

无界面钢筋的叠合板式剪力墙受力性能试验研究

初明进¹, 刘继良², 侯建群³, 刘木禾², 王刚², 邱光明²

(1. 北京建筑大学 土木与交通工程学院, 北京 100044; 2. 烟台大学 土木工程学院, 山东烟台 264005;

3. 清华大学 建筑设计研究院, 北京 100084)

摘要: 为研究无界面钢筋的叠合板式剪力墙的受力性能, 进行了 3 个试件的拟静力试验, 分析了预制混凝土板与现浇层之间的结合面特征, 以及边缘纵筋配筋量对墙体压弯承载力、滞回特性、延性及刚度的影响。结果表明: 叠合板式剪力墙变形能力良好, 位移延性系数超过 6.5; 预制混凝土板面采用键槽构造措施或粗糙面均能保证后浇与预制混凝土的有效连接, 在正常使用阶段, 后浇与预制混凝土结合面未出现损伤, 相同边缘纵筋的墙体压弯承载力基本相同; 采用键槽的连接性能优于粗糙面连接性能, 前者后浇与预制混凝土间裂缝的开展宽度和长度明显小于后者, 且墙体刚度退化速率减缓; 提高墙体的边缘纵筋配筋量可延缓后浇与预制混凝土结合面竖向裂缝的发展, 减小结合面破坏区域, 改善墙体的受力性能。采用现行规范中的剪力墙压弯承载力计算公式计算叠合板式剪力墙的承载力, 与试验结果吻合良好。

关键词: 叠合板式剪力墙; 键槽构造; 粗糙面; 混凝土结合面; 拟静力试验; 受力性能

中图分类号: TU398.2 TU317.1 文献标志码: A

Experimental study on mechanical behavior of superimpose slab shear walls without interface steel

CHU Mingjin¹, LIU Jiliang², HOU Jianqun³, LIU Muhe², WANG Gang², QIU Guangming²

(1. School of Civil Engineering and Transportation, Beijing University of Civil Engineering and Architecture, Beijing 100044, China;

2. School of Civil Engineering, Yantai University, Yantai 264005, China;

3. Architectural Design & Research Institute, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: A new type superimposed slab shear wall which is without interface steel is presented. To study the compression-bending capacity, hysteretic behavior, ductility and stiffness of the superimposed slab shear walls without interface steel, three innovative superimposed slab shear walls were quasi-statically tested under low cyclic lateral loading to analyze the effects of joint surface between precast concrete slab and cast-in-place concrete and quantity of edge vertical reinforcement. It is proved that the new type superimposed slab shear walls have adequate deformability and the displacement ductility ratio is more than 6.5. When the interface of precast slab is keyway structure or rough, the connection between precast concrete and cast-in-place concrete is reliable and there is no damage at the joint surface under the state of serviceability. If the edge vertical reinforcement is the same, the interface structure of precast concrete slab is not effective on the compression-bending capacity of the superimposed slab shear walls. The result also shows that the connection property of the keyway structure is superior to the rough surface, because the height and width of vertical crack between precast concrete and cast-in-place concrete of the former is less than the latter, and the rate of stiffness degradation of the former is slower. As a result, the development of vertical crack between precast concrete and cast-in-place concrete is limited and the failure region of joint surface is decreased when increasing the quantity of edge vertical reinforcement. The result of the new type superimposed slab shear wall, which is calculated by the formulas of compression-bending capacity for shear wall in the current codes is compliant with test result.

Keywords: superimpose slab shear wall; key-way construction; roughness surface; concrete interface; quasi-static test; mechanical behavior

基金项目: 国家自然科学基金项目(51378450, 51508490)。

作者简介: 初明进(1973—)男, 山东烟台人, 工学博士, 教授。E-mail: housind@126.com

收稿日期: 2015年8月

0 引言

研发性能良好的预制混凝土结构体系是建筑工业化的需求。叠合板式剪力墙结构是一种两侧为预制混凝土板,中间浇筑混凝土形成的剪力墙结构体系,是钢筋混凝土剪力墙结构体系由现浇到完全装配的过渡^[1]:预制混凝土板在施工阶段为模板,在使用阶段是墙体的组成部分,参与结构受力。叠合板式剪力墙可降低工程造价、减小资源消耗,特别是在施工时可允许一定的安装误差,减小了构件的装配难度,显著提高了施工效率。

后浇与预制混凝土结合面的连接性能是影响叠合板式剪力墙结构性能的关键因素。现有叠合板式剪力墙结构中,通过在预制混凝土板中设置伸入后浇混凝土的格构钢筋来增强结合面的连接性能,如图 1a 所示;已有研究表明:预制混凝土板与后浇混凝土能够共同工作,叠合板式剪力墙的破坏形态与现浇钢筋混凝土剪力墙相似,具有良好的抗震性能^[2-6]。

