

流れ場における不規則波伝播の数値解析モデルの検証

長崎大学大学院 学生会員 ○近藤達哉 釜慶大学校大学院 李 昌鎭
 長崎大学工学部 濱崎記人 長崎大学名誉教授 フェロー 富樫宏由
 長崎大学工学部 平山康志 長崎大学工学部 正会員 多田彰秀

1 はじめに

著者らは、Madsen タイプの拡散型 Boussinesq 方程式および波・流れの分散関係式から構成される不規則波の1次元数値解析モデル¹⁾を既に開発している。本研究では、波・流れの共存場に設置された潜堤近傍での不規則波と流れの相互干渉に関する水理実験を実施するとともに、それらの再現計算を通して著者らが開発した不規則波の1次元数値解析モデルの有効性について検証する。

2. 水理実験の概要

水理実験に用いた造波水槽の概要を図-1に示す。図中の座標は、造波板の位置を原点として造波方向にx軸、水面から上向きにz軸を定義した。実験に際しては、水深を一定(0.7m)とし、造波機から10mの地点に高さ0.2m、上底2m、下底6mの台形潜堤の鋼製模型(斜傾10:1)を設置した。水面変動を測定する波高計は、P10(x=4.5m)に1本、P20(x=9.5m)からP36(x=17.5m)までの間に2m間隔で造波方向に5本、計6点に設置した。実験ではまず流れを発生させ、流れが定常状態に達したことを確認した後、造波を開始して上述の6地点で水面変動を測定した。

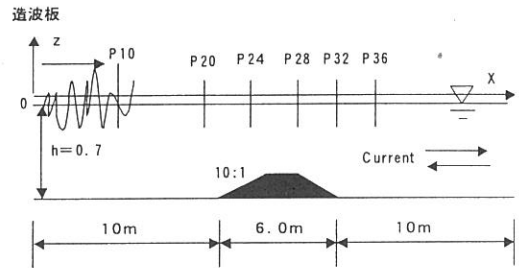


図-1 実験装置の概要

実験ケースは、流速条件(順流・逆流と流速値)および潜堤の有無を実験パラメータとして変化させた結果、計22ケースとなった。造波板に入力した波は105個の成分波から構成される不規則波 ($\eta(t) = \sum_{n=1}^{105} A_n \cos(\omega_n t)$) であり、有義波高 $H_{1/3}$ が0.09m、有義波周期 $T_{1/3}$ が2.1secである。データのサンプリング時間は、すべてのケースで300secとした。得られた実験データの解析に際しては、波別解析法としてゼロアップクロス法を採用するとともに、各測点で測定された約150個の波から有義波高 $H_{1/3}$ と有義波周期 $T_{1/3}$ を算出した。また、スペクトル計算には次式を用いた。 $S(f) = 0.257 \times H_{1/3}^2 \times T_{1/3}^{-4} \times f^{-5} \times \exp(-1.03 \times (T_{1/3} \times f)^{-4}) \cdots (1)$ ここで、 $S(f)$ はスペクトル密度関数($m^2 \cdot s$)、 f は振動数(Hz)、 $H_{1/3}$ は有義波高(m)、 $T_{1/3}$ は有義波周期(s)である。

3. 実験結果と数値解析との比較

6本の波高計から得られた実験データをゼロアップクロス法によって波別解析し、それぞれの点での有義波高 $H_{1/3}$ および有義波周期 $T_{1/3}$ を求めた。表-1は、平均流速 $U=0.18m/s$ の順流の場合の水槽縦断方向の $H_{1/3}$ と $T_{1/3}$ を示している。潜堤の存在により $H_{1/3}$ が減少しており、手賀ら²⁾の実験結果と一致する。さらに、図-2は、共存場(順流; $U=0.18m/s$)のP24(潜堤の斜面上、 $x=11.5m$)で実測された波高のパワースペクトル(破線)およびゼロアップクロス法によって算定された $H_{1/3}=0.079m$ と $T_{1/3}=2.05s$ を(1)式に代入して誘導される Bretschneider 型のスペクトル(実線)とを比較したものである。さらに、図-3は著者らが開発した不規則波の1次元数値解析モデルを用いて図-2と同様の条件(不規則波と順流 $U=0.18m/s$)の共存場における不規則波を再現計算し、得られたP24でのパワースペクトル(破線)と Bretschneider 型のスペクトル(実線)である。両図中の実線と破線は、それぞれ良い一致を示しており、実験結果および計算結果ともに $H_{1/3}$ および $T_{1/3}$ を(1)式へ代入して得られる Bretschneider 型のスペクトルを採用して各測点でのスペクトル特性

表-1 $H_{1/3}$ と $T_{1/3}$ の変化 ($U=0.18m/s$)

	P10	P20	P24	P28
$H_{1/3}$ (m)	0.087	0.084	0.079	0.072
$T_{1/3}$ (s)	1.91	2.08	2.05	1.95

