

蒙皮体中连接件的抗剪性能试验研究

赵海凤, 蔡祖炼

(浙江建设职业技术学院建筑工程系, 浙江 杭州 311231)

摘要: 连接件是影响蒙皮体抗剪性能的重要因素, 对国内常用的压型钢板类型采用自攻螺栓连接的受力蒙皮体进行了抗剪试验研究, 分析了不同板檩间距和不同板板螺栓连接的受力蒙皮体的破坏形式及抗剪性能, 与有限元分析结果进行比较, 提出不同间距布置的连接件对蒙皮抗剪性能的影响。

关键词: 蒙皮体; 连接件; 自攻螺丝; 板孔撕裂

中图分类号: TU317

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2011)06-0803-05

近几十年, 轻钢结构凭借其施工周期短、经济效益高、抗震性能好、有利环保等众多优点, 在工业厂房等建筑中得到了广泛应用。我国从上世纪 80 年代起, 就对轻钢建筑中的围护体系(屋面板、墙面板等)的蒙皮效应进行了研究^[1]。围护体系在其自身平面内具有不可忽略的平面抗剪强度和抗剪刚度, 屋面板、墙面板不仅仅作为围护体系也成为了受力结构的重要组成部分, 有效利用围护体系的蒙皮效应, 可提高结构整体刚度, 增强结构承载能力, 从而降低造价并减轻结构自重。欧洲蒙皮手册对一应力蒙皮建筑进行了经济分析, 应用蒙皮效应可节省建筑总成本的 10% 左右^[2]。本文对我国近年来常用的压型钢板组合蒙皮体进行了抗剪性能试验, 以研究按常规做法采用自攻螺丝连接的组合蒙皮体抗剪性能。

1 蒙皮体试验目的和类型

蒙皮效应的强弱与蒙皮体本身的构造、檩条的布置与数量、蒙皮板与蒙皮板间的连接、蒙皮板与其周边结构构件的连接、连接件的布置及类型、蒙皮板所依附的建筑物结构形体、框架结构的构成等诸多因素有关^[3]。上世纪五六十年代, 欧美国家对蒙皮体进行了大量试验研究, 提出了一些受力蒙皮体设计计算方法^[4], 并出台了相应规范及规程。由于蒙皮体试验类型较多, 需要大量的人力、物力和时间, 本文着重研究不同的连接件布置下的蒙皮体性能及破坏形式。

2 蒙皮体试验方案和内容

2.1 本试验采用悬臂梁式蒙皮体试验方案, 见图 1 和图 2。

《European Recommendations for the Application of Metal Sheetting acting as a Diaphragm》中规定蒙皮体抗剪试件宽度宜为压型钢板 4 块板宽^[5], 长宽比未作限制, 本试验采用 4 块压型钢板组成蒙皮体, 板型选用国内工程中常用的由浙江精工钢结构集团出产的 HV-248, HV-225 板材及 V-840 板材。同时考虑试验场地限制, 试验中仅考虑了加载方向平行于压

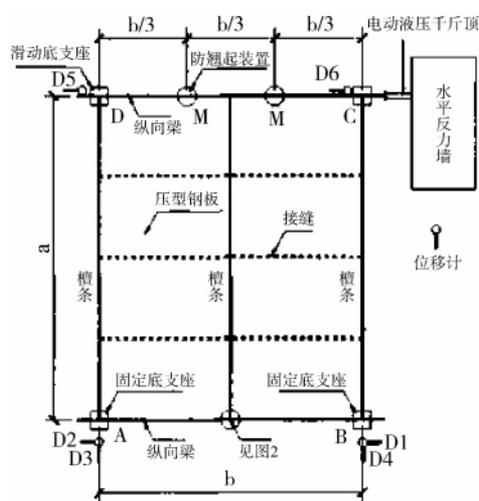


图 1 悬臂梁蒙皮体试件

Fig. 1 Cantilever body skin specimens

收稿日期: 2011-05-30 修改稿日期: 2011-10-12

基金项目: 浙江省城乡与住房建设厅资助项目(10Z04)

