

文章编号 1000-5013(2006)04-0384-04

复合墙板轴心受压试验研究

李升才

(华侨大学土木工程学院, 福建 泉州 362021)

摘要 进行 4 组 12 片复合墙板轴心受压试验研究,对破坏过程及破坏形态,试件的荷载侧向挠度曲线复合墙板承载力及稳定性等试验结果进行对比分析. 分析表明,墙板受力性能良好,通过斜拉筋连接的两侧混凝土能够很好的共同工作,复合墙板具有较高的轴心受压承载能力和可靠的稳定性,不会发生失稳破坏. 最后,得出相应的承载力及稳定性计算公式和计算方法,结论可供设计参考.

关键词 复合墙板, 轴心受压, 试验研究, 承载力, 稳定性

中图分类号 TU 398.02

文献标识码 A

复合墙板作为轻型复合结构的承重墙板,对其受力性能的研究是十分必要的. 为了研究复合墙板受压承载力及稳定性,本文对不同高度的 4 组 12 片墙板试件进行了轴心受压试验研究.

1 试件及材料

1.1 试件

试验选用的试件,其编号为 CWA1~CWA4,每组分别用编号区分. 第 1 组到第 4 组均为 3 片试件,编号分别是 CWA1-1, CWA1-2, CWA1-3; CWA2-1, CWA2-2, CWA2-3; CWA3-1, CWA3-2, CWA3-3; CWA4-1, CWA4-2, CWA4-3. 4 组试件的截面尺寸均相同,由斜拉筋连接的两层钢丝网架,中间夹以 25 厚的聚苯乙烯板,内外两侧分别浇筑 30 mm 厚的混凝土板而形成的,只是高度不同. 第 1 组到第 4 组的试件尺寸、钢筋级别及布置,如图 1 所示. 以上各组试件混凝土强度等级均按 C20 设计,其实际强度如表 1 所示. 表中 f_{cu} 表示混凝土立方体抗压强度,为构件长细比($=L/t$).

表 1 试件所用混凝土物理力学性能

编号	数量	f_{cu}/MPa	
CWA1	3	16.44	18
CWA2	3	23.11	15
CWA3	3	25.85	12
CWA4	3	29.85	3

1.2 材料性能

全部试件的夹芯网片由天津万方建筑体系有限公司提供,其夹芯材料为聚苯乙烯泡沫塑料,密度为 $20\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$,导热系数为 $0.04\text{ W}\cdot(\text{m}\cdot\text{K})^{-1}$,吸水率为 0.5%. 钢丝网采用直径 2.20 mm 的冷拔低碳钢丝焊接而成,其弹性模量 E 为 0.198 GPa、抗拉强度 f_u 为 593.3 MPa、屈服强度 f_y 为 396 MPa. 试件所用混凝土物理力学性能,如表 1 所示.

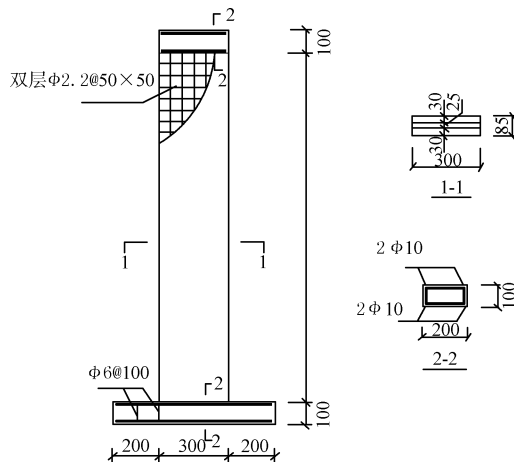


图 1 第 1~4 组试件示意图

收稿日期 2006-12-29

作者简介 李升才(1960-),男,教授,博士,主要从事新型结构体系及其抗震性能的研究. E-mail:lsc50605@hqu.edu.cn

基金项目 天津市高等学校科技发展基金资助项目(01-20212)

2 试验结果及对比分析

试验表明,4 组试件在开裂前变形都很小,侧向最大挠度都在 0.3 mm 以内.开裂后,随着荷载的逐渐增加,各组试件均伴有不同程度的挠曲,最终破坏.现将试验中得到的各组试件的特征点数据汇总,如表 2 所示.表中, P_{cr} 表示开裂荷载, $s_{,cr}$ 、 $c_{,cr}$ 分别为与开裂荷载相对应的钢丝应变和砼应变, P_u 表示破坏荷载, $s_{,u}$ 、 $c_{,u}$ 分别为与破坏荷载相对应的钢丝应变和砼应变.

