

# RC 剪力墙外挂 WDF 平面外振动台试验研究

白国良<sup>1</sup>, 王 琦<sup>1</sup>, 余 青<sup>1</sup>, 浮广明<sup>1</sup>, 王 辉<sup>2</sup>

(1. 西安建筑科技大学土木工程学院, 陕西 西安 710055; 2. 新疆凯乐新材料有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830009)

**摘要:** 页岩烧结复合外墙保温砌体 (WDF) 是一种新型外墙外保温材料. 按照足尺模型共设计了 4 片 RC 剪力墙外挂 WDF 试件进行振动台平面外抗震性能试验, 主要研究锚栓布置个数和布置形式对此保温体系平面外抗震性能的影响. 试验结果表明: 4 片试件均有良好的抗震性能; WDF 与基层墙体之间相对位移最大值在墙体顶部; 随着锚栓布置个数增多, 试件频率下降变慢; 锚栓布置个数为每平方米 4 个时, 试件平面外加速度响应最小, WDF 与基层墙体之间的相对位移最小; 梅花型布置时 WDF 与基层墙体之间裂缝较少且开展缓慢, 试件平面外抗震性能较好, 建议实际施工中采用梅花型布置形式.

**关键词:** RC 剪力墙; WDF; 外墙外保温; 平面外抗震性能; 锚栓

**中图分类号:** TU55

**文献标志码:** A

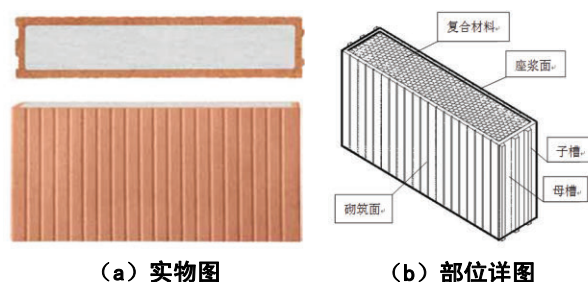
**文章编号:** 1006-7930(2014)03-0307-06

我国是世界第二大能源消耗大国, 其建筑能耗占我国全社会能耗量的 32% 以上, 高居各能耗之首<sup>[1]</sup>. 目前我国城乡既有建筑面积已超过 440 亿  $\text{m}^2$ , 其中 95% 属于高能耗建筑, 而墙体能耗在整个建筑能耗中所占比重最大, 故墙体保温在建筑节能中显得尤为重要<sup>[2]</sup>. 外墙外保温系统是建筑物自身节能的重要手段, 是目前国内外应用最广泛的技术措施之一, 外墙外保温技术的实施和推广至今已有四十多年的历史, 在此期间, 国内外在理论研究和工程实践方面都取得了巨大进展<sup>[3]</sup>. 目前国内外对该保温系统的研究主要在施工工艺方面, 但对该系统在建筑物生命期内遭遇地震作用时是否会发生脱落以致造成二次伤害等内容的研究极少<sup>[4-6]</sup>. “512”汶川地震中, 发现外墙外保温系统遭受地震灾害的破坏程度较严重, 主要原因是保温层与基层墙体之间在地震激励下产生的加速度反应和相对位移过大而导致的次生灾害<sup>[7]</sup>. 为了研究 RC 剪力墙外挂新型外墙外保温材料—WDF 的平面外抗震性能, 本文进行了 4 片 RC 剪力墙外挂 WDF 试件的模拟地震振动台试验, 分析了锚栓布置个数和布置形式对此体系平面外抗震性能的影响, 为在 RC 剪力墙设置新型外墙外保温材料—WDF, 并在地震区的推广应用提供了依据.

## 1 振动台试验设计

### 1.1 试件设计

RC 剪力墙外挂 WDF 保温体系由基层墙体、1 cm 专用砂浆层、WDF 和专用锚栓 4 种材料组成. 本试验共设计了 4 个足尺 RC 剪力墙外挂 WDF 保温体系模型, 其剪力墙尺寸均为  $l \times h \times b = 2\,500\text{ mm} \times 2\,900\text{ mm} \times 200\text{ mm}$ , 采用 C30 商品混凝土浇筑, 剪力墙采用双排双向配筋, 横向配筋为  $\Phi 12@150$ , 纵向配筋为  $\Phi 12@150$ , 拉筋为  $\Phi 6@400$ , 墙两端均为  $b \times h = 200\text{ mm} \times 500\text{ mm}$  的暗柱, 暗柱纵筋为  $8\Phi 16$ , 箍筋为  $\Phi 8@100$ . 锚栓进行热镀锌处理, 长度为 182 mm, 直径为 10 mm, 锚入剪力墙深度不小于 50 mm. 试验中采用的新型外墙外保温材料—WDF 具有较好的防火、隔热、耐久等综合性能, 尺寸为  $l \times b \times h = 498\text{ mm} \times 120\text{ mm} \times 248\text{ mm}$ , 抗压强度不小于  $2.0\text{ N/mm}^2$ , 密度等级为  $500\text{ kg/m}^3$ , 内填充 EPS 保温板以达到墙体保温效果, 传热系数为  $0.50\text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ , 采用专用砌筑砂浆, 按照相关技术规程砌筑完成<sup>[8]</sup>, 实物详图见图 1.