作者简介: 赵海凤(1980-), 女, 天津人, 硕士, 讲师, 主要从事钢结构研究。

型钢板跨度方向. 为接近实际工程, 椽选用 Q235 的 HW100×100 的宽翼缘型钢, 檩条选用 Q235 的 100×50×20×2.5 的 C 型钢, 试验框架为横梁(H 型钢)和连接在横梁上的檩条(C 型钢)组成. 框架横梁(椽)与檩条的连接方式采用工程中常用的檩托及普通螺栓(2M6)连接, 见图 3. 压型钢板与檩条间的连接选用 M6 自攻螺丝钉, 板板接缝处的连接选用 $\phi 5.0$ 的拉铆钉连接, 板檩连接件及板板接缝处的连接尽量做到板与檩条及板板之间紧贴.

试件整体水平放置, 考虑到试验中压型钢板、檩条及框架横梁处于同侧, 而加载位置位于框架端部, 易使蒙皮体产生偏心. 因此, 在刚架 1/3 和 2/3 处分别设置了防翘起装置, 见图 4.

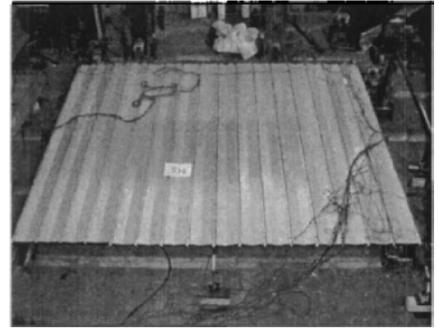


图 2 蒙皮体试件照

Fig. 2 Skin sample according to body

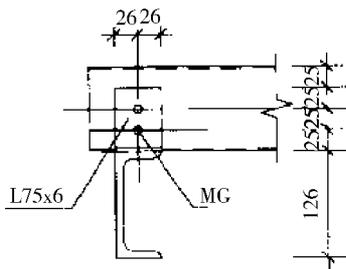
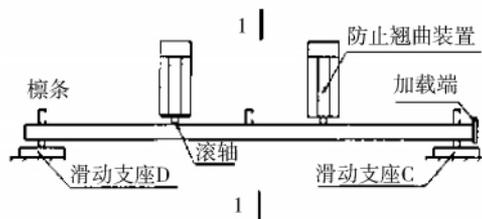
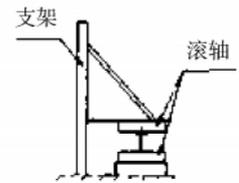


图 3 檩托与螺栓连接

Fig. 3 Purlins and bolted care



(a) 防止蒙皮体整体翘起装置示意图



(b) 1—1 剖面图

图 4 蒙皮体防整体翘起装置

Fig. 4 The overall anti-tilt device of body skin

2.2 蒙皮体试件

本试验共设计了四个试件, 采用不同钉距、板型, 以测定各因素对蒙皮体性能的影响.

试件 1: 压型板采用 HV-248 型, 板与檩条的连接采用常规钉距(隔波连接), 板与板的接缝仅在檩条处有自攻螺丝连接, 檩条间的板接缝处没有连接件连接.

试件 2: 压型板采用 HV-248 型, 板与檩条的连接采用每波连接, 板与板的接缝处在檩条处有自攻螺丝连接, 檩条间板接缝处没有连接件连接.

试件 3: 压型板采用 HV-248 型, 板与檩条的连接采用每波连接, 板与板的接缝处在檩条处有自攻螺丝连接, 檩条间板接缝处采用 $\phi 5.0$ 的拉铆钉连接.

试件 4: 压型板采用 V-840 型, 板与檩条的连接采用常规钉距(隔波连接), 板与板的接缝仅在檩条处有自攻螺丝连接, 檩条间的板接缝处没有连接件连接

具体试件参考数见表 1.

表 1 蒙皮体试件设计参数
Tab. 1 Design parameters of the body skin specimen

试件编号	板型	檩距	连接件间距		试件尺寸
			板檩	板板	
1	HV-248	1 500	496	1 500	4 200×3 000
2	HV-248	1 500	248	1 500	4 200×3 000
3	HV-248	1 500	248	750	4 200×3 000
4	V-840	1 500	210	750	4 200×3 000

2.3 加载与量测

试验在加载架上设置一台 200 kN 的油压千斤顶进行水平加载. 试件加载前, 按 10% 的预估荷载先加载(10%×20=2 kN), 然后再卸载并重新开始逐级加载, 由计算机控制加载和位移增量, 每级加载为 2 kN, 逐级加载至试件破坏, 每级荷载加载完毕并稳定后, 由计算机记录采集各个位移传感器和应变仪数据.

