

# 喷涂式冷弯薄壁型钢轻质砂浆墙体立柱 轴压性能试验研究

郝际平<sup>1</sup>, 王奕钧<sup>1</sup>, 刘 斌<sup>1</sup>, 李科龙<sup>1</sup>, 王迎春<sup>1</sup>, 赵秋利<sup>2</sup>

( 1. 西安建筑科技大学土木工程学院, 陕西 西安 710055; 2. 广州固保系统建筑材料有限公司, 广东 广州 510070 )

**摘要:** 喷涂式冷弯薄壁型钢轻质砂浆墙体是一种在冷弯薄壁型钢墙体骨架区格间放置聚苯乙烯泡沫板 (EPS 板), 并在型钢骨架与 EPS 板间以及骨架两侧喷涂轻质砂浆的新型“夹心式”墙体. 通过对 3 根新型冷弯薄壁型钢墙体立柱试件的轴压性能试验, 研究新型墙体立柱的受力过程、承载能力和破坏模式, 将新型墙体立柱的试验结果与双面挂板立柱结果以及有效截面法计算结果进行对比; 并对镀锌钢板与轻质砂浆之间的粘结滑移性能进行了初步的试验研究. 研究表明: 新型冷弯薄壁型钢墙体立柱的破坏现象为柱顶的局部压曲, 新型墙体立柱与双面挂板立柱相比具有较高的承载力和较好的整体性, 有效截面法计算立柱承载力较为保守; 镀锌钢板与轻质砂浆间的平均粘结强度约为 0.266 MPa, 钢板的埋置深度与轻质砂浆厚度对两者之间的平均粘结强度影响较小.

**关键词:** 冷弯薄壁型钢墙体; 喷涂式轻质砂浆; 轴压性能; 粘结滑移

**中图分类号:** TU392.1

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1006-7930(2014)05-0615-07

传统的冷弯薄壁型钢墙体结构是一种以冷弯薄壁型钢骨架和轻型墙面板 (石膏板、OSB 板、硅酸钙板和带肋薄钢板等) 通过自攻螺钉连接共同作为承重和维护结构的墙体系统<sup>[1]</sup>. Miller<sup>[2-3]</sup>, Telue<sup>[4]</sup>, Tian<sup>[5-6]</sup>, 何保康<sup>[7]</sup>, 郭鹏<sup>[8]</sup>, 秦雅菲<sup>[9]</sup>等学者对墙体立柱的轴压性能做了大量试验和理论研究. 这种结构体系自重轻, 施工速度快, 但墙体的保温、隔音、防火等性能较差, 自攻螺钉的间断连接使结构的整体性较差.

为改善上述不足, 文献[10]提出了一种喷涂式冷弯薄壁型钢轻质砂浆墙体结构, 即在型钢骨架区格间放置聚苯乙烯泡沫板 (EPS 板), 并在骨架与 EPS 板间以及骨架外侧喷涂轻质砂浆, 形成一种新型“夹心式”轻质墙体结构. 喷涂轻质砂浆的使用提高了这种墙体的保温、隔音和防火等性能, 且使墙体具有较好的整体性. 文献[11]对这种新型墙体立柱的轴压性能进行了初步的试验探讨, 研究表明: 墙体立柱具有较高的承载力, 但在试件设计中将骨架边立柱设置为双柱, 对中立柱起到一定的约束作用, 最终导致测定的中立柱轴压承载力有所偏差.

本文在文献[11]的基础上, 对试件进行了适当改进, 对该墙体立柱的轴压性能进行进一步的研究, 获取该墙体立柱的承载力和破坏模式. 此外, 对轻质砂浆与试件中所用的镀锌钢板之间的粘结滑移性能进行测试, 获得两者之间的粘结滑移曲线, 为该类墙体结构的数值模拟及理论分析提供依据.

## 1 新型冷弯薄壁型钢墙体立柱轴压性能试验

### 1.1 试件设计

本次试验对 3 个 1:1 足尺新型冷弯薄壁型钢墙体试件进行竖向荷载加载, 墙体高为 3.0 m, 宽为 1.3 m. 试件的分组、编号及试件描述见表 1.

试件中的冷弯薄壁型钢骨架由三根立柱、上下导轨及一道刚性横撑通过 ST4.8 级自攻自钻螺钉连接形成, 如图 1(a)所示. 为了减小边立柱对中立柱的约束作用, 本次试验将边立柱改为单柱. 试件立柱间距为 600 mm, 其中试件 WVL-3a 和 WVL-3b 立柱的钢板厚度均为 1.0 mm, 试件 WVL-4 的立柱钢板厚度为 0.8 mm, 导轨、横撑钢板厚度为 1.0 mm, 各型钢构件截面尺寸如图 2 所示. 待型钢骨架安装后, 在型钢骨架中放置

表 1 试件主要参数

Tab.1 Summary of test specimens

试件编号	钢板厚度 / mm	墙厚 / mm	边柱形式	墙体构造
WVL-3a	1.0	170	单柱	两侧喷涂轻
WVL-3b	1.0	170	单柱	质砂浆
WVL-4	0.8	170	单柱	质砂浆

