

国际减轻震灾综合技术手段应用介绍¹

崔秋文¹⁾ 陈英方²⁾

1) 中国地震台网中心, 北京 100045

2) 中国地震局地球物理研究所, 北京 100081

用高技术进行地震灾害的防御是一个科学前沿领域, 它的研究与开发规模已相当可观, 取得了一些实际进展与效果。

自然灾害(地震)给环境和社会经济的持续发展带来严重冲击和破坏, 高技术的迅猛发展为有效的地震灾害防御提供了良好的条件。本文将对减轻震害综合技术手段的应用进行评述。

1 基础隔震技术

地震造成城市破坏的统计资料表明, 20 世纪 70 年代地震造成城市 90% 房屋倒塌, 死亡人数占 90% 以上; 20 世纪 80 年代为 80% 的房屋倒塌, 死亡人数占 80%; 到 20 世纪 90 年代, 房屋倒塌和死亡人数的比例为 70%—60%, 可能还会低些。这些统计虽为粗略, 甚至不能反映 20 世纪 90 年代几次大地震的破坏情况, 但是它能突出地反映建筑物抗震设计和施工质量的巨大提高, 确实收到了减轻伤亡和财产损失的显著效果。

基础隔震技术是 20 世纪 80 年代初, 美日两国科学家研制的一种高层房屋抗震技术。这种新方法是在房屋的每根柱子和墙体下安装成簇的不锈钢滚珠, 使整个房屋支承在滚珠上。纵横交错的钢梁(控制杆)把房屋与房基紧密地联结在一起。钢梁富有弹性, 发生强烈地震时钢梁可以拉伸。于是房屋整体在滚珠上可有轻微的前后滑动, 从而大大减轻水平传播的地震波的破坏力。地基隔震技术通常限定在 3—11 层的建筑中使用。该技术涉及到多种旨在减少房屋震动的系统。这些系统采用的办法, 是在房屋的底部安装橡胶弹性垫或摩擦滑动承座等振动缓冲物。

基础隔震方法在京都和东京的一些中高层房屋建筑中得到推广应用, 能提高公众的安全, 节省维修费用。在美国洛杉矶市政大厅提高抗震性能和改造工程中, 采用了能减小强震破坏的地基地震隔震技术。市政大厅楼高 26 层, 在北岭地震中遭到巨大破坏。该改造工程采用了超高层地基隔震技术。430 个橡胶隔垫安装在市政大厅的主柱之下, 就在地基的上方。安装在地基上部和第 10 多层的粘性减震器, 用于再减弱振动以及房屋在地基面积四周宽约

1 中国地震局“十五”重点项目, “地震安全性评价研究与结构抗震研究”资助。

[收稿日期] 2005-12-16

[作者简介] 崔秋文, 男, 生于 1955 年。1979 年毕业于北京第二外国语学院英语系, 编审。主要从事地震科技情报研究。

E-mail: cuiqw@seis.ac.cn

12—30m 的壕沟内的移动。此外，更多的传统耐剪力墙将延续建到塔楼上，增强抗震能力。

2 结构主动控制设计

1985 年墨西哥大地震调查表明，发达国家的抗震结构设计思想正在向以柔克刚的抗震结构和免震结构的方向发展。但是，这些设计结构从地震的角度看仍然是被动地起作用。在这种情况下，美国纽约州立大学等大学机构向日本鹿岛建筑公司提出，双方联合研究结构主动控制设计技术，这是一种属于解决防震的第二代结构设计技术。由于城市的高度信息化正在迅速发展，在城市兴建智能大厦，重新改建市区，增添城市新的标志性建筑等，这种技术正向实用性迈进。结构主动控制设计技术会使智能房屋本身能动地对抗地震。这是因为在房屋中安装了主计算机、自用计算机和应答传感性设备，使其具有了认识和判断的职能。如果在高信息化的城市发生大地震，除了修建具有抗震结构和免震结构的智能大楼以外，更符合理想的对策，是修建由结构主动控制组成的，能动地对抗地震的能动性智能大楼及其系统。目前，已在东京湾、阪神地区、旧金山湾区实施了美日联合设计机构的建设 21 世纪智能大厦计划，并列入国际减灾战略机构的工作日程，要想成功地减轻地震灾害，必须考虑采用更具未来特色的建筑技术。

3 智能建材技术

建筑业的科学家和工程师在论述高技术如何影响建筑行业发展时说，使用新技术建材会使建筑物变得智能化了，生活质量更高了，也更安全了。近几年试验成功的几种新建材都具有对建筑物自身进行诊断和进行自我调整修复的功能。在美国、日本、墨西哥、印度、土耳其和新加坡等国建造的五、六十层高层建筑和高层建筑的一些楼层之间建有各种缆线和管道以及环境（抗风、抗震、防污染、抗有害辐射）监测系统的建筑物中，这些新材料的性能得到了很有效的检验。

