

# 建筑抗震设计现状及发展

周宇程 孙恩阳

(福建农林大学 交通与土木工程学院, 福建 福州 350002)

**摘要:** 地震是全国各地都会发生的地质灾害, 其具有突发性, 且对建筑危害极大, 本文针对建筑结构可能发生的抗震问题阐述了抗震设计的必要性, 并对抗震设计的现状进行总结, 分析目前建筑抗震设计的不足, 并基于当前时代的科学技术, 提出了未来的发展方向, 意在提高我国建筑的抗震设计起到一定的指导作用。

**关键词:** 建筑抗震 设计现状 发展

中图分类号: TU352.11

文献标识码: A

文章编号: 1003-9082 (2022) 06-0251-03

## 引言

随着我国改革开放以来, 城市化的进程加快, 人民生活水平的上升, 人们对建筑质量和安全的要求和重视程度也越来越高。

地震作为自然灾害的一种, 不断在世界各地造成危害, 当地震震级达到7级及以上时, 会对人民群众的生命安全及经济造成巨大损失。在2008年5月12日的汶川8.0级地震, 截至2008年9月18日12时, 共造成69227人死亡, 374643人受伤, 17923人失踪。这次地震之所以造成如此重大的损失, 一方面是由于许多受损房屋建造时间较早, 没有经过正规的抗震设计, 并且施工质量较差; 另一方面是因为根据中国建筑抗震设计规范GB50011-2001中的分类, 四川省汶川、都江堰所在地区抗震设防烈度为7度, 基本地震加速度为0.10g, 远远低于汶川地震实际烈度。所以抗震设计对建筑来说, 一直是不可或缺的一环, 发展好建筑的抗震技术, 不仅可以降低地震对建筑、人类财产安全的危害, 而且对维护社会和谐稳定发展有着重要意义, 因此有必要进行抗震设计。

目前基于规范, 研究人员提出的抗震设计的方法繁多, 各有侧重, 以至实际设计时难以选择。并且随着时代变迁, 抗震设计的思路也发生了变化, 随着科技、理论发展, 当前又出现了很多新的发展方向需要进一步去探索。因此, 本文对抗震设计的现状进行总结, 分析目前建筑抗震设计的不足, 并基于当前时代的科学技术, 提出了未来的发展方向。

## 一、抗震设计现状

### 1. 抗震设计原则

#### 1.1 结构形式简单

在进行建筑结构设计时, 尽可能将整体结构简单化,

提高抗震性能, 简单的结构可以减少复杂的力学计算, 得到比较精确的数据, 可以更加精准地分析建筑结构受地震作用的影响, 且简单的结构平衡性能好, 便于工作人员设计、施工及震后维修, 同时可以减小地震带来的危害和损失。如果设计复杂, 容易忽视细节问题, 且力学计算极为繁琐, 增加设计难度和成本, 造成材料浪费, 不利于提高结构的抗震性能。比如, 为了有效避免建筑结构的变形现象, 相关工作人员在对民用建筑结构进行设计时, 要在建筑平面的主轴方向上确定最适合的强度和刚度, 从而使建筑的稳定性得到有效保障<sup>[1]</sup>。

#### 1.2 注重整体性

整体性原则是抗震设计原则中最重要的原则之一。因此, 在进行建筑设计时, 需要根据建筑场地及自身设计特点等因素从整体出发, 处理好各个结构的协调统一, 确保建筑各个结构连接良好、受力均匀, 从而保障抗震效果。不要局限于小部分区域, 忽视整体抗震性, 因局部损坏而导致整体破坏, 造成“因小失大”的局面。例如, 有的设计工作人员为了让建筑的底层有很大的空间, 忽视了建筑抗震墙设计, 就会致使设计方案中, 抗震墙空间不齐、大小不均匀, 砌体部分和下部的墙体不能完美对接<sup>[2]</sup>。

#### 1.3 结构的合理布置

合理布置结构是设计人员在房屋建筑物结构抗震设计过程中必须考虑的因素之一, 抗震技术的实施, 是建立在建筑设计合理的基础上的<sup>[3]</sup>。一般来说, 高层建筑物主要会受到来源于水平方向的荷载或力的作用。对于框架结构, 结构设计师要保证结构的节点不容易被破坏, 梁、柱结构分配应该合理, 保证梁、柱端的塑性铰出现的时间尽可能分散。工程师应结合具体的需要选择合适的结构形式, 按照“强柱弱梁”“强剪弱弯”“强节点弱构件”的原则进行设计,

