

砕波帯近傍における現地波浪のモデル化について

岐阜大学 正員 安田 孝志 学生員 ○西尾 保之

1. はじめに 砕波帯近傍に築造される各種の海岸構造物による波浪の散乱変形の解析手法を確立することは、これら構造物の波浪制御機能の評価だけでなく、これらが原因となって起こる海浜変形の子測を行う上で重要である。ここでは、砕波帯近傍における現地波浪の観測データを用い、その非線形性について詳細に検討し、その結果を基に現地波浪のモデル化を試みる。

2. 現地波浪の概要 ここで用いる観測記録は、京大防災研究所大潟波浪観測所のT型栈橋に岸沖方向197.83mの範囲にわたって取り付けられている5台の波高計[C4(5.3), C5(4.9), C6(5.0), C7(5.3), C8(5.2), C9(5.0)]によって得られたものである。なお、()内の数値は各波高計設置点での水深(m単位)を示し、C4からC9にかけてはほぼ一定水深となっていることがわかる。観測は1988年11月28日から12月1日にかけて行われ、表-1は各データより求めた各測点での非線形指標及び風速を示す。これから、B032は発達期、B034および51は最盛期(全測点が砕波帯内)、B064および74は減衰期の波に相当していることがわかる。

表-1 観測波の統計量

DATA No.	Wind speed (m/s)	$H_{1/3}$ (m)	U_r	skewness
B032	2.0	2.21	14.31	0.604
B034	10.0	2.79	24.87	0.899
B051	10.0	2.88	27.92	0.910
B064	2.0	1.64	15.30	0.482
B074	2.0	1.02	6.02	0.217

3. 現地波浪の非線形性 まず、現地波浪に顕われる非線形性の影響をSkewness(歪み度) β_1 およびAltiness(前傾度) β_3 によって評価する。図-1は、各データにおける β_1 および β_3 の栈橋に沿った変化を示したものである。これらの値は波の発達状況に基本的に支配されており、伝播の過程での変化は波の発達状況に依らずほぼ一定である。また、栈橋に沿った水深がほぼ一定であるため、非線形性は波形の上下の非対称性として顕れ、波形の傾きにはほとんど顕れていない。ついで、フーリエモードに関して非線形性を評価するため、測点C5およびC6間のコヒーレンスCohを図-2に示す。また、図-3はB051の波のCohと測点間の関係を示す。これより、Cohの分布は波の発達状況に関係なくほぼ一定であるのに対し、測点間の距離とともにCohの値は急速に減少しており、フーリエモードの振幅の空間変化に伝播距離が大きく影響していることがわかる。ともあれ、Cohの分布が波の発達状況にあまり関係していないという事実は、フーリエモードによる表示は波の発達状況に依らない普遍性を有しているものと推察される。

4. 狭帯域モデル 上述のようにフーリエモードによる表示が普遍性を有しているとするならば、Dalrympleらが試みている狭帯域モデルは3次元空間への拡張が容易という点で有望なモデルとなるが、ここではその有用性について検討する。図-4は、B051の波に対して $f > 2f_c$ [f_c はスペクトルのピーク周波数]の高周波数成分を除去したフーリエ逆変換波形と元の観測波形との比較を示したものである。B051のような砕波帯の波に対しては $2f_c$ 以上の高周波成分が波峰の正確な評価のために必要となることがわかる。図-5は、除去する高周波成分の臨界周波数比 f_c/f_0 とフーリエ逆変換波形 $\eta_{reconstructed}$ の元の波形 η_0 に対する誤差 $\epsilon_1 = (\eta_0 - \eta_{reconstructed})^2$ および $\epsilon_2 = (\beta_1)_0 - (\beta_1)_{reconstructed}$ との関係を示したものである。このように、砕波帯近傍のモデル化をフーリエモードによって行うには、 $f/f_c \leq 4$ までの高周波成分を評価することが必要となり、波形の表示に関して狭帯域モデルは非線形性の弱い波(Skewnessでは0.3以下、また、 U_r 数では6以下)にその適用が限られる。

5. 線形モデル 線形モデルであれば、モード間干渉を考えなくても良いから、あえて狭帯域とする必要はなく、波形の表示は厳密となる。しかしながら、水面の変動に対しては当然適用上の制約が加わる。図-6は、測点C5でのB051の波形を測点C6まで進ませ、そこでの観測波形と比較したものである。この場合も、B051のような最盛期の波では波峰の位相のズレが目立つようになると同時に、波谷部の形状の相違が顕著となり、線形分散関係が成り立っていないことがわかる。このことは、砕波を含む現地波浪のモデル化には非線形干渉に基づく高周波成分(4倍モードまで)の評価が必須となり、フーリエモードに基づくモデル化が容易でないことを物語っている。

6. ソリトンモデル これまでの議論によって、線形あるいは狭帯域のいずれも砕波帯近傍の波のモデルとしては不十分ながらかつた。そこで、主要な波峰のみをソリトンとすれば、図-7に示すようなモデル波形(破線)が得られる。上述の図-5における狭帯域モデルの波形に比べて主要な波峰部の表示精度が格段に優れていることが分かる。また、図-5からも、ソリトンモデルの精度は $U_r > 15$ の波に対して $f/3f_c$ までの周波数成分を取り込んだものに相当しており、実用的に優れたモデルであることが分かる。さらに、図-8は、測点C5でのソリトンモデル波形をC6まで進ませ、そこでの実測波形と比較したものであり、若干の相違はあってもほぼ両者は対応しており、砕波帯内の水面変動がこのモデルでほぼ説明できることが分かる。

7. おわりに スペースの関係で議論の一部しか紹介できなかったが、結論的に言えば、 $U_r > 15$ かつ β_1 の値が1に近い砕波帯内外の波浪に対しては、線形モデルは勿論のこと狭帯域モデルも不適確であり、波形の前傾まで含めて直接表現できるソリトンモデルが現時点では最適である。