

高层建筑结构隔震减震技术研究

赵宏旭

(湖南交通工程职业技术学院, 湖南 衡阳 421001)

摘 要: 近年来高层建筑隔震减震技术理论和应用进展,主要包括隔震技术措施与减震技术措施,并分析了在隔震减震技术研究与应用中所存在的问题。

关键词: 高层建筑结构; 隔震; 减震; 耗能装置

中图分类号: TU97

文献标识码: A

文章编号: 1673-2219 (2009) 08-0150-02

0 引言

地震是一种多发自然灾害。据统计,世界上平均每年发生造成严重破坏的地震约 18 次,每年平均有 10000 人死于地震中。我国是世界上地震多发的国家之一,发生过破坏性地震的城市占全国城市总数的 10% 以上,给人民的生命财产和国民经济造成了巨大的损失。地震引起地面剧烈的颠簸和摇晃对房屋建筑特别是高层建筑会产生毁灭性的破坏。目前,城市建筑都朝着中高层建筑发展。因此,如何减少地震对高层建筑的影响是目前房建设计与施工所面临的一个重要问题。为防止地震对建筑的危害,传统的方法是采用抗震结构体系,依靠结构的承载力和变形能力,来耗散地震能量,使结构免于倒塌。但由于它是一种“被动防震”法,不免存在很多不足之处: 1. 由于地震的不确定性,实际地震力有时超出设计地震力较多,从而使地震设计失效; 2. 地震力不是常值,它是随结构承载力和刚度的增大而加大,在高烈度区,单靠结构的承载力和刚度来抵御地震是不经济的; 3. 结构破坏后,不但造成重大经济损失,而且修复工作十分困难; 4. 随着生产、办公、生活的日益现代化,楼内的仪器设备的价值有时远远大于建筑物本身的造价,良好的抗震设计即使保住了建筑物本身,但剧烈的震动使仪器设备中断工作,甚至遭到破坏^[1]。建筑隔震减震技术作为一种新型的抗震防灾技术能大大提高高层建筑的抗震能力,已经在 1994 年美国圣费南多地震、1995 年日本阪神地震中得到验证,并且表现出了良好的效果。本文对目前高层建筑隔震减震技术进行了总结并对此展开研究,指出存在的不足之处。

1 隔震技术措施

地震对建筑物的破坏作用,是由于地面运动激发建筑物强烈振动所造成的,也就是说,破坏的能量来自地面,通过基础向上部结构传递。人们总结地震经验发现,地震时结构底部的有限滑动能大幅度地减轻上部结构的破坏程度,因

此在建筑物上部结构与基础之间以及上部建筑层间设置隔震层,利用软弱隔震层的大变形来减少地震能量的输入,减少地震地面运动对上部结构的影响(隔震一般可使结构的水平地震加速度反应降低 60% 左右),从根本上减少地震对人身安全、建筑物及其室内重要设备的破坏,以达到防震的目的。隔震措施主要包括基础隔震和层间隔震。

基于可动概念的基础隔震方案主要有以下几种:

(1) 软垫式隔震

软垫式隔震(见图 1)是在房屋底部设置若干个带铅芯的钢板橡胶块隔震装置,使整个房屋坐落在软垫上。与传统结构相比,在结构底部设置软垫式隔震装置的楼房在遭遇地震时,楼房底面和地面之间产生相对水平位移,房屋自振周期加长,主要变形都发生在软垫处,上部结构层间侧移变得很小,从而保护结构免遭破坏。

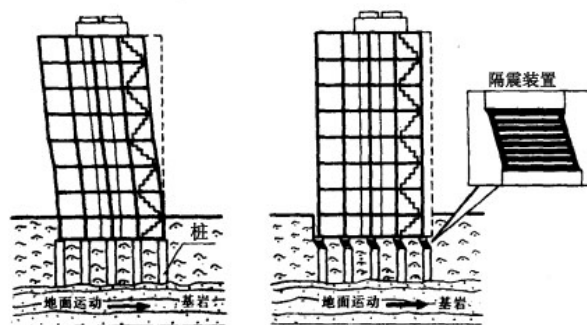


图 1 地震作用下房屋的侧移

(2) 滑移式隔震

滑移隔震体系是指在上部结构和建筑物基础之间设置一个滑移面,并在滑移面上使用摩擦系数较小的摩擦材料(钢珠、石墨等),允许建筑物在发生地震时相对基础作整体水平滑动,使结构与基础解锁,起到隔离地面运动的作用。同时建筑物在滑动过程中通过摩擦耗散了地震能量,有效限制能量向上传递和向下反馈,从而达到减震的效果。

(3) 摆动式隔震

摆动式隔震是将基础支撑在可摆动的短柱群或桩基上,或者将基础设计成底部呈球状的整体,并在基础侧面采用圆形弹簧作为阻尼器^[3]。在地震作用下,基础可产生一定的倾

收稿日期: 2009-03-20

作者简介: 赵宏旭 (1966-), 湖南双峰人, 讲师, 研究方向为建筑工程。

向和摆动,即以低的刚度控制结构的反应,延长自振周期,从而减轻地震作用。此种摆动隔震方式实际上是柔性底层概念和改进和引伸。

(4) 悬吊式隔震

悬吊式隔震是将整个结构物悬挂在巨型钢架或钢筋混凝土筒上,地震时,悬挂物和支撑协同工作,从而大幅度减少建筑物所受到的地震惯性力。其中应用最广泛的是多层悬挂楼板结构,主要用于公共和生活建筑。

