

《强震动观测及其工程应用》专辑序言

任叶飞¹, 谢俊举², 李平³, 温卫平⁴

- (1. 中国地震局工程力学研究所, 中国地震局地震工程与工程振动重点实验室, 黑龙江 哈尔滨 150080;
2. 中国地震局地球物理研究所, 强震动地震学研究室, 北京 100081; 3. 防灾科技学院, 河北 三河 065201;
4. 哈尔滨工业大学, 结构工程灾变与控制教育部重点实验室, 黑龙江 哈尔滨 150090)

早在1958年,我国地震工程学的奠基人刘恢先教授于《土木工程学报》发表的《论地震力》一文中将“强地震记录的积累”作为“地震力理论”研究的首要基础工作,把强震动观测比喻为支撑地震工程学科这个摩天大厦的四大支柱之一。正是在他的大力倡下我国自1959起逐步开展强震动观测工作,是世界上最早开展这项业务的国家之一。实践证明,强震动观测的产出——强震动记录在抗震设计谱的标定与完善、结构地震反应输入、地震动衰减关系的建立上发挥了至关重要的作用。

近二十年,由于仪器性能的不断改进和监测技术的快速更新,强震动观测已由模拟时代进入数字时代,产出记录的数据质量、有效频带有了大幅提升,能较真实地体现局部场地效应并且蕴含丰富的近场震源信息,因而强震动记录已不局限于地震工程领域的传统应用范畴,在揭示近断层地震动工程特性(例如:方向性效应、上/盘效应)、反演下覆盖土层速度结构、发现局部场地地形的地震动传播规律、反演震源机制以及大震复杂断层破裂过程等方面发挥了巨大促进作用。

据不完全统计,截至目前全球各国台网已累积获取超过12万组(三分量为1组)的强震动记录,其中我国积累了超过1000组的模拟记录和超过12000组的数字记录,可以预见这些强震动记录将作为科学研究和工程应用的重要基础数据在地震工程、地震学等多个领域充分发挥作用。为促进强震动观测学科发展、推动强震动记录的有效应用,本刊特出版这期专辑,介绍和反映近年来有关强震动观测数据在地震工程领域应用取得的丰硕研究成果,同时为促进学科间的交叉融合,也吸纳了其他与强地震动有关的部分优秀成果。

本专辑共包括23篇文章,大部分都以强震动记录作为基础研究数据,主要涵盖5个研究方向:强震引起地表破裂、地震动传播数值解析与模拟、地震动场地效应、地震动抗震设计应用、地震动特征及其他,下面简要介绍各文章取得的主要成果,以飨读者,先睹为快:

(1) 强震引起地表破裂方面共2篇文章,是薄景山和张建毅等学者就地表破裂相关问题开展的系列研究。关于地表破裂评估方法,文章提出了主干断裂强震地表破裂危险性及主干断裂建筑物避让距离危险性分析方法及公式,通过对比分析认为危险性分析评估方法可取代宏观定性评估方法;就地表破裂避让距离问题采用数值模拟方法研究了考虑贯通地表的基岩位错和强震动效应,应用地震动参数分析确定了避让距离,研究成果为如何在工程建设的场址选择中避开活断层提供了参考。

(2) 地震动传播数值解析与模拟方面共7篇文章,其中涉及地震动传播数值解析方面的有2篇。巴振宁等以层状半空间中半圆形横观各向同性饱和沉积谷地为例,采用间接边界元方法在频域内求解了qP1波入射时的动力响应,重点讨论了横观各向同性介质参数的影响,为精确模拟沉积谷地对平面qP1波的散射提供了有力的理论支持;唐晖和李小军对比了4种用以消除求解散射问题中多次透射边界漂移失稳的措施,评价其消飘效果和对计算精度的影响,为多次透射人工边界在工程中的合理应用提供有益的参考;

关于地震动模拟的文章有5篇。其中,钟菊芳等和兰景岩等都利用随机有限断层方法模拟地震动,前者给出了汶川地震震中区域的水平向加速度时程,总结持时的空间分布规律,对随机有限

