

海浜流に及ぼすエッジ波の影響

京都大学防災研究所 正会員 土屋 義人
 京都大学防災研究所 正会員 河田 恵昭
 京都大学大学院 学生員 錦織 慎

1. 緒言 エッジ波の海浜流に及ぼす影響を明らかにするため、重複エッジ波と進行波が共存する場合のラディエーションストレスを計算し、Wave set-upおよびset-downを算定するとともに、一様勾配海浜における沿岸流の特性を検討する。

2. ラディエーションストレスの表示 図-1に示すように、Y: 汀線方向にx軸、沖方向にy軸、鉛直上方にz軸をとり、一様勾配の海浜に重複エッジ波 $\eta_e = a_e \text{Ln}(2ke y) \exp(ke y) \cos ke x \sin \sigma t$ と入射角 θ の進行波 $\eta_p = a_p \cos(k_p y + \sigma t)$ とが共存する場合について考えると、ラディエーションストレスは、つぎのようになる。

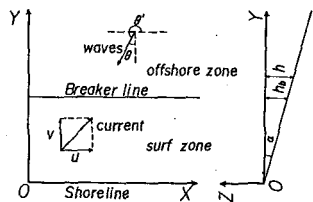


図-1 座標系と変数の定義

$$S_{xx} = E_p \frac{C_g}{C} \sin^2 \theta + \frac{E_e}{2} (2C_g - 1) + E_e \left\{ \frac{2ke h}{(2n+1) \sin \alpha} \sin^2 ke x + \cos^2 ke x \right\} L_n^2 \exp(-2ke y) \text{-----(1)}$$

$$S_{yy} = E_p \frac{C_g}{C} \cos^2 \theta + \frac{E_e}{2} (2C_g - 1) + E_e \left\{ \frac{2ke h}{(2n+1) \sin \alpha} (L_n - L_n')^2 + L_n^2 \right\} \exp(-2ke y) \cos^2 ke x \text{-----(2)}$$

$$S_{xy} = E_p \frac{C_g}{C} \sin \theta \cos \theta - E_e \left(\frac{2ke h}{2(2n+1) \sin \alpha} \right) L_n (L_n' - L_n) \exp(-2ke y) \sin 2ke x \text{-----(3)}$$

ここに、添字 e, p はそれぞれエッジ波および進行波を表し、 n : エッジ波のモード、 α : 海浜勾配、 C および C_g : 波速および群速度、 E : 波のエネルギー、 ke : 波数、 σ : 角振動数、 L_n および L_n' はラゲール級数およびその1階の導関数で、次式で表される。

$$L_n = \sum_{r=0}^n (-1)^r n! C_r (2ke y)^r / r!, \quad L_n' = 2 \sum_{r=1}^n (-1)^{r-1} n! C_r (2ke y)^{r-1} / (r-1)! \text{-----(4)}$$

図-2は進行波と重複波の波高比が10とし、後者の腹の部分におけるラディエーションストレスの比のモードによる変化を示した1例であり、計算条件は図中に示してある。これらから、重複エッジ波のラディエーションストレス S_{xxE} および S_{yyE} はいずれも進行波のそれらの $1/100 \sim 1/1000$ のオーダーに

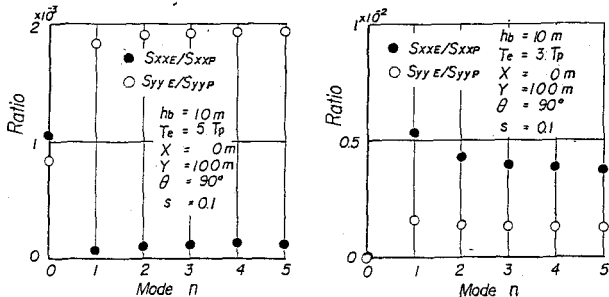


図-2 ラディエーションストレスの比のモードによる変化

なり、モードが零の場合を除いてモードによる変化は小さいことがわかる。また、重複エッジ波の周期と進行波の周期の比 m が大きくなると沖方向のラディエーションストレスの比が沿岸方向のそれと比べて大きくなることが認められる。さらに勾配が緩くなると、図-2に示したオーダと同じであるが、ある特定のモードで大きくなることが見出される。

3. Wave set-up および set-downの算定 いま、水深が十分浅い場合を対象とすれば、砕波後の波高をBowenにならって、 $H = \gamma(d_0 + h)$ とおけば Wave set-up は次式のようにになる。

$$\bar{\eta}_u = K(h_B - h) + \eta_B + \frac{2\epsilon c E c}{\tan \alpha} \cdot \frac{1}{\epsilon g(1 + \frac{8}{3}r^2)} \log \frac{h_P}{\eta_{up}} \quad K = [1 + \frac{8}{3}r^2]^{-1} \quad (5)$$

