

文章编号:1006-7329(2003)03-0051-04

加固在役 KP_1 砖墙的抗震性能试验研究*

王天贤

(长安大学 建筑工程学院, 陕西西安 710061)

摘要:完成了4片 KP_1 承重砖墙试验。其中,首先经低周反复加载将墙片加到出现剪切破坏,用双面钢筋网水泥砂浆面层加固墙片后再进行其在低周交变加载下的受剪试验,分析了加固后墙体的裂缝出现与开展过程、破坏机理、强度及延性,并给出了加固后墙体抗剪能力的建议计算公式,计算结果与试验结果符合良好,可供工程设计及加固时参考。

关键词:砌体结构; KP_1 砖墙; 抗震加固; 钢筋网水泥砂浆

中图分类号:TU365

文献标识码:A

Investigation on Seismic Behavior of KP_1 Masonry Wall Strengthened

WANG Tian-xian

(College of Architectural Engineering, Chang'an University, Xi'an 710061, P.R. China)

Abstract: An experiment of four KP_1 masonry walls was carried out. At first, the wall was under low cycle reversal load till shear failure and then the cracked wall was strengthened with steel mesh cement mortar and tested under lower cycle reversal load. The appearance and development of cracks, failure mechanism, strength and ductility of the strengthened masonry wall was analyzed and the design method of the brick wall strengthened with steel mesh cement mortar is proposed.

Keywords: masonry structure; KP_1 brick wall; seismic strengthening; steel-mesh cement mortar

用钢筋网水泥砂浆面层加固砖墙是提高墙体抗震能力的常用方法^[1,2,3],但人们的一般做法是对新砌砖墙加固后进行抗震性能试验研究,这与墙体已出现裂缝后再加固相比,所得抗震性能是有差别的。本次试验是对已裂缝砖墙进行加固后的抗震性能研究,这样更符合实际情况。

1 试验概况

1.1 模型试件与加载装置

试验墙体采用 KP_1 承重空心砖(240 mm × 115 mm × 90 mm),强度等级为 MU10,砌筑混合砂浆强度等级为 M5,试件尺寸如下:

原墙片试件:墙体长、高、厚分别为 1 800 mm × 900 mm × 120 mm,共 4 片

加固后试件:原墙片试件加载并发生剪切破坏后,采用 M7.5 水泥砂浆, $\varnothing 6$ 钢筋网片双面加

* 收稿日期:2003-01-10

作者简介:王天贤(1963-),男,陕西富平人,副教授,硕士,主要从事结构工程与抗震研究。

固,砂浆厚 25 mm,钢筋网格尺寸为 250 mm × 250 mm,并以 500 mm 为方格在墙上打洞,然后用 $\phi 6$ 拉结筋把两侧的钢筋网拉住。试验墙的尺寸及加载方式如图 1、图 2 所示,试验装置如图 3 所示。

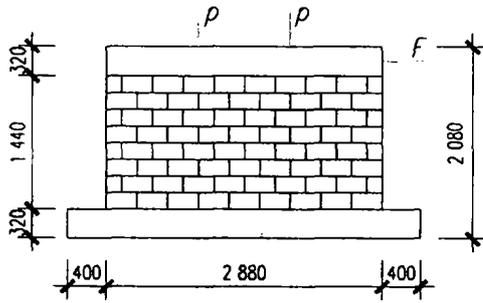


图 1 加固前墙体受剪试验图

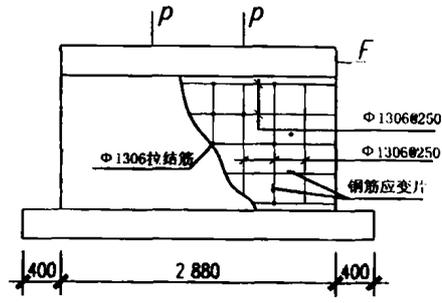


图 2 加固后墙体受剪试验图

1.2 加载方案

先施加竖向荷载 $\sigma_0 = 0.35 \text{ N/mm}^2$, 加载稳定后再施加水平荷载。水平荷载由拉、压千斤顶逐级往复施加,开裂前按荷载控制,开裂后按位移控制,每级加载往复三次,直至墙体发生剪切破坏。

墙体水平方向安装拉压位移计,接 X-Y 函数记录仪,描记荷载-位移滞回曲线,观察记录墙体的裂缝出现和破坏形态。

2 试验结果分析

2.1 试件破坏过程、形态及机理

对未加固的 KP_1 砖墙(原墙片试件),在反复侧向水平荷载作用下, KP_1 多孔砖墙体在开裂前处于弹性工作状态,荷载位移

大体呈线性增加,随着正反两向循环荷载逐级增加,附加弯矩有所增大,压应力的合力中心向一侧移动,另一侧砌体中竖向应力逐渐由压应力转化为拉应力,当水平荷载达到极限荷载的 30% 左右时,墙体底部一端首先出现水平裂缝,并随着荷载增加而不断延伸,当加荷到极限荷载的 85% 左右时,出现斜裂缝,随后斜裂缝迅速发展,直至试件宣告破坏。破坏时,斜裂缝处的砖块多处被剪坏,而且由于 KP_1 砖孔壁薄,砖本身也有一定的劈裂剥落现象,墙底的水平裂缝接近贯通。

