

原位轴压法应用于 180mm 墙体的有限元分析

林慈楷¹ 陈希伟¹ 黄启云² 马英展¹ 要东明²

1 广东省建筑设计研究院集团股份有限公司

2 广东省有色工业建筑质量检测站有限公司

DOI:10.12238/bd.v8i5.4278

[摘要] 为探讨180mm墙体在原位轴压法应用中的强度换算,本文通过有限元模拟分析原位轴压试验以及标准件砌体力学试验中180mm墙体的抗压强度,得到180墙体在原位轴压法应用的强度换算系数,提出了原位轴压法可在180mm墙体中直接应用的思路。

[关键词] 原位轴压; 砌体结构; 换算系数; 抗压强度

中图分类号: TU459+.1 **文献标识码:** A

In situ axial pressure method was applied to finite element analysis of 180mm wall

Cikai Lin¹ Xiwei Chen¹ Qiyun Huang² Yingzhan Ma¹ Dongming Yao²

1 Guangdong Architectural Design and Research Institute Group Co., Ltd

2 Guangdong Nonferrous Metals Industry Construction Quality Inspection Station Co., LTD

[Abstract] In order to discuss the strength conversion of 180mm wall in in situ axial pressure method, through the finite element simulation analysis in situ axial pressure test and standard masonry mechanical test compressive strength, get 180 wall in in situ axial pressure method, put forward the in situ axial pressure method can be applied directly in 180 wall.

[Key words] in situ axial pressure; masonry structure; conversion coefficient; compressive strength

引言

砌体结构在我国工业与民用建筑中所占的比例较大,尤其在民用建筑中非常常见。随着后续的使用,因存在对建筑功能结构进行改造的需求,则大部分结构需要对原结构进行重新的鉴定和加固,以保证房屋的使用要求。在砌体承重的结构体系中,对旧建筑的加层、改建、加固、可靠度鉴定以及工程事分析,都需获得砌体的真实强度^[10]。在鉴定与加固中,房屋的砌体强度起着关键的影响,目前的砌体规范里砌体强度,是通过分别测定砂浆强度与砖强度而查表得出砌体强度,此种方法无法考虑其房屋砌筑质量,以及真实的砌体强度。因此当需要精确得出墙体强度时,可采用原位试验的方法,此方法可计及砌体强度的包括砌筑质量在内的各项影响因素,是一种可靠实用的砌体强度检测方法^[1]。

原位轴压法是扁顶法基础上提出的,该方法属于原位检测法,用这种方法检测的砌体强度,比测试块材和砌筑砂浆强度间接推算砌体抗压强度更加直观、可靠。其测试结果,不仅可以反应砌块和砂浆的强度,还能体现砌筑质量对砌体抗压强度的影响^[2]。原位轴压法作为砌体抗压强度的主要检测方法之一,已经被纳入到国标《砌体工程现场检测技术标准》(GB/T50315),但现行标准仅给出了适用于240mm厚度墙体的检测方法,对于广

泛存在的180mm的强度并不适用。在现如今的建筑群里,180mm墙体承重的老旧建筑仍有较大的保有量,规范本身一直向前发展,老旧建筑的墙体强度检测却未能跟上。而在检测鉴定行业,老旧建筑的检测鉴定中,砌体强度的是客观存在和需要解决的^[3]。

1 研究思路

本文通过原位轴压试验、标准件砌体力学试验的有限元模拟,对比了原位轴压法测定砌体抗压强度与同条件砌体标准试件的抗压强度,分析了180墙体在抗压工况的受力性能,并对同批次砌体抗压试验进行验证换算得出强度换算系数,进而给出原位轴压法抗压试验适用的180mm墙体的建议换算强度。同时通过控制槽间砌体的墙肢上部压应力的变量,进一步研究了墙肢上部压应力对槽间砌体强度的影响。

2 有限元的模拟

2.1 模型建立

本文模型分析采用有限元软件ABAQUS,对砌体墙进行采用砌块砂浆分离式建模,模型见图2-1。砖块、砂浆赋予材料属性的参考如下:

2.1.1 砌体

砖块的材料本构关系采用过镇海^[4]等人建议的混凝土单轴受压应力应变关系表达式:

$$\sigma^b = \begin{cases} \left[\alpha_a \frac{\varepsilon^b}{\varepsilon_0^b} + (3 - 2\alpha_a) \left(\frac{\varepsilon^b}{\varepsilon_0^b} \right)^2 + (\alpha_a - 2) \left(\frac{\varepsilon^b}{\varepsilon_0^b} \right)^3 \right] f^b & 0 \leq \varepsilon^b < \varepsilon_0^b \\ \frac{\varepsilon^b}{\varepsilon_0^b} & \varepsilon_0^b \leq \varepsilon^b \end{cases}$$

