

砕波帯、波打帯の波形スペクトル

東北大学工学部 ○正会員 小川由信
東北大学工学部 正会員 首藤伸夫

1. はじめに

従来不規則波の砕波変形、波の遡上の問題はその多くが波別解析法で論じられている。しかしながら、現地海岸では様々な時間スケールの流体運動が存在するため、必ずしも波別解析法のみで現象を説明することはできない。そこで本研究では、現地データをもとにスペクトル法により波の遡上、砕波変形について検討する。

2. 観測方法

観測は茨城県大洗海岸で行なった。図-1に観測点の縦断勾配と測定機器の配置を示す。解析に用いたのは測点①②③の水面変動および波先端軌跡であり、以下これらを入射波、砕波帯の波、うちあげ、波先端と略称する。データは、時間間隔0.5秒、データ数2048(約17分)でF.F.T.で処理し、Hanningを10回用いて平滑化した。

3. 結果および考察

(1) 入射波と波先端の応答関係

図-2に入射波と波先端のパワースペクトルおよび入射波を入力とするクロススペクトルを示す。これらの応答関係は、最も単純に考えれば長周期成分のうちあげと波動成分のうちあげの重ね合わせで表わされるであろう。長周期成分波については二次元的な定常波とみなし、近似的に入射波の波高が進行波としての波高にほぼ等しいと考えると、応答関数 $H(f)$ と位相差 $\theta(f)$ は次式で表わされる。

$$H(f) = [J_0^2(4\pi \frac{lf}{\sqrt{gd}}) + J_1^2(4\pi \frac{lf}{\sqrt{gd}})]^{-\frac{1}{2}} \quad \text{-----(1)}$$

$$\theta(f) = \begin{cases} 0 & , J_0(4\pi \frac{lf}{\sqrt{gd}}) > 0 \\ \pi & , J_0(4\pi \frac{lf}{\sqrt{gd}}) < 0 \end{cases} \quad \text{-----(2)}$$

ここで、 l 、 d は入射波測点の水深および汀線からの距離、 J_0 、 J_1 は0次、1次のベッセル関数である。

一方、波動成分の応答関数は砕波に直接関係しており、その取扱いは難しい。また、Huntの式などのうちあげ高算定式は時間的に一定な set-up をも含むので変動成分間の応答関数を与えるものではない。Van Dorn²⁾によれば、規則波のうちあげ幅 ΔY (波先端軌跡の斜面方向の長さ) は、Shen-Meyer³⁾の理論から求まる式でほぼ表わされ、これから応答関数は次のように表わされる。

$$H(f) = \frac{\Delta Y}{H} \frac{g m^2}{16 H f^2} \quad \text{-----(3)}$$

ここで、 g 、 m は重力加速度、前共勾配である。また、 H は波高であり、ここでは波動成分(後述の反射率で区分される)の有義波と

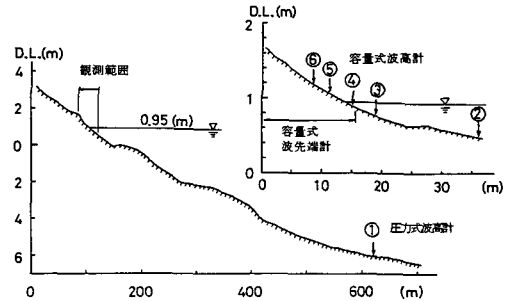
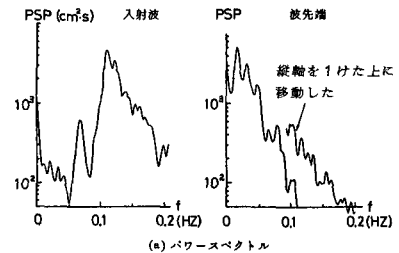
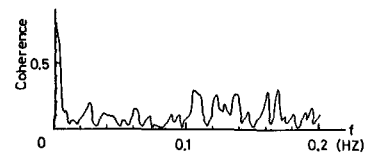
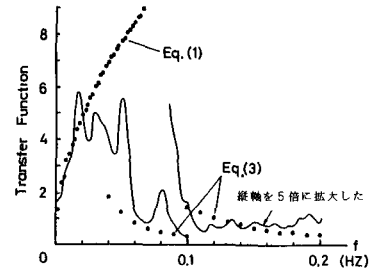


図-1 観測地点の縦断地形



(a) パワースペクトル



(b) クロススペクトル

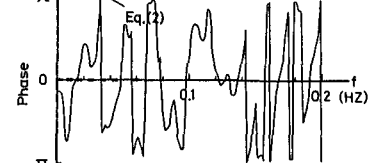


図-2 入射波と波先端の応答関係

考える。以上の式(1)~(3)から求まる値を図中黒丸印で示す。式(1), (2)による値は、0.06 Hz 付近を境に実測値と良く一致している。これら長周期成分と波動成分を区分するものは反射率であるが、現象から考えて成分波の反射率を求めることは意味がない。そこで、周波数に關し 0 から 57 までスペクトルを積分して得られる有義波高と平均周期を用い、Battjes の式、Miche の式から反射率を計算し、結果を図-3 に示す。実験的に得られた Battjes の式は実測値を良く説明しており、式(1), (3)の計算値と合わせれば入射波のスペクトルから波先端のスペクトルをある程度推定することができる。

