

# 浅谈木结构古建筑的抗震机理

王丽<sup>1</sup>,董兴野<sup>2</sup>,张道明<sup>1</sup>,张宇<sup>1</sup>,刘洋<sup>1</sup>

(1.齐齐哈尔大学 建筑与土木工程学院,黑龙江 齐齐哈尔 161006;2.齐齐哈尔市城市规划设计研究院,黑龙江 齐齐哈尔 161006)

**摘要:** 本文对我国传统古建筑中的抬梁式木结构体系建筑的结构特点及其抗震机理进行探讨,以期同类古建筑的抗震研究提供一定的参考。

**关键词:** 木结构;抬梁式;抗震机理

**[DOI]**10.12231/j.issn.1000-8772.2020.35.317

## 1 引言

中国古建筑是中华文化的重要组成部分,是我国乃至世界人民的宝贵财富,它集历史性、艺术性、科学性于一身代表了古代先贤的科技水平,具有重大的文物价值和观赏价值。近些年来,不少专家对古建筑进行了较详实的考察和实际测绘,整理出了一大批珍贵资料并对一些濒危结构进行了修复,这些都为古建筑的进一步研究积累了一定经验。但是长期以来,大家普遍关注的是其建筑艺术,但很少有人探究其结构性能。我国是一个地震多发国家,很多古建筑位于高烈度区,对它进行抗震机理的分析,不仅对文物保护具有重要意义,而且为震后的加固和维修提供可资借鉴的资料,较好地体现“修旧如旧”的原则。中国历史建筑是中华文化的重要组成部分,具有较高的历史性、艺术性和科学价值,而其中较有代表性的是大木作结构。本文以抬梁式木结构古建筑为对象,主要对其结构特点及抗震机理进行了探讨。

## 2 结构特点

抬梁式木结构体系的构造特征以柱和梁作为基本构件,在柱上架梁之后再在其上架起重叠数层的梁架,以支桁架,桁架从梁架顶上的脊瓜柱上,逐级下落,至前后枋上,瓦坡曲线由此而定,桁上钉椽,排比并列,以承望板,望板之上铺瓦作<sup>[1]</sup>。从受力角度分析,其主要结构特点为:(1)柱平摆浮搁于古镜石上。(2)柱架层梁柱为主要承重构件,外砖墙对边柱起到一定的包裹约束作用。(3)梁柱及其他构件之间均采用榫卯连接。(4)抱厦柱顶与屋架之间采用柱头科斗拱,兼有挑檐和承重的双重作用<sup>[2]</sup>。(5)屋盖由屋面维护层和梁架组成,具有大重量、大刚度的特点。

## 3 抗震机理分析

### 3.1 柱脚滑移机理

在现行抗震设计反应谱理论的基础上依据《古建筑木结构维护与加固技术规范》(GB50165-92)<sup>[3]</sup>计算公式可知,地震作用 $F_{EK}$ :

$$F_{EK}=0.72\alpha_1G_{eq} \quad (1)$$

其中: $\alpha_1=\eta\alpha_{max}$  为水平地震影响系数, $G_{eq}=1.15G$  为等效重力荷载。

柱底最大抗滑移摩阻力为 $\mu_1G$  ( $\mu_1$  为静摩擦系数),设 $\beta_1=0.72\eta\alpha_{max}\times 1.15=0.83\eta\alpha_{max}$ ,只要满足 $F_{EK}<\mu_1G$ ,即 $\beta_1<\mu_1$  结构就无柱底滑移。以齐齐哈尔市本地区6度设防为例,根据《建筑结构抗震设计规范》(GB50011-2010)<sup>[4]</sup>查得 $\alpha_{max}=0.04$ ,经计算得 $\eta=1.0$ ,则 $\beta_1=0.03$  远小于木与光滑石面间的摩擦系数 $\mu_1=0.2\sim 0.3$ <sup>[5]</sup>,所以在水平地震作用下各柱柱脚不会产生滑移,只会转动,且各柱受到的水平剪力直接由柱底摩擦力抵消,从而起到耗能隔震的作用,减弱地震激励对上部结构的破坏程度。因此在无其他约束的情况下,计算时可将柱底与础石的连接简化为特殊“铰支座”,该特殊性表现在此连接不仅满足铰支座的特性,还具备摩擦隔震作用。