加固后的 KP_1 砖墙试件在施加竖向荷载稳定后,砌体、砂浆及竖向钢筋均处于受压状态,墙体截面中的竖向压应力的合力中心位于墙体中部。随着反复侧向水平荷载的施加,竖向压应力合力不断偏移,使一侧受拉,加固后墙体中的纵筋受力是两边大,中间小,当水平荷载达到极限的 50% 时,墙体根部出现水平裂缝,水平裂缝出现前,钢筋应力较小,裂缝出现后,在裂缝附近的竖筋应力迅速增大,并达到屈服,随着水平荷载的进一步增大,水平裂缝逐渐缓慢向内发展,逐步有更多竖向钢筋受拉屈服,截面中压应力合力不断增大,最后裂缝迅速贯通而达到破坏。

2.2 两组墙体试验结果的比较见表 1。

2.3 加固后的墙体抗剪能力及计算公式

根据本文试验结果和加固后墙体的破坏形态,可以初步得出采用钢筋网片水泥砂浆面层加固的 KP_1 砖墙的受剪承载力计算公式为:

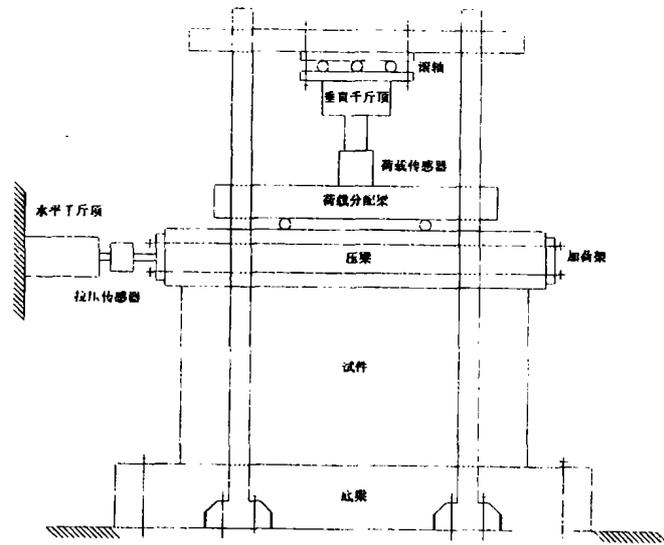


图 3 加荷装置示意图

表1 墙片试验结果

试件	垂直压应力 (MPa)	加固形式	裂缝形式	初裂荷载 (kN)	平均值 (kN)	破坏荷载 (kN)	平均值 (kN)
原墙片试件	KP-W ₁	0.35	未加固	水平裂缝并发斜裂缝	28.9	45.8	49.4
	KP-W ₂	0.35		水平裂缝并发斜裂缝	30.2	52.6	
	KP-W ₃	0.35		水平裂缝并发斜裂缝	29.8	50.4	
	KP-W ₄	0.35		水平裂缝并发斜裂缝	30.0	48.6	
加固后试件	KP-W ₁ '	0.35	双面加固	水平裂缝	53.5	78.1	79.3
	KP-W ₂ '	0.35		水平裂缝	54.5	79.9	
	KP-W ₃ '	0.35		水平裂缝	52.8	78.6	
	KP-W ₄ '	0.35		水平裂缝	54.0	80.5	

$$V_u = (f_v + 1.8\mu\sigma_0)A + 0.02f_1bh + 0.2f_yA_s \frac{h}{s} \quad (1)$$

$$\mu = 0.26 - 0.082 \frac{\sigma_0^{[4]}}{f} \quad (2)$$

式中: V_u 为截面抗剪能力; A 为墙体的水平截面面积; f_v 为砌体抗剪强度; μ 为剪压复合受力影响系数; σ_0 为永久荷载产生的水平截面平均压应力; f 为砌体抗压强度, f_1 为砂浆面层的抗压强度(考虑到抹面砂浆不能完全充分发挥作用, 应考虑折减, 建议取折减系数为 0.8); b 为砂浆面层的厚度(双面取其厚度之和); h 为墙体水平方向长度; s 为钢筋网间距; f_y 、 A_s 为单根钢筋的抗拉强度和截面面积。

