第 8 卷◆第 3 期◆版本 1.0◆2024 年
文章类型：论文|刊号（ISSN）：2425-0082 /（中图刊号）：860GL006

预应力钢绞线加固砖混结构抗震性能分析

黄长翔[1]　沈国华[2]　林荣斌[3]　林坤煌[4]
1 隆恩建设工程有限公司　2 厦门正欣茂建设工程有限公司
3 福建省八隆建设工程有限公司　4 鑫鼎建设有限公司
DOI:10.12238/bd.v8i3.4195

[摘　要] 针对现有砖混结构抗震性能差,地震危害较为严重的问题,本文提出采用体外预应力钢绞线加固带圈梁构造柱砖混结构的技术方案。采用SAP2000有限元软件建立三维有限元模型,对比分析了加固前和加固后砖混结构的抗震性能。分析结果表明,采用预应力钢绞线加固砖混结构能有效降低结构的侧向位移和加速度峰值。且在进行加固设计时,要注意纵向墙体的加固。砖混结构是我国乡镇民用建筑的主要结构形式之一,目前存量仍然较多。但由于砖混抗剪强度和抗弯承载能力均较弱,导致其整体结构抗震性能较差。我国汶川地震和玉树地震灾害也表明,位于高烈度区的砖混结构房屋倒塌数量较多。因此,对现有砖混结构进行抗震性能加固是保障人民生命和财产安全的重要举措
[关键词] 砖混结构；预应力钢绞线；加固；抗震性能
中图分类号：TU362　文献标识码：A

Analysis of seismic performance of brick-concrete structures reinforced with prestressed steel strands

Changxiang Huang[1]　Guohua Shen[2]　Rongbin Lin[3]　Kunhuang Lin[4]
1 long en construction & Engineering Co. , Ltd　2 Xiamen Zhengxinmao Construction & Engineering Co. , Ltd
3 Fujian Balong Construction Engineering Co. , Ltd　4 Xinding Construction Co. , Ltd

[Abstract] In view of the poor seismic performance of existing brick-concrete structures and serious earthquake hazards, this paper proposes a technical solution for using external prestressed steel strands to reinforce ring beams to construct column-based brick-concrete structures. A three-dimensional finite element model was established using SAP2000 finite element software, and the seismic performance of the brick-concrete structure before and after reinforcement was comparatively analyzed. The analysis of the structure shows that the use of prestressed steel strands to strengthen the brick-concrete structure can effectively reduce the lateral displacement and acceleration peak of the structure. And when carrying out reinforcement design, attention should be paid to the reinforcement of longitudinal walls.
[Key words] Brick-concrete structure; prestressed steel strands; reinforcement; seismic performance

引言

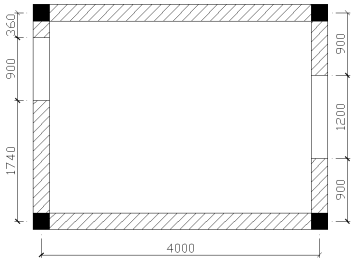
砖混结构抗震性能加固主要集中于墙面抗剪强度的提升。如宋晚春[1], 姜华[2]等通过利用钢筋网水泥砂浆面层加固墙体,并增加钢筋混凝土构造柱的方式对某教学楼进行抗震加固。更多的学者采用高延性钢筋混凝土墙面对砖混结构进行加固[3-5]。秦旭飞在对老旧砖混结构采用高延性混凝土面层加固墙体的基础上, 还增加设计了高延性混凝土-砌体组合圈梁和高延性混凝土-砌体组合构造柱, 从整体上提升了房屋的抗震性能。王海潮则采用“窗”式和“门”式支撑对三层砖混结构进行加固改造, 研究表明, 在低烈度下该方案能有效减小房屋的震损, 但随着震动强度的提高, 加固效果减弱。常骆新等通过将原本的结构体系改造为接近于框架-抗震墙体系, 大大提升了结构的抗震性能。缪海林对比分析了现浇圈梁构造柱和外贴预制圈梁构造柱的加固技术, 结果表明采用外贴预制圈梁构造柱加固的结构抗震性能更好。丁斯阳首先采用混凝土单面板对砌体墙面进行加固, 然后在圈梁和地梁上安装钢筋, 最后设计浇筑钢筋混凝土组合柱对老旧小区砖混结构完成抗震加固。

综合以上研究来看, 大多采用现场浇筑混凝土加固砌体墙面, 然后通过增设混凝土柱, 以此形成类框架结构, 提高砖混结构抗震性能。以上加固方式施工工艺麻烦, 很多时候还会占用室内空间, 施工周期也较长。因此, 本文提出采用体外预应力钢绞线加固砌体结构的方法, 研究该方法对砖混结构抗震性能的影响。

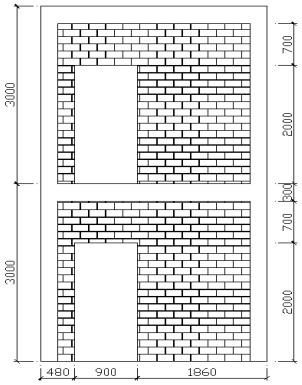
Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.

