

滑坡涌浪产生和传播的组合数值模拟

安翼^{1a} 石传奇^{2a} 刘青泉^{3b}

a: 中国科学院力学研究所, 北京市海淀区北四环西路 15 号, 100190

b: 北京理工大学力学系, 北京市海淀区中关村南大街 5 号, 100081

滑坡涌浪是一种水库、湖泊、近海多见的自然灾害性事件, 所造成的灾害常常超过滑坡过程本身。滑坡涌浪始于边坡失稳滑动, 兴于滑坡体与水体相互作用, 以浅水长波的形式传播, 最终以在特定区域产生爬升破坏而结束, 是一个多机制的复杂过程。限于技术条件, 现有的涌浪评估方法通常用简化的土力学模型处理滑坡体滑动部分, 应用滑动条件和涌浪首浪特征参数之间的经验关系估计首浪特征, 最后应用基于浅水方程的传播模型分析涌浪的传播和爬升。由于这一过程中未能表达涌浪产生的水土耦合本质, 同时引入了大量经验参数, 使得现有涌浪估计准确性较低。本研究从涌浪产生、传播和爬升的动力学机制出发, 以无网格的 SPH 方法为基础, 建立了水土强耦合的滑坡失稳、入水和产生涌浪的动力学模型, 直接表达了这一复杂过程而无需引入经验参数。在此基础上, 考虑到涌浪远距离传播过程中的长波特性, 以上述模拟结果为初始条件, 基于浅水方程实现了涌浪在复杂边界中传播以及爬升过程的模拟, 在其中通过应用自适应网格加密技术实现了准确性和计算量之间的平衡。本研究以实际发生了的小湾荒田滑坡涌浪事件为例, 应用了这一新的组合分析方法进行涌浪产生和传播过程的数值复现, 模拟结果表明该方法能够给出涌浪产生和传播的全过程, 准确地复现包括首浪高、对岸爬升、坝前爬升在内的实际观测结果, 可调参数很少, 较现有方法有较明显的优势。

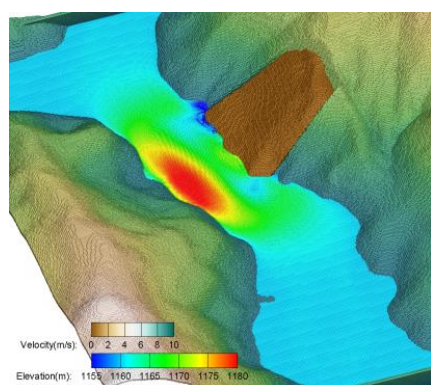


图 1 涌浪产生的水土耦合模拟

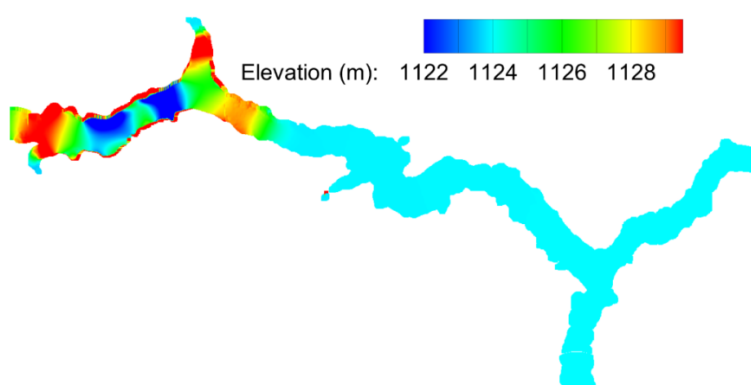


图 2 涌浪传播过程模拟

关键词: 滑坡涌浪; 传播; SPH; 水土耦合; 数值模型