以合理的布置来保证结构的刚度，这对建筑结构的抗震性能有着极大的保障。

#### 1.4 合理传力路径

建筑结构自身传力路径清晰是保证结构受力合理的根本。合理的传力路径需要依托力学原则，控制水平和竖直向的传力直接，避免在地震作用下某些构件出现来自各方向的力，最大程度降低地震对建筑的影响。

#### 2. 结构抗震试验方法

基于上述四大原则可以设计绝大部分的建筑结构，但是有时需要设计超高层，及特殊结构布置的结构，例如，上海中心等，这时设计就需要结合试验来进行抗震设计。

目前常用的抗震试验分析方法有拟静力试验法、拟动力试验法以及地震模拟振动台试验方法等<sup>[4]</sup>。这三种方法基本可以满足抗震分析，但在实际的情况中需要结合需求选择适当方法。

拟静力试验法，通过对结构正、反两个方向进行多次往复循环加载和卸载，可以模拟地震时结构的受力和变形情况，对试验设备的要求较低，计算方法简单，参数容易确定，使用范围广泛，但是不适用于土体刚度在地震过程中明显降低及产生液化的场合，不能很好地模拟出真实的地震效应。

地震模拟振动台试验，将试验试件置于振动台上，输入地面活动，模拟地震对试件产生的作用，可以很直观地观察到在地震时试件破坏的全过程及结构破坏的细致情况，但需要大量的资金投入在设备上，试验成本高。

拟动力试验，又称“计算机—加载器联机试验”，是将计算机的计算和控制与结构试验有机地结合在一起的一种试验方法<sup>[5]</sup>。结合了拟静力试验和地震模拟振动台试验的优点，通过电子计算机转换，使用作用在结构或构件上的位移和相应加振力来反映地震地面加速度，可以反映真实的地震效果，但仍存在差异。

## 二、抗震设计存在的问题

### 1. 建筑抗震设计标准滞后

我国发展至今，遭受了几次地震带来的严重影响，例如，河北唐山大地震、四川汶川大地震、海源地震、四川雅安地震，自此后，国家对建筑抗震性能的重视程度明显提高了很多，在制订和完善建筑抗震规范的过程中，学习了大量国外的抗震标准以及建筑的现代结构理论，对抗震性能进行深层次的研究，据我国《建筑抗震设计规范》的要求，我国建筑的抗震目标是“减轻建筑物的地震破坏，避免人员伤亡，减少经济损失<sup>[6]</sup>。”在这样的大前提下，建

筑的抗震能力要基本符合三个要求，“大震不倒，中震可修，小震不坏”。但是我国建筑业起步较晚，相比于众多发达国家，在抗震标准的完善及相关技术的应用方面仍有着不小的差距。当前的抗震设计目标已经不能满足人们的需求，人们对于小震的舒适度有更高的要求，对于中震可修，也提出更高的要修，希望能够快速修复，避免造成很多间接损失。例如，九寨沟地震灾后重建花费了大约两年的时间。2017年11月8日，九寨沟灾后重建工作正式启动，2019年9月27日，九寨沟景区试开园，再度迎客。两年时间内九寨沟景区无法接待游客，间接引起巨大的经济损失。由此可见，人们对于抗震设计的需求已经从过往的保障人民生命财产安全，转向了降低地震效应提高舒适度，以及加快维修减少震后损失。

### 2. 抗震设计与建筑美学的平衡问题

在建筑设计中，人们对于美学、实用性以及结构高度方面不断提出更高要求，这不可避免会引起结构布置的复杂性，可能会出现设计的建筑结构不对称，刚心、质心双心不重合。这使得在地震中结构易发生偏移、扭转，导致建筑的稳定性、安全性达不到标准。现阶段我国建筑工程抗震设计工作主要建立在原有建筑结构设计体系之上的优化处理，这导致抗震设计存在较多的局限性<sup>[7]</sup>，传统的抗震设计方法无法满足新时代建筑的需求。因此，更加需要发展科技，使得抗震设计能够满足安全与美学的平衡。

## 三、发展和展望

### 1. 提高结构的延性

延性是抗震性能中至关重要的要素，延性过小容易造成脆性破坏导致的倒塌。延性构件在地震的作用下，会打破原有的超静定状态，产生内力重分布，所以高延性结构可以有效提高抗震能力，并且有良好的吸收地震能量的作用<sup>[9]</sup>。例如，使用高延性材料，保证结构在弹性形变下，延性不会有大幅度的变化；在由梁、柱等构件所构成的框架结构中，可以通过提高梁、柱的延性，提高结构的延性。在结构设计中，增强结构平面突变处和转角处的延性，增强薄弱楼板延性，增加首道抗震防线部分的构件延性<sup>[8]</sup>，均可以达到提升结构整体延性的目的。另外，在剪跨比大于2的情况下，扩大柱截面来减小轴压比，也是一种提高构件延性的措施。新时代的建筑需要在融入新技术的同时保持一定的延性，使得结构具有充分的安全保障。