1 砖混结构概况

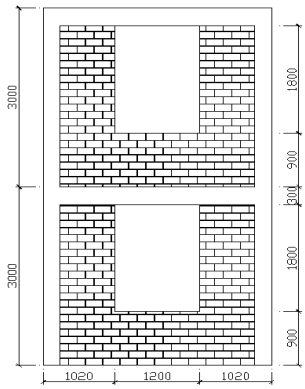
以一个简单的单间砖混结构为研究背景,平面和立面尺寸如图1所示。根据规范要求在墙角分别设置构造柱,楼层位置设置圈梁。墙厚采用240mm,砖块采用240mm×115mm×53mm的MU10实心粘土砖,砂浆采用M5砌筑砂浆。构造柱与墙厚等宽,圈梁截面尺寸为240mm×300mm。柱和圈梁的纵筋均设置为4根直径为12mm的HRB400,箍筋采用HPB300,按Φ6@100布置。构造柱、圈梁和楼面板的混凝土强度等级均为C20。



(a)平面图



(c)右立面图



(b)左立面图

图1 结构平面和立面图

2 建立数值分析模型

2.1建模方法

砖混结构墙主要粘土砖、砂浆按照一定的规则制成的复合材料。所以,在目前砌体结构的有限元分析中有整体式建模和分离式建模两种主要建模方法。这两种建模方式都可以对砖混结构进行线性或者是非线性研究,但却有着自身不同的优点和缺点。因此,在使用时应按用途分类使用。

(1)分离式建模。分离式建模考虑了不同材料的材料属性,即对砌体结构模型中的砖和砂浆分别赋予各自的材料属性并独立建模,然后再将二者相结合。这种建模方法根据相对真实的砖混结构逐块形成最终的墙体。该建模方法考虑了砂浆的材料特性、粘土砖的材料特性以及砂浆和粘土砖在实际过程中的相互力学作用。这里更复杂的是砂浆和石粘土砖之间的相互作用。学术界有两种方法来解决这个问题。一个是模拟接触,它考虑了所有的实际影响,如附着力,阻尼和摩擦。另一种则认为粘土砖和砂浆是完全固结的。分离式建模对墙体的变形、裂缝发展和破坏模式有着更加全面和真实的反映。然而由于其建模复杂,模型自由度多,整体计算量大,计算机内存占用率高,计算速度慢,这种建模方式通常只在一些注重微观效果的研究中使用。(2)整体式建模。整体建模基于均匀化理论,将按照一定规律砌筑的墙体认为是各向同性或各向异性的均质墙。根据基本单元的力学特性,推导出整个墙体数值模拟所需的材料参数。整性式建模的仿真方法具有更简单、模型计算时间更短的优点。这种建模方式根据已有的石砌体结构构件在单向拉伸、单向压缩以及双向应力下的试验研究,得到的石砌体材料的应力-应变关系、破坏特征及各种力学表现,为整体模型提供所需的力学性能参数。整体建模的计算结果更容易收敛,也更容易在宏观结构层面表达墙体的性能。

两种建模方式各有优缺点,采用哪种模型一般应视选用者的分析目的而定。结合本文结构尺寸和研究课题的目的,主要考虑结构的宏观反应,所以选用整体式模型进行建模并分析计算。

2.2数值分析模型

运用SAP2000有限元软件,按照设计的砖混结构房屋进行建模,将结构划分成若干个矩形单元。在建模时采取以下设定:(1)墙体采用壳单元模拟墙体,厚度取240mm。因为当厚度大于其跨度的1/10或1/5时,剪切变形趋于重要,尤其在弯曲应力集中的附近十分显著,此种单元包括了横向剪切变形,能够在厚度突变处或支座处及靠近洞口处准确模拟。而且,对较大的特征系数和网格扭曲,厚板公式的准确度比薄板公式要高。除非用户使用一个扭曲的网格且知道其剪切变形将会较小或者用户试图匹配一个理论薄板解,一般建议用户使用厚板公式。(2)圈梁采用SAP2000中的杆单元模拟。(3)在截面定义时,先定义梁截面和混凝土上下保护层厚度,再设定钢筋位置和截面尺寸。布置模型纵横墙交接处的竖向直立钢筋时,由于各墙角只有一根钢筋,在建模时假定模型在纵横墙交接处均设置有角柱。(4)混凝土材料均定义为C20混凝土。(5)模型底端假定为固定端。(6)认为砖混是均质、连续、各向同性的材料,不考虑砂浆和砌块间滑移。

3 抗震性能分析

为分析体外预应力钢绞线对砖混结构抗震性能的影响,选择EL-Centro波和KOBE波作为输入,并分别调整地震波峰值为55cm/s^2、110cm/s^{2}和140cm/s^{2}来模拟7度、8度和9度抗震设防时

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.

