

钢筋混凝土复合墙板轴向受力性能试验研究*

臧人卓 时旭东 赵论语

(清华大学 土木工程系 北京 100084)

摘要: 提出一种轻质、节能等优良性能的新型墙板,由此种墙板组合构成的墙梁柱复合结构受力体系可以克服砌体结构的一些缺陷。通过对 8 个墙板试件进行的试验,考察了这种墙板在不同偏心距荷载作用下的破坏形态、极限承载力和变形。试验结果表明,此种墙板有较高的承载力,满足墙梁柱复合受力体系对该墙板的性能要求。

关键词: 新型墙板 破坏形态 极限承载力

EXPERIMENTAL INVESTIGATION ON AXIALLY COMPRESSED BEHAVIORS OF COMPLEX REINFORCED CONCRETE WALLBOARD

Zang Renzhuo Shi Xudong Zhao Lunyu

(Civil Engineering Department of Tsinghua University Beijing 100084)

Abstract: A new type wallboard with excellences including light weight and energy conservation etc is presented. A complex wallbeamcolumn structure which can be made by the wallboard can conquer some objection of brickwork structure. Eight specimens were investigated only on axially compressed behavior. The examined factors include failure mode, ultimate loading capacity and deformation under eccentrically compressed loading. The experimental results show that the wallboards have high ultimate loading capacity and can be used in complex wallbeamcolumn structural system.

Keywords: new type wallboard failure mode ultimate loading capacity

目前,仍被普遍采用的以粘土砖为主材的砌体结构建筑,因其本身具有某些缺陷而难以适应建筑业可持续发展的新要求。新型墙体材料的研究已取得了许多成果^[1],有些已被应用于实际工程中并收到了良好的效果。但由于原料来源、承载能力、热工性能、耐候性及制作成本等因素的制约,新型墙体材料仍无法完全替代粘土砖,因此研制更具竞争力的新型墙体材料是具有现实意义的。

将结构受力体系、建筑材料和新型构件等因素有机结合起来进行系统研究和综合应用是解决上述问题的新思路。清华大学的时旭东于 1990 年从结构受力体系出发,在基于框架结构和砌体结构特点分析的基础上,结合二者优点提出了一种新型的结构受力体系)))墙梁柱复合结构受力体系。这种体系较好地克服了砌体结构自重大、整体性差、施工费时、可耕地资源破坏等难以克服的缺陷,且满足环保、节能、质轻等可持续发展的要求。该结构受力体系要求其墙板受力合理、能承重并可组合成复合墙梁和复合墙柱。为满足这些要求,特设计了两种类型的墙板)))钢筋型墙板和型钢型墙板。本文仅对钢筋型墙板在竖向荷载作用下的受力性能进行研

究。

1 试验概况

试验主要探讨这类墙板在不同偏心距荷载作用下的破坏特征、极限承载力和变形。总共制做了 8 个试件。其中用于轴心加载试验的有 3 个,用于偏心加载试验的有 5 个。试验内容见表 1。表中 W1 表示竖向承重墙板;V 表示轴心加载试验,其后的数字表示轴心加载试件的序号;P 表示偏心加载试验,后面的数字表示荷载的偏心距(mm)。

为使墙板受力合理且充分利用各材料的特性,并在重量较轻、厚度较小的情况下具有良好的保温隔热性能,将其设计为中空形式。考虑到墙板板面易发生局部屈曲破坏,在墙板内设置竖向通长的肋,并把肋与板面的连接处做成圆弧状,以加强肋部与板面间的连接,同时便于制做。板面和板肋采用配有分布钢筋的陶粒混凝土,中空部分填有岩棉作为

* 国家自然科学基金资助项目(50278049)。

第一作者:臧人卓 男 1960 年 11 月出生 硕士研究生

收稿日期:2004- 05- 10

保温隔热材料。

表 1 试验内容及试件材料性能

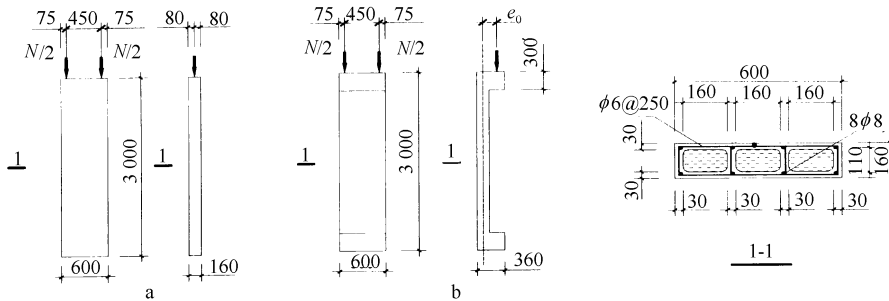
试件编号	试验内容		材料强度/MPa	
	试验类型	荷载偏心距/mm	混凝土立方体强度平均值	钢筋屈服强度
W1- V1	轴心加载试验	0	17.6	330
W1- V2		0	16.5	
W1- V3		0	18.4	
W1- P40	偏心加载试验	40	15.6	
W1- P80		80	18.4	
W1- P120		120	15.6	
W1- P160		160	16.3	
W1- P200		200	16.3	

