

文章编号:1007-6492(2002)01-0086-03

GRC 网格布加固空心砖砌体受剪性能的研究

陈 萌

(郑州大学土木工程学院,河南 郑州 450002)

摘 要: 分别采用水泥砂浆面层、一层 GRC 网格布面层、二层 GRC 网格布面层三种方法加固空心砖砌体,加固的小试件共计 36 个,通过与 12 个未加固对照试件试验结果相比较,得出采用二层 GRC 网格布加固空心砖砌体有较好的阻裂效果,且能明显提高空心砖砌体的抗剪强度;分析了加固试件抗剪强度的影响因素,提出了用 GRC 网格布加固空心砖砌体的受剪承载力计算方法.为方便工程中的应用,提出了用 GRC 网格布加固空心砖砌体的施工要求.

关键词: 玻纤增强水泥; 剪切强度; 空心砖砌体
中图分类号: TU 528.581 文献标识码: A

砖砌墙体的开裂现象较为普遍,其开裂的主要原因是因为砖砌体的抗剪强度不足,尤其是灰缝的抗剪强度不足,因而如何提高砖砌墙体的抗剪强度以及对已开裂的墙体如何加固修复是亟待解决的课题之一^[1]. 玻璃纤维增强水泥 GRC (Glassfiber Reinforced Cement) 是国际上近 30 年来出现的新型建筑材料,它是将一定数量的耐碱玻璃短纤维按照一定的工艺(喷射或拌合)分散到低碱度的水泥砂浆中,可增强材料的阻裂性能,具有明显的优点.

利用国家建材科学研究院研制、郑州安达公司生产的 ER-13 型耐碱玻璃纤维经“拌合法”制作的 GRC 材料,经深入的试验研究,在工程中已用于提高砖砌体的抗剪、抗裂强度,效果较好^[2]. 但是,在采用“拌合法”制作 GRC 材料时,尚未实现机械化生产,而且在手工进行拌合时,耐碱的玻璃短纤维刺激人的皮肤,使之发红发痒,因此极大地阻碍了 GRC 材料在工程中的广泛应用.经生产工艺的改进,郑州安达公司新研制出的 GRC 网格布,克服了上述“拌合法”GRC 材料的缺点,不再需要人工拌合,可批量生产,施工方便,布厚 1 mm,且每个小网格的尺寸为(10 mm×10 mm). 本文主要研究的就是利用此种 GRC 网格布加固空心砖砌体的抗剪抗裂性能,为 GRC 网格布在工程实践中的推广应用提供依据;在此基础上,给出工程中采用 GRC 网格布加固空心砖砌体的施工要求.

1 试验方案

分别采用水泥砂浆面层、一层 GRC 网格布面层、二层 GRC 网格布面层三种方法加固空心砖砌体,加固的小试件共计 36 个,通过与 12 个未加固的对照试件试验结果相比较,分析不同加固方法的阻裂效果、加固小试件剪切破坏的形态及影响其抗剪强度的主要因素,提出采用 GRC 网格布加固空心砖砌体抗剪强度的计算方法.

1.1 试件的制作

试件的试验方案如表 1 所示.

表 1 试件的试验方案
Tab. 1 Testing draft of samples

试件的加固方法	砌筑砂浆的强度等级			
	M5	M7.5	M10	M15
未加固对照试件	D-5-	D-7.5-	D-10-	D-15-
水泥砂浆面层	C-5-	C-7.5-	C-10-	C-15-
一层 GRC 网格布	G1-5-	G1-7.5-	G1-10-	G1-15-
二层 GRC 网格布	G2-5-	G2-7.5-	G2-10-	G2-15-

说明: 每种方案均包含有 3 个试件.

(1) 试件的尺寸: 将 9 块砖砌成如图 1 所示的试件. 试件由人工砌筑,砂浆人工拌合,每 3 个小试件为一组砌筑,共计 16 组,48 个试件.

(2) 试件的主要变化参数: 砌筑砂浆的强度等级分别为 M5, M7.5, M10, M15. 砌筑砂浆均采用 425 号矿渣水泥,中砂配置,水泥:砂以重量表示计算配合比(M5 为 1:8.72, M7.5 为 1:6.58, M10 为 1:5.56, M15 为 1:4.25). 对应于每种强度等

收稿日期:2001-10-08; 修订日期:2001-12-20

作者简介:陈萌(1969—),女,河北省吴桥县人,郑州大学讲师,硕士,主要从事钢筋混凝土结构方面的研究.

