

DOI: 10.7672/sjgs2016040019

装配式高层混凝土剪力墙结构新技术开发与示范*

郭海山¹ 蒋立红^{1,2} 刘康² 王瑞堂³ 张世宪⁴ 韦永斌² 姜邵杰⁵

(1. 中国建筑股份有限公司科技与设计管理部,北京 100037; 2. 中国建筑股份有限公司技术中心,北京 101300; 3. 廊坊中建机械有限公司,河北 廊坊 065000; 4. 中国建筑设计集团有限公司,北京 100037; 5. 中国建筑国际集团有限公司,中国 香港)

[摘要] 近几年,高层装配剪力墙结构在我国开始大量应用,新型体系、新型连接节点层出不穷。为了提供更好的抗震性能、更低的连接成本和更便捷高效的施工,结合合肥某预制装配剪力墙工程,系统介绍了中建 MCB(multiple coupling beams)剪力墙结构体系的抗震体系、连接节点和 BIM 新技术研发与应用。

[关键词] 装配式; 高层建筑; 混凝土; 剪力墙; 多连梁; 建筑信息模型

[中图分类号] TU741

[文献标识码] A

[文章编号] 1002-8498(2016)04-0019-04

Demonstration and Development of New Precast High-rise Concrete Shear Wall Structure System

Guo Haishan¹, Jiang Lihong^{1,2}, Liu Kang², Wang Ruitang³, Zhang Shixian⁴, Wei Yongbin², Jiang Shaojie⁵

(1. Department of Technology and Design, China State Construction Engineering Co., Ltd., Beijing 100037, China; 2. Technical Center of China State Construction Engineering Co., Ltd., Beijing 100037, China; 3. Langfang China State Construction Machinery Co., Ltd., Langfang, Hebei 065000, China; 4. China Construction Engineering Design Group Co., Ltd., Beijing 100037, China; 5. China State Construction International Holdings Limited, Hong Kong, China)

Abstract: At recent years, high-rise precast shear-wall structure is widely used in China, and new system and new connection joints emerge in endlessly. To provide better seismic behavior, lower connection cost and the more convenience and higher efficiency construction, combining with a precast shear wall engineering, authors systematically introduce MCB(multiple coupling beams) shear wall structure system developed by CSCEC, especially seismic system, connection joints and BIM development and application.

Key words: precast; tall buildings; concrete; shear walls; multiple coupling beams(MCB); building information modeling(BIM)

在政府大力推动下,以节能环保为主要目标,以应用叠合保温预制混凝土外剪力墙板,预制叠合楼板、灌浆套筒钢筋连接为主要特点的新型预制装配高层混凝土剪力墙结构在我国有了较大范围的应用,数百万平方米的新型装配式住宅已建成,更多的类似工程正在建设中。伴随着如火如荼的大范围应用,新型体系、新型连接节点层出不穷。本文结合合肥某预制装配剪力墙工程,系统介绍了中建 MCB(multiple coupling beams)剪力墙结构体系的

在抗震体系、连接节点和 BIM 方面的新技术研发及应用。

1 工程概况

合肥某预制装配剪力墙工程总建筑面积 56.5 万 m²,其中地上 48.5 万 m²,地下 8 万 m²。项目包含 39 栋住宅楼,其中 2 栋为 33 层,高度近百米;1 栋为 32 层,8 栋为 28 层,17 栋为 26 层,4 栋为 24 层,4 栋为 22 层,3 栋为 20 层,是目前国内最大规模的预制装配式住宅项目(见图 1 2)。

该项目采用预制装配整体式剪力墙结构,抗震设防烈度 7 度,设计地震分组为第一组,设计地震基本加速度 0.1g,建筑场地类别为 II 类,场地特征周

* 中建股份科技研发计划资助(CSCEC-2014-Z-4-4; CSCEC-2015-Z-10)
[作者简介] 郭海山,高级工程师, E-mail: 1270275186@qq.com
[收稿日期] 2015-12-10

