

文章编号:1673-2049(2018)06-0041-09

装配式建筑混凝土构件公差控制国内外标准分析

刘 鹏^{1,2,3,4}, 陈 颖^{1,2,3}, 罗小勇^{1,2,3}, 余志武^{1,2,3}, 龙 昊^{1,2,3}

(1. 中南大学 土木工程学院, 湖南 长沙 410075; 2. 中南大学 高速铁路建造技术国家工程实验室, 湖南 长沙 410075;
3. 湖南省装配式建筑工程技术研究中心, 湖南 长沙 410075; 4. 深圳大学 土木工程学院, 广东 深圳 518060)

摘要:针对装配式混凝土构件的尺寸允许公差控制对装配式建筑施工的重要工程意义,分析了国内外装配式建筑标准中混凝土构件生产与安装阶段的构件尺寸允许公差异同,指出其差异体现为允许公差值与取值范围、公差分配形式、构件类型和尺寸大小等。结果表明:各标准对构件允许公差划分原则和方法不同,中国标准侧重于公差取值及范围,而国外标准兼顾了构件尺寸大小和构件类型等影响;中国国家标准对构件尺寸允许公差要求比行业和地方标准严格;既有装配式建筑公差标准缺乏公差确定准则和系统的全过程公差控制理论,各标准中未考虑公差累积和抵消效应,部分公差控制要求相互抵触。

关键词:装配式建筑;混凝土;标准;公差;构件类型

中图分类号: TU375

文献标志码: A

Tolerance Control Analysis of Concrete Member for Prefabricated Construction in Domestic and International Standards

LIU Peng^{1,2,3,4}, CHEN Ying^{1,2,3}, LUO Xiao-yong^{1,2,3}, YU Zhi-wu^{1,2,3}, LONG Hao^{1,2,3}

(1. School of Civil Engineering, Central South University, Changsha 410075, Hunan, China; 2. National Engineering Laboratory for High Speed Railway Construction, Central South University, Changsha 410075, Hunan, China; 3. Prefabricated Construction Engineering and Technological Research Center of Hunan Province, Changsha 410075, Hunan, China; 4. College of Civil Engineering, Shenzhen University, Shenzhen 518060, Guangdong, China)

Abstract: Aiming at the important engineering significance of dimension allowable tolerance control of concrete member for prefabricated construction, the differences of allowable tolerance for concrete members in the production and installation stages of domestic and international prefabricated construction standards were analyzed. It was pointed out that the differences of allowable tolerance were embodied in allowable tolerance value and range of value, tolerance partition function form, component type and size, etc. The results show that the division principle and method of allowable tolerance of components are different in standards, and the domestic standard emphasizes the value and range of tolerance. In contrast, the influences of dimension and type of concrete member on the allowable tolerance are highlighted by foreign standards. The national standard for allowable tolerances of component sizes is stricter than

收稿日期:2018-03-04

基金项目:“十三五”国家重点研发计划项目(2016YFC0701705-1);国家自然科学基金项目(51778632,51408614);
中国博士后科学基金项目(2016M600675,2017T100647);湖南省自然科学基金项目(2017JJ3385);
广东省滨海土木工程耐久性重点实验室资助项目(GDDCE17-2/15-8)

作者简介:刘 鹏(1982-),男,山东滕州人,中南大学教授,博士研究生导师,工学博士,博士后,E-mail:lop868@163.com。

通信作者:陈 颖(1983-),女,山东枣庄人,工学博士研究生,E-mail:cheny83@csu.edu.cn。

industry and local standards. Many defects of tolerance for prefabricated construction proposed by existing standards exist, including determination criteria and method, lack of tolerance control theory during the whole process. In addition, the effects of tolerance accumulation and offset are neglected in each standard, and some tolerance control requirements contradict each other.

Key words: prefabricated construction; concrete; standard; tolerance; member type

0 引言

装配式建筑具有绿色、智能、工厂化制造等特色,已成为建筑行业重要发展趋势^[1]。国外装配式建筑发展历史悠久,已经形成了相对成熟的装配式建筑体系,如法国的 SCOPE 世构体系、日本的 SI 住宅结构体系、美国的 RBS 建造系统、芬兰的 Tremor 轻钢结构体系、德国的预制混凝土外墙体系和 KVH 木框板结构体系。随着中国装配式建筑的蓬勃发展,也推出了适宜于国情的装配式建筑结构体系,如万科 VSI 体系、长沙远大住工现浇结构外挂墙板体系、宝业住宅的叠合板装配式结构体系等。尽管装配式建筑逐步走向成熟,但有关装配式建筑公差控制方面研究极少^[2],各国相关标准仅限定了公差值且取值范围差别较大^[3-5],如 DIN 18203-1:1997 限定了尺寸 3 m 以内构件的施工尺寸公差为 12 mm,中国《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB/T 50204—2015)则要求装配式结构工程的梁板偏差为 5~10 mm,而《装配式混凝土建筑技术标准》(GB/T 51231—2016)有关预制墙板类构件外形尺寸允许偏差为 4 mm,美国《混凝土施工公差规范和材料说明》(ACI 117-2010)对墙板的允许公差要求为±3 mm。日本建筑采用预制工艺可使现浇混凝土的垂直度误差为 1~2 mm。各国有关装配式建筑公差要求不同,对不同结构体系和构件类型尺寸的允许公差也不统一,导致了装配式建筑生产制作、施工安装和结构验收等环节质量控制存在抵触^[6]。本文针对国内外典型标准中有关装配式建筑混凝土构件尺寸公差要求进行了对比分析,指出了各标准中构件允许公差间存在的异同,研究成果可为装配式建筑公差控制提供指导。

