海洋工程国家重点实验室

基准实验（Benchmark test）研究

编号：202001

名称：四方形立柱波浪爬升 Benchmark 研究

负责人：肖龙飞 教授

一、背景

数值模拟在船舶与海洋工程中的作用日益显著。目前，数值计算方法得到迅速发展，我国计算资源处于国际领先水平。但海洋工程新领域、复杂外部环境条件等，不断提出全新的科研问题，对现有数值方法和计算可靠性提出新的挑战。

极端波浪与大型海洋平台的非线性相互作用，存在波浪绕射和辐射叠加引起的立柱周围局部波面升高，多立柱和下浮体对波浪场的干涉效应，以及波浪沿立柱壁面爬升或飞溅形成的水射流，导致负气隙和波浪砰击现象的发生，给海洋平台安全带来威胁。

二、研究目的

为深入理解多立柱平台波浪爬升与气隙问题，发展预报方法，组织开展不同周期和波陡规则波作用下的基准模型实验，以及采用各种数值方法进行的背靠背数值模拟，并进行数值与实验结果的对比分析，校验数值模型准确性，为发展数值预报方法和理解波浪爬升问题提供可靠依据。

三、研究内容

海洋工程国家重点实验室以半潜式平台通常采用的四方形立柱为对象，组织开展四方形立柱波浪爬升问题的基准研究。具体研究对象、波浪参数、分析数据等请见基准实验方案。

（1）考虑 0°和 45°浪向，以及不同周期和波陡的规则波作用，通过水池模型实验获得基准实验数据。

（2）鼓励国内外研究团队（人员），采用各种数值方法/数值软件，开展对应的背靠背数值模拟研究，要求在模型尺度进行。海洋工程国家重点实验室负责收

集不同团队提交的数值模拟结果，与模型实验进行对比、分析。建议提供数值模拟不确定性分析结果。

（3）对数值模拟和基准实验数据的要求：对每个工况，应包含不少于 10 个规则波周期的稳态响应数据；去掉瞬态响应，在稳态响应时历数据中，取 10 个规则波周期的数据进行统计分析；给出不同浪向、不同周期、不同波陡、不同位置的波面升高统计值，以及典型工况的典型波浪爬升时历。

四、实验方案

针对固定方形布置的 4 个方形立柱，开展不同周期和波陡规则波作用下的波浪爬升模型实验研究，测量多个位置处的相对波面升高，作为基准数据对比验证数值模拟结果。

（1）物理模型

水池实验模型为 4 个直立带倒圆角的方形剖面立柱，边长 0.32m，倒角半径 0.06 m，立柱高度 0.8 m，吃水 0.4 m。4 个立柱呈方形固定布置，立柱中心间距 1.36 m，如图 1 所示。

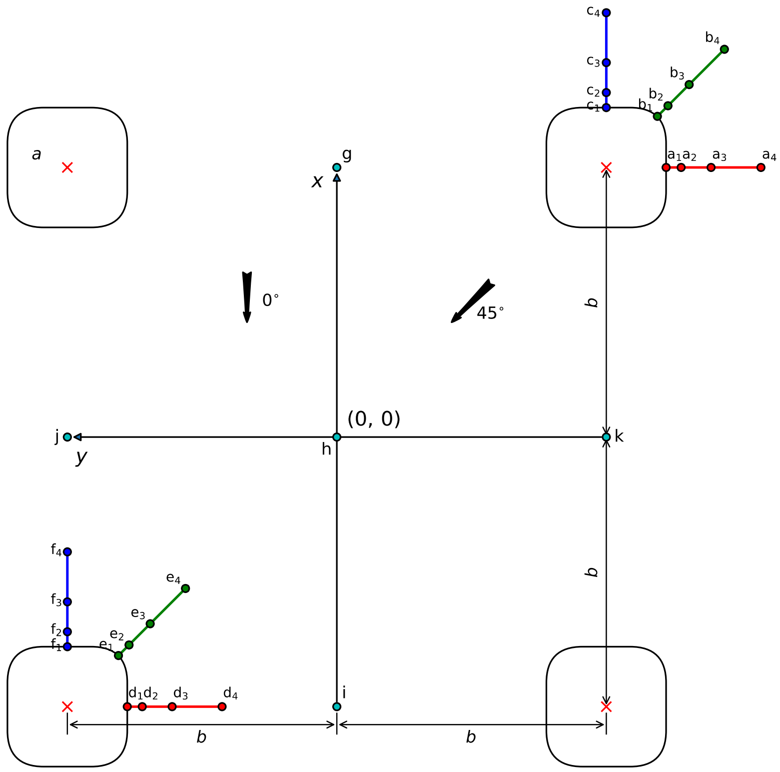

图 1 四方形立柱模型与浪高仪布置

（2）波浪参数

考虑深水条件，水池水深 7.5 m，长度 300 m，宽度 16 m。考虑 2 个浪向：0° and 45°，对应模型尺度的规则波参数如表 1 所示，其中 H 为波高，T 为周期，λ 为波长，k 为波数，a 为立柱边长一半。

表 1 波浪参数（模型值）

Wave No.	H/λ	kH	T (s)	ka
1	1/30	0.209	0.990	0.657
2		0.209	1.273	0.398
3		0.209	1.697	0.224
4		0.209	2.121	0.143
5	1/16	0.393	0.990	0.657
6		0.393	1.273	0.398
7		0.393	1.697	0.224
8		0.393	2.121	0.143
9	0.07	0.440	0.990	0.657
10		0.440	1.273	0.398
11		0.440	1.697	0.224
12		0.440	2.121	0.143

（3）浪高仪布置

如图 1 所示，采用 6 组浪高仪测量立柱附近的相对波面升高，其中 3 组（a1-a4,b1-b4,c1-c4）安装在右前立柱，3 组（d1-d4,e1-e4,f1-f4）安装在左后立柱，分别呈 0°、45°和 90°浪向布置。其间隔距离如表 2 所示：

表 2 浪高仪间距（模型值）

浪高仪位置	间距（mm）
立柱表面-Row1	5
Row1-Row2	30
Row2-Row3	60
Row3-Row4	100

另有 5 只浪高仪分别安装在模型中心（h）和立柱中间位置(g, i, j, k)。

五、参与方法

有意参加该基准研究（Benchmark study）的科研团队/人员，请依据上述实验方案各自独立完成数值仿真，并于 2020 年 12 月 31 日前将相关数值模拟结果和所用数值方法的简单描述提交给海洋工程国家重点实验室肖龙飞教授（ email:

xiaolf@sjtu.edu.cn ）。

收到的所有数值模拟结果将与实验结果进行比较分析，在网站上公开（研究团体/个人信息不公开），并在 Journal of Ocean Engineering and Science 杂志上发表。

参与人员可依托数值计算和测试数据发表论文，但必须注明“数据来源为海洋工程国家重点实验室 Benchmark 实验研究项目（编号 202001）”。若参与者将相关实验测试内容用于非学术用途，必需经过实验室书面认可。

六、信息发布

该基准实验结果、数值模拟与实验对比分析等，都将以中英文方式在海洋工程国家重点实验室网站上公开发布，并在《Journal of Ocean Engineering and Science》期刊上发布。