断层模型参数的选取具有参考意义；后者利用钻孔资料研究目标区的场地放大系数，模拟重现了唐山地震震中区域的加速度场、速度场和位移场，对于唐山市重大工程建设和制定防灾减灾规划工作具有重要参考价值。其余 3 篇文章都研究人工合成地震动的方法，谢皓宇等提出了利用复连续小波变换扰动天然地震动生成人工地震动的方法；马完君等给出了考虑等效群速度模型的非平稳地震动合成方法，都具有一定的工程应用价值；贾路等对地震动高频和低频成份分别进行人工合成，建议了一种参数化的近断层脉冲型地震动人工合成方法，可以为近断层地区工程结构抗震分析提供地震动输入。

(3) 地震动场地效应相关研究共 5 篇文章，其中 4 篇文章都采用了 HVSR（水平与竖向谱比）方法。林国良等通过开展地脉动观测，基于 HVSR 方法研究了鲁甸 6.5 级地震中龙头山镇局部场地条件对震害的影响，揭示了洪积扇和河流阶地不同的地震响应特征以及造成的震害差异；张照鹏等基于日本 KiK-net 台网观测强震动记录探讨了 HVSR 方法中的基本假定的合理性，观测数据分析表明基岩场地水平/竖向谱比不一定为 1，仅在一定频率范围内可作为常数；罗桂纯等结合汶川地震主、余震记录和地脉动观测记录，基于傅里叶谱 HVSR 方法和速度反应谱 HVSR 方法研究了汶川地震中场地反应的非线性特征；张鹤翔和李红光利用汶川地震主震观测记录对比分析了不同波动成分的 HVSR 差异，探讨了不同波动成分 HVSR 差异的原因。

另 1 篇关于地震动场地效应的文章是刘诗尧基于 Monte Carlo 模拟方法探讨了剪切波速、覆盖土层厚度和密度等土层参数的随机性对场地放大作用的影响，结果发现剪切波速的随机性对放大因子和特征频率的影响最大，而密度的随机性对场地方法作用的影响最小。

(4) 地震动抗震设计应用共 5 篇文章，其中 3 篇文章是关于设计地震动的。吴应雄等利用实际观测记录，综合考虑断层距、PGA、PGV/PGA 和平均周期指标，归纳了近场脉冲、远场类谐波和这两类特殊长周期地震动与近、远场普通地震动的

界定标准，为长周期地震动的工程选取提供了依据；程绍革和孙魁基于地震危险性理论分析框架，研究了各类震源对地震动参数分布的影响，基于等超越概率原则，给出了场地设计地震动参数的计算方法；李琳等基于当前抗震设计规范对于强地震动选取规定较为宽泛而匹配结果又难以达成的问题，提出了基于有效峰值加速度的均值目标谱进行地震动选取的思路，提高了匹配程度和挑选效率。

另 2 篇文章主要是利用已有观测记录来研究结构的延性需求。来庆辉等从 PEER 强震数据库中选取了 5 500 条地震动记录，分析了断层距、震级、PGV、EPA 以及持时等对强度延性谱的影响，发现了一些有价值的规律；卢智成等评估了近场脉冲型主余震作用下单自由度体系的延性需求，分析了周期标准化对延性系数谱的影响程度，考虑了余震相对强度和滞回模型的影响，量化了余震对延性系数的影响大小。这些工作将为我国工程抗震设计方法的合理改进提供理论依据。

(5) 地震动特征及其他研究方向共 4 篇文章。其中分析地震动特征的文章有 2 篇，徐钦等针对吉林省松原市 $M_s5.7$ 和 $M_s5.1$ 地震中获取的 24 组地表强震动记录，对比分析了 2 次地震仪器烈度与调查烈度以及加速度幅值衰减和反应谱特性。王文才等针对云南通海县 2018 年 2 次 5.0 级地震获得的加速度记录，研究了地震动的幅值特征、衰减特性和反应谱特征并识别了场地非线性反应特征。

另 2 篇文章是利用强震动记录进行地震预警方法和破裂过程反演相关的研究，是强震动记录在地震学领域的应用延伸。刘辰等针对传统的 PGV-Pd 统计关系进行地震预警时会低估大地震 PGV 的问题，提出利用 Pd 估测 PGV 的改进方法；尹得余等用汶川地震中方位角覆盖较均匀的 43 个近场加速度记录，通过基线校正、积分和滤波处理，采用非负最小二乘法和多时间视窗技术，反演了 2008 年汶川地震破裂过程。

衷心感谢各位作者为本专辑撰写稿件，也非常感谢审稿专家认真负责地评审稿件并给出了富有建设性的修改意见，确保了本专辑的顺利出版。