

原位轴压法在混凝土砖砌体力学性能研究中的应用

李铁纯¹, 王丛卉², 张佳年³, 苏利全⁴, 王 炜⁵

- (1. 河北省出省建筑队伍服务中心, 石家庄 050051; 2. 新中远工程设计有限公司, 石家庄 050000;
3. 衡水市人民医院, 衡水 053000; 4. 河北省建筑科学研究院有限公司, 石家庄 050021;
5. 石家庄市排水管护中心, 石家庄 050000)

摘要:为解决混凝土实心砖、多孔砖抗压强度低于 MU15 时, 无法依据《砌体结构设计规范》查得砌体抗压强度设计值, 进而难以计算砌体抗压及抗震承载力的问题。以某平移建筑为例, 采用 YJK 砌体结构设计模块辅助计算: 先通过原位轴压法实测砌体抗压强度, 再根据计算所得砌体抗压强度设计值查询上述规范, 确定匹配的砖与砂浆强度等级以完成抗压承载力计算; 抗震承载力计算时, 重新录入实测的砂浆抗压值。结果显示, 该建筑地下一层至四层各随机抽测 6 个测区, 所得砌体抗压强度设计值为 1.8~2.4 MPa, 且砂浆强度推定值均处于查表强度区间, 可顺利完成承载力计算。研究表明, 原位轴压法有效解决低强度块材的砌体抗压强度推定难题, 为 YJK 砌体结构设计模块提供关键参数, 保障计算准确性, 适用于实际工程检测鉴定。

关键词: 原位轴压法; 混凝土砖; 砌体力学性能

中图分类号: TU362 文献标志码: A 文章编号: 1005-8249 (2026) 02-0164-05

DOI:10.19860/j.cnki.issn1005-8249.2026.02.025

Application of In-Situ Axial Compression Method in the Study of Mechanical Properties of Concrete Brick Masonry

LI Tiechun¹, WANG Conghui², ZHANG Jianian³, SU Liquan⁴, WANG Wei⁵

- (1. Hebei Provincial Construction Team Service Center, Shijiazhuang 050051, China; 2. Xin Zhongyuan Engineering Design Co., Ltd., Shijiazhuang 050000, China; 3. Hengshui People's Hospital, Hengshui 053000, China; 4. Hebei Academy of Building Research Co., Ltd., Shijiazhuang 050021, China; 5. Shijiazhuang City Drainage Pipeline Maintenance Center, Shijiazhuang 050000, China)

Abstract: To solve the problem that when the compressive strength of concrete solid bricks and porous bricks is lower than MU15, the design value of masonry compressive strength cannot be obtained in accordance with the Code for Design of Masonry Structures, making it difficult to calculate the compressive and seismic bearing capacities of masonry. Taking a translated building as an example, this study uses the YJK Masonry Structure Design Module for auxiliary calculation: first, the in-situ axial compression method is adopted to measure the masonry compressive strength on site; then, based on the calculated design value of masonry compressive strength, the above-mentioned code is consulted to determine the matched strength grades of

作者简介: 李铁纯 (1987—), 男, 研究生, 高级工程师, 研究方向: 建筑检测、鉴定、加固设计和加固施工。

通信作者: 王 炜 (1982—), 男, 本科, 正高级工程师, 研究方向: 土木工程。

收稿日期: 2023-08-29

bricks and mortar, so as to complete the calculation of compressive bearing capacity; when calculating the seismic bearing capacity, the measured mortar compressive strength value is re-entered. The results show that 6 measuring areas are randomly selected for each floor from the basement first floor to the fourth floor of the building, and the obtained design values of masonry compressive strength range from 1.8~2.4 MPa; in addition, the estimated values of mortar strength all fall within the strength range obtained from the code, and the calculation of bearing capacity is successfully completed. The study indicates that the in-situ axial compression method can effectively solve the problem of determining the masonry compressive strength for low-strength blocks, provide key parameters for the YJK Masonry Structure Design Module, ensure the calculation accuracy, and is suitable for practical engineering testing and appraisal.