(a) 实物图 (b) 部位详图

图 1 WDF 实物详图

Fig.1 The physical details of WDF

收稿日期: 2013-12-30

修改稿日期: 2014-06-10

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划(2011BAJ04B01-02, 2011BAJ08B05-4, 2012BAJ19B04-02); 西安市科技计划项目 (CX1349(4)); 国家自然科学基金资助项目 (51308446); 陕西省博士后特别资助项目; 新疆城建集团科技攻关项目 (2013005)

作者简介: 白国良(1955-), 男, 博士, 教授, 主要从事结构工程抗震方向的研究. E-mail: guoliangbai@126.com

1.2 方案设计

本试验在西安建筑科技大学结构与抗震试验室振动台上进行,台面尺寸为 4.1 m×4.1 m,最大载重 30 t,三向六自由度,X 方向最大位移 100 mm,最大速度 1 000 mm/s. 具体的对比方案见表 1.

1.3 测试内容及加载方案

每个试件 WDF 面和 RC 剪力墙面各均匀布置 9 个加速度计、3 个位移计和 4 个应变片,如图 2 所示.

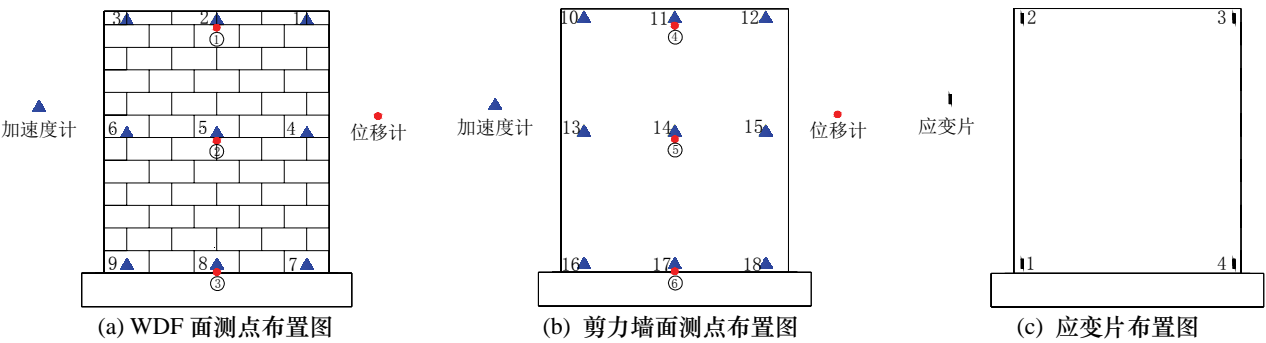


图 2 测点布置图  
Fig.2 Layout of measuring points

地震波选用 EL-Centro 波、Taft 波、天津宁河 (NS) 波,采用多级加载方案,每次加载输入单向 (垂直墙面方向即 X 方向) 地震波,本文仅采取 EL-Centro 波研究. 加载方案见表 2.

表 2 加载方案  
Tab.2 Plan of loading scheme

序号	加载工况	PGA/g	序号	加载工况	PGA/g	序号	加载工况	PGA/g	序号	加载工况	PGA/g
1	白噪声	0.05	6	El-Centro	0.10	11	El-Centro	0.20	16	白噪声	0.05
2	El-Centro	0.05	7	Taft	0.10	12	白噪声	0.05	17	El-Centro	0.60
3	Taft	0.05	8	宁河波	0.10	13	El-Centro	0.30	18	El-Centro	0.70
4	宁河波	0.05	9	白噪声	0.05	14	El-Centro	0.40	19	El-Centro	0.80
5	白噪声	0.05	10	El-Centro	0.15	15	El-Centro	0.50	20	白噪声	0.05

2 试验结果及分析

2.1 试验现象

(1) JQ-1 墙

当加载至 EL-Centro 波 0.40 g 时,WDF 面底部开始出现裂缝,试件顶部 WDF 与基层墙体之间出现初始裂缝宽;当加速度为 0.50 g 时,WDF 面底部初始裂缝进一步增大,RC 剪力墙面底部出现 150 mm 的细微裂缝,自振频率衰减幅度为 10.2%;当加速度增至 0.60 g 时,试件底部出现 100 mm 细微裂缝,同时剪力墙侧面出现细微裂缝,试件顶部 WDF 与基层墙体之间裂缝宽度进一步扩展;当加速度为 0.70 g 时,试件底部裂缝增多,并趋于贯通;当加速度增至 0.80 g 时,试件底部裂缝完全贯通,WDF 与基层墙体之间的裂缝明显增多且向下发展明显.

