

新型背槽式外挂石材幕墙的抗风承载力鉴定

齐玉军^{1,2} 陆新征^{1,2} 叶列平^{1,2} 侯建群³ 于鲁辉³

(1. 清华大学土木工程系, 北京, 100084; 2. 结构工程与振动教育部重点实验室, 北京, 100084

3. 清华大学建筑设计研究院, 北京, 100084)

摘要: 对某新型背槽式外挂石材幕墙板材进行了静力加载的实验研究和考虑接触非线性的有限元分析。结果表明其可以满足工程抗风承载力的要求; 背槽式锚固件附近没有明显的应力集中现象, 表明这种新型锚固件受力效果良好。

关键字: 背槽 石材幕墙 承载力 鉴定

Appraisal for the Wind-Resistant-Strength of a New Type Stone Curtain Wall with Back Channels

Qi Yujun^{1,2}, Lu Xinzheng^{1,2}, Ye Lieping^{1,2}, Hou Jianqun³, Yu Luhui³

(1 Department of Civil Engineering, Tsinghua University, 2 Key Laboratory of Structural Engineering and Vibration of China Education Ministry, Tsinghua University, 3 Architectural Design & Research Institute of Tsinghua University, Beijing, 100084, P.R. China)

Abstract: Static experimental study and finite element analysis with contact nonlinearity has been carried out for a new type stone curtain wall with back channels. The test and numerical results show that the stone curtain wall can satisfy the wind strength requirement. And no obvious stress concentration is observed around the back-connected support, which proves that this new type stone curtain wall has good mechanical property.

Keywords: back channel, stone curtain wall, strength, appraisal

1 引言

石材幕墙由于其良好的立面效果而得到大量应用^[1]。我国目前石材幕墙干挂法可以分为边固定法和背固定法两种方法, 在金属与石材幕墙工程的技术规范 (JGJ 133-2001)^[2]中, 又把边固定法分为钢销式支承、短槽式支承、边槽式支承三种; 背固定法则分为背钩式支承、单切面背栓式支承、双切面背栓式支承三种锚固方法。不同的锚固方法施工的难易程度不同, 特别是对石板的设计计算会有较大的影响。另外, 边式固定法不便于幕墙的维护, 特别是石材板的更换相当繁琐; 而背钩式的锚固方法因为施工繁琐, 已经被背栓式所取代。因此, 在当前石材幕墙设计施工中, 采用最多的方案为短槽式锚固和背栓式锚固^[3]。

本文介绍的新型背槽式外挂石材幕墙在传统的干挂幕墙工艺上进行了创新, 采用了背槽式锚固件并且在石材板背面设置了加强层, 如图(1)所示。

首先在幕墙石板上开燕尾槽, 将铝合金背槽式锚固件嵌入燕尾槽并用胶站住。锚固件表面开槽用以卡住固定螺栓。与普通的背栓式支撑相比, 增大了锚固件与石材的接触面积, 可以使支座处受力均匀; 背槽式支撑通过螺栓将锚固件与龙骨固定在一起, 螺栓可以在背槽中移动, 从而可以调整安装的精度, 减小安装过程中石板的初始应力; 且背槽表面平坦, 便于堆放, 易于运输。这种锚固方法, 施工方便, 而且便于使用期间的维修, 可以灵活方便的更换局部的石板。

另外, 为了增强石材幕墙的抗裂性, 在石板背面采用了复合加强层。复合加强层提高了石板受正向压力时的承载力和延性。在风荷载下, 虽然复合加强层对负风压作用时的贡献较小, 可以不予考虑, 但它使板具有更大的变形能力。即使因意外板发生开裂, 也不会立刻松散坠落, 大大提高了其在高层建筑中使用的安全性。

本文对某综合大厦工程外挂石材幕墙板的抗风承载力进行鉴定。石材品种为山东红麻, 上表面为抛光面, 背面设有 0.8mm 厚的玻璃纤维复合加强层, 并且背面设有四个背槽式锚固件。石板样品参见图 2。甲方要求的抗风承载力为正向不小于 8.97kPa。

