

UDC

DBJ

湖南省工程建设地方标准

P

DBJ 43/T312—2015

高性能水泥复合砂浆钢筋网  
加固砌体结构技术规程

Technical Specification For Strengthening Masonry Structure With High  
Performance Cement Composite Mortar Reinforcement Mesh

责任编辑 杨 林  
装帧设计 谢 颖



定价：38.00元

2015 - 08 - 28 发布

2015 - 12 - 01 实施

湖南省住房和城乡建设厅 发布

湖南省工程建设地方标准

# 高性能水泥复合砂浆钢筋网 加固砌体结构技术规程

Technical Specification For Strengthening Masonry  
Structure With High Performance Cement Composite  
Mortar Reinforcement Mesh

主编单位：湖 南 大 学

批准单位：湖南省住房与城乡建设厅

施行日期：2015 年 12 月 1 日

湖南科学技术出版社



# 湖南省住房和城乡建设厅文件

湘建科〔2015〕127号

## 湖南省住房和城乡建设厅关于 发布湖南省工程建设推荐性地方标准 《高性能水泥复合砂浆钢筋网加固砌体 结构技术规程》的通知

各市州住房和城乡建设局（建委、规划建设局），各有关单位：

由湖南大学主编的《高性能水泥复合砂浆钢筋网加固砌体结构技术规程》已由我厅组织专家审定通过。现批准为湖南省工程建设推荐性地方标准，编号为 DBJ43/T312—2015，自 2015 年 12 月 1 日起在全省范围内执行。

该标准由湖南省住房和城乡建设厅负责管理，由主编单位湖南大学负责标准具体技术内容的解释。

湖南省住房和城乡建设厅

2015 年 8 月 28 日



# 前 言

本规程是根据湖南省住房和城乡建设厅“关于印发《2011 年工程建设标准制订、修订计划》的通知”（〔2011〕 294 号），由湖南大学会同有关单位共同编制而成。

本规程在编制过程中，编制组进行了广泛的调查研究，总结了多年专题研究试验的成果和实践经验，并在广泛征求意见的基础上修订形成。

本规程主要技术内容是：总则；术语和符号；基本规定；加固材料、基本设计规定；水泥复合砂浆-砌体组合构件设计计算；构造规定；检验及验收。

本规程由湖南省住房和城乡建设厅负责管理，由湖南大学土木工程学院负责解释。在使用中如有意见或建议，请寄送湖南大学土木工程学院（地址：湖南省长沙市岳麓区湖南大学南校区南楼，邮编 410082）。

本规程主编单位：湖南大学

本规程参编单位：湖南大学设计研究院有限公司

湖南湖大土木建筑工程检测有限公司

长沙磊鑫土木技术工程有限公司

湖南省宏尚检测技术股份有限公司

西南交通大学

本规程主要起草人：尚守平 文学章 雷 敏 尚 卿  
吴建任 唐文浩 杜运兴 杨博铭  
龚建清 苏启旺 罗 成 唐雨喜  
张毛心 廖 宏 朱博闻 余德军  
刘 洸 奉洁超 罗业雄 罗 致  
季超群 岳香萤 黄群堂 沈 戎  
罗利波 杭翠翠 刘一斌 姜 巍  
徐梅芳 罗 杰 李 宁 许 宁  
周 浩 胡向军 杨 龙 吕新飞  
熊 崛 李 龙 王 彦 张 照  
肖逸夫

本规程主要审查人：沈蒲生 施楚贤 邹银生 王亚勇  
邸小坛 周廷垣 李国强 刘西拉  
徐 建 陈国兴 周 云 郑文忠  
葛学礼 白国良 叶献国 祁 凯  
刘锡军 贾 明 卫 军 朱延鹏  
陈伯望 卢华喜 张友亮 余志武  
周朝阳 王海东 于慧敏 熊光晶  
唐明雄 陈多思 朱晓鸣 陈火炎  
樊 荣 黄 纲 蔡传凯 倪国泉  
魏先枚 杨先桥

# 目 次

<b>1</b>	<b>总则</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>术语、符号</b>	<b>3</b>
2.1	术语	3
2.2	符号	5
<b>3</b>	<b>基本规定</b>	<b>7</b>
3.1	一般规定	7
3.2	设计计算原则	9
<b>4</b>	<b>材料</b>	<b>12</b>
4.1	水泥	12
4.2	外加剂	12
4.3	纤维	13
4.4	砌体结构用界面剂	13
4.5	水泥复合砂浆	14
4.6	钢筋及焊接材料	16
4.7	植筋胶	17
4.8	原砌体材料	17
<b>5</b>	<b>基本设计规定</b>	<b>25</b>
5.1	水泥复合砂浆强度	25
5.2	钢筋网保护层厚度	25
5.3	剪切销钉的设置	25



5.4	圈梁、构造柱、斜撑设置	26
5.5	承载力验算	29
5.6	水泥复合砂浆-砌体组合结构抗震计算	32
5.7	水泥复合砂浆-砌体组合连续深梁计算	38
6	构造规定	39
6.1	钢筋网的构造	39
6.2	剪切销钉的构造	39
6.3	水泥复合砂浆层厚度	40
6.4	装配式楼盖水泥复合砂浆整体化抗震加固	40
7	检验与验收	41
7.1	基本规定	41
7.2	钢筋分项工程	41
7.3	销钉与结合面分项工程	43
7.4	复合砂浆分项工程	45
7.5	被加固结构分项工程	46
附录 A	被加固构件表面粗糙度处理及评定	49
附录 B	预制钢筋混凝土板表层水泥复合砂浆钢筋网薄层 整体化构造	53
附录 C	水泥复合砂浆薄层窄条带与砖砌体组合形成的圈 梁、构造柱、斜撑	54
	本规程用词说明	56
	引用标准名录	56
	条文说明	58

# 1 总 则

**1.0.1** 为使水泥复合砂浆钢筋网薄层（HPFL）加固砌体结构，做到技术可靠、经济合理、环保、施工简便和确保质量，制定本规程。

**1.0.2** 本规程适用于采用水泥复合砂浆钢筋网薄层加固工业与民用建筑房屋和构筑物砌体结构的设计、施工及验收。

**1.0.3** 对既有建筑，应根据建筑物的种类，分别按现行 GB 标准进行结构可靠性鉴定。

1 《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292

2 《工业厂房可靠性标准》GB 50144

3 《建筑抗震鉴定标准》GB 50023

**1.0.4** 对于新建建筑或既有建筑，可在《砌体结构设计规范》（GB 50003）的基础上采用水泥复合砂浆钢筋网薄层进行加固设计、施工及验收。对采用水泥复合砂浆钢筋网薄层加固砌体结构的设计、施工及验收，除应符合本规程的规定外，其余规定尚应符合下列现行有关标准：

1 《建筑抗震加固技术规程》JGJ 116

2 《工程结构可靠度设计统一标准》（GB 50153）

3 《建筑结构荷载规范》（GB 50009）

4 《建筑抗震设计规范》（GB 50011）

5 《水泥复合砂浆钢筋网加固混凝土结构技术规程》（CECS

242）

**1.0.5** 采用水泥复合砂浆钢筋网加固的砌体结构，其长期使用的环境温度规定：

1 当剪切销钉采用无机植筋胶时，其长期环境温度不宜高于90℃。

2 当剪切销钉采用有机植筋胶时，其长期环境温度不宜高于60℃。

**1.0.6** 当砌体结构采用了基础隔震措施后，上部结构可按减震后的烈度按本规程进行加固设计。

**1.0.7** 凡本规程未涉及的砌体结构设计计算，均按国家现行《砌体结构设计规范》执行。

## 2 术语、符号

### 2.1 术语

#### 2.1.1 结构加固 strengthening of structure

对可靠性不足或有要求提高可靠性的结构或构件采取增强等措施，使其具有现行设计规范所要求的安全性、耐久性或适用性。

#### 2.1.2 原构件 existing structure member

实施加固前的原有构件。

#### 2.1.3 水泥复合砂浆 high performance ferro - cement

一种以硅酸盐水泥和矿物掺合料为主要成分，同时掺有水泥外加剂和短细纤维，加水和砂拌合而成的具有高强度、高黏结性能和良好流动性能的砂浆。

#### 2.1.4 高性能复合砂浆钢筋网薄层 high performance ferro - cement laminate

一种以细直径钢筋网与水泥复合砂浆制成的贴在被加固构件表面的薄层（25 ~ 40mm 厚）。

#### 2.1.5 结构界面胶黏剂 structural interfacial adhesive

用于涂刷原构件表面，以增加加固层与原构件基材间黏结性能的无机胶黏剂；也称结构无机界面剂。

#### 2.1.6 钢筋网 steel mesh

用普通钢筋焊接或绑扎形成的网片。

## 2.1.7 加固层 strengthening layer

通过人工抹压或喷射水泥复合砂浆在原构件表面与钢筋网共同形成的薄层。

## 2.1.8 剪切销钉 shear dowel

为增强加固层与原构件之间的抗剪切、抗剥离能力，采用无机结构胶植入基材中的有直钩或弯钩的短钢筋。

## 2.1.9 初始荷载 original load

加固前原构件上作用的不可卸除的荷载。

## 2.1.10 一次受力加固设计 strengthening design of once loading

原构件初始荷载很小、不考虑加固层应变滞后效应的设计方法。

## 2.1.11 二次受力加固设计 strengthening design of secondary loading

考虑原构件初始荷载和加固后在加固层中产生应变滞后效应的设计方法。

## 2.1.12 水泥复合砂浆钢筋网薄层窄条带 HPFL narrow stripe

高性能复合砂浆薄层窄条带是抹在被加固构件表面、厚度一般为 25 - 40mm、宽度一般为 200 ~ 500mm、长度一般为水泥复合砂浆与砖砌体组合构件的长度的带状高性能复合砂浆薄层。

## 2.1.13 水泥复合砂浆钢筋网薄层装配整体式楼、屋盖 the assembled floor and roof with HPFL integrated

在预制楼板装配成的楼、屋盖上表面植剪切销钉、铺设钢筋网、抹水泥复合砂浆薄层，所形成的楼、屋盖。

## 2.1.14 含墙率 the rate of wall

本层墙体（横墙、纵墙或纵横墙）的水平截面积与该层及以上各层楼面净面积之和的比值。

## 2.1.15 眠墙 solid wall

用实心砖不留空洞实砌所形成的墙体。

## 2.1.16 水泥复合砂浆砌体组合梁

用水泥复合砂浆钢筋网薄层贴合在砌体两侧面所形成的类似受力梁的构件。

## 2.1.17 水泥复合砂浆砌体组合柱 the composite column of HPFL and masonry

用水泥复合砂浆钢筋网薄层贴合在砌体柱四侧面所形成的类似受力柱的构件。

# 2.2 符号

## 2.2.1 材料性能

$f_{yh}$  ——拉筋的标准强度；

$A_c$  ——受拉钢筋截面面积；

$f$  ——眠墙砌体的抗压强度设计值；

$f_c$  ——砌体的抗压强度设计值；

$f_s$  ——钢筋的抗拉强度设计值。

## 2.2.2 作用效应

$N_u$  ——构件竖向承载力设计值；

$M$  ——加固后构件的截面受弯承载力设计值；

$V$  ——加固后构件的抗剪承载力设计值；

$N_0$  ——没有卸除的荷载产生的轴向力标准值；

$M_i$  ——水平地震作用产生的  $i$  柱端弯矩；

$V_{ic}$  ——水平地震作用产生的  $i$  柱端剪力；

$N_{ik}$  ——全部荷载产生的轴向力标准值；

$\sigma_r$  ——横向钢筋网的约束应力。

### 2.2.3 几何参数

$t_b, t_h$  ——砌体截面短、长边水泥复合砂浆层折算墙厚；

$A_{sl}$  ——横向拉筋单肢截面面积；

$b, b_l$  ——原构件、加固后水泥复合砂浆砌体组合梁构件截面宽度；

$h, h_l$  ——原构件、加固后水泥复合砂浆砌体组合梁构件截面高度；

### 2.2.4 计算参数

$n_r$  ——砌体结构表面经凿毛后的粗糙度，为平均抹砂深度与表面凿毛最大深度限值之比；

$\mu$  ——二次受力影响材料强度利用系数；

$r_k$  ——砌体类型修正系数；

$\varphi$  ——承载能力影响系数；

$\lambda$  ——第二次受力影响系数。

## 3 基本规定

### 3.1 一般规定

**3.1.1** 本规程适合于抗震设防烈度低于或等于 8 度地区多层砌体房屋结构加固设计及设有减震系统后上部结构承受的地震作用低于或等于设防烈度 8 度地区的砌体房屋结构加固设计。设防烈度大于 8 度地区的砌体房屋结构加固设计应作专门考虑。

**3.1.2** 砌体结构经可靠性鉴定或设计复核确认需要加固，且决定采用水泥复合砂浆钢筋网方法加固时，应按本规程进行加固设计、加固施工和施工质量验收。

**3.1.3** 加固设计的范围，可以是结构的整体或其中某区段，也可以是指定的结构构件，但均应考虑结构的整体牢固性。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使用年限，按实际情况确定。