收稿日期: 2014-01-08

修改稿日期: 2014-09-26

基金项目: 陕西省“13115”科技创新工程重大科技专项项目 (2009ZDKG-66); 住房和城乡建设部科学技术项目 (2012-K2-17)

作者简介: 郝际平 (1959-), 男, 山西襄垣人, 教授, 博士生导师, 主要从事结构力学与结构工程研究. E-mail: hao-jp168@163.com

EPS 板, EPS 板与型钢构件之间设置 30 mm 空隙, 将轻质砂浆喷涂至型钢构件与 EPS 板之间的空隙中, 使型钢构件被轻质砂浆完全包裹, 随后在骨架两侧喷涂 30 mm 厚的轻质砂浆和 10 mm 的墙体抹灰, 避免了传统轻质墙板与型钢骨架之间的螺钉间断连接, 墙体的具体构造如图 1(b)所示. 根据石膏基轻质砂浆的特性, 对墙体试件进行自然养护(温度为 5℃~35℃, 相对湿度为 40%~70%), 在养护过程中应避免暴晒和雨淋. 为了在试验过程中观察墙体开裂的情况, 试验前在墙体表面涂刷一层白色面漆.

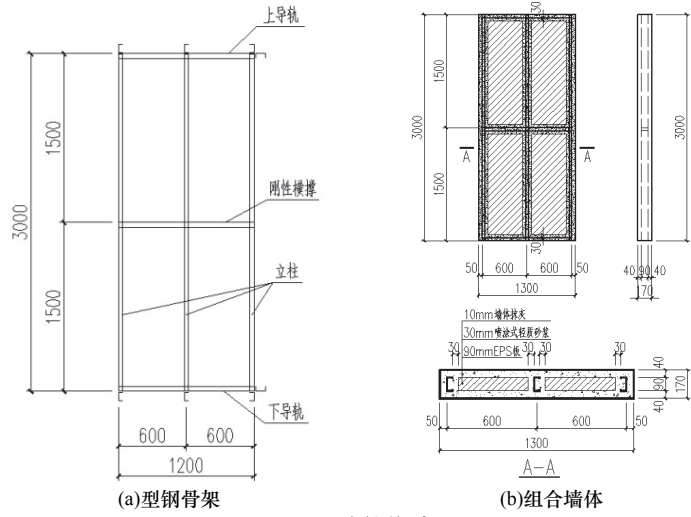


图 1 试件构造  
Fig.1 Details of test specimens

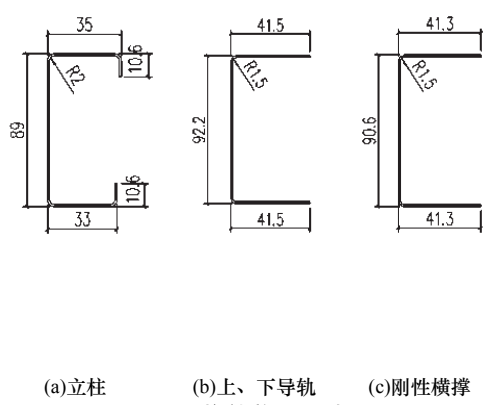


图 2 构件截面尺寸  
Fig.2 Sectional dimensions of members

1.2 材料属性

试件所用钢材由北京豪斯泰克钢结构有限公司提供, 钢材采用镀铝锌钢板, 等级为 Q235B, 基材厚度为 0.8 mm 和 1.0 mm 两种. 根据 GB/T 228.1-2010 《金属材料拉伸试验第 1 部分: 室温试验方法》<sup>[12]</sup> 的有关规定进行材性试验, 结果见表 2.

试验所用的喷涂式轻质砂浆和墙体抹灰由广州固保系统建筑材料有限公司提供, 根据 JGJ/T 70-2009 《建筑砂浆基本性能试验方法标准》<sup>[13]</sup> 的有关规定, 对试验所用轻质砂浆和墙体抹灰的 28 天抗压强度和弹性模量实测值进行测试, 结果见表 3.

表 2 钢材材性  
Tab.2 Properties of steel

板厚 $\Delta/\text{mm}$	弹性模量 $E_s/\text{MPa}$	屈服强度 $f_y/\text{MPa}$	抗拉强度 $f_u/\text{MPa}$	伸长率 $A/\%$
0.8	$1.99\times 10^5$	288.80	336.90	26.25
1.0	$1.64\times 10^5$	290.08	351.82	29.81

表 3 轻质砂浆和抹灰材性  
Tab.3 Properties of lightweight mortar and plasterer

材料种类	材料名称	抗压强度 /MPa	弹性模量 / $10^3$ MPa
轻质砂浆	INSULTERM 600	1.35	1.86
墙体抹灰	MYCA 63	14.85	12.76

1.3 加载装置、加载制度及测量方案

本试验在西安建筑科技大学结构与抗震实验室完成, 竖向荷载采用 30 t 液压千斤顶通过分配梁施加, 加载装置如图 3. 为模拟试件在实际工程中的构造, 下导轨直接放在地梁上, 上导轨上放置加载所需的分配梁. 试件采用两级分配加载形式: 当千斤顶荷载为  $P$  时, 单截面中柱受荷载为  $0.5P$ , 而边柱受荷载为  $0.25P$ , 以确保中立柱破坏先于边立柱, 研究中立柱的承载能力和破坏模式. 由于轻质砂浆抗压强度较低, 为防止砂浆受压, 墙体竖向集中荷载只作用在立柱对应的上导轨腹板上.

