
地质地球所证实单面边坡存在两种动力地震响应形式

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/19976.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

地震滑坡是地震诱发的次生灾害，往往造成人员伤亡和财产损失，而认识边坡的动力响应规律是评价边坡地震稳定性、工程岩体抗震设防和地震滑坡区域预测的关键。较多震后调查和试验发现，边坡顶部存在明显的地震动放大现象，是造成边坡失稳的重要原因。然而，影响边坡动力响应的因素众多，主要包括震源特征、传播路径、场地特征等，涉及岩土体动力学、地球物理学等学科，颇为复杂；加之单面边坡只有一个自由面（图1），解析方法难以得出普适性的响应规律，导致边坡地震稳定性评价仍是活动构造区重大工程建设中颇具挑战性的难题之一。

中国科学院地质与地球物理研究所研究员祁生文等在已有研究的基础上，基于相似理论，开展了大型边坡振动台物理模拟和原位试验。试验结果表明，单面边坡地震动力响应形式具有明显的频率依赖性，当加载频率小于某一临界值，坡面加速度放大系数随加载频率的增大而增大，且坡面加速度放大系数随着坡高的增加而增大；当加载频率大于该临界值，坡面加速度放大系数将减小，且坡面加速度放大系数随着坡高的增加先减小后增大（图2、3）。试验结果进一步证实既往的研究成果【Qi et al. (2003)、Qi (2006)】：单面边坡存在高边坡动力响应和低边坡动力响应形式，而不仅仅是前人认识的边坡动力放大现象。

在此基础上，研究利用物理模拟为约束，校核数值模拟（图2），开展大量数值试验探究边坡岩体物理力学参数（密度、弹性模量等）、边坡高度、边坡坡度、输入地震动频率等因素对边坡地震动响应的影响，发现了单面边坡动力响应的临界无量纲化坡高 H/λ 约为0.17~0.20：当无量纲化坡高 H/λ 0.17-0.2时，坡肩加速度放大系数随着 H/λ 的增大而增大；当 $H/\lambda >0.17-0.2$ ，坡肩加速度放大系数将随着 H/λ 的增大而减小，且当 $H/\lambda >0.4$ 时，坡肩加速度放大系数将小于1.0，即边坡地震动响应出现衰减效应。同时，对于特定的边坡高度，坡肩加速度放大系数随着坡度的增大而增大（图4）。基于地震波传播理论，研究阐释了边坡出现高边坡动力响应（ $H/\lambda >0.2$ ）和低边坡动力响应（ $H/\lambda <0.2$ ）原因在于质点振动模式的显著差异。

该研究从试验角度证实，对于给定的地震动输入，单面边坡动力响应存在高边坡动力响应和低边坡动力响应两类形式，且临界无量纲化坡高 H/λ 约为0.20；同时，无量纲化坡高 H/λ 约为0.40时，边坡动力响应不再是放大效应主导，而是衰减效应主导。这一参数为定量探索边坡动力响应问题提供了合适的指标，并可为边坡动力稳定性评价提供重要参考。

相关研究成果发表在Engineering
Geology

上。研究工作得到国家自然科学基金国家杰出青年科学基金项目 and 第二次青藏高原综合科学考察

研究等的支持。

[论文链接](#)