Key words: in-situ axially loaded test; concrete brick; masonry mechanical properties

0 引言

如何科学的评定砌体抗压的强度,为房屋的安全性、可靠性提供准确数据,是亟需解决的问题。实际工程中多采用分别测量砌筑砂浆、非烧结新型块材的抗压强度,根据 GB 50003—2011《砌体结构设计规范》中的相关规定得出砌体抗压强度设计值。当块材的检测值低于 MU15 时,不能根据规范得出砌体抗压强度设计值,只能通过试验得出砌体抗压强度值^[1-2]。

GB/T 50315—2011《砌体工程现场检测技术标准》中关于砌体抗压强度^[3-4]的检测方法有原位轴压法、扁顶法、切割抗压试件法,其中最常用的方法是原位轴压法。与测试砖及砂浆的强度间接推算砌体抗压强度相比更为直观、可靠,能直接反映砌筑质量对砌体抗压强度的影响^[7]。此法是在扁顶法基础上改进过来的,都是通过液压千斤顶对槽间砌体施加荷载,当槽间砌体出现裂缝且油压表读数出现明显回退时计算所施加的荷载,从而达到检测砌体抗压强度的目的^[8-9]。丁智潮等^[10]通过烧结黏土多孔砖现场原位轴压法与置于相同环境中养护和砌筑的砌体标准试件试验结果对比,提出烧结黏土多孔砖砌体原位轴压法抗压强度试验方法及强度评判标准;周雪枫等^[11]采用贯入加回弹法与原位轴压法分别对常规条件下某砌体墙试件抗压强度进行检测,通过对两种方法检测出的砌体强度关系进行比对分析,并根据原位轴压法检测结果对贯入回弹法检测的砌体强度进行修正。

砌体房屋鉴定工作中,当砌体的原材料强度指标相同,砌筑质量不一样时,根据砖、砂浆的强度推算出来的砌体抗压强度和直接测出来的抗

压强度可相差一倍以上,影响对房屋真实质量情况的评判^[12-13]。当砌体块材抗压强度较低时,根据 GB 50003—2011《砌体结构设计规范》不能得到砌体结构的抗压强度设计值,进而影响到房屋的抗震鉴定、加固处理^[14-15]。针对混凝土砖抗压强度低于 MU15 时无法规范查取砌体抗压强度设计值的问题,以某平移砖混建筑为实例,将原位轴压法应用于混凝土砖砌体现场检测,结合 YJK 砌体结构设计模块,提出“实测强度-规范反查-参数匹配”转化流程,同时修正抗震承载力计算的砂浆参数,验证了该方法对低强度混凝土砖砌体强度推定的有效性,为同类工程检测鉴定提供了实操路径。

1 原位轴压法测定砌体抗压强度

在测点上开凿水平槽孔,上水平槽口的尺寸为 250 mm×240 mm×70 mm(长度×厚度×高度),下水平槽口的尺寸为 250 mm×240 mm×(≥110 mm)。开槽过程中上、下槽孔应对齐,同时应避免扰动四周的墙体;把湿细沙均匀铺设在上槽口的下表面和扁式千斤顶的顶面,垫层厚度可控制为 10 mm;该设备主要包括反力板、扁式千斤顶、钢拉杆三部分。安装时首先将反力板置于上槽孔,扁式千斤顶置于下槽孔。将二者对齐后再安装钢拉杆。通过扭转螺母调整反力板和扁式千斤顶的平行度;先预加破坏荷载的 10%,以此来检验系统是否可正常工作。若系统可正常工作,先进行卸荷,然后开始正式测试;试验过程:在正式测试时,未加荷前首先记录油压表初始读数,然后以破坏荷载的 10% 为单位进行加载,每次加载过程控制在 1~1.5 min,荷载持续时间为 2 min。重复此加载过程,当加荷时油压表读数不再增加并伴随槽间砌体开裂速度较快时,停止加载,