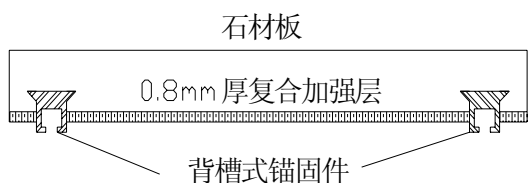


图 1 背槽式外挂石材板示意图



图 2 石板样品

2 试验鉴定

2.1 试验简介

本试验石材为委托方送样检测, 各试件尺寸信息见表 1。背槽式锚固件的设置情况见图 3。

表 1 试件信息

组号	试件号	长×宽×厚(mm)*	加载面
1	SP1-1	1200×550×30	正
	SP1-2	1200×550×30	正
	SP1-3	1200×550×30	正
	SP1-4**	1200×550×30	反
2	SP2-1	1800×550×30	正
	SP2-2	1800×550×30	正
	SP2-3	1800×550×30	反
3	SP3-1	1000×1000×25	正
	SP3-2	1000×1000×25	正
	SP3-3	1000×1000×25	反

试件加载均采用砝码加载的方式。加载时, 使砝码尽量均匀布置于被测试件表面, 用以模拟板材所承受的均布风荷载。加载使用的砝码为铅制, 尺寸为 330×70×50mm, 单块质量为 10kg。加载时铅块之间保持 3cm 左右的距离, 防止板发生变形后砝码接触产生的拱效应。加载时采取分层逐级加载方式, 每层又分为若干步加载, 每次加载的砝码数量从 1 块到 9 块不等。为能较准确的模拟均匀荷载的情况, 事先按照砝码的尺寸对试件表面进行加载分区, 加载的时候采用分区间隔加载的方式。图 4 中的试验照片显示了正面加载和反面加载的试验装置以及加载情况。

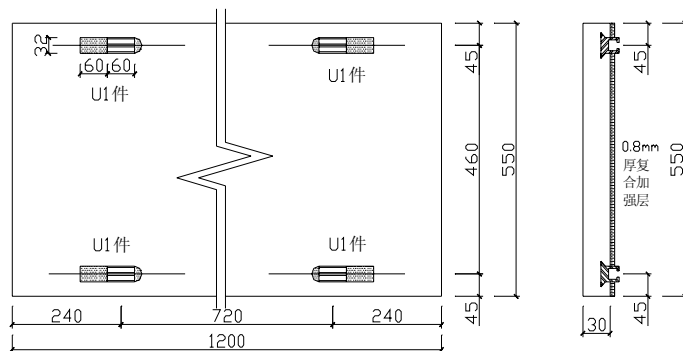


图3 第1组试件背槽式锚固件设置

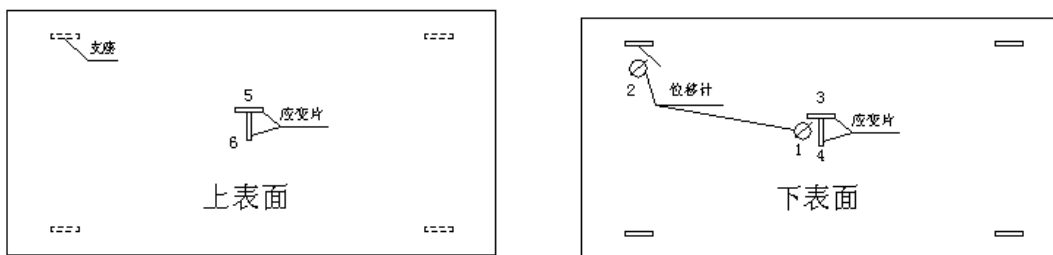


(a) 正面加载

(b) 反面加载

图4 实验装置以及加载情况 (a-正面加载 b-反面加载)

在试验中测量的主要物理量为跨中的应变和位移，背槽式锚固件附近的应变和位移。并且在加载的过程中记录了加载的砝码的质量，作为试件承受的静荷载。图5为第1组试件的测点位置布置示意图。



