

反射率の推定法について

愛媛大学工学部 正 員 伊福 誠
東洋建設(株) 正 員 〇弓山 泰
四国 N E S (株) 野中春輝

1. はじめに

反射率を推定するための入・反射波の分離法には Guza ら (1984) の方法がある。しかしながら、これは 2 次元の波浪場を対象としたものであり、波が汀線に対して斜めに入射する場合あるいは潜堤や離岸堤等の構造物周辺の流況は 3 次元性が強い。

こうしたことから、Guza らの入・反射波の分離法を 3 次元に拡張した入・反射波の分離法について述べるとともに、橋本・小舟 (1985) の方法 (MEP) や Longuet-Higgins ら (1963) の方法 (LHM) から得られる反射率との比較から分離法の有用性について検討する。

2. 3 次元を対象とした反射率の算出法

同一地点で得た水面変動量 η と岸沖方向流速 u および沿岸方向流速 v から岸沖方向および沿岸方向流速の入射波成分と反射波成分を分離する。

長波を仮定すると、岸沖および沿岸方向流速は

$$u = \eta \cos \theta \sqrt{g/h} \quad (1)$$

$$v = \eta \sin \theta \sqrt{g/h} \quad (2)$$

で与えられる。ここに、 g は重力加速度、 h は水深、 $\cos \theta = |u|/\sqrt{u^2 + v^2}$ 、 $\sin \theta = |v|/\sqrt{u^2 + v^2}$ である。

水面変動量、岸沖および沿岸方向流速が入射角成分と反射波成分の線形重ね合わせで表現できるものとすれば、

$$\eta = \eta_I + \eta_R \quad (3)$$

$$u = u_I - u_R \quad (4)$$

$$v = v_I - v_R \quad (5)$$

のように表される。ここに、添字の I, R は入射波成分、反射波成分を意味する。

式 (1), (3) および (4) から岸沖方向の入射波および反射波成分は次式で算出される。

$$u_I = \frac{1}{2}(\eta \cos \theta \sqrt{\frac{g}{h}} + u) \quad (6)$$

$$u_R = \frac{1}{2}(\eta \cos \theta \sqrt{\frac{g}{h}} - u) \quad (7)$$

また、式 (2), (3) および (5) から沿岸方向の入射波および反射波成分は次式で算出される。

$$v_I = \frac{1}{2}(\eta \sin \theta \sqrt{\frac{g}{h}} + v) \quad (8)$$

$$v_R = \frac{1}{2}(\eta \sin \theta \sqrt{\frac{g}{h}} - v) \quad (9)$$

不規則波を対象とする場合、式 (6) ~ (9) で算出される入射波および反射波成分のエネルギー密度を E_{xI} , E_{xR} および E_{yI} , E_{yR} とすると、反射率は次式で算出される。

$$K_R = \frac{\sqrt{E_{xR}^2 + E_{yR}^2}}{\sqrt{E_{xI}^2 + E_{yI}^2}} \quad (10)$$

3. 実験方法および実験結果

実験は多方向不規則造波装置を持つ東洋建設(株)の平面水槽において行われた。計測機器は容量式波高計と超音波流速計である。実験条件、実験結果は表 1 に示す通りである。方向関数は光易型を用い、方向関数の集中度を表すパラメーター S は、合田らの式を採用した。サンプリングタイム Δt は 0.05 s、データ数 N は 2048 個である。

表 1 実験条件および実験結果

Run No.	significant wave		$S_{\max}$	principal direction(degree)
	height (m)	period (s)		
IW-1	0.1	1.5	—	0
IW-2	0.1	1.5	—	15
IW-3	0.1	1.5	—	30
IW-4	0.1	1.5	—	45
IW-5	0.1	1.5	10	0
IW-6	0.1	1.5	25	0
IW-7	0.1	1.5	50	0