为测定各级荷载作用下蒙皮体抗剪性能水平荷载位移曲线, 试验中在蒙皮体试件的四个角点处均

布置位移计测量位移,如图 1 所示,量移均为 100 mm.为测定连接处的应力状态,试验中选择在有代表忙的连接件周围贴上三向应变花.

3 试验结果

3.1 试验结果

本试验 4 个试件的试验极限荷载,最大位移和破坏形式列于表 2.

表 2 蒙皮体试验结果
Tab.2 Test results of the body skin

试件	极限荷载/kN	最大位移/mm	破坏形式
1	11.07	72.3	压型钢板与横梁连接处的自攻螺丝钉剪断,檩条与横梁连接处焊缝破坏
2	13.84	51.7	板与板接缝处变形过大,压型板端部与檩条端部连接处板孔发生撕裂,板端局部翘曲失稳
3	15.39	40.9	板与板接缝处变形过大,压型板端部与檩条端部连接处板孔发生撕裂,板端局部翘曲失稳
4	15.91	33.6	板与板接缝处变形过大,压型板端部与檩条端部连接处板孔发生撕裂,板端局部翘曲失稳

试件抗剪性能试验中连接件出现破坏形式主要有三种:第一种为压型板的连接件发生剪切破坏,两侧压型钢板错动明显;第二种为压型板板孔受挤压拉长、拉裂,自攻螺丝不同程度的倾斜,板板接缝处的拉铆钉出现倾斜、拉断,板件间发生较大错动破坏;第三种为自攻螺丝钉受挤压发生倾斜,板孔边承压起鼓,自攻螺丝起翘,板件整体失稳破坏.破坏图片见图 5、图 6、图 7.

