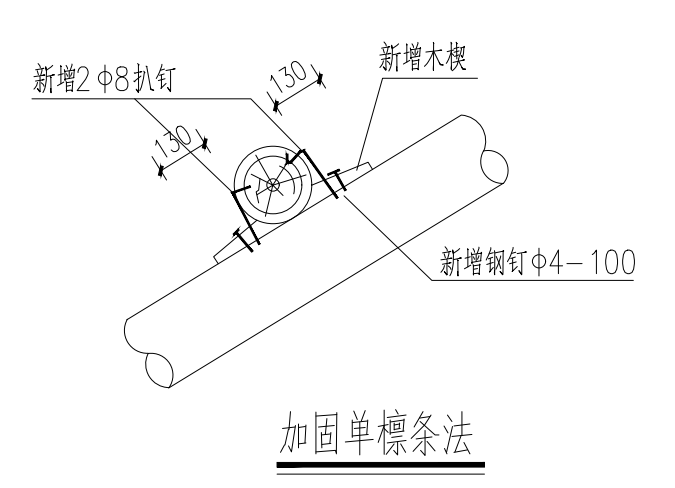
### **C.3.14** 当柱顶与梁底、柱脚与梁顶接触面不是水平面，或节点有歪闪、变形、位移时，应在梁柱节点增设扒钉或连接铁件（图C.3.14）。

|  |
| --- |
|  |
| 图C.3.14 梁柱节点增设扒钉或连接铁件图 |

### **C.3.15** 对于木梁直接搁置在土墙顶面且梁端无任何连接锚固措施时，应在木梁拼接处增设扒钉（图C.3.15）。

|  |
| --- |
|  |
| 图C.3.15 木梁拼接处增设扒钉图 |

### **C.3.16** 坡屋面木檩条与木梁缺少可靠连接时，采用图C.3.16做法加固。



图C.3.16 檩条与木梁加固做法

### **C.3.17** 平屋面檩条搁置于木梁上方时，搁置长度不小于木梁宽度，与另一跨檩条交错布置，如长度不满足要求，对檩条予以更换。

## C.4 石-木结构农房加固设计

### **C.4.1** 采用高延性混凝土条带加固的石-木结构农房时，应同时设置竖向和水平条带。

### **C.4.2** 加固石砌体墙时，高延性混凝土条带设置部位同本导则C.3.4~ C.3.5相关规定，高延性混凝土条带的最小厚度和最小宽度应符合表C.4.3要求。

表C.4.2 高延性混凝土条带最小厚度和最小宽度

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 设防烈度 | | 7度 | 8度 |
| 条带厚度（mm） | | 20 | 25 |
| 竖向条带宽度（mm） | a | 1000 | |
| b | 800 | |
| 水平及墙顶条带宽度（mm） | c | 600 | |

### **C.4.3** 石砌体墙的砌筑砂浆饱满度不足、外纵墙开洞率大于50%时，宜对整片墙体采用高延性混凝土面层进行加固，面层厚度应按表C.4.2取值。

### **C.4.4** 采用高延性混凝土加固石砌体墙前，应对石砌体墙的灰缝进行剔缝处理，并采用强度等级不低于M10的水泥砂浆勾缝填实。在压抹高延性混凝土之前，应将石砌体表面清理干净。

### **C.4.5** 石砌体墙的墙顶部沿外墙周边设置的高延性混凝土水平条带中宜埋入3根水平铁丝（图C.4.5）。铁丝规格不小于10号，并在墙体拐角处进行搭接，搭接长度每侧1000mm，铁丝应用铁钉固定在墙面上。

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| （a）铁丝布置立面示意图 | （b）墙体拐角处铁丝搭接示意图 |
| 图**C.4.6** 墙顶水平条带内铁丝布置示意图  1—缠绕铁丝；2—高延性混凝土水平条带；3—加固墙体；4—缠绕铁丝搭接 | |

### **C.4.6** 石-木结构农房中木构件加固部分同本导则C.3.9~C.3.17的相关规定。

## C.5 砌块-木结构农房加固

### **C.5.1** 本节适用于烧结普通砖、烧结多孔砖、混凝土实心砖、混凝土多孔砖、混凝土空心砌块、蒸压灰砂砖、蒸压粉煤灰砖等砌体结构农房的加固。

### **C.5.2** 采用高延性混凝土条带加固的石-木结构农房时，应同时设置竖向和水平条带。

### **C.5.3** 加固砌块砌体墙时，高延性混凝土条带设置部位同本导则C.3.4~ C.3.5相关规定，高延性混凝土条带的最小厚度和最小宽度应符合表C.5.3要求。

表C.5.3 高延性混凝土条带最小厚度和最小宽度

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 设防烈度 | | 7度 | 8度 |
| 条带厚度（mm） | | 20 | 25 |
| 竖向条带宽度（mm） | a | 1000 | |
| b | 800 | |
| 水平及墙顶条带宽度（mm） | c | 600 | |

### **C.5.4** 对开洞率大于50%的砌体墙，宜采用高延性混凝土面层加固，面层厚度应按表C.5.3取值。

### **C.5.5** 高延性混凝土条带加固部位对应的墙面应采用高延性混凝土嵌缝处理，嵌缝深度不小于10mm，嵌缝部位灰缝中的浮灰应清理干净。高延性混凝土竖向条带和水平条带嵌缝可分别参照图C.5.5-1、图C.5.5-2进行处理，施工条件允许时也可全部采取嵌缝处理。高延性混凝土横向和竖向条带两个侧边应进行嵌缝处理，且相应位置的砖表面宜进行拉毛处理，拉毛深度不小于2mm，拉毛宽度不小于120mm。

