

ソリトンを用いた海岸波浪造波装置による波浪統計量の再現性

岐阜大学工学部 正員 篠田 成郎・正員 安田 孝志・学生員 ○廣田 道紀

1. 緒 言

海岸構造物の水理特性や耐波安定性の解明のために行われる水理模型実験では、所定の海岸波浪を水槽内に再現することが要求される。著者らは、極浅海での海岸波浪を不規則ソリトン列として扱う立場から非線形不規則波の造波システムを提案し、期待波形の再現性という観点からその適用性を明らかにしている¹⁾。ただし、実際の模型実験では、前後の波高相互の相関性などに代表される時系列特性まで含めた波の統計的特性を期待通りに再現することが望まれ、この点に関しては明らかにできていない。そこで、本研究では、波高(振幅)や周期(波峰間隔)に関する各種統計量が造波実験においてどの程度まで再現できるかを検討する。

2. 不規則ソリトン列の生成シミュレーションと実験の手順

図-1は、所定の統計的特性を有する不規則ソリトン列を造波するまでの手順の概略を示したものである。まず、造波しようとする波の統計量(ソリトンの振幅の平均 μ_A および標準偏差 σ_A 、波峰間隔の平均 μ_D および標準偏差 σ_D 、前後のソリトンの振幅相互の相関係数 γ_A 、振幅と波峰間隔との相関係数 ρ_{AD})を期待統計量として与え、不規則ソリトン列の生成シミュレーション²⁾によって造波目標波形を求める。ついで、この目標波形に対する造波板変位を計算し、これに基づき造波することにより、実験での実測波形およびそこでの実測統計量を得る。また、造波目標波形を実験での波高計位置まで伝播シミュレーションすることにより、対象測点での伝播統計量を求めることができる。上述の5種類の統計量のうち、 μ_A 、 σ_A 、および μ_D は波の伝播過程で変化しない統計量であり、 σ_D 、 γ_A 、および ρ_{AD} は変化する統計量であるため、前者については期待統計量と実測統計量が一致すること、後者については伝播統計量と実測統計量が一致することによって統計量の再現性が確認されることになる。そこで、ここでは、様々な期待統計量を持つ合計23種類のケースを実験対象として、期待(desired)統計量、生成(generated)統計量、伝播(propagated)統計量、および実測(observed)統計量の関係を調べることにする。なお、実験対象とするソリトンの個数は200とし、実験水深は15cmに設定する。

3. 波浪統計量の再現性

図-2は、造波板初期位置から2.4m岸側に設置された波高計による実測波形とこれをソリトンに分解・合成して得られるソリトン表示波形とを比較したものである。これより、ほぼ全ての主要な波峰部分がソリトンとして表示されていることがわかる。なお、この他のケースについても同様な結果が得られている。

図-3、図-4および図-5は、それぞれ μ_A 、 σ_A および μ_D に関する再現性を期待統計量に対する生成統計量(○)、伝播統計量(□)および実測統計量(△)の関係として示したものである。 μ_A および σ_A ともに、実測統計量が期待統計量を若干上回っているものの、ほぼ許容できる程度のずれと見なせる。また、 μ_D では実測統計量が期待統計量に極めて良好に一致していると判断できる。これに対して、図-6、図-7および図-8は、それぞれ σ_D 、 γ_A および ρ_{AD} に関する再現性を伝播統計量に対する実測統計量の関係として示したものであるが、所定の統計量が再現されているとは言い難いケースも認められる。図-9は、造波目標波形に関するUrsell数 U_r と伝播統計量に対する実測統計量の相対誤差 ε との関係を σ_D 、 γ_A および ρ_{AD} について示したものである。この図より、Ursell数の増大に伴って相対誤差は減少しており、非線形性が強い波ほど統計量の再現性が良好になることがわかる。 σ_D 、 γ_A および ρ_{AD} は波の伝播特性に依存した統計量であり、非線形性が弱い波の場合にはソリトンとは異なる波速で伝播するためにこうした傾向が顕れてくると解釈できる。

4. 結 語

以上、本研究では、ソリトンモードに基づく海岸波浪の造波システムを利用した場合の統計量の再現性について検討した。その結果、振幅の平均と標準偏差および波峰間隔の平均についてはほぼ良好な再現性を有するものの、波峰間隔の標準偏差、振幅相互の相関係数および振幅と波峰間隔との相関係数といった波の伝播に伴い変化する統計量の再現性は波の非線形性の大きさに影響を受け、本造波システムが強い非線形性を有する不規則波の造波に適することが明らかとなった。