表 2 各组试件的特征点数据

试件编号	开裂荷载及相应应变值			破坏荷载及最大应变值			加载方式
	P_{cr}/kN	$s_{,cr}/\mu$	$c_{,cr}/\mu$	P_u/kN	$s_{,u}/\mu$	$c_{,u}/\mu$	
CWA1-1	110	- 2 000	- 2 000	172	- 3 700	- 3 300	均布轴心
CWA1-2	130	- 1 800	- 2 100	186	- 3 200	- 2 600	均布轴心
CWA1-3	160	- 3 400	- 2 600	210	- 5 000	- 4 300	均布轴心
CWA2-1	240	- 2 000	- 1 600	356	- 2 900	- 2 400	均布轴心
CWA2-2	190	- 1 100	- 9 000	310	- 2 900	- 2 500	均布轴心
CWA2-3	240	- 1 100	- 9 600	350	- 2 400	- 1 900	均布轴心
CWA3-1	300	- 1 900	- 1 800	400	- 3 300	- 3 200	均布轴心
CWA3-2	300	- 2 900	- 2 600	380	- 3 900	- 3 400	均布轴心
CWA3-3	240	- 2 300	- 2 000	328	- 4 000	- 3 900	均布轴心
CWA4-1	300	- 2 140	- 2 140	380	- 3 400	- 3 300	均布轴心
CWA4-2	310	- 1 700	- 1 400	400	- 3 300	- 3 700	均布轴心
CWA4-3	250	- 1 900	- 1 900	340	- 3 000	- 3 000	均布轴心

2.1 破坏过程及破坏形态

第 1,2 两组试件的开裂荷载约为极限承载力的 68 %. 开裂后,继续增加荷载,由于试件的长细比较大,试件产生纵向弯曲,在墙体受拉侧出现细小横向裂缝,并多在中上部出现.继续增加荷载,墙体的侧面也陆续出现少量斜向裂缝,裂缝刚出现时,宽度有 0.05 mm 左右、长度为 1~2 cm. 伴随荷载的不断加大,裂缝不断加宽,并沿试件宽度方向延伸.随着裂缝的出现和发展,常伴有轻微响声的出现,在接近极限承载力时,受拉面的横向裂缝已基本贯通,试件挠度急速增加,最大可达 4~5 mm. 由于试件高度较高,挠曲变形呈 S 形,随着突发响声,荷载急速下降,混凝土在竖向发生剪切错动,墙体突然破坏.其中部分试件在中上部,部分试件在中下部出现折曲和大的水平裂缝,受压侧部分混凝土剥落,骨架钢丝弯折,聚苯夹芯层受挤压而变形,但混凝土、钢丝和夹芯层之间粘结良好,无明显脱离现象,其破坏形态如图 2(a),(b) 所示.有的试件破坏发生在端部,可能是应力集中或内部测点导线集中于端部而使混凝土截面削弱造成的.第 3,4 两组试件因高度相对较小,破坏形态与前两组有所不同.第 3,4 两组试件的开

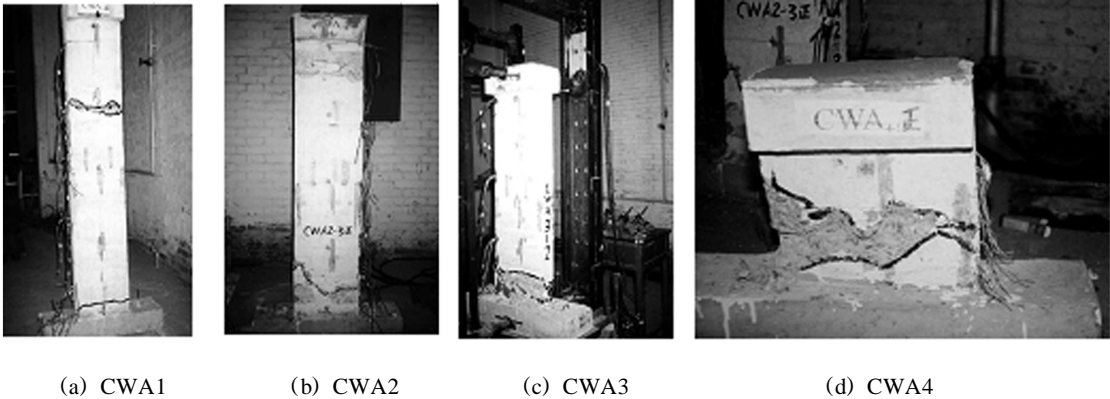


图 2 4 组试件的破坏形态图

裂荷载较高,约为极限承载力的 77 %;开裂后,随着荷载的增加,在试件的侧面常出现多条细小竖向裂缝,并不断发展.在接近极限承载力时,竖向裂缝已发展到高度的 80 %左右,并在侧面出现局部混凝土皱起,常伴有细微的响声出现.随着突发的响声,试件在其中上部或中下部混凝土被压碎而破坏.破坏时,沿破裂面混凝土出现大面积脱落,钢丝网及夹芯层暴露并出现折曲,但整个试件仍具有一定的整体