由于墙板截面形状较为复杂,影响其受力性能的因素众多,所以墙板试件采用足尺。墙板厚度为160mm,各细部尺寸按满足相关规范^[2]规定的最小构造要求设计。为了便于施加偏心荷载,部分试件两端设置了牛腿。试件外形、截面细部及试验加载位置如图1所示。

2 试验现象和结果

2.1.1 试验直观现象

轴心受压试件的破坏过程表现出明显的脆性特征。试件从加载到破坏之前,板面没有发现裂缝。



a- 轴心受压试件; b- 偏心受压试件

图 1 钢筋型墙板试件尺寸、配筋及加载方式

破坏时试件中间部位的板面混凝土突然成块状崩落,且伴有清脆声响。破坏区域的上边界和下边界中至少有一个为倾斜面,所有破坏面上可明显见到陶粒被劈裂。破坏区域内竖向钢筋有屈曲变形,而横向钢筋一般与混凝土粘结良好。

偏心加载试验中,荷载偏心距的增加使试件的破坏形态由脆性逐渐变为延性,破坏趋势也趋于平和。试件受压侧混凝土的破坏程度逐渐减轻,从原先的块状崩落过渡到只有局部疏松掉渣。受拉侧混凝土的裂缝逐渐增多,先在试件的中部出现基本上

水平的裂缝,随后在上部和下部产生间距较为均匀且走向相近的新裂缝。试件的弯曲变形也随着荷载偏心距的增加而变大。

无论是轴心受压试件还是偏心受压试件,从加载直至破坏的全过程均未发现有局部屈曲破坏现象。

2.1.2 试验结果及其分析

1) 竖向极限承载力

试验获得的各试件竖向极限承载力值列于表2中。

表 2 试件的竖向极限承载力

试件编号	W1- V1	W1- V2	W1- V3	W1- P40	W1- P80	W1- P120	W1- P160	W1- P200
承载力/kN	7111.3	9011.2	9431.8	5161.8	3891.6	1891.9	1091.1	961.2

从表2中可以看出,轴心受压试件W1- V1的极限承载力相对于其他两个轴心受压试件要低得多。从其破坏形态看,该试件两侧面板混凝土的破坏程度有显著差异,表明该墙板实际上为偏心受压破坏;试件W1- V2和W1- V3两侧面板混凝土的破坏程度相似,可视为均匀受压破坏,其试验荷载值可作为钢筋型墙板的轴心受压极限承载力。

在荷载偏心距的增加过程中,试件极限承载力最初下降较快。当荷载偏心距超过160mm后,极

限承载力的变化趋于平缓,但其值仍不低于96kN,可满足结构对其承载能力的要求。

2) 墙板钢筋的应变及其作用

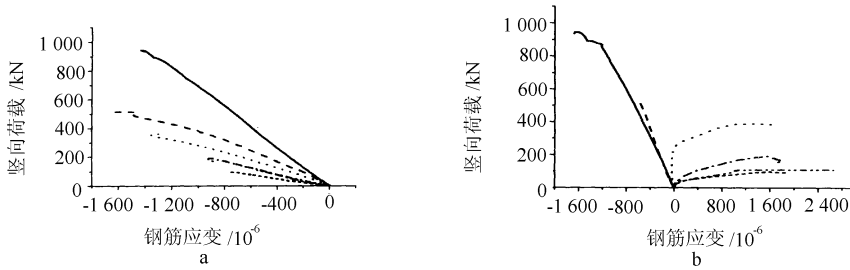
不同荷载偏心距下墙板竖向分布筋随荷载增加而变化的应变曲线见图2(注:图2~图4中曲线图含义相同,并示于图2中)。荷载偏心距的增加使靠近荷载作用点一侧的竖向分布钢筋(图2a)压应变迅速减小,并小于其屈服应变值(0.0016)。这是由于墙板中受压竖向分布筋的混凝土保护层厚度