### 3.2 榫卯连接的减振机理

榫卯由榫头和卯孔扣合而成,靠二者间的摩擦力维持连接,但由于制作工艺误差而不能完全咬紧,再加上木材本身的材料特性,使得榫卯之间有很大的活动性。受荷之初,榫卯结点弯矩很小,相当于铰结点。

当继续加载时,榫卯由于受到剪力和弯矩的作用,结点刚度增大,并能承担一定的弯矩,已不同于铰结点。随着荷载增大直到屈服荷载,榫卯的连接刚度达到最大,呈现刚性连接特点,见图1[6]所示。其后继续

加载榫头脱卯而出导致结构破坏。榫卯在拔出过程中使构件产生的变形和相对位移既改变了结构的整体性和调整了内力分配,从而提高抗震能力。半刚性榫卯连接刚度随着荷载的变化而变化并与连接变形密切相关。另外,榫头与卯口之间的摩擦滑移可以吸收地震作用下一定的能量,使结构具备减震耗能的能力。

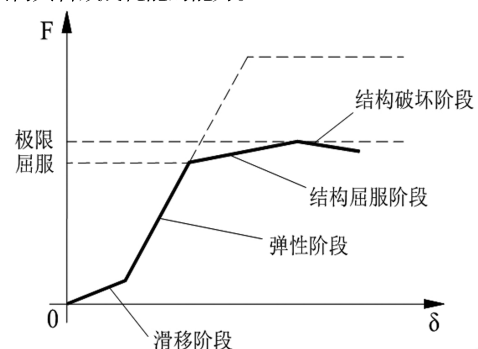


图1 结构 F- $\delta$  曲线

## 3.3 斗拱的抗震特性

斗拱是由斗、拱、昂和枋等构件利用榫卯连接以纵横交叉、相互咬合、层层铺叠的方式组合而成,以其特有的重叠伸张形式垫在梁柱节点处。拱、昂都是顺纹受弯,横纹受压的构件,斗底相当于受压板作为上部荷载的支撑点。斗拱整体可看做以横木交叠形成的申臂受弯压的梁垫,竖向可压缩变形,竖直面内可转动,水平层间可滑移。在水平地震力作用下,木材的变形以及良好的韧性使斗拱成为延性很好的节点,在摆动过程中具有较好的弹塑性变形能力及摩擦耗能的减震作用。同时斗拱的层间滑移也可以消耗地震能量,从而减少上部厚重屋盖的地震反应,起到隔震的作用。

## 4 结束语

本文在探讨抬梁式木结构古建筑的结构特点的基础上,对抗震机理进行分析并得出结论:抬梁式木结构的抗震机理体现在柱浮搁于础石上隔震、半刚性榫卯连接以及斗拱的耗能减震三方面。

## 参考文献

- [1]张鹏程,赵鸿铁.中国古代建筑抗震[M].北京:地震出版社,2007.
- [2]权吉柱.木结构古建筑殿堂型结构的耗能减震机理分析[D].西安:西安建筑科技大学,2007.
- [3]中华人民共和国国家标准《古建筑木结构维护与加固技术规范》(GB50165-92)[S].北京:中国建筑工业出版社,1992.
- [4]中华人民共和国国家标准《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010)[S].北京:中国建筑工业出版社,2010.
- [5]薛建阳,张鹏程,赵鸿铁.古建木结构抗震机理的探讨[J].西安建筑科技大学学报,2000,32(1):8-11.
- [6]俞茂宏,刘晓东,方东平.西安北门箭楼静力与动力特性的试验研究[J].西安交通大学学报,1991,25(3):55-62.

**作者简介:**王丽(1990-),女,黑龙江双鸭山人,讲师,硕士,主要从事木结构古建筑的研究。