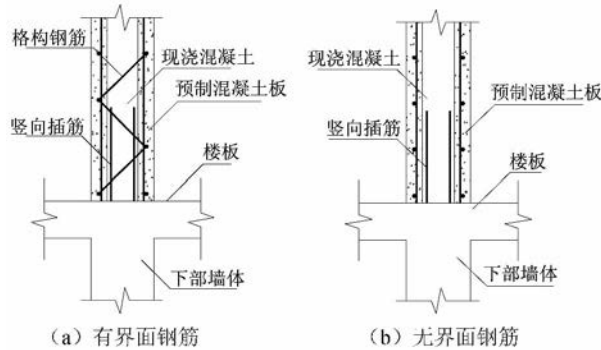


图 1 叠合板式剪力墙示意

Fig. 1 Sketch of superimpose slab shear walls

在叠合板式剪力墙中,格构钢筋增强了预制混凝土板和现浇混凝土的整体性^[7],在制作、运输、施工阶段能够保证装配体的刚度,但设置格构钢筋增加了墙体的用钢量。为此,提出一种无界面钢筋的叠合板式剪力墙,该剪力墙由两侧预制混凝土板及中间浇筑的后浇混凝土组成,预制混凝土板内侧未设置格构钢筋,依靠后浇与预制混凝土间的黏结力保证墙体的整体性,如图 1b 所示,拟应用于多层住宅结构中。为研究无界面钢筋的叠合板式剪力墙(以下简称“叠合板式剪力墙”)的受力性能,对 3 片恒定轴力作用下的墙体进行拟静力试验,通过变化预制混凝土板面构造、边缘纵筋配筋量等参数,以期对其破坏形态、承载力和刚度进行研究,结果可为工程应用提供参考。

1 试验概况

1.1 试件设计

试验中设计了 3 个叠合板式剪力墙试件,其编号分别为 SW1-R、SW1-K、SW3-K,各试件几何尺寸及截面配筋见图 2,其中阴影部分为现浇混凝土。试件由上部加载梁、中部墙体和下部地梁组成,其中加载梁截面尺寸为 280 mm × 280 mm;地梁截面尺寸为 500 mm × 600 mm;中部墙体截面尺寸为 1 600 mm × 200 mm,包括预制混凝土板和填充于其内的后浇混凝土,边缘构件截面长度为 295 mm。试件加载点至墙底高度为 2 800 mm,剪跨比为 1.75。

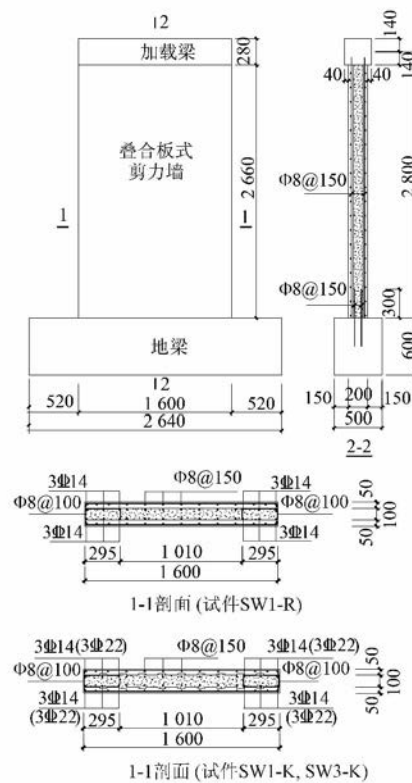


图 2 试件几何尺寸及配筋情况

Fig. 2 Dimensions and reinforcement of specimens

按照强剪弱弯的原则设计剪力墙,基本参数见表 1。各试件的边缘构件纵向钢筋(简称“边缘纵筋”)和箍筋设置于后浇混凝土内,箍筋为 Φ8@100;竖向分布钢筋和水平分布钢筋为双层 Φ8@150,配置于预制混凝土板内,保护层厚度为 15mm。以试件 SW1-K 为基准试件,边缘纵筋为 6 Φ14,预制混凝土板内表面设置通长键槽;试件 SW1-R 的预制混凝土板面为粗糙面;试件 SW3-K 的边缘纵筋为 6 Φ22,在预制混凝土板面设置通长键槽。

表1 各试件基本参数

Table 1 Parameters of specimens

试件编号	边缘纵筋	预制板面构造	n	$f_{cu,p} / \text{MPa}$	$f_{cu,c} / \text{MPa}$
SW1-K	6 Φ 14	键槽	0.15	41.15	44.77
SW1-R	6 Φ 14	粗糙面	0.15	41.15	44.77
SW3-K	6 Φ 22	键槽	0.15	44.27	42.04