(25mm)与截面有效高度(125mm)之比较大,同时另一侧竖向分布筋配置较少,使荷载偏心距增大时混凝土受压区高度显著减小,从而导致受压钢筋应变小于其屈服应变。

远离荷载作用点侧的竖向分布筋(图 2b)应变随着荷载偏心距增加的变化规律与前者有所不同,它将由负值渐变为正值。荷载偏心距大于 80mm 后,极限荷载对应的钢筋拉应变已达到了屈服应变值,表明试件已被偏心受压破坏。由于配置在截面

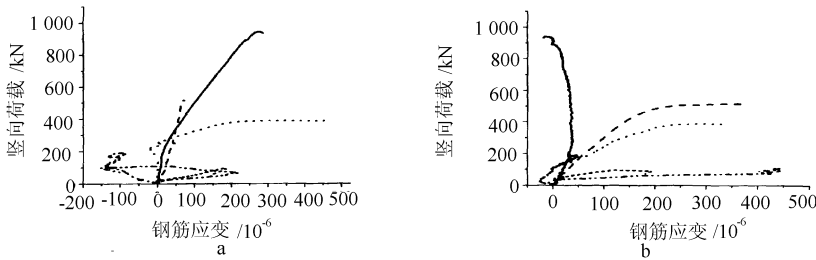
受拉区的竖向分布筋能承受截面上的竖向拉力,使这种墙板承受偏心荷载的能力比普通砌体墙有较大的提高。

由于板宽度方向的整体变形与板肋间的局部变形相互交织,使位于板面中的水平分布钢筋在试件加载过程中可能受拉,也可能受压(图 3a)。其拉应变值虽然不大,但已超过混凝土的开裂应变(01 000 1 左右),可见配置水平分布筋可起到阻止墙板纵向劈裂的作用。



a- 分布筋(1); b- 分布筋(2)
偏心距))) 0; - - - 40; #####80; - #- #120; - #- #160; — 200

图 2 荷载与竖向分布筋应变的关系



a- 水平筋; b- 肋筋

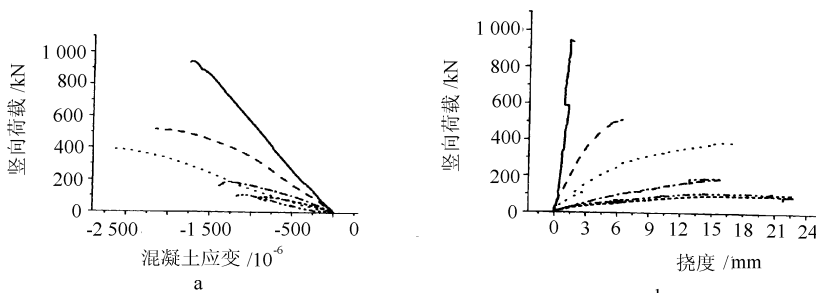
图 3 荷载与水平筋、肋筋应变的关系

位于板肋部的水平钢筋在偏心荷载作用下,除加载的最初阶段可能受压外,均处于受拉状态(图 3b),其应变值在荷载偏心距较大时增加迅速。接近极限荷载时钢筋的拉应变均较大,表明此时肋部混凝土已经开裂。可见,为了避免墙板发生局部破坏先于整体破坏的情况,配置板肋筋是必要的。

墙板受压侧板面中部混凝土竖向应变随荷载的变化规律见图 4a 所示。

与极限荷载对应的混凝土压应变值在小偏压时随着荷载偏心距的增加而增加,在偏心距达到 80mm 时最大,随后迅速减小。从图 4b 中可看出,随着荷载偏心距的加大,对应于极限荷载的试件挠度将逐渐增加,反映出试件具有良好的变形能力。

3) 墙板的混凝土应变和变形



a- 混凝土应变; b- 挠度

图 4 荷载与混凝土应变及挠度的关系

3 与普通砖砌体的承载力比较

钢筋型墙板与相同宽度的砖砌体墙在竖向承载力方面的比较见表3。其中砖砌体墙竖向承载力按砖砌体平均强度计算^[3]。

从表3中可看出,钢筋型墙板的竖向承载力随

表3 钢筋型墙板与砖砌体墙竖向承载力的对比

竖向荷载偏 心率(e_0/h)	钢筋型墙板 竖向承载力P/kN	240厚普通砖砌体墙竖向承载力P/kN		370厚普通砖砌体墙竖向承载力P/kN		490厚普通砖砌体墙竖向承载力P/kN	
		MU15 M715	MU10 M5	MU15 M715	MU10 M5	MU15 M715	MU10 M5
0	852	440	289	678	446	898	589
01 25	517	184	118	263	183	297	212
01 50	389	66	43	182	132	213	152
01 75	190						
11 00	109						
11 25	96						

