II－21　越波と打上げ高の関連性

東京工業大学　正員　河野二夫
東京工業大学大学院O学生員　片岡眞二

§1. はじめに

今まで越波に関しては、多くの研究者による研究があり、定性的なことはかなりわかってはいるが、定量的に現象をとり扱っているものは少ない。筆者らは、越波の現象に海水路における、せきの考えを用いることによって、越波量を理論的にもとめることを試みてきた。

今回は、この考えが広い範囲に適用できることをのべ、そのさい重要な役割をしている打上げ高比の性質について説明した。また越波量の推定の元となる、斜面上での重複波現象についての、理論的な解析をも試み、これを使って、越波量をもとめる簡単な方法を説明した。

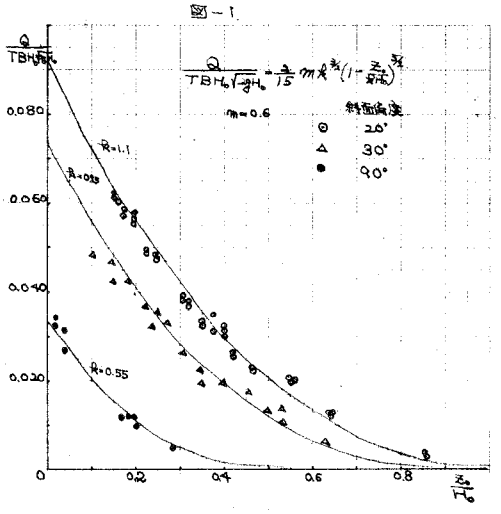
§2. せきの考え方

今堤防は、せきであると考え、越波はせきの内側の水位が非定常である場合の越流であると考える。一周期当りの越波量は、(2.1)式で表わされる。

$$Q = B H_0^{3/2}\sqrt{2g}\cdot\frac{2}{3}m k^{3/2}\int_{t_1}^{t_2}\left(F(t)-\frac{Z_0}{kH_0}\right)^{3/2}dt$$

ここで　Qは一周期当りの越波量、Bは水路巾、H_0は沖波波高、gは重力の加速度、mは定常流のせきの越流係数、kは打上げ高と沖波波高の比 $k=R/H_0$、Rは打上げ高、Zは静水面からの上昇高、F(t)は時間関数で $F(t)=Z/R$、Z_0は静水面からの天端高、t_1は一周期中における越波のはじまりの時刻、t_2は一周期中での越波の終る時刻。(2.1)式を考えると、せきの場合の上流側の位置のエネルギー高に相当するのがH_0で、越波しているときの越流係数に相当するものが $\frac{2}{3}\frac{m}{T}k^{3/2}\int_{t_1}^{t_2}\left(F(t)-\frac{Z_0}{kH_0}\right)dt$ だと仮定する。　Tは波の周期である。

図－1



H_0、F(t)は波形が与えられれば定まる。打上げ高比kは波形や斜面の傾斜角、風などのようにエネルギーに影響を与える要素に対して変化するものと考えられる。従って波のいろいろの要素をすべてkにしわよせしたと考える。(2.1)式を無次元化すると(2.2)式となる。

$$\frac{Q}{TBH_0\sqrt{2gH_0}}=\frac{2}{3}m k^{3/2}\frac{1}{T}\int_{t_1}^{t_2}\left\{F(t)-\frac{Z_0}{kH_0}\right\}^{3/2}dt \qquad (2.2)$$

波を三角波で近似すると(2.2)式は(2.3)式となる。

$$\frac{Q}{TBH_0\sqrt{2gH_0}}=\frac{2}{15}m k^{3/2}\left\{1-\frac{Z_0}{kH_0}\right\}^{3/2} \qquad (2.3)$$

§3. 斜面上での重複波について

越波を生じていないときの状態、すなわち重複波を起しているときの斜面上の水の動きは一応問題となる。図-2のように水平底水路の先に斜面が付いている型内での水の動きについては図-2内の流線のように仮定すると、逆三角形内での水粒子の動きについては Lamb が傾角120°の場合に提案してい