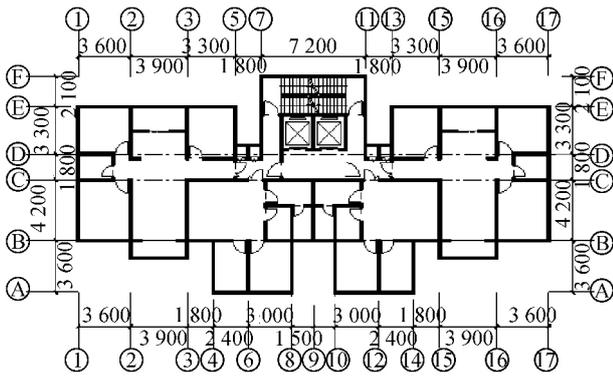


图 1 典型标准层平面

Fig.1 The typical standard floor plan



图 2 项目局部区块效果

Fig.2 Local effect of the project

期为 0.35s。基础、地下室剪力墙、底部加强层剪力墙及过渡层剪力墙采用现浇混凝土结构,其上标准层部分采用预制装配剪力墙,预制楼梯、预制叠合阳台和预制空调板,标准层预制装配率为 51%。本工程装配式部分依照行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ1—2014 设计,预制构件及连接节点参照《装配式混凝土连接节点构造》G310—1~2 和《预制钢筋混凝土阳台板、空调板及女儿墙》15G368—1 等标准图集设计。本文仅介绍行业标准和图集中未涵盖的、本工程特有的装配式相关技术。

2 多连梁装配式剪力墙结构体系

装配整体式混凝土剪力墙结构虽然按等同现浇结构进行设计,但其实际抗震性能要略弱于现浇钢筋混凝土剪力墙结构。对于混凝土剪力墙结构其耗能性能主要通过连梁来实现,以往的研究和地震灾害表明,双连梁结构的抗震性能和延性往往要好于普通连梁^[1-2],但对于现浇结构,双连梁结构体系施工较为复杂,在工程中应用较少;预制墙体的使用使多连梁结构体系的大范围应用成为可能。本工程预制剪力墙部分采用了双连梁和多连梁结构体系^[3](multiple coupling beams)(见图 3 A),提高了结构抗震性能。该体系在结构设计中需要合理地确定层间附加连梁的刚度和配筋,使大震下层间附加连梁尽可能先破坏耗能,起到保护其他承担

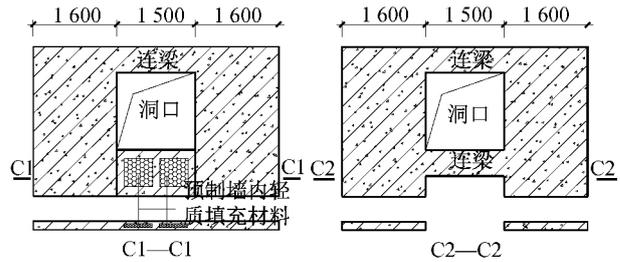
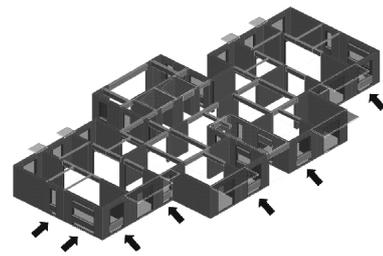


图 3 常见预制剪力墙与双连梁预制剪力墙

Fig.3 The normal precast shear wall and double-beams precast shear wall



设置层间附加耗能连梁

图 4 MCB 结构体系标准层三维示意

Fig.4 3-D demonstration of standard floor of MCB system

竖向荷载的主要受力构件的目的;此外,由于没有水平构件与层间附加连梁相连接,层间附加连梁震后损坏后相对容易修复。

为实现更好的抗震性能和耗能性能,建议 MCB 结构体系层间附加耗能连梁按如下原则设计。

- 1) 附加耗能连梁线刚度宜比同一墙片的其他原有层间连梁的线刚度大。同时尽量增大附加耗能连梁的跨高比。建议附加耗能连梁宜为其他连梁刚度的 1.1~1.2 倍,跨高比不宜小于 1.5。
- 2) 附加耗能连梁线刚度是相连墙肢线刚度的 0.8 倍以下,以保护墙肢。
- 3) 附加耗能连梁的配筋按恒荷载、活荷载及抗风设计。小震抗震验算时,对附加耗能连梁的刚度进行较大幅度的折减(按规程最低值折减),以保证附加耗能连梁在小震验算时仍符合规范要求。
- 4) MCB 结构体系宜进行大震下的验算,检验结构大震下损伤分布。

MCB 剪力墙体系不仅仅在抗震性能上有所提升,由于耗能连梁的下部洞口部分无须使用高强灌浆料(仅需普通坐浆),填充部分与主体结构分隔清晰^[4],也在一定程度上降低了建造成本。