将试件放在试验装置上进行几何对中后, 开始预加载, 预加荷载按文献[11]中试件 WVL-2 承载力的 10%~20%进行施加. 预加荷载完成后卸载, 采用单调竖向加载进行正式加载, 每级荷载 4 kN, 加载完毕持荷 2 min 左右, 施加下级荷载, 每级荷载至少打点记录数据一次; 当中立柱的位移和应变变化较大时, 表明立柱进入几何非线性状态, 随后缓慢加载并对荷载、应变、位移等数据进行连续采集.

为了测量中立柱、上导轨和刚性横撑在试验过程的应变变化情况, 按图 4a 进行应变片布置. 位移计均设置在中立柱上, D1、D2 用于测量试件中立柱的轴向变形, 在中立柱四分点所对应的外墙面处设置 D3、D4、D5 用于测量墙面平面外变形, 具体布置见图 4b.

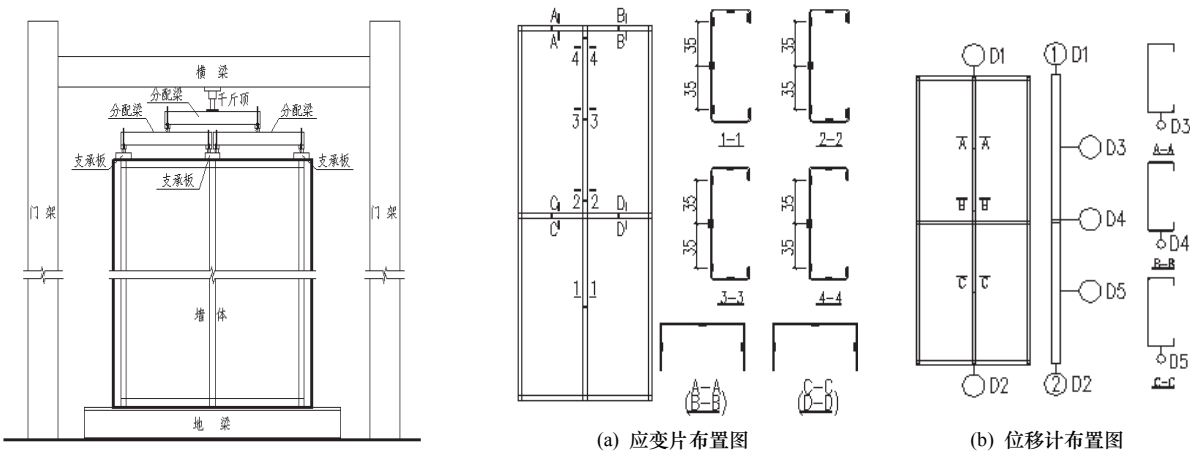


图 3 试验装置  
Fig.3 Test setup

图 4 测点布置图  
Fig.4 Arrangement of settlement monitoring points

1.4 试验现象

三个试件的试验现象基本相同：在加载初期，试件无明显现象；加载至  $0.5P_t$  ( $P_t$  为破坏荷载) 时，试件骨架与外侧砂浆之间有吱吱声；荷载加至  $0.8P_t$ ，顶部物料与中立柱顶部导轨之间出现微小滑移；加载至极限荷载时滑移加剧，中立柱顶部导轨凹陷明显 (图 5a)，顶部砂浆产生裂缝 (图 5b)；达到极限荷载后，荷载缓慢下降。卸载后，去掉轻质砂浆后发现，中立柱顶部局部被压曲 (图 5c)，其余部分完好。在整个试验过程中，边立柱始终处于弹性阶段，均无破坏现象。