研究与应用

达到破坏极限状态。需注意,停止加载的核心判定依据是“油压表读数停滞”与“裂缝快速发展”的同步出现。若仅油压表读数暂时稳定但无明显裂缝扩展,需继续按既定加载单位(破坏荷载的10%)缓慢加载,观察后续变化。试验过程中,因操作不当使槽间砌体的受力状态为偏心受压时,此时先暂停试验,调整仪器设备,重新进行试验,当调整没有效果时应更换检测位置,不得将此类异常开裂视为正常破坏而停止加载。试验过程中,应仔细观察槽间砌体裂缝发展变化情况,并在墙体上予以标记,其裂缝发展呈现阶段性特征,具体如下:加载初期(预加载及正式加载的前中期,荷载未达到极限破坏荷载的60%~70%),槽间砌体主要以内部砂浆的压实、微小孔隙闭合为主,此阶段无明显可见裂缝,仅可能存在肉眼难以察觉的微裂纹;随着荷载持续增加(荷载达到极限破坏荷载的70%~80%),槽间砌体内部微裂纹开始萌生并缓慢扩展,最初在砂浆灰缝处出现细小、短浅的竖向或斜向裂缝,裂缝长度通常不足50 mm,宽度小于0.1 mm,且扩展速度缓慢;当荷载接近极限破坏荷载(荷载达到极限破坏荷载的80%~90%)时,已有裂缝加速扩展,同时新的裂缝不断产生,裂缝逐渐贯通砂浆灰缝并向砖块内部延伸,形成多段不连续的裂缝,部分裂缝长度超过100 mm,宽度增至0.1~0.2 mm;进入加载后期,裂缝发展进入快速不稳定阶段,各段裂缝相互连接,最终形成贯通整个槽间砌体的主裂缝,裂缝宽度显著增大,砌体局部出现酥碎、掉渣现象^[16]。

2 工程实例

2.1 工程概况

某建筑为地下一层、地上四层的砖混结构,夯实水泥土桩地基、条形混凝土基础,建筑物长约60 m、宽15 m。地下一层采用混凝土实心砖,一层至四层采用混凝土多孔砖。由于小区的整体规划做出调整,该建筑由西向东整体平移70 m,为查明平移后该建筑的施工质量及安全性能,要对整个建筑进行检测鉴定。

2.2 方法选取

采用贯入法对砌筑砂浆的抗压强度进行检测。按照GB/T 21144—2007《混凝土实心砖》和GB 25779—2010《承重混凝土多孔砖》的规定采用

随机抽样的方法从地下一层至地上四层分别选取10块、5块外观质量检验合格的样品用材料试验机进行抗压强度试验,结果表明试样砖抗压强度的算数平均值和单块最小值均小15 MPa。根据GB 50003—2011《砌体结构设计规范》中的规定,当砖强度等级低于MU15时,不能得到混凝土普通砖和混凝土多孔砖砌体的抗压强度设计值。采用原位轴压法解决了这一难题。每层随机抽测6个测区,对砌体抗压强度进行检测,见表1。

表1 砌体抗压强度设计值
Table 1 Design value of masonry compressive strength

层别	测区砌体抗压强度 平均值/MPa	砌体抗压强度 标准值/MPa	砌体抗压强度 设计值/MPa
负一层	4.6	3.8	2.4
一层	3.9	3.2	2.0
二层	4.3	3.4	2.1
三层	4.2	2.9	1.8
四层	3.8	2.9	1.8

用YJK砌体结构设计模块对砌体抗压承载力进行计算时,砌体材料强度等级参数无法直接录入。根据计算得到的砌体抗压强度设计值查询GB 50003—2011《砌体结构设计规范》得到砖、砂浆的强度等级,见表2,再进行砌体抗压承载力计算。进行砌体抗震验算时,根据实际情况重新录入砂浆强度等级(由GB 50003—2011《砌体结构设计规范》中可以看出沿砌体灰缝截面破坏时砌体的抗剪强度设计值只与砂浆强度等级和砌体种类有关,与砌块强度等级无关),再进行砌体抗震承载力计算,见表3。

表2 砖、砂浆设计强度等级情况
Table 2 Design strength grade of brick and mortar

层别	砖强度等级	砂浆强度等级
负一层	MU20	Mb7.5
一层	MU15	Mb7.5
二层	MU15	Mb5
三层	MU15	Mb5
四层	MU15	Mb5

表3 砂浆强度推定值、查表值情况
Table 3 The estimated value of mortar strength
and the value of the table