次に、うちあげ高さを算定するためには、スペクトルの他に set-up 量を求めなければならない。Van Dorn の規則波の実験⁶⁾によれば斜面勾配が 0.02 以下の場合、うちあげ高さの 90 % 程度は set-up 量で占められる。そこで、ここでは次式⁷⁾による不規則波の平均うちあげ高さ $\bar{R}$ により set-up 量を推定する。

$$\bar{R} = K \bar{T} \sqrt{g H_{V3}} \tan \alpha \quad \cdots (4) \quad K = \begin{cases} 0.59 & K=0 \\ 0.74 & K=1 \end{cases}$$

ただし、 K は波高と周期の相関係数である。スペクトルから波動成分 (図-3 の Battjes の $r=0.5$ で分離) の $\bar{T}$, H_{V3} を求め、 $K=0.5$ として計算される $\bar{R}$ は 14.7 cm であり、これは実測値の set-up 量 16 cm とほぼ一致する。

(2) 砕波帯の波とうちあげ波の応答関係

図-4 に 砕波帯の波とうちあげ波のパワースペクトルおよび砕波帯の波を入力とするクロススペクトルを示す。この場合も前述の議論と同様に長周期成分で定常波、波動成分で進行波となっていることが予想される。そこで、図中に 線形定常長波および微小振幅進行波の解から求まる応答関数と位相差を黒丸で示す。図-3 の Battjes の反射率でこれらを区分すると、長周期成分については応答関数の傾向はほぼ一致するが、位相差はやや異なる。波動成分の位相差は 0.15 Hz 以上では進行波のものに一致するが、それ以下では一致せず 部分重複波になっていると考えられる。応答関数については この地点では砕波がかなり進行しているため 入射波のパワーが集中する 0.1~0.2 Hz では周波数に依らずほぼ一定 (浅水変形の 1/2) の割合で減衰している。

4. おわりに

限られた観測値ではあるが、入射波のスペクトルから波先端軌跡のスペクトルおよび set-up 量をある程度推定することができた。今後は 砕波変形過程をさらに検討し 波動成分の応答関係をより物理的に意味のあるものにしていく必要がある。

《参考文献》

- 1) Shuto, N; Coastal Eng. in Japan, vol 15, 1972, pp13-
- 2) 6) Van Dorn, W.G; I.C.C.E., 1976, pp 738-
- 3) Shen, M.C., Meyer, R.E; J.F.M. 16, 1963, pp 113-
- 4) Battjes, J.A. Proc. of I.C.C.E., 1974
- 5) Miche, R; Annales Ponts et Chaussees, 121^e Annee, 1951
- 7) Battjes, J.A; Report of Delft Univ. of Technology no.74-2

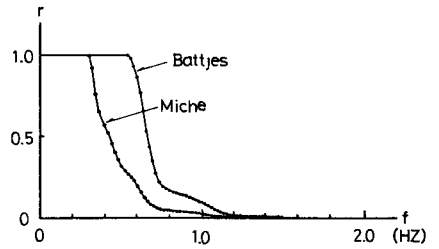
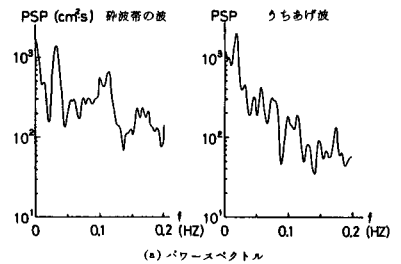
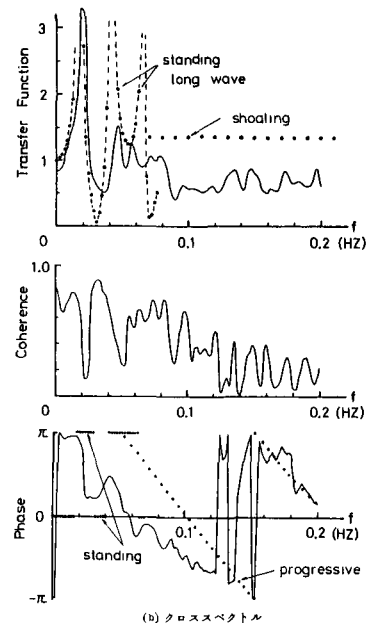


図-3 反射率



(a) パワースペクトル



(b) クロススペクトル

図-4 砕波帯の波と打ち上げ波の応答関係