(2) JQ-2 墙

当加载至 EL-Centro 波 0.40 g 时,底部座浆面出现细微裂缝,试件顶部左侧 WDF 与基层墙体之间出现细微裂缝,右侧未发现裂缝;当加速度为 0.50 g 时,试件顶部右侧 WDF 与基层墙体之间出现裂缝,此时试件底部座浆面裂缝增多,RC 剪力墙面底部出现 150 mm 裂缝,此时试件的频率衰减幅度为 7%;当加速度为 0.60 g 时,底部出现裂缝进一步开展,墙体侧面出现裂缝,试件顶部 WDF 与基层墙体之间裂缝开始向下扩展延伸;当加速度 0.70 g 时,试件底部中间出现长 100 mm 的裂缝并趋于贯通,WDF 与基层墙体之间裂缝发展较快且不断出现新的裂缝;加载至 EL-Centro 波 0.80 g 时,试件底部裂缝贯通,WDF 与基层墙体之间裂缝向下发展较多.

(3) JQ-3 墙

当输入 EL-Centro 波 0.50 g 时, 底部座浆面出现初始裂缝, 此时试件自振频率衰减幅度为 3%; 当加速度为 0.60 g 时, 底部出现新细微裂缝, 顶部右侧 WDF 与基层墙体之间开始出现裂缝, 左侧未出现裂缝, 剪力墙右侧出现 80 mm 的细微裂缝, 左侧裂缝长约 100 mm; 当加速度为 0.70 g 时, WDF 与基层墙体间裂缝宽度变大, 左侧出现新裂缝且向下开展, 试件底部裂缝开展较快且新裂缝增多; 加载至 EL-Centro 波 0.80 g 时, 底部出现新细微裂缝, 贯通, WDF 与基层墙体之间裂缝最大宽度较小, 开展缓慢.

(4) JQ-4 墙

输入 EL-Centro 波 0.50 g 时, 底部座浆面出现初始裂缝, 墙体背面出现裂缝长约 100 mm, 顶部左侧 WDF 与基层墙体之间出现初始裂缝, 此时试件频率衰减幅度为 4%; 当加速度为 0.60 g 时, WDF 面底部出现新细微裂缝, 初始裂缝进一步延伸, 墙体两侧出现细微裂缝, 顶部右侧 WDF 与基层墙体之间裂缝增多; 当加速度峰值为 0.70 g 时, 试件底部裂缝增多, 趋于贯通, WDF 与基层墙体之间裂缝宽度增大, 向下发展; 当加速度峰值为 0.80 g 时, 试件底部裂缝贯通, WDF 与基层墙体之间裂缝增多且向下发展较快.

2.2 频率分析

试验采取白噪声对试件激振, 测得试件在不同工况地震波作用后自振频率变化情况见表 3. 由表 3 可得: (1) 4 片墙体震前自振频率基本一样, JQ-1 墙自振频率略小, JQ-3 墙和 JQ-4 墙自振频率略大, 这是由于随着锚栓布置个数增加, WDF 与基层墙体之间的整体性变得更好, 导致试件频率略大; (2) 随着台面输入加速度峰值的增大, 试件的平面外响应逐渐增大, 墙体出现裂缝, 刚度降低, 导致各个模型的自振频率随之降低; (3) 对比 JQ-1 墙、JQ-2 墙和 JQ-3 墙, 当

台面输入加速度峰值达到最大值 0.80 g 时, 相对于震前墙体自振频率衰减幅度依次为: JQ-1 墙>JQ-2 墙>JQ-3 墙, 说明锚栓布置个数的增加能增加 WDF 与基层墙体的粘结力, 并能延缓试件刚度的降低速度; (4) JQ-3 墙的自振频率衰减速度较 JQ-4 墙慢, 梅花型的布置形式对试件的自振频率衰减起到较好的抑制作用, 好于矩形布置形式.