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| 图C.5.5-1 竖向条带嵌缝做法 | 图C.5.5-2 水平条带嵌缝做法 |

### **C.5.6** 房屋端山墙外侧有相邻建筑物时，端山墙上的高延性混凝土水平条带及竖向条带可设置在墙体内侧，且外纵墙与端山墙交接部位的高延性混凝土竖向条带应双面布置（图C.5.6-a）。当墙体内侧不能进行高延性混凝土施工时，应在楼板底部沿横墙设置钢拉杆，钢拉杆直径不小于16mm，拉杆两端设置不小于250mm×250mm×10mm的钢垫板锚固于高延性混凝土条带外侧（图C.5.6-b）。

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| （a）内侧设置条带 | （b）内侧设置钢拉杆 |
| 图C.5.6 相邻建筑物的端山墙加固平面示意图  1—端山墙；2—外纵墙；3—相邻建筑物；4—高延性混凝土条带  5—钢拉杆；6—钢垫板 | |

## C.6 构件加固与修复

### **C.6.1** 墙体裂缝修复应符合下列规定：

**1** 墙体裂缝较少且缝宽不大于2mm时，可参照现行国家标准《砌体结构加固设计规范》GB 50702的相关规定对裂缝进行修复处理；

**2** 生土墙体裂缝应优先选用相同原材料进行修补；

**3** 墙体裂缝宽度2~5mm且裂缝数量较多时，对裂缝按现行国家标准《砌体结构加固设计规范》GB 50702的规定进行处理后，宜在裂缝部位水平灰缝处嵌入**8的拉结筋（图8.0.1），并宜对墙体采用高延性混凝土进行抗裂处理。

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| （a）立面示意图 | （b）拉结筋大样 |
| 图C.6.1 墙体裂缝处理示意图  1—8拉结筋嵌入灰缝，嵌入深度≥30mm； | |

### **C.6.2** 门窗洞口过梁加固应符合下列规定：

**1** 对净跨度*l*n≤1.5m的砖过梁或钢筋砖过梁，当过梁中部竖向裂缝宽度不大于2mm或过梁端部斜裂缝宽度不大于1mm时，可在过梁部位压抹高延性混凝土水平条带进行加固（图C.6.2-1），高延性混凝土在洞口边应压抹至窗框边或闭合，条带厚度可按表**C.5.3**取值；

|  |
| --- |
|  |
| 图**C.6.2-1** 门窗洞口过梁加固示意图1  1—高延性混凝土；2—原墙体； |

**2** 对净跨度1.5m＜*l*n≤1.8m的砖过梁或钢筋砖过梁，当砖过梁中部产生宽度大于2mm的竖向裂缝，或端部产生宽度大于1mm的斜裂缝、过梁产生明显弯曲、下沉变形时，应在过梁底部增设2根直径不小于10mm的水平钢筋，再采用高延性混凝土水平条带进行加固，钢筋在两端延伸至支座处长度为250mm（图C.6.2-2）。当砖过梁或钢筋砖过梁净跨度1.8m＜*l*n≤2.1m时，过梁底部增设的水平钢筋直径不应小于12mm。

### **C.6.3** 对独立承重砖柱，应采用高延性混凝土面层整体加固（图C.6.3），面层最小厚度应按表7.2.1取值。当独立砖柱为偏心受压或受压承载力不足时，宜在高延性混凝土面层内部配置纵筋和箍筋，其加固面层应从基础做起。

|  |
| --- |
|  |
| 图C.6.2-2 门窗洞口过梁加固示意图2  1—高延性混凝土；2—原墙体；3—水平钢筋 |
|  |
| 图C.6.3 加固独立砖柱做法示意图  1—高延性混凝土面层；2—独立砖柱 |

## C.7 施工与质量验收

### **C.7.1** 高延性混凝土加固砌体结构农村房屋的施工质量检验，应以单栋房屋为一个检验批。

### **C.7.2** 加固砌体结构农村房屋施工时，高延性混凝土力学性能检验应以加固的50栋农村房屋为一个检验批，不足50栋的也划分为一个检验批。

### **C.7.3** 高延性混凝土加固砌体结构农村房屋的施工、材料性能检验、施工质量检验等，除符合本节规定外，尚应参照本标准第6章和第7章的有关规定执行。

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

《既有建筑鉴定与加固通用规范》GB 55021

《施工脚手架通用规范》GB 55023-2022

《砌体结构设计规范》GB 50003

《混凝土结构设计规范》GB 50010

《建筑抗震设计规范》GB 50011

《建筑抗震鉴定标准》GB 50023

《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204

《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

《工程结构加固材料安全性鉴定技术规范》GB 50728

《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081

《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119

《通用硅酸盐水泥》GB 175

《混凝土外加剂》GB 8076

《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476

《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082

《水泥混凝土和砂浆用合成纤维》GB/T 21120

《水泥胶砂强度检验方法（ISO法）》GB/T 17671

《建设用砂》GB/T 14684

《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

《混凝土用水标准》JGJ 63

《建筑砂浆基本性能试验方法标准》JGJ/T 70

《建筑抗震加固技术规程》JGJ 116

《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18

《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107

《建筑工程冬期施工规程》JGJ/T 104

西藏自治区工程建设标准

**高延性混凝土加固技术规程**

**DB xx/T xxxx－20xx**

条文说明

## 目 次

[本规程用词说明 60](#_Toc207111749)