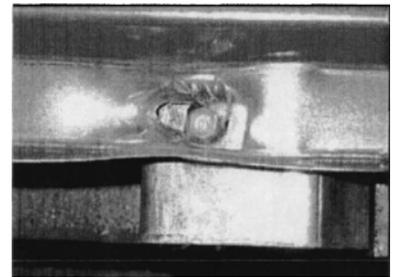


图 5 板檩连接处板发生撕裂破坏

Fig. 5 tear-damage occurs at plate purlin connection plate

3.3 蒙皮体的试验曲线

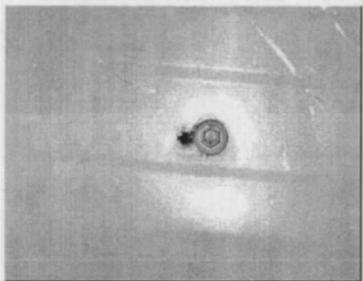


图 6 板缝处自攻螺丝钉撕裂破坏

Fig. 6 Slab tearing at the destruction of self-tapping screws

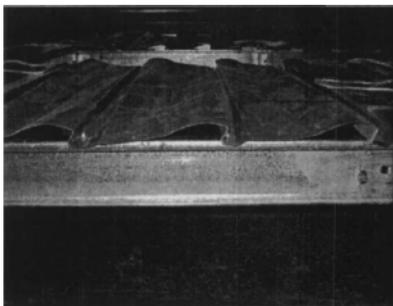


图 7 压型钢板整体屈曲

Fig. 7 The overall buckling of steel plate

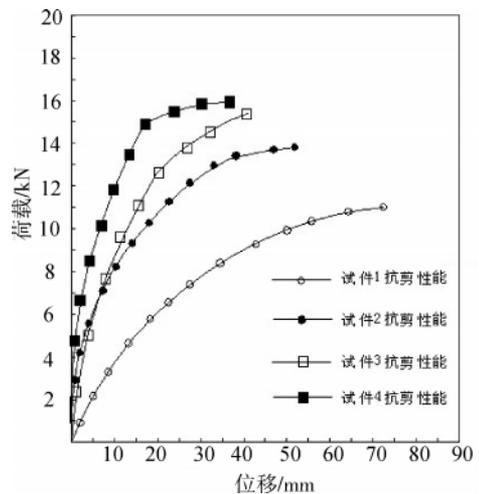


图 8 蒙皮体试件的抗剪性能实验结果

Fig. 8 Test result of the body skin shear behavior of specimen

4 蒙皮体抗剪性能的有限元分析

为了理论分析和试验研究的统一性,本文利用 ANSYS 软件进行分析.本文分析中对连接件进行假设简化为两节点弹簧连接单元,采用 ANSYS 中的非线性弹簧单元 COMBIN39 模拟^[6],檩条与压型钢板均采用 Q235 钢,弹簧模量为 2.06×10^5 MPa,泊松比 μ 取 0.3.考虑到试验采用分级加载且荷载施加缓慢,故所进行结构分析的类型为静力分析.限于篇幅,本文中仅给出蒙皮体抗剪性能有限元方法中分析所得的蒙皮体性能曲线,其性能曲线与试验结果相当吻合,见图 9.

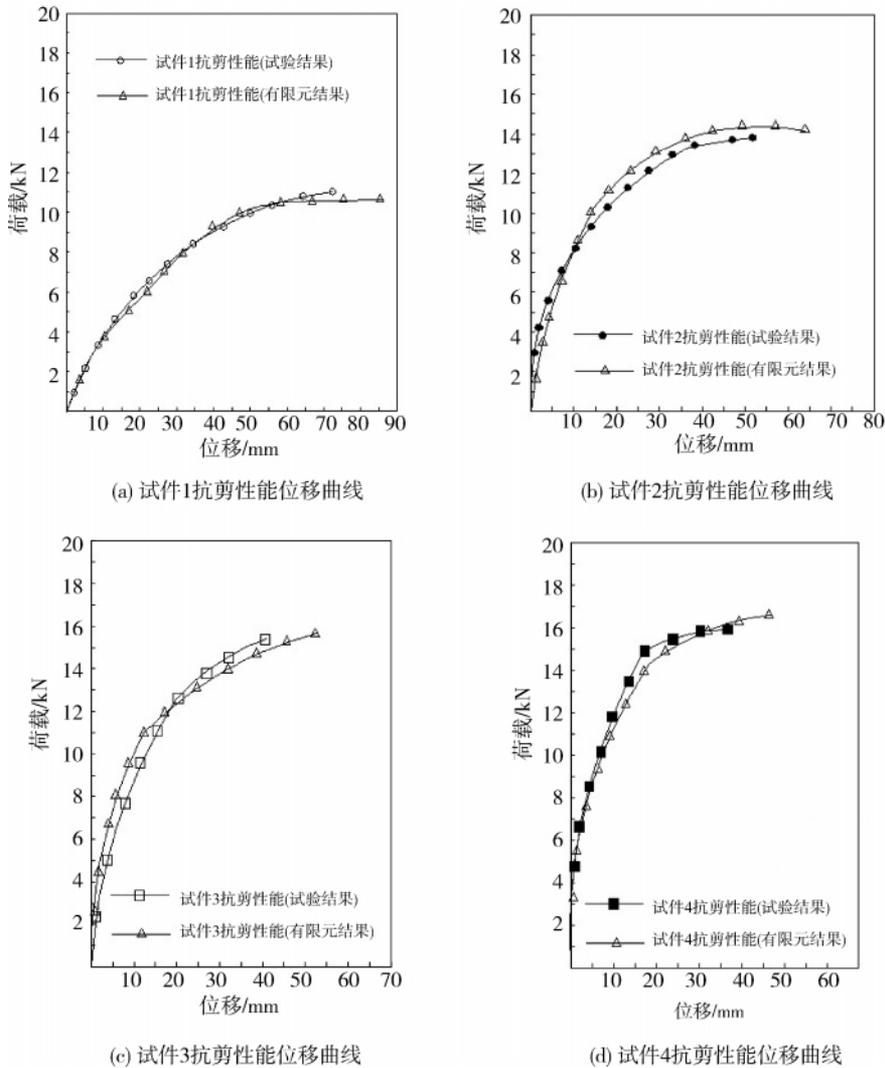


图 9 试件荷载-位移曲线比较

Fig. 9 Comparison between the load-displacement curves of the specimens

5 结论

从本试验结果和有限元分析中可得出下列几点结论:

(1) 蒙皮体与钢框架间可靠的连接能承受一定的平面内荷载是可见的事实,在设计中可相应考虑压型钢板的蒙皮效应.

