

人工リーフ上の規則波による越波量推定モデルについて

大阪府 正員 ○井上 泰正 大阪大学工学部 正員 橋本 亨
大阪大学工学部 正員 出口 一郎 韓国慶南専門大学 正員 朴 相吉

1. まえがき：近年、越波あるいは海岸侵食等に対する海岸防災のみならず、親水性海岸の造成という海岸利用の見地からも面的防御工法が注目を集めている。しかしながら、面的防御工法が施工されるような海岸における堤防の越波量を精度良く推定できる手法は未だ確立されておらず、また従来の算定式を準用することはできない。本研究では、面的防御工法の一つの例として人工リーフ工法をとり上げ、人工リーフが設置された海岸における規則波による越波量推定モデルの確立を目的としている。

2. 越波量推定手法：越波量算定の基本式としては、越波現象を堰の越流に近似した吉川らによる式を堤体前面の入射波諸元を用いることにより無次元化した次式を用いた。

$$Q/\sqrt{g L_i H_c} = 4/3 m k \sqrt{H_c/L_i} \int_{H_c/L_i}^{H_c/L_i} \{F(\eta) - H_{cH_c}^{1/2} d(\eta)\} d(\eta) \quad (1)$$
 ここに、 Q は単位幅単位時間当たりの越波量、 H_i は入射波高、 L_i は入射波長、 H_c は平均水位上の堤防天端高、 $F(\eta)$ は越波時の時間波形、 m は越流係数(0.5)、 g は重力加速度、 k は越波係数、 T は周期、 η はそれぞれ堤体前面の水位が最大となる時刻及び天端に等しくなる時刻を示す。(1)式中、 H_i 及び L_i の推定に際しては首藤の非線型長波理論に基づく浅水変形計算及び Battjes の bore モデルに基づく碎波変形計算によって求め、碎波条件式としては原則として合田によるものを用いた。また、時間波形 $F(\eta)$ としては便宜上正弦波($\sin \pi \eta$)を考え、実際の波形との差異は越波係数 k に含めて考えることにする。従って、 k の値が他のパラメーターによって表現できれば(1)式によって越波量が算定できることになる。著者らは、まず既往の実験データ(一様勾配斜面上)を堤体前面の入射波諸元を用いて再整理し、入射波の碎波点を基準としてその沖側(重複波領域)と岸側(碎波領域)の無次元越波量が明確に分離されることを確認した。よって重複波領域の k の値 k_c と碎波領域の k の値 k_b の特性について個別に考察することにする。なおその際 k_c 及び k_b の値は既往の一様勾配斜面上における実測の越波量を(1)式に代入し逆算することによって求めた。まず、重複波領域の k_c について相対天端高 H_c/H_i との関係を見たのが図1である。図より k_c は多少のバラツキは認められるものの、ほぼ H_c/H_i によって一様に増加していることがわかる。従って k_c を H_c/H_i のみの関数とみなし、最小自乗法によって回帰直線を求めた結果、次式を得た。

$k_c = 0.594(H_c/H_i) + 0.390 \quad (2)$ 次に、碎波領域の k_b について検討する。人工リーフを設置する目的、あるいはその機能の考えると碎波領域における高精度の越波量予測こそ

