

54 高雷诺数下非对称前倾波的输沙规律研究

李银军 周济福

中国科学院力学研究所, 北京市海淀区北四环西路15号, 100190

泥沙输运是河口海岸工程中的重要问题, 波浪掀沙对近岸泥沙输运的影响非常关键。自然界情况下, 水波是不规则波的, 不仅有峰谷值的不对称, 还有一定的前倾度, 特别是在近岸区域, 波浪非线性很强, 且一般处于高雷诺数条件下。因此, 研究高雷诺数下非对称前倾波(如图1所示)的掀沙十分必要。本文采用大涡模拟方法, 模拟了高雷诺数下非对称前倾波的流场, 获得了底部切应力的变化过程, 由此确定Shield数, 并进一步得到输沙率, 从而分析非对称前倾波的输沙规律。

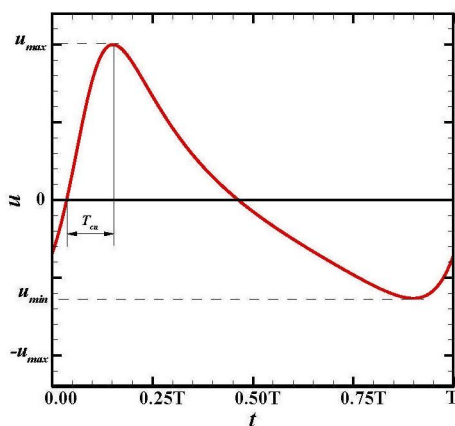


图1 非对称前倾波示意图, 其中非对称度 $A_s = u_{\max} / (u_{\max} - u_{\min})$, 前倾度 $\alpha = 2T_{cu} / T$

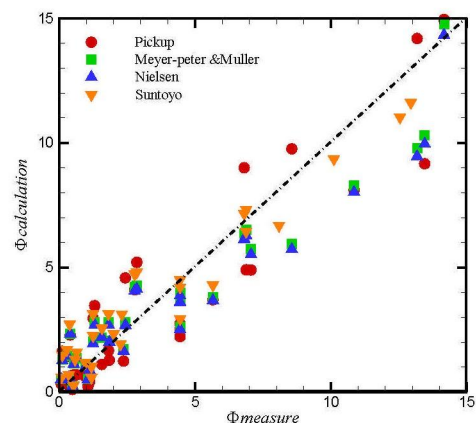


图2 无量纲净输沙率实验值和四种方法计算值的对比。其中实验值来源于Watanabe & Sato (2004), 无量纲输沙率 $\Phi = q_{net} / \sqrt{(s-1)gd_{50}^3}$

首先, 根据Watanabe & Sato (2004)的实验数据, 分别给出了几个重要的波浪输沙模型(Meyer-peter & Müller, Nielsen, Suntoyo, 以及粒子追踪模型particle trajectory model, 即pickup函数乘以跃长)中的参数取值。如图2所示采用无量纲输沙率 $\Phi = q_{net} / \sqrt{(s-1)gd_{50}^3}$ 对比实验值与四种方法的计算值, 其中 q_{net} 是单宽输沙率, s 是泥沙和水的密度比, d_{50} 是泥沙的颗粒直径, g 是重力加速度。其次, 又利用Rebberink et al. (1986)的实验数据, 验证了上述参数的正确性。最后, 根据线性回归分析发现, 采用Suntoyo波浪输沙模型所得的计算结果与实验值吻合最好。在此基础上, 讨论了高雷诺数条件下波的非对称度和前倾度对泥沙输运的影响, 并分析了其相对重要性。

关键词: 波浪掀沙; 非对称波; 前倾波; 高雷诺数

⁵⁴资助项目: 国家自然科学基金(11172307; 11232012)