長周期波の平面波浪場における反射率算定法の検討

五洋建設(株)	正会員	○大島	香織
五洋建設(株)	正会員	森屋	陽一
五洋建設(株)	正会員	土屋	京助

1. 研究目的

全国の港湾で、長周期波を原因とする船体動揺による 荷役障害が数多く報告されている.長周期波対策には、 ソフト面からの対策とハード面からの対策が提案されて いる.荷役稼働率の向上にはハード面の対策が必要であ り、有効な対策の1つとして長周期波対策構造物を港内 に設置する方法がある.長周期波対策構造物に関する既 存の研究には、平石ら¹⁾や池野ら²⁰によるレキ層を用いた 構造物や、著者ら³⁰による渦の効果を利用した構造物が ある.これらの構造物は、2次元水理模型実験により効 果の検証を行っているが、平面水理模型実験による平面 的な配置や波向による性能の比較はなされていない.

本研究は長周期波対策構造物の平面波浪場における長 周期波低減性能の検証を最終目的とし、その基礎研究と して平面波浪場での長周期波の反射率の算定方法の検討 を行ったものである.

2. 平面実験概要

著者らが提案した渦による長周期波対策構造物(対策 工)を用いた平面実験を行った.比較として直立壁に対す る実験も行った.長さ20m×幅30m×高さ1.5mの平面造 波水槽において,現地スケールで水深10m,周期30s,60s, 波高0.25mの規則波を用いた.縮尺は長周期波の波長を 考慮し1/100,波向は0°と30°で模型を設置する向き を変えて対応し,造波する波向は造波板に対して鉛直方 向のみとした.また,回折散乱波の影響を減らすため, 幅20mの造波装置の横に側壁を設置して実験を行った (図-1).容量式波高計8台と電磁流速計2台を設置し, サンプリング周波数20Hzで造波開始から50s計測を行っ た.図-2に模型周辺の解析に用いる計測器の設置位置を 示す.造波機は反射波吸収機能が付いているが,長周期 波の吸収は難しいため吸収制御は行わず,造波板や側壁 からの再反射波が到達するまでのデータを解析に用いた.

3. 反射率算定手法

(1)線形長波理論を用いた反射率算定

線形長波理論から入射波と反射波の時系列を求め(式 -1,2),その振幅比より反射率を算出する(森屋ら⁴⁾). 添

キーワード 長周期波,反射率,平面実験,
 連絡先 〒329-2746 栃木県那須塩原市四区

え字i, rは入射波,反射波を表す.h は水深,gは重力 加速度, θ は波向であり,入・反射波の向きは鏡像関係 $(\theta_r=2\pi-\theta_i)$ と仮定し,両式より η_i, η_r を求める.解析に は同一地点での水位 η と流速u, vを用いる.

$$\eta_{i} = \frac{\sqrt{h/g} \cdot u - \eta \cos \theta_{r}}{\cos \theta_{i} - \cos \theta_{r}} = \frac{\sqrt{h/g} \cdot v - \eta \sin \theta_{r}}{\sin \theta_{i} - \sin \theta_{r}} \quad (\vec{x}-1)$$
$$\eta_{r} = \frac{\sqrt{h/g} \cdot u - \eta \cos \theta_{i}}{\cos \theta_{i} - \cos \theta_{r}} = \frac{\sqrt{h/g} \cdot v - \eta \cos \theta_{i}}{\sin \theta_{i} - \sin \theta_{r}} \quad (\vec{x}-2)$$

(2) 微小振幅波の重ね合わせによる方法

微小振幅波理論を用い、FFT で周波数成分ごとに入・ 反射波を分離し、合成波の反射率を求める(水口ら⁵⁾). 構造物に対して入・反射波の波向は鏡像関係にあると仮 定し、構造物に対し鉛直方向に設置した波高計のうち 2 点の水位データを用いて解析を行う.これより、入・反射 波は波高計設置方向(構造物直角方向)に対して、見かけ 上は直入・反射しているとものとして扱うことができる. この時,波高計設置方向の見かけ上の波長 $L' = L/\cos\theta$ となり、見かけ上の波数をk'とすると、 微小振幅波理論は式-3で表せる.aは振幅、 ξ は位相差、 σ は角周波数である.



