竖向分布钢筋不连接装配整体式混凝土剪力墙结构技术规程

条文说明

目　　次

1　总　　则.....43
2　术语和符号.....47
　2.1　术语.....47
3　基本规定.....48
4　结构设计.....50
　4.1　一般规定.....50
　4.2　结构分析.....51
　4.3　构件设计.....57
　4.4　连接设计.....60
5　构件制作、运输与存放.....62
　5.1　一般规定.....62
　5.2　制作.....62
　5.3　运输.....63
　5.4　存放.....63
6　施工及验收.....64
　6.1　一般规定.....64
　6.2　预制墙板安装.....64
　6.3　楼面施工.....65
7　工程验收.....65
附录 A　竖向分布钢筋不连接装配整体式剪力墙结构配筋的两阶段设计法.....67

1 总　　则

1.0.1　本条是编制本规程的宗旨。我国的高层装配式住宅项目主要采用装配整体式剪力墙结构体系，套筒灌浆是墙体竖向连接的最普遍连接方式。然而灌浆套筒等连接方式在我国实际工程应用中仍存在一些不足，主要体现在：（1）我国装配式混凝土剪力墙结构设计沿用细钢筋配制方法，钢筋密集，安装过程中存在钢筋准确就位困难的问题；（2）由于工程现场管理不到位、产业工人缺乏等问题，套筒灌浆连接的质量不宜保证，况且目前套筒灌浆检测工具的检测效果不理想，因而难免存在质量风险；（3）灌浆套筒等连接接头数量较多，一定程度上增加了建造成本。因此，装配整体式剪力墙的构造形式亟需得到改进，以适应生产和施工的需求。

为解决上述问题，研究团队提出了基于承载力等效原则的竖向分布钢筋不连接装配式剪力墙结构体系，取消套筒灌浆等连接，同时保证承载力不降低，如图 1。并基于构件层次截面分析方法提出该新型体系的正截面受压承载力计算公式与斜截面受剪计算公式。具有以下特点：

（1）剪力墙中间墙体装配式，边缘构件现浇，竖向分布钢筋上下层不连接，通过正截面承载力等效加大边缘构件纵向钢筋保证剪力墙承载力不降低。

（2）避免了套筒、浆锚等灌浆连接方式，采用座浆。

（3）竖向分布钢筋因不起主要受力作用，可按构造要求配筋；

（4）对于剪跨比低（$\lambda \leq 1$）且抗剪要求高的墙体，由于剪切变

形对总变形的贡献较大，墙体延性较低，可增设斜向钢筋，以延缓斜裂缝的开展，提高墙体延性及耗能能力，并作为墙体斜截面受剪的主要受力钢筋之一，同时可根据受剪承载力等效，降低水平钢筋的配筋率。

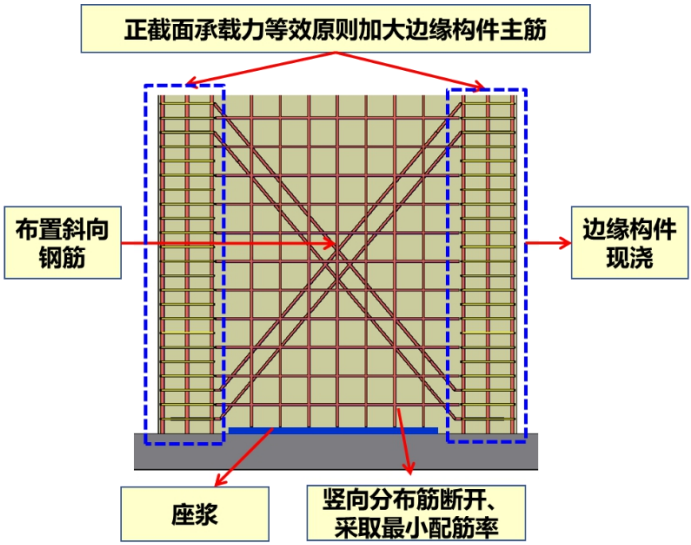


图 1　竖向分布钢筋不连接的装配式剪力墙示意图

经过系统的理论研究、现行规范研究和有限元分析，提出了该体系的设计方法，包括构件正截面和斜截面计算公式与连接构造。在此基础上，完成了该体系 8 片按工程实际受力情况的大型足尺剪力墙模型拟静力试验，系统研究了不同剪跨比、轴压比和有无斜向钢筋等试验参数的剪力墙抗震性能，并开展了大尺寸该剪力墙空间结构振动台动力试验。试验研究成果表明：竖向分布钢筋不连接装配整体式剪力墙抗震性能可等同现浇对比试件，个别指标如延性、