注: 1) n 为试验轴压比, $f_{cu,p}$ 为预制混凝土立方体抗压强度实测平均值, $f_{cu,c}$ 为现浇混凝土立方体抗压强度实测平均值; 2) 试验轴向荷载 $N = n(f_{c,p}A_p + f_{c,c}A_c)$, $f_{c,p}$ 为预制混凝土轴心抗压强度, $f_{c,c}$ 为后浇混凝土轴心抗压强度, A_p 为预制混凝土截面面积, A_c 为后浇混凝土截面面积。

预制混凝土板截面尺寸为 $2660 \text{ mm} \times 1600 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}$, 纵向分布钢筋和水平分布钢筋均为单层 $\Phi 8@150$, 见图3。预制混凝土板面构造分为设置键槽和粗糙面两种, 键槽板面是在预制混凝土板的一侧设置沿板长方向(即沿墙体高度方向)的通长键槽, 键槽的宽度为 60 mm , 深度为 10 mm , 间距为 160 mm ; 粗糙面板面是对预制混凝土板的一侧在混凝土硬化前进行拉毛处理, 形成粗糙面。为保证预制混凝土板与加载梁的有效连接, 纵向分布钢筋在板顶端伸出边缘 80 mm 。

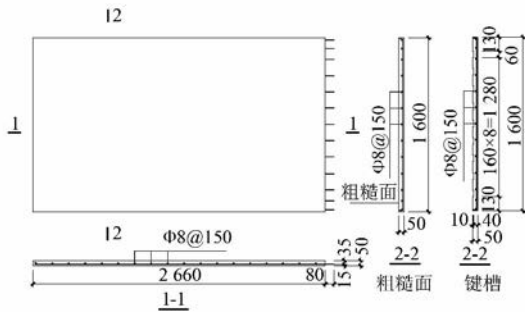


图3 预制混凝土板截面尺寸及配筋
Fig. 3 Dimensions and reinforcement of precast concrete slabs

1.2 试件制作

叠合板式剪力墙试件的制作包括预制混凝土板制作和试件制作两个阶段。预制混凝土板的制作过程见图4, 试件制作过程见图5。首先制作地梁, 预埋边缘纵筋和竖向插筋, 然后将竖向插筋设置在墙体中部的现浇混凝土区域内, 为双排 $\Phi 8@150$, 伸出地梁上表面 300 mm , 其位置与预制混凝土板内的竖向



(a) 模板支护、钢筋绑扎 (b) 混凝土浇筑

图4 预制混凝土板的制作过程

Fig. 4 Making process of precast concrete slabs

分布钢筋相对应。待地梁混凝土达到预定强度后, 将墙体与地梁相交处凿毛, 露出粗骨料; 然后吊装预制混凝土板、支护墙体两侧端面和加载梁模板, 后浇筑混凝土形成剪力墙试件。



(a) 地梁凿毛

(b) 模板支护及试件加固



(c) 预制混凝土板吊装



(d) 制作完成

图5 叠合板式剪力墙试件的制作过程

Fig. 5 Making process of superimpose slab shear walls

1.3 材料性能实测

在制作预制混凝土板、浇筑后浇混凝土时, 预留标准立方体试块, 试验当天测得预制混凝土和后浇混凝土立方体抗压强度平均值^[8]见表1。试验测得钢筋屈服强度平均值 f_y 、抗拉强度平均值 f_u 以及伸长率 δ , 见表2。

表2 实测钢筋性能指标

Table 2 Material mechanical properties of reinforcements

钢筋种类	f_y / MPa	f_u / MPa	$\delta / \%$
$\Phi 8$	321	436	32.50
$\Phi 14$	457	585	33.33
$\Phi 22$	469	600	26.97

1.4 加载制度和量测内容

试验加载装置见图6。试验时首先施加竖向荷载, 并在试验过程中保持恒定。采用 1500 kN 的千斤顶施加水平往复荷载, 加载制度为荷载-位移混合控制^[9]: 加载初期采用荷载控制, 级差为 200 kN , 每级荷载反复加载1次; 直至试件最外侧边缘纵筋受拉应变达到屈服应变后改用位移控制, 加载级差为该级荷载对应的位移, 每级控制位移反复加载2次, 直至试件丧失承载力, 加载结束。

