

ICS 91.100



河北省工程建设地方标准

P

DB13(J)/T 8394-2020

备案号：J15629-2021

高延性混凝土加固砌体结构技术标准

Technical specification for strengthening masonry structure
with high ductile concrete

2020-12-23 发布

2021-04-01 实施

河北省住房和城乡建设厅 发布

河北省工程建设地方标准

高延性混凝土加固砌体结构技术标准

Technical specification for strengthening masonry structure
with high ductile concrete

DB13(J)/T 8394-2020

主编单位：河北省建筑科学研究院有限公司
 西安建筑科技大学
批准部门：河北省住房和城乡建设厅
施行日期：2021年4月1日

中国建材工业出版社

2021 北京

河北省工程建设地方标准
高延性混凝土加固砌体结构技术标准

Technical specification for strengthening masonry structure
with high ductile concrete

DB13 (J)/T 8394-2020

*

中国建材工业出版社 出版(北京市海淀区三里河路1号)

石家庄市书渊印刷有限公司印刷

*

开本: 850mm×1168mm 1/32 印张: xx 字数: xx 千字

2021年3月第一版 2021年3月第一次印刷

印数: 1~xxxx 册定价: xx 元

统一书号: 155160·xxxx

版权所有 翻印必究

河北省住房和城乡建设厅

公 告

2020 年 第 172 号

河北省住房和城乡建设厅 关于发布《高延性混凝土加固砌体结构技术标准》 的公告

《高延性混凝土加固砌体结构技术标准》（编号为 DB13(J)/T8394-2020）已经本机关审查并批准为河北省工程建设地方标准，现予发布，自 2021 年 4 月 1 日起实施。

本标准在河北省住房和城乡建设厅门户网站（zfcxjst.hebei.gov.cn）公开。

河北省住房和城乡建设厅

2020 年 12 月 23 日

前 言

为了促进结构加固工程领域的技术创新，规范高延性混凝土加固技术在河北省砌体结构加固工程中的应用，由河北省建筑科学研究院、西安建筑科技大学会同有关单位编制本规程。

本规程编制过程中，编制组调查总结了近年来国内外有关高延性混凝土的工程应用和实践经验，采纳了该领域内的最新科研成果，经广泛征求意见，反复修改，最终经审查定稿。

本规程的主要技术内容是：1 总则；2 术语和符号；3 基本规定；4 材料；5 加固设计；6 构造规定；7 施工；8 质量验收；9 农村砌体房屋加固；附录。

本规程由河北省建筑科学研究院有限公司和西安建筑科技大学共同负责具体技术内容的解释，由河北省建设工程标准编制研究中心负责管理。

本规程执行过程中，如有意见或建议，请寄送至河北省建筑科学研究院有限公司（地址：石家庄市鹿泉区槐安西路 395 号，邮编：050021，电话：0311-89100066，传真：0311-89100063，邮箱：hejyzaky@163.com），以供今后修订时参考。

本标准主编单位、参编单位、主要起草人和审查人员名单：

主 编 单 位：河北省建筑科学研究院有限公司

西安建筑科技大学

参 编 单 位：河北省既有建筑综合改造技术创新中心

河北建筑设计研究院有限公司

保定市建筑设计院有限公司

河北建研材料技术有限公司

河北建研科技有限公司

西安建筑科技大学建筑设计研究院河北雄安
分院

中土大地国际建筑设计有限公司

北方工程设计研究院有限公司

国为建设工程有限公司

石家庄翼润加固工程有限公司

河北赛盛建筑工程有限公司

中钢石家庄工程设计研究院有限公司

河北九易庄宸科技股份有限公司

河北新天际建筑设计有限公司

河北拓朴建筑设计有限公司

北方绿野建筑设计有限公司

西安五和土木工程新材料有限公司

主要起草人： 邓明科 边智慧 王应生 周立辉 赵士永
戴占彪 隋宝龙 表 慷 付素娟 李青巍
张国龙 国鹏磊 刘正昊 范伟龙 牛 健
张思海 景武斌 乔 恺 王建雷 马 洪
陈英杰 隽敬动 柴为民 曹明星 李 佳
赵灿强 王少峰 刘 辉 周恩泽 张荣升
董泽华 纪孟超 冯进辉 张 杰 刘 扬
周彦兵 张 岩 唐 伟 张金峰 朱增强
李立伟 杨向坤 王 猛 张笑宁 李如林
王 昭 鲁丽棉 陈 苏 李 治 杨宗超
时瑞珍 王 军 刘 颖 贾亚乐 王 健

赵宗建 侯聪霞 王 莉 薛建辉 马玉光
吴翼亮 王 巍 李 勇 李 威 耿立志
季书强 孙 炜 池雪雷 姚新元 张仁猛
李云璋 张 轲 范璐璐 卜新星 田 婷

审 查 人 员：王振宗 要秉文 徐志欣 张秋录 赵会超
陈建波 高 峰

目 次

| | | |
|-----|----------------|----|
| 1 | 总 则 | 1 |
| 2 | 术语和符号 | 2 |
| 2.1 | 术 语 | 2 |
| 2.2 | 符 号 | 3 |
| 3 | 基本规定 | 5 |
| 4 | 材 料 | 7 |
| 4.1 | 一般规定 | 7 |
| 4.2 | 材料性能 | 7 |
| 4.3 | 计算指标 | 10 |
| 4.4 | 配合比设计 | 10 |
| 5 | 加固设计 | 12 |
| 5.1 | 一般规定 | 12 |
| 5.2 | 砌体抗压加固 | 12 |
| 5.3 | 砌体抗剪加固 | 16 |
| 5.4 | 砌体抗震加固 | 17 |
| 5.5 | 抗震能力计算 | 18 |
| 6 | 构造规定 | 25 |
| 6.1 | 一般规定 | 25 |
| 6.2 | 抗压加固 | 28 |
| 6.3 | 抗剪和抗震加固 | 30 |
| 6.4 | 抗震构造措施 | 31 |
| 6.5 | 砌体构件局部加固 | 33 |
| 7 | 施 工 | 36 |

| | | |
|------|-------------------|----|
| 7.1 | 一般规定 | 36 |
| 7.2 | 施工准备 | 39 |
| 7.3 | 季节性施工 | 39 |
| 8 | 质量验收 | 41 |
| 8.1 | 一般规定 | 41 |
| 8.2 | 主控项目 | 44 |
| 8.3 | 一般项目 | 46 |
| 8.4 | 高延性混凝土加固砌体工程竣工验收 | 49 |
| 9 | 农村砌体房屋加固 | 52 |
| 9.1 | 一般规定 | 52 |
| 9.2 | 基本要求 | 52 |
| 9.3 | 加固方法 | 53 |
| 9.4 | 施 工 | 61 |
| 9.5 | 质量验收 | 62 |
| 附录 A | 高延性混凝土弯曲韧性试验方法 | 66 |
| 附录 B | 高延性混凝土力学性能快速检验方法 | 70 |
| 附录 C | 农村房屋加固工程施工质量验收记录表 | 72 |
| | 本规程用词说明 | 74 |
| | 引用标准名录 | 75 |
| | 条文说明 | 76 |

Contents

| | | |
|-----|--|----|
| 1 | General provisions | 1 |
| 2 | Terms and symbols | 2 |
| 2.1 | Terms | 2 |
| 2.2 | Symbols | 3 |
| 3 | Basic requirements..... | 5 |
| 4 | Materials | 7 |
| 4.1 | General requirements | 7 |
| 4.2 | Material property | 7 |
| 4.3 | Calculation data | 10 |
| 4.4 | Mix design | 10 |
| 5 | Strengthening design..... | 12 |
| 5.1 | General requirements | 12 |
| 5.2 | Masonry compression strengthening | 12 |
| 5.3 | Masonry shear strengthening | 16 |
| 5.4 | Masonry seismic strengthening | 17 |
| 5.5 | Seismic capacity calculation | 18 |
| 6 | Construction requirements | 25 |
| 6.1 | General requirements | 25 |
| 6.2 | Compression strengthening | 28 |
| 6.3 | Shear and seismic strengthening | 30 |
| 6.4 | Anti-seismic measures | 31 |
| 6.5 | Local strengthening of masonry members | 33 |

| | | |
|------------|---|----|
| 7 | Construction..... | 36 |
| 7.1 | General requirements | 36 |
| 7.2 | Construction preparation | 39 |
| 7.3 | Seasonal construction..... | 39 |
| 8 | Quality acceptance..... | 41 |
| 8.1 | General requirements | 41 |
| 8.2 | Master program..... | 44 |
| 8.3 | General program..... | 46 |
| 8.4 | Acceptance of masonry structure strengthened by high ductile concretet..... | 49 |
| 9 | Strengthening of rural masonry building | 52 |
| 9.1 | General requirements | 52 |
| 9.2 | Basic requirements | 52 |
| 9.3 | Strengthening methods | 53 |
| 9.4 | Construction | 61 |
| 9.5 | Quality acceptance | 62 |
| Appendix A | Test method for flexural of ductility concrete..... | 66 |
| Appendix B | Rapid inspection method for mechanical properties of high ductility concrete | 70 |
| Appendix C | Construction quality acceptance record of rural masonry building strengthening project | 72 |
| | Explanation of Wording in This Specification..... | 74 |
| | List of Quoted Standards | 75 |
| | Explanation of Provisions..... | 76 |

1 总 则

1.0.1 为规范高延性混凝土在河北省砌体结构加固工程中的应用，保证工程质量，做到技术先进、安全可靠、经济合理，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于河北省内抗震设防烈度为6~8度地区，城镇砌体房屋和农村三层及三层以上砌体房屋的常规加固，以及农村一、二层砌体房屋的构造加固的设计、施工和质量验收。

1.0.3 高延性混凝土加固砌体结构房屋的设计、施工及验收除应符合本规程的规定外，尚应符合国家及河北省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、细骨料、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、养护以后，具有高韧性、高抗裂性能和高耐损伤能力的特种混凝土。

2.1.2 合成纤维 synthetic fiber

用有机合成材料经过挤压、拉伸、改性等工艺制成的纤维。

2.1.3 初始模量 initial modulus of elasticity

由负荷-伸长（应力-应变）曲线中起始部分荷载随伸长变化最大时点切线或割线的斜率。

2.1.4 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。

2.1.5 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。

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

考虑加固材料（高延性混凝土、钢筋）自身变形能力高于砌体，以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。

2.1.7 （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。

2.1.8 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。

2.2 符 号

2.2.1 材料性能

f_{du} —— 边长 100mm 的高延性混凝土立方体抗压强度代表值 (N/mm^2) ;

f_{df} —— 高延性混凝土抗折强度代表值 (N/mm^2) ;

f_{eq}^u —— 等效弯曲强度 (N/mm^2) ;

W_e^u —— 等效弯曲韧性 (kJ/m^3) ;

C_d —— 高延性混凝土的强度等级;

$f_{du,k}$ —— 高延性混凝土立方体抗压强度标准值 (N/mm^2) ;

f_{dk} —— 高延性混凝土轴心抗压强度标准值 (N/mm^2) ;

f_d —— 高延性混凝土轴心抗压强度设计值 (N/mm^2) ;

f_{dt} —— 高延性混凝土轴心抗拉强度设计值 (N/mm^2) ;

E_d —— 高延性混凝土的弹性模量 (N/mm^2) ;

f_{m0} —— 原构件砌体抗压强度设计值 (N/mm^2) 。

2.2.2 作用和作用效应

V_d —— 采用高延性混凝土面层加固后构件提高的受剪承载力 (N) ;

V_s —— 墙体采用配筋面层加固后，水平方向钢筋承担的剪力 (N)；

V_E —— 考虑地震作用组合的墙体剪力设计值 (N)；

V_{ME} —— 原墙体截面抗震受剪承载力 (N)。

2.2.3 计算系数

α_{d1} —— 高延性混凝土棱柱体抗压强度与立方体抗压强度的比值；

φ_{com} —— 轴心受压构件的稳定系数；

α_d —— 高延性混凝土强度利用系数；

η_0 —— 高延性混凝土面层加固的基准增强系数；

η_{k0} —— 高延性混凝土面层加固时墙体侧向刚度的基准提高系数。

2.2.4 几何参数

A_{m0} —— 原构件截面面积 (mm^2)；

A_d —— 新增高延性混凝土面层的截面面积 (mm^2)；

b_d —— 高延性混凝土面层厚度 (双面加固时，取其厚度之和) (mm)；

t_{w0} —— 原墙体厚度 (mm)。

3 基本规定

3.0.1 高延性混凝土的性能应符合本规程有关规定，同时应满足设计要求。高延性混凝土的正常使用环境温度不宜超过 90℃。

3.0.2 砌体房屋加固前，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 等标准的有关规定进行可靠性鉴定；当与抗震加固结合进行时，尚应按现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB 50023 或《构筑物抗震鉴定标准》GB 50117 等标准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 及河北省现行有关标准的规定对农房的结构安全、抗震性能进行评估。

3.0.3 按本规程加固的砌体结构房屋，其抗震设防目标应符合下列规定：

1 城镇砌体房屋和农村三层及三层以上砌体房屋加固后的抗震设防目标，应满足现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定；

2 农村一、二层砌体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，一般不需修理或局部修复后可继续使用；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。

3.0.4 高延性混凝土加固砌体结构应符合下列规定：

1 砌体结构经可靠性鉴定或抗震鉴定确认需要加固时，应

根据鉴定结论和业主方提出的要求，由有相应资质的设计和施工单位按本规程的规定和业主要求进行加固设计和施工，同时应符合国家现行有关标准的规定；

2 加固后砌体结构的安全等级，应根据结构破坏后果的严重性、结构的重要性和加固设计使用年限，由委托方与设计方按实际情况共同商定；

3 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，并明确要求施工单位应严格执行；

4 采用配筋高延性混凝土加固时，受力钢筋的最小配筋率及混凝土保护层厚度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；

5 未经技术鉴定或设计许可，不得改变加固后结构的用途和使用环境。

3.0.5 砌体结构的加固设计使用年限应符合现行国家标准《砌体结构加固设计规范》GB 50702 的有关规定。

4 材 料

4.1 一般规定

4.1.1 高延性混凝土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。

4.1.2 高延性混凝土的原材料性能、质量、制备施工应符合本规程的规定，制备施工时，应按产品要求的用水量拌合，不得在施工过程中随意加水。

4.1.3 高延性混凝土应严格按照产品使用说明中的配合比进行拌制。

4.2 材料性能

4.2.1 高延性混凝土的原材料性能应符合下列规定：

1 合成纤维的规格和力学性能宜分别符合表 4.2.1-1、表 4.2.1-2 的规定，同时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 4.2.1-1 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 |
| 粗纤维 | 15~60 | >100 |

表 4.2.1-2 合成纤维的力学性能

| 项 目 | 力学性能 |
|---------------------------|-----------------------|
| 断裂强度 (N/mm ²) | ≥1200 |
| 初始模量 (N/mm ²) | ≥30.0×10 ³ |
| 断裂伸长率 (%) | 3.0~8.0 |
| 耐碱性能 (极限拉力保持率) | ≥95% |

2 水泥应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的相关规定；

3 集料应符合现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 的规定，并宜采用中砂和细砂，集料最大粒径不宜大于 3mm；

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；

5 粉煤灰和粒化高炉矿渣粉等矿物掺合料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 和《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。粉煤灰等级不应低于 II 级；

6 拌合用水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的规定。

4.2.2 高延性混凝土的拌合物性能应符合下列规定：

1 高延性混凝土拌合物不应离析、泌水，纤维应分散均匀无结团；

2 用于砌体房屋加固的高延性混凝土拌合物的稠度宜为 28mm~33mm，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。