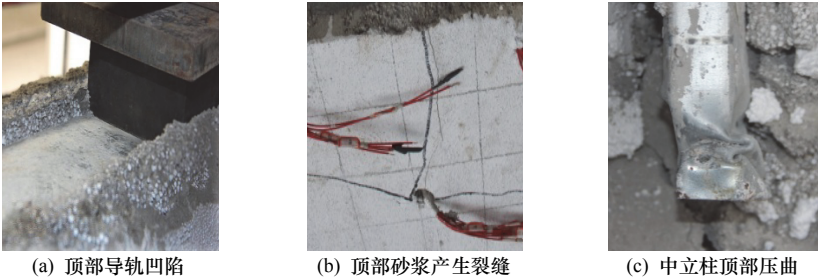


图 5 新型组合墙体立柱试件的破坏模式  
Fig.5 Failure patterns of test specimens

1.5 破坏荷载与破坏模式

3 根墙体立柱的荷载-位移曲线如图 6 所示，其中横坐标为中立柱顶部竖向变形  $|D1-D2|$ ，纵坐标为中立柱的竖向荷载。由图可知，三根立柱的曲线变化趋势基本相同，初始阶段墙体立柱的刚度较大，轴向位移较小，曲线呈线性增加，达到极限荷载后轴向位移增加较快，荷载缓慢减小。试件极限荷载与破坏模式见表 4，试件破坏模式均为柱顶局部受压屈曲，钢板厚度 1.0 mm 的立柱比钢板厚度 0.8 mm 的立柱承载力提高 4%~15%。图 7 为中立柱翼缘应变分布，由图可见，立柱在受力过程中应变沿竖向逐渐降低，试件下端应变趋向水平，说明立柱通过与轻质砂浆之间的粘结力将部分轴向荷载传至轻质砂浆。

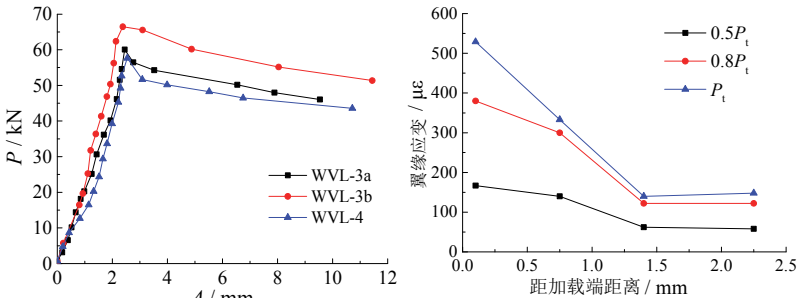


图 6 荷载-位移曲线  
Fig.6 Load-displacement curve

图 7 中立柱翼缘应变分布  
Fig.7 Strain distribution of flange of the middle stud

1.6 本文结果与文献结果对比

为了对比分析新型墙体立柱与传统墙体立柱的轴压承载力和破坏模式，将本文的试验结果与已有试验结果进行对比，见表 5。由试件数据可见：本文的墙体立柱的承载力是无墙板立柱承载力的 2.37~2.62 倍，

表 4 试件极限荷载及破坏模式  
Tab.4 Experimental ultimate strength and failure patterns of test specimens

试件编号	钢板厚度 /mm	破坏荷载 /kN	平均值 /kN	破坏模式
WVL-3a	1.0	60.06	63.26	柱顶局部
WVL-3b	1.0	66.46		受压屈曲
WVL-4	0.8	57.66	57.66	

与文献[11]的新型墙体立柱承载力大致相同;与文献[9]中的双面挂板墙体立柱相比,本文墙体立柱承载力提高 19%~54%.与文献[9]出现多样的破坏模式不同,本文立柱破坏模式均为柱顶局部受压屈曲,喷涂式轻质砂浆对于立柱的支撑作用使得立柱具有较高的承载力和较好的整体性.

1.7 试验结果与有效截面法计算结果对比

由于新型墙体立柱破坏模式均为柱顶局部受压屈曲,考虑板件的局部屈曲对杆件整体刚度的影响,用有效截面法按  $F_u=A_{en}f_y$  对新型墙体立柱承载力进行计算,其中  $A_{en}$  为立柱有效截面面积,按照 GB 50018-2002《冷弯薄壁型钢结构技术规程》<sup>[14]</sup>中第 5.6 节计算, $f_y$  为钢材屈服强度.由表 6 的计算结果可见,有效截面法计算新型立柱承载力较为保守,这是由于轻质砂浆对于立柱的支撑作用改善了其承载能力,且轻质砂浆与立柱的协同工作分担了部分荷载.

2 镀铝锌钢板-轻质砂浆粘结滑移性能试验

2.1 试验方法

鉴于在新型墙体立柱轴压试验中出现的粘结滑移问题,参考型钢混凝土粘结滑移研究成果<sup>[15]</sup>,对轻质砂浆与试件中所用的镀铝锌钢板之间的粘结滑移性能进行试验研究,获得两者之间的粘结滑移曲线,为该类型体的数值模拟及理论分析提供依据.由于镀铝锌钢板易压曲,本试验采用拉拔试验.加载装置及位移计布置如图 8 所示,其中 D1 测试试件上端钢板的竖向位移值,D2 测试轻质砂浆上端竖向位移值,D3 测试试件轻质砂浆下端的竖向位移值,D4 测试钢板下端的竖向位移值.加载端滑移由|D1-D2|表示,自由端滑移由|D4-D3|表示.

2.2 试件设计

为了研究轻质砂浆厚度、镀铝锌钢板埋置长度对平均粘结滑移强度的影响,设计拉拔试件 12 个,各试件的尺寸见图 9 和表 7,其中钢板宽度为 85 mm,钢板厚度为 1.0 mm.

