

某三层砌体房屋抗震加固后的力学行为模拟

杨剑波¹ 范晓东²

1. 云南省房地产开发经营(集团)有限公司 云南 昆明 650000

2. 云南京鹏房地产开发有限公司 云南 昆明 650206

【摘要】：以重庆三线建设遗址某三层砌体建筑结构为对象，利用 ANSYS 建立三维数值计算模型，分析该砌体结构在加固后的抗震力学行为进行了模拟分析。计算结果显示，采用加固改造后砌体结构的应力、变形值均较小，满足抗震相关要求。但第八跨是位移、轴力、弯矩突变的位置，今后加固要着重考虑。

【关键词】：砌体结构；抗震加固；力学行为；数值计算

1 引言

上世纪我国修建了大量的砌体结构房屋，由于砌体材料本身抗震性能相对较差，国家规范组对各地区抗震设防烈度的进行了一定的调整，导致全国各地有一大批砌体结构建筑满足曾经的标准要求但现在难以达到新规范中的抗震设防标准。特别是一些具有历史价值，但急需维修加固和改造的砌体结构建筑，其抗震力学特性则需要更多的关注和研究。

本文以某一约修建于 20 世纪 70 年代的军用建筑为研究对象，采用 ANSYS 建立三维数值计算模型，结合结构动力学相关理论对其开展了抗震力学行为模拟分析，研究方法和结论可为类似砌体结构的加固提供一定参考。

2 三维数值模型及计算参数

该建筑结构形式为三层砌体结构房屋，层高 3m，总建筑面积 1056.53m²。原砖墙厚 240mm，楼板和屋面均为混凝土预制板，板厚为 120mm。本章结合外墙、屋面以及内墙阳角处墙肢的传统抗震加固技术及相关规范，对此建筑采用水泥砂浆面层加固法进行双面加固，所采用的水泥砂浆强度等级为 M15，采用钢筋网对楼地板进行加固，并在其底部增设型钢梁作为支撑，并在此基础上进行数值计算。

此次计算使用 ANSYS 对此建筑进行数值计算，建筑中的梁、板、柱和墙分别采用梁单元(BEAM)、壳单元(SHELL)和实体单元(SOLID)进行模拟，在这些用于计算的单元中，BEAM 单元为数值模拟中常用的梁单元，其可以承受拉压应力、扭矩和剪力的作用，并表现出压弯扭的特性。SHELL 单元具有弯曲和薄膜的单元，不仅可以承受与平面方向还可以承受其法线方向上的荷载，具有应力强化及大变形的能力，此单元拥有比其他单元更多的自由度，除了可以沿 X, Y, Z 三个坐标轴方向进行位移，还可以绕 X, Y, Z 三个坐标轴进行旋转，即单元总共拥有六个自由度。SOLID 单元为 3D 实体单元，该单元表现出正交方向上各向异性，即在正交方向上物理力学

性质不同。最终建立的三维模型如图 1 所示，共有 52404 个单元。

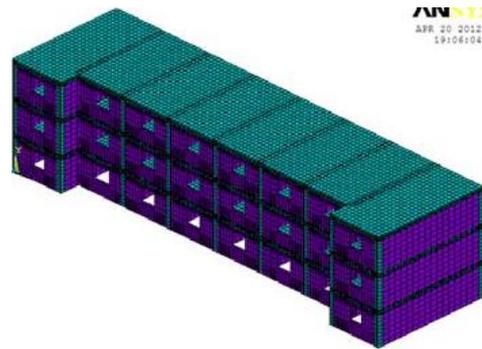


图 1 三维数值计算模型

计算时各单元弹性模量均按加固规范计算后的数值取值。ANSYS 中的求解方法总共有 7 种，包括 subspace(子空间法)、Block lanczos(分块的兰索斯法)、Power Dynamics(能量法)、Reduced(缩减法)、Damped(阻尼法)Unsymmetric(非对称法)及 QR 阻尼法。本文建立的砌体结构模型划分的单元网格都较小，因而节点很多，其次，为了进一步减小误差，本文模型设置了较大的自由度数，并采用了多阶次振型。由于分块 Lanczos 法的计算结果更为精确，本文在模态分析时采用该方法进行了多次计算，模型的质量矩阵采用分布(一致)质量阵，利用频域选项计算了各阶振型的形态。

对模型进行非线性地震反应分析很有必要，在该分析中很重要是采用哪种记录方式去采集在地震作用时可能发生的地面运动情况。由于砌体结构在地震作用下产生的变形具有很大的随机性和不确定性，因此仅使用单个 IDA 分析用来评估结构在地震产生的横向力作用下的抗震能力是行不通的。为了最大限度的减少误差，通过选取符合实际情况的频谱、强度以及持时特性各不相同多条地震记录分阶段依次进行 IDA 分析则是个不错的方法，能够较好的得出统计学上的结