耗能略好；设计方法合理、结构安全可靠；空间结构尤其连接抗震性能良好，无薄弱环节，完全满足现行规范对抗震性能的要求。研究成果为规程编制与实际工程应用提供可靠技术依据。目前该新型体系已在山东济南、江苏南京和河南郑州等多烈度区成功应用示范工程多项，累计约 5 万平米，综合效益显著，各地专家均给予高度评价。制定本规程的目的，是进一步规范、推动竖向钢筋不连接装配整体式剪力墙结构的工程应用。

1.0.2 本规程采用的竖向分布钢筋不连接装配整体式剪力墙，其特点为边缘构件现浇、中间墙体预制且竖向分布钢筋断开，底部采用座浆方式连接。适当加大边缘构件纵向受力钢筋，分布钢筋可采用构造配筋，对于抗剪要求高的剪力墙可适当配置斜向加强筋增加其受力性能。通过国内外大量文献研究，对于竖向分布钢筋断开的预制剪力墙，其边缘构件的连接及约束方式是影响预制剪力墙抗震性能的主要因素，其中竖向分布钢筋断开、边缘构件现浇的预制剪力墙结构抗震性能与现浇剪力墙结构最为接近，同时根据新西兰结构工程协会建议以及相关研究和工程实践结结果，如果剪力墙中竖向分布钢筋采用最小配筋时，竖向钢筋应该集中在墙体两端，从而增加次生裂缝的形成的几率，有利于剪力墙塑性铰区域的形成和发展，提高墙体抗震性能。本规程在上述各项技术研究的基础上，通过合理构造措施提高预制剪力墙的整体性，实现结构与现浇混凝土结构抗震性能基本等同的要求。

根据以上基本设计概念，本规程在编制过程中开展了大量的设计方法研究与试验研究工作，先后进行了 8 块足尺墙体和 1/2 缩尺

的剪力墙振动台试验研究，通过 8 个竖向分布钢筋不连接的装配整体式剪力墙足尺模型试验在不同轴压比下的低周反复荷载作用的裂缝开展和变形情况的观察和分析，验证了竖向分布钢筋不连接墙体抗震性能与理论分析结果的一致性。抗震试验研究结果表明，这种新型剪力墙结构体系抗震性能、刚度退化和承载力与现浇墙体基本等同，结构耗能和延性指标优于现浇墙体。1/2 缩尺的结构模型的振动台试验结果表明：在 El Centro 波、Pasadena 波和上海人工波作用下至 9 度罕遇地震时，依然表现出良好的抗震性能；破坏加载时的加速度达 0.8g，结构模型发生典型的弯曲破坏，边缘构件钢筋屈服，混凝土压溃,表现出该体系的良好整体抗震性能。基于以上研究成果，本规程适用于山东地区抗震设防烈度不高于 8 度抗震设计地区的乙类及乙类以下的各种住宅建筑。包含 7 度（0.15g）与 8 度（0.3g）。对于甲类与 9 度抗震设防的建筑应进行专门研究和论证。

1.0.3 竖向分布钢筋不连接装配整体式剪力墙结构仍属于混凝土结构，尚应符合与本规程相关的国家现行标准，主要有《混凝土结构设计规范》GB 50010，《建筑抗震设计规范》GB 50011、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3、《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231、《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T 50784 及《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ 355 等。

2　术语和符号

2.1　术语

2.1.1～2.1.4　竖向分布钢筋不连接装配整体式剪力墙结构是指预制剪力墙上下层接缝处竖向分布钢筋不连接，拼缝处采用座浆方式；预制剪力墙边缘构件采用现浇方式进行连接，竖向主筋通过抗弯等强方法适当加大；低剪跨比、抗剪要求高的剪力墙内沿预制墙板对角方向可设斜向加强筋。