[引用标准名录 61](#_Toc207111750)

[目 次 64](#_Toc207111751)

[1 总 则 66](#_Toc207111752)

[2 术 语 67](#_Toc207111753)

[2.1 术语 67](#_Toc207111754)

[3 基本规定 68](#_Toc207111755)

[4 材料 69](#_Toc207111756)

[4.1 原材料 69](#_Toc207111757)

[4.2 拌合物性能 69](#_Toc207111758)

[4.3 力学性能 69](#_Toc207111759)

[4.4 耐久性能 70](#_Toc207111760)

[5 砌体构件加固设计 71](#_Toc207111761)

[5.1 一般规定 71](#_Toc207111762)

[5.2 砌体抗压加固 71](#_Toc207111763)

[5.3 砌体抗剪加固 73](#_Toc207111764)

[5.4 砌体抗震加固 74](#_Toc207111765)

[5.5 构造要求 74](#_Toc207111766)

[6 混凝土构件加固设计 76](#_Toc207111767)

[6.1 一般规定 76](#_Toc207111768)

[6.2 钢筋混凝土剪力墙抗剪加固 76](#_Toc207111769)

[6.3 钢筋混凝土梁抗剪加固 76](#_Toc207111770)

[6.4 钢筋混凝土柱正截面抗压加固 76](#_Toc207111771)

[6.6 构造要求 77](#_Toc207111772)

[7 施工 78](#_Toc207111773)

[7.1 一般规定 78](#_Toc207111774)

[7.2 施工要点 78](#_Toc207111775)

[7.3 季节性施工 78](#_Toc207111776)

[8 质量验收 79](#_Toc207111777)

[8.1 一般规定 79](#_Toc207111778)

[8.2 材料 79](#_Toc207111779)

[附录A 高延性混凝土弯曲试验方法 80](#_Toc207111780)

[附录B 高延性混凝土力学性能快速 81](#_Toc207111781)

[检验评定方法 81](#_Toc207111782)

# 1 总 则

### **1.0.1** 高延性混凝土在限制结构裂缝，提高结构耐久性、抗震性能、抗剪性能和耐损伤性能等方面具有明显的优越性，在建设工程领域具有广泛的应用前景。特别引人注目的是，配制高延性混凝土，可采用大量的矿物掺合料取代水泥，经纤维与活性掺合料有效复合，不仅强化了混凝土材料的各项关键性能，还大幅度地提高了材料与结构的耐久性，对节约资源和能源，保护生态环境具有重要意义。为规范高延性混凝土在既有建筑加固工程中的应用，并为采用高延性混凝土的结构设计、施工验收等提供技术保障，推动我省工程建设领域的技术进步，编制组根据在高延性混凝土研究与应用方面取得的前期研究成果，联合相关科研单位、设计单位、施工单位和企业，考虑高延性混凝土推广应用的技术需求，制订浙江省地方标准《既有建筑加固高延性混凝土应用技术规程》。本规程主要依据我国现行标准规范、科研成果及工程实践经验编制而成。本规程的制定旨在指导和规范高延性混凝土应用技术的研究、推广和应用，确保高延性混凝土的工程质量。

### **1.0.2** 本条规定了本规程适用于既有建筑加固工程中采用高延性混凝土加固砌体构件和混凝土结构构件的设计、施工和验收。对于在建工程，若考虑采用高延性混凝土进行加固，可由设计单位视情况决定。

### **1.0.3** 本规程与相关的标准、规范进行了合理的分工和衔接，执行时尚应符合相关标准、规范的规定。

# 2 术 语

## 2.1 术语

### **2.1.1** 高延性混凝土（high ductile concrete，简称HDC），是一种具有高延性、高抗裂性能和高耐损伤能力的新型结构材料。传统的混凝土和纤维混凝土都具有明显的脆性，开裂后很快达到最大拉应力，一般仅出现一条主裂缝和少量微裂缝，表现出应变软化特征；高延性混凝土开裂后，应力基本保持不变，应变能维持较长时间的发展，在拉伸和剪切荷载下表现出良好的多裂缝开展和应变硬化特征（图2-1）。



图2-1 高延性混凝土单轴拉伸曲线比较

1-普通混凝土；2-纤维混凝土；3-高延性混凝土

本规程4.3节对高延性混凝土的强度指标和韧性指标均有明确规定。为达到其韧性指标要求，目前制备高延性混凝土都需要掺加合成纤维作为增韧材料。但通过纤维增韧只是实现高延性的手段之一，随着混凝土制备技术的发展与进步，以后不排除采用其他方式也可以配制出高延性混凝土。