1 装配式建筑混凝土构件公差控制

国内外出台的有关装配式建筑标准较多^[7-12],部分标准中也限定了构件尺寸允许公差取值与范围^[13-16]。然而,装配式建筑公差及其理论方面研究较少,并且公差取值差异较大。装配式建筑构件允许公差控制受技术、成本和工艺等影响显著,因此合

理控制构件尺寸的允许公差具有重要工程实际意义^[17-18]。本文针对国内外典型标准涉及的生产制作和施工安装过程中装配式建筑混凝土构件的尺寸公差控制进行了分析。

1.1 生产制作阶段构件公差控制

装配式建筑混凝土构件生产制作公差控制涉及构件类型、平面尺寸、横截面形状、工艺参数和连接形式等。国内外相关标准对构件公差限定或控制要求的差异主要体现为公差配分形式、允许公差数值及取值范围等。构件公差配分形式有公差正负容许值相等和不相等 2 种,各标准的侧重点和出发点不同导致了构件公差配分形式有别,欧洲出台的《预制混凝土构件质量统一标准》(EN 13369-2008)中预制混凝土构件允许公差正负容许值如表 1 所示。然而,德国《建筑结构公差》(DIN 18202:1997)、《建筑施工公差》(DIN 18202:2005)则对构件公差要求划分更详细,并且采用了正负容许值相等的公差配分形式,如表 2 所示。

表 1 EN 13369-2008 中预制混凝土构件允许公差
Tab. 1 Allowable Tolerance of Prefabricated Concrete Member in EN 13369-2008

构件长度 L /mm	允许公差 ΔL /mm	钢筋、预应力筋、保护层
		厚度公差/mm
≤ 150	$-5 \sim 10$	± 5
400	± 15	$-10 \sim 15$
$\geq 2\ 500$	± 30	$-10 \sim 30$

允许公差 ΔL 与线性目标尺寸 L 间的关系可采用下式计算

$$\Delta L = \pm (10 + L/1\ 000) \leq \pm 40\ \text{mm} \tag{1}$$

美国装配式建筑混凝土构件尺寸公差控制借鉴了欧洲相关规范^[19],如美国 PCI 预制及预应力混凝土控制手册中部分建筑公差采用了 MNL-135 标准^[20],表 3 为典型预制构件尺寸允许公差。

为更好地阐述国内外标准规范中装配式建筑混凝土构件允许公差异同,对各典型标准规范中允许公差要求进行了分析,如《预制混凝土构件质量统一标准》(EN 13369-2008)、《预制及预应力混凝土结构公差控制手册》(MNL-135)、《混凝土施工公差规

表 2 DIN 18202 中预制混凝土构件尺寸允许公差

规范		应用范围	不同尺寸(m)构件的允许公差/mm				
			<3	3~6	6~15	15~30	>30
DIN 18202:1997		平面尺寸(如长、宽、高、轴线和模块化尺寸)	±12	±16	±20	±24	±30
		高度尺寸(如层高、标高、空间接触面和支架)	±16	±16	±20	±30	±30
		平面净距(如支架和支墩距离等)	±16	±20	±24	±30	
		竖向净距(如楼层、天花板和托梁等)	±20	±20	±30		
		开洞(如窗户、门和设备等)	±12	±16			
		带有完成表面侧壁的与开洞 5 相分离	±10	±12			
DIN 18202:2005		平面尺寸(如长、宽、高、轴线和模块化尺寸)	±10	±12	±20	±24	±30
		高度尺寸(如层高、标高、空间接触面和支架)	±10	±16	±20	±30	±30
		平面净距(如支架和支墩距离等)	±12	±16	±24	±30	
		竖向净距(如楼层、天花板和托梁等)	±16	±20	±30		
		开洞(如窗户、门和设备等)	±10	±12			
		带有完成表面侧壁的与开洞 5 相分离	±8	±10			

表 3 MNL-135 中预制混凝土构件(3 m 以内)允许公差

参数		允许公差/mm				
		柱	空心板	隔热墙板	建筑墙板	梁
长度	±12.7	±12.7	±12.7	±12.7	±12.7	±25.4
宽度	±6.4	±6.4	±6.4	±6.4	±6.4	−6.4~−9.5
高度	±6.4	±6.4	±6.4	−3.2~−6.4	−6.4~−12.7	
平整度		±3				

注:数值为英制单位转化值。

范和材料说明》(ACI 117-2010)、《建筑结构公差》(DIN 18202,DIN 18203),以及中国国家、行业与地方标准及规程等,如《装配式混凝土建筑技术标准》(GB/T 51231—2016)、《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB/T 50204—2015)、《装配式混凝土结构技术规程》(JGJ 1—2014)、《混凝土及预制混凝土构件质量控制规程》(CECS 40:92)、《预制混凝土构件制作与验收规程》(DB21/T 1872—2011)、《预制装配式混凝土构件生产和质量检验规程》(DB42/T 1225—2016)、《装配整体式混凝土结构工程预制构件制作与验收规程》(DB37/T 5020—2014)和《装配式混凝土结构建筑质量管理技术导则》(湘建科[2016]199 号文件)等。图 1 为各标准中装配式混凝土平面构件长度尺寸允许公差。图 2 为装配式混凝土线性构件长度尺寸允许公差。