**3.1.4** 当砌体房屋建筑在设防烈度低于或等于 8 度的地区未设圈梁构造柱时，应按本规程设置水泥复合砂浆窄条带-砌体组合圈梁构造柱；若采用预制板楼屋盖时，应用 HPFL（水泥复合砂浆薄层）将装配式楼屋盖整体化。

**3.1.5** 采用本规程时，原结构、构件按现场检测结果推定的砌体强度等级不宜低于 0.6MPa。采用本方法时，原结构墙体在三层以下，抗震设防烈度低于或等于 8 度时，加固对象可为一斗一眠墙或承重



多孔砖（或承重混凝土砌块）墙；房屋墙体在二层以下，抗震设防烈度低于或等于 8 度时，加固对象可为二斗一眠墙或承重多孔砖（或承重混凝土砌块）墙；结构墙体为一层、抗震设防烈度低于或等于 8 度时，加固对象可为三斗一眠墙或承重多孔砖（或承重混凝土砌块）墙；当房屋墙体在二层以下，抗震设防烈度大于 7 度（低于或等于 9 度）且有设计经验时，加固对象可为承重混凝土砌块；任何情况下墙体厚度不应小于 180mm，承重墙体不可用轻质隔墙砖。抗震设防烈度低于或等于 8 度时采用眠墙的砌体结构可按本规定加固。

**3.1.6** 采用水泥复合砂浆钢筋网加固砌体结构的设计与施工，应保证新增加固层与原构件黏结牢固，形成共同工作协同变形的整体；并应避免对原构件及其他构件受力性能造成不利影响。在冬季施工时，应采取有效措施保证未达到设计强度 80% 的水泥复合砂浆不结冰。

**3.1.7** 对加固过程中容易破坏倒塌的墙体，应在加固设计文件中采取相应的临时支撑措施。

**3.1.8** 采用水泥复合砂浆钢筋网加固砌体结构的加固设计使用年限，应由业主和设计单位共同商定，一般情况下，不宜小于 30 年，不应大于 50 年；到期时，若重新进行可靠性鉴定认为该结构工作正常或加固后工作正常，可（或加固后）适当延长其使用年限。

**3.1.9** 对采用水泥复合砂浆钢筋网加固的砌体结构，应定期检查其工作状态。检查的时间间隔可由设计单位确定，但第一次检查的时间间隔不应超过 5 年。

**3.1.10** 当采用水泥复合砂浆钢筋网加固砌体结构或构件时，施工

单位应严格按照加固设计编制施工组织设计，施工时应采取确保质量和安全的有效措施，并应遵照本规程及现行国家有关规范进行施工和验收。

**3.1.11** 未经设计允许，不得改变加固结构的用途和使用环境。

**3.1.12** 采用水泥复合砂浆钢筋网加固砌体构件时必须采用剪切销钉以增强新老结构界面的共同工作性能。销钉应植在砌块的实心部位。

**3.1.13** 当抗震设防烈度低于 8 度，房屋的总体高宽比不大于 2.5 时，可采用预制钢筋混凝土空心板上表面用水泥复合砂浆钢筋网薄层整体化构造加固（整体化构造加固见附录 B）。

**3.1.14** 采用水泥复合砂浆钢筋网薄层加固的砌体结构，其他各方面仍应符合国家标准《砌体结构设计规范》（GB 50010）规定的相关内容。但可用水泥复合砂浆钢筋网薄层窄条带与砖砌体组合形成的圈梁、构造柱代替钢筋混凝土圈梁、构造柱。

## 3.2 设计计算原则

**3.2.1** 采用水泥复合砂浆钢筋网加固砌体结构时，除应符合本规程规定的内容外，其他要求应遵守现行国家标准的相关规定。

**3.2.2** 采用水泥复合砂浆钢筋网加固砌体结构，应按下列规定进行设计与验算：

1 结构上的作用，应经调查或检测核实，确定其设计标准值和代表值。

2 被加固结构、构件的作用效应，应按下列要求确定：

①结构的计算简图，应符合其实际受力和构造状况；

②作用效应组合和组合值系数以及作用的分项系数，应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 和《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定确定，并应考虑由于实际荷载偏心、结构变形、温度作用、地基不均匀沉降等造成的附加内力。

③采用基底隔震技术的结构，上部结构的内力应按隔震后的内力计算。

**3.2.3** 结构和构件的尺寸，对原有部分宜采用实测值；对新增部分，可采用加固设计文件给出的名义值。

**3.2.4** 原构件的砌块强度等级和受力钢筋抗拉强度标准值应按下列规定取值：

1 原结构材料没有产生性能退化并满足原设计要求时，可采用原设计的标准值。

2 原结构材料存在性能退化（如遭遇火灾后）或不符合原设计要求时，应采用现场检测结果推定的标准值。

**3.2.5** 加固材料的性能和质量，应按本规程第 4 章的规定检验合格，其强度的标准值、设计值应按本规程各相关章节的规定采用。

**3.2.6** 验算结构和构件承载力时，应考虑原结构在加固时的实际受力状况，即原构件的应力超前和加固部分的应变滞后特点，以及加固部分与原结构共同工作程度。

**3.2.7** 抗震设防区结构和构件的加固，除应满足承载力要求外，尚应复核其抗震能力，除本规程的规定外，尚应在设计、计算和构造上满足现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011、《建筑抗震鉴定标准》GB 50023 和《建筑抗震加固技术规程》JGJ 116 的规定和要求。避免因局部加强或刚度突变而形成的新薄弱部位，同时，

还应考虑结构刚度增大而导致地震作用效应增大的影响。

**3.2.8** 采用水泥复合砂浆钢筋网对砌体构件进行加固时，加固后构件的承载力提高幅度应符合下列要求：

1 砌体轴心受压或  $M/N < h/6$  的小偏心受压柱轴向承载力提高幅度不宜超过 30%；砌体墙轴心受压时轴向承载力提高幅度不宜超过 25%。

2 轴压比小于 0.5 的砌体大偏心受压柱，轴向承载力提高幅度不宜超过 20%；轴压比大于 0.5 的砌体大偏心受压墙，轴向承载力提高幅度不宜超过 10%。

3 轴压比小于 0.5 的大偏心受压墙，轴向承载力提高幅度不宜超过 5%。

4 水泥复合砂浆砌体组合梁正截面承载力提高幅度不宜超过 40%。

5 水泥复合砂浆砌体组合梁斜截面承载力提高幅度不应超过 50%。

6 墙砌体斜截面抗剪承载力提高幅度不宜超过 50%。

**3.2.9** 砌体结构的圈梁、构造柱都可用水泥复合砂浆钢筋网薄层窄条带与砖砌体形成的组合梁柱替代（附录 C）。砌体房屋水泥复合砂浆钢筋网薄层窄条带与砖砌体形成的组合圈梁、构造柱可按本规程的第 5、第 6 章设计。

## 4 材料

### (1) 加固材料

#### 4.1 水泥

**4.1.1** 配制水泥复合砂浆的水泥应优先采用强度等级不低于 42.5 级、细度宜小于  $380\text{m}^2/\text{kg}$  的普通硅酸盐水泥；如有特殊要求，也可采用矿渣硅酸盐水泥；必要时，还可采用快硬硅酸盐水泥。

**4.1.2** 水泥的性能和质量应分别符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175、《快硬硅酸盐水泥》GB 199 和《矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥及粉煤灰硅酸盐水泥》GB 1344 的规定。

**4.1.3** 严禁使用过期水泥、受潮水泥以及无出厂合格证和未经进场复验合格的水泥，严禁将不同品牌或不同强度等级的水泥混合使用。

#### 4.2 外加剂

**4.2.1** 配制水泥复合砂浆用的外加剂，其品种和性能应符合下列规定：

##### 1 矿物外加剂

应采用 I、II 级磨细矿渣或 I 级磨细粉煤灰或硅灰，其性能指标应符合《高强高性能混凝土用矿物外加剂》GB/T 18736 的规定。

##### 2 膨胀剂

宜采用混凝土膨胀剂，其性能指标应符合现行行业标准《混凝土膨胀剂》JC 476 的规定。

### 3 减水剂

宜采用高效减水剂、引气减水剂和缓凝高效减水剂，其性能指标应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076 的规定。

#### 4.2.2 当使用混凝土膨胀剂时，尚应符合下列规定：

- (1) 膨胀剂使用前应进行限制膨胀率检测，合格后方可使用；
- (2) 有侵蚀性介质的工程中不得使用氧化钙类混凝土膨胀剂。

## 4.3 纤维

4.3.1 增强或改性用的短纤维，可采用钢纤维或合成纤维，其品种和性能应符合现行中国工程建设协会标准《纤维混凝土结构技术规程》CECS 38 的规定。

4.3.2 钢纤维宜采用长度宜为 6 ~ 25mm（在施工搅拌不成团的前提下尽可能取长纤维），直径为 0.3 ~ 0.8mm，长径比为 30 ~ 80 的钢纤维，钢纤维的抗拉强度不宜小于 500MPa。

4.3.3 合成纤维宜采用长度为 6 ~ 25mm（在施工搅拌不成团的前提下尽可能取长纤维）、直径为 10 ~ 100 $\mu$ m 的聚丙烯腈纤维或聚丙烯纤维，其抗拉强度不应低于 280N/mm<sup>2</sup>，当有工程经验时，也可使用同规格的聚酰胺纤维和改性聚酯纤维。

## 4.4 砌体结构用界面剂

4.4.1 当被加固砌体结构表面凿毛度达不到 I 级时，其原构件表面处理及评定应按附录 A 施行。当被加固的砌体结构为非临时建筑时，

造价者官网www.zaojiazhe.com  
界面剂基本性能指标应达到表 4.4.1 中 A 级标准；其他情况应达到 B 级标准。

表 4.4.1 砌体结构界面剂基本性能指标

检测项目	与砌体黏结抗剪强度（MPa）				与砌体黏结正拉强度（MPa）			
	7d		28d		7d		28d	
	A 级	B 级	A 级	B 级	A 级	B 级	A 级	B 级
合格指标	≥2.5	≥1.8	≥3.5	≥2.5	≥1.5	≥1.0	≥2.5	≥1.5
							且为砌块内聚破坏	

注：①结构界面剂与砌体基材的黏结抗剪强度试验，应采用压缩剪切的受力方式。剪切面的尺寸 100mm×100mm；砌块强度等级：对 A 级界面剂为 MU10～MU15；对 B 级界面剂为 MU10～MU5。

②结构界面剂与砌体基材的黏结正拉强度试验应按现行国家标准《工程结构加固材料安全性鉴定技术规范》GB 50728 规定的方法进行。砌体构件表面凿毛度达到 I 级时，可不再凿毛。凿毛度测量详见附录 A。

4.4.2 砌体结构界面剂耐湿热老化性能和耐久冻融性能的检验方法以及其合格评定标准，应按现行国家标准《工程结构加固材料安全性鉴定技术规范》GB 50728 的规定执行。

4.5 水泥复合砂浆

4.5.1 砌体结构加固用的水泥复合砂浆，其强度等级应比原砌体结构构件中的砌筑砂浆强度等级提高两个等级，且不得低于 M30。

4.5.2 水泥复合砂浆强度等级参照水泥砂浆立方体抗压强度标准值确定。立方体抗压强度标准值系指按照标准方法制作养护的边长为 70.7mm 的立方体试件，在 28d 龄期用标准试验方法测得的具有 95%保证率的抗压强度。

4.5.3 水泥复合砂浆轴心抗压、轴心抗拉强度标准值 应按表 4.5.3 采用。

表 4.5.3 水泥复合砂浆强度标准值

强度种类	符号	砂浆强度等级				
		M30	M35	M40	M45	( M50)
轴心抗压强度	$f_{mck}$	20.1	23.4	26.8	29.6	32.4
轴心抗拉强度	$f_{mtk}$	2.01	2.20	2.39	2.51	2.64
与砌体正拉黏结强度	$f_{cmk}$	$\geq 1.5$ ，且为砌块内聚破坏				

注：①水泥复合砂浆与砌体结构正拉黏结强度试验应按现行国家标准《工程结构加固材料安全性鉴定技术规范》GB 50728 规定的方法进行；  
②当有可靠的工程经验时，允许使用括号内的砂浆强度等级。

4.5.4 水泥复合砂浆轴心抗压、轴心抗拉强度设计值应按表 4.5.4 采用。

表 4.5.4 水泥复合砂浆强度设计值（N/mm<sup>2</sup>）

强度种类	符号	砂浆强度等级				
		M30	M35	M40	M45	( M50)
轴心抗压强度	$f_{mc}$	14.3	16.7	19.1	21.1	23.1
轴心抗拉强度	$f_{mt}$	1.43	1.57	1.71	1.80	1.89