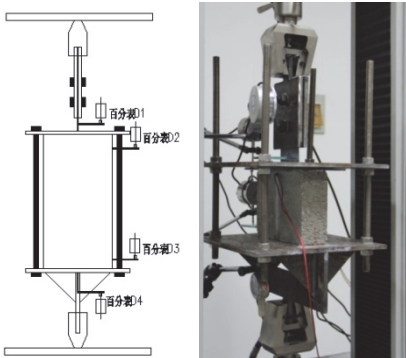


图 8 加载装置及位移计布置  
Fig.8 Loading setup and arrangement of displacement transformers

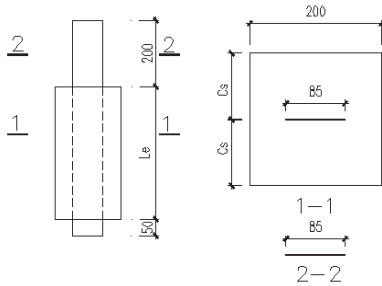


图 9 试件尺寸详图  
Fig.9 Detailing of specimens

2.3 试验过程

试验在 2 t 万能试验机上进行,将加载基座安装到试验机下端头并对中,调整丝杆长度找平,保证受拉钢板与上下端头在同一条直线,避免偏心受拉.初始阶段加载端与自由端均未出现相对滑移;当荷载达到极限荷载的 50%左右,加载端的轻质砂浆与钢板接触面有微小开裂,加载端开始出现滑移;随着荷载的不断加,滑移逐渐向下发展,直到达到极限荷载,伴随一声脆响,自由端开始滑移,荷载迅速降低 20%~40%;随后荷载缓慢减小,加载端和自由端的滑移增加明显,荷载趋于平缓,试验结束.在试验过程中,轻质砂浆没有

表 5 本文结果与文献结果对比  
Tab.5 Comparison between the test and references

文献	试件编号	试件类型	破坏荷载 / kN	破坏模式
本文	WVL-3a	新型墙体立柱	60.06	柱顶局部受压屈曲
	WVL-3b		66.46	
	WVL-4		57.66	
文献 [11]	WVL-1	无墙板立柱	25.37	立柱整体弯曲屈曲
	WVL-2a	新型墙体立柱	50.93	柱顶局部受压屈曲
	WVL-2b		47.65	
文献 [9]	WSS2	双面 OSB	50.95	立柱弯扭屈曲,端部局部屈曲
	WSS3	OSB+石膏板	45.51	
	WSS4	双面 OSB	53.33	
	WSS17	双面 OSB	42.09	立柱端部在自攻螺钉间屈曲
	WSS12	双面石膏板	41.14	
	WSS20	双面多层板	47.25	
	HWSS1	OSB+石膏板	48.00	

注:本文、文献[11]及文献[9]的钢材屈服强度分别为 290.08 MPa, 267.60 MPa 和 370.40 MPa.

表 6 试验结果与计算结果对比  
Tab.6 mparison between the experimental values and the calculated values

试件编号	钢板厚度/mm	试验承载力①/kN	平均值 / kN	计算承载力②/kN	②/①
WVL-3a	1.0	60.06	63.26	37.64	60%
WVL-3b		66.46			
WVL-4	0.8	57.66	57.66	29.98	52%

表 7 试件参数  
Tab.7 Summery of test specimens

编号	砂浆厚度 $C_s$ /mm	钢板埋置长度 $L_e$ /mm
P-30-150	30	150
P-40-150	40	150
P-50-150	50	150
P-30-200	30	200
P-40-200	40	200
P-50-200	50	200
P-30-250	30	250
P-40-250	40	250
P-50-250	50	250
P-30-300	30	300
P-40-300	40	300
P-50-300	50	300



发生开裂和压溃现象,加载端滑移如图10所示。

## 2.4 试验结果及讨论

图11为各个试件的加载端和自由端的荷载-滑移曲线,可将镀锌钢板轻质砂浆拉拔试验荷载-加载端滑移( $P$ - $S$ )曲线归纳为图12所示的四个阶段:

(1) 无滑移阶段(0A段):初始阶段,试件加载端和自由端均未发生滑移,表明荷载未达到破坏粘结力阶段,砂浆与钢板间均以化学胶结力传递荷载。

(2) 滑移破坏段(AB段):当加载达到初始滑移荷载 $P_s$ (极限荷载的40%~50%),加载端开始出现滑移;当荷载到达极限荷载 $P_u$ ,自由端开始出现滑移。