(a) 上表面布点

(b) 下表面布点

图5 第1组试件测点布置示意图

2.2 试验结果

试验可以得到板材受力的荷载—位移和荷载—应变曲线，图6所示即为部分典型试验结果曲线。

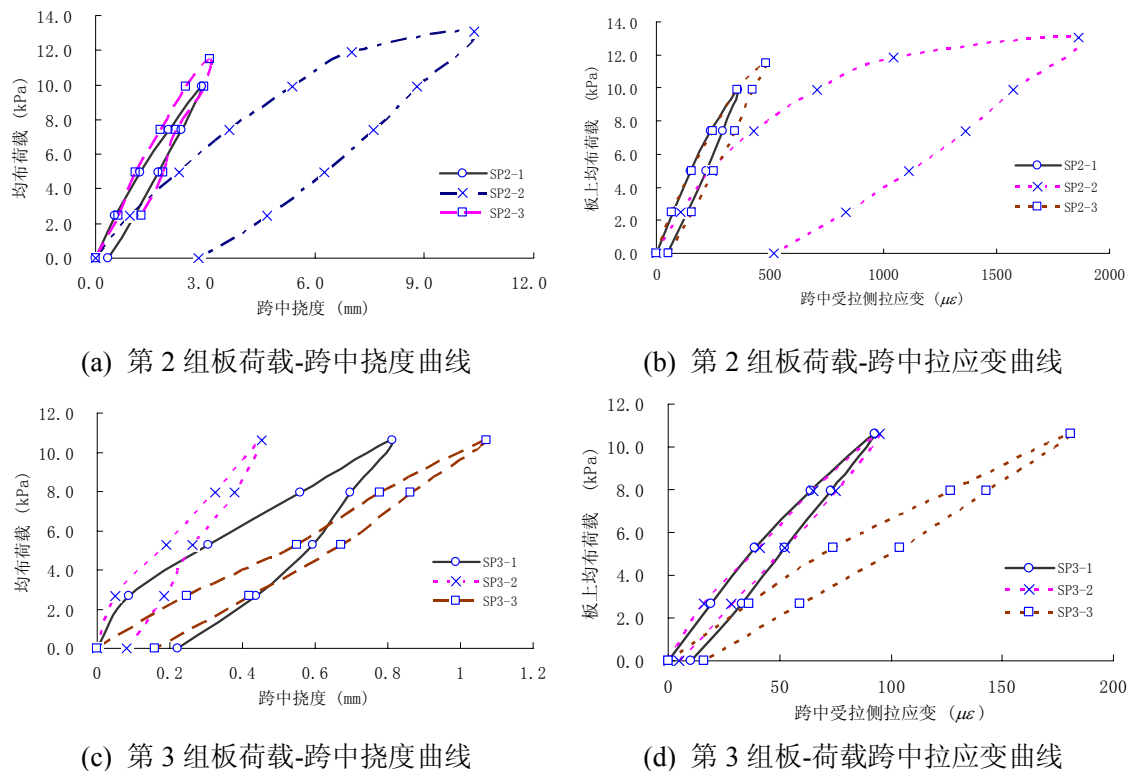


图 6 各组板试验结果曲线

通过分析可以得出以下的结论：

1、板材在加载过程当中基本处于弹性受力状态，卸载后残余变形较小，基本为加载设备支座的沉降变形。但是当荷载较大、超过 11.88kPa 的时候，第 2 组试件开始出现非线性，进入强化阶段；最终板的挠度可达 1/150，但是没有明显的破坏，说明其有较好的延性。

2、试验结果整体上一致性较好，但是也有一定的离散性，其原因包括：石材为天然材料，材质具有一定的不均匀性；背槽式锚固件初始螺栓紧固程度不同，加载过程中消除支承空程；为了避开背槽卡件、应变片等部位，正向加载与反向加载时砝码位置略有差别。

3、当荷载达到甲方要求的承载力水平 8.97 kPa 时，所有板均处于弹性受力状态，其跨中拉应变均不超过 350 个微应变，三组板的跨中挠度分别为 1/780、1/407 和 1/735，完全可以满足工程需要。

为了考察新型背槽式支座的安全性，试验过程中对背槽局部的应变进行了量测。如图 7 和图 8 所示。从图中看出，跨中应变已经达到 650 $\mu\epsilon$ 左右，但是支座处的应变不超过 35 $\mu\epsilon$ ，说明支座处应力水平较低，没有明显的应力集中现象。