### **2.1.2** 对于现有需要加固的结构，往往很难实现加固前的完全卸载，即原结构在加固前已处于受力状态，对已处于受力状态的结构进行加固称为二次受力，加固之前原来结构已经承受的荷载就是一次受力。一般结构需要加固载能不足的时候，加固前原结构的截面应力、应变水平一般都已经很高了。这时候加固新增的高延性混凝土面层并不能立即承受荷载，而是在新荷载（即二次受力）下才开始受力。此时，新增高延性混凝土面层的应变滞后于原结构的应变，当原结构达到极限状态时，新增高延性混凝土面层还没达到上述的“实际强度”，因此引入二次受压影响系数。

# 3 基本规定

### **3.0.3** 本条关于加固设计工作年限的规定，与现行国家标准的有关规定相符。对于采用高延性混凝土加固，当设计计算及构造符合本规范规定时，可按照业主要求的年限。高延性混凝土耐久性能经检验高于普通混凝土，在加固设计工作年限上不低于国家相关规范对普通混凝土的要求。

### **3.0.4** 被加固的结构、构件，其加固前的服役时间各不相同，其加固后的结构使用功能又可能有所改变，因此不能直接沿用原设计的安全等级工作年限作为加固后的安全等级工作年限，而应根据业主方对该结构下一目标使用期的要求，以及该房屋加固后的用途和重要性重新进行定位，一般由业主方与设计单位共同商定。

### 结构的加固设计，应以业主方提供的结构用途、使用条件和使用环境为依据进行的，倘若加固后任意改变其用途、使用条件或使用环境，将显著影响结构加固部分的安全性及耐久性。因此，改变前必须经技术鉴定或设计许可，否则其后果将很严重。

### **3.0.5** 浙江省地处中国东南沿海长江三角洲南翼，地质情况比较复杂，软土地基、岩溶地质等复杂地基较为普遍，当加固后使结构质量增大时，有可能造成建筑物的沉降问题。因此，当加固后使结构质量增大时，有必要对建筑物地基基础进行验算。

### **3.0.10** 考虑到高温下可能导致高延性混凝土的延性降低，本条给出高延性混凝土适用的环境温度不宜超过90°C。

本编制组前期对高延性混凝土的耐高温性能做了相应的试验研究，其在高温下的强度变化与普通混凝土或普通砂浆等水泥基材料的强度变化情况相似。混凝土在高温下有可能产生爆裂，但由于高延性混凝土中含有纤维，在高温作用下纤维会溶解形成水蒸气的迁移通道，使构件中蒸汽压得到释放，避免了基体的爆裂。

高延性混凝土耐高温试验结果显示，在125°C时，高延性混凝土的各项性能指标基本不受影响，本规程保守起见将其使用环境温度规定为不宜超过90°C。

另外，采用高延性混凝土的工程遇火灾后，需要通过检测鉴定评定其安全状况是否仍满足要求，当有问题时应采取相应的加固或修复处理措施。

# 4 材料

## 4.1 原材料

### **4.1.1** 纤维的耐碱性能用来衡量合成纤维在碱性介质内纤维强度的稳定性，而极限拉力保持率是评价耐碱性能的主要参数。极限拉力保持率是指合成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，与原试样的断裂强度之比的百分率。

## 4.2 拌合物性能

### **4.2.1** 为了保证高延性混凝土的施工质量，在施工过程中应严格控制材料配合比，不得随意添加任何其他材料，由于掺水量的多少对高延性混凝土性能的影响尤为严重，因此要严格控制用水量。

### **4.2.3** 高延性混凝土材料中不含粗骨料，其拌合物性能类似于砂浆，目前，高延性混凝土加固砖砌体构件主要采用人工抹压的施工方式，因此本条以《建筑砂浆基本性能试验方法标准》规定了材料的稠度要求。

## 4.3 力学性能

### **4.3.1** 本条给出了高延性混凝土四个主要力学性能指标，作为高延性混凝土力学性能检验的重要依据。其中等效弯曲韧性和等效弯曲强度为韧性评价指标，抗折强度和立方体抗压强度为强度评价指标。

### **4.3.3** 高延性混凝土的轴心抗压强度标准值可按下式计算：

 （1）

式中：

0.88——考虑到结构中混凝土强度与试件混凝土强度之间的差异而采取的修正系数；

——棱柱体抗压强度与立方体抗压强度的比值，可取0.88；

——高延性混凝土立方体抗压强度标准值。

上式参考了现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010对混凝土轴心抗压强度标准值的取值规定。由于高延性混凝土轴心受压破坏时表现出良好的抗压韧性和耐损伤能力，与传统混凝土的脆性破坏有明显区别，因此不再考虑高延性混凝土的脆性折减系数。且大量研究表明，由于纤维桥联作用对高延性混凝土单轴受压提供的横向约束作用，使高延性混凝土的轴心抗压强度明显高于相同强度等级的普通混凝土。根据大量试验数据分析结果，高延性混凝土棱柱体抗压强度与立方体抗压强度的比值为0.88~0.95，可偏于安全取0.88。

根据高延性混凝土轴心抗压强度标准值，并参考现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010中混凝土的抗压强度设计值计算方法确定高延性混凝土轴心抗压强度设计值=27.6N/mm2。根据高延性混凝土轴心抗拉强度标准值，并参照现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010中混凝土的抗拉强度设计值计算方法确定高延性混凝土轴心抗拉强度设计值=3.8 N/mm2。