(3) 荷载下降段(BC段):达到 $P_u$ 后荷载迅速下降,加载端和自由端滑移均发展较快,砂浆与钢板之间力的传递为动摩擦力。

(4) 滑移残余段(CD段):滑移达到一定阶段后,荷载下降趋势趋于平缓,荷载降至残余荷载 $P_r$ (极限荷载的40%~60%)。

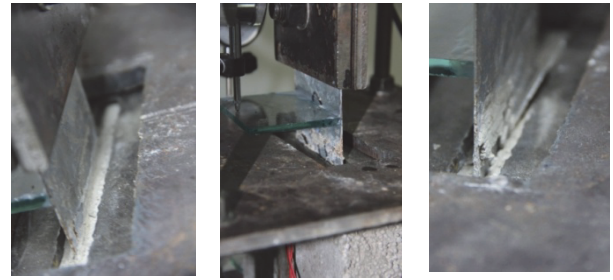


图10 试件加载端滑移  
Fig.10 The slip of loading end

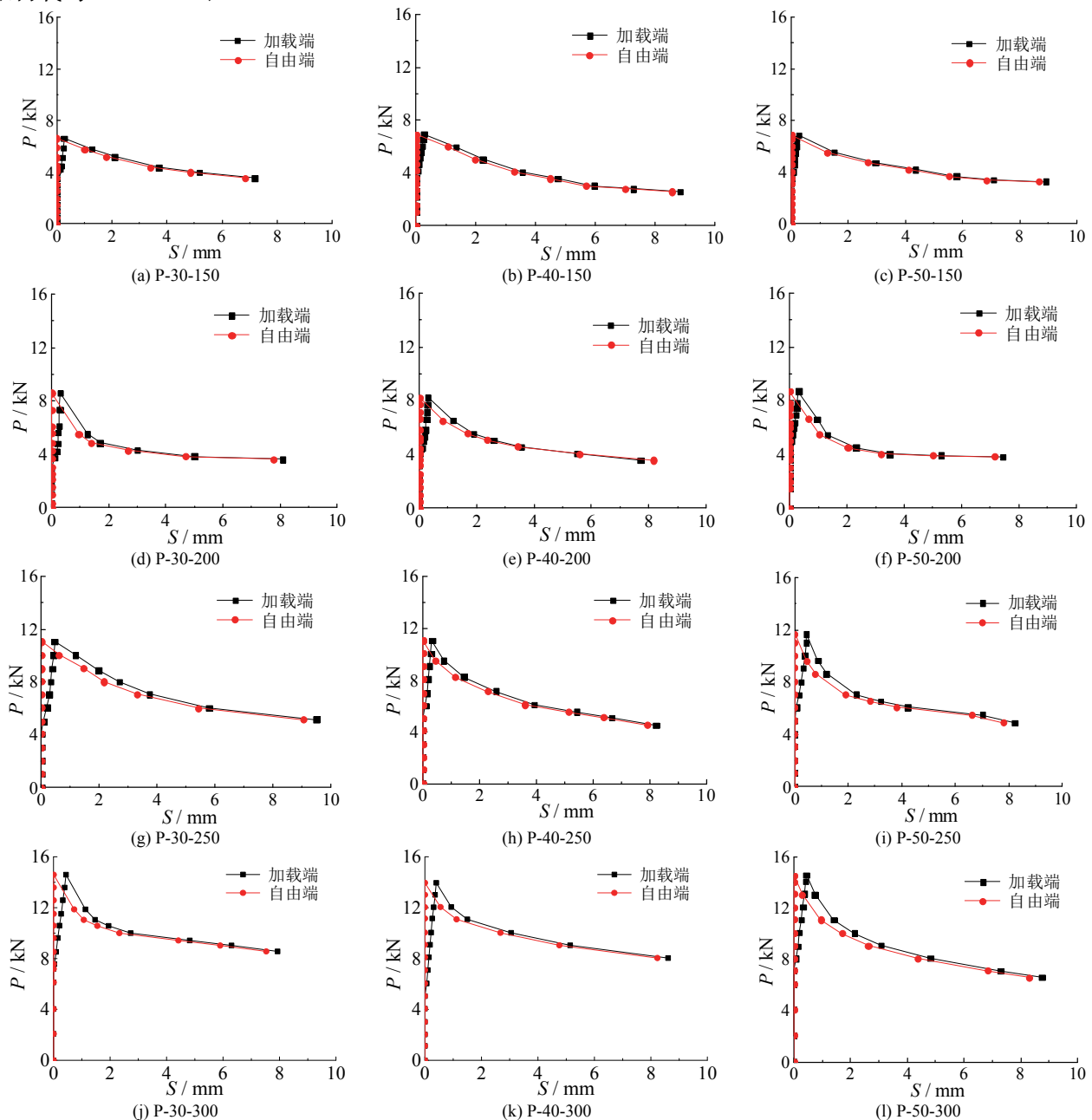


图11 试件荷载-滑移曲线

Fig.11 Curve: Load-displacement vs specimens

汇总各试件的试验数据,见表 8,其中平均粘结强度由破坏荷载除以粘结面积得到.将平均粘结强度取平均值,最终得到镀铝锌钢板与轻质砂浆的粘结滑移强度为 0.266 MPa.图 13 和 14 为平均粘结滑移强度与轻质砂浆厚度、镀铝锌钢板埋置长度的关系曲线,由图中曲线可见:轻质砂浆厚度和镀铝锌钢板埋置深度对平均粘结强度影响较小.