性而未完全折断,其破坏形态如图 2(c),(d)所示.有的试件破坏发生在端部,原因同上,其破坏形式属材料破坏特征.需要说明的是,试验的加载方式对破坏过程及破坏形态有很大影响,同时也影响破坏荷载.虽然要求加载时两端应完全铰支,但试验中却很难做到,所以高度较大试件的挠曲变形呈 S 形,有的试件在顶部破坏.另外,试件制作缺陷、加载很难准确对中等都会造成荷载偏心,使破坏荷载减小.表 2 中破坏荷载波动较大与上述原因有直接关系.

2.2 试件的荷载侧向挠度曲线

第 1,2 组试件荷载中点侧向挠度曲线,如图 3(a)~(f)所示.由图可见,虽然两组试件破坏形态类似,但随着 λ 的增大,试件的破坏荷载将降低,这符合一般轴心受压构件的受力规律^[1].第 3,4 组试件荷载中点侧向挠度曲线如图 3(g)~(l)所示.由图可见,随着 λ 的增大,相同材料相同截面的试件的承载

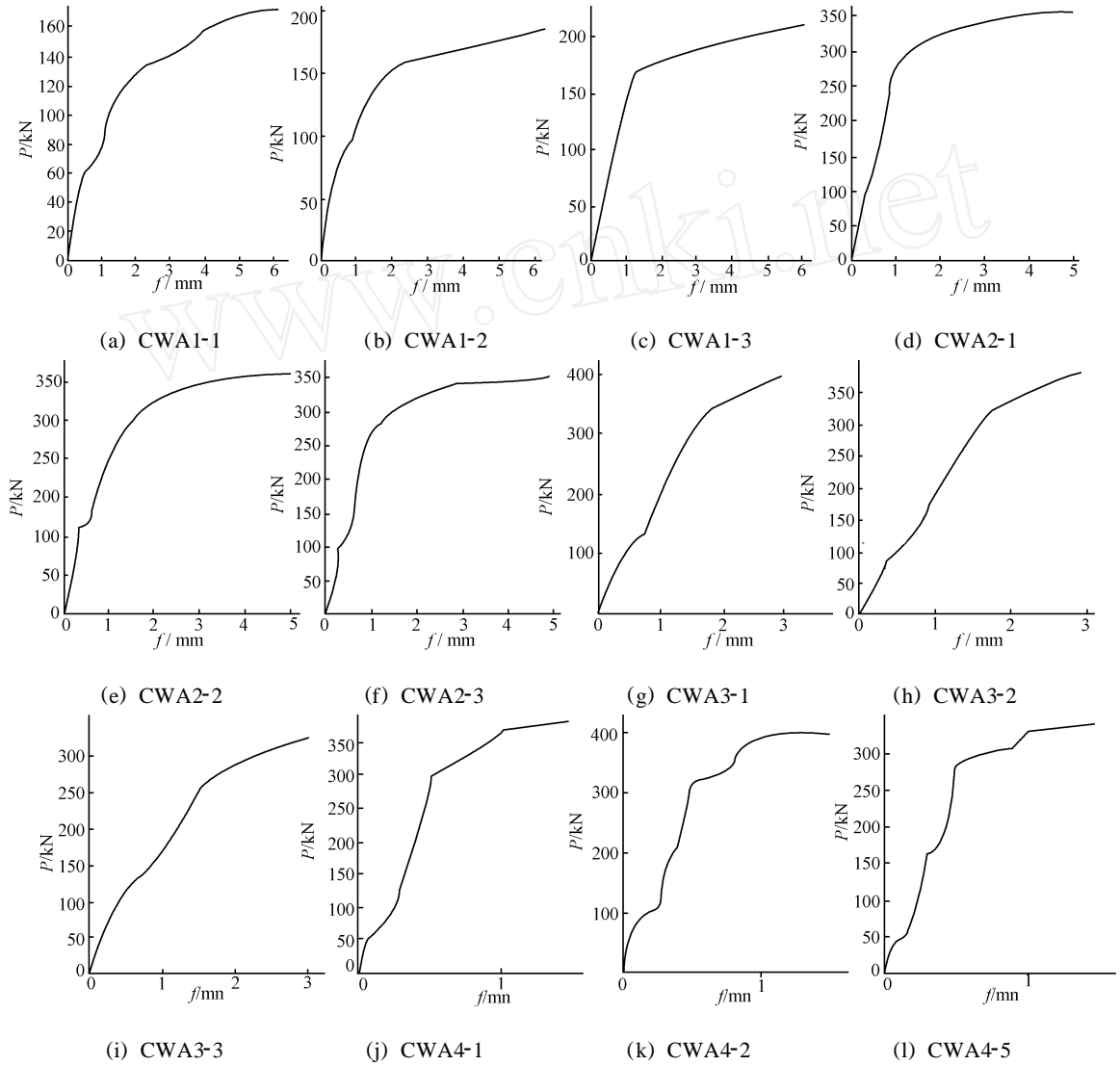


图 3 荷载中点侧向挠度曲线图

力将逐渐降低,这符合一般钢筋混凝土轴心受压构件的基本受力规律.