采用荷载传感器、位移传感器和电阻应变片测量墙体的荷载、位移和钢筋应变, 测点编号和布置情

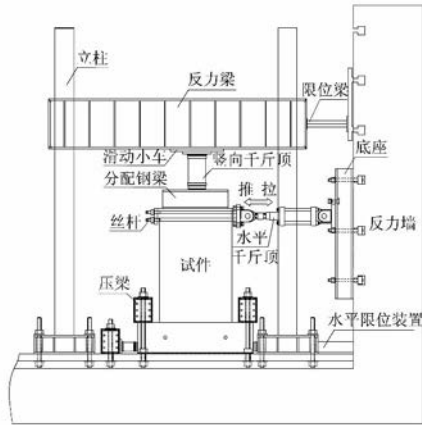
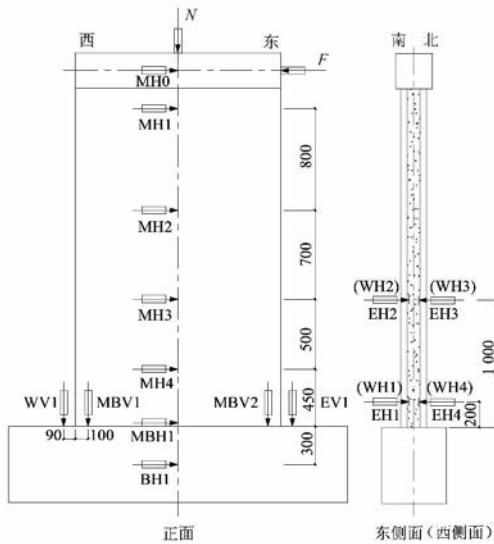
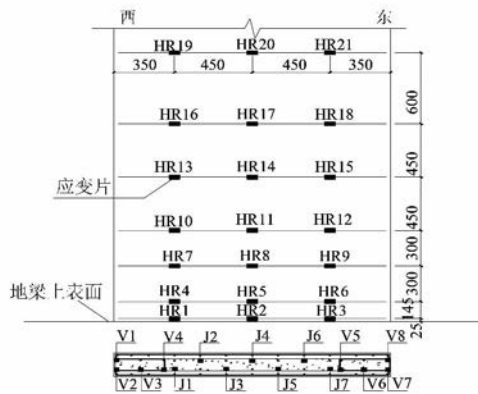


图6 加载装置
Fig. 6 Test setup

况见图7。布置了11个位移传感器以测量墙体的顶点水平位移、沿墙体不同高度处的水平位移、墙体与地梁间的水平滑移变形和竖向张开变形、地梁的平动和转动等。在预制混凝土板与现浇混凝土间的结合面处,沿墙体东、西两侧面布置了8个位移传感器



(a) 位移测点布置



(b) 应变测点布置
图7 测点布置情况

Fig. 7 Layout of measurement points of specimens

(图8)用以量测预制混凝土板与后浇混凝土间的相对变形。布置了36个电阻应变片用以测量边缘纵筋、竖向插筋和水平钢筋的应变。



图8 相对变形测量装置

Fig. 8 Measurement device for relative deformation

试验数据均采用DH3816静态应变采集系统通过计算机实时监控、采集。

2 试验现象

各试件的裂缝开展和破坏过程基本相似:首先在墙体两侧根部出现细微水平裂缝;随着水平荷载的增加,两侧边缘构件出现水平裂缝,逐渐向中部墙体延伸为斜裂缝,与水平向约呈 45° ;边缘纵筋屈服后,墙体根部水平裂缝、边缘构件水平裂缝和斜裂缝继续增多,裂缝相对于墙体中轴线基本呈对称分布;最终伴随着巨响声,墙体根部后浇与预制混凝土结合面破坏、混凝土被压溃,同时边缘纵筋严重受压弯曲。试件SW1-K的破坏过程见图9。

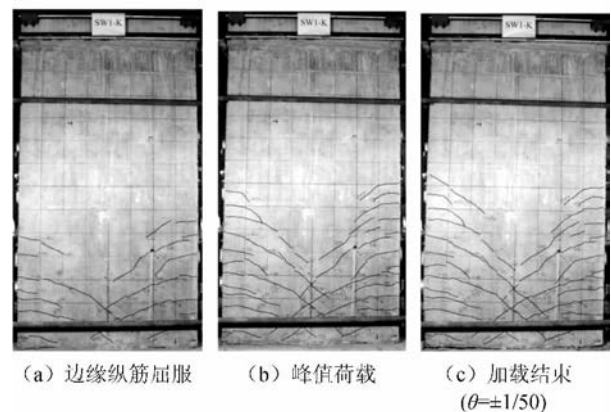


图9 试件SW1-K在不同加载阶段的破坏形态

Fig. 9 Failure process of specimen SW1-K

叠合板式剪力墙的后浇混凝土与预制混凝土结合面是受力的薄弱环节,试验过程中各试件后浇与预制混凝土结合面均发生局部破坏,但其破坏过程和破坏形态略有差异。各试件侧面根部的破坏情况见图10。