当然, 所建议公式中有关水泥砂浆面层和钢筋网的系数取值尚有待用砂浆强度、面层厚度和钢筋网数量不同的试件的试验结果进行校验。

按照公式(1)计算的加固后墙体试件的受剪承载力为 79.3 kN, 实测加固后墙体受剪承载力分别为 78.1 kN、79.9 kN、78.6 kN、80.5 kN, 实测值与计算值之比分别为 0.985、1.008、0.991、1.015, 可见计算结果与试验结果符合较好。需要说明的是, 公式(1)中右边的第 1 项并不能理解为未加固 KP₁ 砖墙的抗剪承载力, 因为本次试验是在原有墙体发生剪切破坏后直接采用钢筋网水泥砂浆面层加固后进行的, 已发生的剪切破坏墙体本身的受剪承载力已达不到公式(1)右边的第一项数值。当然, 若未开裂墙体(若因设计有误其抗剪能力不足或因抗震能力需要而提高其抗剪能力等原因)直接用钢筋网水泥砂浆面层加固, 其加固后的实际受剪承载力将高于公式(1)的计算结果。

2.4 变形性能及延性

表 2 给出了各墙片的延性, 考虑材料及施工质量的变异和墙体在某一方向加载所造成的残余应变对另一方向加载的影响, 两个方向所测得的开裂位移和极限位移并不相等, 故采用两个方向的平均值来计算延性比 μ , 图 4、图 5 为两类墙体的骨架曲线。从表 2 及图 4、图 5 也可看出, 加固后墙体的变形能力及延性有了很大的提高, 当然对抗震更加有利^[5,6]。

表2 墙体的延性

试件	初裂位移 Δ_{cr} (mm)	极限位移 Δ_u (mm)	延性比 $\mu = \Delta_u / \Delta_{cr}$	
原墙片试件	KP-W ₁	1.8	3.3	1.83
	KP-W ₂	2.0	3.8	1.90
	KP-W ₃	2.2	4.0	1.81
	KP-W ₄	2.1	3.8	1.80
加固后试件	KP-W ₁ '	2.6	6.5	2.50
	KP-W ₂ '	3.0	6.7	2.23
	KP-W ₃ '	3.2	7.4	2.31
	KP-W ₄ '	3.6	7.5	2.08

注: 表中 Δ_u 为极限位移, Δ_{cr} 为开裂位移。

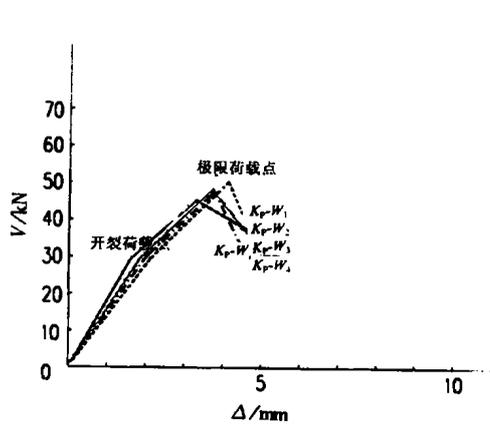


图 4 加固前墙体的骨架曲线

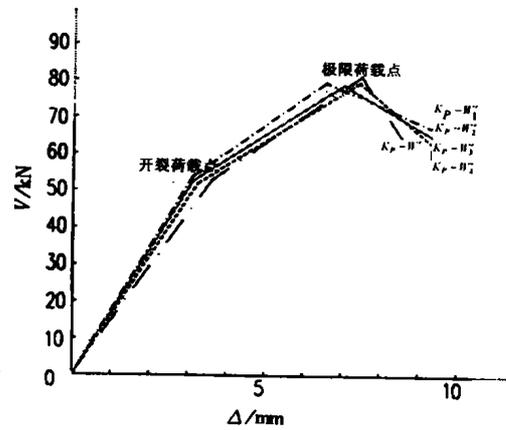


图 5 加固后墙体的骨架曲线

3 结论

- 1) 采用钢筋网水泥砂浆面层加固墙体, 可以提高墙体的抗震能力, 改善结构的延性。
- 2) 本文提出的计算方法可供需要抗震加固的墙体设计时参考。

参考文献:

- [1] 朱伯龙. 砖墙用钢筋网水泥砂浆面层加固的抗震性能. 地震工程与工程抗震[J]. 1984, (4): 39 - 42.
- [2] 黄忠邦. 国外关于钢筋网水泥砂浆抗震加固的研究. 建筑结构[J]. 1994, (5): 36 - 39.
- [3] 朱伯龙. 建筑改造工程学[M]. 上海: 同济大学出版社, 1997.
- [4] GB 50003 - 2001, 砌体结构设计规范[S].
- [5] 苏三庆. 用夹板墙加固砖房的抗震性能[J]. 西安建筑科技大学学报, 1998, (3): 233 - 235.
- [6] 王天贤. 带多构造柱开洞墙片抗震性能的实验研究[J]. 西北建筑工程学院学报, 2000, (1): 76 - 79.