4.2.3 用于砌体房屋加固的高延性混凝土主要力学性能指标应满足表 4.2.3 的有关规定。

表 4.2.3 高延性混凝土的主要力学性能指标

| 指标类别 | 标准养护龄期 | 性能指标 | | |
|------------------------------|--------|--------|--------|-------|
| | | I 类 | II 类 | III 类 |
| 等效弯曲韧性 (kJ/m ³) | 60d | ≥160.0 | ≥120.0 | ≥80.0 |
| 等效弯曲强度 (N/mm ²) | 60d | ≥11.0 | ≥10.0 | ≥9.0 |
| 抗折强度 (N/mm ²) | 60d | ≥12.0 | | |
| 立方体抗压强度 (N/mm ²) | 60d | ≥50.0 | | |

注：1 表中性能指标除立方体抗压强度为标准值外，其他性能指标均指代表值；

2 表中 I 类、II 类、III 类高延性混凝土的选用应符合本规程第 5.1.3 条和 9.1.3 条的规定。

4.2.4 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，相应的耐久性能应满足表 4.2.4 的有关规定。

表 4.2.4 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 (RCM 法) | ≥RCM-IV |
| 抗硫酸盐侵蚀 | ≥KS90 |
| 抗碳化性能 | 28d 碳化深度 ≤2.0mm |

4.3 计算指标

4.3.1 高延性混凝土的立方体抗压强度标准值是指按标准方法制作、养护的边长为 100mm 的立方体试件，在 60d 龄期以标准试验方法测得的具有 95% 保证率的抗压强度值。其强度等级采用 C_d 与立方体抗压强度标准值表示。

4.3.2 强度等级为 C_d50 的高延性混凝土，其轴心抗压强度设计值 f_d 为 27.6N/mm^2 ，轴心抗拉强度设计值 f_{dt} 为 3.8N/mm^2 。

4.3.3 强度等级为 C_d50 的高延性混凝土，受压弹性模量取值为 $2.20 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ 。当有可靠试验依据时，弹性模量可根据实测数据确定。

4.3.4 高延性混凝土的泊松比宜根据实测数据确定。当无可靠试验依据时，泊松比可取 0.14。

4.4 配合比设计

4.4.1 高延性混凝土配合比设计应采用工程实际使用的原材料，并应满足国家现行有关标准的规定。

4.4.2 高延性混凝土配合比设计应以干燥状态骨料为基准。

4.4.3 高延性混凝土中纤维的体积率不宜小于 0.5%，且应以试验结果最终确定。

4.4.4 高延性混凝土配合比应经试验确定。在缺乏试验依据的情况下，高延性混凝土配合比设计宜符合下列要求：

- 1 高延性混凝土的水胶比不宜大于 0.50，砂胶比不宜大于 0.80；
- 2 高延性混凝土的水泥用量可按表 4.4.4 选取，并应经试配确定：

表 4.4.4 高延性混凝土的水泥最小用量

| | | | | |
|-----------------------------|------|------|------|-------|
| 最大水胶比 | 0.50 | 0.45 | 0.40 | ≤0.35 |
| 水泥最小用量 (kg/m ³) | 300 | 320 | 340 | 360 |

3 水泥用量不宜大于 450kg/m³;

4 外加剂和矿物掺合料（粉煤灰，硅灰等）的品种、掺量应经过试配确定；矿物掺合料掺量宜为拌合物总质量的 20%～40%。

4.4.5 在试配过程中，应采用三个不同的配合比进行高延性混凝土强度试验，其中一个可为依据表 4.4.4 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。

4.4.6 高延性混凝土设计配合比确定后，尚应采用该配合比进行不少于三盘高延性混凝土的重复试验，每盘高延性混凝土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。

4.4.7 高延性混凝土的配制抗压强度应符合下列规定：

$$f_{du,0} \geq f_{du,k} + 1.645\sigma \quad (4.4.7)$$

式中： $f_{du,0}$ —— 高延性混凝土的配制抗压强度；

$f_{du,k}$ —— 高延性混凝土立方体抗压强度标准值；

σ —— 高延性混凝土抗压强度的标准差，宜通过试验确定；当无可靠试验依据时，可取 $0.08 f_{du,k}$ 。

4.4.8 高延性混凝土的配制抗压强度、抗折强度、等效弯曲强度和等效弯曲韧性除应符合本规程规定外，尚应满足设计要求。

4.4.9 高延性混凝土设计配合比确定后，应进行生产适应性验证。

5 加固设计

5.1 一般规定

5.1.1 本章适用于城镇砌体房屋和农村三层及三层以上砌体房屋的常规加固。

5.1.2 高延性混凝土加固砌体结构及构件的设计计算原则应符合现行国家标准《砌体结构加固设计规范》GB 50702 的有关规定，抗震加固时尚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。

5.1.3 下列房屋抗震加固时，应选用本规程表 4.2.2 中的 I 类或 II 类高延性混凝土：

- 1 抗震设防分类为乙类及以上的砌体结构房屋；
- 2 抗震设防烈度为 8 度及以上，且层数为三层及三层以上的砌体结构房屋；
- 3 其他对房屋抗震或安全性有较高要求的建筑物。

5.2 砌体抗压加固

5.2.1 采用高延性混凝土面层或配筋高延性混凝土面层加固轴心受压构件时，其正截面受压承载力设计值应按下列式验算：

$$N \leq \varphi_{\text{com}} (f_{m0} A_{m0} + \alpha_d f_d A_d + \alpha_s f'_y A'_s) \quad (5.2.1)$$

式中： N —— 构件轴向压力设计值；

φ_{com} —— 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 中组合砖砌体构件稳定系数的规定取值；

f_{m0} —— 原构件砌体抗压强度设计值；

A_{m0} —— 原构件截面面积；

α_d —— 高延性混凝土强度利用系数，取 $\alpha_d = 0.15$ ；

f_d —— 高延性混凝土轴心抗压强度设计值；

A_d —— 新增高延性混凝土面层的截面面积；

α_s —— 钢筋强度利用系数，对砖砌体，取 $\alpha_s = 0.80$ ；对混凝土小型空心砌块砌体，取 $\alpha_s = 0.70$ ；

f'_y —— 新增竖向钢筋抗压强度设计值；

A'_s —— 新增受压区竖向钢筋截面面积。

5.2.2 采用高延性混凝土面层或配筋高延性混凝土面层加固偏心受压构件（图 5.2.2）时，其正截面受压承载力设计值应按下列公式计算：

$$N \leq f_{m0} A'_m + \alpha_d f_d A'_d + \alpha_s f_y A'_s - \sigma_s A_s \quad (5.2.2-1)$$

$$N \cdot e_N \leq f_{m0} S_{ms} + \alpha_d f_d S_{ds} + \alpha_s f'_y A'_s (h_0 - a') \quad (5.2.2-2)$$

此时，钢筋的应力 σ_s （单位为 N/mm^2 ，正值为拉应力，负值为压应力），应根据截面受压区相对高度 ξ ，按下列规定确定：

当 $\xi > \xi_b$ （即小偏心受压）时

$$\sigma_s = 650 - 800\xi \quad (5.2.2-3)$$

$$-f'_y \leq \sigma_s \leq f_y \quad (5.2.2-4)$$

当 $\xi \leq \xi_b$ (即大偏心受压) 时

$$\sigma_s = f_y \quad (5.2.2-5)$$

$$\xi = x / h_0 \quad (5.2.2-6)$$

其中截面受压区高度 x , 可由下式确定:

$$f_{m0} S_{mN} + \alpha_d f_d S_{dN} + \alpha_s f'_y A'_s e'_N - \sigma_s A_s e_N = 0 \quad (5.2.2-7)$$

$$e_N = e + e_a + (h / 2 - a) \quad (5.2.2-8)$$

$$e'_N = e + e_a - (h / 2 - a') \quad (5.2.2-9)$$

$$e_a = \frac{\beta^2 h}{2200} (1 - 0.022 \beta) \quad (5.2.2-10)$$

注: 钢筋的应力 σ_s 单位为 N/mm^2 , 正值为拉应力, 负值为压应力。

式中: A'_m —— 砌体受压区的截面面积;

α_d —— 高延性混凝土强度利用系数, 取 α_d 为 0.15;

A'_d —— 高延性混凝土面层受压区的截面面积;

α_s —— 偏心受压构件钢筋强度利用系数, 对砖砌体, 取 α_s 为 0.90; 对混凝土小型空心砌块砌体, 取 α_s 为 0.80;

e_N —— 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;

S_{ms} —— 砌体受压区的截面面积对钢筋 A_s 重心的面积矩;

S_{ds} —— 高延性混凝土面层受压区的截面面积对钢筋 A_s 重心的面积矩;

ξ_b —— 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；

- S_{mN} —— 砌体受压区的截面面积对轴向力 N 作用点的面积矩；
- S_{dN} —— 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；
- e'_N —— 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；
- e —— 轴向力对加固后截面的初始偏心距，按荷载设计值计算，当 $e < 0.05h$ 时，取 $e = 0.05h$ ；
- e_a —— 加固后的构件在轴向力作用下的附加偏心距；
- β —— 加固后的构件高厚比；
- h' —— 加固后的截面高度；
- h_0 —— 加固后的截面有效高度，取 $h_0 = h' - a$ ；
- a 和 a' —— 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缘的距离；
- A_s —— 距轴向力 N 较远一侧钢筋的截面面积；
- A'_s —— 距轴向力 N 较近一侧钢筋的截面面积。

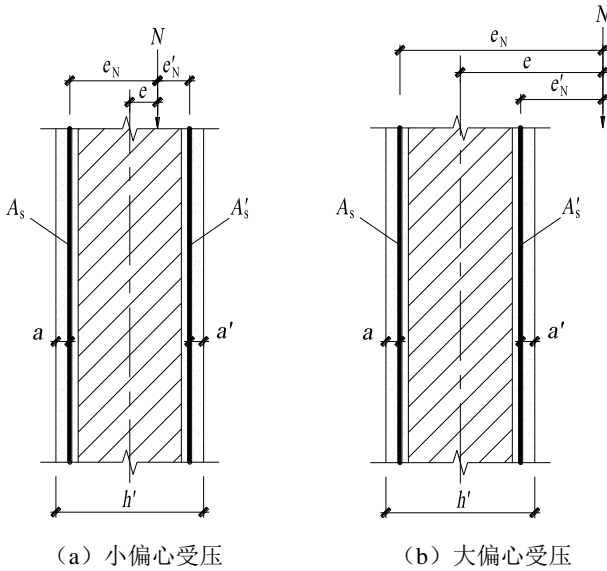


图 5.2.2 加固后的偏心受压构件

5.3 砌体抗剪加固

5.3.1 高延性混凝土面层或配筋高延性混凝土面层加固后，墙体的受剪承载力应按下列公式计算：

$$V \leq V_m + V_d \quad (5.3.1)$$

式中： V ——墙体剪力设计值；

V_m ——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；

V_d ——采用高延性混凝土加固后提高的受剪承载力。

5.3.2 高延性混凝土面层或配筋高延性混凝土面层采用高延性混凝土加固后提高的受剪承载力设计值 V_d 应按下列公式计算：

$$V_d = 0.7 \alpha_d f_{dt} b_d h + V_s \quad (5.3.2-1)$$

$$V_s = 0.8 \alpha_s f_{yh} \frac{A_{sh}}{s} h \quad (5.3.2-2)$$

式中： f_{dt} ——高延性混凝土轴心抗拉强度设计值； f_{dt} 按本规程 4.3.2 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；

α_d ——高延性混凝土强度利用系数，墙体抗剪加固时，可取 α_d 为 0.66；

b_d ——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；

V_s ——墙体采用配筋面层加固后，水平钢筋承担的剪力设计值；

α_s ——钢筋强度利用系数，可取 α_s 为 0.90；

f_{yh} ——水平向钢筋的强度设计值；

A_{sh} ——配置在同一截面内的水平向钢筋全部截面面积；

s ——水平向钢筋的间距。

5.4 砌体抗震加固

5.4.1 采用高延性混凝土加固，可用于提高墙体的抗震承载力、增设或补设高延性混凝土-砌体组合圈梁及组合构造柱，增强结构的整体性与综合抗震能力。

5.4.2 采用高延性混凝土面层或配筋高延性混凝土面层对砌体房屋进行抗震加固时，可采用双面加固或单面加固。

5.4.3 高延性混凝土面层或配筋高延性混凝土面层加固砌体墙的抗震受剪承载力设计值按下式验算：

$$V_E \leq V_{R0} + \frac{V_d}{\gamma_{RE}} \quad (5.4.3)$$

式中： V_E ——墙体考虑地震组合作用的剪力设计值；

V_{R0} ——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；

V_d ——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；

γ_{RE} ——承载力抗震调整系数，取 γ_{RE} 为 0.85。

5.5 抗震能力计算

5.5.1 高延性混凝土面层或配筋高延性混凝土面层加固后的砌体结构楼层和墙段应按下列公式计算其综合抗震能力指数：

$$\beta_s = \eta \psi_1 \psi_2 \beta_0 \quad (5.5.1)$$

式中： β_s ——加固后楼层或墙段的综合抗震能力指数；

η ——加固增强系数，可按本规程 5.5.3 条计算；

β_0 ——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；

ψ_1 、 ψ_2 ——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。

5.5.2 采用高延性混凝土面层或配筋高延性混凝土面层加固后，

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设计值可按下列公式验算：

$$\text{不计入构造影响时} \quad V \leq \eta_{pij} V_{R0} \quad (5.5.2-1)$$

$$\text{计入构造影响时} \quad V \leq \eta_{pij} \psi_1 \psi_2 V_{R0} \quad (5.5.2-2)$$

式中：V ——墙段的剪力设计值；

η_{pij} ——加固后第 i 楼层第 j 墙段抗震能力增强系数，可按本规程式 (5.5.3-2) 确定；

V_{R0} ——墙段原有的抗震受剪承载力，可按现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003 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。

5.5.3 采用高延性混凝土面层或配筋高延性混凝土面层加固后，楼层和墙段抗震能力的增强系数可按下列公式计算：

$$\eta_{pi} = 1 + \frac{\sum_{j=1}^n (\eta_{pij} - 1) A_{ij0}}{A_{i0}} \quad (5.5.3-1)$$

$$\eta_{pij} = \frac{240}{t_{w0}} \left(\eta_0 + \frac{t_{w0}}{240} - 1 \right) \quad (5.5.3-2)$$

式中： η_{pi} ——高延性混凝土加固后第 i 楼层抗震能力的增强系数；

η_{pij} ——第 i 楼层第 j 墙段高延性混凝土面层加固的增强系

数；

η_0 ——基准增强系数，240mm 厚墙体可按本规程表 5.5.5 取值，也可按本规程（式 5.5.5）进行计算；

A_{i0} ——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；

A_{ij0} ——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；

n ——第 i 楼层中验算方向上的面层加固抗震墙的道数；

t_{w0} ——原墙体厚度。

5.5.4 高延性混凝土面层或配筋高延性混凝土面层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。

5.5.5 采用高延性混凝土面层或配筋高延性混凝土面层加固后，墙体抗震受剪承载力的基准增强系数 η_0 按下式计算：

$$\eta_0 = 1 + \frac{V_d / 0.85}{V_{ME0}} \quad (5.5.5)$$

注：原墙体在重力荷载代表值作用下的平均竖向压应力 $\sigma_0 > 0.8f$ 时，基准增强系数 η_0 应乘以 0.8 进行折减， f 为砌体的抗压强度设计值

式中： V_{ME0} ——240mm 厚原墙体的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。 η_0 也可按本规程表 5.5.5 取值。