从图 1 可知,各标准有关装配式混凝土墙板和楼板构件长度尺寸允许公差的要求存在异同,主要体现在公差配分形式、允许公差值及范围等方面。墙板和楼板长度尺寸的允许公差配分多采用正负容许值相等,部分标准中也采用了不相等的形式。在

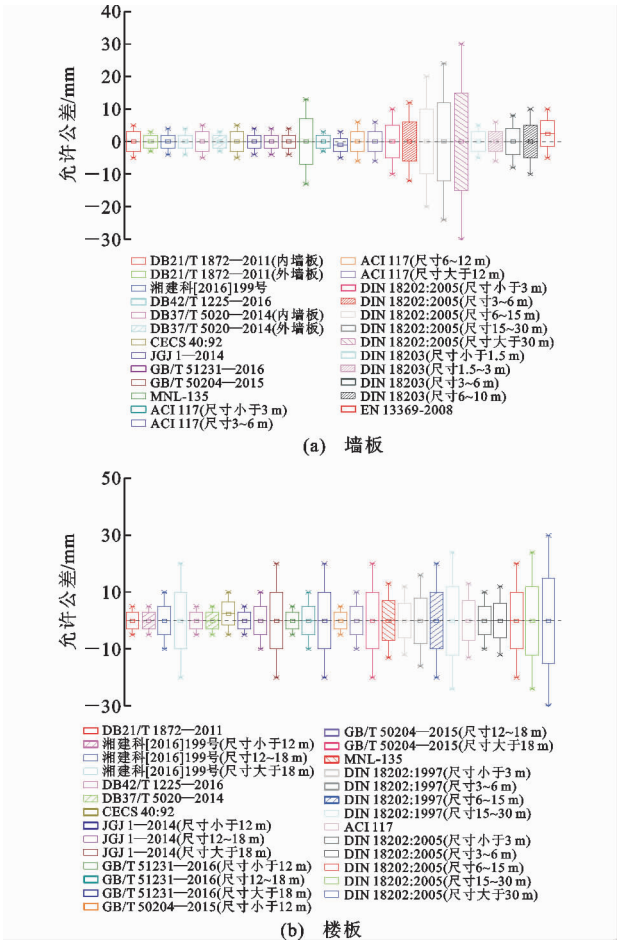


图 1 装配式混凝土平面构件长度尺寸允许公差
Fig. 1 Allowable Tolerance of Length for Prefabricated Concrete Plane Member

墙板生产尺寸允许公差要求方面,中国国家标准、行业规程和地方标准等要求的允许公差值多为±4 mm。部分地方标准与行业规程等也采用了不同的

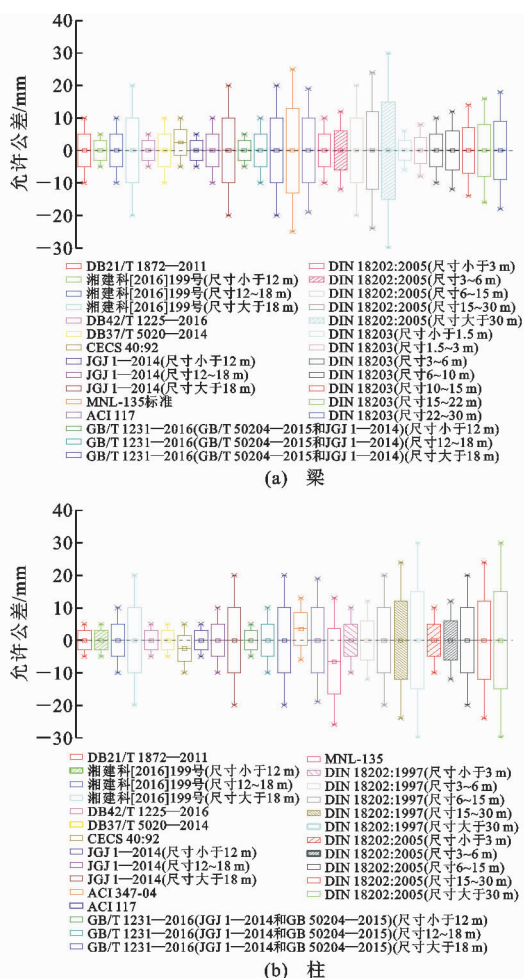


图2 装配式混凝土线性构件长度尺寸允许公差
Fig. 2 Allowable Tolerance of Length for Prefabricated Concrete Linear Member

允许公差值,如 DB37/T 5020—2014 内墙板和 CECS 40:92 墙板生产允许公差值为 ± 5 mm。部分地方标准还根据墙板种类(外墙板和内墙板)提出了不同构件制作允许公差要求,如 DB21/T 1872—2011 和 DB37/T 5020—2014 的外墙板允许公差为 ± 5 mm,而内墙板构件制作允许公差为 ± 3 mm。中国国家和行业标准多采用统一的墙板允许公差数值,而地方标准则根据不同墙板类型(内墙板和外墙板)限定了构件长度尺寸公差。国外和中国标准中墙板允许公差要求多采用正负容许值相等,部分标准(如 EN 13369-2008)则采用不相等的公差配分形式;此外,国外构件允许公差值及范围划分还考虑了构件长度大小的影响。

在楼板生产尺寸允许公差要求方面,多数标准中允许公差配分为正负容许值相等且允许公差值为 ± 5 mm 或 ± 10 mm;部分标准中也采用了正负容许值不相等,且允许公差值范围为 $-5 \sim 10$ mm,如