构在该烈度地震作用下的抗震性能。

通过以上分析,本文工程场地土特征周期 T_g 和加固前后结构基本自振周期 T_1 ,共选出了若干条不同振型的地震波对砌体结构模型进行地震作用下的动力反应分析。

3 计算结果分析

通过数值模拟可得到在不同振型作用下,本文砌体结构的变形情况,并对其动力特征特点进行分析(图2为第四阶振型下的结构各方向变形云图):

(1) 本文模拟的建筑使用了大量预制构件,结合该种模型的结构特点可知。在第一阶振型下,在第二跨一层楼面处往 Y 方向出现了较大的平动位移;在第二、第三阶振型下,在第二跨圈梁处往 Z 方向出现了较大的平动位移。在前四阶振型下,结构整体往 Z 方向发生平动位移;(2) 在高振型作用下,模型结构容易产生局部变形,例如在第五阶振型的作用下,在第二跨屋面处往 Y 方向发生较大的平动位移;(3) 在第六阶振型的作用下,结构产生了一些的局部变形,在第八跨上发生了扭转变形。在第六阶后的各振型作用下,结构产生的变形大体和第六阶振型一样。

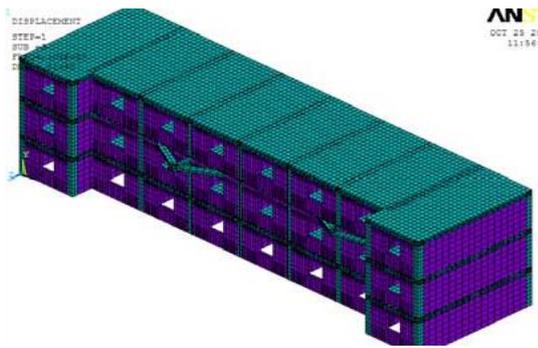


图2 第四阶振型下结构整体变形图

图2为模型在 X 方向的弯矩云图,表1为模型各层的 X 方向最大位移、速度以及加速度。计算结果显示:(1) 模型的变形以剪切变形为主;在地震荷载作用下,模型在弹性范围内,经过加固后的模型层间位移较小,层间刚度基本保持

参考文献:

- [1] 原国华. 斜拉筋加固砌体结构抗震性能试验研究[D]. 兰州理工大学, 2008.
- [2] 黄亮, 张梦芳, 李青宁. 砖砌体非线性有限元分析模型研究 [J]. 武汉化工学院学报, 2005, 27(2): 2-6.
- [3] 王济川, 卜良桃. 建筑物的检测与抗震鉴定[M]. 长沙: 湖南大学出版社, 2002.
- [4] 吕伟荣, 施楚贤. 剪压复合作用下普通砖砌体的 ANSYS 分析 [C]. 上海: 同济大学出版社.2005 年全国砌体结构基本理论与工程应用学术会议论文.

定值不变,且在整个计算过程中均没有出现刚度突变的情况;(2)模型在 X 方向的最大位移为 4.10 mm: 计算结果显示钢筋网加固的效果非常好,相比加固之前各个方向的位移均有明显的减小(3)模型的底部所受的剪力相比加固之前减小了 3.03%~5.63%。

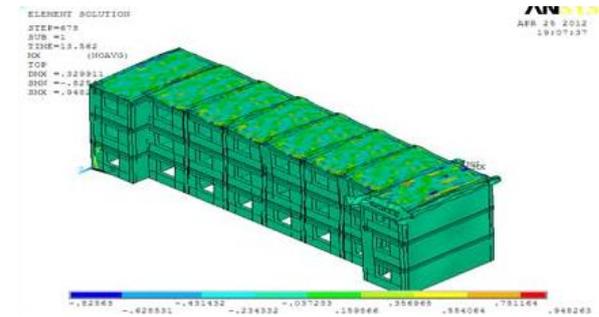


图2 X 方向弯矩云图

表1 X 方向位移、速度和加速度最大值

模型层数	位移 / mm	速度 m/s	加速度 m/s ²
一层	4.096	0.0421	0.144
二层	4.100	0.0421	0.144
三层	4.101	0.0421	0.144

4 结论

(1) 结构的地震反应为低阶振型反应,模型的变形以剪切变形为主,仅极少数区域产生了扭转变形。通过谱分析进一步得知,加固改造后砌体结构的稳定性得到了较大的提升。

(2) 第五阶振型下,第二跨屋面楼板在水平面的 Y 方向位移较大,在第六阶振型下,第八跨产生的扭转变形较大,说明预制楼板的砌体结构即使经过加固,楼板也是结构薄弱部位。抵抗扭转变形的加固措施也是今后需要研究的重点。

(3) 谱分析及位移云图反应出模型在各方向位移、轴力、弯矩均在第八跨发生了突变,表明此位置的加固应引起重视并着重考虑。