### 2. 采用高性能新型材料

高质量的抗震材料在历次地震灾害中比传统的砖石材料表现得更为突出。材料的选择对建筑物的寿命和抗震性能

有着重大影响,不同建筑材料有着不同的成分,对建筑的稳定性也有着不同的影响,所以应选择高质量的水泥,新型复合纤维混凝土。比如,ECC的超强韧性使之成为一种很好的消能减震材料,可以在高层建筑中以预埋件的形式作为消能抗震构件使用,有效提高结构的安全<sup>[9]</sup>。未来应加大发展新型抗震材料的力度,促进抗震设计发展。

### 3.设置多道抗震防线

设置多道抗震防线,在建筑设计中可以显著提高建筑物的抗震性能。比如,一种带有可更换连接的连柱框架结构体系,与可更换连接相连的两排连柱构成侧向力下的第一道防线,框架结构作为第二道防线。在弹性阶段,结构保持弹性;在快速修复阶段,连柱系统的可更换连接发生剪切塑性破坏;在防止倒塌阶段,框架结构产生塑性变形<sup>[10]</sup>。数据统计结果表明,这种设置多道抗震防线的方法能够起到更好的抗震效果,特别是在震级较强、余震较多的情况下<sup>[11]</sup>。在第一到防线被破坏时,第二道,第三道乃至第四到防线都可以用来抵消地震的影响,直到地震停止。以数量防护质量,提高建筑物的抗震性能。

### 4.建筑结构振动控制

利用结构振动控制技术,提高建筑的抗震性能。目前常用的振动控制技术有消能减震技术和隔震技术等,可通过在建筑结构中合理布置减震器及设置隔震层,吸收地震的绝大多数能量,来实现减小结构地震响应的目的。在振动控制的设计中,可以利用共振原理,将地震作用吸收到耗能装置上<sup>[12]</sup>。再通过耗能装置消耗地震能量,起到减震的效果<sup>[13]</sup>。

## 四、结语

本文对建筑抗震设计的现状及问题总结,分析抗震设计的设计原则和抗震设计目前常用的试验方法,指出抗震存在设计标准滞后,设计与美学的平衡问题,并提出了对抗震设计的发展和展望,需要在保持一定结构延性的同时,使用高性能抗震材料,设置多道抗震防线,发展建筑结构振动控制方法,使得抗震设计问题得到有效改善,满足人们的需求。

## 参考文献

- [1]岳元元.关于民用建筑结构设计抗震设计的探讨[J].四川水泥,2020(09):323+327.
- [2]刘娜,刘涛.建筑结构抗震设计的主要问题及措施探析[J].城市住宅,2021,28(S1):66-67.
- [3]邢海滔.浅谈建筑抗震设计原则和措施[J].科学技术创新,2020(24):157-158.
- [4]王立波,赵军,高超鹏.浅析结构抗震分析试验方法[J].技术与市场,2015,22(03):68-69.
- [5]万黎黎.浅析三种常用结构抗震试验方法的优缺点[J].建筑工程技术与设计,2015(35):1862-1862.
- [6]李文静.多层钢筋混凝土框架结构基于整体性的抗震设计[D].湖南大学,2020.
- [7]闫争科.建筑工程结构设计中抗震问题分析[J].建筑技术开发,2021,48(09):19-20.
- [8]路彤.建筑结构工程抗震设计的作用及措施[J].四川水泥,2021(03):316-317.
- [9]周紫情,杨芸.ECC材料研究综述[C]//北京力学学会第二十八届学术年会论文集(上).[出版者不详],2022:299-303. DOI:10.26914/c.cnkihy.2022.002307.
- [10]吕西林,陈聪.带有可更换构件的结构体系研究进展[J].地震工程与工程振动,2014,34(01):27-36.
- [11]陆兴锋.高层建筑抗震设计问题探讨[J].住宅与房地产,2020(36):77+90.
- [12]杜姿林.土木工程结构中的抗震技术发展应用[J].绿色环保建材,2019(03):189+192.
- [13]张凯.建筑结构的隔震、减振和振动控制[J].中国建筑金属结构,2022(02):62-63.

## 作者简介:

周宇程(2001.7),男,汉族,福建福州人,本科(在读)学历,福建农林大学学生,研究方向:房屋建筑。

孙恩阳(2000.1),男,汉族,河南信阳人,本科(在读)学历,福建农林大学学生,研究方向:房屋建筑。