表 5.5.5 高延性混凝土面层加固的基准增强系数 η_0

| σ_0 (N/mm ²) | 面层 厚度 (mm) | 高延性混凝土 立方体抗压强 度(N/mm ²) | 单面加固 | | | | | | 双面加固 | | | | | |
|------------------------------------|------------------|---|-----------------------------|------|------|------|------|------|-----------------------------|------|------|------|------|------|
| | | | 原墙体砂浆强度(N/mm ²) | | | | | | 原墙体砂浆强度(N/mm ²) | | | | | |
| | | | 0.4 | 1.0 | 2.5 | 5.0 | 7.5 | 10 | 0.4 | 1.0 | 2.5 | 5.0 | 7.5 | 10 |
| 1.0 | 10 | ≥50 | 1.76 | 1.59 | 1.46 | 1.37 | 1.33 | 1.30 | 2.69 | 2.32 | 2.02 | 1.83 | 1.73 | 1.67 |
| | 15 | | 2.14 | 1.89 | 1.69 | 1.56 | 1.49 | 1.45 | 3.54 | 2.98 | 2.52 | 2.24 | 2.09 | 2.00 |
| | 20 | | 2.52 | 2.19 | 1.91 | 1.74 | 1.66 | 1.60 | 4.38 | 3.64 | 3.03 | 2.65 | 2.46 | 2.33 |
| | 25 | | 2.90 | 2.48 | 2.14 | 1.93 | 1.82 | 1.75 | — | 4.29 | 3.54 | 3.07 | 2.82 | 2.66 |
| 0.9 | 10 | ≥50 | 1.80 | 1.62 | 1.48 | 1.39 | 1.34 | 1.31 | 2.78 | 2.38 | 2.06 | 1.86 | 1.76 | 1.69 |
| | 15 | | 2.20 | 1.93 | 1.72 | 1.58 | 1.51 | 1.47 | 3.66 | 3.07 | 2.59 | 2.29 | 2.14 | 2.04 |
| | 20 | | 2.60 | 2.24 | 1.95 | 1.77 | 1.68 | 1.62 | 4.55 | 3.76 | 3.12 | 2.72 | 2.52 | 2.38 |
| | 25 | | 3.00 | 2.55 | 2.19 | 1.97 | 1.85 | 1.78 | — | 4.45 | 3.65 | 3.15 | 2.89 | 2.73 |
| 0.8 | 10 | ≥50 | 1.84 | 1.65 | 1.50 | 1.40 | 1.36 | 1.32 | 2.87 | 2.45 | 2.11 | 1.90 | 1.79 | 1.72 |
| | 15 | | 2.27 | 1.98 | 1.75 | 1.61 | 1.53 | 1.49 | 3.81 | 3.18 | 2.67 | 2.35 | 2.19 | 2.08 |
| | 20 | | 2.69 | 2.31 | 2.00 | 1.81 | 1.71 | 1.65 | 4.75 | 3.91 | 3.23 | 2.80 | 2.58 | 2.44 |
| | 25 | | 3.11 | 2.63 | 2.25 | 2.01 | 1.89 | 1.81 | — | 4.63 | 3.78 | 3.25 | 2.98 | 2.80 |
| 0.7 | 10 | ≥50 | 1.90 | 1.69 | 1.53 | 1.42 | 1.37 | 1.34 | 2.99 | 2.54 | 2.17 | 1.94 | 1.83 | 1.75 |
| | 15 | | 2.34 | 2.04 | 1.79 | 1.64 | 1.56 | 1.51 | 3.99 | 3.31 | 2.76 | 2.42 | 2.24 | 2.13 |
| | 20 | | 2.79 | 2.38 | 2.06 | 1.85 | 1.74 | 1.68 | 4.98 | 4.08 | 3.35 | 2.89 | 2.65 | 2.50 |
| | 25 | | 3.24 | 2.73 | 2.32 | 2.06 | 1.93 | 1.84 | — | 4.85 | 3.93 | 3.36 | 3.07 | 2.88 |
| 0.6 | 10 | ≥50 | 1.96 | 1.74 | 1.56 | 1.45 | 1.39 | 1.35 | 3.13 | 2.64 | 2.24 | 2.00 | 1.87 | 1.79 |
| | 15 | | 2.44 | 2.11 | 1.84 | 1.67 | 1.59 | 1.53 | 4.20 | 3.46 | 2.87 | 2.49 | 2.30 | 2.18 |
| | 20 | | 2.92 | 2.48 | 2.12 | 1.90 | 1.78 | 1.71 | — | 4.28 | 3.49 | 2.99 | 2.74 | 2.58 |
| | 25 | | 3.40 | 2.85 | 2.40 | 2.12 | 1.98 | 1.89 | — | — | 4.11 | 3.49 | 3.17 | 2.97 |
| 0.5 | 10 | ≥50 | 2.04 | 1.80 | 1.60 | 1.48 | 1.41 | 1.37 | 3.31 | 2.77 | 2.33 | 2.06 | 1.92 | 1.83 |
| | 15 | | 2.56 | 2.19 | 1.90 | 1.71 | 1.62 | 1.56 | 4.46 | 3.65 | 3.00 | 2.59 | 2.38 | 2.25 |
| | 20 | | 3.08 | 2.59 | 2.20 | 1.95 | 1.83 | 1.75 | — | 4.54 | 3.66 | 3.12 | 2.84 | 2.66 |
| | 25 | | 3.60 | 2.99 | 2.50 | 2.19 | 2.04 | 1.93 | — | — | 4.33 | 3.65 | 3.30 | 3.08 |

续表 5.5.5

| σ_0 (N/mm ²) | 面层 厚度 (mm) | 高延性混凝土 立方体抗压强 度(N/mm ²) | 单面加固 | | | | | | 双面加固 | | | | | |
|------------------------------------|------------------|---|-----------------------------|------|------|------|------|------|-----------------------------|------|------|------|------|------|
| | | | 原墙体砂浆强度(N/mm ²) | | | | | | 原墙体砂浆强度(N/mm ²) | | | | | |
| | | | 0.4 | 1.0 | 2.5 | 5.0 | 7.5 | 10 | 0.4 | 1.0 | 2.5 | 5.0 | 7.5 | 10 |
| 0.4 | 10 | ≥50 | 2.14 | 1.87 | 1.65 | 1.51 | 1.44 | 1.40 | 3.54 | 2.93 | 2.44 | 2.13 | 1.98 | 1.88 |
| | 15 | | 2.71 | 2.30 | 1.97 | 1.77 | 1.66 | 1.59 | 4.81 | 3.89 | 3.16 | 2.70 | 2.47 | 2.32 |
| | 20 | | 3.29 | 2.74 | 2.29 | 2.02 | 1.88 | 1.79 | — | 4.86 | 3.88 | 3.27 | 2.96 | 2.76 |
| | 25 | | 3.86 | 3.17 | 2.62 | 2.28 | 2.10 | 1.99 | — | — | 4.59 | 3.83 | 3.45 | 3.20 |
| 0.3 | 10 | ≥50 | 2.28 | 1.96 | 1.71 | 1.55 | 1.47 | 1.42 | 3.85 | 3.14 | 2.58 | 2.23 | 2.05 | 1.94 |
| | 15 | | 2.93 | 2.45 | 2.06 | 1.83 | 1.71 | 1.64 | — | 4.22 | 3.36 | 2.84 | 2.58 | 2.41 |
| | 20 | | 3.57 | 2.93 | 2.42 | 2.10 | 1.95 | 1.85 | — | — | 4.15 | 3.46 | 3.11 | 2.89 |
| | 25 | | 4.21 | 3.41 | 2.77 | 2.38 | 2.19 | 2.06 | — | — | 4.94 | 4.07 | 3.63 | 3.36 |
| 0.2 | 10 | ≥50 | 2.50 | 2.10 | 1.79 | 1.61 | 1.52 | 1.46 | 4.33 | 3.45 | 2.76 | 2.35 | 2.15 | 2.02 |
| | 15 | | 3.25 | 2.65 | 2.19 | 1.91 | 1.77 | 1.69 | — | 4.68 | 3.64 | 3.02 | 2.72 | 2.53 |
| | 20 | | 3.99 | 3.21 | 2.59 | 2.21 | 2.03 | 1.92 | — | — | 4.53 | 3.70 | 3.29 | 3.04 |
| | 25 | | 4.74 | 3.76 | 2.98 | 2.52 | 2.29 | 2.15 | — | — | — | 4.37 | 3.87 | 3.55 |
| 0.1 | 10 | ≥50 | 2.87 | 2.33 | 1.92 | 1.68 | 1.57 | 1.50 | — | 3.95 | 3.04 | 2.52 | 2.27 | 2.12 |
| | 15 | | 3.80 | 2.99 | 2.38 | 2.02 | 1.86 | 1.75 | — | — | 4.06 | 3.28 | 2.90 | 2.68 |
| | 20 | | 4.74 | 3.65 | 2.83 | 2.37 | 2.14 | 2.01 | — | — | — | 4.03 | 3.54 | 3.23 |
| | 25 | | — | 4.31 | 3.29 | 2.71 | 2.43 | 2.26 | — | — | — | 4.79 | 4.17 | 3.79 |

注：1 表中数据为高延性混凝土加固后的基准增强系数；

2 表中“—”对应的 η_0 取5.00。

5.5.6 高延性混凝土面层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应按下列公式计算：

$$\text{实心墙单面加固} \quad \eta_k = \frac{240}{t_{w0}} \eta_{k0} - 0.75 \left(\frac{240}{t_{w0}} - 1 \right) \quad (5.5.6-1)$$

$$\text{实心墙双面加固} \quad \eta_k = \frac{240}{t_{w0}} \eta_{k0} - \left(\frac{240}{t_{w0}} - 1 \right) \quad (5.5.6-2)$$

式中： η_k ——加固后墙体的侧向刚度提高系数；

η_{k0} ——刚度的基准提高系数，可按本规程表 5.5.7 取值。

5.5.7 采用高延性混凝土面层或配筋高延性混凝土面层加固后，墙体的侧向刚度应按下列公式计算：

$$K = \frac{1}{\left(\frac{H^3}{12EI} + \frac{\eta_1 H}{AG} \right) \alpha} \quad (5.5.7-1)$$

$$E = \frac{E_m A_m + E_d A_d}{A_m + A_d} \quad (5.5.7-2)$$

式中： K ——采用高延性混凝土面层加固后墙体的侧向刚度；

E_m ——砌体的弹性模量；

E_d ——高延性混凝土面层的弹性模量；

A_m ——砌体的横截面面积；

A_d ——高延性混凝土面层的横截面面积；

G ——加固砖墙的剪切模量，取 $G = 0.4E$ ；

η_1 ——截面剪应变不均匀系数，取 $\eta_1 = 1.2$ ；

α ——竖向压应力影响系数，保守取 $\alpha = 1.0$ ；

H ——墙体竖向高度；

I 、 A ——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。

表 5.5.7 高延性混凝土面层加固时墙体侧向刚度的基准提高系数 η_{k0}

| 面层厚度 (mm) | 高延性混凝土立方体抗压强度 (N/mm ²) | 原墙体块材强度等级 | 单面加固 | | | | | | 双面加固 | | | | | |
|--------------|---------------------------------------|-----------|-----------------------------|------|------|------|------|------|-----------------------------|------|------|------|------|------|
| | | | 原墙体砂浆强度(N/mm ²) | | | | | | 原墙体砂浆强度(N/mm ²) | | | | | |
| | | | 0.4 | 1.0 | 2.5 | 5.0 | 7.5 | 10 | 0.4 | 1.0 | 2.5 | 5.0 | 7.5 | 10 |
| 10 | ≥50 | MU10 | 1.93 | 1.58 | 1.50 | 1.41 | 1.34 | 1.29 | 2.85 | 2.16 | 2.00 | 1.82 | 1.68 | 1.58 |
| 15 | | | 2.39 | 1.87 | 1.75 | 1.61 | 1.51 | 1.43 | 3.78 | 2.73 | 2.51 | 2.22 | 2.02 | 1.87 |
| 20 | | | 2.85 | 2.16 | 2.00 | 1.82 | 1.68 | 1.58 | 4.70 | 3.31 | 3.01 | 2.63 | 2.36 | 2.15 |
| 25 | | | 3.32 | 2.44 | 2.26 | 2.02 | 1.85 | 1.72 | 5.63 | 3.89 | 3.51 | 3.04 | 2.70 | 2.44 |
| 10 | ≥50 | MU7.5 | 2.15 | 1.72 | 1.62 | 1.51 | 1.42 | 1.36 | 3.30 | 2.43 | 2.25 | 2.01 | 1.84 | 1.72 |
| 15 | | | 2.72 | 2.08 | 1.93 | 1.76 | 1.63 | 1.54 | 4.45 | 3.15 | 2.87 | 2.52 | 2.26 | 2.07 |
| 20 | | | 3.30 | 2.43 | 2.25 | 2.01 | 1.84 | 1.72 | 5.60 | 3.87 | 3.49 | 3.02 | 2.69 | 2.43 |
| 25 | | | 3.87 | 2.79 | 2.56 | 2.26 | 2.05 | 1.90 | 6.75 | 4.58 | 4.12 | 3.53 | 3.11 | 2.79 |
| 10 | ≥50 | MU5 | 2.56 | 1.97 | 1.84 | 1.69 | 1.57 | 1.49 | 4.12 | 2.94 | 2.69 | 2.37 | 2.14 | 1.97 |
| 15 | | | 3.34 | 2.46 | 2.27 | 2.03 | 1.86 | 1.73 | 5.67 | 3.92 | 3.53 | 3.06 | 2.71 | 2.46 |
| 20 | | | 4.12 | 2.94 | 2.69 | 2.37 | 2.14 | 1.97 | 7.23 | 4.89 | 4.38 | 3.74 | 3.28 | 2.94 |
| 25 | | | 4.89 | 3.43 | 3.11 | 2.71 | 2.43 | 2.21 | 8.79 | 5.86 | 5.22 | 4.43 | 3.86 | 3.43 |

5.5.8 采用高延性混凝土面层或配筋高延性混凝土面层加固墙体，应力求墙体刚度分布均匀，避免过大扭转，必要时可按式（5.5.7）修正后的刚度进行剪力分配。

6 构造规定

6.1 一般规定

6.1.1 高延性混凝土面层厚度不应小于 10mm。当面层厚度大于 30mm 时，宜配置钢筋网片及拉结筋（图 6.1.1），竖向钢筋直径可采用 6mm~10mm，水平钢筋直径可采用 6mm~8mm；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 900mm，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。

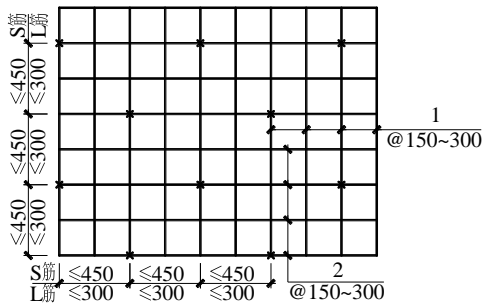


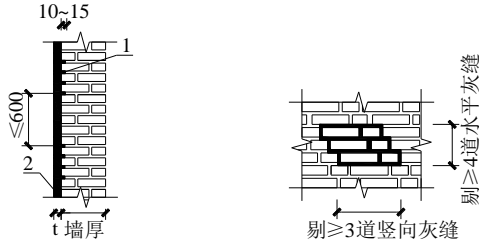
图 6.1.1 钢筋网片及拉结筋设置示意图

1—竖向钢筋；2—水平钢筋

6.1.2 加固用的钢筋，宜选用 HPB300 级和 HRB400 级普通钢筋。竖向钢筋的连接宜优先采用搭接，钢筋的搭接长度等要求应符合现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 的有关规定确定。

6.1.3 原砌体砂浆强度低于 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，嵌缝深度为 10mm~15mm（图 6.1.3）。局部嵌缝采用梅花状布置，嵌缝比例不小于