3 基本规定

3.0.2 SGBL 装配整体式剪力墙结构一般用于住宅建筑，本条符合国家现行标准对住宅建筑的相关规定。

3.0.3 本条规定剪力墙在结构设计阶段与深化设计阶段应考虑构件的标准化和模数化，减少预制构件种类和构件复杂性，优化设计、简化生产、降低施工难度。

3.0.4 本规程结构体系最大特点是上下预制墙板楼层处水平接缝采用座浆连接，此部分容易产生薄弱环节，因此本条文对座浆料相关材料性能进行了严格规定。相关技术指标参考行业标准《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ 355-2015 修订版（报批稿）对套筒灌浆连接座浆法施工的相关规定。座浆料应采用专用座浆料，座浆料的强度应大于墙体本身强度，本条对座浆料凝结时间、保水率、稠度、强度及膨胀率均进行了规定，且应具有较高的抗裂、抗渗、耐久性等性能。另外，本条也对接缝采用灌浆形式的灌浆料也做了相应规定，这里灌浆主要指盲孔灌浆。

3.0.6 根据竖向分布钢筋不连接的装配整体式剪力墙试验结果，剪力墙为 0.6 界限轴压比时，剪跨比 0.85 的试件发生剪切破坏，破坏较为突然，延性较差，工程中应尽量避免此类破坏模式，结合大量非线性有限元分析，轴压比进行了限制。考虑到《混凝土结构设计规范》GB 50010 中规定了二、三级抗震等级的剪力墙底部加强部位的墙肢轴压比不宜超过 0.6，一级抗震等级的剪力墙底部加强部位的墙肢轴压比不宜超过 0.5（7、8 度）、0.4（9 度），本规程中一、二、三、四级抗震等级的竖向分布钢筋不连接的装配整体式剪力墙的轴压比限值偏安全地取为 0.5。

3.0.7、3.0.8 SGBL 装配整体式剪力墙结构形式应简单、规则，受力均匀，传力明确，本条文对该体系结构的平面布置和竖向布置做了规定，同时避免出现特别不规则布置。

4 结构设计

4.1 一般规定

4.1.1 本条规定 SGBL 装配整体式剪力墙结构最大适用高度根据在不同水准地震作用下结构的响应，采用不同大型结构分析软件与非线性有限元软件，考虑不同结构平面布置、轴压比、结构弹性最大层间位移、构件截面抗震设计、结构弹塑性最大层间位移等指标，综合考虑设计、施工及造价等因素来确定了该结构体系的最大适用高度，在北京中国建筑技术中心和同济大学的试验研究结果表明在现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 的基础上最大适用高度进行了适当降低完全符合要求。如果建筑高度超限或平面结构严重不规则，本体系的应用需要专门研究和论证。

4.1.2 高宽比限值是对结构成本的宏观控制，高宽比与建筑方案密切相关，建筑设计阶段即应控制高宽比。

4.1.3 丙类 SGBL 装配整体式剪力墙结构的抗震等级参照国家现行标准《建筑抗震设计规范》GB 50011、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 及《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 中的规定，由于该体系国内外工程实践少，未经历实际地震考验，因此对其抗震等级进行严格划分。

4.1.4 预制剪力墙的接缝对其抗侧刚度有一定的削弱作用，应考虑对弹性计算的内力进行调整，适当放大现浇墙肢在水平地震作用下的剪力和弯矩；预制剪力墙的剪力及弯矩不减小，偏于安全。放大系数宜根据现浇墙肢与预制墙肢弹性剪力的比例确定。

4.1.6 为将门窗洞口与墙肢作为整体进行预制，剪力墙门窗洞口两侧需布置墙肢。两侧墙肢过短时在构件生产、运输、存放、吊装施工时易出现开裂，因此墙肢宽度不宜小于 300mm，墙肢较短时还应进行抗裂计算。为增加墙体整体性能，结构计算时，洞口上下墙体应按连梁进行设计。

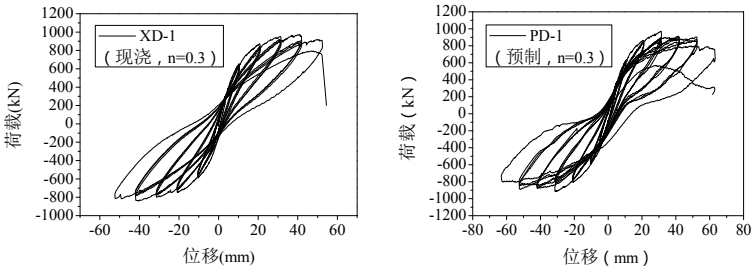
4.1.7 本条对 SGBL 装配整体式剪力墙截面厚度进行了规定，墙肢稳定性验算参考行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3-2010 中附录 D 的相关规定计算，单片墙肢时墙肢计算长度系数可适当放大 10%。