4.5.5 水泥复合砂浆弹性模量应按表 4.5.5 采用。

表 4.5.5 水泥复合砂浆弹性模量（×10<sup>4</sup>N/mm<sup>2</sup>）

复合砂浆强度等级	M30	M35	M40	M45	( M50)
弹性模量 $E_{mc}$	2.6	2.9	3.1	3.2	3.4

注：当有可靠的工程经验时，允许使用括号内的砂浆强度等级。

4.5.6 配制水泥复合砂浆应选用中砂；对于喷射砂浆，其细度模数不宜小于 2.5；细骨料的质量应符合现行行业标准《普通混凝土用



砂质量标准及检验方法》JGJ 52 的规定。

**4.5.7** 砂浆拌合用水应采用饮用水或水质符合现行行业标准《混凝土拌合用水标准》JGJ 63 规定的天然洁净水。

**4.5.8** 砂浆中掺加的矿物外加剂、膨胀剂、化学外加剂和短纤维等的品种和性能应符合本规程 4.2 和 4.3 的规定。

**4.5.9** 砂浆的水胶比不应大于 0.4。掺入磨细矿渣和磨细粉煤灰时，掺量不宜大于 20%；掺入硅灰时，掺量不宜大于 10%。

**4.5.10** 砂浆应掺入纤维。掺钢纤维时，钢纤维体积率不宜小于 0.5%；掺聚合物纤维时，聚合物纤维体积率不宜小于 0.16%。

**4.5.11** 结构加固用砂浆宜掺入膨胀剂；砂浆的 7d 浸水膨胀率应大于 0.02%；28d 的膨胀率不应大于 0.04%。

## 4.6 钢筋及焊接材料

**4.6.1** 砌体结构加固用钢筋的品种、质量和性能应符合下列要求：

1 宜优先选用热轧带肋钢筋；

2 钢筋的质量应分别符合现行国家标准《钢筋混凝土用热轧带肋钢筋》GB 1499 和《钢筋混凝土用余热处理钢筋》GB 13014 的规定。

3 钢筋的性能设计值应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定采用。

4 不应使用无出厂合格证、无标志或未经进场检验的钢筋以及再生钢筋。

**4.6.2** 砌体结构加固用的焊接材料，其型号和质量应符合下列要求：

1 焊条型号应与被焊接钢材的性能相适应。

2 焊条的质量符合现行国家标准《碳钢焊条》GB 5117 和《低合金钢焊条》GB 5118 的规定。

3 焊接工艺应符合现行行业标准《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18 或《建筑钢结构焊接规程》JGJ 81 的规定。

4 焊缝连接的设计原则及计算指标应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的规定。

## 4.7 植筋胶

4.7.1 应优先采用耐久性好的无机植筋胶。植筋胶的抗压强度应高于植筋基体一个强度等级。

4.7.2 不应采用非饱和树脂有机植筋胶。

4.7.3 在有阳光直射或植筋基体温度高于 50℃ 的情况下不应使用有机植筋胶。

4.7.4 不应在有油脂的植筋孔洞中使用植筋胶。

4.7.5 不应在有粉尘或潮湿的植筋孔洞中使用有机植筋胶。

## 4.8 原砌体材料

4.8.1 龄期为 28d 的以毛截面计算的砌体抗压强度设计值，当施工质量控制等级为 B 级时，应根据块体和砂浆的强度等级分别按下列规定采用：

1 烧结普通砖、烧结多孔砖砌体的抗压强度设计值，应按表 4.8.1-1 采用。

表 4.8.1-1 烧结普通砖和烧结多孔砖砌体的抗压强度设计值 (MPa)

砖强度等级	砂浆强度等级					砂浆强度
	M15	M10	M7.5	M5	M2.5	0
MU30	3.94	3.27	2.93	2.59	2.26	1.15
MU25	3.60	2.98	2.68	2.37	2.06	1.05
MU20	3.22	2.67	2.39	2.12	1.84	0.94
MU15	2.79	2.31	2.07	1.83	1.60	0.82
MU10	—	1.89	1.69	1.50	1.30	0.67

注：当烧结多孔砖的孔洞率大于 30% 时，表中数值应乘以 0.9。

2 混凝土普通砖和混凝土多孔砖砌体的抗压强度设计值，应按表 4.8.1-2 采用。

表 4.8.1-2 混凝土普通砖和混凝土多孔砖砌体的抗压强度设计值 (MPa)

砖强度等级	砂浆强度等级					砂浆强度
	Mb20	Mb15	Mb10	Mb7.5	Mb5	0
MU30	4.61	3.94	3.27	2.93	2.59	1.15
MU25	4.21	3.60	2.98	2.68	2.37	1.05
MU20	3.77	3.22	2.67	2.39	2.12	0.94
MU15	—	2.79	2.31	2.07	1.83	0.82

3 蒸压灰砂普通砖和蒸压粉煤灰普通砖砌体的抗压强度设计值，应按表 4.8.1-3 采用。

表 4.8.1-3 蒸压灰砂普通砖和蒸压粉煤灰普通砖砌体的抗压

强度设计值 (MPa)

砖强度等级	砂浆强度等级				砂浆强度
	M15	M10	M7.5	M5	0
MU25	3.60	2.98	2.68	2.37	1.05
MU20	3.22	2.67	2.39	2.12	0.94
MU15	2.79	2.31	2.07	1.83	0.82

注：当采用专用砂浆砌筑时，其抗压强度设计值按表中数值采用。

4 单排孔混凝土砌块和轻集料混凝土砌块对孔砌筑砌体的抗压强度设计值，应按表 4.8.1-4 采用。

表 4.8.1-4 单排孔混凝土砌块和轻集料混凝土砌块对孔砌筑

砌体的抗压强度设计值 (MPa)

砖强度等级	砂浆强度等级					砂浆强度
	Mb20	Mb15	Mb10	Mb7.5	Mb5	0
MU20	6.30	5.68	4.95	4.44	3.94	2.33
MU15	—	4.61	4.02	3.61	3.20	1.89
MU10	—	—	2.79	2.50	2.22	1.31
MU7.5	—	—	—	1.93	1.71	1.01
MU5	—	—	—	—	1.19	0.70

注：①对独立柱或厚度为双排组砌的砌块砌体，应按表中数值乘以 0.7；

②对 T 形截面墙体、柱，应按表中数值乘以 0.85。

5 单排孔混凝土砌块对孔砌筑时，灌孔砌体的抗压强度设计值  $f_g$ ，应按下列方法确定：

①混凝土砌块砌体的灌孔混凝土强度等级不应低于 Cb20，且不应低于 1.5 倍的块体强度等级。灌孔混凝土强度指标取同强度等级

②灌孔混凝土砌块砌体的抗压强度设计值  $f_{kg}$ ，应按下列公式计算：

$$f_{kg} = f_k + 0.6f_c\alpha \quad (4.8.1-1)$$

$$\alpha = \delta\rho \quad (4.8.1-2)$$

式中：

$f_{kg}$  —— 灌孔混凝土砌块砌体的抗压强度设计值，该值不应大于未灌孔砌体抗压强度设计值的 2 倍；

$f_k$  —— 未灌孔混凝土砌块砌体的抗压强度设计值，应按表 4.8.1-4 采用；

$f_c$  —— 灌孔混凝土的轴心抗压强度设计值；

$\alpha$  —— 混凝土砌块砌体中灌孔混凝土面积与砌体毛面积的比值；

$\delta$  —— 混凝土砌块的孔洞率；

$\rho$  —— 混凝土砌块砌体的灌孔率，系截面灌孔混凝土面积与截面孔洞面积的比值，灌孔率应根据受力或施工条件确定，且不应小于 33%。

6 双排孔或多排孔轻集料混凝土砌块砌体的抗压强度设计值，应按表 4.8.1-5 采用。

表 4.8.1-5 双排孔或多排孔轻集料混凝土砌块砌体的抗压强度

设计值 (MPa)

砖强度等级	砂浆强度等级			砂浆强度
	Mb10	Mb7.5	Mb5	
MU10	3.08	2.76	2.45	1.44
MU7.5	—	2.13	1.88	1.12
MU5	—	—	1.31	0.78
MU3.5	—	—	0.95	0.56

注：①表中的砌块为火山渣、浮石和陶粒轻集料混凝土砌块；

②对厚度方向为双排组砌的轻集料混凝土砌块砌体的抗压强度设计值，应按表中数值乘以 0.8。

7 块体高度为 180 ~ 350mm 的毛料石砌体的抗压强度设计值，应按表 4.8.1-6 采用。

表 4.8.1-6 毛料石砌体的抗压强度设计值 (MPa)

毛料石强度等级	砂浆强度等级			砂浆强度
	M7.5	M5	M2.5	
MU100	5.42	4.80	4.18	2.13
MU80	4.85	4.29	3.73	1.91
MU60	4.20	3.71	3.23	1.65
MU50	3.83	3.39	2.95	1.51
MU40	3.43	3.04	2.64	1.35
MU30	2.97	2.63	2.29	1.17
MU20	2.42	2.15	1.87	0.95

注：对细料石砌体、粗料石砌体和干砌勾缝石砌体，表中数值应分别乘以调整系数 1.4、1.2 和 0.8。

8 毛石砌体的抗压强度设计值，应按表 4.8.1-7 采用。

表 4.8.1-7 毛石砌体的抗压强度设计值 (MPa)

毛料石强度等级	砂浆强度等级			砂浆强度
	M7.5	M5	M2.5	0
MU100	1.27	1.12	0.98	0.34
MU80	1.13	1.00	0.87	0.30
MU60	0.98	0.87	0.76	0.26
MU50	0.90	0.80	0.69	0.23
MU40	0.80	0.71	0.62	0.21
MU30	0.69	0.61	0.53	0.18
MU20	0.56	0.51	0.44	0.15

本节未列出的砌体的抗压强度设计值也可根据试验确定。

以下各类砌体抗压强度设计值只有当房屋层高小于 3.5m、总层数不大于 3 层时采用。

龄期为 28d 的以毛截面计算的各类砌体抗压强度设计值，根据块体和砂浆的强度等级应分别按下列规定采用：

①非烧结硅酸盐砖和承重黏土空心砖砌体的抗压强度设计值，应按表 4.8.1-8 采用。

②一砖厚空斗砌体的抗压强度设计值，应按表 4.8.1-9 采用。

③块体高度为 180 ~ 350mm 的混凝土小型空心砌块砌体的抗压强度设计值，应按表 4.8.1-10 采用。

表 4.8.1-8 砖砌体的抗压强度设计值 (MPa)

砖强度等级	砂浆强度等级							砂浆强度
	M15	M10	M7.5	M5	M2.5	M1	M0.4	0
MU30 (300)	4.16	3.45	3.1	2.74	2.39	2.17	1.58	1.22
MU25 (250)	3.8	3.15	2.83	2.5	2.18	1.98	1.45	1.11
MU20 (200)	3.4	2.82	2.53	2.24	1.95	1.77	1.29	1
MU15 (150)	2.94	2.44	2.19	1.94	1.69	1.54	1.12	0.86
MU10 (100)	2.4	1.99	1.79	1.58	1.38	1.26	0.91	0.7
MU7.5 (75)	—	1.73	1.55	1.37	1.19	1.09	0.79	0.61

注：灰砂砖砌体的抗压强度设计值，应根据试验确定。

表 4.8.1-9 一砖厚空斗砌体的抗压强度设计值 (MPa)

砖强度等级	砂浆强度等级				砂浆强度
	M5	M2.5	M1	M0.4	0
MU20 (200)	1.65	1.44	1.31	1.26	0.98
MU15 (150)	1.24	1.08	0.98	0.94	0.73
MU10 (100)	0.83	0.72	0.65	0.63	0.49
MU7.5 (75)	0.62	0.54	0.49	0.47	0.37

注：一砖厚空斗砌体包括无眠空斗、一眠一斗、一眠二斗和一眠多斗数种。

表 4.8.1-10 混凝土小型空心砌块砌体的抗压强度设计值 (MPa)

砖强度等级	砂浆强度等级				砂浆强度
	M5	M2.5	M1	M0.4	0
MU15	4.29	3.85	3.41	2.97	2.02
MU10	2.98	2.67	2.37	2.06	1.4
MU7.5	2.3	2.06	1.83	1.59	1.08
MU5	—	1.43	1.27	1.1	0.75
MU3.5	—	—	0.92	0.8	0.54



注：①对错孔砌筑的砌体，应按表中数值乘以 0.8。

②对独立柱或厚度为双排砌块的砌体，应按表中数值乘以 0.7。

③对 T 形截面砌体，应按表中数值乘以 0.85。

④对用不低于砌块材料强度的混凝土灌实的砌体，可按表中数值乘以系数

$\Phi 1$ ， $\Phi 1 = [0.8 / (1 - \delta)] \leq 1.5$ ， $\delta$  为砌块空心率。

## 5 基本设计规定

### 5.1 水泥复合砂浆强度

水泥复合砂浆薄层的强度等级宜比原砌体构件强度高 2 个等及且不低于 M30。

### 5.2 钢筋网保护层厚度

**5.2.1** 当有防火要求时钢筋网的砂浆保护层厚度不小于 15mm，且被加固构件的耐火极限要求分别为 1.5h、2.0h、2.5h 时，应在水泥复合砂浆层表面分别加抹不少于 2mm、5mm、10mm 厚的石膏、石灰砂浆面层或防火砂浆。

**5.2.2** 当环境类别为一类：加固后的结构设计使用年限为 20 年及以下时，水泥复合砂浆钢筋网最小保护层厚度为 8mm；加固后的结构设计使用年限为 20 年至 30 年时，水泥复合砂浆钢筋网最小保护层厚度为 10mm；加固后的结构设计使用年限为 30 年至 40 年时，水泥复合砂浆钢筋网最小保护层厚度为 12mm；加固后的结构设计使用年限为 40 年以上时，水泥复合砂浆钢筋网最小保护层厚度为 14mm。当环境类别为二 a、二 b、三 a 和三 b 时（参见《砼结构设计规范》），以上水泥复合砂浆钢筋网最小保护层厚度应分别加上 5mm、10mm、15mm、20mm。