30%，纵横缝宜平均分布。



(a) 局部嵌缝剖面示意图

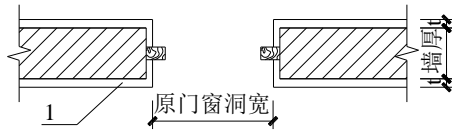
(b) 局部嵌缝立面示意图

图 6.1.3 高延性混凝土面层嵌缝示意图

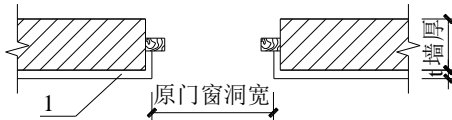
1—高延性混凝土嵌缝；2—高延性混凝土面层

6.1.4 采用高延性混凝土加固时，应采取措施防止面层端部剥落破坏。如在墙上开槽将面层端部嵌入墙内或采用嵌缝、L形倒角的形式加强端部锚固。

6.1.5 高延性混凝土加固遇门窗洞口时，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（图 6.1.5）。



(a) 面层双面加固



(b) 面层单面加固

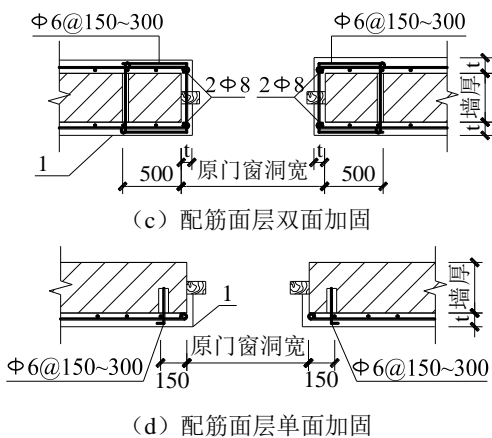


图 6.1.5 加固门窗洞口做法

1—高延性混凝土

6.1.6 采用配筋高延性混凝土面层加固砌体结构时，竖向钢筋宜采用等强集中配置穿板连接筋的方式穿过楼板（图 6.1.6），穿板连接筋宜采用 HRB400 级钢筋，直径为 8mm~10mm，穿板连接筋的间距宜为 600mm，对于预制楼板宜从板缝之间穿过。穿板连接筋的搭接长度 l_l 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，且不小于 400mm。

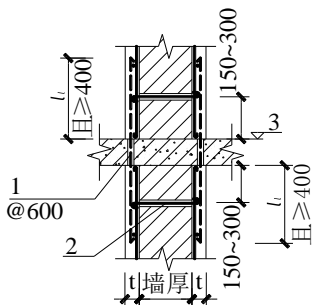


图 6.1.6 楼板处集中配置穿板连接筋做法示意图

1—穿板连接筋；2—穿墙拉接筋；3—楼面

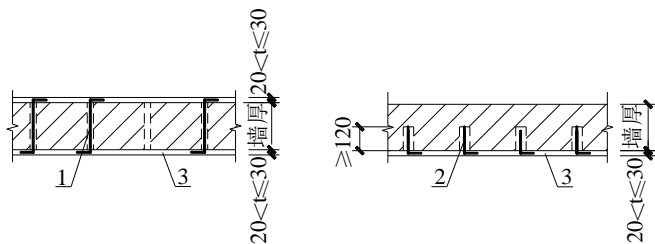
6.2 抗压加固

6.2.1 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。下列情况采用高延性混凝土面层加固时应采取适当加强措施：

- 1 原砌筑砂浆强度不大于 1.0MPa；
- 2 采用高延性混凝土加固梁下砌体偏心受压构件。

6.2.2 配筋高延性混凝土面层中竖向钢筋的上下端均应有可靠锚固；竖向受力钢筋上端宜锚入有配筋的混凝土梁垫、梁、板或牛腿内；且竖向钢筋伸入地下一端应锚固在基础内，锚固可采用植筋方式，钢筋的锚固应符合现行行业标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145 有关规定。

6.2.3 采用高延性混凝土面层加固，当面层厚度大于 20mm 时，宜采用拉结筋增强面层与墙体的可靠拉结，拉结筋的间距不宜大于 600mm，且宜为梅花状布置。双面加固时宜采用直径 6mm 的拉结筋（图 6.2.3c），单面加固时宜采用直径 6mm 的拉结筋（图 6.2.3d），单面加固时，应在原墙体上钻孔将 L 形钢筋锚入墙内，锚入深度不小于 120mm，孔洞应采用胶粘剂灌注填实；



(a) 双面加固

(b) 单面加固



图 6.2.3 高延性混凝土面层设置拉结筋时的构造做法

1—S 形钢筋；2—L 形钢筋；3—高延性混凝土面层

6.2.4 当窗间墙高宽比大于 4 时，应采用高延性混凝土四面加固的形式进行加固（图 6.2.4），面层厚度不宜小于 20mm。高延性混凝土面层厚度大于 30mm 时，应设置竖向钢筋和水平闭合钢筋，竖向钢筋和水平钢筋间距均不大于 300mm，竖向钢筋直径不宜小于 8mm，水平闭合钢筋直径不宜小于 6mm。

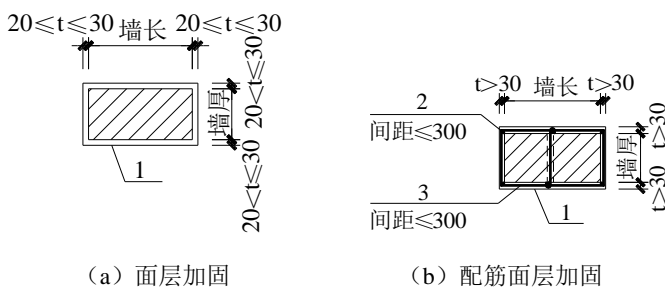


图 6.2.4 高宽比大于 4 的窗间墙四面加固做法

1—高延性混凝土面层；2—竖向钢筋；3—水平闭合钢筋

6.2.5 对独立承重砖柱，应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（图 6.2.5）。

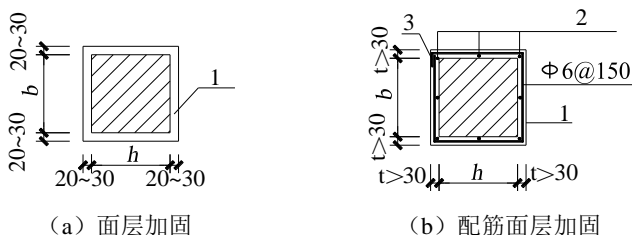


图 6.2.5 加固独立砖柱做法示意图

1—高延性混凝土；2—竖向钢筋；3—闭合箍筋

6.2.6 底层墙体的高延性混凝土面层，应向下延伸至基础顶面。

6.2.7 墙、柱加固时增设的竖向受力钢筋，其上端应锚固在楼层构件、圈梁或配筋的混凝土垫块中，其伸入地下一端应锚固在基础内。

6.3 抗剪和抗震加固

6.3.1 高延性混凝土面层加固受剪构件，宜采用双面加固，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。

6.3.2 底层墙体的高延性混凝土面层，在室外应伸入地面以下 200mm 或伸至地圈梁顶面；室外地面长期处于潮湿环境时，宜伸至基础顶面。

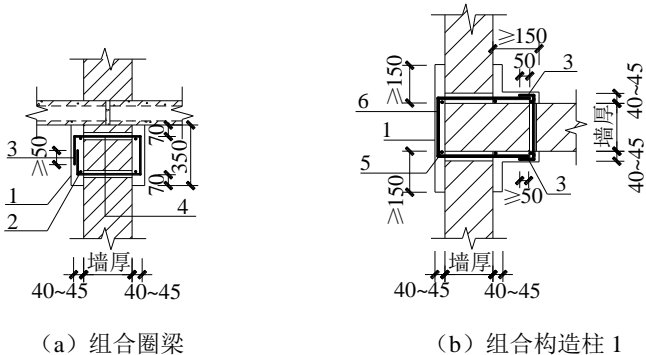
6.3.3 独立砖柱的抗剪及抗震加固方法同抗压加固。

6.3.4 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。

6.4 抗震构造措施

6.4.1 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 6.4.1),组合圈梁高度不小于 350mm,组合构造柱配筋时的面层在墙体拐角处应加宽不小于 150mm,组合构造柱不配筋时的面层在墙体拐角处应加宽不小于 300mm。高延性混凝土-砌体组合圈梁和配筋时的高延性混凝土-砌体组合构造柱的面层厚度不宜小于 40mm,不配筋的高延性混凝土-砌体组合构造柱面层厚度宜取 30mm。

6.4.2 高延性混凝土-砌体组合圈梁和组合构造柱的纵向钢筋宜采用 HRB400 级钢筋,闭合箍筋宜采用 HPB300 级钢筋;组合圈梁和组合构造柱的纵筋直径分别不宜小于 10mm 和 12mm,箍筋直径分别不宜小于 6mm 和 8mm,箍筋间距不宜大于 300mm。不配置钢筋的组合构造柱做法(图 6.4.1c、e)适用于两层及两层以下且为标准设防的砌体房屋加固。



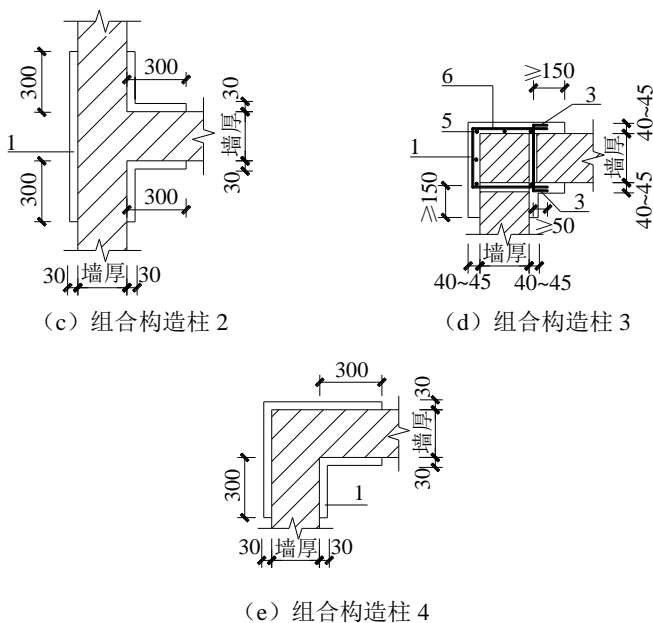


图 6.4.1 高延性混凝土-砌体组合圈梁及组合构造柱做法示意图

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

6.4.3 原结构未设置构造柱且房屋高宽比大于现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 及《建筑抗震鉴定标准》GB 50023 对房屋高宽比的限值要求时，宜在加固内、外墙体上下层楼盖处的高延性混凝土面层内设置竖向钢筋保证上下层加固面层的可靠连接（图 6.4.3），竖向穿板钢筋在上下层加固面层的内伸入长度不宜小于 400mm，面层厚度不能满足钢筋保护层厚度要求时，应在墙体上沿竖向开槽后将钢筋嵌入槽内，开槽宽度及深度均不宜小于 30mm，竖向穿板钢筋宜采用 HRB400 级钢筋，直径不宜小于 10mm。

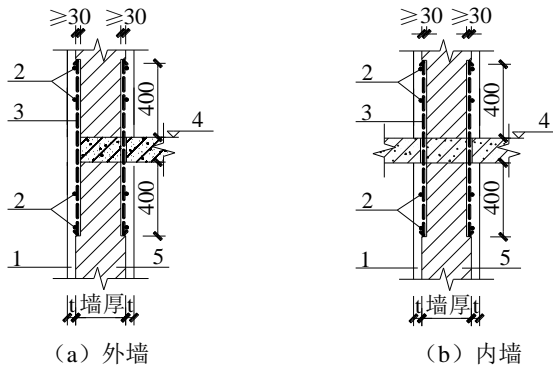


图 6.4.3 楼盖处上下连接做法示意图

- 1—高延性混凝土；2—直径 6mm 水平钢筋；3—竖向穿板钢筋；
4—楼面；5—原墙体

6.5 砌体构件局部加固

6.5.1 墙体裂缝修补应符合下列规定：

- 1 墙体裂缝较少且缝宽不大于 1mm 时，可参照国家现行标准的相关规定对裂缝进行处理；
- 2 墙体裂缝宽度大于 1mm 且裂缝数量较多时，对裂缝进行处理后，可对整片墙体采用高延性混凝土面层进行加固，面层厚度按表 6.5.1 取值。

表 6.5.1 高延性混凝土面层最小厚度

| 砌体构件材料类别 | 砖砌体 | 砌块砌体 | 石砌体 |
|-----------|-----|------|-----|
| 面层厚度 (mm) | 15 | 15 | 20 |

6.5.2 门窗洞口过梁加固应符合下列规定：

- 1 对净跨度 $l_n \leq 1.5\text{m}$ 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 6.5.2-1),高延性混凝土在洞口边应压抹至窗框边缘或闭合,条带厚度可按表 6.5.1 取值;

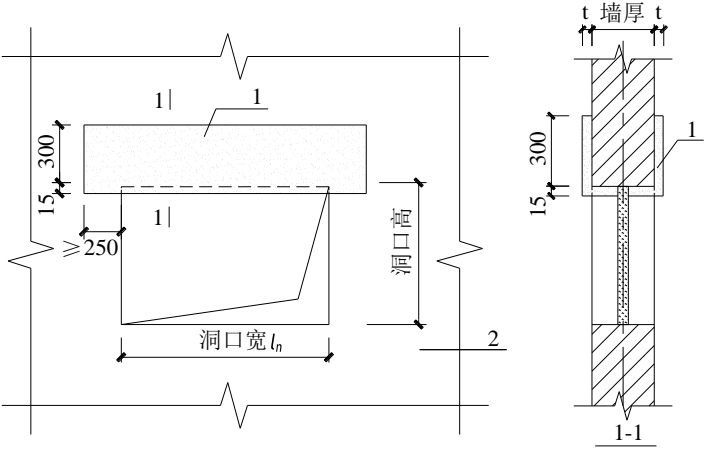


图 6.5.2-1 门窗洞口过梁加固示意图 1

1—高延性混凝土; 2—原墙体

2 对净跨度 $1.5\text{m} < l_n \leq 1.8\text{m}$ 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,或过梁产生明显弯曲、下沉变形时,应在过梁底部增设 2 根直径不小于 8mm 的水平钢筋,并将钢筋嵌入墙体水平灰缝内,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不小于 250mm (图 6.5.2-2)。

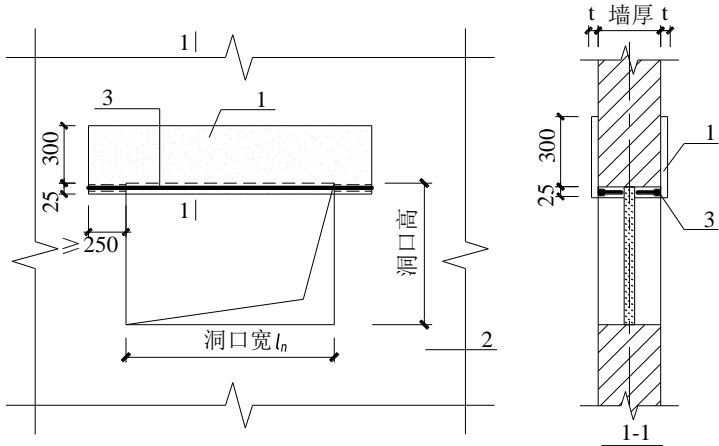


图 6.5.2-2 门窗洞口过梁加固示意图 2

1—高延性混凝土；2—原墙体；3—水平钢筋

7 施 工

7.1 一般规定

7.1.1 高延性混凝土加固砌体结构的施工工序应符合下列规定：
铲除原墙抹灰层→凿缝或开槽→（安装钢筋网或拉结筋）→清理浮灰→浇水润湿墙面→压抹高延性混凝土→保湿养护。

注：括号中“安装钢筋网或拉结筋”只在设计有钢筋网或拉结筋时进行。

7.1.2 高延性混凝土加固砌体结构采用的钢材和高延性混凝土材料应按照现行国家标准《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550 和本规程第 8.2 节的有关规定进行现场见证取样复验，材料送样应经监理（建设）单位工程师签封送检；复验不合格的材料不得使用；施工单位或生产厂家自行抽样、送检的委托检验报告无效。