CECS 40:92。此外,部分标准还根据构件长度尺寸大小划分了不同等级允许公差值,如 GB/T 51231—2016,GB/T 50204—2015 和 JGJ 1—2014 划分为 3 个等级,DIN 18202 和 DIN 18203 则划分为 4 个或 5 个等级。中国国家和行业及国外标准多根据楼板构件长度尺寸限定允许公差,部分标准也采用了统一的允许公差,且为 ± 5 mm。从图 1 还可知,中国标准及规范等有关墙板和楼板构件生产长度尺寸的允许公差值控制在 ± 5 mm 以内,但国外相应的允许公差值及范围则较大(± 6 mm, ± 10 mm 或 ± 30 mm 等)。

从图 2 可知,各标准有关装配式建筑混凝土梁和柱构件生产的长度尺寸允许公差要求不同主要体现在允许公差值、构件尺寸大小、公差配分形式、公差中值及其上下四分之一位等。有关梁构件生产长度尺寸允许公差方面,各标准中相应的公差配分多采用正负容许值相等,部分标准中也采用了不相等(如 CECS 40:92);公差中值多为 0 mm,上下四分之一位值也位于中值上下等值处。国外多数标准(DIN 18203 与 DIN 18202)、中国国家标准(GB/T 51231—2016 与 GB/T 50204—2015)和行业及地方标准(JGJ 1—2014,DB21/T 1225—2016)等多根据梁构件长度尺寸划分了允许公差值等级。各标准中多数允许公差值为 ± 10 mm 以内,对于长构件的允许公差也有 ± 20 mm 的情况。中国国家标准、行业和地方标准对梁构件相应的允许公差要求基本一致(± 5 mm, ± 10 mm 和 ± 20 mm)。国外标准中梁构件相应的允许公差则较宽泛(± 10 mm 和 ± 20 mm),这表明中国对梁构件的允许公差要求高于国外^[21]。

各标准有关装配式柱构件长度尺寸的允许公差要求基本与梁相似,多根据柱构件长度尺寸大小划分为不同等级,中国标准划分为 3 个等级,国外标准则划分为 4 个或 5 个等级;中国标准及规程中限定的长度尺寸允许公差多为 ± 5 mm 或 ± 10 mm,大尺度柱构件(超高 18 m)的允许公差值多为 ± 20 mm。国外标准中柱构件的允许公差要求较宽,多为 ± 10 mm, ± 20 mm 或 ± 30 mm;DIN 18202:2005 与 DIN 18202:1997 对柱构件长度尺寸的允许公差要求相同,采用了 5 个等级的允许公差值。上述构件的允许公差取值范围表明,柱构件长度尺寸的允许公差要求可保障其相对误差控制在 0.1%~0.5% 范围内。各标准中有关装配式建筑混凝土梁和柱构件长度尺寸允许公差波动较大,这可能是各标准制定依

据和出发点不同造成的。尽管高精度生产要求和较小的允许公差值有利于后续施工,但会提高生成成本、制作工艺和操作要求,所以根据构件长度尺寸大小限定允许公差等级要求更具有实际意义。

在研究各标准中构件长度尺寸允许公差的同时,分析了相应的横截面尺寸允许公差要求,如图 3 所示。从图 3 可知,各标准有关装配式构件宽度和厚度尺寸的允许公差要求存在差异,中国标准侧重于区分构件类型且同类型多采用统一允许公差值(± 5 mm 左右)。国外相应的允许公差则侧重于构件尺寸大小和构件类型等因素的影响,如 ACI 117 和 MNL-135 等考虑了构件宽度和厚度尺寸、构件种类,区分了梁、板、柱等构件。DIN 18202 和 DIN 18203 侧重于构件尺寸大小对构件允许公差影响。此外,国外标准有关装配式构件宽度和厚度尺寸的允许公差要求略微低于中国标准(取值多为 ± 6

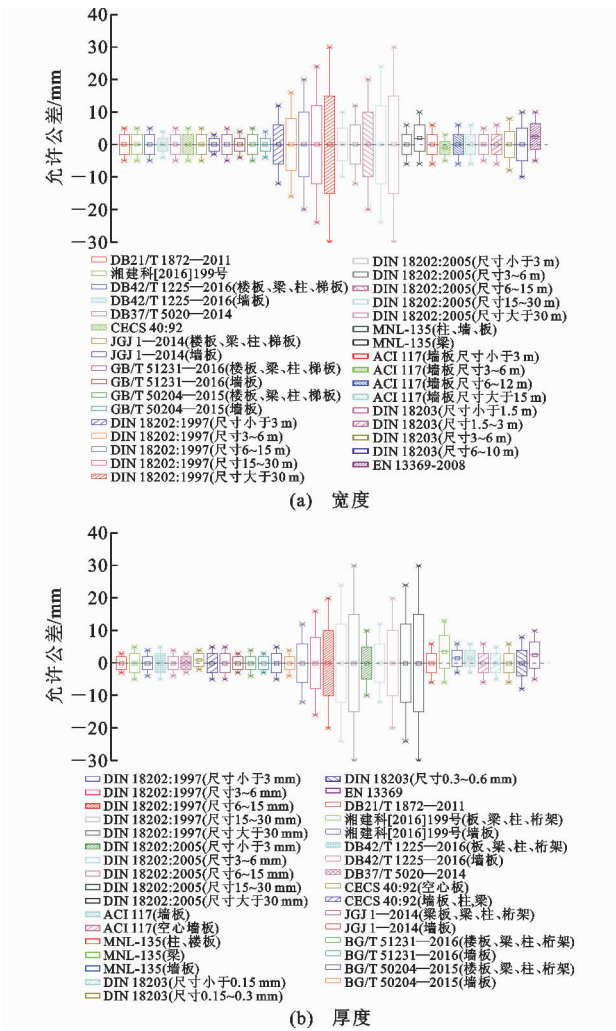


图 3 装配式混凝土构件横截面尺寸允许公差

Fig. 3 Allowable Tolerance of Cross Section Dimensions for Prefabricated Concrete Member

