

重複波動場に置かれた構造物周辺の波変形

名古屋工業大学 学生員 ○山南 純二

学生員 森川 礼仁

学生員 飯田 耕三

正 員 喜岡 渉

1. はじめに

沖合の構造物周辺の波変形や波力の算定は、通常、代表波を単一方向から作用させて行うが、波向きの影響が無視できない場合には方向スペクトルを用いた算定を行う¹⁾。設計計算の場合、波向きとしては主方向から $\pm 90^\circ$ の範囲が対象となり、逆向きの成分は全て無視される。しかしながら、防波堤などの反射構造物が付近にある場合には、主方向から逆向きの成分も適確に考慮しないと設計値を危険側に与える可能性がある。本研究は、こうした反射波が run-up や波力に及ぼす影響について検討を加えるもので、実験装置の都合上ここでは1次元の重複波動場を対象とし、円柱まわりのrun-upについて調べた。

2. 実験装置と実験方法

実験には、名古屋工業大学社会開発工学科の長さ8m、幅1.5m、高さ0.6mのコンクリート製の造波水槽を用い、一端に設けた鉛直壁の高さを調節することによって反射率を変化させた。水深は一定で15cmとし、構造物としては直径が13cmのアクリル製円柱を用いた。実験にあたっては、円柱を置かない状態での各点の波高をあらかじめ計測することにより重複波の腹、節の位置を求めておき、円柱の設置場所を決めた。なお、円柱まわりのrun-up値は、ビデオカメラで空間波形を記録することによって求めた。

3. run-upの実験結果とその考察

実験結果の検討にあたって、線形理論に基づく重複波動場での回折波ポテンシャルを求めておく。 x の負の方向から入射した波高 H 、角周波数 ω の波が $x=0$ の位置の鉛直岸壁によって反射率 γ で反射される場合を考える。このとき、円柱がない状態での速度ポテンシャルは円筒座標を用いると次式で表される。

$$\phi_w = A \cdot \frac{\cosh k(h+z)}{\cosh kh} \cdot \left[\sum_{m=0}^{\infty} (\alpha_m e^{i\varphi} + \gamma \beta_m e^{-i\varphi}) \cdot J_m(kr) \cdot \cos(m\theta) \right] e^{-i\omega t} \quad \dots(1)$$

ここに、 $A = -igH/2\omega$ 、 $\alpha_0 = \beta_0 = 1$ 、 $m \geq 1$ で $\alpha_m = 2(-i)^m$ 、 $\beta_m = 2i^m$ であり、 φ は、円柱の設置位置の位相を示し、 J_m は m 次のベッセル関数である。このとき、散乱波ポテンシャルは進行波の場合と同様に求めることができ、回折波の速度ポテンシャルは次式で表される。

$$\phi = A \cdot \frac{\cosh k(h+z)}{\cosh kh} \cdot \left[\sum_{m=0}^{\infty} (\alpha_m e^{i\varphi} + \gamma \beta_m e^{-i\varphi}) \cdot \left(J_m(kr) - \frac{J'_m(ka)}{H'_m(ka)} H_m(kr) \right) \cdot \cos(m\theta) \right] e^{-i\omega t} \quad \dots(2)$$

上式を用いて、run-up値は結局次式で与えられる。

$$\frac{\eta}{H} = \left[\sum_{m=0}^{\infty} (\alpha_m e^{i\varphi} + \gamma \beta_m e^{-i\varphi}) \cdot \frac{i \cdot \cos(m\theta)}{\pi ka \cdot H'_m(ka)} \right] e^{-i\omega t} \quad \dots(3)$$

ここに、 a は円柱の半径で、 H'_m は m 次の第1種ハンケル関数の微分値を示す。なお、円柱が岸壁から十分離れていない場合には、円柱と岸壁間で多重反射が生じると考えられる。多重反射の影響は上述の解析理論において $x=0$ に関して鏡像配置した円柱を考えることによって取り扱われ、ベッセル関数の加法定理²⁾を用いると解析的に求めることができる。

図-1および2は、円柱まわり各点のrun-upの測定値(図中の白丸、黒丸)を式(3)の理論値(図中の実線)および多重反射を考慮した理論値(図中の破線)と比較したものである。図はすべて反射率 $\gamma = 1$ の場合で、 $\theta = 180^\circ$ が入射方向である。また、図中の x は、岸壁から測った円柱設置点の距離であり、 L は波長を示す。