层别	查表值	推定值/MPa
负一层	Mb7.5	7.9
一层	Mb7.5	8.4
二层	Mb5	5.8
三层	Mb5	5.1
四层	Mb5	6.7

2.3 砂浆强度数据比对和混凝土砖抗压强度分析

将通过贯入法得到的砂浆强度推定值和砂浆强度查表值进行比对,发现砂浆强度推定值均位于查表得到的强度区间。说明通过原位轴压试验得到的砂浆强度查表值可以反映建筑物砂浆抗压强度的真实水平。两种方法得到的混凝土砖抗压强度存在差距,经分析原因有以下三点:

(1) 抗压强度试验所用样品砖取自工程剩余材料,该部分砖块长期暴露于自然环境中,存在一定程度的风化、粉化现象,导致强度有所衰减;而原位轴压法检测的混凝土砖处于建筑墙体内部,受抹灰层的保护作用,环境侵蚀程度较轻,强度保留更完整。

(2) 施工过程中,施工人员会对已砌筑至墙体中的混凝土砖进行再次浇水养护,该养护过程可进一步促进砖块内部胶凝材料的水化反应,使砖块强度较出厂状态略有增长;而剩余样品砖未经过该后续养护环节,强度未得到额外提升。

(3) 原位轴压法检测时,槽间砌体受周围墙体的侧向约束作用,存在一定的侧向压应力,该应力可有效抑制砌体内部裂缝的萌生与扩展,从而使砌体抗压强度得到一定程度的提高;而实验室条件下的砖强度试验为单一砖块的轴心受压,无侧向约束作用,强度测试结果更接近砖块的固有强度下限。

2.4 砌块强度数据比对

建筑地下一层使用混凝土实心砖、一至四层使用混凝土多孔砖,查询出厂检验报告二者强度等级均为 MU20,而表 2 中混凝土实心砖的强度等级要比混凝土空心砖高一个等级,分析原因有以下两点:

(1) 混凝土砖的孔隙结构是导致同公称等级下强度差异的核心因素,这与 GB/T 21144—2023《混凝土实心砖》中对不同孔型砖强度的技术要求一致。从受力机理来看,混凝土实心砖无孔隙结构,受压时有效承压面积可达 100%,应力能在整个截面均匀传递,不会因局部截面缺失产生应力集中;而混凝土空心砖的孔洞率通常在 25%~40%,孔隙的存在不仅直接减少了有效受力面积,还会在荷载作用下形成多个应力集中区,导致裂缝优先沿孔隙边缘萌生扩展,显著降低整体抗压性能。工程实测数据表明,公称强度均为 MU20 时,混凝土实心砖的单块抗压

强度平均值通常比空心砖高 15%~25%,且变异系数更小(实心砖一般 ≤ 0.12 ,空心砖多在 0.15~0.20)。工程中,原位轴压法检测的是砌体整体抗压性能,其结果综合反映了砌块自身强度与砌筑质量,因此实心砖砌体因砌块本身承载能力更强,反推得到的等效强度等级自然高于同公称等级的空心砖砌体。

(2) 地下与地上环境的湿度差异进一步加剧了砌块强度的表现分化。地下一层属于潮湿环境(年平均相对湿度 $>75\%$),而地上楼层多为中等湿度环境(50%~75%)。混凝土砖的强度发展依赖水泥基胶凝材料的持续水化反应,潮湿环境为地下一层砌块提供了长期的水分补给,使得施工后仍能进行后续水化,生成更多钙矾石、氢氧化钙等水化产物,填充内部孔隙并优化微观结构,从而实现强度的后续增长。

3 结论

通过原位轴压法试验及工程实例分析,系统验证了原位轴压法在解决低强度混凝土砖砌体力学性能评估中的有效性与适用性,得出以下结论:

(1) 当混凝土实心砖、多孔砖抗压强度低于 MU15 时,依据现行 GB 50003—2011《砌体结构设计规范》无法直接查得砌体抗压强度设计值。通过原位轴压法现场实测,成功获得了地下一层至地上四层砌体抗压强度设计值 1.8~2.4 MPa,突破了规范中块材强度等级的限制。试验数据表明,该方法对低强度砌体的强度推定具有显著优势,为同类工程的检测鉴定提供了可靠的技术路径。