### 5.3 剪切销钉的设置

**5.3.1** 剪切销钉的间距不宜小于销钉植入深度的两倍，销钉与构件

边缘的距离不宜小于 60mm。

**5.3.2** 剪切销钉间距不应大于钢筋网同方向间距的 3 倍，销钉直径不宜小于 6mm。

**5.3.3** 被加固构件或结构有耐火要求的，界面粗糙度和剪切销钉间距除满足本规程相关规定外还应满足表 5.3.3 要求。

表 5.3.3 不同耐火等级的界面粗糙度、剪切销钉间距

耐火等级	一级	二级	三级	四级
粗糙度等级	Ⅲ级	Ⅱ级	Ⅱ级	I级
剪切销钉间距不大于	2 倍钢筋网间距	2 倍钢筋网间距	3 倍钢筋网间距	3 倍钢筋网间距

## 5.4 圈梁、构造柱、斜撑设置

**5.4.1** 当内纵墙的间距不大于 4.2m、外纵墙开间不大于 3.9 米时，水泥复合砂浆组合圈梁构造柱、斜撑的设置可按表 5.4.1-1、表 5.4.1-2 选用。

表 5.4.1-1 多层砖砌体房屋中 HFPL 圈梁的设置

墙类	烈度		
	6、7	8	9
外墙和内纵墙	屋盖处及每层楼盖处	屋盖处及每层楼盖处	屋盖处及每层楼盖处
内横墙	同上； 屋盖处间距不应大于 4.5m； 楼盖处间距不应大于 7.2m； 构造柱对应部位	同上； 各层所有横墙，且间距不应大于 4.5m； 构造柱对应部位	同上； 各层所有横墙

注：①装配式钢筋混凝土楼、屋盖或木屋盖的砖房，按表 5.4.1-1 的要求设

置水泥复合砂浆圈梁；纵墙承重时，抗震横墙上的圈梁间距应比表内要求适当减小。

- ②现浇钢筋混凝土或水泥复合砂浆装配整体式楼、屋盖周边应该设置水泥复合砂浆圈梁，且楼板应与圈梁可靠搭接。楼板沿抗震墙体周边均应加强配筋并应与相应的水泥复合砂浆构造柱的穿墙拉结钢筋可靠连接。

表 5.4.1-2 多层砖砌体房屋中 HFPL 构造柱、斜撑的设置

设防烈度				水泥复合砂浆构造柱设置部位		水泥复合砂浆斜撑设置部位
6 度	7 度	8 度	9 度			
房屋层数						
四、五	三、四	二、三		楼、电梯间四角，楼梯斜梯段上下端对应的墙体处；	楼梯间纵、横墙隔 12m 或单元横墙与外纵墙交接处； 楼梯间对应的另一侧内横墙与外纵墙交接处	1~2 层楼梯间横墙
六	五	四	二	外墙四角和对应转角； 错层部位横墙与外纵墙交接处； 大房间内外墙交接处； 较大洞口两侧	隔开间横墙（轴线）与外墙交接处； 山墙与内纵墙交接处	1~4 层楼梯间处的横墙与纵墙
七	≥六	≥五	≥三		内墙（轴线）与外墙交接处； 内墙的局部较小墙垛处； 内纵墙与横墙（轴线）交接处	1~6 层楼梯间纵、横墙

注：对于多层小砌块房屋的水泥复合砂浆构造柱的设置部位参照《建筑抗震设计规范》（GB 50011）条文 7.4 执行；水泥复合砂浆斜撑的设置部位参照本表执行。

当多层砌体房屋的圈梁设置满足表 5.4.1 - 1 的要求，构造柱斜撑的布置满足表 5.4.1 - 2 的要求时，可用水泥复合砂浆钢筋网薄层（HPFL）窄条带与砖砌体组合形成的圈梁、构造柱代替钢筋混凝土圈梁、构造柱。且可按表 5.4.1 - 1 布置水泥复合砂浆组合圈梁，按表 5.4.1 - 2 布置水泥复合砂浆组合构造柱，无需计算。但此时含墙率应符合以下规定：横墙承重方案中的层横墙的水平截面积与该层及以上各层净面积的比、纵墙承重方案中的层纵墙的水平截面积与该层及以上各层净面积的比、纵横墙混合承重方案中的层纵墙与横墙的水平截面积与该层及以上各层净面积的比，8 度时不宜低于 2.0%，不应低于 1.25%；7 度时不宜低于 1.2%，不应低于 0.8%；非地震及 6 度时不宜低于 0.8%，不应低于 0.6%。

**5.4.2** 当采用水泥复合砂浆圈梁、构造柱方案时，圈梁的水泥复合砂浆薄层宽度宜取墙厚的 1.25 倍（取整砖厚度的若干皮数之和），纵筋直径为 8mm，间距小于 150mm；横筋直径为 6mm，间距 150mm。

**5.4.3** 采用水泥复合砂浆圈梁时，需要根据设计图在砌体水平灰缝中预埋（新建建筑）或植入（既有建筑）拉结筋，在砌块的实心部位植入剪切销钉，如图 5.4.3 所示。此时砌筑砂浆强度不宜低于 M10。

**5.4.4** 在宜设双向斜撑的楼梯间或人行公共通道边的墙上，应按设计在灰缝中设置拉结筋，用双面水泥复合砂浆薄层与砌体形成双向斜撑。

**5.4.5** 当用水泥复合砂浆与砌体组合形成圈梁、构造柱、斜撑时，其复合砂浆的强度等级不应低于 M30。

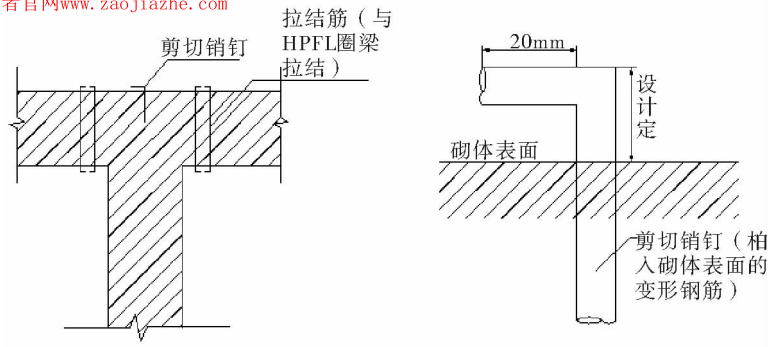


图 5.4.3 预埋拉结筋、剪切销钉

#### 5.4.6 HFPL - 砌体组合构造柱、斜撑的窄条带宽度及钢筋：

1 抗震设防烈度  $\leq 6$  度时，双面窄条带宽度不小于墙厚 + 60mm，纵向钢筋直径为 6mm，间距为 50 ~ 60mm，横向钢筋直径为 6mm，间距为 150mm。当为非眠墙砌体时，单面窄条带宽度不小于墙厚 + 120mm。

2 6 度 < 抗震设防烈度  $\leq 7$  度时，双面窄条带宽度不小于墙厚 + 120mm，纵向钢筋直径不小于 6mm，间距为 50 ~ 60mm，横向钢筋直径为 6mm，间距为 100mm。当为非眠墙砌体时，双面窄条带宽度 = 墙厚 + 180mm。

3 7 度 < 抗震设防烈度  $\leq 8$  度时，双面窄条带宽度不小于墙厚 + 180mm，纵向钢筋直径不小于 8mm，间距为 50 ~ 60mm，横向钢筋直径为 6mm，间距为 100mm。当为非眠墙砌体时，双面窄条带宽度等于墙厚 + 240mm。

## 5.5 承载力验算

5.5.1 用水泥复合砂浆加固砌体的竖向承载力  $N_u$  应按下式计算：

$$N_u = (\varphi A_1 f_c + N_3) (1 - S_i) \dots\dots\dots (5.5.1-1)$$

$$N_3 = 4\mu\sigma_r A_2 \dots\dots\dots (5.5.1-2)$$

$$N_u \geq N_1$$

$$S_i = 0.03 + 0.50\alpha \quad \text{弯曲应力比非抗震加固取 } S_i = 0$$

式中:

$N_1$ ——全部荷载产生的竖向力设计值

$\alpha$  ——地震影响系数最大值 按《建筑抗震设计规范》(GB 50011)。

$\varphi$ ——承载能力影响系数,按《砌体结构设计规范》(GB 50003)附录 D 取用。

$N_3$ ——由于水泥复合砂浆钢筋网约束效果提高的砌体竖向承载力。

$$A_1 = (b + t_b) \times (h + t_h)$$

水泥复合砂浆薄层加固后的组合构件截面计算面积,式中:

$t_b$ ——截面短边的复合砂浆层折算墙厚,  $t_b = (f_{mc}/f_c) t_0$ ; 墙短边单面加固时,取  $t_b = 0$ 。

$t_h$ ——截面长边的复合砂浆层折算墙厚,  $t_h = (f_{mc}/f_c) t_0$ ; 墙长边单面加固时,取  $t_h = 0$ 。

$t_0$ ——复合砂浆层的实际厚度。

墙截面长方向两边复合砂浆钢筋网薄层不用拉筋拉结时,  $N_3 = 0$ 。

柱截面任何一边不用复合砂浆钢筋网加固时,  $N_3 = 0$ 。

$f_{mc}$ ——复合砂浆的抗压强度设计值;

$f_c$ ——砌体的抗压强度设计值;

$b$ ——原砌体构件截面的宽度；

$h$ ——原砌体构件截面的高度；

$b_1$ ——加固后砌体构件截面的宽度；

$h_1$ ——加固后砌体构件截面的高度；

$A_2 = b \times L@$  被 1 个拉筋约束的砌体截面面积；

$L@$  —— 拉筋水平向间距； $\sigma_r$ ——横向钢筋网的有效约束应力；

$$\sigma_r = \frac{1}{b + L@} f_{yh} b \rho_t \quad (5.5.1-3)$$

式中：

$f_{yh}$ ——拉筋的标准强度；

$\rho_t = \frac{n A_{sl}}{s_h b h} (b + h)$  横向拉筋的体积配箍率；

$s_h$ ——横向拉筋的竖向间距；

$A_{sl}$ ——横向拉筋的单肢截面面积；

$n$ ——一层横向拉筋的根数；

$\lambda$ ——第二次受力影响系数；

$\mu$ ——二次受力影响材料强度利用系数；

当  $\lambda \leq 0.2$  时

$$\mu = 1 \quad (5.5.1-4)$$

当  $0.2 < \lambda < 0.8$  时

$$\mu = 2 (0.8 - \lambda) \quad (5.5.1-5)$$

当  $\lambda \geq 0.8$  时

$$\mu = 0 \quad (5.5.1-6)$$

$$\lambda = N_0 / N_{1k} \quad (5.5.1-7)$$

式中：



$N_0$ ——没有卸除的荷载产生的轴向压力标准值；

$N_{1k}$ ——全部荷载产生的轴向压力标准值。

## 5.6 水泥复合砂浆—砌体组合结构抗震计算

**5.6.1** 当圈梁、构造柱满足表 5.4.1-1 和表 5.4.1-2 且外纵墙开间  $\leq 3.9\text{m}$ ，水泥复合砂浆与砖砌体组合圈梁构造柱结构可不进行抗震验算。

**5.6.2** 对处于抗震设防区的砌体结构房屋，当外纵墙开间大于  $3.9\text{m}$  或内纵墙构造柱间距大于  $4.2\text{m}$  或圈梁、构造柱不满足表 5.4.1-1 和表 5.4.1-2 的要求时，用高性能复合砂浆钢筋网薄层与砖砌体组合形成的组合圈梁、构造柱弱框架结构须按本节进行抗震计算。

**5.6.3** 当对水泥复合砂浆窄条带与砖砌体组合形成的组合圈梁、构造柱弱框架结构进行设计，若满足本规程对组合圈梁的构造要求时，可将结构当成横梁刚度无穷大的框架按《建筑抗震设计》规范“底部剪力法”算得第  $k$  层的两垂直方向的水平地震剪力  $V_{kx}$ 、 $V_{ky}$ ；当楼层  $k$  的所有柱高度相同、所有柱采用同一种材料时，可按水泥复合砂浆窄条带与砖砌体组合形成的组合构造柱的截面惯性矩  $I$  按结构力学的刚度分配法分配楼层  $k$  每根柱的地震剪力  $V_{kxi}$ 、 $V_{kyi}$ ，再由反弯点法求得柱  $i$  的端弯矩  $M_{kxi}$ 、 $M_{kyi}$ 。

**5.6.4** 当对用水泥复合砂浆钢筋网薄层（HPFL）窄条带与砖砌体组合形成的圈梁、构造柱房屋进行抗震计算时。第  $k$  层一个方向抵抗地震作用的抗力  $V_k$  由两部分组成  $V_k = V_{ic} + V_{jw}$ ：