mm, ± 10 mm 或 ± 20 mm 等)。

除了探讨装配式建筑混凝土构件三维尺寸的允许公差外,还分析了构件相应的平整度和对角线允许公差,如图 4 所示。从图 4 可知,各规范对装配式建筑混凝土构件平整度和对角线允许公差要求不同,主要表现为允许公差值、公差配分形式和构件尺寸及类型等。中国标准中装配式构件平整度的允许公差值要求多为 5 mm,部分为 3 mm;国外相应的为 3 mm(如 MNL-135),部分则根据构件类型及尺寸大小进行了等级划分,如 DIN 18202。各标准中对构件对角线允许公差要求也存在区别。中国标准在平整度允许公差要求上相对严格,且取值基本一致(多为 5 mm 以内),部分地方标准中允许公差要求更严(多为 3 mm),部分国外标准中允许公差多为 3 mm。中国国家标准对构件对角线的允许公差要求比地方标准宽松,一般允许公差值为 5 mm。部分地方标准还根据装配式构件类型进行了划分,如 DB42/T 1225—2016。此外,构件平整度和对角线允许公差多采用正容许值形式。

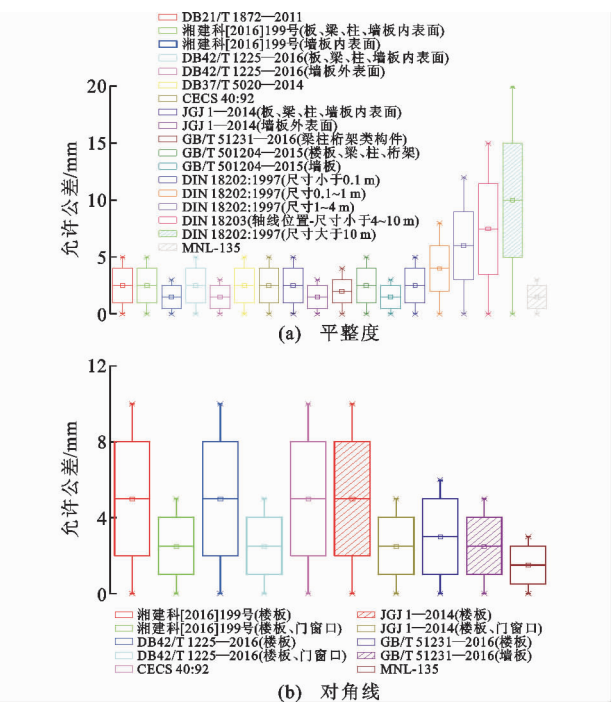


图 4 装配式混凝土构件平整度和对角线允许公差

Fig. 4 Allowable Tolerance of Flatness and Diagonal Line for Prefabricated Concrete Member

1.2 安装施工阶段构件公差控制

国内外在构件公差或偏差控制方面开展了大量研究工作^[22-27],各国标准还限定了构件施工安装过程中的构件尺寸允许公差,且已被工程采用,如上海星河湾中学项目中装配精度可达毫米级;德国 Tour

Total 大厦采用混凝土预制构件的安装缝误差小于 1.5 mm。目前,国内外出台了经典的装配式建筑构件安装允许公差标准,如德国《建筑施工尺寸公差》(DIN 18203-1:1997)、《建筑施工公差》(DIN 18203-2:2006)、《预制及预应力混凝土结构公差控制手册》

(MNL-135)、《混凝土施工公差规范和材料说明》(ACI 117-2010)、中国《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB/T 50204—2015)、《装配式混凝土建筑技术标准》(GB/T 51231—2016)等。表 4 为 MNL-135 和 ACI 117 的预制构件安装尺寸允许公差。

表 4 MNL-135 和 ACI 117 中预制混凝土构件安装尺寸允许公差

Tab. 4 Allowable Tolerance of Installation Dimension for Prefabricated Concrete Member in MNL-135 and ACI 117							
规范	参数	允许公差/mm					
		楼梯	外墙板	结构墙板	柱	板或屋面	梁
《预制及预应力混凝土结构公差控制手册》(MNL-135)	轴线位置	±13	±13	±13	±13	±25	±25
	标高	±9	±6	±13	13	±19	13
	垂直度		6	6	6		3
	接缝宽度	±19	±6	±9		±13(构件 L 为 0~12 m)	±6
						±19(构件 L 为 12~18 m)	
						±25(构件 L>18 m)	
	搁置长度		±19	±19		±19	±19
《混凝土施工公差规范和材料说明》(ACI 117)	轴线位置		±13	±13	±13	±25	±25
	标高		-18~6	-18~6	-18~6		-13~6
	垂直度		±13	±13	±25		±25
	接缝宽度		±3	±3		±3	±3
	搁置长度		13	±13		±13	±9