2.3 加速度分析

2.3.1 加速度

对测得的加速度数据进行滤波、平滑等处理后得到 4 片墙体 WDF 面顶部的加速度峰值变化见表 4. 从表 4 可知:

(1) 4 片墙体顶部加速度峰值随台面输入加速度峰值增大而增大; (2) WDF 与基层墙体开裂前, 4 片墙体顶部加速度峰值相差不大; (3) 试件进入开裂阶段后, JQ-1 墙加速度反应最大且增幅最快, JQ-3 墙加速度反应较其余三片墙小, JQ-4 墙加速度反应大于 JQ-3 墙. 可见随着锚栓个数的增加, 墙体顶部加速度反应减小, 试件的平面外抗震性能显著增强; 对比 JQ-3 墙和 JQ-4 墙可得, JQ-3 墙顶部加速度反应较小, 墙体的抗裂能力较好, 梅花型布置形式优于矩形布置形式.

2.3.2 加速度放大系数

加速度放大系数指各部位峰值加速度与台面输入峰值加速度之比. 由测得的加速度可得到同一试件不同高度加速度放大系数曲线以及 4 片墙体顶部加速度放大系数的对比曲线, 分别见图 3 和图 4.

表 3 各试件频率测试结果

Tab.3 First frequencies of all specimens measured				
序号	JQ-1	JQ-2	JQ-3	JQ-4
加载前	9.47	9.57	9.64	9.59
0.05g 后	9.46	9.56	9.64	9.54
0.10g 后	9.43	9.55	9.63	9.53
0.20g 后	9.40	9.51	9.60	9.51
0.50g 后	8.50	8.93	9.56	9.40
0.80g 后	7.05	7.43	8.56	8.41

表 4 模型顶部绝对加速度峰值(g)

Tab.4 Absolute acceleration peak value of the model top				
PGA/g	JQ-1	JQ-2	JQ-3	JQ-4
0.05	0.117	0.117	0.118	0.112
0.10	0.240	0.236	0.232	0.234
0.15	0.327	0.341	0.335	0.341
0.20	0.429	0.454	0.421	0.451
0.30	0.640	0.664	0.607	0.674
0.40	0.886	0.883	0.828	0.840
0.50	1.203	1.131	0.995	1.121
0.60	1.784	1.537	1.276	1.315
0.70	2.170	1.822	1.465	1.538
0.80	2.653	2.460	2.014	2.146

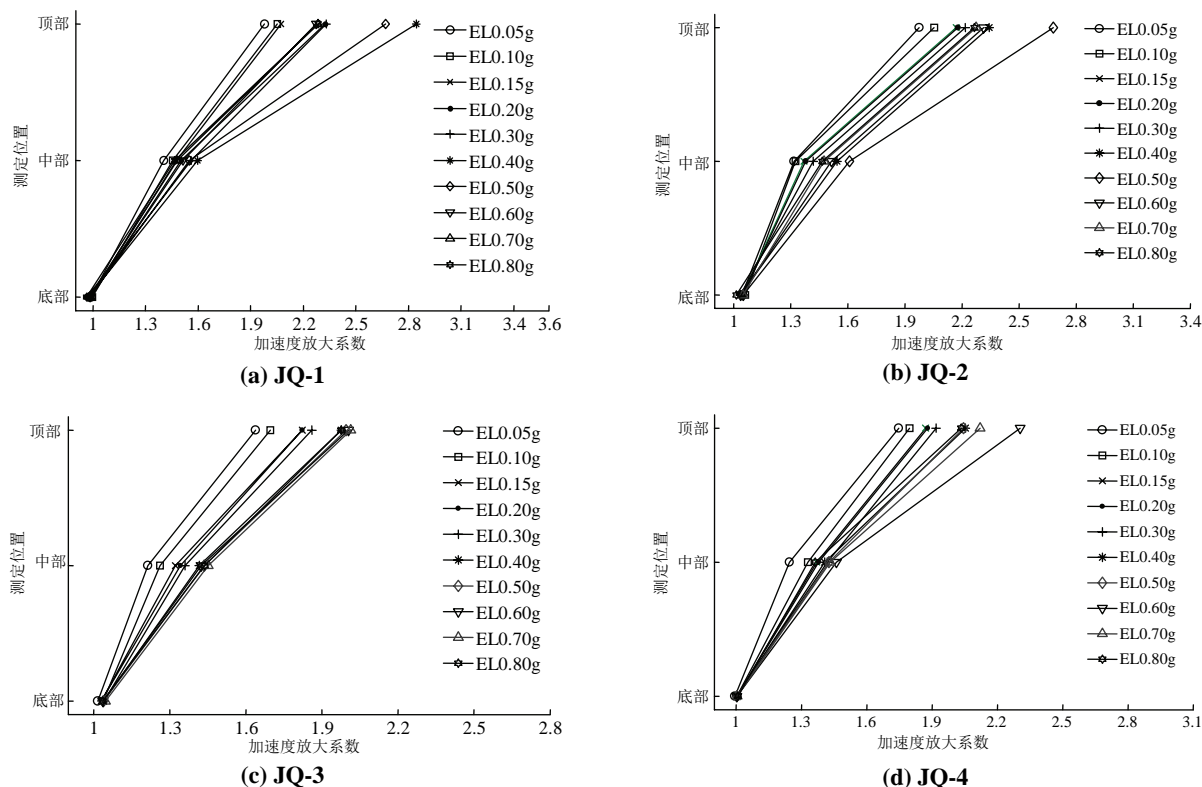


图3 试件不同高度加速度放大系数曲线

Fig.3 Amplification coefficient curve of specimens with different height of acceleration