1 第  $k$  层  $i$  组合构造柱的柱端水平地震剪力  $V_{ic}$ ：

$$V_{ic} = \sum M_i / (h_k/2) \quad (\text{下部刚结}) \quad (5.6.4-1)$$

$$V_{ic} = \sum M_i / h_k \quad (\text{下部铰结}) \quad (5.6.4-2)$$

式中：

$h_k$ ——第  $k$  层层高；

$M_i$ ——第  $k$  层第  $i$  组合构造柱柱端弯矩（由楼层地震剪力按刚度分配计算， $i=1、2、\dots、m$ ）。

2 第  $k$  层  $j$  墙体的抗震剪力  $V_{jw}$ ：

$$V_{jw} = \sum f_{ve} A_j / \gamma_{re} \quad (5.6.4-3)$$

当进行罕遇地震验算时， $V_{jw} = 0$ 。

式中：

$f_{ve}$ ——砌体沿阶梯截面破坏的抗剪强度设计值；

$A_j$ ——墙体  $j$ （扣除水泥复合砂浆加固部分的抗剪墙体， $j=1、2、\dots、n$ ）横截面面积；

$\gamma_{re}$ ——承载力抗震调整系数，取  $\gamma_{re} = 0.75$ 。

3 抗震验算：

当柱上、下端均刚结时

$$M_i = (V_{ic} + V_{jw}) (h_k / 2) \quad (5.6.4-4)$$

当柱一端铰结时

$$M_i = (V_{ic} + V_{jw}) h_k \quad (5.6.4-5)$$

$$M > M_i \quad (5.6.4-6)$$

式中：

$M$ ——按 5.6.5 ~ 5.6.8 计算的水泥复合砂浆组合构造柱的截面抵抗弯矩；

$M_i$ ——水平地震作用产生的  $i$  柱端弯矩；

$V_{ic}$ ——水平地震作用产生的  $i$  柱端剪力；

$h_k$ ——结构第  $k$  层净高。

①罕遇地震作用产生的柱端弯矩可按水泥复合砂浆组合梁柱形成的空旷（无填充墙）框架用反弯点法计算。

②计算内力时，填充墙重力按作用于楼面考虑；地震作用按国家标准《建筑抗震设计》规范（GB 50011）进行计算。

对于单层排架砌体结构柱的抗震验算，可按照柱底端固结、顶端与屋架铰接的排架参照本节计算。

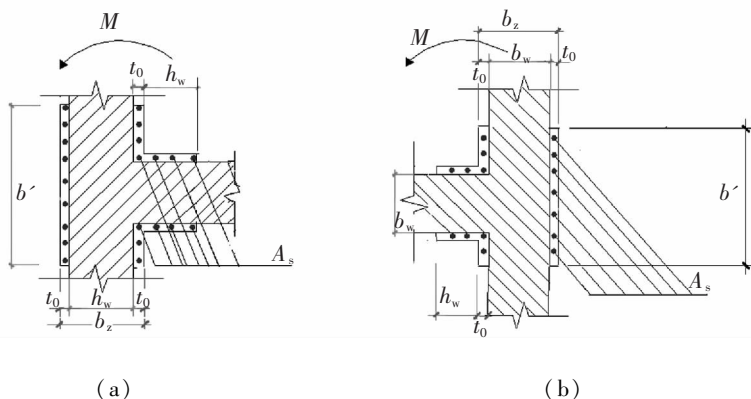


图 5.6.5-1 T 形截面水泥复合砂浆—砌体组合构件

**5.6.5** 当需对组合构造柱、圈梁结构进行抗震验算时，须同时满足 5.5.1 条及 5.6.5 ~ 5.6.8 条的规定，对构造柱截面进行抗弯验算。对于图 5.6.6-1 (a) 的情况，其承载力验算可按式 (5.6.5-1) 进行计算：

$$M = A_s f_s (b_z - t_0 + 2/3 \cdot h_w) \cdot r_k \quad (5.6.5-1)$$

式中：

$A_s$ ——受拉钢筋的截面面积；

$f_s$ ——受拉钢筋的抗拉强度设计值；

$h_w$ ——构造柱组合截面中平行于弯矩作用方向的腹板截面高度；

$b_w$ ——构造柱组合截面中垂直于弯矩作用方向墙体厚度；

$b'$ ——按本章 5.4.6 确定的窄条带宽度。

$b_z$ —— $b_z = b_w + 2t_0$

对于图 5.6.5-1 (b) 的情况，其承载力  $M$  可按式 (5.6.5-2) 计算：

$$M = A_s f_s (b_z - 0.5t_0 - h_w/3) r_k \quad (5.6.5-2)$$

式中：

$r_k$ ——砌体类型修正系数（与材料强度比值  $K$  有关；材料强度比值  $K$  为实际采用的砌体抗压强度与眠墙砌体抗压强度的比值）：

当砌体为实砌眠墙（材料强度比值  $K = 1.0$ ）时， $r_k = 1$ ；当砌体为空斗墙时，材料强度比值  $K = 0.675$ ，砌体类型修正系数  $r_k = 0.93$ ；

单排孔混凝土砌块和轻骨料混凝土砌块时，材料强度比值  $K = 1.74$ ， $r_k = 1.06$ ；

当材料强度比值  $K = 0.80$  时  $r_k = 0.96$ ；

当材料强度比值  $K = 0.90$  时  $r_k = 0.98$ ；

当材料强度比值  $K = 1.25$  时  $r_k = 1.03$ ；

当材料强度比值  $K = 1.50$  时  $r_k = 1.05$ 。

其他情况中间插值。

$f$ ——眠墙砌体抗压强度设计值；

$K$ ——材料强度比值： $K = \text{非眠墙砌体抗压强度设计值} / \text{眠墙砌体抗压强度设计值}$ 。

**5.6.6** 对于图 5.6.6-1 (a) 的情况，其承载力  $M$  可按式 (5.6.6

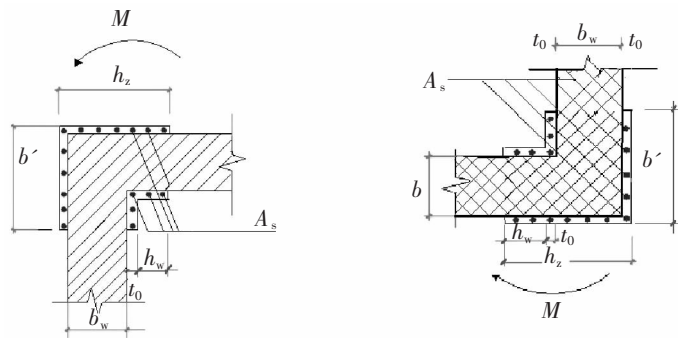
-1) 计算:

$$M = A_s f_s [h_z - (h_w + b_w) / 3] r_k \quad (5.6.6-1)$$

对于图 5.6.6-1 (b) 的情况, 其承载力  $M$  可按式 (5.6.6-2)

计算:

$$M = A_s f_s (h_z - 0.5 t_0 - h_w / 3) r_k \quad (5.6.6-2)$$



(a)

(b)

图 5.6.6-1 L形截面水泥复合砂浆-砌体组合构件

**5.6.7** 对于图 5.6.7 (a) 的情况, 其承载力验算可按 (5.6.7-1) 式进行:

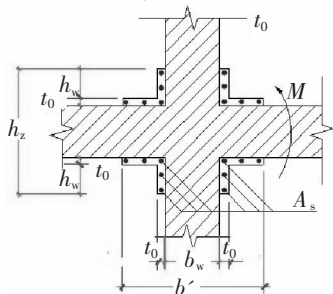
$$M = A_s f_s (h_z - 2h_w / 3) r_k \quad (5.6.7-1)$$

式中:

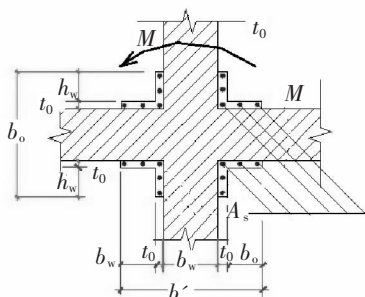
$h_z$ ——构造柱组合截面高度;

若钢筋对称布置, 且两个垂直方向的墙肢宽度均为  $b_w$  如图 5.6.7 (b), 则对垂直于  $h_z$  方向的抗弯承载力  $M$  可按 (5.6.7-2) 式计算:

$$M = A_s f_s (b' - 2b_o / 3) r_k \quad (5.6.7-2)$$



(a)

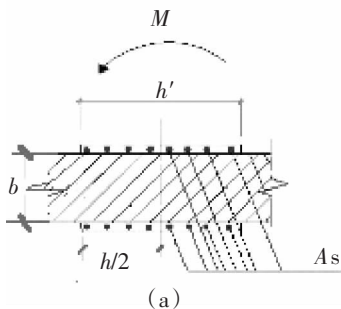


(b)

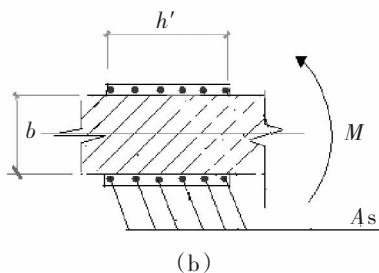
图 5.6.7 十字形截面水泥复合砂浆-砌体组合构件

**5.6.8** 对于图 5.6.8 (a) 的情况, 其承载力及算可按 (5.6.8-1) 式进行:

$$M = (2/3) A_s f_s h' r_k \quad (5.6.8-1)$$



(a)



(b)

图 5.6.8 水泥复合砂浆加固一字墙平面内受弯

对于图 5.6.8 (b) 一字形水泥复合砂浆加固墙平面内外受弯, 若钢筋对称布置, 则垂直于  $h'$  方向的承载力计算可按 (5.6.8-2) 式进行:

$$M = 0.8 b A_s f_s r_k \quad (5.6.8-2)$$

$h$ ——按 5.4.6 确定的窄条带宽度

## 5.7 水泥复合砂浆—砌体组合连续深梁计算

**5.7.1** 当需要加强上部结构整体刚度时，可利用上部结构的窗下墙体或门上墙体与双面水泥复合砂浆钢筋网薄层（HPFL）组合成的连续深梁加强上部结构刚度，组成类似连续深梁的结构，跨越沉降不均匀的地基，可按本规程 5.6.8 的 5.6.8-1 式计算。对连续深梁的计算简图应根据地基沉降的实际情况取用，沉降大的支座可按无支撑考虑，并应验算其余支撑（地基、基础）的可靠性。

**5.7.2** 当原砌体结构受弯构件承受的剪力设计值  $V_U \leq 0.1bh f_c$  时，可采用双面水泥复合砂浆钢筋网薄层夹板式加固，并复核抗剪承载力。

当原砌体结构受弯构件承受的剪力设计值  $V_U > 0.1bh f_c$  时，宜增加复合砂浆钢筋网薄层内的横向抗剪钢筋及拉结筋，且拉结筋与钢筋网应焊接，并复核抗剪承载力。

$h$ ——原砌体构件截面高度；

$f_c$ ——砌体的抗压强度设计值；

$b$ ——原加固砌体截面宽度。

## 6 构造规定

### 6.1 钢筋网的构造

**6.1.1** 当抗震设防烈度小于 6 度时，可采用冷轧带肋钢筋制作钢筋网，此时应满足《冷轧带肋钢筋》GB 13788—2000 的相关规定。当加固构件需承受动力疲劳荷载时，钢筋网应采用焊接非冷加工钢筋。

**6.1.2** 有抗震要求的结构加固不应用冷加工钢筋或无明显屈服台阶的钢筋制作钢筋网。钢筋网的节点可焊接或绑扎。剪切销钉的端部直钩应挂住钢筋网。

**6.1.3** 水泥复合砂浆加固砌体柱子时，横向箍筋应做成四边形的焊接封闭箍。

**6.1.4** 水泥复合砂浆加固墙体时，应设穿墙拉结筋，间距不大于 420mm；穿墙拉结筋应与墙体两侧的钢筋网片焊接；拉结筋本身应具有可靠的防锈措施（如表面涂抹沥青或防锈漆）。

### 6.2 剪切销钉的构造

**6.2.1** 剪切销钉宜采用表面变形钢筋；且其直径不宜大于 10mm。剪切销钉植筋宜采用无机植筋胶，无机植筋胶的各项物理性能应符合国家相关技术规定的要求。

**6.2.2** 水泥复合砂浆钢筋网中的剪切销钉的直径一般为 6 ~ 8mm，销钉一端植入被加固构件 10 ~ 15d，植入深度：用有机胶植筋时为



10d；无机胶植筋时不小于 12d。销钉应植在无孔洞处。销钉另一端弯成直角，弯折段长度 15 ~ 30mm。销钉露出被加固构件表面长度（至销钉 90° 直钩外边）不超过砂浆层厚度减 2mm。

### 6.3 水泥复合砂浆层厚度

水泥复合砂浆钢筋网薄层的厚度一般在 25 ~ 40mm，特殊情况下也可用到 80mm。

### 6.4 装配式楼盖水泥复合砂浆整体化抗震加固

当房屋处于 6 度以上（含 6 度）地震区而采用预制装配式楼盖时，应在板面满铺水泥复合砂浆钢筋网（图 6.4.1）使其整体化。



图 6.4.1 地震区装配式楼盖水泥复合砂浆整体化

水泥复合砂浆的强度应达 M30 以上（含 M30）；当设防烈度为 6 ~ 7 度时，钢筋网直径应为 4 ~ 6mm（及以上）间距 150mm（及以下）双向；当设防烈度为 7 度以上时，钢筋网直径应为 6mm（及以上）间距 150mm（及以下）双向。水泥复合砂浆薄层的厚度应为 25mm 及以上。