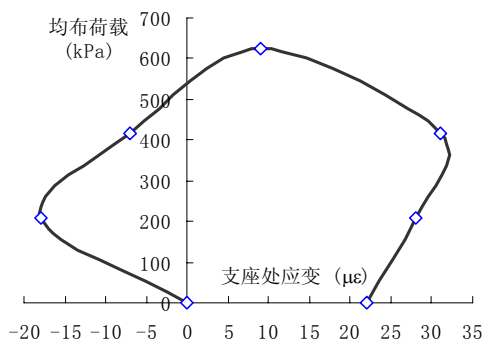


图 7 支座处荷载-应变曲线

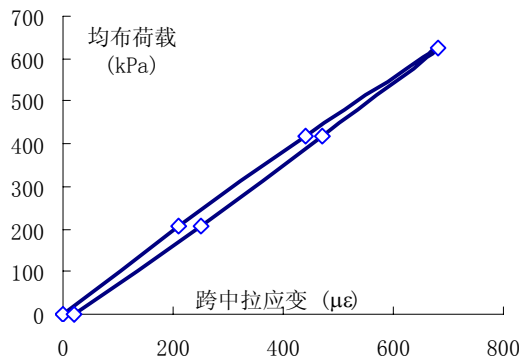


图 8 跨中荷载-应变曲线

3 有限元分析

另外考虑到背槽件内部受力情况试验量测存在一定难度,对背槽式锚固件附近板的受力情况进行了有限元分析,分析采用 MSC 公司开发的大型商业有限元程序 MSC.MARC^[4]。板材、锚固件均采用实体单元。建模时为降低计算工作量,根据对称性取 1/4 瓷砖进行分析,并真实模拟了背槽卡件和石板之间的接触关系^[4,5]。在正负风压的作用下,石材局部应力分布见图 9。从图中可以看出,背槽式锚固件附近应力水平较低,应力集中不明显。