ただし、多重反射を考慮した理論値については、 $x/L=1.0$ および 1.25 では $x/L=0.5$ および 0.75 の値とそれぞれほぼ一致するので図には示していない。

図からあきらかなように、run-upの最大値は腹の位相では $\theta=90^\circ$ で生じ、節では $\theta=0^\circ$ または 180° で生じる。図-1のケースにおいては、兩位相における最大値は理論値および実験値ともにほぼ等しくなっている。また、計算結果における多重反射の影響は小さく、実験値においても明確な差異は見られない。図-2のケースにおいても同様な傾向が見られるが、節の位相におけるrun-upの最大値の方が腹よりも大きくなっている。

4. おわりに

重複波動場における円柱まわりのrun-upの測定結果は、平均的に見れば理論値よりも小さくなるものの両者はほぼ一致することから、ここで用いた線形理論は重複波動場における回折波の計算に適用できることがわかった。今後は、波力値に対する反射波の影響を調べるとともに、方向分散と反射を同時に考慮した回折波の算定方法について検討していくつもりである。

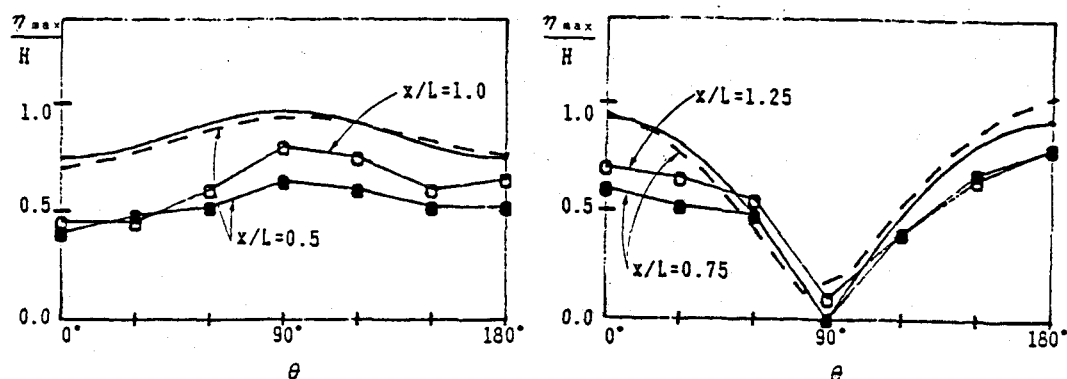


図-1. $ka=0.47$ のケースのrun-up値

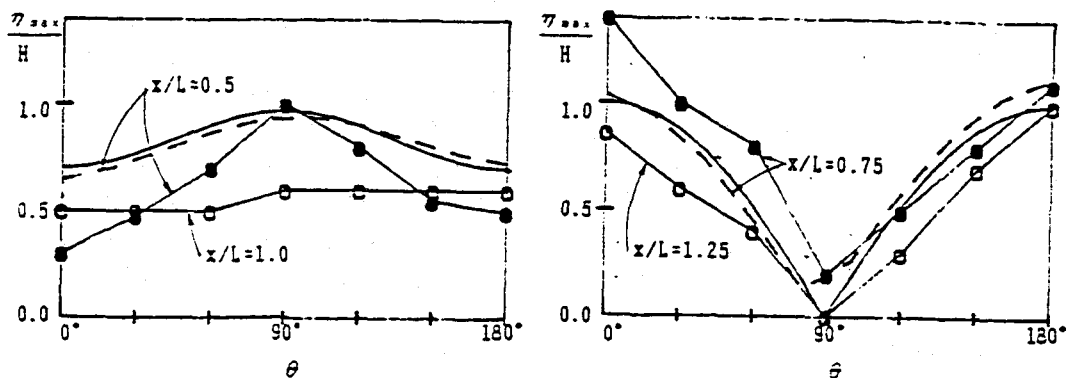


図-2. $ka=0.52$ のケースのrun-up値

参考文献

- 1) 例えば Huntington, S. W. and Gilbert, G.: Extreme forces in short crested seas, OTC 3595, 1979.
- 2) Spring, B. H. and Monkweyer, P. L.: Interaction of plane waves with vertical cylinders, I.C.C.E., pp. 1328~1347, 1974.