(a) 试件SW1-K (b) 试件SW1-R (c) 试件SW3-K

图 10 各试件侧面根部破坏情况

Fig. 10 Failure modes of root at side of specimens

2.1 试件 SW1-K

边缘纵筋受拉屈服时,墙体东侧后浇与预制混凝土结合面开裂,出现竖向裂缝;随着控制位移的增加,东侧竖向裂缝向上发展延伸,墙体西侧后浇与预制混凝土结合面处出现竖向裂缝,竖向裂缝宽度自墙体底部向上逐渐减小;当水平荷载达到峰值荷载时,竖向裂缝发展至距墙底 200 mm 高度处,东侧竖向裂缝底部最大宽度达到 1 cm;当位移角增大到 1/50 时,伴随着一声巨响,距墙体根部 400 mm 高度范围内的后浇与预制混凝土的结合面竖向裂缝宽度急剧增大,此时竖向裂缝底部最大宽度达到 1.5 cm;距墙体根部高 200 mm 高度范围内,预制混凝土板与后浇混凝土剥离,剥离区域的裂缝宽度呈三角形,其余位置后浇与预制混凝土结合面连接良好。破坏时预制混凝土板角部压溃严重,见图 10a。

2.2 试件 SW1-R

当水平位移角达到 1/505 时,墙体西侧后浇与预制混凝土结合面处出现细微竖向裂缝,裂缝自墙体根部向上延伸约 80 mm,此时边缘纵筋受拉应变接近屈服应变;随着控制位移的增加,竖向裂缝向上发展延伸,竖向裂缝宽度自墙体根部向上逐渐减小;当水平位移角达到 1/180 时,墙体两侧后浇与预制混凝土结合面处均出现竖向裂缝,最长发展至距墙体根部 180 mm 处;当位移角增加至 1/100 时,墙体两侧竖向裂缝均发展至距墙体根部 600 mm 高度处,最大裂缝宽度达到 1.5 mm;位移继续增加,竖向裂缝宽度逐渐增大,墙体根部后浇与预制混凝土结合面处出现摩擦声,墙体根部预制和后浇混凝土均出现轻微压溃现象;当位移角增加至 1/56 时,伴随着一声巨响,墙体西侧竖向裂缝宽度突然增大,最大裂缝宽度超过 2.5 cm,预制混凝土板与后浇混凝土剥离,剥离区域呈直角三角形,预制混凝土板出现较大的平面外变形,剥离区域顶部预制混凝土板开裂,见图 10b,其余位置后浇与预制混凝土连接良好,破坏时墙体根部后浇混凝土压溃严重。

2.3 试件 SW3-K

边缘纵筋受拉屈服时,墙体两侧后浇与预制混凝土结合面处均未出现竖向裂缝;当位移角达到 1/120 时,墙体两侧后浇与预制混凝土结合面处出现自根部向上高度约为 200 mm 的细微竖向裂缝,最大裂缝宽度小于 1 mm,竖向裂缝宽度自墙体根部向上逐渐减小;当位移角增加到 1/78 时,墙体东侧和西侧竖向裂缝分别发展至距墙体根部 600 mm 和 400 mm 高度处,竖向裂缝最大宽度达到 1.2 cm;当位移角达到 1/58 时,墙体两侧根部后浇混凝土压溃严重,距墙体根部 200 mm 高度范围内后浇与预制混凝土剥离,见图 10c。

试验中发现,在峰值荷载时,后浇与预制混凝土结合面开裂轻微,虽然后浇与预制混凝土结合面破坏,但是破坏时墙体位移角超过 1/60,满足规范要求,因此无界面钢筋的叠合板式剪力墙受力性能良好。预制混凝土板面采用键槽处理的后浇与预制混凝土结合面明显优于预制混凝土板面采用粗糙面,预制混凝土板面中的凹凸键槽能够增加后浇与预制混凝土间的黏结力,进一步增强后浇与预制混凝土结合面的抗剪能力;提高边缘纵筋配筋量,可有效延缓后浇与预制混凝土结合面的破坏程度。

3 试验结果及其分析

3.1 后浇与预制混凝土结合面的连接性能

叠合板式剪力墙中预制混凝土板与后浇混凝土间无界面钢筋,受弯纵筋设置于后浇混凝土内,墙体分布钢筋设置于预制混凝土板内,墙体主要通过后浇与预制混凝土界面间的黏结力来保证整体性。

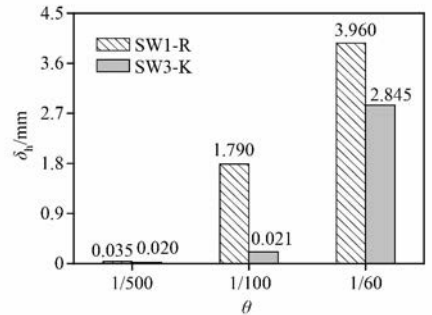
试验中发现,当位移角为 1/1 000 时,墙体后浇与预制混凝土结合面处未发现竖向裂缝,表明在正常使用阶段,后浇与预制混凝土结合面未发生损伤,叠合板式剪力墙处于整截面墙受力状态。

图 11 为各试件在位移角 1/500、1/100、1/60 时,距墙体根部 200、1 000 mm 高度处预制混凝土与后浇混凝土间的水平张开相对变形,其中试件 SW1-K 在 200 mm 高度处未设置测量装置,因此未得到测量结果。通过对比可以看出:

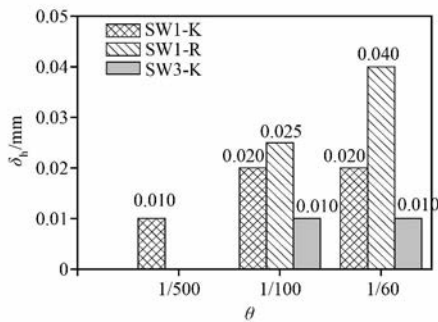
1) 后浇与预制混凝土结合面的连接性能良好。当位移角为 1/500 时,距墙体根部 200 mm 高度处后浇与预制混凝土间的水平张开相对变形均小于 0.040 mm,而距墙体根部 1 000 mm 高度处的水平张开相对变形均小于 0.010 mm,裂缝宽度较小,墙体基本处于整截面受力阶段;随着墙体变形的增加,裂缝宽度逐渐增加,开展区域逐渐向上部延伸,当位移角达到 1/60 时,墙体边缘构件根部混凝土压溃,后浇与

预制混凝土间的水平张开变形增大,距墙体根部 200 mm 高度处的最大水平张开相对变形达 3.960 mm;距墙体根部 1 000 mm 高度处的最大水平张开相对变形仅为 0.040 mm,与位移角为 1/100 时基本相同,表明后浇与预制混凝土结合面的破坏区域高度基本小于 1 000 mm。

2) 预制混凝土板界面采用键槽连接的性能明显优于粗糙界面连接的。测量结果表明,采用键槽界面的墙体,其水平张开相对变形均小于采用粗糙界面墙体的。



(a) 距墙体根部 200 mm 高度处



(b) 距墙体根部 1 000 mm 高度处

图 11 不同位移角时预制混凝土与后浇混凝土间的水平相对变形

Fig. 11 Horizontal relative deformation of new-old concrete interface with different displacement angles

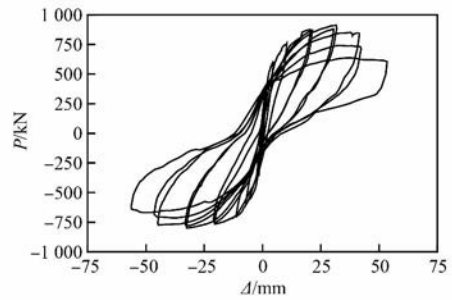
3.2 滞回性能

各试件的水平荷载 P -位移 Δ 滞回曲线和骨架曲线见图 12、13,可以看出:

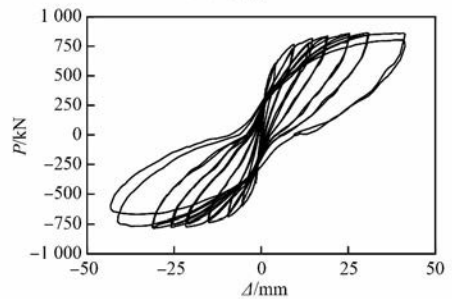
1) 在试验初始阶段,墙体未开裂,基本处于弹性阶段,滞回曲线基本为一条直线;墙体出现斜裂缝后,残余变形逐渐增加。

2) 相同位移下的 2 次循环,卸载段基本重合,试件的卸载刚度基本无变化。

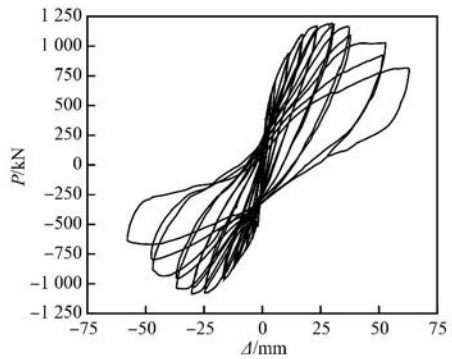
3) 峰值荷载前,试件 SW1-K 和试件 SW1-R 的骨架曲线基本重合,表明预制混凝土板面构造对墙体刚度和压弯承载力基本无影响,两种构造形式均能保证后浇与预制混凝土的有效连接;峰值荷载后,试件 SW1-K 的骨架曲线的下降段较为平缓,表明预制混凝土板采用键槽构造措施能够保持墙体的水平