### **4.3.4** 高延性混凝土的受压和受拉弹性模量与其立方体抗压强度有关，但由于高延性混凝土基体内不含粗骨料，其弹性模量取值与普通混凝土明显不同，本条根据西安建筑科技大学、东南大学、浙江大学等科研院所大量试验结果以及国家建筑工程质量监督检验中心的检验结果，高延性混凝土的弹性模量相当于同等强度普通混凝土的2/3左右，本条给出Cd50高延性混凝土的弹性模量=2.20×104 N/mm2。当有可靠试验依据时，弹性模量可根据实测数据确定。

## 4.4 耐久性能

### **4.4.1** 高延性混凝土的耐久性能明显高于普通混凝土，本条规定了其主要的耐久性能指标。实际工程中，设计方案中应根据被加固构件所处的环境确定高延性混凝土的耐久性要求。

### **4.4.2** 由于高延性混凝土的力学性能指标以60d龄期为准，因此为了相互协调，本条规定其耐久性能检验也从60d龄期时开始。

# **5 砌体构件加固设**计

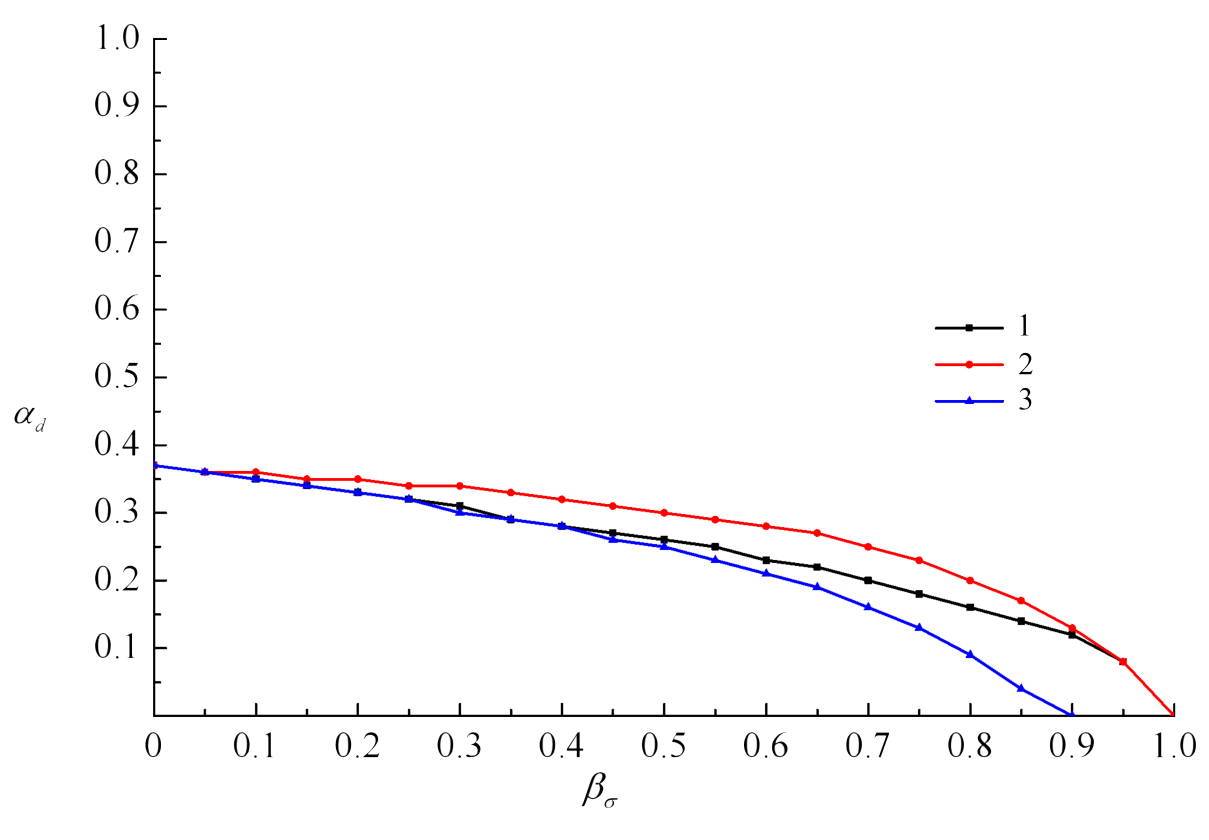
## 5.1 一般规定

### **5.1.2** 高延性混凝土的分类主要是从构造和抗震耗能的角度考虑，根据等效弯曲韧性和等效弯曲强度的不同来划分，对不同的抗震要求的砖砌体结构，采用不同类型的高延性混凝土，在保证结构构件承载力和耗能能力的前提下可以取得较好的经济效果。

## 5.2 砌体抗压加固

### **5.2.1、5.2.2** 对受压加固，在满足构造要求情况下，外加高延性混凝土面层加固后的构件可看成砌体与高延性混凝土面层的组合砌体构件。因此，可利用现行国家标准《砌体构件设计规范》GB 50003中组合砌体构件轴心受压构件承载力计算公式推出加固后构件轴心受压计算公式。考虑到高延性混凝土的极限压应变约为0.006，砌体极限压应变约为0.002，在极限荷载作用下，高延性混凝土实际发挥的强度小于其极限抗压强度。根据试验结果，在无初始荷载作用时，采用高延性混凝土面层双面加固砖砌体墙体，高延性混凝土的“实际强度”与其极限抗压强度的比值在0.274~0.363之间，采用高延性混凝土面层单面加固砖砌体墙体，该比值在0.397~0.491之间。因此，计算加固后构件的承载力引入高延性混凝土强度利用系数。安全起见，无论单面双面，无初始荷载时均取为0.3。目前的试验研究主要集中于粘土砖构件，