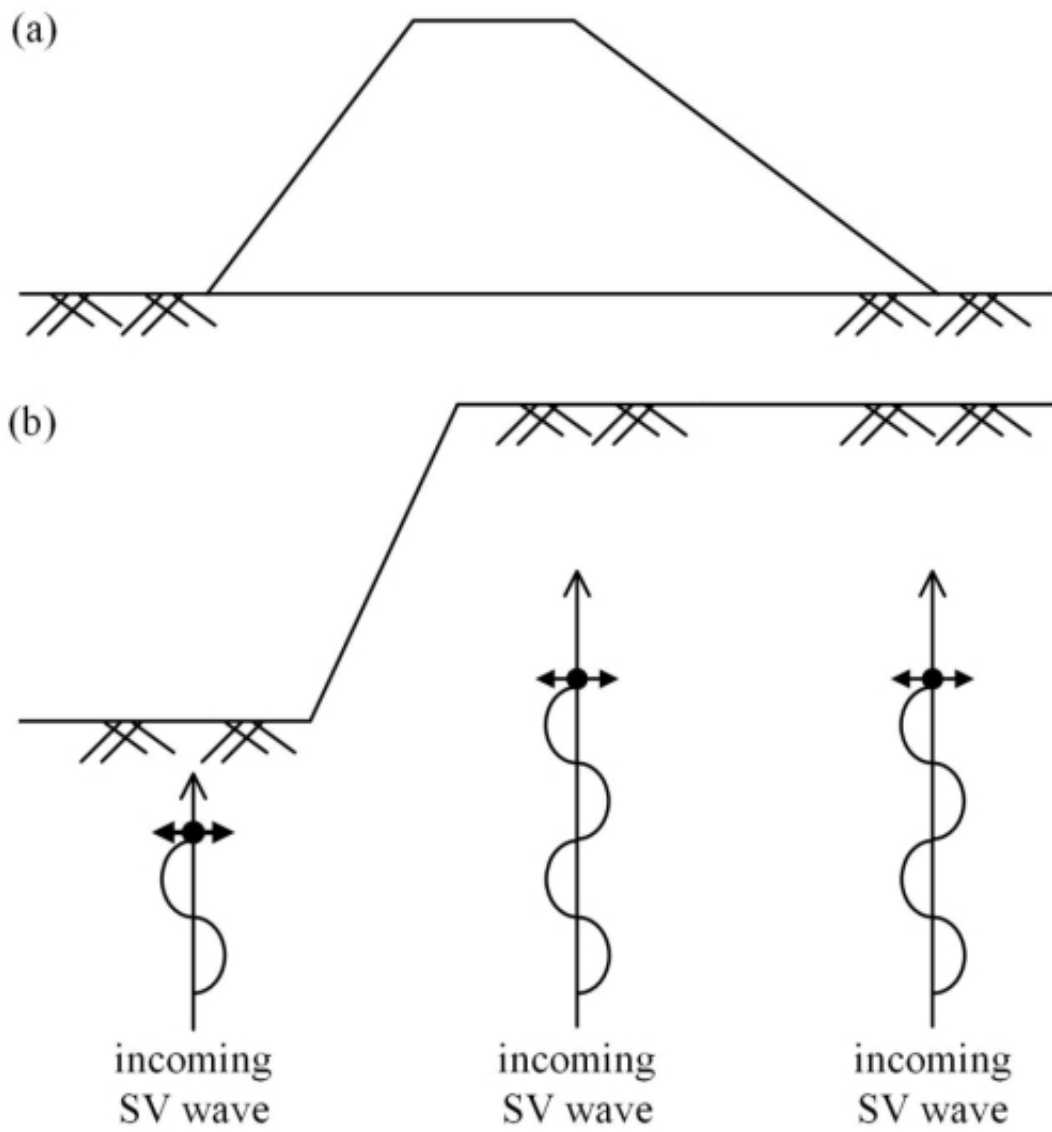


图1.双面坡 (a) 和单面坡 (b)