层间隔震是结构隔震与抗震相结合的一种方法,它是在原结构上安装由质量和隔震支座组成的耗能减震装置,地震时,耗能减震机构吸收并消耗地震能量,从而减小原结构的地震反应。上部隔震部分结构对下部抗震部分也具有反作用。它的减震效果一般在 10%~40%之间,显然它的减震效果不及基础隔震结构,但它可利用结构的加层或原结构的隔热层,做适当的改建,从而达到减震目的。所以这是一种简单、容易实现的方法,在增加少量投资的同时,大大提高结构的抗震能力,适用于旧房加层和抗震加固结构。层间隔震常用的支座是橡胶支座,可提高弹性回复力^[2]。

2 减震技术措施

结构减震技术是近年来迅速发展起来的一种合理、有效、安全、经济的工程抗震方法。这种方法彻底改变传统“强化”结构的抗震思想,把结构的某些非承重构件设计成耗能元件,通过摩擦、剪切变形或材料的塑性变形来消耗地震能量,以减小主体结构的地震反应或减轻其破坏,达到减震控制的目的。

目前,在实际建筑工程中应用较多的减震措施主要有三种:

(1) 提高结构阻尼

结构的弹性地震反应,是结构阻尼和周期的函数。它随结构阻尼比的增大和自震周期的加长而减小。结构阻尼对于消减最大共振反应极为有效。结构的阻尼是随所有材料、结构类型、地基土质和振动性质而变化,在高层建筑设计时应选用具有较大阻尼结构类型和体系。同时为了提高结构的阻尼,也可以在结构上设置阻尼器以吸收地震输入能量,减少结构的变形。

(2) 采用高延性构件

一个建筑耐震与否,主要取决于这个结构的“能量吸收与耗散”能力的大小,而它又取决于结构延性的大小,也就是说,结构的抗震能力是由承载力和变形能力两者共同决定的。地震反应分析的着眼点应该是变形能力,当地震力达到结构屈服抗力以后,目前高层建筑设计过程中主要采用强柱弱梁、强节点弱构件与强化梁柱塑性铰的方法来提高建筑结构的延性。

(3) 附设耗能装置

耗能减震技术主要通过结构的某些部位增设耗能器或耗能部件,为结构提供一定的附加刚度或附加阻尼。在地震作用下主要通过耗能部件来耗散输入结构的能量,以减轻结构的动力反应,从而更好地保护主体结构的安全,是一种有效、安全、经济且日渐成熟的工程减震技术。目前开发的耗

能装置主要有金属耗能器(见图2)、摩擦耗能器(见图3)、粘弹性耗能器、粘滞耗能器。前两种耗能器的耗能特性主要与耗能器两端的相对位移有关,称为位移相关型耗能器(或滞变型耗能器),后两种耗能器的耗能特性主要与耗能器两端的相对速度有关,称为速度相关型耗能器。此外,研究人员还结合以上各类耗能器的耗能机制和特性,研究开发了具有多种耗能机制的复合型耗能器^[4]。

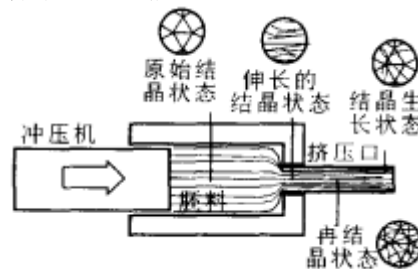


图2 金属耗能装置

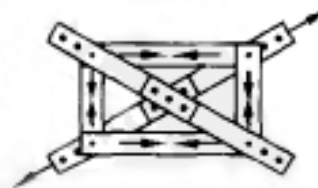


图3 摩擦耗能装置

3 存在的问题

(1) 尽管隔震技术已取得了长足进步,但由于其会使结构的固有周期延长,在软弱场地和下部结构变形过大的情况下应慎用。

(2) 竖向地震荷载对隔震结构的影响尚不十分清楚,隔震装置在竖向地震作用下的反应还有待进一步探讨,大跨度结构采用隔震装置的地震反应需深入研究。

(3) 阻尼器及耗能器的性能还有待加强,减震技术与新型、复杂、特殊结构的结合,形成新的减震结构体系还需进一步探索。

(4) 高层建筑隔震减震量测技术和实用化分析技术还应进一步加强。

参考文献:

- [1]刘大海.高层建筑抗震设计[M].北京:中国建筑工业出版社,1993.
- [2]周福霖.工程结构减震控制[M].北京:地震出版社,1977.
- [3]姚谦峰,陈平,赵冬.结构减震技术的研究与应用[J].西安建筑科技大学学报(自然科学版);1998,(3).
- [4]周云,邓雪松,汤统壁,吴从晓,聂一恒,丁鲲.中国(大陆)耗能减震技术理论研究、应用的回顾与前瞻[J].工程抗震与加固改造,2006,(6).
- [5]刘勇,尹邦信.结构减震控制技术在土木工程中的应用[J].山西建筑,2006,(13).

(责任编辑:何俊华)