(a) 试件 SW1-K



(b) 试件 SW1-R



(c) 试件 SW3-K

图 12 水平荷载 P -位移 Δ 滞回曲线

Fig. 12 Lateral load-displacement hysteretic loops of specimens

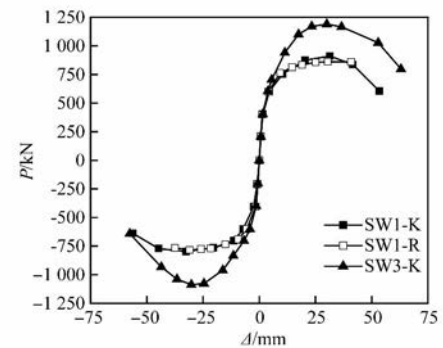


图 13 水平荷载 P -位移 Δ 骨架曲线对比

Fig. 13 Lateral load-displacement skeleton curves of specimens

承载力,增强墙体的变形能力。

4) 对比试件 SW1-K 和试件 SW3-K,可以看出随着边缘纵筋配筋量的提高,滞回曲线捏拢减小,压弯承载力和刚度明显增加。

3.3 压弯承载力

墙体压弯承载力的试验值和计算值的对比见图 14 其中试验值为墙体推、拉两方向峰值荷载的平均值,计算值是依据 GB 50010—2010《混凝土结构设计规范》^[10] 中 6.2.10 条的相关规定。试件 SW1-K、SW1-R、SW3-K 的压弯承载力试验值与计算值(材料强度采用实测值)的比值分别为 1.22、1.18、1.08,由此表明采用现行规范计算叠合板式剪力墙的压弯承载力偏于安全。试件 SW1-K 的压弯承载力与试件 SW1-R 基本相当,表明预制混凝土板面的构造形式对墙体压弯承载力基本无影响。

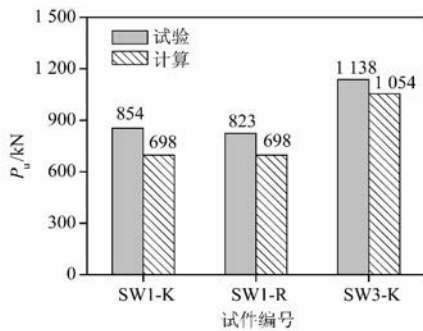


图 14 压弯承载力对比

Fig. 14 Comparison of compression-bending capacity

3.4 刚度

图 15 为各试件刚度退化曲线,纵轴为割线刚度与弹性刚度的比值,其中弹性刚度为试件第 1 循环的割线刚度,可以看出:当水平位移角小于 1/500 时,试件 SW1-K、SW1-R 边缘纵筋处于弹性阶段,刚度基本相同;当水平位移角超过 1/500 时,试件 SW1-R 的刚度退化速率显著增加,表明预制混凝土板面采用键槽构造措施能够有效减弱后浇与预制混凝土结合面的破坏程度,减缓刚度退化速率;同时,随着边缘纵筋配筋量的增加,墙体的刚度退化速率逐渐减缓。

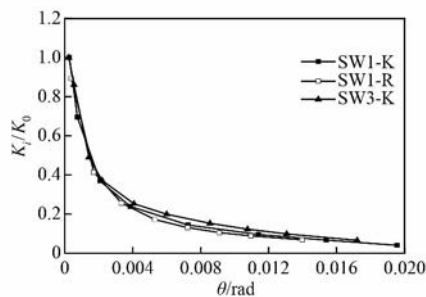


图 15 试件的刚度退化曲线

Fig. 15 Rigidity deterioration curves of specimens

3.5 变形能力

各试件特征点所对应的荷载、位移、位移角以及位移延性系数 μ_Δ 见表 3 其中屈服点所对应的荷载、位移通过几何作图法确定^[11];取水平承载力下降至

峰值荷载的 85% 或加载结束时的状态点为极限点。由表 3 可以看出:预制混凝土板面的构造形式对墙体的屈服荷载基本无影响;提高边缘纵筋配筋量显著提高了墙体屈服荷载和位移;各试件的峰值位移角均大于 1/100,满足规范要求^[12];试件的位移延性系数均大于 6.5,具有较好的延性^[11]。

表 3 各试件特征点荷载、位移、位移角及位移延性系数

Table 3 Load, displacement, displacement angle and displacement ductility ratio of feature points

试件编号	屈服点			峰值荷载点			极限点			μ_Δ
	$P_y /$ kN	$\Delta_y /$ mm	θ_y	$P_m /$ kN	$\Delta_m /$ mm	θ_m	$P_u /$ kN	$\Delta_u /$ mm	θ_u	
SW1-K	588	5.64	1/496	854	31.92	1/88	726	48.75	1/57	8.64
SW1-R	589	4.67	1/600	823	30.70	1/91	813	39.13	1/72	8.38
SW3-K	750	7.29	1/384	1138	30.13	1/93	967	48.80	1/57	6.72

4 结论

1) 预制混凝土板面采用键槽构造或粗糙面连接基本不影响叠合板式剪力墙的破坏过程和破坏形态,墙体弯曲破坏时边缘纵筋受压屈曲、根部混凝土压溃。

2) 预制混凝土板面采用键槽构造措施或粗糙面均能保证后浇与预制混凝土的有效连接,保证墙体的整体性,相同边缘纵筋的墙体压弯承载力基本相同;在正常使用阶段,墙体后浇与预制混凝土结合面未出现损伤。