## 7 检验与验收

### 7.1 基本规定

**7.1.1** 水泥复合砂浆钢筋网加固工程施工质量验收的基本规定可参照相关国家标准的基本规定执行。其中分项工程可按钢筋、销钉与结合面、复合砂浆施工与被加固结构等划分，每一分项工程质量的验收应分成主控项目和一般项目；上一分项工程未经验收合格不应进行下一分项工程的施工。

**7.1.2** 当一个单位工程同时使用多种加固方案时，本方案可作为其中的一个子分部工程进行验收。

### 7.2 钢筋分项工程

**7.2.1** 当钢筋及钢筋网的品种、型号需作变更时，应办理设计变更文件。

**7.2.2** 在抹复合砂浆之前，应对下列项目进行钢筋隐蔽工程验收：

- 1 钢筋数量及钢筋网的品种、规格、位置。
- 2 销钉规格、数量、位置。
- 3 钢筋网的连接方式、接头位置及钢筋保护层。

**7.2.3** 钢筋原材料的检查与验收可参照现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 中的规定。

**7.2.4** 钢筋加工主控项目的检验与验收应符合下列要求：

1 加工件用原材料的品种、规格和强度等级应符合设计要求。

检查数量：全数检查。

检查方法：检查验收资料和复验报告。

2 钢筋焊接网的抗拉强度、伸长率、冷弯及抗剪试验结果应符合现行行业标准《钢筋焊接网混凝土结构技术规程》JGJ 114 中的规定。

检查数量：可按现行行业标准《钢筋焊接网混凝土结构技术规程》JGJ 114 确定。

检查方法：对外观质量、几何尺寸和钢筋直径，应按现行行业标准《钢筋焊接网混凝土结构技术规程》JGJ 114 的要求进行检查，对于焊接接头应按现行行业标准《钢筋焊接接头试验方法标准》JGJ/T 27 的规定进行试验。

**7.2.5 钢筋加工一般项目的检验与验收应符合下列要求：**

1 钢筋加工应符合本规程第 7.2.4 条的规定，其调直质量和尺寸偏差的检查验收应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 规定。

2 钢筋焊接网的外观质量和尺寸偏差的检查与验收应符合现行行业标准《钢筋焊接网混凝土结构技术规程》JGJ 114 的有关规定。

**7.2.6 钢筋网安装主控项目的检验与验收应符合下列要求：**

受力钢筋或钢筋网的品种、级别、规格和数量必须符合设计要求。

检查数量：全数检查。

检查方法：观察，钢尺和卡尺量。

**7.2.7 钢筋网安装一般项目的检验与验收应符合下列要求：**

1 钢筋网安装应符合本规程第 5 章的规定，其允许偏差应符合表 7.2.7 的规定。

表 7.2.7 钢筋网安装位置的允许偏差

项 目		允许偏差 (mm)	检 验 方 法
绑扎网	长、宽	$\pm 10$	钢尺检查
	网眼尺寸	$\pm 20$	钢尺连续量 3 档， 取最大值
受力钢筋与原构件表面间距		$\pm 3$	钢尺检查
	主筋方向	$\pm 10$	钢尺检查
	副筋方向	$\pm 20$	
网片搭接长度		$\pm 10$	钢尺检查

注：网片搭接长度符合《混凝土结构设计规范》第 8.4 条要求。

检查数量应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的规定。

2 钢筋网与销钉之间的固定可采用绑扎或焊接。

检查数量：同一检验批构件抽查 10% 且不少于 3 件。

检查方法：手摇动观察。钢筋不应相应于销钉产生滑动。手握钢筋摇动 5 下滑动距离小于 2mm。

## 7.3 销钉与结合面分项工程

7.3.1 销钉与结合面主控项目的检验与验收应符合下列要求：

1 销钉植入砌体中的数量和锚固强度应符合设计要求。

检查数量：每种规格销钉随机抽查 5%，且不少于 5 根。

检查方法：应按现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB

评定标准：剪切型销钉拔出极限力应大于销钉拉断力的 60%。

2 原构件砌体表层不得有劣化层（风化、剥离），表面不得有浮浆和油污，否则应凿毛一层。

检查数量：全数检查。

检查方法：检查测强报告与观察和敲击检查。

**7.3.2** 销钉与结合面一般项目的检验与验收应符合下列要求：

1 销钉、销钉孔及销钉植入后的位置、外露长度的尺寸偏差应符合表 7.3.2 的规定

检查数量：同一检验批抽查 10% 且不少于 3 件。

2 原构件表面的一般缺陷应按现行国家标准《砌体结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的规定进行检查和处理。

**表 7.3.2 销钉、销钉孔允许偏差**

项目		允许偏差 mm	检验方法
销钉	直径	$\pm 1$	游标卡尺测量
	长度	$\pm 5$	钢直尺测量
销钉孔	直径	$\pm 2$	钢直尺测量
	深度	$+5$	钢直尺测量
销钉外露长度		$\pm 5$	钢直尺测量
销钉位置		$\pm 10$	钢直尺测量

**7.3.3** 销钉的拉拔检验应区分拉拔型或剪切性。对于剪切型销钉，在满足 5.4.3 条的前提下，拉拔应力达到销钉本身抗拉强度的 60% 即认为合格。

## 7.4 复合砂浆分项工程

**7.4.1** 对于原材料主控项目，其水泥、外加剂以及氯化物和碱的总含量的检查与验收应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的有关规定。

**7.4.2** 原材料一般项目的检验与验收应符合下列要求：

1 配制复合砂浆用的中砂和水的检查与验收应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的有关规定。

2 复合砂浆用纤维应符合有关产品标准的规定。

检查数量：按进场批次逐批检查。

检查方法：检查产品出厂合格证。

**7.4.3** 复合砂浆施工主控项目的检验与验收应符合下列要求：

1 复合砂浆配合比应由材料试验室按设计要求根据现场实用材料试配，其性能应符合设计要求。

检查方法：检查配合比设计报告。

2 加固施工用复合砂浆的强度等级应符合设计要求。用于检查强度的试件应在涂抹施工地点随机抽取，留取的试件应符合下列规定：

每工作班拌制的同一配合比的砂浆，取样不少于1次；

每一楼层、同一配合比的砂浆，取样不少于1次；

每次取样应至少留一组标准养护试件和根据实际需要留若干组同条件养护试件。

检验方法：检查施工记录及试件强度试验报告。

3 配置砂浆用原材料的称量偏差应符合表 7.4.3 的规定

表 7.4.3 每盘原材料称量的允许偏差

材料名称	允许偏差
水泥、掺合料、纤维	$\pm 2\%$
骨料	$\pm 3\%$
水、外加剂	$\pm 2\%$

4 砂浆的运输、涂抹和间歇的全部时间不得超过砂浆的初凝时间。

检查数量：全数检查。

检查方法：观察，检查施工记录。

**7.4.4** 复合砂浆施工一般项目的检验与验收应符合下列要求：

1 施工缝的留置和处置应按设计要求和施工技术方案执行。

检查数量：全数检查。

检查方法：观察，检查施工记录。

2 施工完毕后应按技术方案及时采取有效的措施进行养护

检查数量：全数检查。

检查方法：观察，检查施工记录。

## 7.5 被加固结构分项工程

**7.5.1** 加固层的覆盖面应符合设计要求。加固结构的质量缺陷分严重缺陷和一般缺陷两类，其质量应由监理（建设）单位、施工单位等各方面根据其对结构性能和使用功能影响的严重程度按表 7.5.1-1 和 7.5.1-2 确定，对出现的缺陷应当予以妥善处理。

表 7. 5. 1 - 1 加固构件外观质量缺陷

名称	现象	严重缺陷	一般缺陷
露筋	钢筋未被砂浆包裹而外露	主要受力钢筋有外露	其它钢筋有少量外露
裂缝	砂浆表面有显著的缝隙	影响结构性能和使用功能	少量且不影响结构性能和使用功能
空鼓	砂浆层与原构件分离		
局部缺损	棱角受损	影响使用功能或装饰效果	不影响使用功能或装饰效果
外表缺陷	表面凹凸不平、麻面、起砂、掉皮、沾污等		

表 7. 5. 1 - 2 加固构件尺寸允许偏差

项目	允许偏差（mm）	检验方法
砂浆层厚度	+ 3	探针或钻孔检查
表面平整度	8	2m 靠尺和塞尺检查
保护层厚度	- 2， + 5	保护层探测仪检查

7. 5. 2 加固结构主控项目的检验与验收应符合下列要求：

1 水泥复合砂浆试件在同条件下养护所得强度应合格。

检查数量与检查方法：应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的规定。

2 结构的加固层不应存在外观质量和尺寸偏差的严重缺陷。

检查数量：全数检查。

检查与处理方法：应符合现行国家标准《砌体结构工程施工质量验收规范》GB 50203 的规定。



### 7.5.3 加固结构一般项目的检验与验收应符合下列要求：

1 结构加固层的外观质量不宜存在一般缺陷。

检查数量：全数检查。

检查方法：观察，检查技术处理方案。

2 结构加固层的一般尺寸偏差应合格。

检查数量：应符合现行国家标准《砌体结构工程施工质量验收规范》GB 50203 的规定。

## 附录 A 被加固构件表面粗糙度处理及评定

**A.0.1** 被加固砌体构件表面粗糙度处理应符合下列要求：

- 1 被加固砌体构件表面应凿毛，形成凹凸不平的黏结面。
- 2 凿毛最大深度不应超过 10mm。凿毛时应应对砌体结构的被加固面进行全方位打磨。

为获得均匀凹凸程度的黏结面，可在混凝土表面来回均匀凿毛，并限定凿毛最大深度不超过  $\delta$ （取 10mm）。凿毛时应应对被加固混凝土构件侧面、立面、底面进行全方位打磨。

**A.0.2** 被加固砌体表面粗糙度评定应按下列要求进行：

- 1 应采用标准石英砂掺水对凿毛面进行抹砂，并测定平均抹砂深度；

- 2 测定平均抹砂深度时应按照以下工艺流程进行：

- (1) 凿毛；

- (2) 清理表面；

- (3) 抹砂；

- (4) 刮砂：选择一 200mm × 200mm 方形区域（用不锈钢方框片，图 1）作为一个测区将砂轻轻刮下。

- (5) 测量刮下砂的体积  $V$ ：

- ①宜采用下列工具和材料测定平均抹砂深度：

工具：250ml 量筒、漏斗、50mm × 100mm 抹砂刀（图 2）、猪鬃木柄刷（图 3）、200mm × 200mm 方形开洞不锈钢铁皮。

材料：石英砂，粒径范围为  $40\mu\text{m} \pm 3\mu\text{m}$ ；自来水。

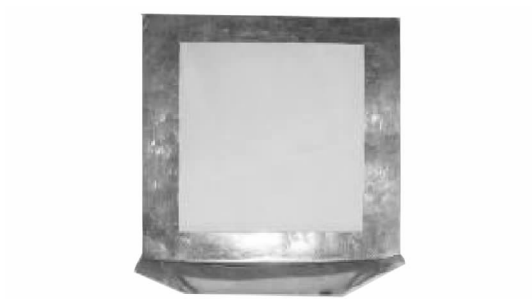


图1 200mm×200mm 方形开洞不锈钢铁皮

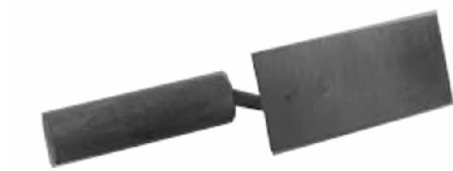


图2 抹砂刀



图3 猪鬃木柄刷

## ②平均抹砂深度测量工艺流程：

a. 被加固砌体表面凿毛后，用水、毛刷洗刷施工面，刷去附于粗骨料上的砂浆、杂物等。

b. 待被加固砌体构件表面干燥后，对凿毛面进行抹砂。配制砂水比为：标准石英砂质量：水质量 = 1：0.25 的湿砂，搅拌均匀，用 50mm×100mm 抹砂刀均匀地将湿砂涂抹于凿毛表面（大于 200mm×200mm），为使砂能恰好地填充于混凝土结构凹面，而不盈余，最后用抹砂刀在其表面来回连续平刮 5 次，每次落砂量以不超过 0.05ml 为准，抹砂后应避免结构有较大的振动，以防所抹细砂被抖落，影响测量结果。

c. 待被加固砌体表面所抹的砂干燥后，可对其表面进行刮砂处

理。采用 200mm × 200mm 方形开洞不锈钢皮靠在砌体表面，用猪鬃木柄刷在该方形开洞区域，轻轻地将砂刷下，且确保区域内所有的砂都被刷下。按不锈钢铁皮时，应该先确定位置，迅速而平稳地贴于砌体表面，不得上下左右错动，以免造成试验误差。

d. 将被加固砌体构件界面 200mm × 200mm 方形区域上刷下的砂全部倒入量筒中，测量其体积  $V$ ，精确至 1ml。同一区域重复以上操作程序 3 次，记录测量结果，取其平均值。对于梁、柱构件，为减少误差，可布置多个（2 个以上）测区，间距 1m 以上布置一个测区为宜，计算时取所有测区的平均值。