受压加固时，考虑到加固结构中的原有砌体构件加固前已承受荷载，其应力水平一般都比较高，而加固新增的高延性混凝土面层还不能立即工作，需待新加荷载后才开始受力即第二次受力。此时，新增高延性混凝土面层的应变滞后于原砌体的应变，原砌体的应变高于新增高延性混凝土面层的应变。当原砌体达到极限状态时，新增高延性混凝土面层还没达到上述的“实际强度”。因此，引入二次受压影响系数，则高延性混凝土强度利用系数。将原墙体在重力荷载作用下的平均竖向压应力定义为初始应力，初始应力与砌体抗压强度的比值定义为初始应力比。因砌体结构离散性较大，确定统一的应力-应变曲线较难，因此，分别选取由B.Powell和H.R.Hodgkinson、朱伯龙、施楚贤三人提出的砌体结构应力应变曲线进行理论分析，得到砖砌体墙的初始应力比与高延性混凝土强度利用系数的关系，如图5-1所示。

图5-1 砖砌体墙的初始应力比与高延性混凝土强度利用系数的关系

1-B.powell和H.R.Hodgkinson曲线；2-朱伯龙曲线；3-施楚贤曲线

### 由图可知，随着初始应力比的增大，逐渐减小。当初始应力比小于等于0.7时，曲线下降缓慢；当初始应力比大于0.7时，下降增快。当初始应力比等于0.7时，在有初始应力情况下相对于初始应力比为0时的下降比例，即二次受压折减系数在0.43~0.67之间。经综合考虑，取二次受压影响系数为=0.5。

### 对于对混凝土小型空心砌块砌体结构，因无足够的试验数据支撑，本规程暂不规定高延性混凝土加固混凝土小型空心砌块砌体的材料强度利用系数，如有工程需求，经专家论证后，可参照高延性混凝土强度0.15、钢筋强度利用系数进行加固设计。

### 空斗墙截面面积的计算方式，参考自东南大学学者对空斗墙截面面积的计算做出的解释：空斗墙的抗剪和抗压均由两侧的斗砖承担，其抗剪截面面积取顺砖厚度范围内的有效净截面面积，如图5-2所示。

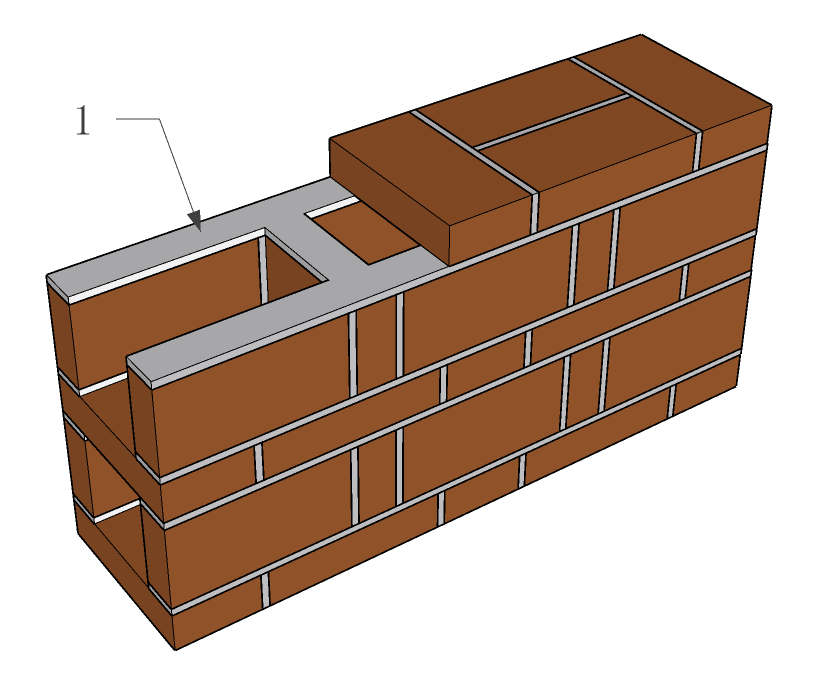


图5-2 空斗墙有效净截面面积示意图

1-净截面面积

## 5.3 砌体抗剪加固

### **5.3.1** 采用高延性混凝土面层或配筋高延性混凝土面层对砌体墙的抗剪加固，可简化为原砌体的抗剪承载力加上高延性混凝土加固面层的承载力贡献。由于空斗墙本身抗剪性能和整体性较差，且空斗墙抗剪承载力的理论研究较少，因此在空斗墙抗剪加固计算时，可不考虑其抗剪承载力，即被加固的墙体抗剪承载力全部由高延性混凝土加固面层承担，这样设计也是偏于安全的。

### **5.3.2** 采用高延性混凝土面层加固后，墙体提高的受剪承载力根据试验结果并考虑面层的破坏形式，按主拉应力理论计算。

## 5.4 砌体抗震加固

### **5.4.1** 原砌体的抗震承载力计算与现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003规定相同；而高延性混凝土的贡献，根据现行《建筑抗震设计规范》GB 50011在截面抗震验算中所建立的概念，可以简单地认为其抗震承载力与非抗震下的抗剪承载力相同，仅需将后者除以承载力抗震调整系数即可。这是一种偏于安全的处理方法。