4. 観測方法および観測結果

観測場所は愛媛県松山市梅津寺海岸の防波堤の沖合い 120 m の所である。観測日時は 1983 年 1 月 8 日および 1983 年 3 月 17 日である。観測機器は圧力計 1 台と電磁誘導型流速計 3 台を使用した。観測海岸の平均の海底勾配は 0.03、観測点付近の海底勾配は 0.01、水深は 0.72 ~ 3.39 m、有義波高は 0.44 ~ 1.39 m、有義波周期は 4.42 ~ 7.52 s であった。サンプリングタイム Δt は 0.2 s、データ数 N は 2048 個である。なお、解析に用いた流速のデータは海底から 0.985 m の高さにおけるものである。

5. 解析結果

図1は実験水槽のRun No.IW-2のデータをもとに計算した反射率を示したものである。これによると、特性法による反射率は、LHMおよびMEPによる値とよく一致する。図2および図3は梅津寺海岸における3月のデータをもとに計算した反射率を示したものである。図2では、特性法による反射率は0.07 Hzより低周波数側を除けばMEPのそれよりも小さく、とくにピーク周波数付近ではMEPの1/3程度である。自然海岸における反射率が0.05～0.2程度であることを考えれば、提案した反射率の推定法は有用ではないかと考える。図3では、ピーク周波数より低周波数側では特性法による反射率はLHMとMEPの間にあるが、高周波数側では特性法の2次元の反射率はLHMおよびMEPより大きい。全体に図2より反射率が高いが、これは潮位の低下に伴い汀線から観測機器設置点との距離が減少したためではないかと考える。

図4は ξ_0 ($\xi_0 = \tan\beta / \sqrt{(H/L)_0}$; $\tan\beta$: 海浜勾配)と3次元の特性法によって算出した反射率との関係を示したものである。1月のデータは水深、有義波高、有義波周期および碎波頻度がほぼ同一であるため反射率に顕著な差は見られない。一方、3月のデータは水深の減少とともに汀線から観測機器の設置点までの水平距離は減少し、有義波周期は徐々に長くなり碎波頻度も増大するため ξ_0 が増大するにつれて反射率は増大する。こうした傾向は Battjes が得た surf similarity parameter と反射率との関係とよく似ている。

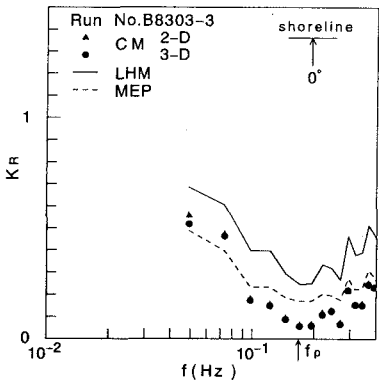


図2 反射率（梅津寺 水深 3.08 m）

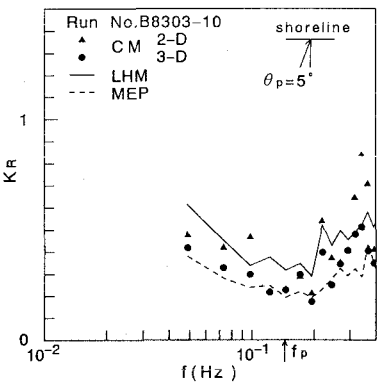


図3 反射率（梅津寺 水深 1.65 m）

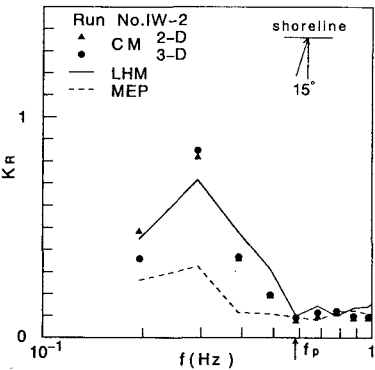


図1 反射率（実験水槽）

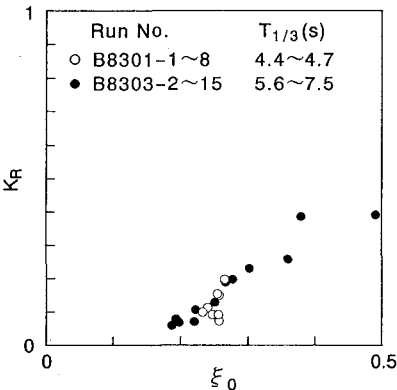


図4 ξ_0 と反射率との関係