

2方向からの進行波の砕波の様相

徳島大学工学部

日本テトラポッド

復建調査設計

正員 三井 宏

正員 豊田 裕作

正員 井上 若司

1. 研究目的 海岸構造物の設置計画において、それに作用する波力および周辺の海岸変形を予測する必要がある。本研究では、海岸構造物周辺で問題となる砕波を伴う多方向波の変形を予測する手法を見出すために、最も単純な場合である2方向からの進行波による砕波の特性を実験により調べ、数値計算結果と比較する。

2. 実験装置および方法 2方向からの進行波による砕波の様相を調べるために、反射率の異なる3種類の断面の鉛直模型堤体を図-1のように設置して波を起こし、斜め部分重複波の極大波高と波向の変化を測定した。3種類の異なる反射率を得るために、堤前面に3種類の厚さの消波材(ステラシート)を取り付けてあるが、これらの消波材の反射率は、2次元水路における予備実験結果から、まずHealyの方法により算出し、さらに合田による補正法¹⁾で真の反射率を算出した。表-1に実験波の諸元および真の反射率を示す。

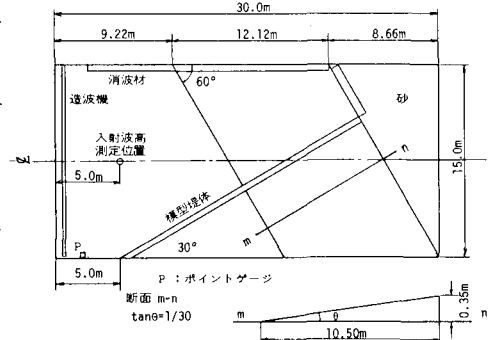


図-1 実験水槽

図-2のようにあらかじめ斜面上に測定ラインを引き、そのライン上の極大波高およびその通過位置をビデオ撮影により測定した。

表-1 実験波の諸元

CASE	周期 T (sec)	ステラシートの厚さ (cm)	堤の反射率	入射波高 H (m)	波形勾配 H/L	深海波形勾配 Ho/Lo	相当深海波高 Ho' (m)
Case 1	0.90	0	0.80	0.096	0.080	0.08	0.10
Case 2	1.00	0	0.86	0.112	0.079	0.08	0.12
Case 3	1.10	0	0.89	0.108	0.066	0.06	0.12
Case 4	1.20	0	0.89	0.101	0.054	0.05	0.11
Case 5	0.90	20	0.41	0.096	0.080	0.08	0.10
Case 6	1.00	20	0.44	0.112	0.079	0.08	0.12
Case 7	1.10	20	0.48	0.108	0.066	0.06	0.12
Case 8	1.20	20	0.53	0.101	0.054	0.05	0.11
Case 9	0.90	50	0.40	0.096	0.080	0.08	0.10
Case 10	1.00	50	0.41	0.112	0.079	0.08	0.12
Case 11	1.10	50	0.44	0.108	0.066	0.06	0.12
Case 12	1.20	50	0.44	0.101	0.054	0.05	0.11

3. 数値計算 極大波高が生じる各点に達する入射波と反射波の波高と波向をそれぞれ屈折計算の波向線法を用いて求める。ここで、各成分波の砕波後の波高変化を考慮するため、各成分波の波向線上の各点で浅水、屈折計算による波高Hと砕波限界波高Hbを計算する。そして、 $H > H_b$ を満たす点は砕波後の点とみなし、砕波点($H = H_b$)以後の各成分波の波高は指数関数的に減少するものとして次式²⁾により計算する。

$$H(x) = H_b \exp\left(-A \frac{x}{L_T}\right) \quad (1)$$

x: 砕波点からの距離 H_b : 砕波高 T: 周期

C_b : 砕波点における孤立波速 A: 係数

なお、係数Aの値は0.222とし、 H_b は合田の砕波限界式により求めた。各成分波の波速は、非砕波点では有限振幅浅水波速、砕波点および砕波後では孤立波速を用いる。極大波高は、各成分波のエネルギー・フラックスが合成されたものであるとして次式により計算する。

$$H_s = \sqrt{H_i^2 + H_r^2} \quad (2)$$

H_s : 合成波高 H_i : 入射波高 H_r : 反射波高

極大波の波向は、図-3に示すように、それぞれの波高を大きさを持つベクトルで各成分波を合成して求める。

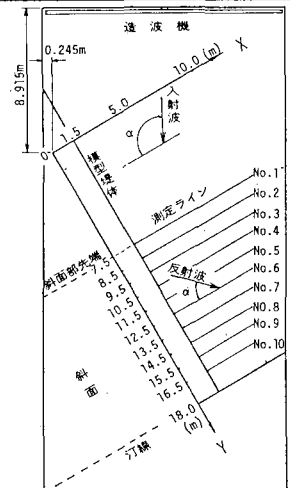
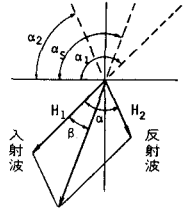