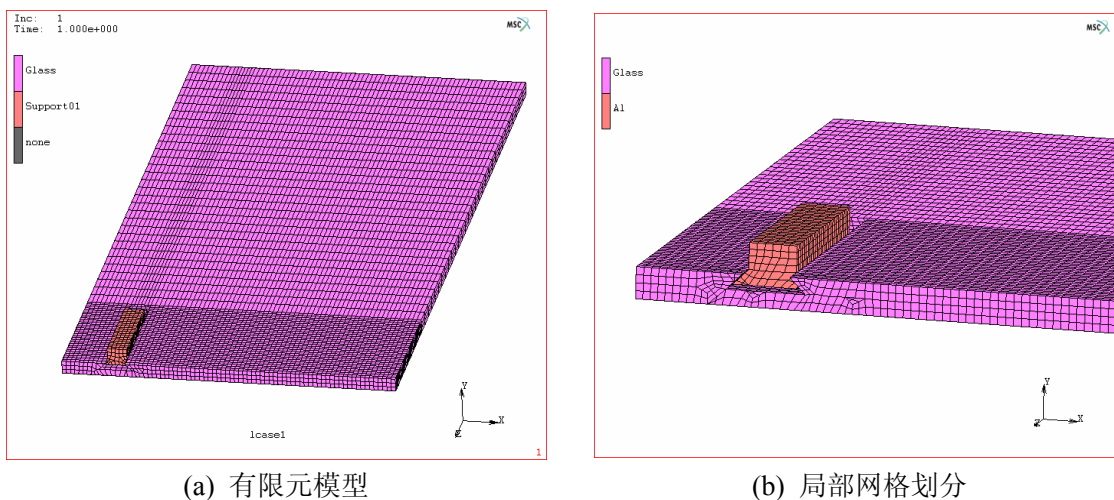


图 9 有限元模型

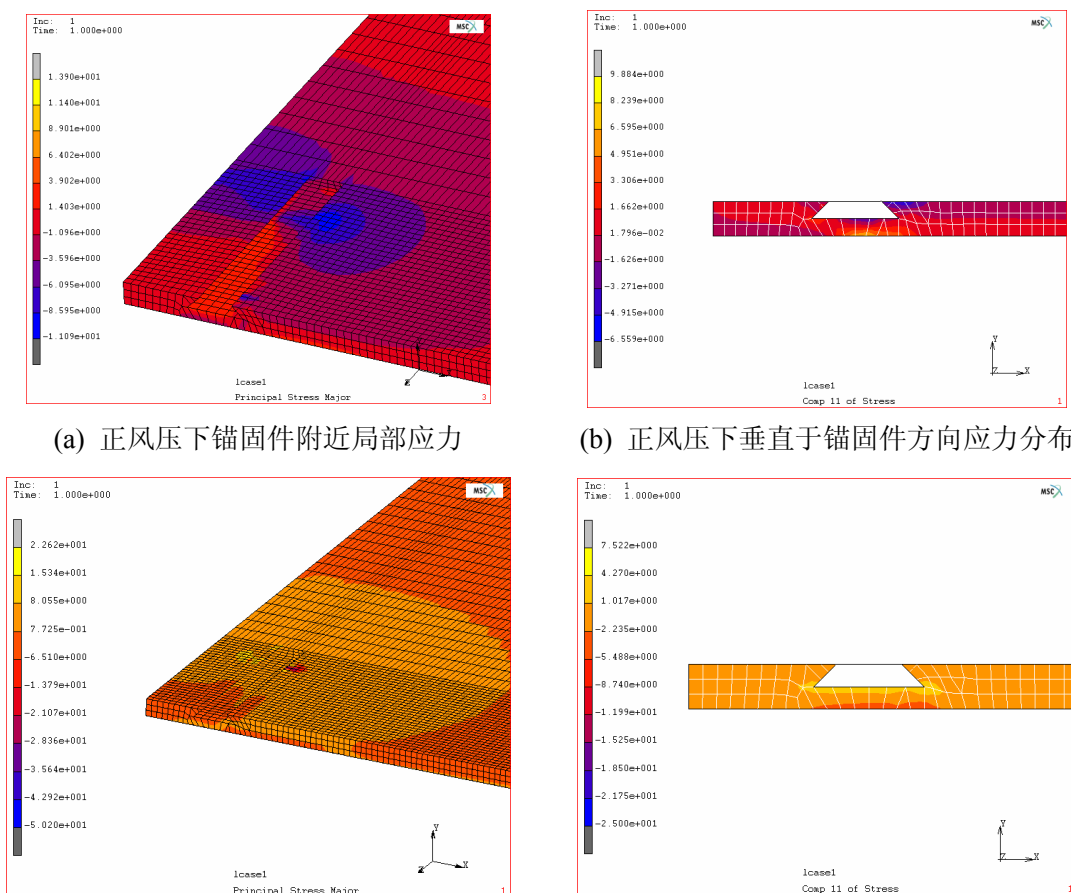


图 10 背槽式锚固件附近局部应力有限元分析

4 结论

本次试验对新型背槽式外挂石材幕墙的抗风承载力进行了试验和有限元分析,结果表明该新型背槽式幕墙受力具有良好的承载力和一定的延性。复合加强层可以有效防止石板在意外荷载下发生碎裂,提高了其作为高层建筑的外挂饰件的安全性。锚固件受力均匀,施工方便,具有良好的工程推广前景。

致谢

感谢清华大学土木工程系数字防灾与虚拟工程实验室提供高性能计算环境。

参考文献

- [1] 金属与石材幕墙工程技术规范 JGJ 133-2001, 北京: 中国建筑工业出版社, 2001.
- [2] 赵西安, 面板背部连接的石材幕墙设计, 建筑技术, 37(9), 2006, 648-651.
- [3] 李骞, 梁羽. 石材幕墙挂板方式之试验与比较. 建筑施工, 27(5), 2006: 36~38.
- [4] 江见鲸 何放龙 何益斌 陆新征, 有限元法及其应用, 机械工业出版社, 2006.
- [5] 陆新征, 陈勇. 某特大型筒仓侧壁压力有限元分析, 山西建筑, 32(2), 2006. 1-2