4. 解析結果

線形長波理論により波高計位置⑤と⑦における反射率 を算出した.入・反射波分離結果の一例を図-3 に,反射

〒329-2746 栃木県那須塩原市四区町1534-1 五洋建設(株)技術研究所 TEL0287-39-2123

率算定結果を図-4に示す.測定位置により反射率に差が 見られるケースが存在する.流速計の設置・測定精度,重 複波浪場における腹・節の位置と計測位置の関係などが 原因と考えられる.特に⑦の入射角 θ =30°の反射率が全 体的に小さいくなっている.これは,⑦の位置が反射面 に近いため,入射波に角度がある場合,反射波が十分に 発達していない領域となっている可能性がある.今後, 波高分布などを詳細に検討し判断する必要がある.

微小振幅波理論を用いる際は,波高計の距離と有効周 波数帯を考慮し,周期ごとに使用する波高計の組合せを 選択した.著者らが2次元実験で求めた対策工の反射率 と,平面実験の結果の比較を図-5に示す.平面実験と2 次元実験の微小振幅波理論の結果をと比べると,平面実 験の反射率がやや大きい値を示している.これは,隣接 する模型からの散乱波や,実験縮尺の違いによる可能性 が考えられる.線形長波理論(⑤と⑦の平均)との比較で は,周期 30s では反射率は同程度であるが,周期 60s で 差が大きい.

対策工と直立壁に対する実験結果を図-6 に示す.直立 壁の周期 60s 以外は,全体的に反射率の傾向は一致して いる.一部の結果を除いては,直立壁よりも対策工の反 射率が小さく,定性的には対策工の効果が評価できてい ることがわかる.しかし,算出手法や計測位置により定 量的にバラツキは大きい.また,入射角度による反射率 の傾向は一定ではないが,線形長波理論のほうが顕著で ある.これは,入射角度が大きくなると,入・反射波の角 度の違いが流速に明確に現れるためであると考える.

5. まとめ

線形長波理論と微小振幅波理論を用い,入・反射波の波 向を仮定し,平面波浪場での長周期波の反射率の算定を 試みた.平面実験において長周期波対策構造物の効果を, 定性的に確認することができた.

線形長波理論は、流速計の設置・計測精度や計測位置が 結果に大きく影響することが明らかとなった.よって、 平面波浪場の特性を十分に検討し、計測位置を考慮する 必要がある.微小振幅波理論は、波高計位置、間隔を周 期ごとに選択することが重要である.両者の手法の特徴 を理解して適切に用いることで、精度の良い反射率の算 出が可能になることが明らかとなった.今後は、反射率 算定精度を向上させ、定量的に長周期波対策構造物の効 果の検証を行う.

謝辞 本研究を行うにあたり,(独)港湾空港技術研究所 の平石哲也氏に貴重なご意見を頂いた.ここに記して感 謝の意を表する.

参考文献

- 平石哲也・永瀬恭一:長周期波対策護岸の性能検証実験,海 岸工学論文集,第50巻,pp.801-805,2003
- 池野勝哉・熊谷隆宏・森屋陽一・大島香織・関本恒浩:長周期波 を対象にした直立消波構造物の開発,海岸工学論文集,第51 巻,pp.731-735,2004
- 大島香織・森屋陽一:導水板によるスリット構造物の長周期 消波特性,海洋開発論文集,第21巻,pp791-796,2005
- 4) 森屋陽一・大福浩之・水口優:斜め反射の場合の入・反射波の 分離手法について、土木学会年次学術講演会講演概要集,49
 巻, pp.656-657, 1993
- 5) 水口優:浅海域における入・反射波の分離手法について,海
 岸工学論文集, 第38巻, pp.31-35, 1991