级,取砂浆标准试件 $70.7\text{ mm} \times 70.7\text{ mm} \times 70.7\text{ mm}$,一组 6 块,标养至 28 天,测定其抗压强度平均值(M5 为 5.50 MPa ,M7.5 为 11.50 MPa ,M10 为 15.40 MPa ,M15 为 21.70 MPa)。

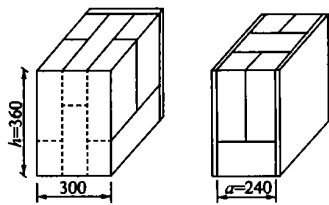


图 1 试件的尺寸
Fig.1 Size of samples

(3) 加固层:试件砌好后,再按照试验方案表 1 沿试件通缝的两侧涂抹加固层.加固层均采用 1:3 水泥砂浆,厚度为 20 mm .涂抹加固层之前,应在试件表面处涂抹 1 mm 厚水泥净浆,水泥净浆中粘结剂的掺量为 20% .其中,水泥砂浆面层的施工方法为:按上述规定涂抹 20 mm 厚的加固层;一层 GRC 网格布面层的施工方法为:先抹一层约 10 mm 厚的水泥砂浆,放上一层 GRC 网格布,再抹一层水泥砂浆,保证加固层厚度为 20 mm .此时,加固层中 GRC 的含量为 $\rho=0.24\%$ (占水泥砂浆重量比);二层 GRC 网格布面层的施工方法为:先抹一层水泥砂浆,放上一层 GRC 网格布,再抹一层水泥砂浆,再放一层 GRC 网格布,外面用水泥砂浆抹平,保证加固层厚度为 20 mm .此施工方法的目的是使两层 GRC 网格布均匀地分布于 20 mm 厚的加固层中.此时,加固层中 GRC 的含量为 $\rho=0.48\%$.

1.2 试验的加载及测量

采用双面剪切加载方式,试验装置及加载方式如图 2 所示,使用 100 kN 和 300 kN 千斤顶,在加荷架上逐级加荷.由试验量测到最大荷载 F ,计算出试件的抗剪强度 τ_v .

$$\tau_v = F / (2S) . \tag{1}$$

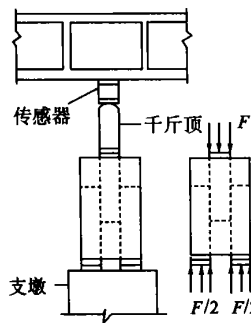


图 2 试验装置及加载方式

式中; S 为试件受剪通缝的面积, $S=a \cdot h$.

2 试件的受剪试验分析

2.1 阻裂效果的比较

试验过程中,采用水泥砂浆面层加固的 12 个试件均出现加固层剪坏现象,加固层剪切开裂的裂缝往往是直线且上下贯通,如图 3(a) 所示.采用一层 GRC 网格布加固的 12 个试件,加固层为局部开裂,而且有少部分试件出现加固层剥落现象,如图 3(b) 所示.采用二层 GRC 网格布加固的 12 个试件中,加固层未开裂,如图 3(c) 所示.



(a) 水泥砂浆面层 (b) 一层 GRC 网格布 (c) 两层 GRC 网格布

图 3 加固层的裂缝

Fig.3 Cracks of reinforced layer

以上试验现象表明:水泥砂浆加固层的阻裂效果较差,而采用 GRC 网格布作为加固层时,加固层中 GRC 含量达到一定程度时(即采用二层 GRC 网格布加固)有较好的阻裂效果.

2.2 试件的抗剪强度比较

试件的受剪试验结果如表 2 所示.由表 2 分析可得:采用水泥砂浆加固的试件,抗剪强度大约为其对照试件的 1.6 倍,采用一层 GRC 网格布的试件,抗剪强度大约为其对照试件的 1.9 倍,而采用二层 GRC 网格布加固的试件,抗剪强度大约为其对照试件的 2.2 倍.可见,加固层可明显提高试件的抗剪强度,其中以采用二层 GRC 网格布作为加固层提高试件的抗剪强度,效果更佳.