注: e_0) 荷载初始偏心距; h) 墙体厚度。

4 结论

通过对8个钢筋型复合墙板在竖向荷载作用下受力性能的试验研究,可得出以下主要结论:

1) 对于承受竖向荷载来说,钢筋型墙板的构造是合理的。所设置的板肋和布置的钢筋都发挥了作用,其配置是必要的。这种构造的墙板能保证它的整体破坏先于局部破坏。

2) 钢筋型墙板有较高的竖向承载力。尽管随着偏心距的增加其值逐渐减小,但仍能满足墙梁柱复

偏心距增大而减小的变化规律与普通砖砌体墙是相同的,但前者要比后者缓慢。当砖砌体墙厚增至490mm时,其承载力与钢筋型墙板相近。由此可见,钢筋型墙板有较好的竖向承载能力。

合结构受力体系对该墙板竖向承载力的要求。

3) 钢筋型墙板的竖向承载力明显地比砖砌体墙要高。160mm厚钢筋型墙板的竖向承载力相当于490mm厚的砖砌体墙,并且具有较好的延性。

参考文献

- 1 陈福广. 新型墙体材料手册. 北京: 中国建材工业出版社, 2001
- 2 GB 50010- 2002 混凝土结构设计规范
- 3 GB 50003- 2001 砌体结构设计规范

(上接第72页)

别为3163和1128,但是对于同一种土体作用相同的大小的荷载其安全储备必然是相同的,而且其安全储备并没有一般认为的那么高。

3 结论

1) 现在,在地基承载力设计计算中常采用的承载力安全系数不能很好地反映出地基的承载力安全度,且过分依赖工程经验。因此,应该采用更能反映土体真实应力状态下破坏实质的广义强度安全系数。

2) 广义强度安全系数是强度安全系数的推广,广义强度安全系数中的平均应力半径(广义剪应力)与强度安全系数中的剪应力相当;而广义安全系数中的强度包线半径与强度安全系数中的抗剪强度有相当的作用。另外,在强度安全系数的计算过程中隐含了正应力相等的条件,这与广义强度安全系数定义中的等平均主应力条件也有相当的关系。

3) 本文提出的广义强度安全系数基于SMP强度准则和对应的变换应力空间。而近期姚仰平等又提出了广义非线性强度理论及其变换应力空间^[10,11],后者较前者具有广泛性。因此,若将本文提出的广义强度安全系数建立在后者的基础上会使其

具有更普遍的适用性。

参考文献

- 1 松岗元(日). 土力学. 罗汀,姚仰平,译. 北京: 中国水利水电出版社, 2001
- 2 Matsuoka H, Nakai T. Stress Deformation and Strength Characteristics of Soil under Three Difference Principal Stresses In: Proc. JSCE, 1974, 232: 59~ 70
- 3 Y P Yao, D A Sun. Application of Lade's Criterion to Cam2Clay Model. J. Engng. Mech. ASCE, 2000, 126(1): 112~ 119
- 4 Y P Yao, D A Sun. Application of Lade's Criterion to Cam2Clay Model (Closure). J. Engng. Mech., ASCE, 2001, 127(6): 631~ 633
- 5 Matsuoka H, Y P Yao, D A Sun. The Cam2Clay Models Revised by the SMP Criterion. Soils and Foundations, 1999, 29(1): 81~ 95
- 6 姚仰平,罗汀. 新的变换应力空间及其应用. 见: 第七届全国岩土力学数值分析与解析方法讨论会论文集. 大连: 大连理工大学出版社, 2001. 9, 16~ 22
- 7 郑颖人,沈珠江,龚晓南. 岩土塑性力学原理. 北京: 中国建筑工业出版社, 2002
- 8 J H Yin, J G Zhu. Measured and Predicted Time2dependent Stress2Strain Behaviour of Hong Kong Marine Deposits. Canadian Geotechnical Journal, 1999(36): 760~ 766
- 9 Terzaghi K. Theoretical Soil Mechanics. New York: John Wiley & Sons, 1943
- 10 Y P Yao, D C Lu, A N Zhou. et al. The Generalized Non2linear Strength Theory and Transformed Stress Space. Science in China, Ser. E Engineering & Materials Science, 2004, 47(6): 691~ 709
- 11 姚仰平,路德春,周安楠,等. 广义非线性强度理论及其变换应力空间. 中国科学 E 辑. 工程科学材料科学, 2004, 34(11): 1 283~ 1 299