### **5.4.2** 抗震加固和抗震鉴定一样，可采用加固后的综合抗震能力指数作为衡量多层砌体房屋抗震能力的指标，也可按设计规范的方法对加固后的墙段用截面受剪承载力进行验算。与鉴定不同的是，要按不同的加固方法考虑相应的加固增强系数，并按加固后的情况取体系影响系数和局部影响系数。

## 5.5 构造要求

### **5.5.1** 高延性混凝土加固砌体构件一般不需要在面层中配置钢筋，当墙体承载量相差较大或损伤严重时，适当增加面层厚度，但面层厚度较厚时为了充分发挥高延性混凝土的性能优势，可以在面层中配置钢筋，形成配筋高延性混凝土面层，更大程度提高砌体结构的承载能力和整体性。

砂浆强度较低时，为了更好地提高高延性混凝土面层与原墙体的共同工作能力，建议在高延性混凝土面层与墙体之间采用局部嵌缝等方式进行处理。对面层端部应采取嵌固措施防止面层剥离。遇到门窗洞口时，应将面层延伸至洞口侧边锚固，提高加固的整体性。

### **5.5.2** 高延性混凝土受压加固时，加固面层适当增加，且宜采用双面加固，若实际条件只能做单面加固时，应对该加固部位适当加强处理。当面层较厚时，宜采用拉结筋增强面层与墙体的可靠拉结，提高对面层的横向约束，防止砌体构件受压时面层横向变形剥离。

### **5.5.3** 采用高延性混凝土对墙体进行抗剪和抗震加固时，可根据综合抗震能力指数的控制，只在某一层进行，不需要自上而下延伸至基础。但在底层的外墙，为提高耐久性，面层在室外地面以下宜加厚并向下延伸。

### **5.5.4** 当砌体结构构造柱或圈梁抗震构造措施不足时，可采用高延性混凝土-砌体组合圈梁和高延性混凝土-砌体组合构造柱对房屋进行整体性加固，解决其抗震构造措施不足的问题。这样处理，施工方便快捷，且对原有建筑的使用空间占用较少。

# 6 混凝土构件加固设计

## 6.1 一般规定

### **6.1.1** 由于高延性混凝土的峰值压应变远高于普通混凝土的极限压应变，且高延性混凝土的弹性模量要低于普通混凝土，因此其抗压强度利用效率有所降低，但是高延性混凝土对提高构件延性、提高构件耐久性以及在施工工艺的简便性上有较大优势。同时，高延性混凝土具有较高的剪变模量和抗拉强度，对提高构件的受剪承载力方面作用明显。因此，对于混凝土构件，更多的是利用其施工简单的优势以及对构件延性、抗裂及耐久性提高等优势，对混凝土构件进行加固或修缮处理。

### **6.1.2** 对原构件混凝土强度等级不应低于C13（旧标号150）的强度要求，是参照现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367的有关规定执行。

## 6.2 钢筋混凝土剪力墙抗剪加固

### **6.2.1、6.2.2** 对受剪截面限制条件的规定与现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010一致，而从增大截面构件的荷载试验过程来看，增大截面还有助于减缓斜裂缝宽度的发展。因此引用GB 50010的规定作为加固后构件的受剪截面限制条件仍然是合适的。加固后的抗剪承载力计算可简化为原剪力墙的抗剪承载力加上高延性混凝土加固面层的承载力贡献。

### **6.2.3** 加固面层的受剪承载力贡献包括面层的抗剪承载力和钢筋的抗剪承载力，其中高延性混凝土面层的强度利用系数由试验结果得到。高延性混凝土加固面层在压、弯、剪共同作用下，其主拉应力达到抗拉强度时发生剪切破坏，根据此时的应力状态平衡求得高延性混凝土面层的受剪承载力系数，实际工程中采用高延性混凝土面层加固剪力墙时，一般不进行卸载，高延性混凝土加固层的竖向应力滞后，可不考虑竖向压应力的影响，因此式中*N*=0，则*α*d=0.66，该取值也是相对保守的。*N*是剪力墙加固后的轴向压力设计值；*A*d是墙体两侧高延性混凝土面层的总横截面面积。

## 6.3 钢筋混凝土梁抗剪加固

### **6.3.1** 本条的计算规定与国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367-2013第5.3.1条的规定相符，将新、旧混凝土的斜截面受剪承载力分开计算，并给出了具体公式。

## 6.4 钢筋混凝土柱正截面抗压加固

### **6.4.1** 钢筋混凝土轴心受压构件采用高延性混凝土增大截面法加固后，其正截面承载力的计算公式仍按现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367的公式采用。其中，系数是在已有的试验研究基础上确定的，由于高延性混凝土弹性模量较低，在同样变形下强度发挥程度较普通混凝土低，因此该系数取值比现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367中普通混凝土的取值偏低。

### 根据国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367-2013第5.4.1条条文说明，该系数的精确算法必须建立在对原构件应力水平的精确估算上，这在实际操作中很难做到，且限于设计人员技术水平的不同，对实际荷载的估算结果往往因人而异，若遇到事后复查，很难辨明是非。