7.1.3 加固施工前，应对原结构、构件进行清理、修整和支护；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。

7.1.4 高延性混凝土抗压加固砌体结构时，同条件养护的高延性混凝土试件立方体抗压强度达到 50N/mm^2 时，方可恢复或按设计要求增加楼、屋面荷载。

7.1.5 高延性混凝土加固砌体结构工程的施工现场质量管理，应有相应的施工技术标准、健全的质量管理体系、施工质量控制与质量检验制度以及综合评定施工质量水平的考核制度。

7.1.6 高延性混凝土加固砌体结构工程应按下列规定进行施工质

量控制:

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程规定的抽样数量进行见证抽样复验;

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程及企业的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。

7.1.7 原结构的清理、修整和支护主要包括下列内容:

- 1 拆迁原结构上影响施工的管道和线路以及其他障碍;
- 2 卸除原结构上的荷载(当设计文件有规定时);
- 3 修整原结构、构件加固部位;
- 4 搭设安全支撑及工作平台。

7.1.8 修整原结构、构件加固部位时,应符合下列要求:

1 应清除原构件表面的尘土、浮浆、污垢、油渍、原有涂装、抹灰层或其他饰面层;对砌体构件,尚应剔除其勾缝砂浆及已松动、粉化的砌筑砂浆层,必要时,还应对残损部分进行局部拆砌。当工程量不大时,可采用人工清理;当工程量很大或对界

面处理的均匀性要求很高时，宜采用高压水射流进行清理。高压水射流的作业应符合《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550 的有关规定。

2 应采用相容性良好的裂缝修补材料对原构件的裂缝进行修补；若原构件表面处于潮湿或渗水状态，修补前应先进行疏水、止水和干燥处理。

7.1.9 在现场核对原结构构造及清理原结构过程中，若发现该结构整体牢固性不良或原有的支撑、连接系统有缺损时，应及时向业主(或监理单位)和加固设计单位报告。在设计单位未采取补救措施前，不得按现有加固方案进行施工。

7.1.10 建筑结构加固施工的全过程，应有采取以下安全措施：

1 加固工程搭设的安全支护体系和工作平台，应定时进行安全检查并确认其牢固性；

2 加固施工前，应熟悉周边情况，了解加固构件受力和传力路径的可能变化。对结构构件的变形、裂缝情况应设专人进行检测，并做好观测记录备查；

3 在加固过程中，若发现结构、构件突然发生变形增大、裂缝扩展或条数增多等异常情况，应立即停工，支顶并及时向安全管理单位或安全负责人发出书面通知；

4 对危险构件、受力大的构件进行加固时，应有切实可行的安全监控措施，并应得到监理总工程师的批准；

5 当施工现场周边环境有影响施工人员健康的粉尘、噪声、有害气体时，应采取有效的防护措施；当使用化学浆液(如胶液和注浆料等)时，尚应保持施工现场通风良好；

6 化学材料及其产品应存放在远离火源的储藏室内，并应

密封存放；

7 工作场地严禁烟火，并必须配备消防器材；现场若需动火应事先申请，经批准后按规定用火。

7.1.11 当结构加固需搭设模板、支架和支撑时，应根据结构的种类，分别按现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《砌体工程施工质量验收规范》GB 50203 的规定执行。

7.2 施工准备

7.2.1 加固施工使用的机具应满足施工需要，且性能应稳定可靠。

7.2.2 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安全防护用品。

7.2.3 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。

7.2.4 抗压加固时应卸除构件活荷载，必要时应设置临时支撑。

7.2.5 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。

7.2.6 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。

7.3 季节性施工

7.3.1 高延性混凝土施工时环境温度不宜低于 5℃，且不宜进行

冬期室外施工。

7.3.2 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。冬期施工应制定有针对性的施工方案，并对相关人员进行施工培训。

7.3.3 冬期室内施工时，应监测室内温度，且不宜浇水养护。

7.3.4 高延性混凝土冬期施工时，应适当缩短高延性混凝土凝结时间，但应经试配确定。高延性混凝土拌合物的储存容器应采取保温措施。

7.3.5 雨天不宜进行外墙高延性混凝土施工，如施工时，应采取防雨措施，且高延性混凝土凝结前不应受雨淋。

7.3.6 在高温、多风、空气干燥的季节进行室内高延性混凝土施工时，宜对门窗进行封闭。

7.3.7 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应控制好各层压抹的间隔时间。

7.3.8 夏季气温高于 30℃时，外墙高延性混凝土面层应采取措施遮阳，并应加强养护。

8 质量验收

8.1 一般规定

8.1.1 本章适用于高延性混凝土加固城镇砌体房屋和农村三层及三层以上砌体房屋的材料性能和施工质量检验。

8.1.2 加固砌体结构的高延性混凝土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，尚应按本规程第 8.2.1 条和第 8.2.2 条规定留置标准养护试件和同条件养护试件。

8.1.3 高延性混凝土加固砌体结构工程检验批的质量检验，应按现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 的抽样原则及本规程所规定的抽样方案执行。

8.1.4 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，均须进行现场见证取样检测或结构构件实体见证检验。任何未经见证的此类项目，其检测或检验报告，不得作为施工质量验收依据。

8.1.5 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，其抽检的合格点率不应低于本规程的有关规定，其不应低于 85%，一般项目的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。

8.1.6 高延性混凝土加固砌体工程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。

8.1.7 高延性混凝土加固砌体工程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，其质量均符合《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550 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完整。

8.1.8 高延性混凝土加固砌体工程检验批、分项工程、子分部工程和分部工程的质量验收，应按《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300-2013 附录 E、F、G 的格式填写质量验收记录。

8.1.9 高延性混凝土材料检验应按检验批进行。进场检验按同一厂家、同一生产批次、同一进场时间每 100t（成品干混料和纤维）为一个检验批，不足 100t 也按一个检验批计。最终材料性能检验和施工质量检验，应以加固的 50 个自然间（大面积房间和走廊按 30m² 为一间）为一个检验批，不足 50 间的也划分为一个检验批。

8.1.10 测试高延性混凝土力学性能的试件，其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》GB/T 50081 的有关规定，养护龄期均为 60d；高延性混凝土试件的标准尺寸及力学性能测定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》GB/T 50081 的有关规定测定立方体抗压强度，标准试件尺寸为 100mm×100mm×100mm，且不再进行尺寸换算系数折减；

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;

3 按本标准附录 A 的方法测定高延性混凝土的等效弯曲强度和等效弯曲韧性,标准试件尺寸为 40mm×40mm×160mm。

8.1.11 高延性混凝土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 高延性混凝土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,应按照国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的有关规定留置高延性混凝土材料同条件养护试件,每一批次留置的同条件养护试件的数量不少于标准养护试件的留置数量。

8.1.12 高延性混凝土的主要力学性能试验结果评定方法应符合下列规定:

1 高延性混凝土的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 高延性混凝土的抗折强度代表值的计算应符合《水泥胶砂强度检验方法(ISO 法)》GB/T 17671 的有关规定;

3 高延性混凝土的立方体抗压强度标准值的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。

8.1.13 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 的有关规定进行试件制作、养护及性能测试,养护龄期均为 28d。并按现行行业标准《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T 193 的有关规定进行

等级评定，评定结果应符合本规程第 4.2.4 条的规定。

8.1.14 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。

8.2 主控项目

8.2.1 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混凝土修补，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，应逐个予以修补，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。

8.2.2 高延性混凝土材料进场检验应符合下列规定：

1 进场的高延性混凝土材料应该包括成品干混料和纤维，进场时应查验和收存使用说明书、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等质量证明文件。全项检验报告应包含本标准第 4.2.3 条和 4.2.4 条规定的所有力学性能和耐久性能检验项目，且检验结果应满足本标准的相关规定；

2 高延性混凝土材料进场后应见证抽样复检其主要力学性能，检验合格后方可用于施工；

3 进场复检的检验和评定方法应符合本标准附录 B 的有关规定。

检查数量：按进场批次和本标准第 8.1.11 条规定的抽样数量确定；

检验方法：检查质量证明文件和抽样检验报告。

8.2.3 高延性混凝土材料最终力学性能检验应按本标准 8.1.10 条的规定，测试试件标准养护 60d 龄期的力学性能。最终力学性能测试结果应满足本标准表 4.2.3 的指标要求，同时应满足设计要求。

检查数量：按本标准第 8.1.11 条规定的试件留置数量，在施工现场随机抽样留置试件；

检验方法：检查标准养护试件的检验报告。

8.2.4 当设计需要设置钢筋网或拉结筋时，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 对钢筋网安装的有关规定。

检查数量：全数检查；

检验方法：核查隐蔽验收记录等。

8.2.5 高延性混凝土拌合物应具有良好的和易性，且不得离析、泌水，纤维不聚团且分散均匀，使用过程中不得受冻，并应满足设计和施工要求。

检查数量：每工作班检查 2 次；

检验方法：观察、检查施工记录。

8.2.6 高延性混凝土的拌制配比应与产品使用说明相符合。

检查数量：每工作班检查 2 次；

检验方法：检查施工记录和计量器具。

8.2.7 压抹高延性混凝土面层前，应提前对构件表面反复浇水润湿，并待构件表面湿润无明显水后再进行面层施工。

检查数量：全数检查；

检验方法：观察、检查施工记录。

8.3 一般项目

8.3.1 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，宜按以下投料顺序进行搅拌：先加入水，在搅拌过程中加入干混料（骨料、水泥、矿物掺合料等）；待拌合物搅拌均匀后加入纤维继续搅拌不宜少于 5min，待纤维分散均匀、手摸无聚团后停止搅拌。

检查数量：全数检查；

检验方法：现场观察。

8.3.2 用于砌体结构加固的高延性混凝土材料，其拌合物的稠度宜为 28mm~33mm；高延性混凝土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 的相关规定。

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。

8.3.3 高延性混凝土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混凝土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。

8.3.4 高延性混凝土面层或配筋高延性混凝土面层施工完成后，应在高延性混凝土终凝后及时对其进行保湿养护，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，高延性混凝土的养护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。

检查数量：全数检查；

检验方法：观察、检查施工记录。

8.3.5 高延性混凝土面层或配筋高延性混凝土面层，其压抹的外观质量不应有严重缺陷，不宜有一般缺陷。对硬化后高延性混凝土面层或配筋高延性混凝土面层的缺陷应按表 8.3.5 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 8.3.5 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 | 钢筋网或拉结筋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 | 高延性混凝土材料失效，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 |

8.3.6 砌体构件外加的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。

8.3.7 高延性混凝土面层或配筋高延性混凝土面层的厚度检测，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%。

注：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。

8.3.8 采用配筋高延性混凝土面层加固砌体结构时，应对钢筋的保护层厚度进行检测，可采用局部凿开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。

注：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5%，且不少于5处；

检验方法：局部凿开后用钢尺测量，或采用非破损探测方法检测。

8.3.9 采用配筋高延性混凝土面层加固砌体结构时，植筋或锚栓拉结钢筋的施工质量验收，应在相应工序施工完毕后，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对植筋工程和锚栓工程的规定、以及隐蔽工程的验收要求提前进行施工质量检验。

8.3.10 在满足加固面层厚度要求的前提下,宜对加固墙体等板类构件的高延性混凝土面层或配筋高延性混凝土面层表面平整度进行检测,按检测的允许偏差为 $\pm 8\text{mm}$ 进行合格判定,抽样合格率不宜小于 85%。

检查数量:每一检验批抽取 5%,且不少于 5 处;

检验方法:用 2m 靠尺及楔形塞尺检查。

8.4 高延性混凝土加固砌体工程竣工验收

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人员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 各子分部工程竣工验收完成后,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 高延性混凝土加固砌体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英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 高延性混凝土加固砌体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 高延性混凝土加固砌体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。

9 农村砌体房屋加固

9.1 一般规定

9.1.1 本章适用于农村地区一、二层砌体结构房屋的构造加固。

9.1.2 应综合考虑安全性、经济性、可实施性制定农村砌体房屋的加固方案，加固施工应减少对农户生产、生活的影响。

9.1.3 农村砌体房屋构造加固时，Ⅰ类和Ⅱ类高延性混凝土适用于高延性混凝土条带加固；Ⅲ类高延性混凝土适用于高延性混凝土面层加固。

9.2 基本要求

9.2.1 当基础无腐蚀、酥碱、松散和剥落，上部结构无不均匀沉降裂缝和倾斜，或虽有裂缝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；当地基基础沉降和上部结构开裂仍在发展时，应先对地基基础进行加固，再进行上部结构加固处理。

9.2.2 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。

9.2.3 高延性混凝土加固砌体结构房屋，首先应对局部出现危险点的墙体以及砌体柱、过梁等构件进行加固处理。对本标准未涉及的构件加固内容，应按国家现行有关标准的规定进行处理。

9.2.4 采用农村砌体房屋加固时，宜采用单面外侧加固，当砌体结构构件砌筑质量很差时，宜采用双面加固。

9.3 加固方法

9.3.1 采用高延性混凝土条带加固农村砌体房屋，应同时设置竖向和水平条带。高延性混凝土施工时，墙体拐角处及水平和竖向条带相交处应连续压抹，严禁在这些部位留施工冷缝。

9.3.2 根据抗震设防烈度不同，高延性混凝土加固农村砌体房屋的条带最小宽度和最小厚度可按表 9.3.2 取值。

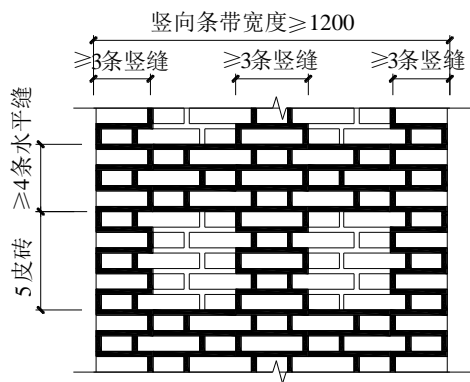
表 9.3.2 高延性混凝土条带最小厚度和最小宽度

| 设防烈度 | | 6 度 | 7 度 | 8 度 |
|--------------------|---|--------|--------|--------|
| 条带厚度 单面（双面）（mm） | | 10（10） | 15（10） | 15（10） |
| 竖向条带宽度（mm） | a | 600 | 1000 | 1500 |
| | b | 600 | 800 | 1200 |
| 水平及墙顶条带宽度（mm） | c | 600 | 800 | 1000 |

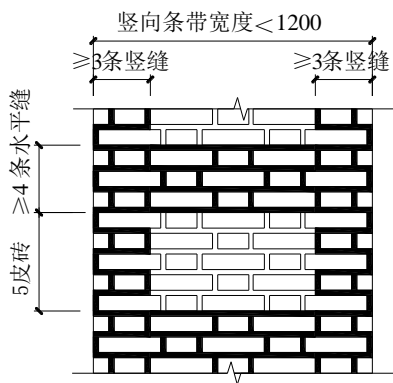
注：1 a 表示外墙拐角处高延性混凝土竖向条带宽度；b 表示外墙中部或内墙高延性混凝土竖向条带宽度；c 表示楼（屋）盖处或墙顶高延性混凝土条带宽度；

2 括号中数值表示双面加固时的高延性混凝土条带单侧厚度。

9.3.3 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。砖砌体墙的高延性混凝土竖向条带和水平条带嵌缝可分别参照图 9.3.3-1、9.3.3-2 进行处理，施工条件允许时也可全部采取嵌缝处理；砌块砌体墙的高延性混凝土条带加固部位对应的墙面宜全部采取嵌缝处理。



