

東北電力(株) 総合研究所
(株)東北開発コンサルタント

奥野敏彦
○佐藤啓二

1. まえがき

現在、不規則波を用いて水理実験を行なう場合には、Bretschneider-光易型スペクトル、Peirson-Moskovitz型スペクトル等を使用した不規則波が一般に用いられている。しかし、従来の方法により作成した不規則波では波の連なり(Wave Group)現象については考慮されていない。合田によると、波の連なり現象は、海洋構造物の長周期動揺、サーフビート、越波による排水処理、防波堤法面の崩壊などに影響を及ぼすことを指摘している。

本研究は、Funke-Mansard、および岩垣、間瀬らのシミュレーション手法に基づき、現地波浪記録より得られたSIWEH(平滑化された波エネルギーの時間変化を表わす関数)を用いて作成した不規則波と、エネルギースペクトルを逆フーリエ変換する際に、位相をランダムに与えて作成する従来の不規則波を用いて、消波ブロックの安定性について比較検討したものである。

2. 実験水路および模型

実験は全長35m、幅0.7m、深さ1mの鋼製二次元水路で行なった。造波機は電動油圧サーボ弁方式によるピストン型で、入力信号の変化により不規則な波を発生することができる。水路床は、造波板位置より19.6mの区間が水平で、それ以降は1/30勾配の模型床である。堤体模型は、この1/30勾配模型床の始点より7mの位置に設置した。この部分は片面ガラス張りで、側方からの観察が可能になっている。水深は、一様水深部で60cm、堤体模型法先で36cmとした。

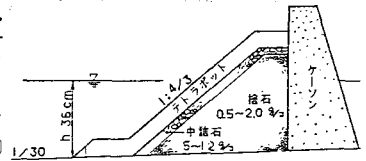


図-1 模型断面

図-1に堤体断面を示す。消波ブロックは、平均重量118.9gのテトラポットを使用した。堤体傾斜部の法勾配1:4/3とし、全断面を2層乱積で被覆した。

3. 実験条件および方法

不規則波は、Bretschneider-光易型スペクトルを用いた。有義波周期は2.44secとし、従来の不規則波と現地波を考慮した不規則波を作成した。実験波は、同一波群による駆動信号を磁気テープに繰り返し記録し、40分間の駆動信号を作成した。波高レベルの変化は、駆動信号と造波機に入力する際、基準電圧の変化により行った。

実験中は一様水深部において、3本の容量式波高計より得られた測定波形から、合田らによる入反射波の分離計算を行ない、堤体側へ進入する波の波高を求めた。堤体位置での入射波高は、堤体設置以前に一様水深部と堤体設置位置で得られた各実験波ごとの波高より相関図を作成しておき、その相関関係が堤体設置後もそのまま成り立つものと仮定し、入反射分離により求められた一様水深部での波高より推定した。

実験は、堤体模型傾斜部をテトラポットで被覆したのち、ブロックが移動しない程度の小さな波を数百波作用させ実験の初期状態とした。波は波高レベルの小さい方から作用させて行き、波高レベルを上げる場合は、前の波高レベルによる状態をそのままとし、移動ブロックの個数は、それ以前のものも含めた累計で数えることとした。以上の方法により、各実験波ごとに3回の繰り返し実験を行なった。

今回の実験における被害率 n は、次式で定義した。

$$n = (nd / N) * 100 \quad (\%) \quad \cdots \cdots (1)$$

ここに、 N は断面を構成するブロックの総数、 nd は、当初の位置より1個分以上移動したブロックの累積数である。ただし、若干移動したとしても、結果的に元の位置に戻った場合は移動したブロックに数えていない。