4.1.8 本条文对 SGBL 装配整体式剪力墙截面设计计算原则进行了规定，通过大量理论分析、数值计算和试验验证看出，该结构受力性能、整体性好，在计算截面受压承载力式应计入预制墙板的受压作用，通过试验研究看出，该预制墙板断开的竖向分布钢筋在最大荷载时并未发生屈服，因此在计算正截面承载力时作为储备不考虑竖向分布钢筋作用。同时由于水平分布钢筋与现浇边缘构件浇筑成整体，通过试验看出，其参与抗剪贡献，因此在计算斜截面承载力时应计入其抗剪贡献。

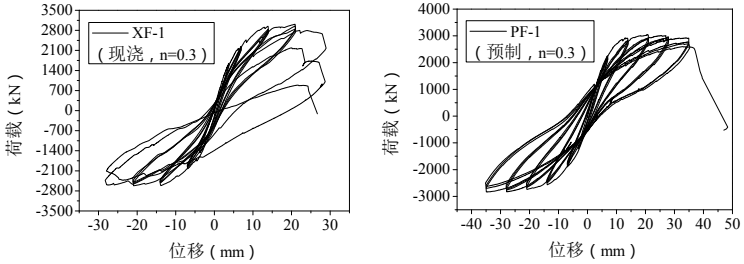
4.2 结构分析

4.2.1 通过 8 个竖向分布钢筋不连接的装配整体式剪力墙足尺剪力墙模型试验，研究对比了不同剪跨比下预制与现浇剪力墙受力性能。研究结果表明预制剪力墙与现浇剪力墙峰值前刚度基本相同，峰值后刚度退化规律一致，如图 2。布置斜向钢筋与不布置斜向钢筋剪力墙承载力、刚度及其退化规律基本一致，增加斜向钢筋其延性有

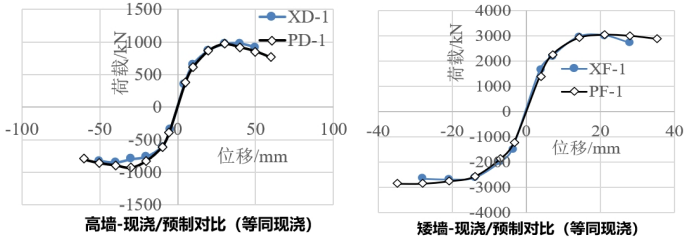
所增加。所有竖向分布钢筋不连接装配整体式剪力墙结构并未因存在接缝或竖向分布钢筋不连接的构造而产生明显的削弱，因而可以将装配式结构内墙按照现浇结构进行内力分析并进行弹性分析。



（a）高墙滞回曲线



（b）矮墙滞回曲线



（c）骨架曲线对比

图 2　现浇/预制剪力墙结构滞回、骨架曲线对比示意图

带门窗洞口的竖向分布钢筋不连接装配整体式外墙受力性能与内墙基本一致，为了验证该体系门/窗间墙受力性能，选取实际工程模型，设计了 5 个双层双跨的对比试件，其模型图如图 3 所示，其中双层双跨的带门洞口模型墙体尺寸为 5600mm×6000mm×200mm、洞口尺寸 1800mm×2400mm、边缘构件尺寸 500mm；其中双层双跨的带窗洞口模型墙体尺寸 5600mm×6000mm×200mm、洞口尺寸 1800mm×1500mm、边缘构件尺寸 500mm。所有试件混凝土强度等级 C40，预制剪力墙竖向分布钢筋断开，边缘构件钢筋采用抗弯等效加大。有限元重点分析研究门洞、窗洞条件下预制外墙与现浇外墙的受力性能，窗洞情况下预制墙竖向钢筋在楼层处断开，考虑按窗下连梁设计和窗下墙设计两种情况。通过对双层双跨联肢外墙有限元分析对比看出在内力和变形计算时，该剪力墙结构刚度及其退化规律基本与现浇构件一致，预制剪力墙承载力高约 8%，不考虑预制墙体时，承载力和刚度都有较大降低，如图 4 所示。分析看出，预制墙体与现浇墙体弹性阶段曲线基本重合，承载力基本接近，该系在结构内力和变形分析时应考虑预制部分的贡献。

因此，外墙在进行内力和变形计算时应该考虑预制墙板的作用，弹性阶段可按现浇剪力墙结构分析。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：https://d.book118.com/127153150045006036