式中: σ^b 和 ε^b 分别为砖块的等效应力 (MPa) 及应变, α_a 为初始弹性模量和峰值点割线弹性模量的比值, α_a 取 2.2, α_d 取 2, 砖的峰值应变 ε^b 取 0.0021; 砖的极限应变 ε^b 取 0.0028; ε^b 和 f^b 分别为砖的弹性模量 (MPa) 及抗压强度 (MPa)。

2.1.2 砂浆

砂浆的本构关系可以参考下面同济大学两段式曲线按式进行计算:

$$\sigma^m = \begin{cases} \frac{\varepsilon^m \varepsilon_0^m f^m}{0.3(\varepsilon^m)^2 + 0.4\varepsilon^m \varepsilon_0^m + 0.3(\varepsilon_0^m)^2} & 0 \leq \varepsilon^m < \varepsilon_0^m \\ \frac{\varepsilon^m}{\varepsilon_0^m} & \varepsilon_0^m \leq \varepsilon^m \end{cases}$$

式中: σ^m 和 ε^m 分别为砂浆的等效应力 (MPa) 及应变, 砂浆的峰值应变 ε^m 取 0.0033; 砂浆的极限应变 ε^m 取 0.01; E^m 和 f^m 分别为砂浆的弹性模量 (MPa) 和抗压强度 (MPa)。

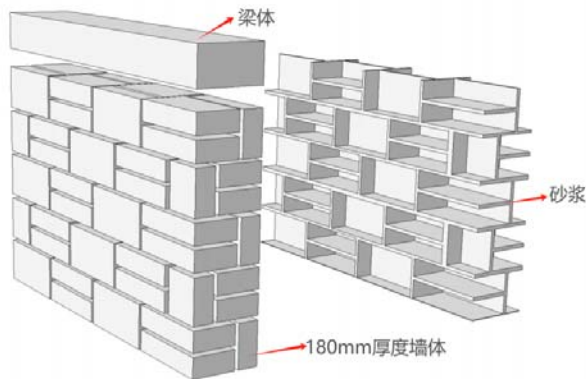


图2-1有限元模型建立

2.2 参数设置

表1 砌体结构的参数

材料	杨氏模量	泊松比	抗压强度	抗拉强度	峰值应变	极限应变
砖块	6.67	0.15	6.2	0.6	6	7.2
砂浆	0.1	0.17	0.25	0.02	8	16

砖块与模型的接触方面, 由于砌体是指由砂浆等胶结材料将砖石块材等组砌而成的一种材料。砌体结构的力学性能不仅需要考虑到砂浆与砖块的物理性质, 同时要考虑二者间法向接触分离、切向摩擦滑移、以及粘结破坏准则等, 则法向接触中, 受压采用“硬”接触, 受拉采用基于接触面的粘性行为进行定义,

切向摩擦采用库仑摩擦准则, 以及砂浆与砖块的本构模型采用 ABAQUS 自带的混凝土塑性损伤本构模型 (CDP) 进行模拟^[5]。

2.3 模型的有效性验证

由于目前尚未存在原位轴压法用于 180mm 墙体的案例, 为验证 180mm 墙体有限元模拟模型的有效性, 本文在上述模型参数的基础上, 经更改砌筑方式, 建立 240mm 墙的有限元模型, 并将此模型与某实际工程案例^[6]进行比较, 从而间接验证接下来 180mm 墙体有限元模型的有效性。由图可知, 模型与实际工程的实验结果数据变化趋势大致相同, 但有限元的计算结果相对于与实际工程案例的实测值有所降低, 降低原因可能在于实际工程中, 砌体与砂浆的粘接与后续协同作用相对于理想的有限元模型有所增加, 因此实际工程的强度会有所偏大, 再结合其两者的变化趋势基本吻合, 则也间接证明下面 180mm 的研究模型也具有一定合理性和可行性, 表明本文在数值模型的建立的过程中材料本构的选取、构件的单元类型以及单元划分方式等模拟方法都是合理的、有效的^[8]。