由图3和图4可得:(1)随着台面输入加速度峰值的增大,同一模型不同部位的加速度放大系数均增大;墙体开裂之前,试件的加速度放大系数增加较快,墙体出现裂缝以后,加速度放大系数总的增长速度却是减小的,开始出现不同程度的塑性变形,此时,试件从线性发展到非线性;JQ-4墙在工况0.05g时的加速度放大系数曲线变化异常是由于在实验刚开始时加速度计安装不够牢固。(2)值得注意的是,地震作用下,整体结构层高范围内的加速度放大系数应基本相同,意味着WDF所受的惯性力也基本一致,这与本试验中单片墙体沿高度加速度放大系数下小上大,导致WDF单位面积所受的惯性力下小上大不同,主要是二者受力形态有较大差异。(3)试件进入破坏阶段,裂缝增多,损伤积累,加速度放大系数呈跳跃变化,相比于JQ-1墙和JQ-2墙的波浪形变化,JQ-3墙和JQ-4墙加速度放大系数变化曲线较光滑平稳。(4)锚栓个数越多,加速度放大系数越小,梅花型布置时试件顶部加速度放大系数较小,与加速度反应基本一致。由此可见,随着锚栓个数的增加,试件顶部加速度放大系数逐渐变小且变化趋势越平稳,试件的平面外抗震性能越好;对比JQ-3墙和JQ-4墙可得,梅花型布置与矩形布置对体系平面外抗震性能影响有一定的差异,梅花型布置好于矩形布置。

## 2.4 位移分析

### 2.4.1 层间位移

根据《建筑抗震试验方法规程》<sup>[10]</sup>规定,对位移计数据处理后得到试件位移反应,图5为各试件顶部的层间位移变化曲线,表5给出了8度设防烈度下实测墙体顶部位移角。由图5和表5可得:(1)当台面输入加速度峰值较小时,试件处于弹性阶段,4片墙体顶部层间位移相差不大;当台面输入加速度峰值较大时,4片墙体的相对位移差别明显,且其值由大到小依次为JQ-1、JQ-2、JQ-3、JQ-4。(2)由表5可知,各试件位移角均未超过规范上的位移角限值,说明试件均有较好的抗震性能。(3)在罕遇地震作用下,JQ-1

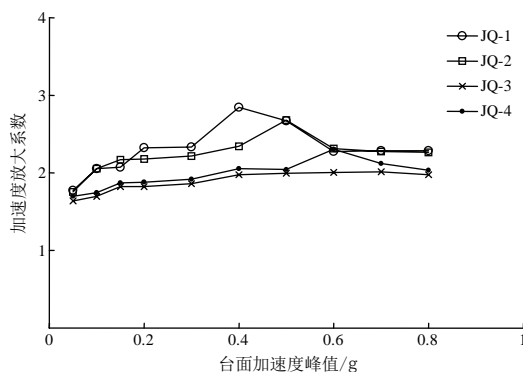


图4 试件顶部加速度放大系数

Fig.4 Acceleration amplification factor of the top of the specimen



位移角最大, JQ-2 相对于 JQ-1 位移角减小了约 9%, JQ-3 相对于 JQ-1 位移角减小了约 53%, 说明增加锚栓的布置个数能明显降低试件的平面外变形量, 减小层间位移角, 提高体系的平面外抗震性能. (4) 对比 JQ-3 和 JQ-4 可以发现, JQ-4 相对于 JQ-3 位移角增加约 5.3%, 可见锚栓个数相同时, 梅花型布置方式使得试件层间位移角较小, WDF 与基层墙体有更好的粘结性, 整体性优于矩形布置.