**A. 0.3** 被加固构件表面粗糙度评定按下列公式确定：

$$H = \frac{V}{sqA} \quad (\text{A. 0.3 - 1})$$

$$n_r = \frac{H}{\delta} \quad (\text{A. 0.3 - 2})$$

式中：

$H$ ——平均抹砂深度，单位为 mm；

$V$ ——边长为 200mm × 200mm 区域内抹入（后刷下）的标准砂体积，单位为 mm<sup>3</sup>；

$sqA$ ——方形区域面积，为 40000mm<sup>2</sup>；

$n_r$ ——表面粗糙度；

$\delta$ ——凿毛最大深度限值，取 10mm。

**A. 0.4** 加固砌体构件表面凿毛度可按粗糙度 分为三个等级：

I 级凿毛度： $n_r < 0.1$

II 级凿毛度： $0.1 \leq n_r \leq 0.2$

III 级凿毛度： $n_r > 0.2$

加固砌体构件表面的凿毛度等级不宜低于 I 级。

各级粗糙度黏结面纵断面示意及实况分别见图 4。

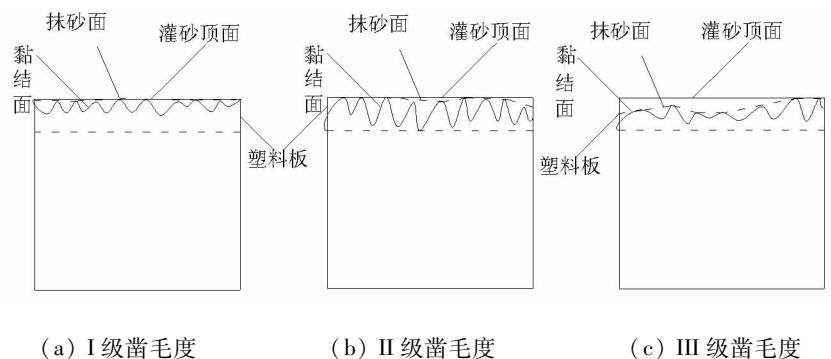


图 4 黏结面纵断面图

## 附录 B 预制钢筋混凝土板表层水泥复合 砂浆钢筋网薄层整体化构造

**B.0.1** 将铺设好的预制钢筋混凝土板表面凿毛至Ⅱ级以上凿毛度（附录 A）。

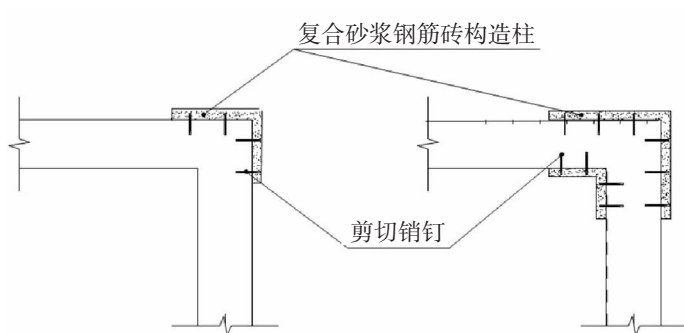
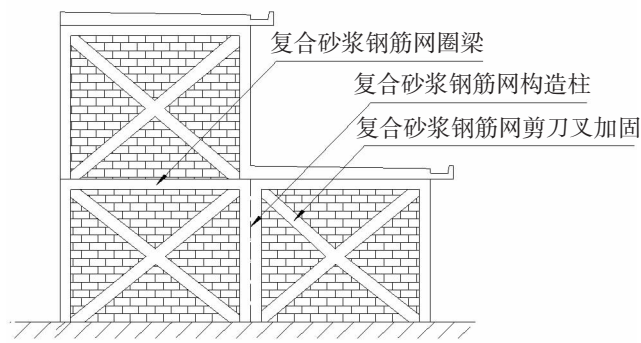
**B.0.2** 在铺设好的钢筋混凝土板面上向下按间距 300mm（错位成梅花状布置）植入剪切销钉（销钉为直径 6mm 的表面变形钢筋；长 80mm + 端部 20mm 长 90 度直钩；植剪切销钉须事先划线定位、避开板内孔洞）；90 度直钩露出板面 20mm 高。

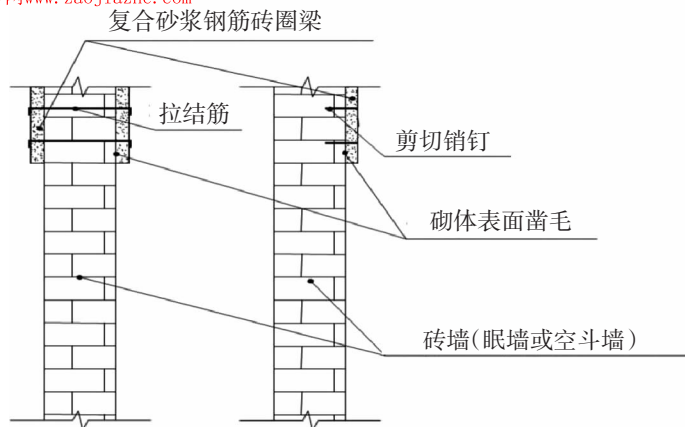
**B.0.3** 在铺设好的钢筋混凝土板面上铺设直径 4 ~ 6mm 的钢筋网，间距 150mm；纵横交接处用扎丝绑扎好或用电焊点焊好。

**B.0.4** 铺抹水泥复合砂浆（《水泥复合砂浆钢筋网加固混凝土结构技术规程》（CECS 242））。

**B.0.5** 铺抹好水泥复合砂浆后 1 ~ 24h 喷水雾养护；铺抹好水泥复合砂浆 24 小时后可用无压力淋水养护至达到设计要求。

## 附录 C 水泥复合砂浆薄层窄条带与砖砌体组合形成的圈梁、构造柱、斜撑





尽可能采用双面水泥复合砂浆钢筋网薄层（HPFL）与砌体组合成圈梁构造柱；当设防烈度大于7度时，不应用单面复合砂浆钢筋网薄层。



## 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 本规范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

- 1 《建筑地基基础设计规范》GB 50007
- 2 《建筑结构荷载规范》GB 50009
- 3 《混凝土结构设计规范》GB 50010
- 4 《建筑抗震设计规范》GB 50011
- 5 《建筑结构可靠度设计统一标准》GB 50068

- 6 《建筑结构设计术语和符号标准》 GB/T 50083
- 7 《砌体结构工程施工质量验收规范》 GB 50203
- 8 《混凝土结构工程施工质量验收规范》 GB 50204
- 9 《建筑抗震设防分类标准》 GB 50223
- 10 《墙体材料应用统一技术规范》 GB 50574
- 11 《冷轧带肋钢筋混凝土结构技术规程》 JGJ 95
- 12 《砌体结构设计规范》 GB 50003 – 2011
- 13 《水泥复合砂浆钢筋网加固混凝土结构技术规程》 CECS  
242: 2008
- 14 《多层房屋钢筋沥青基础隔震技术规程》 DBJ 43/T 304  
– 2014

# 湖南省工程建设地方标准

## 高性能水泥复合砂浆钢筋网加固 砌体结构技术规程

### 条文说明

## 修订说明

本规程的特点是对用新材料“水泥复合砂浆钢筋网”加固砌体结构、用水泥复合砂浆钢筋网薄层（HPFL）与砌体形成组合圈梁、构造柱代替传统的钢筋混凝土圈梁、构造柱的砌体结构（不论是既有建筑或新建建筑）进行设计和计算。并针对村镇建筑提出：结构墙体在三层以下，抗震设防烈度低于或等于7度时，承重墙体可采用一眠一斗墙或承重空心砖（或承重混凝土砌块）墙。

“水泥复合砂浆钢筋网加固砌体结构”是一种新型的砌体房屋加固方法，其加固效果优异、取材容易、构造简捷、施工便利、耐久性好、造价低廉。适合于在广大城镇及农村地区使用。

# 目 次

<b>1</b>	<b>总则</b>	62
<b>3</b>	<b>基本规定</b>	63
3.1	一般规定	63
3.2	设计计算原则	64
<b>4</b>	<b>加固材料</b>	65
4.2	外加剂	65
4.3	纤维	65
4.4	砌体结构用界面剂	65
4.5	水泥复合砂浆	65
4.6	钢筋及焊接材料	66
4.7	植筋胶	66
<b>5</b>	<b>基本设计规定</b>	67
5.2	钢筋网保护层厚度	67
5.3	剪切销钉的设置	67
5.4	圈梁、构造柱、斜撑设置	67
5.5	承载力验算	68
5.7	水泥复合砂浆 - 砌体组合连续深梁计算	71
<b>6</b>	<b>构造规定</b>	72
6.1	钢筋网的构造	72
6.2	剪切销钉的构造	72

6.3	水泥复合砂浆层厚度 .....	73
6.4	装配式楼盖水泥复合砂浆整体化抗震加固 .....	73
7	检验与验收 .....	74
7.1	基本规定 .....	74
7.2	钢筋分项工程 .....	74
7.3	销钉与结合面分项工程 .....	74
7.4	复合砂浆分项工程 .....	74
7.5	加固结构分项工程 .....	75

# 1 总 则

**1.02** 本规程主要适用于砌体结构房屋的加固，但在中国的建国初期，由于钢产量很低，就地取材，修建了很多石砌体拱桥和挡土构造工程，都是砌体结构，现在这些砌体工程使用已经超过了 60 年，需要进行维修加固，其中包括大量的道路桥梁工程，因此，砌体结构道路桥梁工程的加固可以参考本规程执行。

**1.05** 试验研究表明有机植筋胶在环境温度超过 50℃ 时，强度和弹性模量开始下降，因此不宜在环境温度高于 50℃ 的情况下使用有机胶。

## 3 基本规定

### 3.1 一般规定

**3.1.1** 因湖南省各地区抗震设防烈度均低于 8 度，故本规程仅考虑设防烈度 6、7、8 度地区。对于抗震设防烈度大于 8 度地区属于高烈度区，砌体房屋宜设隔震层；设隔震层后的上部结构经加强各关键措施，可参照本规程进行加固。

**3.1.5** 采用水泥复合砂浆钢筋网薄层加固砌体结构时，原结构、构件的砌体强度等级不宜低于 0.6MPa，否则因这种组合构件的强度不高导致加固效果不佳。根据城镇建设需要和大量实验证明，用水泥复合砂浆钢筋网薄层加固的空斗墙也具备一定的抗震抗剪强度（须按本规程设置用水泥复合砂浆钢筋网与砌体形成的组合圈梁、构造柱或剪刀撑）。因此，原结构墙体在三层以下时，抗震设防烈度低于或等于 7 度时，承重墙体可采用空斗墙或空心砖（或混凝土砌块）墙。