3) 采用键槽构造连接的墙体的后浇与预制混凝土间裂缝的开展宽度和高度明显小于采用粗糙面连接的墙体,且墙体刚度退化速率明显减缓,表明键槽构造预制混凝土板面的连接性能明显优于粗糙面连接的预制混凝土板面。

4) 边缘纵筋配筋量是影响叠合板式剪力墙受性能的主要因素,提高边缘纵筋配筋量可增加墙体的受弯承载力和刚度,延缓后浇与预制混凝土结合面处竖向裂缝的出现,有利于保持后浇与预制混凝土结合面整体性。

5) 采用现行规范中的剪力墙压弯承载力计算公式计算叠合板式剪力墙的承载力,与试验结果吻合良好,且偏于安全。

参 考 文 献

- [1] 王墩,吕西林. 预制混凝土剪力墙结构抗震性能研究进展 [J]. 结构工程师, 2010, 26 (6): 128-135. (WANG Dun, LU Xilin. Progress of study on seismic performance of precast concrete shear wall systems [J]. Structural Engineers, 2010, 26 (6): 128-135. (in Chinese))

- [2] 连星,叶献国,王德才等.叠合板式剪力墙的抗震性能试验分析[J].合肥工业大学学报(自然科学版),2009,32(8):1219-1223.(LIAN Xing, YE Xianguo, WANG Decai, et al. Experimental analysis of seismic behavior of superimposed slab shear walls [J]. Journal of Hefei University of Technology (Natural Science), 2009, 32(8): 1219-1223. (in Chinese))
- [3] 叶燕华,孙锐,薛洲海等.预制墙板内现浇自密实混凝土叠合剪力墙抗震性能试验研究[J].建筑结构学报,2014,35(7):138-144.(YE Yanhua, SUN Rui, XUE Zhouhai, et al. Experimental study on seismic behavior of SCC and precast NC composite shear wall [J]. Journal of Building Structures, 2014, 35(7): 138-144. (in Chinese))
- [4] 肖全东,郭正兴.装配式混凝土双板剪力墙低周反复荷载试验[J].东南大学学报(自然科学版),2014,44(4):826-831.(XIAO Quandong, GUO Zhengxing. Low-cyclic reversed loading test for double-wall precast concrete shear walls [J]. Journal of Southeast University (Natural Science Edition), 2014, 44(4): 826-831. (in Chinese))
- [5] 沈小璞,马巍,陈信堂等.叠合混凝土墙板竖向拼缝连接抗震性能试验研究[J].合肥工业大学学报(自然科学版),2010,33(9):1366-1371.(SHEN Xiaopu, MA Wei, CHEN Xintang, et al. Experimental study of the seismic performance of the vertical joint seam of superimposed concrete wall panels [J]. Journal of Hefei University of Technology (Natural Science), 2010, 33(9): 1366-1371. (in Chinese))
- [6] 种迅,叶献国,徐勤等.工字形横截面叠合板式剪力墙低周反复荷载下剪切滑移机理与数值模拟分析[J].土木工程学报,2013,46(5):111-116.(CHONG Xun, YE Xianguo, XU Qin, et al. Shear slip mechanism and numerical analysis of I-shaped section superimposed walls under low-cycle reversed load [J]. China Civil Engineering Journal, 2013, 46(5): 111-116. (in Chinese))
- [7] 刘运林,叶献国,胡昊.带格构钢筋混凝土叠合板的数值模拟与格构钢筋作用分析[J].合肥工业大学学报(自然科学版),2014,37(9):1093-1096.(LIU Yunlin, YE Xianguo, HU Hao. Numerical simulation of superimposed slabs with lattice gird and analysis of the function of lattice gird [J]. Journal of Hefei University of Technology (Natural Science), 2014, 37(9): 1093-1096. (in Chinese))
- [8] GB/T 50081—2002 普通混凝土力学性能试验方法标准[S].北京:中国建筑工业出版社,2003.(GB/T 50081—2002 Standard for test method of mechanical properties on ordinary concrete [S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2003. (in Chinese))
- [9] JGJ 101—1996 建筑抗震试验方法规程[S].北京:中国建筑工业出版社,1997.(JGJ 101—1996 Specifying of testing methods for earthquake resistant building [S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 1997. (in Chinese))
- [10] GB 50010—2010 混凝土结构设计规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2010.(GB 50010—2010 Code for design of concrete structures [S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2010. (in Chinese))
- [11] 过镇海,时旭东.钢筋混凝土原理和分析[M].北京:清华大学出版社,2003:335-337.(GUO Zhenhai, SHI Xudong. Reinforced concrete theory and analyse [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2003: 335-337. (in Chinese))
- [12] JGJ 3—2010 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,2010.(JGJ 3—2010 Technical specification for concrete structures of tall buildings [S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2010. (in Chinese))