(2) 针对 YJK 砌体结构设计模块无法直接输入实测砌体抗压强度的问题,此研究创新性地提出“实测强度-规范反查-参数匹配”的转化流程:先通过原位轴压法获得砌体抗压强度设计值,再反查规范确定对应的砖与砂浆强度等级,最终完成抗压承载力计算。工程验证显示,该方法使得各层砌体抗压承载力计算得以顺利进行,解决了设计软件与现场检测数据之间的衔接难题。

(3) 在进行砌体抗震验算时,根据实测砂浆强度推定值对计算参数进行动态修正。对比显示,各层砂浆强度推定值均处于查表所得强度区间内,验证了参数取值的合理性。这一修正机制显著提高了

研究与应用

抗震承载力计算的准确性,为砌体结构抗震性能评估提供了可靠的技术支撑。

参 考 文 献

- [1] 郭磊,刘继斌.多孔砖砌体强度试验对比分析[J].河南建材,2009,4(55):85-87.
- [2] 喻云龙,陈慧,刘伟.老旧砖混结构房屋检测鉴定中若干问题的讨论[J].江苏建筑,2022,(3):93-96,136.
- [3] 喻云龙,李世宏,喻洪,等.既有老旧房屋砂浆及砌体强度现场试验研究[J].建筑结构,2019,49(5):23-26,43.
- [4] 成金阁,宋明志.既有砌体结构耐久性鉴定研究和必要性[J].内江科技,2024,45(7):107-108.
- [5] 刘兴远,谢华,封承九.砌体工程现场检测数据分析探讨[J].重庆建筑,2012,11(5):26-29.
- [6] 林文修.砌体工程现场强度检测技术及应用[J].建筑科学,2002,(2):43-45.
- [7] 姜宏安,陈磊,孙德永.原位轴压法在砌体强度检测中的应用[J].煤炭工程,2004,(5):43-44.
- [8] 张威.测定房屋砌体强度的原位轴压法[J].工程技术,2012,9:249.
- [9] 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].四川建筑科学研究院,2006,(1):91-93.
- [10] 丁智潮,王立.烧结黏土多孔砖砌体原位轴压法试验研究[J].建筑结构,2011,41(增刊2):477-479.
- [11] 周雪枫,杨珑.贯入回弹法与原味轴压法检测既有老旧砌体强度对比分析[J].江西建材,2022,(1):45-47.
- [12] GB 50003—2011,砌体结构设计规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2011.
- [13] 吴乐乐,唐曹明,罗开海,等.既有低强度砂浆砖砌体结构的抗震性能指标研究[J].建筑结构,2025,55(16):133-139.
- [14] 朱奇云.上海多层砌体住宅结构特征及抗震措施分析[J].建筑结构,2025,55(1):59-65.
- [15] 陈淑圆.既有多层砖混结构抗震鉴定及加固处理分析[J].安徽建筑,2023,30(6):153-154,173.
- [16] 李运富,张宏伟,马博,等.砌体结构轴心受压和原位轴压试验声发射信号参数特征分析[J].工业建筑,2023,53(2):8-11.
- [13] 张青天,张凯建.海水海砂再生混凝土受压动力本构模型[J].建筑材料学报,2024,27(7):580-588,610.
- [14] ZHANG Y, ZHUANG S, QU M, et al. Experimental Study on compressive behavior of compressive stress - loaded concrete at different strain rates under simulated acid rain environment [J]. Journal of Building Engineering, 2024: 110584.
- [15] KE X, CHEN Z, YE C, et al. Dynamic uniaxial compression properties of self - compacting rubber concrete subjected to different strain rates [J]. Magazine of Concrete Research, 2024: 1-16.
- [16] BAI W, SHEN J, GUAN J, et al. Study on compressive mechanical properties of recycled aggregate concrete with silica fume at different strain rates [J]. Materials Today Communications, 2022, 31: 103444.
- [17] 王攀峰,曹玉贵,邓晓光,等.不同应变速率下橡胶混凝土损伤本构模型[J].硅酸盐通报,2022,41(6):1912-1919.

(上接第53页)