ここに、 η_{up} は重複エッジ波がない場合の進行波のみによる wave set-up であり、 η_B は次式で与えられる砕波点における wave set-down である。つぎに、wave set-down は次式のようになる。

$$\bar{\eta}_d = -\frac{1}{16} H_0^2 k_{ep} \frac{\coth^2 k_{ep} h}{(k_{ep} h + \sinh k_{ep} h \cdot \cosh k_{ep} h)} - \frac{1}{8} H_0^2 k_{ep} \left\{ \frac{2(Ln' - Ln)^2}{(2n+1)\sin \alpha} + \frac{Ln^2}{k_{ep} h} \right\} \exp(-2k_{ep} y) \quad (6)$$

図-3 は海浜勾配、重複エッジ波の周期を変化させて場合の重複エッジ波と進行波による汀線における wave set-up の比のモードによる変化を表したものの1例である。これから wave set-up はモードの増加とともに指数的に減少し、また、wave set-down では1以上ではほぼ一定になることが見出される。

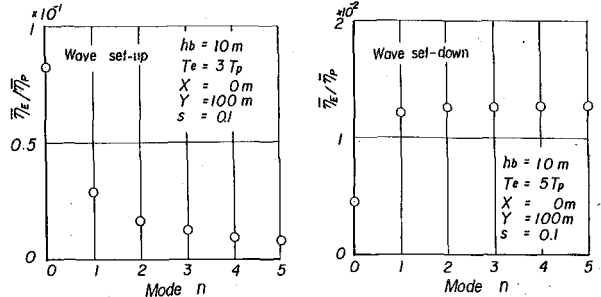


図-3 Wave set-up および set-down のモードによる変化

これら両者のオーダの比較から、やはり wave set-up に及ぼす重複エッジ波の影響が set-down に比べて10倍程度であることがわかる。

4. 沿岸流に及ぼすエッジ波の影響 前述した結果から、重複エッジ波の海浜流への影響の大きさが進行波によるものの1%程度であると推定されるので、近似的な取扱いとして、沿岸方向にそれに変化しないと仮定し、解析解を求めることにする。Longuet-Higgins にならってラティエーションストレス、水平拡散および底面摩擦がバランスしているとすれば、重複エッジ波のモードが2の場合の無次元沿岸流速 U は、つぎのようになる。

$$U = \begin{cases} B_1 Y^{\frac{1}{2}} + A Y^{\frac{1}{2}} + (B_2 Y^{\frac{1}{2}} + C Y^{-\frac{1}{2}}) \exp(-KY) & 0 < Y < 1 \\ B_2 Y^{\frac{1}{2}} & 1 < Y < \infty \end{cases} \quad (7)$$

ここに、 $U = u/u_0$, $Y = y/y_0$, $K = k_{ep}$, $A = 1/(1 - 5/2P)$,

$$P_1 = -3/4 + (9/16 + 1/P)^{1/2}, P_2 = -3/4 - (9/16 + 1/P)^{1/2}, B_1 = \frac{P_2 - 1}{P_1 - P_2} A + \frac{P_2 - 1}{(P_1 - P_2)(P_1 - 1)} \exp(-2KY) (B + C)(P_1 + K) - \frac{1}{2}(B - C),$$

$B_2 = \frac{P_2 - 1}{P_1 - P_2} A + \frac{1}{P_1 - P_2} \exp(-2KY) \{ (B + C)(P_1 + K) - \frac{1}{2}(B - C) \}$, $B = 10^4/21D$, $C = -1/3D$, $D = (6\epsilon c^2 E c) / (k_{ep}^2 \alpha^2 g \sin \theta_{10})$ である。上式の沿岸流流速分布を図-4に示す。図よりエッジ波による影響は汀線近傍で顕著に現れ、エッジ波が共存する場合の方が汀線近傍における沿岸流流速はかなり大きくなるという。

5. 結語 ここでは、海浜流に及ぼすエッジ波の効果を明らかにすることを目的として、2, 3の結果を示した。今後、さらに数値解を求めて、より詳細な検討を加えることにしたい。

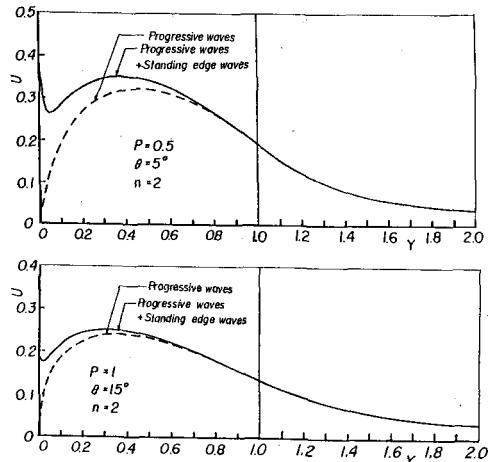


図-4 重複エッジ波が存在する場合の

沿岸流流速分布