図-2 測定ライン・数値計算座標

4. 実験結果と数値計算結果との比較、考察 波高分布の実験結果と数値計算結果の一部を図-4に示す。横軸はy座標、縦軸の波高比はすべて一様水深部 ($h=0.35m$) における相当深波高 H_0 に対するものであり、実験値を黒点で示し、式(2)による数値計算結果を実線(K1)、砕波点を矢印で示す。また、極大波の波向の実験結果および数値計算結果の一部を図-5に示す。これらの図より以下のことがわかる。



i) 2方向波によって形成される極大波高は、非砕波領域では各成分波をエネルギー合成して求めると実験結果とよく一致する。しかし、砕波領域においては、各成分波のエネルギー合成結果は、実験結果と異なる傾向を示している。

ii) 合成波も進行波の砕波をしていると考え、砕波後の波高変形が指数関数的に減少するものとして数値計算した結果を破線(K2)で示す。この結果より合成波の砕波後の波高は砕波点からの距離に応じて指数関数的に減少すると言えよう。

iii) 各成分波の波高の大きさ、波向を方向としてベクトル合成により求めた極大波の波向は実験結果とよく一致している。このことは孤立波理論によれば $C = \sqrt{g(h+H)}$ 、波高 $H = r \cdot h$ (r :定数) の関係から、 $C = \alpha g H$ (α :定数) となり、砕波限界では波速と水粒子速度はほぼ等しいから、各成分波の水粒子速度をベクトルの大きさにとったことになる。

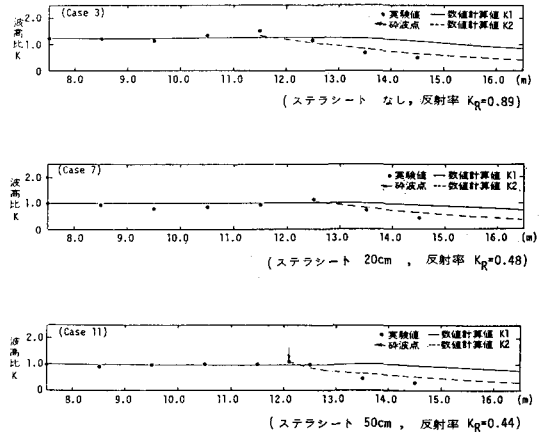


図-4 波高分布図

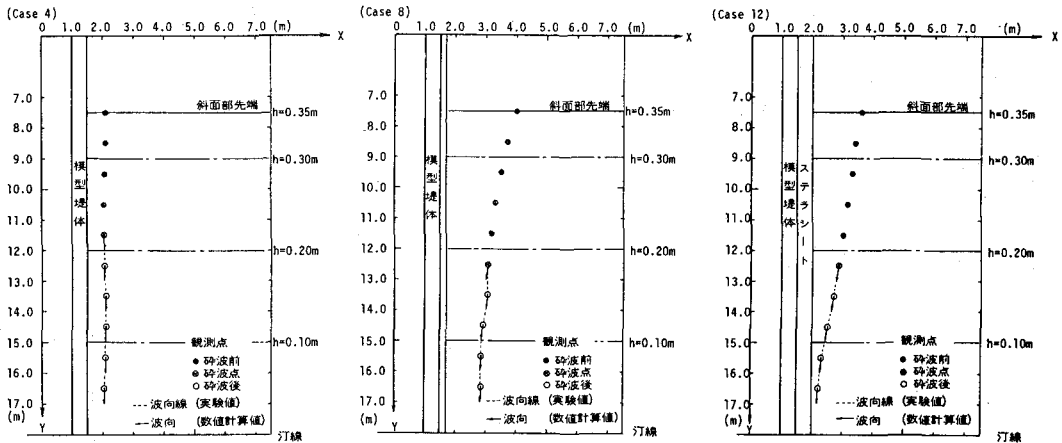


図-5 波向図

<参考文献>

- 1) Goda, Y. and Abe, Y.: Apparent coefficient of partial reflection of finite amplitude waves pp. 3~58 [Rept. Port and Harbour Res. Inst., Vol. 7, No.3, 1968]
- 2) Föhrbörter, A.: Air Entrainment and Energy Dissipation in Breakers, Proc. of 12th Coastal Eng., Vol. II, 1970