(a) 条带宽度不小于 1200mm



(b) 条带宽度小于 1200mm

图 9.3.3-1 高延性混凝土竖向条带加固墙面嵌缝示意图

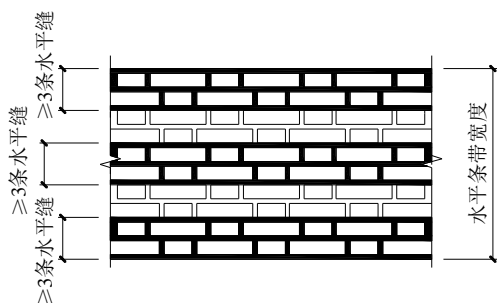


图 9.3.3-2 高延性混凝土水平条带加固墙面嵌缝示意图

9.3.4 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、窗间墙以及一字型外墙端部均宜设置高延性混凝土竖向条带（图 9.3.4-1）；

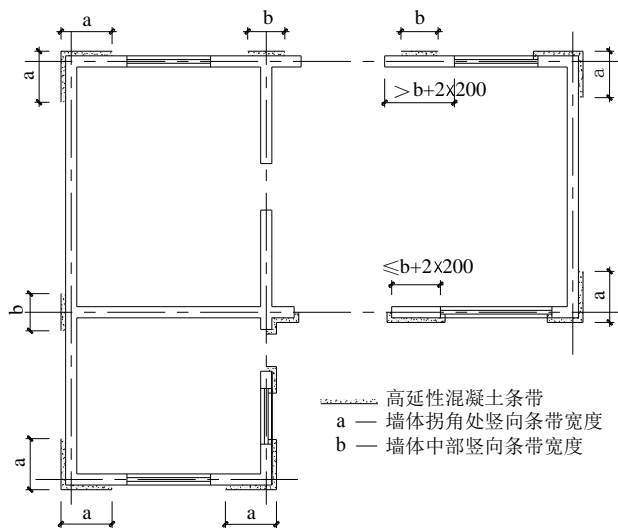


图 9.3.4-1 高延性混凝土竖向条带设置平面示意图

2 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 9.3.4-2）；

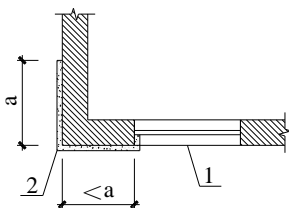


图 9.3.4-2 外墙阳角 2 距洞口边距离小于 a 时竖向条带布置示意图

1—门窗洞口；2—高延性混凝土竖向条带

3 高延性混凝土竖向条带边缘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缘，并将高延性混凝土包至门（窗）框边（图 9.3.4-3）；

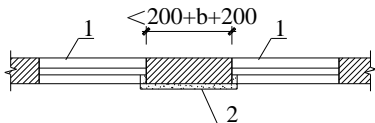


图 9.3.4-3 窗间墙加固平面示意图

1—门窗洞口；2—高延性混凝土竖向条带

4 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 9.3.4-4）；

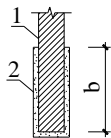


图 9.3.4-4 一字墙端部加固平面示意图

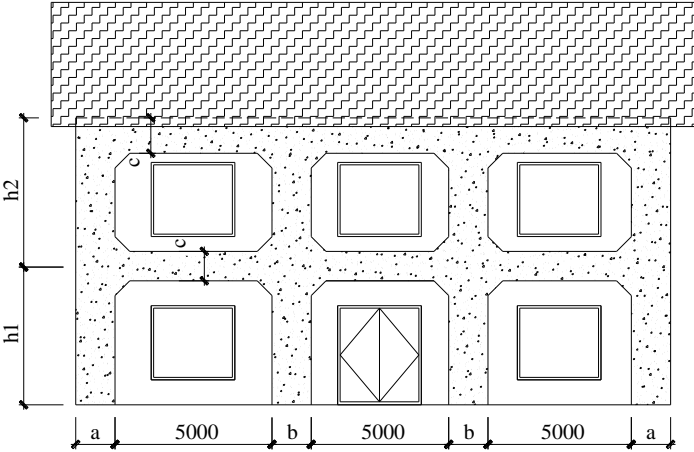
1—原墙体；2—高延性混凝土竖向条带

5 加固砖砌体及砌块砌体结构的竖向条带净间距不应大于 5.0m，当竖向条带净间距不满足时，应增加竖向条带宽度或数量；

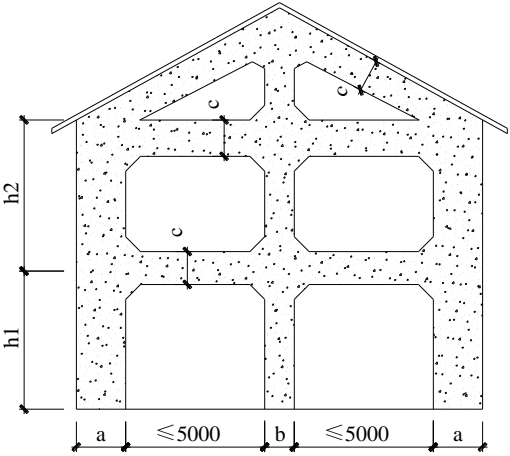
9.3.5 高延性混凝土水平条带设置应符合下列规定：

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 9.3.5-1、图 9.3.5-2），且高延性混凝土水平条带宜闭合；



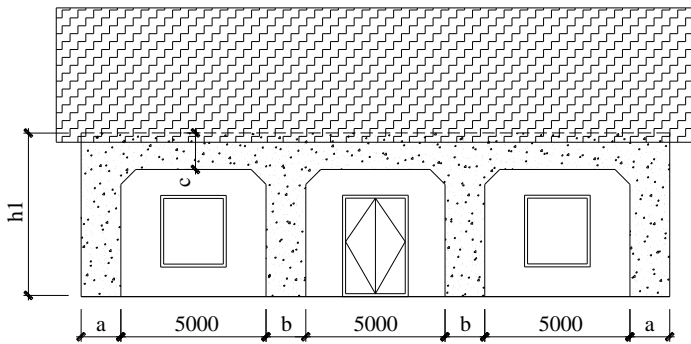
(a) 正立面



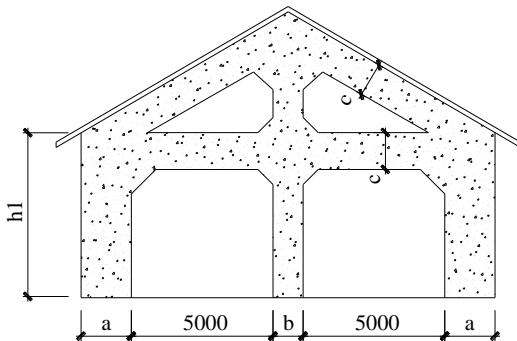
(b) 侧立面

图 9.3.5-1 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 9.3.5-2 单层房屋加固条带立面示意图

h_1 ——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遇门（窗）洞口时，应将高延性混凝土延伸至门（窗）框边；当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缘，并将高延性混凝土条带包至门（窗）框边（图 9.3.5-3）；

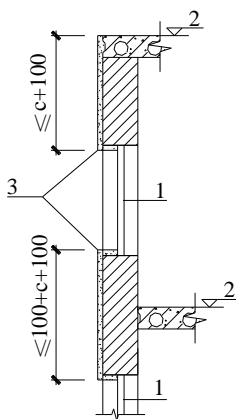


图 9.3.5-3 水平条带在门窗洞口边缘的加固示意图

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 9.3.2 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 9.3.2 取值；

6 墙体根部长处于潮湿环境时，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。

9.3.6 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 9.3.6）。

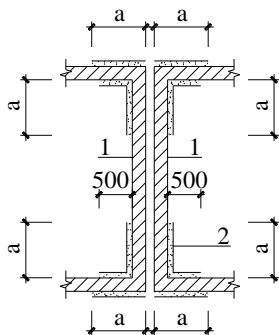


图 9.3.6 相邻建筑物的端山墙加固平面示意图

1—原墙体；2—高延性混凝土竖向条带

9.3.7 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（图 9.3.7），当相交部位位于门（窗）洞口角部时，应将竖向及水平条带延伸至门（窗）框边。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。

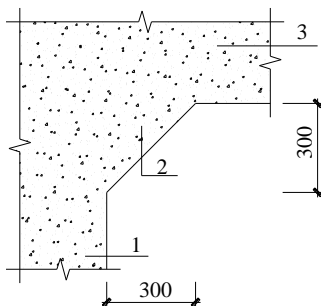


图 9.3.7 高延性混凝土条带相交处加腋示意图

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

9.3.8 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 9.3.2 取值。

9.4 施 工

9.4.1 高延性混凝土加固农村房屋施工工序应符合下列规定：清除原墙面装饰和抹灰层→剔凿水平灰缝和竖向灰缝→清理墙面浮灰→修补裂缝→浇水润湿墙面→高延性混凝土施工→保湿养护。

9.4.2 加固施工前，应对原结构、构件进行清理、修整和支护；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。

9.4.3 高延性混凝土加固农村砌体房屋应按下列规定进行施工质量控制：

- 1 结构加固设计方应按施工图，向施工方进行技术交底；
- 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程规定的抽样数量进行见证抽样复验；
- 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程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。

9.4.4 原结构的清理、修整和支护应符合本规程第 7.1.7 条、7.1.8

条和 7.1.9 条的规定。

9.4.5 农村房屋加固施工的全过程，应按本规程第 7.1.10 条的规定采取相应的安全措施。

9.4.6 高延性混凝土加固农村房屋的施工准备应符合本规程第 7.2 节的规定。

9.4.7 高延性混凝土加固农村房屋的季节性施工应符合本规程第 7.3 节的规定。

9.5 质量验收

9.5.1 加固农村砌体结构房屋的高延性混凝土材料应进行进场检验，进场检验合格后方可用于施工。

9.5.2 高延性混凝土材料性能检验方法按本规程第 8 章的有关规定执行，材料进场检验按同一厂家、同一生产批次、同一进场时间每 100t（成品干混料和纤维）为一个检验批，不足 100t 也按一个检验批计。最终材料性能检验，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。

9.5.2 农村房屋加固采用的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。

9.5.3 高延性混凝土加固农村房屋的施工质量检验应按检验批进行，每栋房屋划分为一个检验批。

（I）主控项目

9.5.4 原砌体构件表面处理应符合本规程第 8.2.1 条规定。

9.5.5 高延性混凝土材料进场检验及最终力学性能检验应符合本规程第 8.2.2、8.2.3 条规定。

9.5.6 高延性混凝土拌合物的拌制应符合本规程第 8.2.5、8.2.6 条规定。

9.5.7 压抹高延性混凝土条带或面层前，应提前对加固部位原构件表面反复浇水润湿，并待构件表面湿润无明水后再进行施工。

检查数量：全数检查；

检验方法：观察、检查施工记录。

9.5.8 高延性混凝土水平条带与竖向条带相交处应设置高延性混凝土加腋，在加腋部位、水平条带和竖向条带相交处以及墙体阳角处应连续抹压，严禁在该部位留置施工冷缝。

检查数量：全数检查；

检验方法：观查检查；核查施工记录。

(II) 一般项目

9.5.9 高延性混凝土搅拌及拌合物稠度要求应符合本规程第 8.3.1、8.3.2 条规定。

9.5.10 加固部位的砌体墙面采用高延性混凝土进行嵌缝处理时，嵌缝的长度、深度、位置应符合设计要求，且嵌缝深度不应小于 10mm，并应进行隐蔽工程验收。

检查数量：全数检查；

检验方法：观察检查；钢尺测量；检查隐蔽工程验收记录。

9.5.11 高延性混凝土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混凝土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。

9.5.12 高延性混凝土条带或面层的养护应符合本规程第 8.3.4 条规定。

9.5.13 高延性混凝土条带或面层压抹的外观质量不应有严重缺陷,不宜有一般缺陷。对硬化后高延性混凝土面层或配筋高延性混凝土面层的缺陷应按表 8.3.5 进行检查和评定。对已出现的问题应由施工方提出处理方案,经业主(监理方)和设计方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。

9.5.14 农村砌体房屋加固的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。按探查结果确定的有效粘结面积与总粘结面积之比的百分率不小于 85% 进行合格判定。

检查数量: 每一检验批抽取 5%,且不少于 3 处;

检验方法: 用小锤轻击或其他探测方法查空鼓。

9.5.15 高延性混凝土条带或面层的厚度检测,可采用局部凿开法或从条带边沿测量,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%。

注: 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 3 处;

检验方法：局部凿开后用钢尺测量。

9.5.16 高延性混凝土加固砌体结构农村房屋竖向条带和水平条带的间距、宽度及表面平整度的允许偏差值应符合表 9.5.16 的要求，其抽样检验合格率不应小于 80%。

检查数量：每一检验批抽取 5%，且不少于 3 处。

表 9.5.16 竖向条带和水平条带的允许偏差和检验方法

| 项次 | 项目 | 允许偏差(mm) | 检验方法 |
|----|-------|----------|----------------|
| 1 | 条带间距 | ±5.0 | 用钢卷尺检查 |
| 2 | 条带宽度 | ±5.0 | 用钢卷尺检查 |
| 3 | 表面平整度 | 8.0 | 用 2m 靠尺及楔形塞尺检查 |

附录 A 高延性混凝土弯曲韧性试验方法

A.0.1 本试验方法适用于高延性混凝土等效弯曲强度和等效弯曲韧性的测定。

A.0.2 试验装置（图 A.0.2）应符合下列规定：

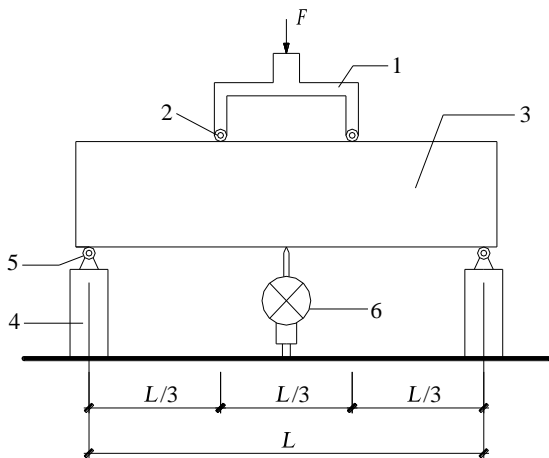


图 A.0.2 抗弯试验加载装置

1—加载分配梁；2—分配梁辊轴；3—试件；4—支座；

5—支座辊轴；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，示值相对误差不大于 1.0%，试验时的最大荷载宜在量程的 80% 以内；

2 分配梁中点为加载点，在试件标距三分点处设有两个加压辊轴，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 10mm~12mm，支座长度比试件宽度长 10mm；

4 挠度测量装置应符合图 A.0.2 的要求，并应包括固定测量挠度仪表的支座；挠度测试系统包括电阻位移计或者 LVDT 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；

5 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；

6 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；

7 其他：钢直尺、游标卡尺、直角规等。

A.0.3 试件成型及养护方法参照现行国家标准《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081 的有关规定。每组试验至少应制备 3 个试件。

A.0.4 试件尺寸为 40mm×40mm×160mm，试验跨度取 $L=150\text{mm}$ 。

A.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，不得有明显缺损，在跨中 $L/3$ 的纯弯段内不得有直径大于 5mm、深度大于 2mm 的表面缺陷；

2 将试件成型时的浇筑面作为承荷面，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 $\pm 1\text{mm}$ ；

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作空载调试，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 0.2mm/min；