3 新型全灌浆套筒钢筋连接技术

目前市场主流的钢筋灌浆连接套筒一般直接铸造或由钢棒机械切削方式加工而成。铸造套筒

表 1 中建 GS 系列滚压套筒规格尺寸
Table 1 Dimension of GS series of sleeve tubes

规格	连接钢筋直径 d/mm	套筒外径 D/mm	套筒壁厚 t/mm	套筒总长 L/mm	预制端钢筋伸入长度 C_1/mm	现场钢筋插入长度 C_2/mm	灌浆孔位置 a/mm
GS12	12	38	3.0	245	125	100	35
GS14	14	38	3.0	280	140	120	35
GS16	16	42	3.5	310	155	135	35
GS18	18	45	4.0	340	170	150	35
GS14/12	12~14	38	3.0	280	140	120	35
GS16/12	12~16	42	3.5	310	155	135	35
GS16/14	14~16	42	3.5	310	155	135	35

比较适合大规格套筒和大批量生产。对于小规格的铸钢灌浆套筒,易产生铸造缺陷,质量不易保证,成本高,不环保。由钢棒机械切削方式加工而成的套筒,原材料耗费比较大,加工效率比较低。本工程采用中建 GS 系列的滚压成型钢筋灌浆连接套筒^[5-6],并研制了专用自动化生产设备^[7],如图 5 所示。滚压工艺的采用和相应自动化生产设备的研制成功,极大地提高了灌浆套筒的生产效率,降低了材料的损耗,达到了经济环保的目的。本工程采用的 12~18mm 的等径和变径连接套筒规格尺寸如表 1 所示。各规格套筒均委托国家建筑工程质量监督检验中心,按《钢筋机械连接技术规程》JGJ107—2010^[8]进行了单向拉伸,高应力反复拉压和大变形反复拉压等内容的型式检验且全部接头的极限状态均为断于接头外钢筋处,展现出了良好的性能。

4 高层剪刀梯装配式防火隔板

目前国内常用的高层剪刀梯装配式防火隔板一般逐层搁置在梯段板的一侧。这种连接方式有两点不足:①梯板受扭;②防火隔板形状复杂,生产、运输及吊装均不方便。本工程采用了一种新型挂板装配连接方式^[9],将剪刀梯每层的防火隔墙板通过两侧挑耳直接搁置在楼梯梁上(见图 6)。这种连接方式传力更简洁直接,制作和安装更加方便。

5 BIM 技术在装配式建筑研发中的应用

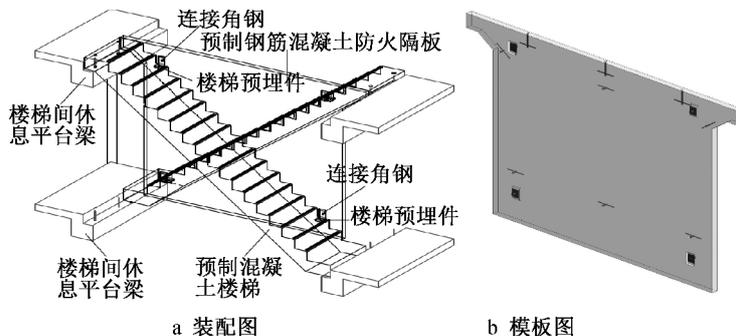


图 6 楼梯防火隔板

Fig. 6 Fire-proofing separator

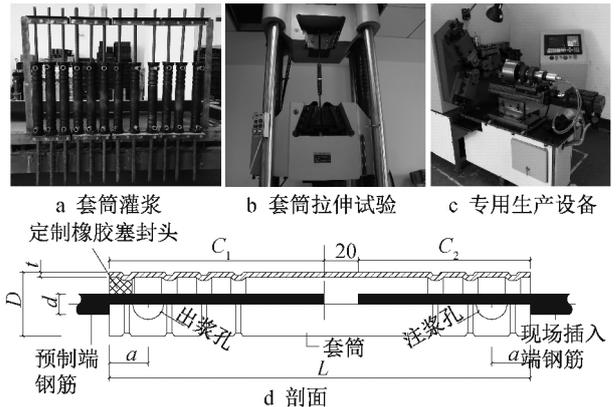


图 5 中建 GS 系列套筒

Fig. 5 GS series of sleeve tube

装配式建筑的大部分生产制造工作在工厂完成,各种设备、孔洞及安装需要的预留预埋均需要事先仔细规划,一旦考虑不周,将给工程的实施带来难以预估的损失。当前建筑行业中大力推广的 BIM 技术,能够将建筑中各专业和各流程信息统一到一个虚拟可视模型(或数据库)中,在工程实施前进行系统的检查和验证,能够避免不必要的错误,提高工程建设的效率,特别适合在装配式建筑中大力推广应用。本工程在这方面进行了一些有益的探索。