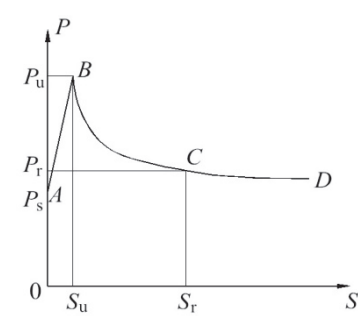


图 12 荷载-加载端滑移(P-S)曲线  
Fig.12 Load-displacement(P-S)curve

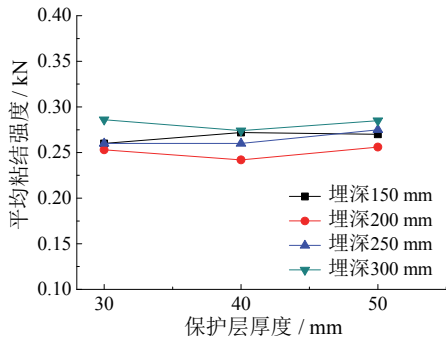


图 13 平均粘结强度与砂浆厚度关系曲线  
Fig.13 Relationship between average bond strength and cover thickness

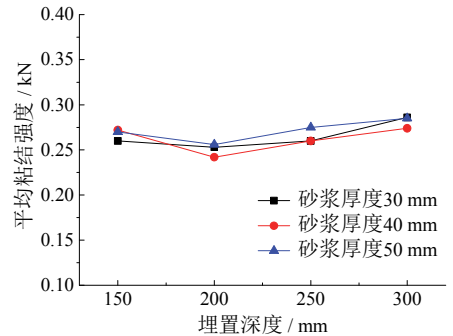


图 14 平均粘结强度与镀铝锌钢板埋置深度关系曲线  
Fig.14 Relationship between average bond strength and layout depth

3 结论

(1) 喷涂式轻质砂浆-冷弯薄壁型钢墙体立柱具有较高的承载力和较好的整体性,钢板厚度 1.0 mm 立柱较 0.8 mm 立柱承载力高 4%~16%.

(2) 本文结果与文献[9]、[11]结果对比表明,本文立柱破坏模式均为柱顶局部受压屈曲,本文墙体立柱的承载力是无墙板立柱承载力的 2.37~2.62 倍,比双面挂板墙体立柱承载力提高 18.62%~53.77%.

(3) 试验结果与有效截面法计算结果对比,有效截面法计算新型立柱承载力较为保守,新型墙体立柱的承载力计算应考虑轻质砂浆对于立柱的支撑作用以及荷载分担.

(4) 镀铝锌钢板轻质砂浆拉拔试验荷载-加载端滑移 (P-S) 曲线可分为:无滑移阶段,滑移破坏段,荷载下降段和滑移残余段.镀铝锌钢板与轻质砂浆的粘结滑移强度为 0.266 MPa,轻质砂浆厚度和镀铝锌钢板埋置深度对平均粘结强度影响较小.

参考文献 References

[1] 周绪红, 石宇, 周天华, 等. 低层冷弯薄壁型钢结构住宅体系[J]. 建筑科学与工程学报, 2005, 22(2): 1-14.  
ZHOU Xuhong, SHI Yu, ZHOU Tianhua, et al. Cold-formed steel framing system of low-rise residential building[J]. Journal of Architecture and Civil Engineering, 2005, 22(2): 1-14.

[2] MILLER H, PEKOZ T. Behavior of cold-formed steel wall stud assemblies[J]. Journal of Structural Engineering, 1993, 119(2): 641-651.

[3] MILLER H, PEKOZ T. Behavior of gypsum-sheathed cold-formed steel wall studs[J]. Journal of Structural Engineering, 1994, 120(5): 1644-1650.

[4] TELUE Y, MAHENDRAN M. Behavior of cold-formed steel wall frames lined with plasterboard[J]. Journal of Constructional Steel Research, 2001, 57(4): 435-452.

[5] TIAN Y S, WANG J, LU T J, et al. An experimental study on the axial behavior of cold-formed steel wall studs and panels[J]. Thin-Walled Structures, 2004, 42(4): 557-573.

[6] TIAN Y S, WANG J, LU T J. Axial load capacity of cold-formed steel wall studs with sheathing[J]. Thin-Walled Structures, 2007, 45(5): 537-551.

[7] 何保康, 郭鹏, 王彦敏, 等. 高强冷弯型钢骨架墙体立柱轴压性能试验研究[J]. 西安建筑科技大学学报: 自然科学版, 2008, 40(4): 567-573, 579.  
HE Baokang, GUO Peng, WANG Yanmin, et al. Experimental investigation on high strength cold-formed steel framing wall studs under axial compression loading[J]. J. Xi'an Univ. of Arch. & Tech.: Natural Science Edition, 2008, 40(4): 567-573, 579.

[8] 郭鹏, 王彦敏, 何保康. 高强冷弯型钢骨架墙体立柱轴压性能试验研究及有限元分析[J]. 工业建筑, 2009, 35(5): 110-114.