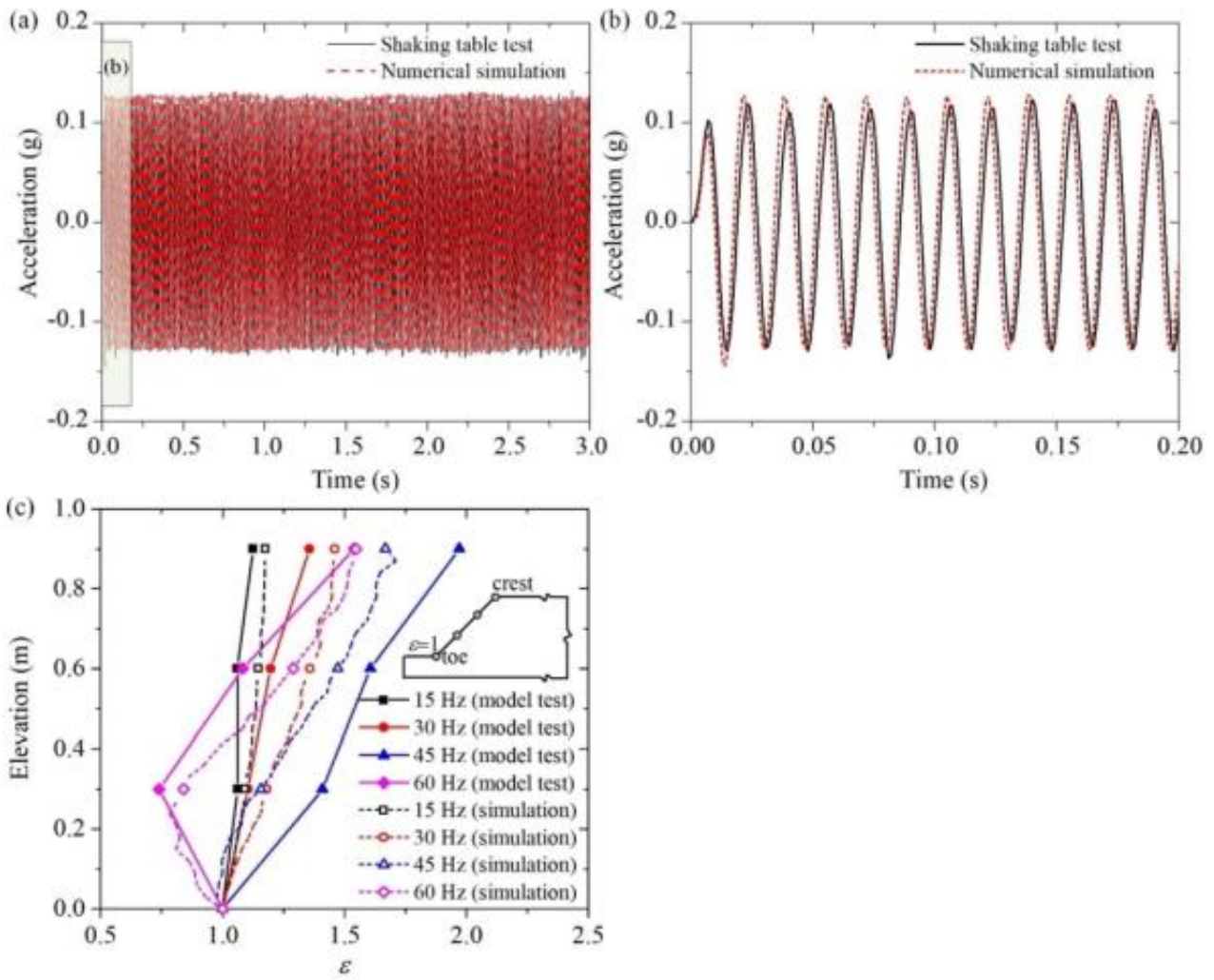


图2. (a) 振动台试验和数值模拟加速度时程曲线；(b) 加速度局部放大图；(c) 坡面PGA放大系数

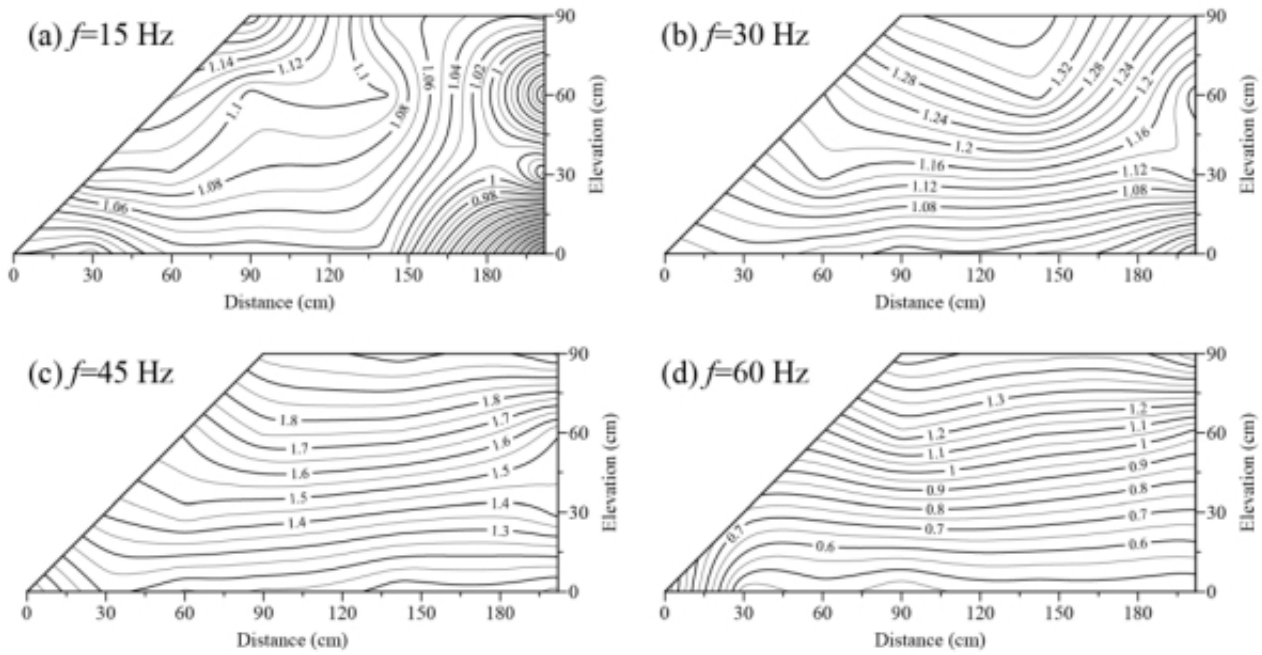


图3.不同频率下边坡加速度放大系数分布图：(a) 加载频率为15Hz；(b) 加载频率为30Hz；(c) 加载频率为45Hz；(d) 加载频率为60Hz

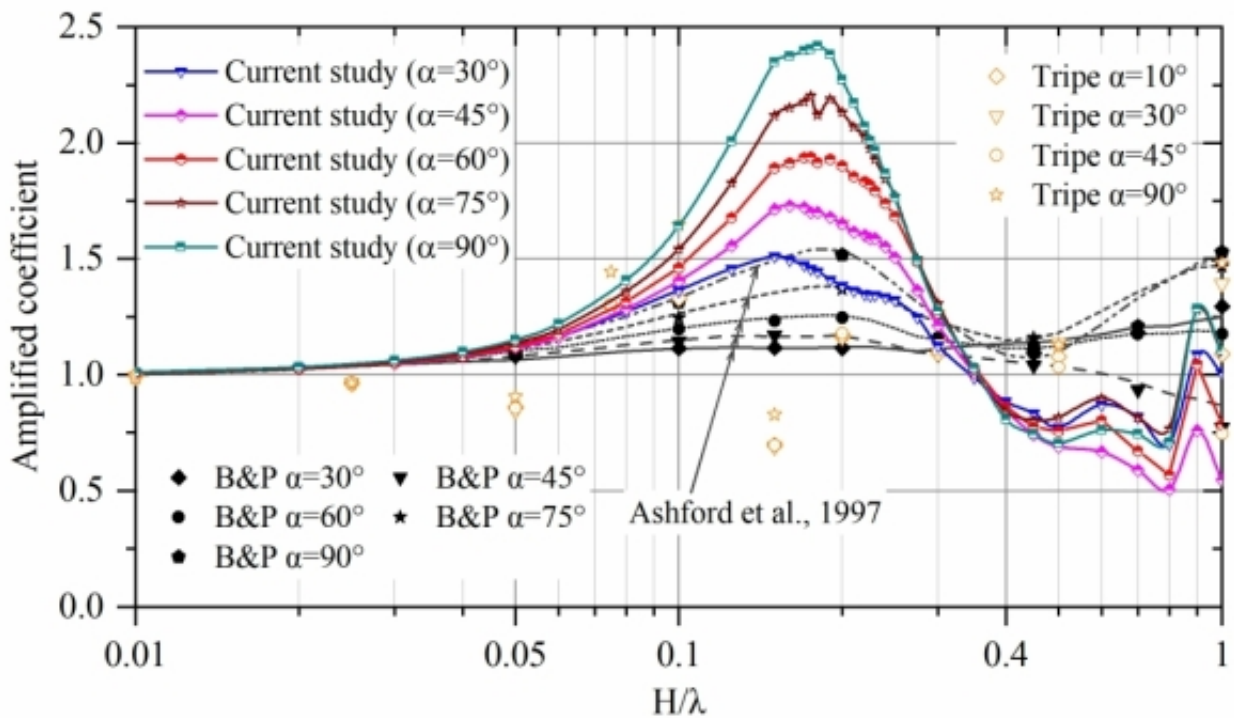


图4.坡肩峰值加速度放大系数（坡高 $H=60\text{ m}$ ）及与前人研究对比【Ashford et al., 1997；BP (Bouckovalas and Papadimitriou, 2005) 和Tripe et al., 2013】

研究团队单位：地质与地球物理研究所

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](http://www.iikx.com)转发