7 绘制荷载-挠度曲线。

若试件在受拉面跨度三分点以外断裂，则该试件试验结果无效。

A.0.6 试件的等效弯曲强度 f_{eq}^u 按下式计算（图 A.0.6）：

$$f_{eq}^u = \frac{\Omega_u L}{bh^2 \delta_u} \quad (\text{A.0.6})$$

式中： f_{eq}^u ——等效弯曲强度（N/mm²），精确至 0.1 N/mm²；

Ω_u ——跨中挠度为 δ_u 时荷载-挠度曲线下的面积（N·mm）；

δ_u ——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）。

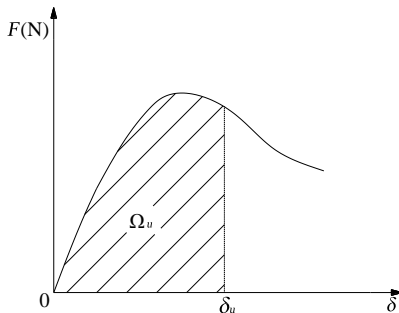


图 A.0.6 等效弯曲强度计算

A.0.7 试件的等效弯曲韧性按下式计算:

$$w_c^u = \frac{\Omega_u}{bh^2} \times 10^3 \quad (\text{A.0.7})$$

式中: w_c^u ——等效弯曲韧性 (kJ/m^3), 精确至 0.1kJ/m^3 。

附录 B 高延性混凝土力学性能快速检验方法

B.0.1 本方法适用于高延性混凝土材料进场检验时的力学性能快速检验。

B.0.2 可程式恒温恒湿试验箱应符合下列规定：

1 可调节温度范围不小于 $0^{\circ}\text{C}\sim 80^{\circ}\text{C}$ ，温度均匀度为 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ，温度波动度为 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ；

2 湿度范围不小于 $20\%\sim 98\%\text{R.H}$ ，湿度均匀度为 $\pm 2\%\text{R.H}$ ，湿度波动度为 $\pm 1\%\text{R.H}$ 。

B.0.3 试验测试应按下列步骤进行：

1 高延性混凝土力学性能的快速检验对应的可程式恒温恒湿试验箱运行程序应符合图 B.0.3 的规定，相对湿度应保持在 95% 以上；

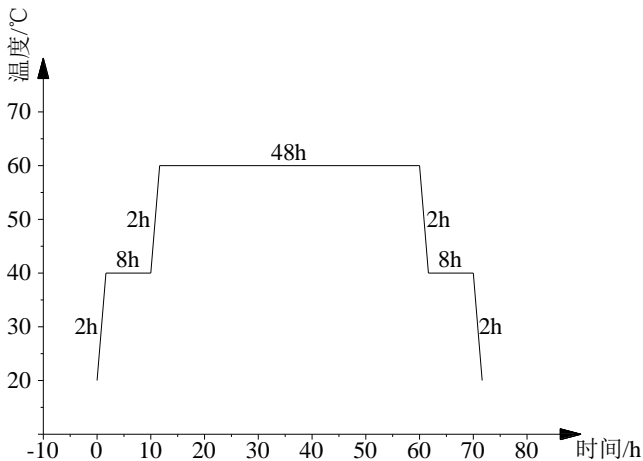


图 B.0.3 可程式恒温恒湿试验箱运行程序

2 高延性混凝土力学性能快速检验的试件尺寸及制作方法应符合本规程 8.2.2 条的相关规定，每批次制作 3 组试件；

3 试件制作成型 24h 后拆模，检查外观，不得有明显缺损。试件拆模后置于可程式恒温恒湿试验箱中，上下错位放置，按图 B.0.3 的运行程序养护 72h 后取出，放置室温后再按本规程 8.1.10 条的相关规定进行力学性能测试。

B.0.4 快速检验的高延性混凝土力学性能测试结果应符合表 B.0.4 的要求。

表 B.0.4 高延性混凝土快速养护力学性能指标

| 力学性能指标类别 | 快速检验性能指标 | | |
|-----------------------------|--------------|--------------|-------------|
| | I 类 | II 类 | III 类 |
| 等效弯曲韧性 (kJ/m^3) | ≥ 170.0 | ≥ 130.0 | ≥ 90.0 |
| 等效弯曲强度 (N/mm^2) | ≥ 11.0 | ≥ 10.0 | ≥ 9.0 |
| 抗折强度 (N/mm^2) | ≥ 11.0 | | |
| 立方体抗压强度 (N/mm^2) | ≥ 45.0 | | |

注：表中性能指标除立方体抗压强度为标准值外，其他性能指标均指代表值。

附录 C 农村房屋加固工程施工质量验收记录表

C.0.1 农村砌体房屋加固工程施工质量验收可按表 C.0.1 记录。

表 C.0.1 农村砌体房屋加固工程施工质量验收记录表

| | | | | | |
|----------|---|----------------------|------------|------------------|--|
| 单位工程名称 | | | | | |
| 分部工程名称 | | | | | |
| 施工单位 | | | | 项目经理 | |
| 质量验收项目 | | 质量要求 | | 施工单位 检测评定记录 | |
| | | | | 监理（建设） 单位验收记录 | |
| 主控 项目 | 1 | 材料品种 | 符合设计要求 | | |
| | 2 | 高延性混凝土进场检验 | 符合本规程及设计要求 | | |
| | 3 | 高延性混凝土最终力学性能 | 符合本规程及设计要求 | | |
| | 4 | 基层处理 | 符合本规程及设计要求 | | |
| | 5 | 条带或面层外观质量（严重缺陷） | 符合本规程及设计要求 | | |
| | 6 | 高延性混凝土条带或面层空鼓率 | 符合本规程要求 | | |
| | 7 | 高延性混凝土条带或面层厚度 | 符合设计要求 | | |
| | 8 | 高延性混凝土加固部位、范围、以及构造做法 | 符合本规程及设计要求 | | |
| 一般 项目 | 1 | 嵌缝 | 符合本规程及设计要求 | | |
| | 2 | 条带或面层外观质量（一般缺陷） | 符合设计要求 | | |
| | 3 | 高延性混凝土条带或面层表面平整度 | 符合本规程及设计要求 | | |

续表 C.0.1

| | | | | | |
|---------------|--|-----------|------------|-------|-----|
| | 4 | 高延性混凝土养护 | 符合本规程及设计要求 | | |
| 施工单位 | | 专业工长（施工员） | | 施工班组长 | |
| 检测评定 | <input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格 | | | | |
| 结果 | 项目专业质量检测员： | | | | 日期： |
| 监理（建 设）单位验 | <input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格 | | | | |
| 收结论 | 专业监理工程师 （建设单位项目专业技术负责人） | | | | 日期： |

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、规范执行时,写法为:“应按……执行”或“应符合……的规定(或要求)”。

引用标准名录

- 1 《砌体结构设计规范》GB 50003
- 2 《混凝土结构设计规范》GB 50010
- 3 《建筑抗震设计规范》GB 50011
- 4 《建筑设计防火规范》GB 50016
- 5 《建筑抗震鉴定标准》GB 50023
- 6 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204
- 7 《混凝土结构加固设计规范》GB 50367
- 8 《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550
- 9 《砌体结构加固设计规范》GB 50702
- 10 《工程结构加固材料安全性鉴定技术规范》GB 50728
- 11 《水泥取样方法》GB/T 12573
- 12 《水泥胶砂强度检验方法（ISO法）》GB/T 17671
- 13 《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081
- 14 《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082
- 15 《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107
- 16 《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB/T 50448
- 17 《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476
- 18 《建筑抗震加固技术规程》JGJ 116
- 19 《镇（乡）村建筑抗震技术规程》JGJ 161
- 20 《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T 193
- 21 《混凝土中氯离子含量检测技术规程》JGJ/T 322
- 22 《农村住房危险性鉴定标准》JGJ/T 363

河北省工程建设地方标准

高延性混凝土加固砌体结构技术标准

DB13(J)/T 8394-2020

条文说明

目 次

| | | |
|-----|----------------|----|
| 1 | 总 则 | 79 |
| 2 | 术语和符号 | 80 |
| 2.1 | 术 语 | 80 |
| 3 | 基本规定 | 81 |
| 4 | 材 料 | 83 |
| 4.1 | 一般规定 | 83 |
| 4.2 | 材料性能 | 83 |
| 4.3 | 计算指标 | 84 |
| 4.4 | 配合比设计 | 86 |
| 5 | 加固设计 | 88 |
| 5.1 | 一般规定 | 88 |
| 5.2 | 砌体抗压加固 | 88 |
| 5.3 | 砌体抗剪加固 | 90 |
| 5.4 | 砌体抗震加固 | 91 |
| 5.5 | 抗震能力计算 | 91 |
| 6 | 构造规定 | 92 |
| 6.1 | 一般规定 | 92 |
| 6.2 | 抗压加固 | 92 |
| 6.3 | 抗剪和抗震加固 | 92 |
| 6.4 | 抗震构造措施 | 93 |
| 6.5 | 砌体构件局部加固 | 93 |
| 7 | 施 工 | 94 |

| | | |
|------|----------------|-----|
| 7.1 | 一般规定 | 94 |
| 7.2 | 施工准备 | 94 |
| 7.3 | 季节性施工 | 95 |
| 8 | 质量验收 | 96 |
| 8.1 | 一般规定 | 96 |
| 8.2 | 主控项目 | 97 |
| 8.3 | 一般项目 | 98 |
| 9 | 农村砌体房屋加固 | 99 |
| 9.1 | 一般规定 | 99 |
| 9.2 | 基本要求 | 99 |
| 9.3 | 农村砌体房屋整体性加固 | 100 |
| 9.5 | 质量验收 | 101 |
| 附录 A | 高延性混凝土弯曲韧性试验方法 | 102 |

1 总 则

1.0.2 本条明确了本规程的适用范围，对于城镇砌体房屋和农村三层及三层以上砌体房屋采用常规加固，按照本规程第5~8章的有关规定进行设计计算、施工及验收；对于农村一、二层砌体房屋采用构造加固，按本规程第9章的具体规定进行加固。两种加固的设防目标有所区别。

1.0.3 这两条主要是对本规程在实施过程中与其他相关标准配套使用的关系作出规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 高延性混凝土（high ductile concrete，简称 HDC），是一种具有高韧性、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 1）。本规程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短纤维作为增韧材料。

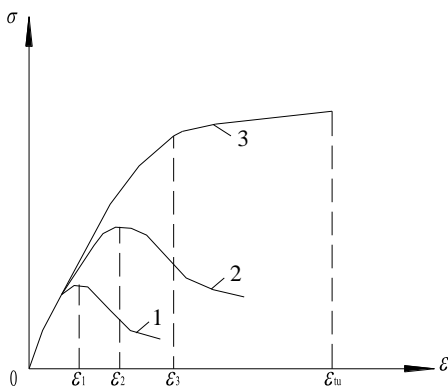


图 1 高延性混凝土单轴拉伸曲线比较

1—普通混凝土；2—纤维混凝土；3—高延性混凝土

3 基本规定

3.0.1 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，应通过检测鉴定评定其安全性是否仍满足要求，当有问题时应采取相应的加固或修复处理措施。

3.0.2 本条规定砌体房屋加固前对其安全、抗震性能进行鉴定评估，评估的结果是进行加固设计的一个重要依据，根据评估结果可以确定房屋目前存在哪些和安全、抗震有关的问题，这样在处理的时候才能更有针对性的确定加固处理方案。

3.0.3 本条进一步明确了农村一、二层砌体房屋的加固和其他砌体房屋加固的不同之处，除了其采用构造加固之外，其加固后的抗震设防目标也不同于常规砌体结构的加固，本条主要是参照《镇（乡）村建筑抗震技术规程》JGJ 161 的有关规定执行，此设防目标不同于“小震不坏、中震可修、大震不倒”的抗震设防三水准

目标，而是要求“小震不坏、中震主体结构不致严重破坏”，这主要是综合考虑了农房建设的各方面因素影响，满足了农村砌体房屋抗震加固的经济合理、简单易行、有效的原则，在可接受的造价范围内较大程度的提高了农村砌体房屋的抗震能力。

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使用年限作为加固后的安全等级使用年限，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，故必须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。

4 材 料

4.1 一般规定

4.1.2 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比，不得随意添加任何其他材料，由于水量的多少对高延性混凝土材料性能影响尤为严重，因此要严格控制用水量。

4.2 材料性能

4.2.1 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。

4.2.2 控制高延性混凝土拌合物的稠度，可以更好地保证其施工操作的方便，同时合适的稠度更有利于压抹施工的密实程度和施工质量。

4.2.3 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。

配制高延性混凝土时，采用了大量的矿物掺合料取代水泥。因此高延性混凝土的早期强度增长较慢，但是超过 28d 以后的强度仍有较大幅度增长，因此，表中以 60d 龄期作为高延性混凝土

最终的力学性能评价标准。

随着混凝土的强度提高，其脆性增大，采用高延性混凝土能有效避免混凝土的脆性破坏，充分发挥其韧性和强度的优势，具有良好的经济效益。本规程规定高延性混凝土的立方体抗压强度不应小于 50 N/mm^2 ；但实际工程中对混凝土抗压强度要求较低时，考虑到经济性，也可以使用立方体抗压强度低于 50 N/mm^2 的高延性混凝土，但其力学性能指标应通过专门的试验确定以满足相应的设计要求。

4.2.4 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，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。

4.3 计算指标

4.3.1 配制高延性混凝土时，采用了大量的矿物掺合料取代水泥熟料。由于矿物掺合料的活性较低，使得高延性混凝土的早期强度增长较慢，当超过 28d 以后的强度仍有较大幅度增长。因此，本条规定高延性混凝土的立方体抗压强度标准值是指按标准方法制作养护边长为 100mm 的标准立方体试件，用标准试验方法在龄期 60d 测得的具有 95% 保证率的抗压强度值。高延性混凝土的强度等级应按立方体抗压强度标准值确定。

4.3.2 高延性混凝土的轴心抗压强度标准值 f_{dk} 可按下列公式计算：

$$f_{dk} = 0.88 \times \alpha_{d1} f_{du,k} \quad (1)$$

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；

α_{d1} —— 棱柱体抗压强度与立方体抗压强度的比值，可取 0.88；

$f_{du,k}$ —— 高延性混凝土立方体抗压强度标准值，C_d50 的高延性混凝土抗压强度标准值取 50N/mm²。

上式（1）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依据。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 α_{d1} 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，并参照现行国家标准《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 C_d50 高延性混凝土轴心抗压强度设计值 f_d 为 27.6N/mm²；

高延性混凝土的轴心抗拉强度明显高于普通混凝土，且基本都能达到同等级混凝土抗拉强度的 2 倍以上，本条根据大量试验数据，并结合现行国家标准《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 C_d50 高延性混凝土轴心抗拉强度设计值 f_{dt} 为 3.8 N/mm²。

4.3.3 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 E_d 相当于同等强度普通混凝土的 2/3 左右，本条给出 C_d50 高延性混凝土的弹性模量 $E_d=2.20\times 10^4$ N/mm²。当有可靠试验依据时，弹性模量可根据实测数据确定。

4.3.4 高延性混凝土纵向受压时，其横向变形受到纤维桥联应力的约束，使其横向变形减小。因此，高延性混凝土泊松比明显小于普通混凝土，由于泊松比与纤维掺量和材料韧性指标均有一定关系，本条强调在必要时可根据试验确定。

4.4 配合比设计

4.4.3 不同工程对高延性混凝土的力学性能要求差异较大，设计人员可根据不同工程的具体要求选用高延性混凝土的纤维体积率，且最终确定采用的纤维体积率应经过试验验证。

4.4.4 在控制最大水胶比条件下，表中水泥最小用量是满足高延性混凝土施工性能和掺加矿物掺合料后满足混凝土耐久性能的胶凝材料用量下限。

4.4.5 高延性混凝土水胶比变化对强度影响比普通混凝土敏感，因此在试配的强度试验中，三个不同配合比的水胶比间距为 0.05 比较合理。

4.4.6 因为高延性混凝土的强度稳定性和用于结构的重要性受到高度重视，所以对高延性混凝土配合比进行复验是必要的。

4.4.7 实验室配制的高延性混凝土抗压强度不仅应达到设计强度等级值，尚应满足 95% 的保证率要求。大量试验表明，高延性混凝土的离散性明显小于普通混凝土，公式中高延性混凝土抗压强度的标准差小于普通混凝土，宜通过试验确定；当无可靠试验依据时，可偏于安全取 $0.08 f_{du,k}$ (N/mm^2)。