### 本系数的取值是以现有的试验结果为依据，也考虑到试验所考虑的情况还不够充分，因此在条文中注明“当有充分试验依据时，值可做适当调整。

## 6.6 构造要求

### **6.6.1~6.6.4** 这几条主要是根据高延性混凝土加固工程的实践经验和有关试验研究资料作出的规定，其目的是保证原构件与新增高延性混凝土之间的协同工作，保证力的可靠传递，从而达到良好的加固效果。

另外应指出的是，纯环氧树脂配置的砂浆，由于未经改性，很快便开始变脆，而且耐久性很差，故不应在承重结构植筋中使用。而所谓的无机锚固剂，由于粘接性能极差，几乎全靠膨胀剂起摩阻作用，不能保证后锚固件的安全工作，故也应予以禁用。

# 7 施工

## 7.1 一般规定

### **7.1.1** 采用高延性混凝土加固砌体构件一般不需要配置钢筋，施工工序少，施工方法主要为人工抹压，施工方法简单。但高延性混凝土加固砌体构件主要是利用高延性混凝土的性能优势提高砌体的整体性和承载能力，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，保证高延性混凝土性能的可靠。

### **7.1.2** 本条较具体地规定了高延性混凝土加固砌体构件工程施工质量控制的主要内容。施工单位每道工序完成后，除了应进行自检并应由专职质量检验员检查外，还强调了工序交接检查，上道工序应满足下道工序的施工条件和要求；同样，相关专业工序之间也应进行中间交接检查，使各工序间和各相关专业工程之间形成一个有机的整体。

### **7.1.3** 采用增大截面法加固，考虑到界面处理对能否保证新旧材料的共同工作十分重要，因此，界面如何处理，应由设计单位提出具体要求。一般情况下，对原混凝土表面凿毛，对墙、板等表面面积较大的构件宜按构造要求设置剪切销钉进一步提升加固的高延性混凝土与原构件的共同工作能力。

因为界面处理得好坏对加固层与原构件之间的协同工作有很大影响，因此应特别注意加固面要凿毛处理，且清理要干净，并要养护到位，保证高延性混凝土加固的可靠性。

## 7.2 施工要点

### **7.2.1** 高延性混凝土加固结构构件主要是利用高延性混凝土的性能优势以及加固面层与原构件之间良好的协同工作能力来提高砌体的整体性和承载能力，因此在施工过程中应注意加固面的清理要干净，保证高延性混凝土与原构件之间的共同工作性能。

### **7.2.6** 为了保证纤维均匀分散在高延性混凝土基体中，宜采用纤维后掺法，将不含纤维的母料，包括骨料、水泥、矿物掺合料等，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。且搅拌机必须采用强制式搅拌机，搅拌时间应较普通混凝土长，搅拌机转速可适当调高。

## 7.3 季节性施工

### **7.3.2** 行业标准《建筑工程冬期施工规程》JGJ/T 104中关于冬期施工期限划分原则是：根据当地多年气象资料统计，当室外日平均气温连续5d稳定低于5℃即进入冬期施工，当室外日平均气温连续5d高于5℃即解除冬期施工。

# 8 质量验收

## 8.1 一般规定

### **8.1.3** 本条规定了检验批的抽样要求。大面积房间和走廊按30m2可为一自然间。随机抽取，是指检验批中的每个样本都具有相同的被抽取到的几率；分布均匀，是指被抽取的样本在总体样本中的分布应大致均匀；具有代表性，是指被抽取的样本质量能够代表大多数样本的总体质量状况。

现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300规定，明显不合格的个体可不纳入检验批，但应进行处理并重新验收。检验批中明显不符合要求的个体通常可通过目测观察或简单的测试确定，这些个体的检验指标往往与其他个体存在较大差异，纳入检验批后会增大验收结果的离散性，影响整体质量水平的客观评价。

### **8.1.4~8.1.6** 这三条规定根据现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300关于建筑工程质量验收原则制定，具体可参照该标准有关条文说明。

## 8.2 材料

### **8.2.1** 本条给出了进场检验的一些具体规定。需特别说明，进场核验的型式检验报告其检测类别应为抽样型式检验。材料性能的进场复检采用快速检验方法，这样可以快速地确定高延性混凝土性能指标，提高进场复检效率，为进场使用提供必要的依据。

# 附录A 高延性混凝土弯曲试验方法

本规程提出的高延性混凝土弯曲韧性试验方法，给出了标准试件尺寸为40mm×40mm×160mm。

按本规程方法对试件进行四点弯曲试验，测得其荷载—挠度曲线，计算出高延性混凝土的等效弯曲强度，再考虑试件挠曲变形对高延性混凝土弯曲韧性的影响，计算试件的等效弯曲韧性，其物理意义为试件塑性变形区域耗散的能量，与弯曲韧性的定义吻合，能更好地反映高延性混凝土的弯曲韧性。

# 附录B 高延性混凝土抗折强度试验方法

本附录中的方法为高延性混凝土力学性能的抗折强度检验方法，主要用于高延性混凝土材料进场复验时判断材料性能是否合格。由于高延性混凝土具有多裂缝开展特点，常规的抗折强度测试方法在峰值判定上无法准确测量抗折强度峰值，本节规定了对高延性混凝土抗折强度测试的机器、判定方法进行了特殊规定。