从表 4 可知,两规范对预制构件安装尺寸允许公差要求存在异同。各类预制构件偏离轴线允许公差相等(均为±13 mm),但构件标高、垂直度、接缝宽度和搁置长度等安装尺寸允许公差取值与公差配分形式不同。与 MNL-135 相比,ACI 117 中构件的标高采用正负容许值不等的公差配分形式且公差宽度要求放宽,垂直度允许公差范围增大,但搁置长度允许公差值变小。

为更好地分析现行标准规范中装配式建筑构件安装过程允许公差要求,对各标准中的典型构件安装允许公差进行了总结。图 5 为装配式建筑混凝土板类构件安装尺寸允许公差,图 6 为装配式建筑混凝土线性构件安装尺寸允许公差。

从图 5 可知,各标准对装配式建筑混凝土板类(墙板和楼板)构件安装轴线位置、标高、垂直度、搁置长度和接缝宽度的允许公差要求不同,主要体现为允许公差值、公差配分形式、构件类型和尺寸大小等。在墙板安装尺寸允许公差方面,中国多数标准及规程和部分国外标准对轴线位置允许公差采用正容许值形式,如 DIN 18203,GB/T 50204—2015 和 GB/T 51231—2016 等;然而,国外标准中多为正负容差值,如 MNL-135 和 ACI 117 等。中国标准中轴线位置允许公差多为 5~10 mm,而国外标准中相应值则为±5~±13 mm。各标准中构件安装的

标高、搁置长度、垂直度和接缝宽度多为正负容许值相等的允许公差形式,中国标准中标高的允许公差值多为±3 mm 或±5 mm,而国外标准限定公差值较大且采用了正负容许值不等(如 ACI 117);中国标准中搁置长度、接缝宽度、垂直度允许公差值为±10 mm,±5 mm 和 5~10 mm。多数国外标准中的垂直度、搁置长度和接缝宽度允许公差值较大且考虑了构件尺寸及类型,仅个别标准对接缝宽度的允许公差值要求较高。在楼板安装尺寸允许公差方面,各标准对轴线位置允许公差要求不同体现为中国标准中的允许公差多采用正容许值且为 5 mm,而国外标准中则采用正负容许值且数值波动大(5~±25 mm)。中国标准中标高的允许公差值多为±5 mm,而国外标准则较大(如 MNL-135 中为±19 mm)。构件安装搁置长度和接缝宽度多采用正负容许值相等的允许公差配分形式,中国标准中标高的允许公差值多为±5 mm,而国外标准为±19 mm。此外,国外标准中接缝宽度公差值多根据构件尺寸划分为多个等级,其值范围较宽(±3~±13 mm)。这表明中国对构件安装允许公差控制侧重于数值,而忽视构件尺寸的影响。

从图 6 可知,各标准中装配式建筑混凝土线性构件(梁和柱)安装尺寸允许公差要求与板类构件相似。在梁构件安装尺寸允许公差控制方面,中国标

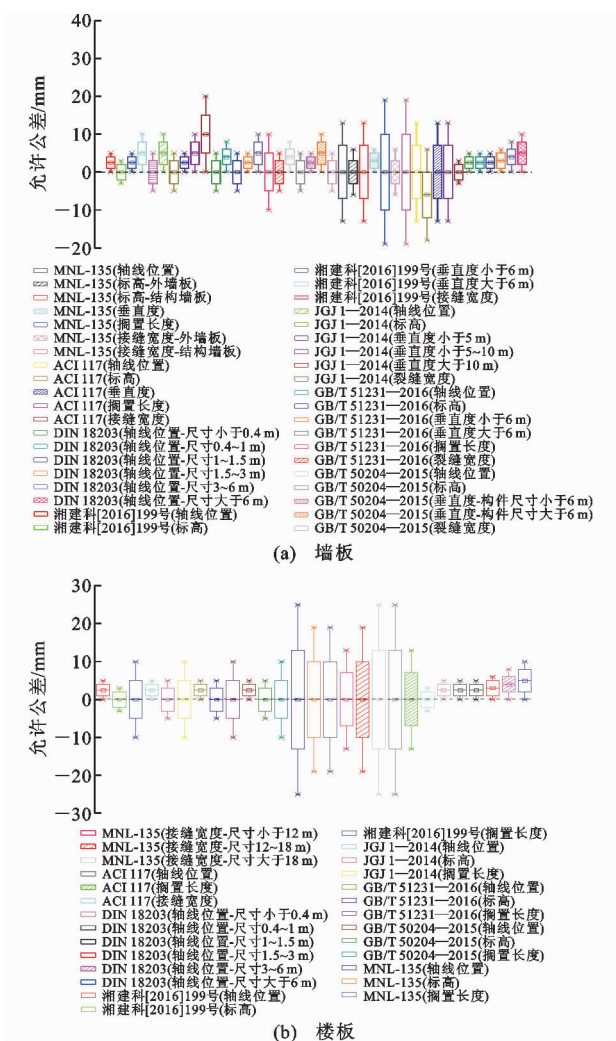


图 5 装配式混凝土板类构件安装尺寸允许公差

Fig. 5 Allowable Tolerance of Installation Dimensions for Prefabricated Concrete Plate Member