について論じても支障がないものと判断される。

図-4および図-5は、それぞれ $U=0.18\text{m/s}$ (順流) および $U=-0.18\text{m/s}$ (逆流) の共存場の P24 における波高のスペクトル特性を比較したものである。図中の実線は水理実験より、破線は不規則波の1次元数値解析モデルを用いて再現計算より得られたスペクトルである。流れの状態に関係なく両者の分布はほぼ良い一致を示しているものの、ピーク値の再現性が十分でない。すなわち、順流の場合には計算結果よりも実験結果の方が小さく、逆流では実験結果のピーク値が計算結果よりも大きくなっている。このようなスペクトルのピーク値に関する同様な大小関係は P20 および P28 でも確認されている。

図-6および図-7は、造波板より 13.5m の距離に位置する P28(潜堤頂部の岸側端部)での水理実験および再現計算から得られた波高のスペクトルである。図中の実線は波動場 ($U=0.0\text{m/s}$)、破線は順流 ($U=0.18\text{m/s}$) および一点鎖線は逆流 ($U=-0.18\text{m/s}$) のケースである。両図の比較より、波動場のピークは、逆流時のそれよりも大きく、順流時のピークよりも小さいといった定性的な傾向が再現計算できている。一方、スペクトルのピーク値については、流れの状態によって再現性が異なっている。とくに、波動場での再現性が著しく劣っていることが確認される。

4. おわりに

本研究では、波・流れの共存場に設置された潜堤近傍での不規則波と流れの相互干渉に関する水理実験を実施するとともに、それらの再現計算を通して著者らが開発した不規則波の1次元数値解析モデルの有効性について検討を加えた。その結果、波高のスペクトル特性については、定性的に再現できることが確認できた。一方、流れの変化に伴うピーク値の大小関係など、定量的な面での再現性に改良の余地があることも判明した。

参考文献

- 1) 近藤達哉・富樫宏由・M.Mohiuddin・平山康志: 流れ場における不規則波伝播の数値解析モデル, 平成 13 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, 第 2 分冊, pp.4-5, 2002.
- 2) 手賀夕紀子・小林信久・多田彰秀: 波と流れの共存場に設置された低天端高の捨石マウンド海岸構造物の安定性に関する研究, 海岸工学論文集, 第 46 巻, pp.831-835, 1999.

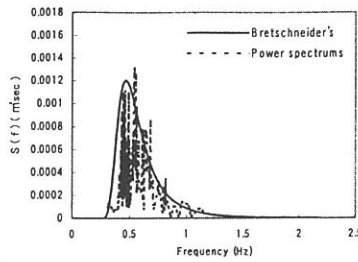


図-2 P24 のスペクトル特性 ($U=0.18\text{m/sec}$, 実験値)

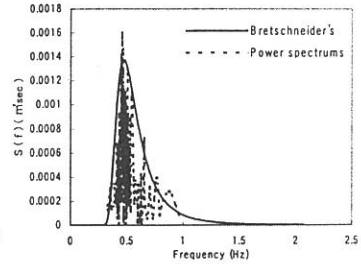


図-3 P24 のスペクトル特性 ($U=0.18\text{m/sec}$, 計算値)

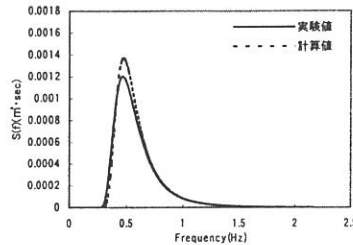


図-4 P24 における実験値と計算値の比較 ($U=0.18\text{m/sec}$)

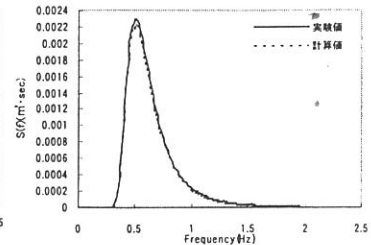


図-5 P24 における実験値と計算値の比較 ($U=-0.18\text{m/sec}$)

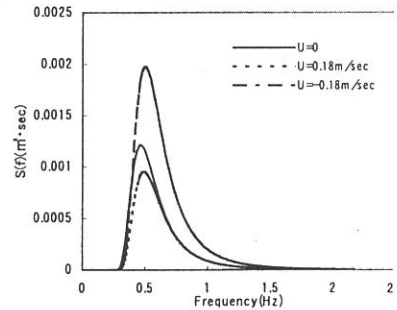


図-6 P28 における実験値の比較

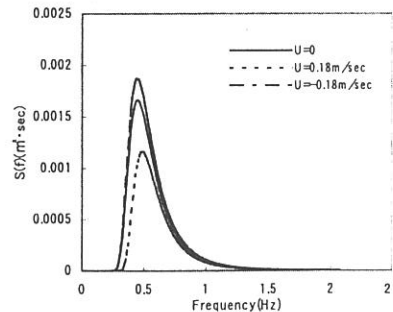


図-7 P28 における計算値の比較