表 2 试件的极限抗剪强度

Tab.2 Ultimate shear strength of samples		MPa		
砌筑砂浆强度	未加固	水泥砂浆面层	一层 GRC 网格布	二层 GRC 网格布
M5	0.13	0.27	0.29	0.33
M7.5	0.16	0.24	0.25	0.2
M10	0.28	0.49	0.48	0.72
M15	0.35	0.56	0.69	0.73

说明: ρ 为加固层中 GRC 的含量.

2.3 加固试件抗剪强度影响因素的分析

针对于表 2 中的试验结果,利用重复试验二元方差分析的方法^[4],因子 A 代表砌筑砂浆强度的影响(4 个水平:M5,M7.5,M10,M15);因子 B 代表加固方法的影响,即加固层中 GRC 含量(3 个水平:水泥砂浆面层 $\rho=0\%$,一层 GRC 网格布面层 $\rho=0.24\%$,两层 GRC 网格布面层 $\rho=0.48\%$),取

显著水平 $\alpha=5\%$, 36 个加固试件, 经计算得: $F_A > F(4-1, 36) = 8.64$, $F_B = 40 > F(3-1, 36) = 19.45$, 因此可得出: 砌筑砂浆强度、加固层中 GRC 含量对砌体小试件的抗剪强度有显著的影响, 其中砌筑砂浆强度是主要的影响因素。

2.4 GRC 网格布加固试件的受剪承载力计算

试验表明: 采用水泥砂浆面层加固的小试件多发生加固层破坏, 采用一层 GRC 网格布加固的小试件多发生粘结面破坏(砖砌体与加固层), 加固层同时破坏的形态, 而采用两层 GRC 网格布加固的小试件则多发生粘结面破坏, 加固层完好的形态。

设发生粘结面剪切破坏时, GRC 网格布加固层和砖砌体之间的粘结面积为 A , 砖砌体的受剪面积为 $S = 2a \cdot h$, 则有

$$F = 2ah \cdot f_{vo.m} + A \cdot f_{v.m}^* \tag{2}$$

式中: $f_{vo.m}$ 为砌体沿通缝的抗剪强度, $f_{vo.m} = 0.125 \sqrt{f_2}^3$; f_2 为砌筑砂浆的强度, 当 $f_2 \geq 10 \text{ N/mm}^2$ 时, 取 $f_2 = 10 \text{ N/mm}^2$; $f_{v.m}^*$ 为 GRC 网格布加固层和砖砌体之间的粘结强度, 与所涂水泥砂浆中粘结剂掺量 D 有关, 本次试验 $D = 20\%$, 则 $f_{v.m}^* = 0.72 \text{ N/mm}^2$, 则

$$\tau_u = \frac{F}{2ah} = f_{vo.m} + \frac{A}{2ah} f_{v.m}^* = f_{vo.m} + \alpha \cdot f_{v.m}^* \tag{3}$$

式中: τ_u 为采用 GRC 网格布加固的砖砌体的极限抗剪强度; α 为反映加固层和砖砌体之间粘结面积与砖砌体受剪面积之比的影响系数。

由试验结果回归分析得到

$$\alpha = 0.026 f_2 + 34.726 \rho - 0.031 \tag{4}$$

式中: ρ 为加固层中 GRC 的含量; $n = 40$; 试验值与计算值之比的平均值 $\mu = 1.016$; 变异系数 $\delta = 0.165$, 符合程度较好。

因此, 若采用 GRC 网格布加固空心砖砌体时, 可用式(3)和式(4)计算粘结面剪切破坏试件的极限抗剪强度(包括部分粘结面和加固层同时被剪坏的试件)。

3 GRC 网格布加固空心砖砌体施工要求

在试验研究的基础上并结合工程实际, 可采用 GRC 网格布来加固空心砖砌体, 施工时应满足以下要求。

3.1 材料要求

玻璃纤维最好选用国家建材科学研究院研制, 郑州安达公司生产的 ER-13 型耐碱玻璃纤维, 其化学成份、物理力学性能应符合表 3、表 4

的要求。水泥、砂应选用 425[#] 普通硅酸盐水泥, 最大粒径为 2 mm 的细砂。

表 3 耐碱玻璃纤维的化学成分

Tab. 3 Chemical composition of alkali-resistant glass of fiber

化学成份	SiO ₂	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	ZrO ₂	TiO ₂
质量分数/%	60	45	12.5	2.5	14.5	6.0