表 8 粘结滑移试验结果

Tab.8 Experimental results of bond-slip tests				
编号	破坏荷载 /kN	加载端滑移 /mm	平均粘结强度 /MPa	平均值 /MPa
P-30-150	6.618	0.26	0.260	0.266
P-40-150	6.936	0.23	0.272	
P-50-150	6.890	0.26	0.270	
P-30-200	8.601	0.30	0.253	
P-40-200	8.233	0.31	0.242	
P-50-200	8.714	0.31	0.256	
P-30-250	11.063	0.45	0.260	
P-40-250	11.068	0.31	0.260	
P-50-250	11.697	0.44	0.275	
P-30-300	14.593	0.44	0.286	
P-40-300	13.955	0.40	0.274	
P-50-300	14.550	0.43	0.285	

- GUO Peng, WANG Yanmin, HE Baokang, et al. Experimental study on high strength cold-formed steel framing wall studs under axial compression and finite element analysis[J]. Industrial Construction, 2009, 35(5): 110-114.
- [9] 秦雅菲. 冷弯薄壁型钢底层住宅墙柱体系轴压性能理论与试验研究[D]. 上海: 同济大学, 2006.  
QIN Yafei. Theoretical and experimental research of cold-formed steel residential building wall stud system subject to centric axial loads[D]. Shanghai: Tongji University, 2006.
- [10] 刘斌, 郝际平, 钟炜辉, 等. 喷涂保温材料冷弯薄壁型钢组合墙体抗震性能试验研究[J]. 建筑结构学报, 2014, 35(1): 85-92.  
LIU Bin, HAO Jiping, ZHONG Weihui, et al. Experimental research on seismic behavior of cold-formed thin-wall steel framing walls with sprayed thermal insulation material[J]. Journal of Building Structures, 2014, 35(1): 85-92.
- [11] 刘斌, 郝际平, 赵淋伟, 等. 新型冷弯薄壁型钢墙体立柱轴压性能试验研究[J]. 工业建筑, 2014, 44(2): 113-117, 165.  
LIU Bin, HAO Jiping, ZHAO Linwei, et al. Experimental research on axial behavior of new-type cold-formed thin-wall steel framing wall studs[J]. Industrial Construction, 2014, 44(2): 113-117, 165.
- [12] GB/T 228.1-2010 金属材料拉伸试验第1部分: 室温试验方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2011.  
GB/T 228.1-2010 Metallic materials-tensile testing-part 1: method of test at room temperature[S]. Beijing: Standards Press of China, 2011.
- [13] JGJ/T 70-2009 建筑砂浆基本性能试验方法标准[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2009.  
JGJ/T 70-2009 standard for test method of performance on building mortar[S]. Beijing: China Building Industry Press, 2010.
- [14] GB 50018-2002 冷弯薄壁型钢结构技术规程[S]. 北京: 中国计划出版社, 2002.  
GB 50018-2002 technical code of cold-formed thin-wall steel structures[S]. Beijing: China Planning Press, 2002.
- [15] 杨勇. 混凝土粘结滑移基本理论及应用基础研究[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2004.  
YANG Yong. Study on the basic theory and its application of bond-slip between steel shape and concrete in SRC structures[D]. Xi'an: Xi'an Univ. of Arch. & Tech, 2004.

## Experimental research on axial compression behavior of cold-formed thin-wall steel framing wall studs with sprayed lightweight mortar

HAO Jiping<sup>1</sup>, WANG Yijun<sup>1</sup>, LIU Bin<sup>1</sup>, LI Kelong<sup>1</sup>, WANG Yingchun<sup>1</sup>, ZHAO Qiuli<sup>2</sup>

(1. School of Civil Engineering, Xi'an Univ. of arch. & Tech., Xi'an 710055, China;

2. Guangzhou CRUPE Systems Building Materials Co., Ltd, Guangzhou 510070, China)

**Abstract:** The cold-formed thin-wall steel framing wall with sprayed lightweight mortar is a new type of characteristic of wall that a frame made of cold-formed thin-wall steels that is filled with expanded polystyrene sheets (EPSs) in the lattices and spray lightweight mortar onto the gaps between the frame and EPSs and surfaces of the wall. Three studs in the cold-formed thin-wall frames were tested and analyzed in this paper to study the bearing capacity and failure patterns under axial force of this new structure. Compared with the test results on the wall studs with double wallboards, it shows that the new type of studs have better bearing capacity and good wholeness. Compared with the calculated values that use the effective section method, it shows the effective section method is conservative. The failure mechanism of the cold-formed thin-wall steel framing wall studs is the buckling at the top of the studs. It is also tested on the bond slip property between the galvanized steel plates and lightweight mortar, showing that the average bond strength is 0.266 MPa. The parameters of depth of steel plate in the mortar and the thickness of mortar have little effect on the average bond strength.

**Key words:** cold-formed thin-wall steel framing walls; sprayed lightweight mortar; axial compression behavior; bond-slip behavior

(本文编辑 桂智刚)