4.4.8 高延性混凝土包括抗压强度、抗折强度两个强度指标，还包括等效弯曲强度和等效弯曲韧性两个韧性指标。配制高延性混凝土时，其抗压强度应满足本规程的要求；同时还应当符合设计要求。

5 加固设计

5.1 一般规定

5.1.1 高延性混凝土加固砌体结构及构件是通过面层的约束作用和优良的材料性能来达到加固目的，其设计计算原则与现行国家标准《砌体结构加固设计规范》GB 50702 的有关规定相一致，抗震加固时尚和现行行业标准《建筑抗震加固技术规程》JGJ 116 规定相匹配，这样在规程应用过程中保持了和其他相关标准、规范的协调统一。

5.1.2 因为高延性混凝土面层与砌体之间具有很好的共同工作能力，且经过试验验证，单面加固效果明显。对于建筑物外立面需要保留或某一面原有装饰面层难以清理时，可以在墙体另一面采用高延性混凝土单面加固，从而简化施工工序、降低加固成本，并减少了原有装饰面层清理过程中对原墙体的损伤。

5.1.3 对于空旷房屋、横墙较少房屋、层数或高度超限等一些对抗震或安全性有较高要求的砌体结构房屋，加固时应选用韧性指标较高的高延性混凝土材料。

5.2 砌体抗压加固

5.2.1、5.2.2 对受压构件加固，在满足构造要求情况下，外加高延性混凝土面层加固后的结构可看成砌体与高延性混凝土面层的组合砌体结构。因此，可利用《砌体结构设计规范》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结构轴

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（实际应力）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“实际应力”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 α_{d1} 。安全起见，无论单面双面，无初始荷载时 α_{d1} 均取为 0.3。

抗压加固时，考虑到加固结构中原砌体构件加固前已承受荷载，其应力水平一般都比较高的，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（第二次受力）才开始受力。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 α_{d2} ，则高延性混凝土强度利用系数 $\alpha_d = \alpha_{d1} \cdot \alpha_{d2}$ 。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 β_σ 。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 β_σ 与高延性混凝土强度利用系数 α_d 的关系，见图 2。

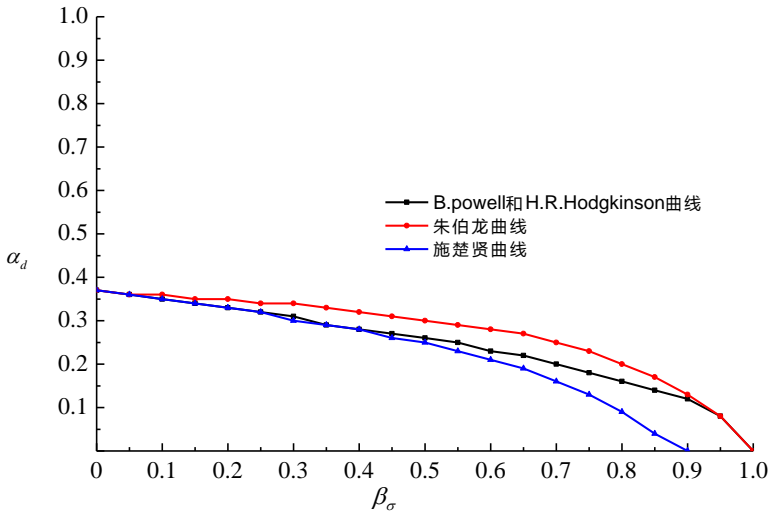


图2 砖砌体墙初始应力比 β_σ 与高延性混凝土强度利用系数 α_d 关系

由图可知，随着初始应力比 β_σ 的增大， α_d 逐渐减小。当初始应力比 β_σ 小于等于 0.7 时，曲线下降缓慢；当初始应力比 β_σ 大于 0.7 时， α_d 下降增快。当初始应力比 β_σ 等于 0.7 时， α_d 的二次受压折减系数 α_{d2} 在 0.43~0.67 之间。经综合考虑，取二次受压影响系数为 $\alpha_{d2}=0.5$ 。故取 $\alpha_d = \alpha_{d1} \cdot \alpha_{d2} = 0.3 \times 0.5 = 0.15$ 。

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。

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 V_d 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，与现行国家标准《砌体结构加固设计规范》GB 50702 中钢筋混凝土

面层加固砌体墙提高的受剪承载力计算公式的形式基本保持一致，部分参数取值根据试验结果有所调整。

5.4 砌体抗震加固

5.4.2 因为高延性混凝土面层与砌体墙具有很好的共同工作能力，且经过试验验证，单面加固效果明显。对于建筑物外立面需要保留或某一面原有装饰面层难以清理时，可以在墙体另一面采用高延性混凝土单面加固，从而简化施工和加固成本，并减少了原有装饰面层清理过程中对原墙体的损伤。

5.4.3 本公式参照现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003 取用。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。

5.5 抗震能力计算

5.5.1 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 ψ_1 和局部影响系数 ψ_2 。

5.5.3 为便于设计人员使用方便，本节按现行行业标准《建筑抗震加固技术规程》JGJ 116 的方法给出了高延性混凝土面层加固的基准增强系数和面层加固时墙体侧向刚度的基准提高系数，便于设计人员在设计计算时直接选用。

6 构造规定

6.1 一般规定

6.1.1 高延性混凝土加固砌体结构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。

6.1.3~6.1.5 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。

6.2 抗压加固

6.2.1 高延性混凝土抗压加固时，加固面层适当增加，且宜采用双面加固，当原砌筑砂浆强度很低或为偏心受压时，为保证加固的整体性，不应采用单面加固。

6.2.3 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。

6.3 抗剪和抗震加固

6.3.2 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 200mm 或伸至地圈梁顶面。

6.4 抗震构造措施

6.4.1、6.4.2 当砌体结构抗震构造措施不足，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。

6.5 砌体构件局部加固

6.5.1 墙体上出现的裂缝，应根据其开裂的严重程度采取不同的处理措施，裂缝不明显时可仅对裂缝进行灌缝等方法处理；开裂较严重时应配合高延性混凝土面层进行处理。

6.5.2 西安建筑科技大学研究表明，采用高延性混凝土加固后的砖砌体构件具有很强的整体性和抗弯能力，因此，在门窗洞口过梁损伤不明显的情况下仅采用高延性混凝土条带加固过梁即能起到很好的加固效果。对于已经出现明显损伤的砖过梁或钢筋砖过梁，可以在梁底部位增设钢筋，进一步提高过梁的抗弯能力。

7 施 工

7.1 一般规定

7.1.1 采用高延性混凝土加固砌体结构一般不需要配置钢筋，施工工序少，施工方法主要为人工压抹，施工方法简单。但高延性混凝土加固砌体结构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，保证高延性混凝土材料性能的可靠。

7.1.4 实际工程中，对于抗压加固的结构构件，当其上部竖向荷载需要恢复或按照设计要求要增加荷载时，应等到同条件养护的高延性混凝土试件达到设计强度后方可进行。若需要提前恢复或增加荷载，则应根据当时龄期的同条件养护试件的强度对结构进行复核计算，满足承载力要求时方可恢复或增加荷载。

7.2 施工准备

7.2.3 施工单位要认真熟悉图纸，参加相关单位组织的设计交底，并结合施工情况给出合理建议。加固专项施工方案很重要，在正式施工前，需针对该加固技术的特点和施工条件，认真做好专项施工方案的编制，并向有关人员进行安全质量技术交底。

7.2.6 为了确保不同的施工人员对高延性混凝土加固砌体结构施工技术施工操作认知的一致性，保证不同人员施工操作规范准确，宜在现场大面积施工之前制作施工样板，便于参照、比对和技术交底。

7.2.7 高延性混凝土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见证取样复验，复验合格后方可用于实际工程施工。

7.3 季节性施工

7.3.1~7.3.4 《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

8.1.2 高延性混凝土材料进场检验目的是为了初步确定材料是否满足设计及施工要求，为施工前的第一步检验；通过标准养护试件检验来评定材料最终的性能是否符合本规程规定及设计要求；通过同条件养护试件来评定现场已施工完的结构实体中高延性混凝土材料是否满足要求。

8.1.3 本条规定了检验批的抽样要求。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。

8.1.9 进场检验以成品干混料和纤维共 100t 为一个检验批，不足 100t 也按一个检验批计，且应该是同一厂家、同一生产批次。最终材料性能检验和施工质量检验，应该在施工过程中抽检，以 50 个自然间（大面积房间和走廊按 30m² 为一间）为一个抽检的检验批次，不足 50 户时仍按一个检验批计。

8.1.10 本条主要给出了高延性混凝土主要力学性能的试验方法及标准试件尺寸。大量试验研究表明，由于高延性混凝土基体内不含粗骨料，且材料匀质性较好，当采用不同尺寸的立方体试件进行抗压强度试验时，得到的尺寸效应换算系数很小，与普通混凝土的抗压强度随着试件尺寸增大而减小的特点有明显区别。因为其不含粗骨料且为便于现场制作试件，本条规定统一采用边长为 100mm 的立方体试件作为标准试件进行高延性混凝土的立方体抗压强度评定，不考虑尺寸换算系数折减。

8.2 主控项目

8.2.1 高延性混凝土加固砌体结构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。

8.2.2 本条给出了进场检验的一些具体规定，材料性能的进场复检采用快速检验方法（蒸汽养护），这样可以快速的确定高延性混凝土材料性能指标，提高进场复检效率，为进场使用提供必要的依据。

8.2.3 施工过程中，应根据检验批划分及抽样数量要求，在现场抽样留取试块进行标准养护测试高延性混凝土 60d 龄期的主要力学性能，以此来评判施工现场的材料最终性能是都满足要求。

8.2.4 高延性混凝土同条件养护试件的强度测试方法应按现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的有关规定执行，但由于高延性混凝土材料力学性能测试以标准养护 60d

的强度作为指标依据，因此同条件养护时的等效养护龄期规定为日平均温度逐日累计达到 $1200^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 时所对应的龄期，日平均温度为 0°C 以下的龄期不计入。等效养护龄期也可按同条件养护试件强度与在标准养护条件下 60d 龄期试件强度相等的原则由监理、施工等各方共同确定。

8.2.6 高延性混凝土的配制应注意调配拌合物的和易性，并使其不离析、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。

8.3 一般项目

8.3.1 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（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，搅拌机转速应适当调高。

8.3.2 控制高延性混凝土拌合物的稠度，可以更好地保证其施工操作的方便，同时合适的稠度更有利于压抹施工的密实程度和施工质量。

8.3.5~8.3.10 采用高延性混凝土加固砌体结构的施工质量验收，主要包括面层外观质量、高延性混凝土的粘结质量、面层厚度、钢筋保护层厚度、面层表面平整度等。同时，对于本规程没有具体规定的其他加固项目，尚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 及其他有关规范、标准的规定。

9 农村砌体房屋加固

9.1 一般规定

9.1.1 本条所指的加固主要为房屋上部砌体结构构件的整体性构造加固，对本章未涉及到的加固内容应参照国家和河北省现行相关标准的规定进行加固处理。

9.1.2 本条规定农房加固前对其安全、抗震性能进行评估，评估的结果是进行加固设计的一个重要依据，根据评估结果可以确定房屋目前存在哪些和安全、抗震有关的问题，这样在处理的时候才能更有针对性的确定加固处理方案。

9.1.3 高延性混凝土加固技术应用于农村砌体房屋加固时，可以很好地改善房屋上部结构的整体性能、提高结构的安全性，但对地基基础、木屋架等本规程未涉及到的加固内容，尚应符合国家及河北省现行有关标准的规定。

9.2 基本要求

9.2.1 房屋的加固，首先要保证地基基础的稳定和承载能力，在确保地基基础安全、稳定的前提下，再对上部结构进行加固处理。

9.2.2 在加固中应注重结构体系的完整性和统一性，7、8度时，对于竖向承重构件采用不同材料的混合承重结构体系，有条件时应予以替换，否则应在加固时着重加强房屋的整体性和构件之间的拉接。

9.2.4 农村砌体房屋的加固宜首先解决危险构件的安全问题，再

采取措施提高结构整体性。采用高延性混凝土对房屋进行加固处理时，首先对构件的损伤部位进行加固或修复处理，再采用高延性混凝土面层或条带对房屋进行整体性构造加固。

9.3 农村砌体房屋整体性加固

9.3.1 高延性混凝土竖向和水平条带同时设置可使墙体受到双向约束，增强墙体整体性，且将条带设置在墙体外侧，可以在不影响住户正常生活的前提下对房屋进行加固，避免了房屋内部家具搬运和施工阶段的过渡安置费用。在墙体拐角处及水平和竖向条带相交处留施工冷缝会严重削弱相邻条带之间的共同工作能力，降低整体性加固效果，施工时应严格禁止。

9.3.2 随着高延性混凝土条带厚度和宽度的增加，其加固效果也相应提高。本规程中，随着设防烈度的提高，高延性混凝土条带厚度和宽度也相应增加。对不同设防烈度规定不同的条带宽度和厚度，有利于节约成本。

9.3.3 加固前对墙面采用嵌缝处理，可以使高延性混凝土条带与墙体之间的粘结更可靠，提高加固层与原墙体的协同工作能力，取的更好的加固效果。

9.3.4 高延性混凝土竖向条带在遇到门窗洞口时，应将高延性混凝土包至洞口边缘，保证高延性混凝土在洞口边的锚固，同时可以提高竖向条带对洞口侧面墙体的约束作用。

一字墙端部由于缺少垂直方向墙体的约束作用，地震作用下端部容易产生平面外破坏，在采用高延性混凝土加固一字型墙体时，宜在墙体端部双面设置高延性混凝土竖向条带。

墙段长度较大时，应适当增加竖向条带数量来减小相邻竖向条带之间的距离，从而保证竖向条带对墙体的可靠约束。

9.3.5 外墙墙顶及楼（屋）盖处设置高延性混凝土水平条带，可以起到类似于圈梁的构造作用，水平条带闭合设置时才能更好地发挥整体性加固效果。

9.3.7 高延性混凝土水平条带与竖向条带相交部位需设置加腋，可有效减少条带交接部位的应力集中，防止拐角处高延性混凝土开裂。但在加腋部位施工时应严格控制、连续施工，严禁在此部位留施工冷缝。

9.3.8 墙体砌块及砌筑砂浆风化严重，或房屋砌筑砂浆饱满度很差、墙体块材及砌筑砂浆已出现明显松散脱落现象时，应该对整片墙体采用高延性混凝土面层进行加固，提高墙体整体性。外纵墙开洞率是指洞口水平截面积与墙面水平毛截面积之比，相邻洞口之间净宽小于 500mm 的墙段视为洞口。当开洞率大于 50%时，墙体整体性削弱较明显，此时应对整片墙体采用面层加固。

9.5 质量验收

9.5.15 本条中抹压面层的厚度不应小于设计要求是指面层厚度仅允许出现正偏差，不应出现负偏差。高延性混凝土面层或条带的厚度检测，可采用局部凿开法，高延性混凝土条带厚度也可由条带边缘直接测量。

附录 A 高延性混凝土弯曲韧性试验方法

本试验方法为西安建筑科技大学高延性混凝土研究课题组，针对高延性混凝土的弯曲韧性问题的专门提出的试验方法。目前国际上对纤维混凝土弯曲韧性试验方法的研究较多，现行行业标准《纤维混凝土应用技术规程》JGJ/T 221 和协会标准《纤维混凝土试验方法标准》CECS 13 均给出了纤维混凝土等效弯曲强度、初裂强度和弯曲韧性的试验方法。按以上方法计算试件的等效弯曲强度时，需要计算试件跨中挠度为 $L/150$ 的荷载—挠度曲线下的面积。对高延性混凝土，跨中挠度为 $L/150$ 时尚未达到试件的峰值荷载。因此，采用以上方法不能反映出高延性混凝土良好的弯曲韧性。

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 $40\text{mm}\times 40\text{mm}\times 160\text{mm}$ 。

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。