3 复合墙板承载力及稳定性分析

3.1 复合墙板轴心受压承载力

根据轴心受压构件承载力计算公式,本试验的复合墙板轴心受压承载力公式取该规范公式的形式,但公式中的系数由试验确定.因此,取复合墙板轴心受压承载力公式为

$$N \quad N_u = (f_y A_s + f_c A).$$

(1)

在上式中, N 为轴向力设计值; η 为复合墙板的稳定系数,按文 [2] 有关规定确定,墙厚含聚苯夹心层的

厚度; A_s 为全部纵向受压钢筋的截面面积; f_y 为纵向受压钢筋的抗压强度设计值; f_c 为混凝土轴心抗压强度设计值; A 为复合墙板混凝土截面面积,当纵向受压钢筋的配筋率大于3%时, A 应改用 $(A - A_s)$ 代替; η 为系数,由表2中的破坏荷载值经分析(取下限),确定 η 等于0.77.

3.2 复合墙板的稳定性

由前面分析可知,只要保证复合墙板的高厚度之比不大于某一个数值,就不会发生失稳破坏,而LC结构体系的复合墙板的最大高厚比为17.6,小于本次试验的最大高厚比.因此,轻型复合结构体系中的复合墙板不会发生失稳破坏.墙肢稳定性^[3]的计算公式为

$$q = E_c t^3 / (10 l_0^2). \quad (2)$$

上式中, q 为作用于墙顶组合的等效竖向均布荷载设计值, E_c 为复合墙板混凝土弹性模量, l_0 为复合墙板墙肢计算长度, t 为复合墙板总厚度(包括聚苯夹层).

4 结束语

综合上述分析,可以得出如下5点结论.(1)在墙体试件破坏之前,侧向挠度值很小,直到试件接近破坏,才有个别试件的钢丝及混凝土的应变达到较大值.这表明墙体受力性能良好^[4,5],轴心受压构件具有较高的承载能力.(2)复合墙板具有可靠的稳定性,不会发生失稳破坏.这为复合墙板承受压力提供了可靠的依据.(3)轴心受压复合墙板的抗压承载力计算公式,可采用《GB 50010 - 2002 混凝土结构设计规范》中轴心受压构件承载力计算公式,但公式中的系数0.9应改为0.77.(4)根据试验结果,在计算复合墙板的承载力时,构件面积取实芯混凝土面积,而在计算其稳定性时,构件厚度取复合墙板总厚度(包括聚苯夹层).(5)这种复合墙板的变形能力稍差,如使用变形能力较大的热轧钢筋,会明显改善复合墙板的变形能力.

参 考 文 献

- 1 过镇海. 钢筋混凝土原理[M]. 北京:清华大学出版社,1999. 157~161
- 2 中华人民共和国建设部. GB 50010 - 2002 混凝土结构设计规范[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2001. 48~60
- 3 中华人民共和国建设部. JGJ 3 - 2002 J 186 - 2002 高层建筑混凝土结构技术规程[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2002. 149~150
- 4 李升才,江见鲸,于庆荣. 复合剪力墙板抗剪承载力计算方法的探讨[J]. 建筑结构,2001,31(9):27,32~33
- 5 Li Shengcai, Jiang Jianjing, Yu Qingrong. Shear-resistant behavior analysis on light composite shear wall[J]. Tsinghua Science and Technology,2002,7(6):560~566

Experimental Investigation on Composite Wall Panels under Axial Compression

Li Shengcai

(College of Civil Engineering, Huaqiao University, 362021, Quanzhou, China)

Abstract The axial compression experiments for twelve pieces of composite wall panels in four groups were carried out. Experimental results, such as processes and modes of failure, load-deflection curves, bearing capacity and stability of the composite wall panels etc., are analyzed comparatively. It is indicated: the load bearing behavior of the composite wall panels is very good, two pieces of concrete plates connected with the oblique tension steel bar can work in coordination very well, the composite wall panels have quite high axial compression bearing capacity and reliable stability, and instability will not occur. The formulas for calculating bearing capacity and stability are obtained. The conclusions are worthy of design reference.

Key words composite wall panels, axial compression, experimental investigation, bearing capacity, stability