美国加利福尼亚州运输部进行了转化新型复合材料用来替换房屋立柱，单独使用钢筋混凝土柱来保护柱体免于断裂的工作。这种材料也能用于桥梁立柱的改建翻新。新试验证实，可用薄层的纤维增强复合材料裹住柱子，以防止它们在地震动中断裂，并增强其柔韧性。初步结果表明，复合材料的强度比钢材料要高，适于用在地震较少而且地震的强度也较小的地区。但加进特制纤维将改进复合材料抗御强烈地震的能力。

具有形状记忆功能的合金是一种智能材料。当房屋受到强烈地震冲击时，它能实时调整房屋摆动的方向，起到稳固的作用。

现已开发出一种玻璃和聚丙烯特种纤维，在房屋混凝土材料受力时，纤维就会拉伸致断裂，并释放出粘结剂，把混凝土裂缝堵住并修复，使建筑物保持坚固，增强抗倒塌能力。

在日本的两大建筑公司（鹿岛与清水）试验着 3 种能使光线穿透的光纤材料，将其涂抹在房屋的相关部位，如果地震时出现了裂缝，并对该材料造成损坏，裂缝就会阻碍光线信号的传播，从而给计算机监控系统发出警报，提供了防御地震的时间。

另一种光纤还可用来测量应力。那怕是稍微拉动一下纤维，也会改变光波的长度，从而也提供了一种防御地震的信号。

开发房屋专用地震仪也是有前景的预警系统。该仪器记录的光信号或应力信号，或是次声信号，通过计算机程序，短时内就显示出振动的方位，也给人们发出警报信号。

4 空间技术

利用空间卫星技术进行防震减灾是“国际减灾战略”的重要管理任务之一。空间技术涉及到 VIBI, 卫星激光测距仪, GPS、卫星遥感、移动卫星通讯, 合成孔径雷达 SAR, 空间电磁辐射测量卫星 SEMES 等系统。监测的灾害除了地震以外还有水、火山等 8 种。目前, 国际灾害咨询委员会编成了地震灾害的空间技术监测预测系统, 涉及到地震特征参数观测和地震数据资源分析技术, 纯地震信息的显示, 具有时间及系统概念的技术与社会易损性计算机模型, 地震救灾的社会行动模型, 地震应急的通讯运输模型, 地震信息向工业企业和社会大众即时传播模型, 震后调查的系统模型, 空间技术在灾害全过程中的作用、影响及教训的评估等方面。

空间技术可以连续观测到同断裂带的地震周期、火山喷发前的隆起和滑坡前兆相联系的地表位移。同地质构造裂缝的水力运动相关的电磁信号是一种与这些灾害相联系的区域张应力变化的指标, 现已证明, 可以从绕地球旋转的卫星上观测到这些信号。最重要的是利用空间通讯技术把那些只能在现场测量的用于灾害评估和用于发布警报的地球物理参数实时地传送到数据处理中心, 得出减灾对策, 由政府部门采取措施来减轻地震灾害的影响。

5 卫星图像的应用

2000 年 5 月可持续发展战略论坛提出, 为了防御自然灾害, 应当充分利用卫星拍照的图像资源(据报道有几百种, 数十万幅, 其价格在几美元到数万美元一幅不等)。固体地球卫照包括河流山川、峡谷断层等等。对于地震灾害而言, 需要的是地震带及其走向, 大断层及其延伸, 大城市在地震危险带上的位置及其周边情况, 全球地球物理监测台站(网)的布设、火山活动带的位置等, 也需要卫星轨道经过这些地带的位置及卫照回收、GPS、遥感卫星、大地测量卫星、特殊任务卫星的轨道运行图及测量探测情况。总部设在美国科罗拉多州的桑顿地球观测卫星空间成像公司供应上述某些卫星照片, 例如一些石油天然气公司(壳牌)利用地面的空间成像确定石油管道铺设线路, 并避开断层以防撕裂线路系统, 和地质调查局合作, 在断层上和附近装设地震监测台站, 为公司防震工作服务。美国 FEMA 利用卫照来评估地震造成的破坏程度和提出重建方案。印度数字技术公司利用商业轨道遥感卫星拍照的两次地震灾害图片, 运用网络计算机系统, 为印度政府提供了灾区重建的技术方案, 争取到了联合国和有关银行的救灾资金。1999 年发生过大地震的地区和国家如土耳其、希腊以及中国台湾省均购进相关的照片进行灾区的规划工作。有些多震国家如南美几个国家, 利用卫照来建立国家紧急事务通讯系统, 遇有灾害时计算机通讯将补充遭破坏的地面通讯网络。因此, 卫星照片已成为防御和减轻自然灾害的重要资源, 应引起地震系统有关部门的重视。

综上所述, 近几年减轻震灾综合技术手段的成功应用主要体现在: 减灾意识普遍提高; 减灾理论与技术取得很大进展; 防灾技术及其应用广泛推广; 为进一步推动国际减灾战略打下了良好的基础。在未知的灾害和灾变中, 防御灾害是优先发展的科研项目。利用高技术减灾是一项国际减灾战略, 应优先投资, 促进协调, 开辟国际合作新领域, 使 21 世纪成为一个安全的世界。