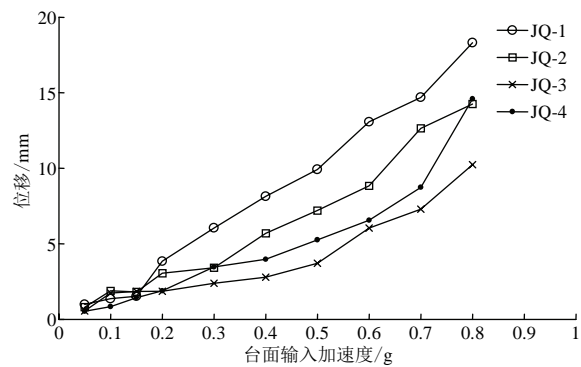


图 5 试件顶部层间位移曲线  
Fig.5 Top displacement curve of the specimen

表 5 8 度设防烈度下实测墙顶部位移角						
Tab.5 Displacement angle under M8 basic intensity measured						
NO.	多遇地震			罕遇地震		
	位移 /mm	位移角	位移角 限值	位移 /mm	位移角	位移角 限值
JQ-1	1.2036 (2.1354)	1/2409 (1/1358)	1/1000	7.2880 (9.3479)	1/397 (1/310)	1/120
JQ-2	1.077 (1.7543)	1/2692 (1/1653)		6.640 (7.829)	1/436 (1/370)	
JQ-3	0.8870 (1.2170)	1/3269 (1/2382)		3.378 (4.6984)	1/858 (1/617)	
JQ-4	0.8832 (1.1658)	1/3283 (1/2487)		3.986 (6.2421)	1/727 (1/465)	

注: 括号内数值表示基本地震加速度为 0.30g 时, 模型顶部位移和位移角.

2.4.2 相对位移

图 6 绘制出了同一试件不同高度处 WDF 与基层墙体之间相对位移在各工况地震波作用下的变化趋势. 由图 6 可得: (1) 从底部到顶部, WDF 与基层墙体之间相对位移逐渐增大; (2) 台面输入加速度峰值较小时, 试件处于弹性阶段, 不同高度处 WDF 与基层墙体之间相对位移较小且基本一致; (3) 随着台面输入加速度峰值的增大, WDF 与基层墙体之间相对位移逐渐增大且顶部 WDF 与基层墙体之间相对位移变化较快.

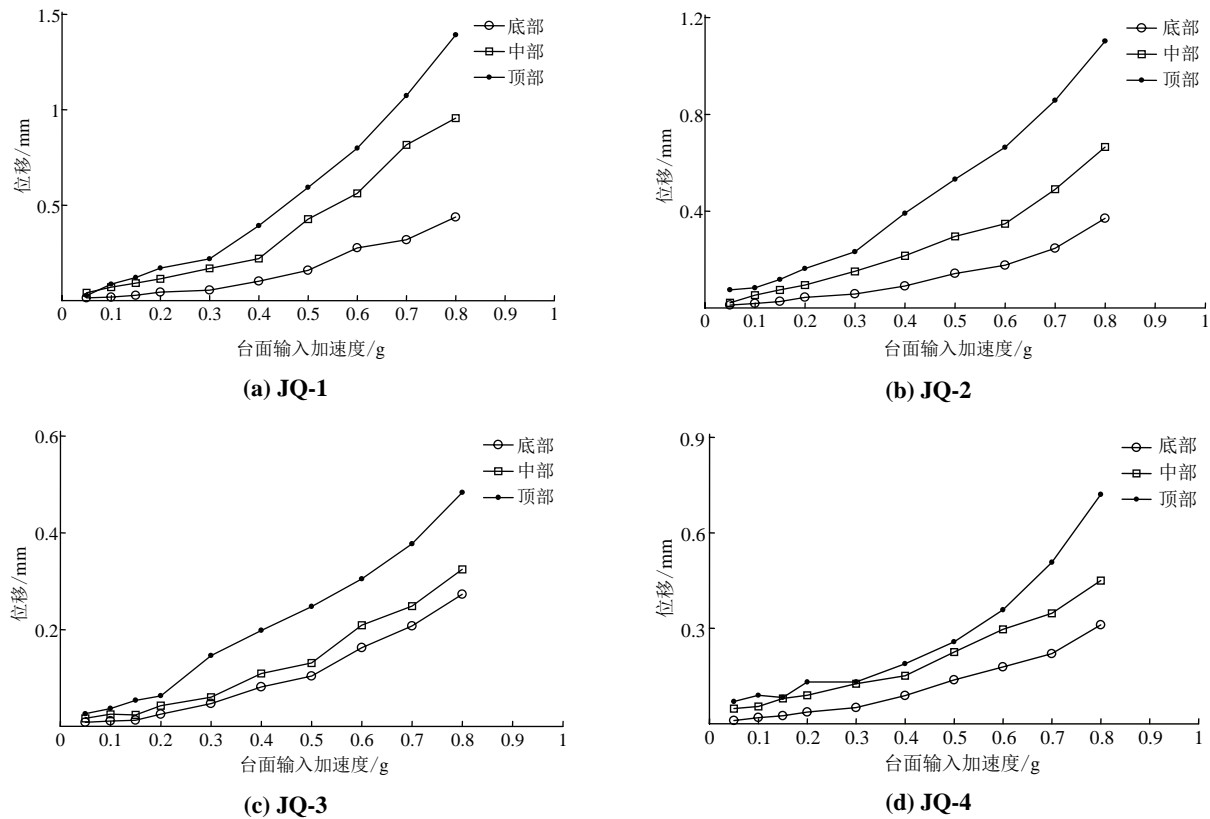


图 6 不同高度 WDF 与基层墙体之间相对位移曲线  
Fig.6 The relative displacement between different height of WDF and the primary wall