**3.1.13** 试验研究表明：采用预制钢筋混凝土空心板表层水泥复合砂浆钢筋网薄层整体化效果较好，整体化后任意两个垂直方向的水平刚度都满足整体化要求，即在任意两个垂直方向的地震作用都能传递到砌体墙上。

在《建筑抗震设计规范》（GB 50011—89）中规定当烈度为 6 度时，砌体结构的高宽比可达 2.5；而在《建筑抗震设计规范》（GB



50011—2010) 中规定当采用隔震措施时,砌体结构的高宽比可达 4.0。出于安全的考虑,目前我们暂取较小的 2.5,能满足一般的多层砌体结构使用要求。

**3.1.14** 当在其他各方面仍符合国家标准《砌体结构设计规范》规定的相关内容时,可用高性能复合砂浆钢筋网薄层(HPFL)窄条带与砖砌体组合形成的圈梁、构造柱代替传统的钢筋混凝土圈梁、构造柱,且施工方便、快捷。

## 3.2 设计计算原则

**3.2.1** 采用水泥复合砂浆钢筋网加固砌体结构时,一般情况下,采用线弹性方法计算结构的荷载效应、作用效应是为了简化设计。

**3.2.6** 这一条是为了明确加固部分的应变滞后特点,提醒加固设计者应要求施工者尽可能卸除被加固结构上可以卸除的荷载。

**3.2.8** 考虑带载加固层的应力滞后问题,加固层的材料强度难以充分利用,构件的承载力提高幅度受到限制。

**3.2.9** 当圈梁、构造柱的设置都满足本规程 5.4.1 条要求时,圈梁构造柱可不必计算,只需按本规程构造要求设计成 HPFL 窄条带圈梁、构造柱。

## 4 加固材料

### 4.2 外加剂

**4.2.1** 从耐久性考虑，配制水泥复合砂浆用的外加剂，应尽量采用无机材料。

### 4.3 纤维

**4.3.1** 水泥复合砂浆用的纤维，应采用短纤维，防止纤维在砂浆中成球。为保证耐久性，采用合成纤维的掺量应尽可能少。

**4.3.3** 合成纤维长度宜越长越好，在施工搅拌不成团的前提下尽可能取长纤维。

### 4.4 砌体结构用界面剂

**4.4.1** 一般情况下，砌体结构表面的粗糙度都能达到一级标准，因此，砌体结构表面一般可不做凿毛处理，也可不用界面剂。

### 4.5 水泥复合砂浆

**4.5.1** 水泥复合砂浆配合比应根据工地现场的实际用砂、水和水泥，经材料试验室试配后提供给施工单位。

**4.5.9** 因为复合砂浆主要用来加固砌体结构，当水胶比大于 0.4 以后砂浆强度偏低，故不宜采用。

**4.5.10** 各种掺入纤维主要用途是防止砂浆早期收缩产生裂缝，因此，其体积掺入率不宜小于规范要求。

## 4.6 钢筋及焊接材料

**4.6.1** 水泥复合砂浆中的钢筋网宜选用带有明显屈服强度的钢材，使被加固的砌体结构具有一定的延性。

## 4.7 植筋胶

**4.7.1** 无机植筋胶的耐久性能达到 40 年以上，符合结构工程耐久性要求。

**4.7.2** 非饱和树脂有机植筋胶虽然凝固速度快，但其强度损失多，耐久性不好，因此一般情况下不应采用。

**4.7.3** 已有试验研究证明，当环境温度高于 50℃ 时，固化后的有机黏结胶的强度和刚度开始下降，胶体软化。三伏天江南地区遭阳光直射的砼，表面附近温度都在 50℃ 以上。

**4.7.4** 不论是有机植筋胶还是无机植筋胶，都不能在油脂环境中正常固化，因此植筋前如发现孔洞中或植筋表面有油脂，应想办法将其去除干净。

**4.7.5** 有机植筋胶在有粉尘或潮湿的环境中，与植筋基体丧失黏结力。

## 5 基本设计规定

### 5.2 钢筋网保护层厚度

**5.2.1** 钢筋网的水泥复合砂浆保护层越厚，耐火极限越大。

**5.2.2** 因为复合砂浆薄层中采用细直径钢筋，且间距小，裂缝间距及宽度都很小，故钢筋网保护层厚度也可小一些。水泥复合砂浆钢筋网最小保护层厚度越大，保护层被碳化的时间越长，耐久性越好；结构使用年限越长。

### 5.3 剪切销钉的设置

**5.3.1** 剪切销钉是水泥复合砂浆加固技术的关键，不能省去。剪切销钉的间距小于销钉植入深度的两倍时，拔出椎体的表面积将大大减小，2根钢筋的拔出椭圆椎体的表面积的 $1/2$ 将大大小于1根钢筋的拔出椎体的表面积。

**5.3.2** 当设置剪切销钉时，规定了间距最大值和销钉直径最小值，是为了保证新老材料之间最小锚固强度。

### 5.4 圈梁、构造柱、斜撑设置

**5.4.1** 当柱的较大间距不大于3.9m时，水泥复合砂浆组合圈梁构造柱结构的设置无需计算，仅按本条文构造设置即可。当砌体为空斗墙或空心砖墙时，其抗震性能较低，水泥复合砂浆条带宽度适当

加入。用高性能复合砂浆薄层（HPFL）窄条带与砌体组合形成圈梁构造柱，可用于新建建筑或既有建筑。在地震区，含墙率不能低于最低限制要求（本条），否则抗震性能极差。

**5.4.2** 根据历次震害的调查经验，钢筋混凝土梁先破坏的情况基本没有，故本规程不规定对水泥复合砂浆圈梁进行抗震计算，仅对水泥复合砂浆构造柱设计进行计算。

**5.4.3** 为避免水泥复合砂浆圈梁存在内折角，抗拉强度低的情况，特在墙体内折角转弯处预埋拉结筋，同时限制砌筑砂浆强度不宜过低。

**5.4.4** 在楼梯间或人行公共通道等生命通道边的墙上，宜设置水泥复合砂浆与砌体形成的双面 HPFL 斜撑，且有可靠的拉结措施。

## 5.5 承载力验算

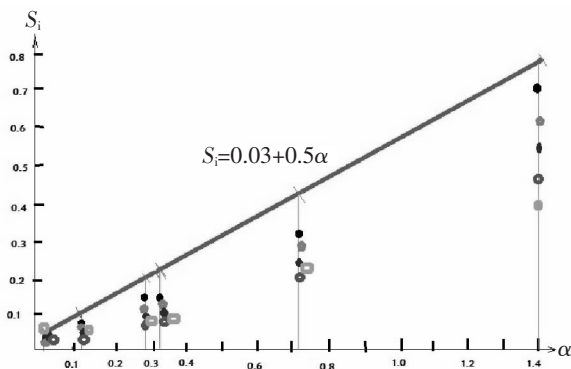
**5.5.1** 砌体本是偏压构件，当进行抗震加固设计时为简化计算将其分为在竖向荷载下的偏压和在水平地震作用下的受弯分别计算。截面上的最大应力应是这两部分的叠加。那么受弯应力  $\sigma_w$  占总应力的部分比例  $S_i$  应当在验算受压时就留出来供抗震时用。

$$S_i = \sigma_w / (\sigma_N + \sigma_w)$$

设重力荷载是  $N$ ，则水平地震作用是  $F = \alpha N$ ，其中  $\alpha$  是地震影响系数。则可导出  $\alpha$  与受弯应力占总应力的比例  $S_i$  最大值的 relationship 如下图所示。

通过设  $F = \alpha N$ ，将该层墙柱看作上下两端固结的构件，通过刚度比分配  $F$  到各个构件  $F_i = \alpha N k_i$ ，弯矩  $M_i = l \times F_i / 2 = \alpha N l k_i / 2$  ( $l$ ——层净高)。发现  $S_i$  主要与地震影响系数  $\alpha$  有关，与重力荷载  $N$

无关；与层净高及柱截面几何尺寸关系不大。



$\alpha$  与  $S_i$  的关系图

上图说明，当地震影响  $\alpha$  越大时，水平地震作用的弯曲应力  $\sigma_w$  所占比例越大。

为简化计算，将  $\alpha$  与  $S_i$  简化成直线关系：

$$S_i = 0.03 + 0.5\alpha$$

按此式计算，在罕遇地震  $\alpha = 1.4$  时， $S_i$  有点偏大。这是考虑  $\alpha$  较大时多半是在震中区，这时还有较强的竖向地震未考虑，这里多一点富余也是合理的。

砌体结构的水平刚度较大，故取  $\alpha = \alpha_{\max}$ 。

当对砌体结构抗震加固计算的时候，还须按水平地震作用受弯验算截面。主要是高性能复合砂浆钢筋网薄层抵抗水平地震作用的抗弯计算。为了简化计算，采用不同砌体类型的调整系数  $r_k$ 。其实质是不同砌体类型的内力臂调整（通过变化内力臂反映不同类型砌体的受力特点）。图 5.5 为眠墙和其他墙截面受弯应力分布图，其中带下标 K 参数表示非眠墙参数。

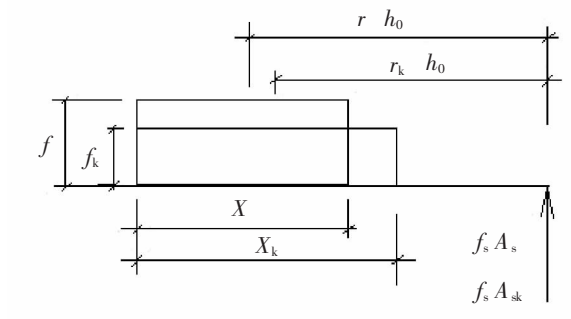


图 5.5 眠墙和空斗墙截面受弯计算简图

由  $\Sigma Y = 0$

$$A_s f_s - b x f = 0 \quad (1)$$

$$A_{sk} f_s - b x_k f_k = 0 \quad (2)$$

$$A_{sk} f_s / b x_k = f_k$$

$$A_s f_s / b x = f$$

$$f_k / f = (A_{sk} / x_k) (x / A_s) = K \quad (3) \text{ (大写 } K \text{)}$$

$f$ ——实心黏土砖眠墙砌体抗压强度；

$f_k$ ——其他黏土砖、砌块砌体抗压强度；

$A_s$ ——受拉钢筋面积；

$f_s$ ——受拉钢筋设计强度；

$A_{sk}$ ——采用其他黏土砖、砌块时受拉钢筋强度；

$x$ ——采用黏土砖眠墙时等效矩形压应力图形高度；

$x_k$ ——采用其他干土砖、砌块时的等效矩形压应力图形高度；

$b$ ——砌体受弯截面宽度。

**5.6.4** 当水泥复合砂浆构造柱纵向钢筋锚固在下部圈梁时，可按下部刚结考虑；否则只按下部铰结考虑，上部均应刚结。

**5.6.5 ~ 5.6.8** 条文都是对间距大于 3.9m 的水泥复合砂浆构造柱进行抗震抗弯计算。严格地讲，这里应该是进行偏心受压计算，但考虑到水平地震作用是一种随机偶然作用，其产生的弯矩也是短期偶然作用，而且在 5.5.1 条已做了非震时偏心受压计算，故这里为了简化仅做地震时抗弯计算（抗弯承载力的近似计算均偏于保守）。

## 5.7 水泥复合砂浆 - 砌体组合连续深梁计算

**5.7.1** 当考虑利用上部结构的墙体用水泥复合砂浆加固成连续深梁，加强上部结构刚度以避免地基不均匀沉降时，应验算上部结构重力荷载在基底产生的平均压应力不大于地基的承载力设计值。



## 6 构造规定

### 6.1 钢筋网的构造

**6.1.1** 用冷加工钢筋或无明显屈服台阶的钢筋制作钢筋网会降低被加固结构的延性。

**6.1.2** 水泥复合砂浆钢筋网钢筋宜采用具有明显屈服点的热轧低碳钢筋；若采用冷加工钢筋时，应做退火处理，使其回到 HPB300 的性能指标。

**6.1.3** 承受动力疲劳荷载的加固构件，钢筋网的所有节点应采用焊接。

### 6.2 剪切销钉的构造

**6.2.1** 在加固的复合砂浆钢筋网薄层中，一定要有剪切销钉，且与被加固构件可靠连接。一般是采用植筋的方法。剪切销钉采用表面变形钢筋时植筋锚固效果大大好于光圆钢筋。在有条件时最好采用无机胶，采用无机植筋胶的耐久性好于有机植筋胶。无机植筋胶的主要成分应为无机材料，保证植筋胶有良好的耐久性和耐高温性能，即植筋胶在时间和温度的作用下，不老化、不脆裂、强度不降低，保证被植入钢筋或螺栓能承受预定的拉力。因此，无机植筋胶的各项物理指标应符合国家相关规定。其技术性能特点：①环保：无毒、无味、无有毒性挥发物质，国标限量：甲醛不大于 0.5 g/kg；TVOC

含量不大于 200g/L。②黏结力强：国家标准要求：A 级胶 11.0MPa；与普通混凝土黏结，正拉黏结强度：不小于 0.5MPa。③强度高。

**6.2.2 有机结构胶黏结性能比无机结构胶好，故植入深度可小一点。**

### 6.3 水泥复合砂浆层厚度

水泥复合砂浆层厚度按本规程要求和设计计算取值，一般不宜大于 45mm，厚度太大时施工分层扶压次数太多，施工难度加大。

### 6.4 装配式楼盖水泥复合砂浆整体化抗震加固

楼盖作为多层砌体房屋一个不可或缺的部分，其抗震性能也应该得到保证。

预制装配式楼盖由于其抗震性能不佳，近年来正慢慢被边缘化。

预制板的制造和使用在我国已有很长的历史和经验，价格低廉，安装方便快捷，但其在一个方向不连续，整体性不好。若在其上做一层水泥复合砂浆薄层（25mm 到 30mm 厚，代替找平层），试验表明其整体性得到很大加强，除不会产生分散塌落外，其水平面内任意两个垂直方向的刚度都可近似为无穷大。其抗震性能得到充分保证。

## 7 检验与验收

### 7.1 基本规定

**7.1.1** 水泥复合砂浆钢筋网加固砌体工程的工艺与其他普通工程差不多，因此，基本规定可参照相关国家现行标准的基本规定执行。

### 7.2 钢筋分项工程

**7.2.1** 当钢筋及钢筋网的品种、型号需作变更时，应由专业设计人员办理钢筋代换文件。

**7.2.2** 因钢筋、销钉数量、品种、位置是重要参数，抹复合砂浆后就看不见了，所以在抹复合砂浆之前，应对这些项目进行钢筋隐蔽工程验收。

### 7.3 销钉与结合面分项工程

**7.3.3** 应由本工程设计人员在图纸上注明哪些是剪切型销钉、哪些是拉拔型销钉。对于剪切型销钉，拉拔应力较小。

### 7.4 复合砂浆分项工程

**7.4.1** 复合砂浆拌制时，应严格按试验室提供的配合比，每种材料必须称量。且用机械拌和。

**7.4.4** 复合砂浆抹到砌体表面之后养护非常重要。复合砂浆抹到砌

体表面之前，须对砌体喷水湿润（既潮湿又不见明水）。复合砂浆抹到砌体表面之后，应在 45min 之后 1.5h 之前对抹到砌体表面的复合砂浆进行水雾养护（喷水雾）。48 小时后（气温 10°）、24 小时后（气温 20°）可用淋水养护。

## 7.5 加固结构分项工程

**7.5.1** 根据表 7.5.1-1 可以区分结构的质量严重缺陷和一般缺陷。表 7.5.1-2 加固构件尺寸允许偏差是根据被加固结构的承载能力和耐久性的可能下降而制定的。