4. 不規則波の連なり

図-2に示したように高波の連なり長は、あらかじめ設定した波高値 H_c を超える波が連続して出現する波数 J_1 で表示でき、1つの波の連なりが H_c を超えてから次の波の連なりが H_c を超えるまで、という高波の繰り返しの長さを波数 J_2 で表示できる。合田が「現地波の高波の連なりについて調べた結果、有義波を超えて連なる波は、平均して1.42波であったことを報告している。また、連なりの程度を表わす指標として、S IWEHの変動係数を表わした $G \cdot F$ がある。表-1に、実験波および実験波作成に用いた現地波の諸元を示した。この結果、基準波高 H_c を有義波高とした場合、現地波の平均連なりは従来の不規則波に比べ大きな値となり、高波での連なりが多いことを示している。また、現地波を考慮した不規則波は、従来の不規則波より、現地波の諸元に近い値を示している。

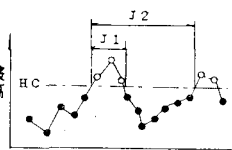


図-2 波の連なり

表-1 不規則波の諸元

		T (1/3) = 2.44sec		
		case1	case2	現地波
H _c /H (1/3)	J ₁	1.36	1.60	1.83
	J ₂	8.50	14.33	17.20
G・F		0.75	0.74	0.82

CASE 1: 従来の不規則波
CASE 2: 現地波を考慮した不規則波

5. 実験結果

(1). 有義波高と被害率の関による比較

図-3は、同一条件により3回繰り返し行なった各試行ごとの実験結果より、各被害率ごとの有義波高を積み取り平均値とプロットしたものである。この結果、ブロックに同じ被害を与える有義波高は、現地波を考慮した不規則波の方が小さな値となっているのがわかる。

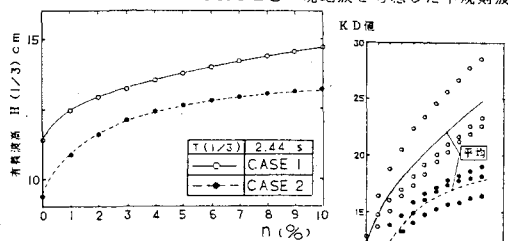


図-3 有義波高と被害率の関係

(2). 被害率とKD値

図-4は、(1)の場合と同様にして得られた、各試行ごとの有義波高に対するKD値をハドソン公式より求め図示した。図より、現地波を考慮した不規則波は従来の不規則波より小さなKD値となり、同じ設計波高に対するブロック重量が大きくなることを示している。

図-4 被害率とKD値

(3). 波の連なりによる被害の変化

実験中はブロックに被害を与える波を適時ペンシロ上に記録し累積被害率が10%程度になるまで波高を上げた。この結果同一波群を数回作用させてうちに、被害の発生する波列がほぼ固定化してくる様であった。図-5には現地波を考慮した不規則波の水位変動と波高の時系列を示した。図に示した黒丸は水位変動よりゼロアックロス法により得られた1波ごとの波高を示したもので、同時に示した数字はその下の波列が被害を与えた回数と全体で被害が生じた回数の比を示した被害発生率である。図および目視観察よりブロックの被害は最大波または1/2最大波程度の高波1波で大きな被害を起こすことは少なく、このような波でブロックの組み合わせが暖められ、続いて有義波を超えるような波が2~3波作用したときに移動することが多いことがわかった。

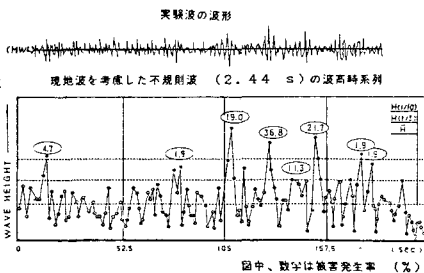


図-5 波の連なりと被害

6. あとがき

ブロックの被害は高波が連なることにより大きくなり、4節で述べた様に、現地波は従来の不規則波に比べ高波で連なることが多く被害を大きくする。このことから、現地波の諸元により述べた現地波を考慮した不規則波による実験が望ましいと思われる。最後に、今回用いた現地波は一時的な波であるが、一般に異常波浪時の現地波は高波で連なることが多い。今後は、現地波データをさらに多く解析し波の連なりに関するパラメータについて検討し、現地波の性質を有するような標準的な不規則波を求めるため、Funke-Mansardらが提案している理論S IWEHスペクトルよりS IWEH関数を求め不規則波を作成する方法を検討してみたい。