图7绘制出了各试件顶部WDF与基层墙体之间相对位移在各工况地震波作用下的变化趋势。由图可知:(1)从加载至0.3g之前,4片试件顶部相对位移值较小且相差不大,曲线呈平缓稳定的增大趋势;(2)随着荷载进一步增大,JQ-1墙的相对位移增大趋势最快,JQ-2墙、JQ-4墙次之,JQ-3墙的相对位移曲线变化总体上较平缓;(3)加速度峰值为0.80g时,4片墙体WDF与基层墙体之间的最大相对位移值差别较明显,相比于JQ-1墙,相对位移值JQ-2墙减小了22.2%,JQ-3墙减小了62.9%,JQ-4墙减小了35.2%。

可见,随着锚栓布置个数的增加,WDF与基层墙体之间的粘结力逐渐增强,裂缝出现时所需的开裂荷载越大且裂缝开展逐渐变慢,试件的平面外抗裂能力显著增强;对比JQ-3墙和JQ-4墙可得,二者之间的相对位移曲线变化趋势大致一样,但JQ-3墙相对位移值小于JQ-4墙,说明梅花型布置形式好于矩形布置形式。

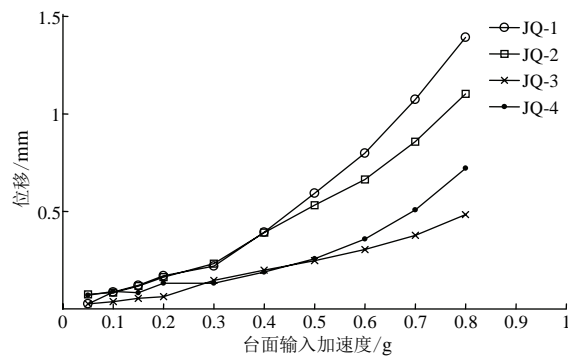


图7 试件顶部WDF与基层墙体之间相对位移曲线  
Fig.7 The relative displacement between WDF and the wall

### 3 结论

通过4片足尺RC剪力墙外挂WDF保温体系模型的振动台试验,研究了锚栓布置个数以及锚栓布置形式对此体系平面外抗震性能的影响,得到如下主要结论:

(1) 试验过程中未发生WDF砌块被甩出的现象,WDF与基层墙体之间裂缝最先出现在墙体顶部并向下开展;随着锚栓布置个数的增加,WDF与基层墙体之间裂缝宽度逐渐减小且开展越来越缓慢;相对于矩形布置,梅花型布置时墙体裂缝数量明显减少且最大裂缝宽度较小,说明梅花型布置形式较好。

(2) 在8度多遇地震及罕遇地震作用下4片墙体的层间位移角均未超过规范规定的限值,说明4片墙体均有较好的抗震性能。

(3) 锚栓对墙体自振频率的衰减幅度起到明显抑制作用;对比JQ-1墙、JQ-2墙和JQ-3墙可知,随着锚栓布置个数的增加,墙体顶部加速度放大系数越小且变化趋势越平稳,层间位移角减小,开裂荷载增大,裂缝向下开展越缓慢,说明锚栓布置个数的增加能明显提高此体系的平面外抗震性能。

(4) 对比JQ-3墙和JQ-4墙可知,相比于矩形布置,梅花型布置时墙体自振频率衰减幅度较小,且在地震作用下墙体层间位移角略小,WDF与基层墙体之间出现裂缝时台面输入的加速度峰值较小,裂缝开展较缓慢,且裂缝最大宽度小于JQ-4墙,说明梅花型布置时墙体的平面外抗震性能较好。

试验表明,专用砂浆的粘结强度已满足此体系安全要求,为进一步保证安全,建议锚栓布置个数以2个/ $\text{m}^2$ 为基本构造要求,并随着楼层高度变化合理增加锚栓布置个数且应采用梅花型布置形式。