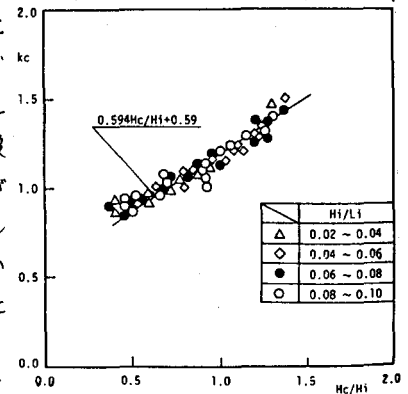


図1 重複波領域における k_c

Yasumasa INOUE, Toru SAWARAGI, Ichiro DEGUCHI, Park SANGKIL

が、人工リーフ上の精度良い越浪量予測につながることは言うまでもない。図2は砕波領域の k_b と H_c/H_i の関係を示したものである。 k_b は k_c と同様に H_c/H_i の増加と共に増加しているが、同一の H_c/H_i に対しては k_c よりも大きな値を示しそのバラツキも大きいことが特徴的である。また k_c と同様 H_c/H_i の変化に対しては有意な変化を示さない。次に、このバラツキの原因を明らかにするために k_b と X_i/L_b の関係をみたのが図3である。 X_i は砕波点から堤体までの水平距離、 L_b は砕波波長であり、 $X_i/L_b < 0$ の領域に k_c の値も示してある。図3よりわかるように、 k_c は X_i/L_b に関係せず H_c/H_i が同一であればほぼ一定値を示すが、 k_b は X_i/L_b の増加に伴って増加し X_i/L_b がほぼ0.5以上になると一定値を示す傾向をもつ。このことは、堤体を設置した場合、重複波領域と完全な砕波領域の間に遷移領域が存在することを意味するものであり、図に示される様にその領域における k_b の変化は直線的であるとみなしてよい。従ってまず図3における k_b のうち $X_i/L_b < 0.5$ のデータをomitして H_c/H_i による回帰直線を求めた結果次式を得た。 $k_b = 0.620(H_c/H_i) + 0.877 - 0.1$ また、遷移領域($X_i/L_b < 0.5$)の k の値は同一の H_c/H_i に対しては X_i/L_b のみの関数となり、次式で表現できる。

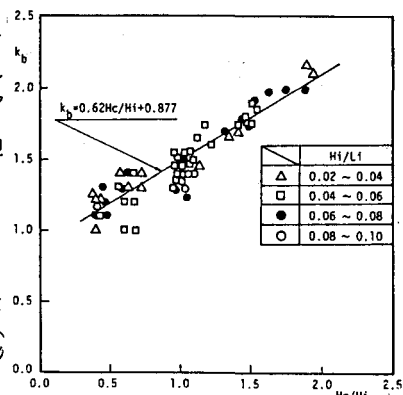


図2 砕波領域における k_b

$k = 2 \cdot (k_b - k_c) \cdot X_i/L_b + k_c - 0.1$ 以上のことより、砕波領域の越浪量は $X_i/L_b > 0.5$ の領域では(3)式を、 $0 \leq X_i/L_b \leq 0.5$ の領域では(4)式を(1)式に代入することによって算定できる。

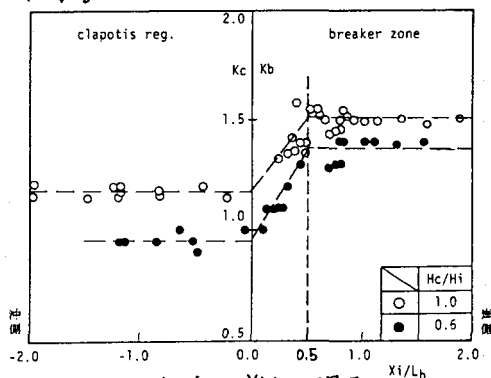


図3 k_c, k_b と X_i/L_b の関係

3. 実験値との比較：実験は、2次元水槽を用いて行い、人工リーフ模型は法勾配1/2を有する水平床(固定床)とした。また堤防は鉛直堤とし、 $X_i/L_b = 0 \sim 3.0$, $H_c/H_i = 0.3 \sim 2.0$, $H_i/L_i = 0.02 \sim 0.12$ の約150ケースについて行った。結果の一例を図4に示す。縦軸は(1)式左辺に基づく無次元越浪量 q 、横軸は相対天端高さ H_c/H_i を示している。なお図中実線は本モデルによる計算値を示す。図より本モデルが十分な精度で人工リーフ上の越浪量を推定できることがわかる。

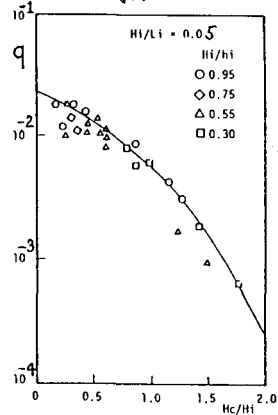


図4 実験値との比較

4. おわりに：本推定モデルは、堤体前面の入射波諸元を用いて越浪量を算出するモデルであり、堤体前面の複雑な海底地形の影響を考慮しなくてよい。また、堤体前面の入射波諸元は先に述べた2次元の波浪変形計算によって求められることから、本モデルは人工リーフの有無にかかわらず適用可能であるが、その推定精度は波浪変形計算手法の算定精度に大きく依存することは言うまでもない。