5.1 BIM 技术在深化设计中的应用

中国建筑股份有限公司技术中心(以下简称中

建技术中心) 针对装配式混凝土结构基于 Revit 平台,正在研发一套用于中建 MCB 剪力墙体系的参数化构件三维建模和深化设计软件工具集,并开始应用到示范工程深化中。该软件工具集可参数化自动生成包含几何、钢筋、预埋件等信息的预制构件 Revit 模型,并直接生成深化图纸和材料表单,供构件厂进行加工生产。

5.2 BIM 技术在建造管理中的应用

中建技术中心在研发第一代基于 WIN CE 平台专用手持设备的 RFID 预制构件管理系统的基础上,初步开发完成了第二代基于通用手机平台 (Android 系统) 的 RFID 预制构件跟踪管理系统,并在工程中不断完善。该系统基于建筑深化设计 BIM 模型,为装配式建筑的各个部件设置电子标签,对构件的全生命周期进行管理。从预制构件生产开始,在浇筑、质检、入库、出库等各环节,记录跟踪构件信息,并上传到终端数据库中;构件出厂后,运输、进场、吊装各个流程也同样进行采集跟踪管理(见图 7)。通过 RFID 技术,将生产的构件与数据库中虚拟的模型结合起来,使建造过程中的各阶段均受控;工程竣工后,相关信息同样可以为业主运营提供服务。在未来,期望基于以上技术,推动工程建造的现代化变革,实现真正的精益建造。



图 7 基于通用手机平台(Android 系统) 的构件跟踪管理系统

Fig. 7 Tracking management system for member based on Android system

6 结语

近几年,以新型装配式混凝土建筑为代表的新型建筑工业化在我国高速发展并开始大规模应用,新型体系、新型连接节点层出不穷。中国建筑在装配式结构体系、抗震性能、新型连接节点和 BIM 技术在工业化建造等方面结合工程应用进行了较为系统的研发探索工作,文中的每一点都是一个比较

大的专题,相关技术细节和后续研发成果将另文详述。

参考文献:

[1] 王亚勇. 汶川地震建筑震害启示——抗震概念设计[J]. 建筑结构学报,2008,29(4):20-25.
 [2] 谷倩,朱飞强. 双连梁与深连梁剪力墙结构抗震性能对比分析[J]. 土木工程学报,2010,43(S1):211-216.
 [3] 郭海山,蒋立红,李景芳,等. 一种底部开洞含多连梁的预制装配整体式混凝土剪力墙板:CN204326301U[P]. 2015-05-13.
 [4] 郭海山,刘康,齐虎,等. 局部填充构造对新型装配整体式混凝土剪力墙结构整体性能影响分析[J]. 施工技术,2015,44(3):25-30.
 [5] 郭海山,郭正兴,蒋立红,等. 一种带 U 形槽的钢筋连接用灌浆套筒:CN204590423U[P]. 2015-08-26.
 [6] 郭正兴,郑永峰,刘家彬,等. 一种钢筋浆锚对接连接的灌浆变形钢管套筒:CN103452246A[P]. 2013-12-18.
 [7] 蒋立红,王瑞堂,郭正兴,等. 一种全灌浆套筒自动成型机:CN104858279A[P]. 2015-08-26.
 [8] 钢筋机械连接技术规程:JGJ107—2010[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2010.
 [9] 郭海山,刘康,等. 一种楼梯间预制钢筋混凝土防火隔板构造及其施工工法:CN104727469A[P]. 2015-06-24.

31 个省级建筑市场监管与诚信信息基础数据库与部中央数据库互联互通

近日,全国 31 个省级建筑市场监管与诚信信息基础数据库与住房城乡建设部中央数据库实现实时互联互通,初步实现建筑市场“数据一个库、监管一张网、管理一条线”的信息化监管目标。

2014 年 9 月,住房城乡建设部启动工程质量治理两年行动,计划在全国范围内分三批推进各地建筑市场监管与诚信信息基础数据库建设,建立互联互通的建筑市场监管与诚信信息系统,加快推进全国建筑市场诚信体系建设。

两年行动开展以来,住房城乡建设部建筑市场监管司通过开发省级通用版一体化工作平台系统、签订目标责任书、委派专业服务组等多种方式,指导和督促各地加快建筑市场监管与诚信基础数据库建设,限期实现部省建筑市场监管与诚信信息的互联互通。各地住房城乡建设主管部门按照统一数据标准,打造覆盖省、市、县三级企业、人员、项目和关联核心业务信息,横向互联、纵向互通的综合监管服务与诚信信息一体化工作平台,推行工程项目全生命周期线上运作,初步实现建筑市场“数据一个库、监管一张网、管理一条线”的信息化监管目标。