### 参考文献 References

- [1] 万晓东. 房屋建筑节能中存在的问题及节能施工技术的应用[J]. 科技与企业, 2013(2): 217.  
WAN Xiaodong. The application problems of building energy saving and technology in the energy-saving construction[J]. Technology and business, 2013(2): 217.
- [2] 佟昕, 侯恩哲, 王霖. 建筑节能的实现途径与发展方向[J]. 建筑节能, 2013(4): 73-75.  
TONG Xin, HOU Enzhe, WANG Lin. Measures and development of building energy efficiency[J]. Building Energy Efficiency, 2013(266): 73-75.
- [3] 郭永彦. 外墙外保温工程震害调查及抗震性能初步分析[D]. 重庆: 重庆交通大学, 2009.  
GUO Yongyan. External thermal insulation on walls damage survey and preliminary analysis of seismic performance[D]. Chongqing: chongqing jiaotong university, 2009.
- [4] 祝英杰, 尹续峰, 王士风. 新型住宅建筑结构抗震节能体系应用与研究[J]. 工业建筑, 2004(12): 73-75.  
ZHU Yingjie, YIN Xufeng, WANG Shifeng. Study and application of new architectural structure seismic system of energy efficiency in house building[J]. Industrial Construction, 2004(12): 73-75.
- [5] LIANG J, MEMARI A M. Introduction of a panelized brick veneer wall system and its building science evaluation[J]. ASCE Journal of Architectural Engineering, 2011(1): 1-14.
- [6] MEMARI A M, BURNETT E F P, KOZY B M. Seismic performance of masonry ties used in brick veneer walls[J]. Construction and Building Material Journal, 2002(7): 397-407.
- [7] 刘晖, 张剑峰, 于忠. 汶川地震破坏建筑墙体保温调查[J]. 建设科技, 2008(7): 62-65.

## Evaluation based on fuzzy mathematical model for water resource price of Xi'an

LIU Xiaojun, YAN Lizhen, BAI Yu

(School of Management, Xi'an Univ. of Arch. & Tech., Xi'an 710055, China)

**Abstract:** With urbanization and economic development, the problem of water resources shortage in China's northwest cities has become increasingly prominent. Water price in Xi'an is lowest according to the national guidance price. Current water price is playing a limited role in promoting urban water conservation. In this paper, fuzzy mathematical model used in to calculate the actual water resource price of Xi'an in 2013 is 1.87 yuan/m<sup>3</sup>. Comparing with the 0.3 yuan/m<sup>3</sup>, there is large space for improvement.

**Keywords:** residents living water; water resource price; fuzzy mathematical model; Xi'an

(本文编辑 吴海西)

(上接第312页)

LIU Hui, ZHANG Jianfeng, YU Zhong. The investigation on the damage of building wall insulation in Wenchuan earthquake[J]. Construction Science and Technology, 2008(21): 62-65.

[8] JGJ137-2001 多孔砖砌体结构技术规程[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2001.

JGJ137-2001 Technical code for perforated Specification for brick masonry structures[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2001.

[9] GB50011-2010 建筑抗震设计规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010.

GB50011-2010 Code for seismic design of buildings[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2010.

[10] JGJ101-96 建筑抗震试验方法规程[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2008.

JGJ101-96 Specifying of testing methods for earthquake resistant building[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2008.

## The out-of-plane shaking table test study on RC shear wall plug in WDF system

BAI Guoliang<sup>1</sup>, WANG Qi<sup>1</sup>, YU Qing<sup>1</sup>, FU Guangming<sup>1</sup>, WANG Hui<sup>2</sup>

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

2. Xinjiang Kaile New Materials Co., Ltd, Urumqi 830009, China)

**Abstract:** Shale sintered composite external wall thermal insulation brick (WDF) is a new type of exterior wall thermal insulation material. In this paper, a seismic station out of plane vibration performance test was carried out by designing a total of four pieces of RC shear wall plug WDF specimens as the full-scale mode. The effects of anchor bolt arrangement number and arrangement of components on the seismic performance of out-of-plane were mainly studied. The results of the test show that, four pieces of wall are of good seismic performance. The relative displacement between the WDF and the primary wall reaches a maximum at the top of the wall. Moreover, the anchor has an inhibiting effect on the vibration frequency attenuation of component. The effects of anchor bolt on the acceleration of out-of-plane is smaller when a number of 4 per square meter is arranged, and the relative displacement between the WDF and the primary wall is minimum. In addition, the cracks between the WDF and the primary wall are fewer and dehiscence slowly when the clubs layout form is applied, so the anti-seismic performance out-of-plane is better. Therefore, it is suggested that the clubs layout form be applied as far as possible to the actual construction.

**Key words:** RC shear wall; WDF; exterior insulation; out-of-plane anti-seismic performance; anchor bolt

(本文编辑 桂智刚)