参 考 文 献

- 1) 安田ら：改良された海岸波浪の造波システムの特性について，土木学会論文集，429/II-27，pp.131-140，1993。
- 2) 篠田ら：不規則ソリトン列による海岸波浪の統計理論とその応用，海工論文集，37，pp.126-130，1990。

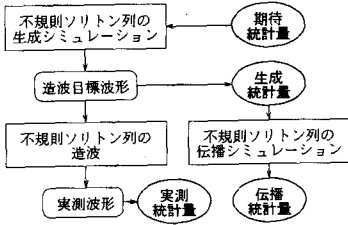
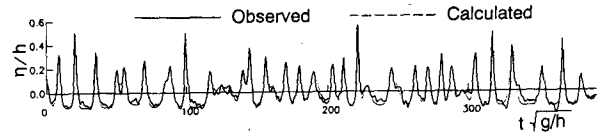


図-1 不規則ソリトン列の造波手順



(a) 期待統計量: $\mu_A = 0.20, \sigma_A = 0.11, \mu_D = 12.0, \sigma_D = 5.6, \gamma_A = 0.56, \rho_{AD} = 0.20$ の場合



(b) 期待統計量: $\mu_A = 0.30, \sigma_A = 0.16, \mu_D = 10.0, \sigma_D = 4.2, \gamma_A = 0.34, \rho_{AD} = 0.20$ の場合

図-2 実測波形とソリトン分解合成波形の比較

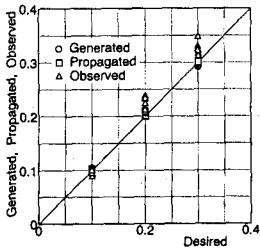


図-3 平均振幅 μ_A に関する再現性

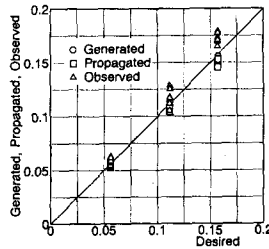


図-4 振幅の標準偏差 σ_A に関する再現性

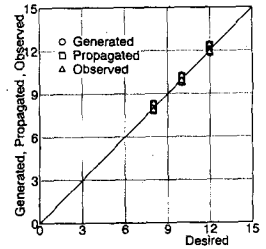


図-5 平均波峰間隔 μ_D に関する再現性

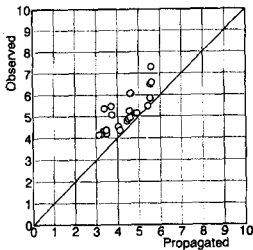


図-6 波峰間隔の標準偏差 σ_D に関する再現性

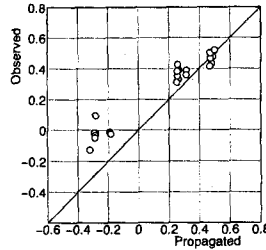


図-7 前後の振幅相互の相関係数 γ_A に関する再現性

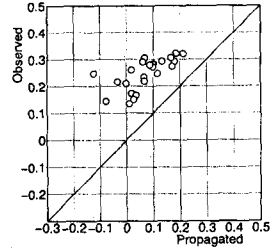
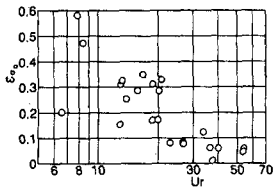
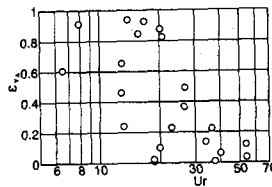


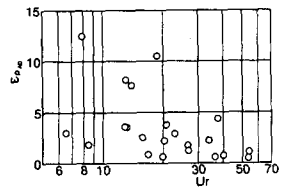
図-8 振幅と波峰間隔の相関係数 ρ_{AD} に関する再現性



(a) 波峰間隔の標準偏差 σ_D



(b) 前後の振幅相互の相関係数 γ_A



(c) 振幅と波峰間隔の相関係数 ρ_{AD}

図-9 Ursell 数 U_r と統計量の再現性に関する相対誤差 ϵ との関係