る式を参考として、任意の角に適用できるように(3.1)式を仮定する。但しαは新しく考えた定数である。

$$\phi + i\psi = iA(x+i\alpha y)^3 + B \qquad (3.1)$$

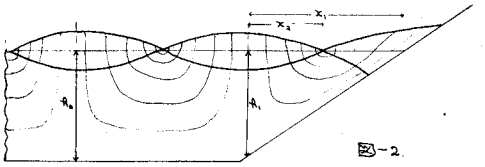
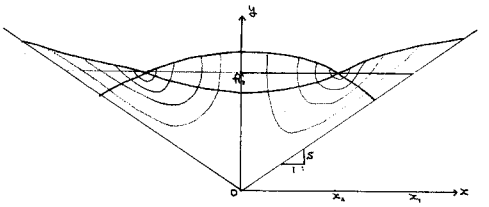


図-2.

斜面勾配をsとすると、境界条件 $\psi=0$ で $x=0$, $\pm x_1$ 及び表面の条件 $\sigma^2\phi = g\frac{\partial\phi}{\partial y}$ と $y=h_1$ で $\sigma^2 = g/h_1$ を用いると



$$\phi = A\left\{\alpha^3y^3 - 3\alpha y x^2 + 2\alpha^3 h_1^3\right\}\cos(\sigma t+\varepsilon) \qquad (3.2)$$

となる。y方向の水の変位は

$$\xi = \frac{1}{g}\left[\frac{\partial\phi}{\partial t}\right]_{y=h_1} = -\frac{3A\alpha\alpha^2h_1^3}{g}\left\{1-\frac{x^2}{\alpha^2h_1^2}\right\}\sin(\sigma t+\varepsilon) = -\frac{H_1}{2}\left\{1-\frac{1}{\alpha^2}\left(\frac{x}{h_1}\right)^2\right\}\sin(\sigma t+\varepsilon) \qquad (3.3)$$

波線は $\psi = Const$ より定まり、$y = s\sqrt{x^2+c^2}$ で表わせる。cは定数。

打上げ高は(3.3)式に $x = h_1/s = \sqrt{3}\alpha h_1$ を代入することによって $R = H_1$ となる。次に図-2について考えると、峯のできる位置は(3.3)式より $x_2/x_1 = 0.578$ となりこれは斜面角度によらない。ここで問題となるのは H_0 と H_1 の値を結びつけることである。そこで簡単の為にグリーンの公式を使用して斜面上に入っても、それ程とエネルギーには変化がないものとする。

$$\frac{H_1}{H_0} = \left(\frac{h_0}{h_1}\right)^{\frac{1}{2}}\left(\frac{h_0}{h_1}\right)^{\frac{1}{4}} \qquad\qquad \frac{R}{H_0} = \frac{R}{H_1}\cdot\frac{H_1}{H_0} = \left(\frac{h_0}{h_1}\right)^{\frac{1}{4}}$$

h_1 の水平位置については、本図におけるハンケル関数表示を使用して求めると、摩擦損失や、風の影響のない場合については打上げ高比などを計算により求めることが可能となる。

§4. 実験結果

堤防前面の法面の傾斜角が20°, 30°, 90°の場合を行い、W.E.S.の傾斜角9.5°の風有や風無の実験をも参考にした。波の性質は周期波である。打上げ高比 $\frac{R}{H_0}$ は傾斜角、風の状態が同じであるものの実験値の平均をとる。εは正確には解らないが、越波を考えて0.6と仮定する。実験を整理すると図-1となる。よく計算値と合っている。斜面角と越波量の関係については、今まで斜面角が20°~30°の間において越波量の最大を示すような限界勾配が存在すると云われているが、同様に打上げ高においても岩盤の周期波の実験において20°~30°の間で最大が見られることから、越波量をRについて表示することが妥当なように思われる。

§5. まとめ

越波の現象をせきの考えを用いることによって充分に説明できた。

斜面角度、斜面上の粗度、風の有無などのように波のエネルギー状態を変えようとする要素に対しては、それぞれに対応するような、波の打上げ高比を用いることによって説明される。

§6. 参考文献

樋口、河野「海岸堤防の越波に関する基礎的研究(1)」、第14回海岸工学講演会

Lamb. Hydrodynamics P 442

岩垣「のり面上の波の遡上機構に関する実験的研究」第14回海岸工学講演会