浅海域における有義波高とエネルギーの関係について

中央大学	正会員	○関 ፺	記己
中央大学		浅川	陽祐
中央大学	正会員	水口	優

1. 研究目的

近年の数値シミュレーション技術の発展に伴い、不規則波浪場をスペクトル空間において計算する手法が盛 んに用いられてきている.スペクトルを用いる計算では、波のエネルギーを0次モーメントを用いて算出する が、エネルギーを代表波高に変換する必要がある.エネルギーと代表波高との関係には通常 Rayleigh 分布に よる関係式を用いるが、非線形性が強くなる浅海域では Rayleigh 分布は成立せず、エネルギーと波高の関係 も非線形性の影響を受けることが予想される.そこで本研究では物理実験結果を基に、浅海域でのエネルギー (η_{rms})と有義波高の関係について明らかにし、またそのモデル化を行うことを目的とする.

2. 実験概要

実験は吸収制御造波機能を有した断面水槽により行う.水槽は図-1に示すような岸側に一様水深部を設け た海底地形において行い,岸側鉛直壁前面に消波マットを設置し反射を防いでいる.造波信号は Bretschneider・光易型のスペクトルから作成した.実験条件は有義周期 1.0s と固定し,有義波高は 1.0cm, 3.0cm の 2 ケースである.水面変動は AD 変換を実装したパソコンによりサンプリング周波数 50Hz で収録し, 個々波はゼロダウンクロス法により定義し,各データで 250 波程度を確保している.

3. 波高の確率分布と非線形性のモデル化

波高の確率密度分布は、線形およびスペクトルが狭帯域の仮定の下では Rayleigh 分布になることが理論的 に示されている.しかしながら、合田(1991)では実測される波高の確率分布は、Rayleigh 分布よりも尖鋭化 した分布形状が得られることを指摘している.そこで合田(1991)では Rayleigh 分布の一般形として以下の式 で示される Weibull 分布を用いている.

$$p(x) = \kappa \alpha^{-\kappa} x^{\kappa-1} \exp\left[-\alpha^{-\kappa} x^{\kappa}\right] \cdots (1) \qquad x = \frac{H}{\eta_{rms}} \cdots (2)$$

ここで κ = 2, α = 2√2 とすると Rayleigh 分布となる. 合田 (1991)では κ = 2.126, α = 2.724 を推奨している. 一方,非線形性が卓越する波浪場では,エネルギーと波高との関係が線形関係からずれてくる. 浅海域の規 則波の非線形解であるクノイド波の 1 次近似解では Isobe(1985)にあるようにアーセル数の関数として以下の ように表される.

$$\frac{H}{\eta_{rms}} = \sqrt{\frac{1}{f_2 \left(U_{s \frac{1}{3}} \right)} \cdots (3)}$$

式(3)の右辺はUs=0では $2\sqrt{2}$ になることから、非線形性に伴うエネルギーと波高の関係の変化を表すパラメータとして以下の β



x=10.75m

x=14.35m

を導入する. $\beta = 2\sqrt{2f_2} \cdots (4)$

式(1)に(2),(4)を導入することにより、クノイド波1次近似解を取り込んだ波高の確率密度関数として以下の式が導かれる.

キーワード	有義波高,	エネルギー, 不規則波,	浅海域,物理実験	
連絡先	〒112-8551	東京都文京区春日 1-13-27	中央大学理工学部土木工学科	TEL03-3817-1818

$$p(x) = \kappa \alpha^{-1} \beta \left(\frac{\beta x}{\alpha}\right)^{\kappa-1} \exp \left[-\left(\frac{\beta x}{\alpha}\right)^{\kappa}\right] \cdots (5)$$

図-2(a), (b)にはそれぞれ実験により得られた波高の確率密 度分布を示している. 有義波諸量より計算したアーセル数が 30 程度(図-2(a)), 90 程度(図-2(b))である. 併せて式(5) によるモデルを示しており,実線が非線形性を考慮したもの, 点線が非線形性を考慮しないもの(β =1)である. β の計算には 有義波諸量に基づくアーセル数 $U_{s_{1/3}}$ を用いている. なお κ お

よびαの値は合田(1991)による値を使用している.

図-2(a)のアーセル数が 30 程度では非線形性の影響は小さ く,非線形性を考慮しない結果と違いが無いが,砕波直前のデ ータであるアーセル数 90 程度のデータでは,非線形性を考慮す ることにより波高分布が広がる様子が表現されていることが分 かる.

4. 有義波高とエネルギーの比について

式(5)に基づく有義波高とエネルギーの関係式は,以下に示す ように線形理論解を式(3)により補正した形になる.

 $\frac{H_{1/3NL}}{H_{1/3NL}} = \frac{1}{2} \frac{H_{1/3L}}{1} \cdots (6)$

 η_{rms} $\beta \eta_{rms}$

ここで下付添字 NL, L はそれぞれ非線形性の影響込み, および線

形解を表している. 図-3 には線形解 $H_{1/3L}/\eta_{rms}$ を Rayleigh

分布による 4.0,および実験値に合うような 3.9 とした場合の 式(6)と実験値との比較を示している.アーセル数 100 近くの強 非線形状態では過小評価となるものの,概ね実験結果を評価でき ていることが分かる.

5. 終わりに

本研究では、浅海域における有義波高とエネルギーの比率について、物理実験結果を用い、波高の確率密度分布の観点から議論を行った.結果としては、①非線形性が卓越すると波高の確率分布はη_{rms}を基準に取った場合は扁平化していく、②非線形性の影響はクノイド波理論により評価可能である、③有義波高とエネルギーの比率は非線形性が大きくなるにつれて増大する.この後の課題としては、現地データのと比較からより良いパラメータの決定、周期および結合確率分布に及ぼす非線形性の評価が挙げられる.

参考文献

合田良実(1991):港湾構造物の耐波設計 波浪工学への序説,鹿島出版会, pp.182-187.

Isobe, M. (1985): Calculation and application of first-order conidal wave theory, Coastal Engineering, Vol.9, pp.309-325.