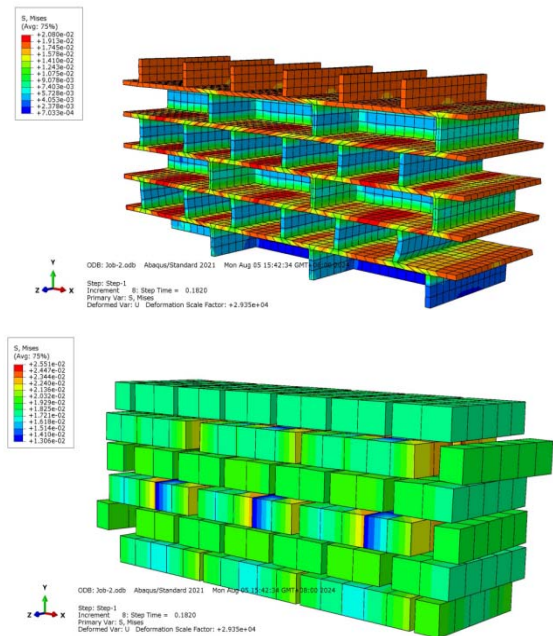


图2-2模型受力状态

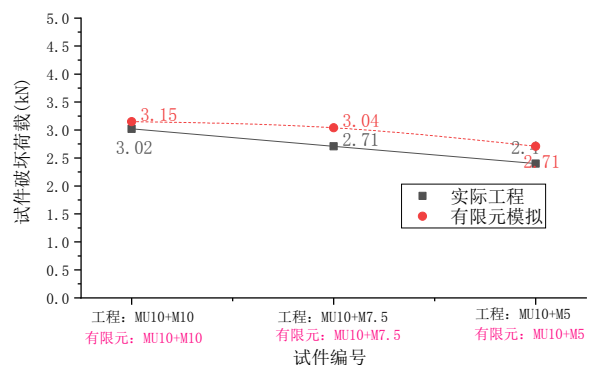


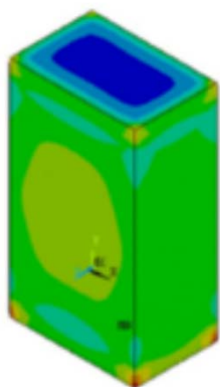
图2-3有限元与某实际工程的对比

3 有限元模拟分析

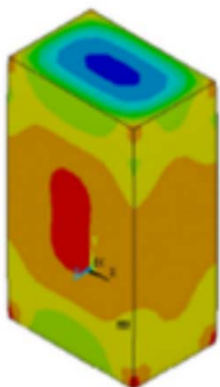
3. 1 标准试件与原位轴压的强度换算系数

表2 有限元计算结果及试验结果比较

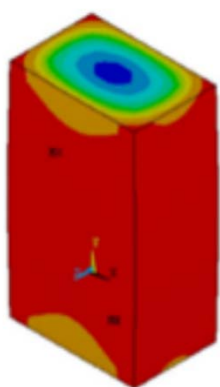
类别	标准试件	原位轴压检测墙片
施加荷载/kN	顶面500	加压两面500
总时长	1.0	1.0
计算完成时间	0.794	0.665
极限荷载/kN	391.6	333.8
极限抗压强度/MPa	3.145	4.213



(a) 前期变化云图



(b) 中期变化云图

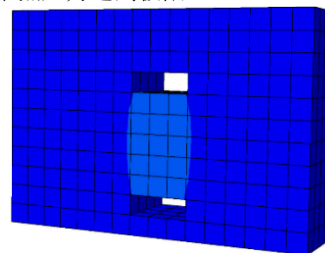


(a) 后期变化云图

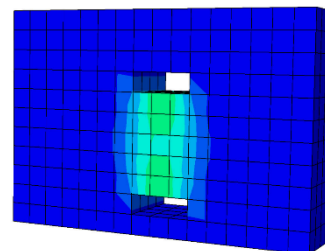
图3-1 标准试件应力变化图

由图3-1可知, 标准试件应力的由中部向四周扩散, 中部节

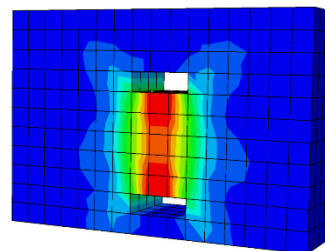
点应力首先增大并不断发展, 然后向两侧及上下端慢慢扩散, 最终试件大部分节点应力达到极限。