准中梁轴线位置的允许公差采用正容许值的公差配分形式且为 5 mm,而国外标准则采用正负容许值配分形式且值较大(5~±25 mm)。中国标准中梁标高、搁置长度的允许公差多采用正负容许值相等形式,而国外则采用了 2 种不同公差配分形式且值较大。在柱安装尺寸允许公差控制方面,中国标准中柱的轴线位置和垂直度安装允许公差采用正容许值的公差配分形式且为 5~10 mm;然而,国外标准中采用了正负容许值配分形式且值较大,相应的轴线位置允许公差值为 4~±13 mm,相应的垂直度允许公差值为 6~±25 mm。中国标准中柱的标高允许公差值多为 ±3 mm 或 ±5 mm,而国外标准允许公差值差异较大(如 MNL-135 规定为 13 mm,而 ACI 117 则限定为 -18~6 mm)。综上所述,各标准中对装配式建筑混凝土线性构件安装尺寸允许公

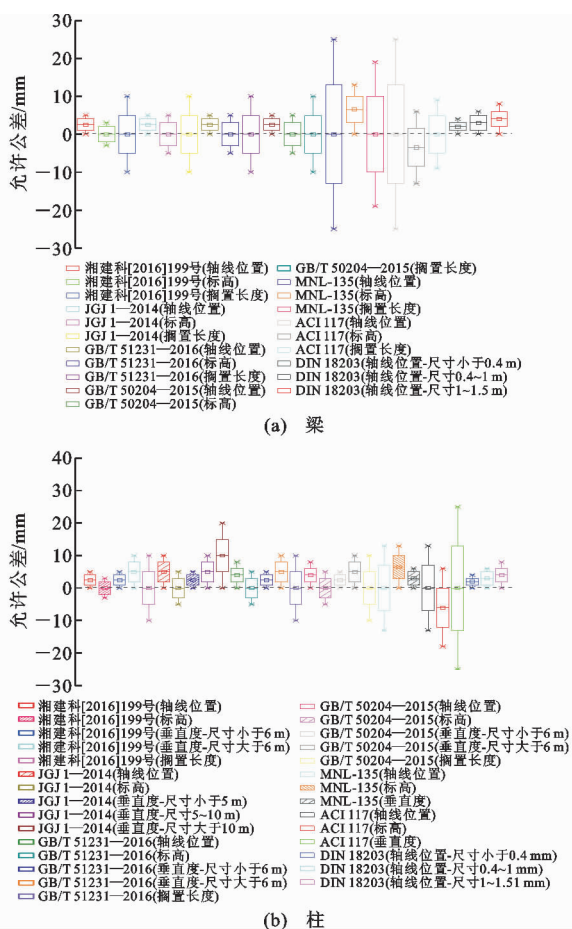


图 6 装配式混凝土线性构件安装尺寸允许公差

Fig. 6 Allowable Tolerance of Installation Dimensions for Prefabricated Concrete Linear Member

差要求不同,相应的允许公差值应考虑取值范围、构件尺寸大小、经济成本和工艺等影响。

2 结 语

(1)国内外规范和规程等对装配式建筑构件生产制作与施工安装尺寸允许公差控制要求差异较大,主要体现为公差配分形式、公差取值与范围、构件类型及其大小等方面。

(2)国内外规范对装配式建筑构件公差要求系统性差,构件公差要求不同,缺乏公差确定准则和确切方法。装配式建筑构件生产制作与施工安装尺寸允许公差取值及范围尚未达成共识,各标准中相应的公差控制要求存在抵触问题。

(3)标准中限定允许公差多基于工程经验,缺乏公差控制理论和概率统计分析,尚未深入探讨构件允许公差取值、配分形式等。缺少全过程或全流程的公差控制理念,未考虑各阶段构件公差的累积和抵消效应。

(4) 中国标准中对构件生产制作与施工安装尺寸允许公差侧重于数值及范围控制, 国外标准兼顾了构件类型和尺寸大小等影响。建议装配式建筑构件公差控制选用标准应综合考虑生产制作和经济成本等因素。

参考文献:

References:

- [1] 齐宝库, 张阳. 装配式建筑发展瓶颈与对策研究[J]. 沈阳建筑大学学报: 社会科学版, 2015, 17(2): 156-159.
QI Bao-ku, ZHANG Yang. Prefabricated Construction Development Bottleneck and Countermeasures Research[J]. Journal of Shenyang Jianzhu University: Social Science, 2015, 17(2): 156-159.
- [2] 杨卉, 李晨光, 秦珩. 装配整体式混凝土结构质量控制研究综述[J]. 建筑技术开发, 2013, 40(5): 84-87.
YANG Hui, LI Chen-guang, QIN Heng. Summary of Prefabricated Concrete Structure Quality Control Research[J]. Building Technique Development, 2013, 40(5): 84-87.
- [3] GB 50204—2015, 混凝土结构工程施工质量验收规范[S].
GB 50204—2015, Code for Acceptance of Constructional Quality of Concrete Structures[S].
- [4] GB/T 51231—2016, 装配式混凝土建筑技术标准[S].
GB/T 51231—2016, Technical Standard for Assembled Buildings with Concrete Structure[S].
- [5] DIN 18203-1: 1997, Tolerances for Building Part1: Precast Ordinary, Reinforced and Prestressed Concrete Components[S].
- [6] 李晨光, 何瑶. 美国预制及预应力混凝土的知识体系——《预制预应力混凝土结构连接节点设计手册》简要介绍[C]//汪继恕. 2009 预应力上海论坛学术论文集. 北京: 中国建筑工业出版社, 2009: 1-11.
LI Chen-guang, HE Yao. The Knowledge System of Precast and Prestressed Concrete in USA — A Brief Introduction to *Connections Manual for Precast and Prestressed Concrete Construction* [C]//WANG Ji-shu. Proceedings of 2009 Prestressed Shanghai Forum. Beijing: China Architecture & Building Press, 2009: 1-11.
- [7] 王艳飞, 杨正俊. 浅析装配式建筑的发展[J]. 中外建筑, 2017(1): 57-59.
WANG Yan-fei, YANG Zheng-jun. Analysis of the Development of Prefabricated Building[J]. Chinese & Overseas Architecture, 2017(1): 57-59.
- [8] DB42/T 1225—2016, 装配式混凝土结构工程施工与质量验收规程[S].
DB42/T 1225—2016, Specification for Construction and Quality Acceptance of Precast Assembled Concrete Structure[S].
- [9] CECS 40: 92, 混凝土及预制混凝土构件质量控制规程[S].
CECS 40: 92, Specification for Quality Control of Concrete and Precast Concrete Components[S].
- [10] DB21/T 1872—2011, 预制混凝土构件制作与验收规程[S].
DB21/T 1872—2011, Technical Specification for Manufacture and Acceptance of Precast Concrete Components[S].
- [11] DB37/T 5020—2014, 装配整体式混凝土结构工程预制构件制作与验收规程[S].
DB37/T 5020—2014, Specification for Component Manufacture and Acceptance of Precast Monolithic Concrete Structures[S].
- [12] New Zealand Concrete Society, New Zealand Society for Earthquake Engineering, Centre for Advanced Engineering. Guidelines for the Use of Structural Precast Concrete in Buildings [M]. 2nd ed. Christchurch: Wickliffe Press, 1999.
- [13] JGJ 1—2014, 装配式混凝土结构技术规程[S].
JGJ 1—2014, Technical Specification for Precast Concrete Structures[S].
- [14] ACI 117-06, Specifications for Tolerances for Concrete Construction and Materials and Commentary[S].
- [15] Prestressed Concrete Institute. Manual for Quality Control for Plants and Production of Precast and Prestressed Concrete Products [M]. Chicago: University of Chicago Press, 1977.
- [16] Prestressed Concrete Institute. PCI Design Handbook—Precast Prestressed Concrete [M]. Chicago: University of Chicago Press, 2004.
- [17] 赵勇, 王晓锋. 装配式混凝土建筑结构技术标准综述[C]//张环学, 王劭婷. 第三届中国预制混凝土技术论坛学术论文集. 北京: 中国建筑工业出版社, 2013: 39-51.
ZHAO Yong, WANG Xiao-feng. Review of Technical Standards of Prefabricated Concrete Building Structure [C]//ZHANG Huan-xue, WANG Shao-ting. Proceedings of the Third China Precast Concrete Technology Forum. Beijing: China Architecture & Building Press, 2013: 39-51.
- [18] 常春光, 张瑜. 装配式建筑构件生产成本控制问题

- 与措施研究[J]. 沈阳建筑大学学报:社会科学版, 2016,18(5):470-475.
- CHANG Chun-guang, ZHANG Yu. Research on the Problems and Measures of Production Cost Control in Prefabricated Building Component [J]. Journal of Shenyang Jianzhu University: Social Science, 2016, 18 (5):470-475.
- [19] ACI 117-2010, Specifications for Tolerances for Concrete Construction and Materials and Commentary [S].
- [20] MNL-135, Tolerance Manual for Precast and Prestressed Concrete Construction[S].
- [21] 陈 伟, 秦海玲, 童明德. 多维作业空间下的装配式建筑工程资源调度[J]. 土木工程学报, 2017, 50(3): 115-122.
- CHEN Wei, QIN Hai-ling, TONG Ming-de. Resource Scheduling for Prefabricated Building Based on Multi-dimensional Working Areas[J]. China Civil Engineering Journal, 2017, 50(3):115-122.
- [22] 刘链波. 混凝土构件变形激光测试技术[J]. 激光杂志, 2018, 39(4):54-57.
- LIU Lian-bo. Laser Test Technology for Concrete Component Deformation[J]. Laser Journal, 2018, 39 (4):54-57.
- [23] PURI N, VALERO E, TURKAN Y, et al. Assessment of Compliance of Dimensional Tolerances in Concrete Slabs Using TLS Data and the 2D Continuous Wavelet Transform[J]. Automation in Construction, 2018, 94:62-72.
- [24] BERNARD E S, XU G G. Estimation of Population Standard Deviation for Post-Crack Performance of Fiber Reinforced Concrete[J]. Advances in Civil Engineering Materials, 2017, 6(1):68-82.
- [25] 王命平, 卢文静, 刘仍光, 等. 考虑施工尺寸偏差的混凝土保护层厚度设计值研究[J]. 建筑技术, 2005, 36 (10):768-769.
- WANG Ming-ping, LU Wen-jing, LIU Reng-guang, et al. Study on Design Value of Concrete Protective Coat Thickness Considering Dimensional Errors in Construction[J]. Architecture Technology, 2005, 36 (10):768-769.
- [26] CUTSHALL B E, LEMING M L, JOHNSTON D W. Comparison of Strength and Construction Tolerances in Concrete[J]. ACI Structural Journal, 1999, 96(4): 491-494.
- [27] CAVALARO S H P, BLOM C B M, AGUADO A. New Design Method for the Production Tolerances of Concrete Tunnel Segments[J]. Journal of Performance of Constructed Facilities, 2012, 26(6):824-834.