表 4 耐碱玻璃纤维的物理性能

Tab. 4 Physical properties of alkali-resistant glass of fiber

物理性能	数值
直径 $d/\mu\text{m}$	13~14
密度 $\rho/(\text{g}/\text{cm}^3)$	60
弹性模量 $E/(\text{N}/\text{mm}^2 \times 10^5)$	45
抗拉强度 $f_t/(\text{N}/\text{mm}^2)$	12.5
泊松比 γ	2.5
抗拉极限延伸率 $\delta/\%$	14.5

3.2 施工要求

加固时, 首先保证要加固的砌体表面光平、坚固、干燥、无油漆、涂料或其它有害的材料, 涂抹 GRC 加固层之前, 应在砌体表面处涂抹 1 mm 厚水泥净浆, 水泥净浆中粘结剂的掺量为 20%。GRC 加固层均采用 1:3 的水泥砂浆。其中 GRC 网格布的施工方法为按预先需要长度从整卷材料上切下 GRC 网格布, 施工时先抹一层约 5 mm 厚的水泥砂浆, 放上一层 GRC 网格布, 再抹一层约 5 mm 厚的水泥砂浆, 再放上一层 GRC 网格布, 外面用水泥砂浆抹平, 保证加固层厚度为 20 mm。建议加固层中采用两层 GRC 网格布, 加固层的厚度为 20 mm, 此时加固层中玻璃纤维掺量应控制在 0.48% 左右。

4 结论

(1) 经试验比较, 采用二层 GRC 网格布加固多孔砖砌体有较好的阻裂效果, 且可明显提高空心砖砌体的抗剪强度, 提高幅度可达 2 倍以上。

(2) 提出了用 GRC 网格布加固空心砖砌体的受剪承载力计算方法, 按式(3)、(4)计算。

(3) 为方便工程中的应用, 提出了用 GRC 加固空心砖砌体以提高其抗剪强度的施工要求。

参考文献

[1] 郑州工学院. 砌体结构[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 1991.
[2] 刘立新, 向忠, 王菁, 等. GRC 加固砖砌体受剪性能的研究. 郑州工业大学学报, 1999, 20(1): 7-11.

Test and Study of GIN Grout

ZHANG Hai-jun¹, ZHANG Shu-jun², ZHANG Yan², SONG Jie¹

(¹.Luoyang Xiaolangdi Hydro -electric Engineering Ltd Company ,Jiyuan 454681,China ;².Hydro -electric Engineering Bureau No .1 of China , Changchun 130062,China)

Abstract :By comparing the relevant data between the stable grout mix design and Xiaolangdi foundation curtain grouting construction practice , and considering at the same time the theoretical analysis of Bingham fluid property , this paper elaborates the incomparable superiority and practicality of the stable grout mix in comparison with the thinner grout mix . Under the same conditions ,GIN grouting method can save materials and shorten the construction time .The method 's practical application shows that it is worth popularizing .

Key words : cutoff curtain ; stable grout ; compound ; test ; effect analysis

(上接 88 页)

[4] 汪荣鑫.数理统计[M] .西安:西安交通大学出版社,1996.

[3] GBJ 3—88,砌体结构设计规范[S] .

Study on Shear Capacity for Brickwork Reinforced with GRC Gridding Cloth

CHEN Meng

(College of Civil Engineering , Zhengzhou University , Zhengzhou 450002,China)

Abstract :In this paper ,brickwork is reinforced by three methods :grout layer ,one layer of GRC gridding cloth and two layers of GRC gridding cloth ,reinforced samples sum to 36.Comparing with 12un reinforced samples .It shows that reinforced samples with two layers of GRC gridding cloth can prevent the cracking and improve the shear capacity .By analysing the factors of shear capacity ,the formulas used for calculating the shear capacity of brickwork reinforced with GRC gridding cloth are given . Some construction desires for brickwork strengthened with GRC in practice are put forward .

Key words : glassfiber reinforced cement (GRC) ; shear strength ; brickwork