(2) 蒙皮破坏的几种主要形式为:压型钢板与檩条间自攻螺丝剪断破坏、压型板与檩条间自攻螺丝钉孔拉长撕裂破坏、板板接缝处钉孔撕裂破坏、压型板局部失稳破坏、压型板整体失稳破坏.其中压型板接缝处连接破坏是导致蒙皮体破坏的主要原因,应选择延性好,强度高的连接件.

(3) 对比四个试件试验数据可知:板型 V-840 与板型 HV-248 的抗剪强度相差不大($15.39/15.91 =$

0.97),但板型 V-840 比 HV-248 的抗剪刚度约高出 22%左右($40.9/33.6=1.22$),由此可知,压型板波高越高蒙皮体抗剪刚度越好.试件 2 与试件 1 相比较可知,板檩连接件每波设置的抗剪强度较隔波设置的抗剪强度约高出 25%左右($13.84/11.07=1.25$),抗剪刚度约高出 40%($72.3/51.7=1.40$).比较试件 3 与试件 2 可知,板板连接间距为 750 mm 比无连接件状态,其抗剪强度提高约为 11%($15.39/13.84=1.11$),抗剪刚度提高约 26%($51.7/40.9=1.26$),表明板板拉缝处连接件设置是决定蒙皮体抗剪性能的关键因素.

(4)本次试验因经费有限,所以压型钢板板型和连接件类型分别只有两种,所得试验数据有限,今后还需逐步扩展试验研究范围,为我国轻钢结构蒙皮效应的应用积累更多试验依据.

参考文献 References

- [1] 郑 瑾. 轻钢建筑围护体系蒙皮效应的试验及理论研究. [D]. 上海:同济大学,2007.
ZHENG Jin. Experimental and Theoretical Research on the Diaphragm Effects of the Cladding Systems of Light Gauge Steel Structures. [D]. Shanghai: Tongji University, 2007.
- [2] DAVIES J M, BRYAN, E R. Manual of Stressed Skin Diaphragm Design[M]. Granada Publishing, 1982.
- [3] 龙丽萍, 韦 松, 崔 佳. 自攻螺丝连接受力蒙皮体抗剪性能的试验研究[J]. 建筑结构学报, 2004, 25(2): 39-43.
LONG Li-ping, WEI Song, CUI Jia. Experimental investigation on shear behaviour of stressed skin diaphragms connected by self-tapping screws. Journal of Building Structures, 2004, 25(2): 39-43.
- [4] 熊仲明. 基于经济性能的大跨度钢结构体系结构选型研究[J]. 西安建筑科技大学学报: 自然科学版, 41(3): 312-318.
XIONG Zhong-ming. Scheme selection of long-span steel structure system under economical performance[J]. J. Xi'an Univ. of Arch. & Tech. : Natural Science Edition, 41(3): 312-318.
- [5] ENV, 1993, Design of Steel Structure, Part-3, Supplementary rules for cold formed members and sheeting, ECCS, 1996.
- [6] MATTEIS G D. The effect of cladding panels in steel building under seismic actions[D]. University of Naples, Italy, 1998.

Experimental investigation on shear behaviour of stressed skin diaphragms connected by connectors

ZHAO Hai-feng, CAI Zu-lian

(Department of Architectural Engineering, ZheJiang College of Construction, Hangzhou 311231, China)

Abstract: Skin joints are an important factor affecting the shear performance. Shear behaviour of stressed skin diaphragms using profiled sheet connected by the self-tapping screws was studied in this paper. The paper analysed the effect of different distances between self-tapping screws on the failure types of skin diaphragms and shear properties. Finite element analysis was carried out to compare the results. Conclusion and condition considering the effect of the skin diaphragms is come up with.

Key words: *stressed skin diaphragm; connectors; self-tapping screw; avulsion of sheet orifice*