(a) 前期变化云图



(b) 中期变化云图



(c) 后期变化云图

图3-2 原位轴压试验变化云图

由图3-2可知, 原位轴压的墙片应力首先在加压面出现并同时向中间扩散, 随即槽间砌体应力在竖向方向基本相同, 并由保持从中间部位向两侧逐渐扩散, 槽间砌体中部位置应力持续增加并且在墙块上下部位产生由剪应力传递过来的应力。最终槽间砌体达到极限应力计算结束^[9]。

表3 强度换算系数

原位轴压法抗压强度 /MPa	标准试块抗压强度 /MPa	试验换算系数	240mm 等条件下的换算系数
4.213	3.145	1.340	1.250

根据表3, 从强度换算系数值的大小看, 其数值要大于《砌体工程现场检测技术标准》(GB/T50315—2000)的原位轴压法的无量纲的强度换算系数(普通砖砌体)的常数项。通过对两者模型的对比分析, 有限元分析得到的强度换算系数 ζ 值为1.340。

3. 2 不同楼层砖混结构的强度换算系数

一般情况下, 当约束墙体竖向压应力越大, 槽间砌体实测抗压强度越高^[7], 为了解不同约束墙体竖向压应力对原位轴压法的无量纲的强度换算系数的影响, 在墙体上分别均匀施加 0.2MPa(顶层)、0.4MPa(中间层)和0.6MPa(首层)上部压应力, 模拟对砖混结构的中, 底层、中间层、以及顶层的砌体强度对比试验, 结果见下表, 得到以下结论:

表4 强度换算系数

编号	原位轴压法抗压强度/MPa	上部荷载 σ_0 /MPa	标准试块抗压强度/MPa	试验换算系数
SC-1	5.623	0.60	4.181	1.345
ZJC-1	5.047	0.40	3.769	1.339
DC-1	4.336	0.24	3.229	1.343

由表4可知,不同楼层的无量纲强度换算系数的区别不大,即约束墙体竖向压应力 σ_{0ij} 对强度换算系数的影响不明显;从数据上看可以不考虑约束墙体竖向压应力 σ_{0ij} 对槽间砌体强度的影响通过数据分析,强度换算系数值平均值1.342。

4 结论

本文通过原位轴压试验、标准件砌体力学试验的有限元模拟,对原位轴压法测定砌体抗压强度与同条件砌体标准试件的抗压强度关系进行分析,分析结果如下:

(1) 180mm的原位轴压试验方法可按《砌体工程现场检测技术标准》(GB/T50315-2000)原位轴压法检测普通砖砌的抗压强度的相关规定执行。

(2) 180mm墙体砌体的原位轴压法无量纲强度换算系数在不同楼层和不同侧向约束时较接近。

(3) 180mm墙体砌体的原位轴压法无量纲的强度换算系数可以取为常数,为1.340。

广东省住房和城乡建设厅研究开发项目《既有中小学校和医院建筑抗震能力提升关键技术研究与应用》(2022-K10-072332)。

[参考文献]

- [1] 喻云龙.既有老旧房屋砂浆及砌体强度现场试验研究[J].建筑结构,2019,(05):23-26+43.
- [2] 张威.测定房屋砌体强度的原位轴压法[J].科技与企业,2012,(09):249.
- [3] 王秀逸.原位轴压法测定砖砌体抗压强度的试验研究[J].西安建筑科技大学学报(自然科学版),1997,(04):42-45.
- [4] 过镇海,李卫.混凝土在不同应力-温度途径下的变形试验和本构关系[J].土木工程学报,1993,(05):58-69.
- [5] 张琪.混凝土多孔砖砌体力学性能及原位轴压法理论与试验研究[D].西安建筑科技大学,2014.
- [6] 张涛.原位轴压法检测砌体抗压强度在建筑工程中的应用和探讨[J].四川建筑科学研究,2006,32(S2):91-93.
- [7] 丁智潮.烧结粘土多孔砖砌体原位轴压法试验研究[J].建筑结构,2011,41(S2):477-479.
- [8] 中华人民共和国城乡建设环境保护部.砌体工程现场检测技术标准:GB/T50315-2000.北京:中国建筑工业出版社,1987.
- [9] 中华人民共和国城乡建设部.砌体结构设计规范:GBJ3-88[S].北京:中国建筑工业出版社,1988.
- [10] 王少媚.测定房屋砌体强度的原位轴压法[J].浙江建筑,2000,(S1):29-30.

作者简介:

林慈楷(1996--),男,汉族,广东梅州人,研究生,硕士,主要从事建筑工程质量检测、鉴定工作。