的地震响应。表2分析了加固前和加固后砖混结构X向和Y向楼层的最大侧移和加速度。

表1 X向楼层的最大侧移和加速度计算值

地震波		工况	一层最大位移(mm)	二层最大位移(mm)	一层最大加速度(m/s^2)	二层最大加速度(m/s^2)
EL-Centro波	7度	加固前	0.664	0.761	0.823	1.431
		加固后	0.372	0.536	0.756	1.120
	8度	加固前	1.354	1.457	1.957	2.834
		加固后	0.834	1.241	1.464	2.378
	9度	加固前	6.543	8.024	2.786	3.886
		加固后	4.835	6.854	2.235	3.473
KOBE波	7度	加固前	0.553	1.105	0.831	1.573
		加固后	0.345	0.834	0.687	1.345
	8度	加固前	1.237	1.783	2.345	2.778
		加固后	0.734	1.563	1.634	2.037
	9度	加固前	5.813	7.378	2.867	3.953
		加固后	5.074	6.457	2.398	3.423

表2 Y向楼层的最大侧移和加速度计算值

地震波		工况	一层最大位移(mm)	二层最大位移(mm)	一层最大加速度(m/s^2)	二层最大加速度(m/s^2)
EL-Centro波	7度	加固前	0.678	0.979	0.654	0.637
		加固后	0.487	0.733	0.425	0.675
	8度	加固前	3.135	4.553	1.105	1.653
		加固后	1.768	1.913	0.832	1.345
	9度	加固前	12.398	10.745	1.581	2.234
		加固后	9.283	11.435	1.453	2.043
KOBE波	7度	加固前	0.678	0.995	0.675	0.843
		加固后	0.506	0.745	0.445	0.643
	8度	加固前	3.088	5.096	1.285	1.539
		加固后	2.453	4.453	0.82	0.942
	9度	加固前	9.337	9.855	4.954	5.410
		加固后	7.450	8.453	4.738	4.364

从表2计算结果来看，楼层的侧向移动是随着地震作用在一定范围内做往复运动，且随着地震加速度的增加侧移的最大值也相应增大，但增加的幅值与地震加速度不成线性关系。结构在幅值小于55cm/s^2地震波作用下位移较小，随地震波加速度幅值增大到110cm/s^2、140cm/s^2，位移响应有明显增大。

比较X、Y向位移最大值可知，Y向位移大于X向；且随着地震加速度的增加，Y向侧移峰值及较大值与X向之差越来越大，说明Y向地震作用对结构破坏起到决定性作用。抗震加固设计过程中，首先要注意Y向抗震布置。

总体来看，采用预应力钢绞线加固砖混结构能有效降低结构的侧向位移和加速度峰值。

4 结论

采用整体式模型对砖混结构进行数值模拟分析，可宏观反映出砖混结构的地震响应，可用于对比分析加固方案对结构抗震性能的影响。通过数值模拟分析可知，采用预应力钢绞线加固砖混结构能有效降低结构的侧向位移和加速度峰值。且Y向位移大于X向；且随着地震加速度的增加，Y向侧移峰值及较大值与X向之差越来越大，说明Y向地震作用对结构破坏起到决定性作用。抗震加固设计过程中，首先要注意Y向抗震布置。

[基金项目]

福建省住房和城乡建设行业科技研究开发计划项目(项目编号：2022-K-173)。

[参考文献]

[1]宋晚春.既有砖混结构的抗震鉴定及其抗震加固技术研究[J].科学技术创新,2023,(10):196-199.

[2]姜华.砖混结构老旧建筑抗震鉴定与加固[J].建筑安全,2024,39(02):55-58.

[3]杜鹏,董卫青,李照德,等.某中学教学楼砖混结构抗震加固设计研究[J].建筑结构,2023,53(S2):1544-1548.

[4]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(06):153-154+173.

[5]田绍博,康洪震,乔瀚林.高延性混凝土加固技术在砖混砌体结构的应用研究[J].砖瓦,2022,(12):73-75.

作者简介：

黄长翔(1989--),男,汉族,福建泉州人,本科,工程师,从事建筑施工方面的工作。

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.