鉛直堤の越波量算定式に関する二、三の考察

関西大学工学部　正員　井上雅夫　(株)鴻池組　正員○妹尾平八
(株)トータル・システム・プランニング　二井俊成　関西大学大学院　学生員　柳瀬勝久

1. まえがき

従来，重複波水深領域の波を対象とした越波量の算定式がいくつか提案されてきており，それらには一応の適用限界や実験定数などが示されているものの，総合的な比較検討がほとんど行われていないことから，不明確な点も数多いと思われる。したがって，本研究では，実験値との適合性から，各算定式に若干の検討を加えるものである。

2. 越波量算定式

本研究で対象とした越波量算定式は，以下の6公式である。すなわち，波の打ち上げ時間波形を用い，越流ぜきの流量計算の考え方から導かれた吉川・椎貝らの公式(正弦および三角波形)および高田公式(Miche式による時間波形)，また，波の打ち上げ空間波形を用い，堤防天端上の波形容積と1周期当りの越波量を関連づけて導かれた近藤公式(孤立波波形)および高田公式(第2次近似式による空間波形)，さらに，越波を開水路の非定常流に近似できるとして，微小振幅波理論より，水位と流速の積から導いた井上公式である。

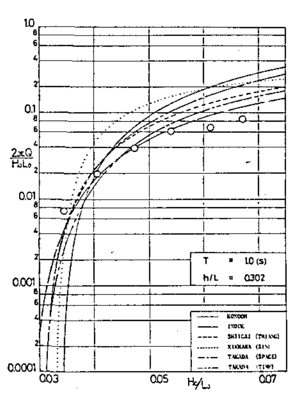
なお，これらの各式には，井上公式を除くすべてに越波量係数が含まれており，越波量の推算にはその選択がもっとも重要であるが，本研究では，係数を考察する以外は，表−1の値を用いて計算した。

表−1　越波量係数

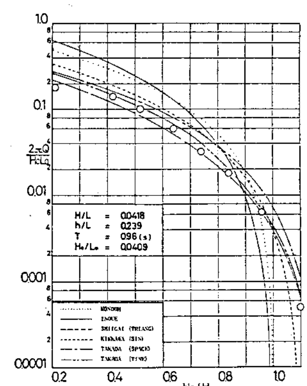
近藤公式（孤立波）	α	0．1
吉川・椎貝・河野公式（三角波）	m	0．5
	k	1．2
吉川・椎貝・河野公式（正弦波）	m	0．5
	k	1．1
高田公式（時間波形）	C	$Hc/H \leqq 0.7$ ： $C=0.65$ $Hc/H > 0.7$ ： $\mathrm{Log}\,C=0.2539-0.63\,(Hc/H)$
高田公式（空間波形）	a	$a=9.3\,((R-Hc)/H)^{0.5}\,(H_o/L_o)$ R：第2次近似式による波の打ち上げ高さ

3. 計算結果および考察

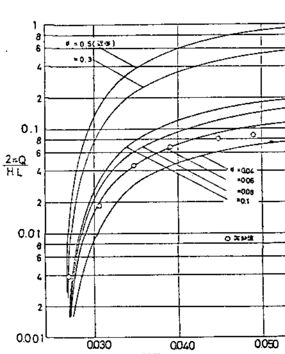
ここでは，著者らの行った実験も含めて12ケースの実験値と計算値の適合性を調べたが，その一例を図−1および図−2に示す。図−1の縦軸は無次元越波量 $2\pi Q/H_0L_0$，横軸は沖波波形勾配 H_0/L_0 であるが，波高が大きくなるといずれの計算値も実験値を上まわるようになり，このことは他のケースについても同じ傾向を示した。また，図−2の横軸は天端高波高比 Hc/H であり，天端高が大きくなると計算値にはかなりの差が生じてくることがわかる。こ



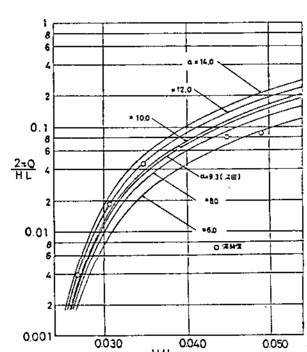
図−1　計算値と実験値との関係（波高）



図−2　計算値と実験値との関係（天端高）



図−3　近藤公式による無次元越波量



図−4　高田公式（空間波形）による無次元越波量

Masao INOUE , Heihachi SENOO , Toshinari NII , Katuhisa YANASE

れらのことより，越波量係数として，一義的に表－1のような値を用いることは疑問であり，波の特性などによって適当な係数を決める必要がある。したがって，図－3および図－4では，近藤公式と高田公式(空間波形)を例にとって越波量係数についての検討を行った。図－3において，$\alpha=0.5$ は近藤が浅水域での越波に対して示した値であるが，このケース($h/L=0.273$)では，$\alpha=0.06$ のとき実験値にもっともよく適合している。また，図－4において，$a=9.3$ は高田が示した係数であるが，波形勾配が 0.04 を越えると，この値を 6.0 程度にした方が適合性がよくなる。このように，たとえば波形勾配ごとに係数を決めるなどすれば，もっとも精度よく越波量を推算できるが，実験値からの変動係数が最小であった公式については，適当な定数を乗じるだけである程度の精度が期待できるはずである。それらの係数を再検討した結果を，適用範囲とともに表－2に示した。

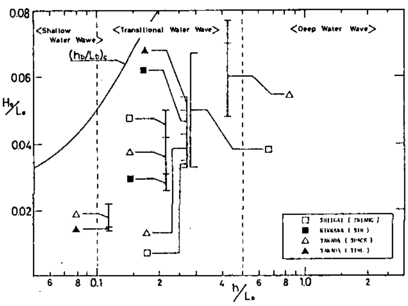
また，逆に，これまでのように表－1で示した係数を用いて越波量を推算する場合には，波高と水深によって適合性のよい算定式も異ってくることが考えられる。したがって，波の分類上のどの領域においていずれの算定式の適合性がもっとも優れているかを図－5に整理した。これによると，たとえば同じ波高であっても水深が変化すれば適合性のよい算定式も異なることがわかり，単に波形勾配あるいは相対水深だけでは算定式の適用範囲は決定できないであろう。このことから，図－6は，横軸に沖波波形勾配をとり，パラメータを相対水深として，適合性の優れた算定式からの越波量曲線を示した。これから，同じ波高であっても，水深が変われば越波量も異なり，また，適合する算定式も一つであるとは限らないことがわかる。同様に，図－7は，横軸に天端高波高比をとったものであるが，天端高の変化に対しても，前述してきたように，波高と水深によって適合性のよい算定式が異ってくる。

4. 結語

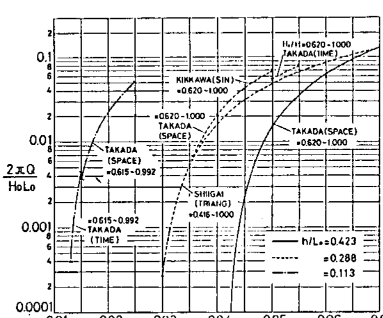
以上，越波量係数の決定および各式の適用範囲などについて若干の知見を得たが，それらは実験的に決定されるものであり，今後，さらに系統的な実験的検討が望まれる。

表－2 変動係数からみた越波量係数の検討

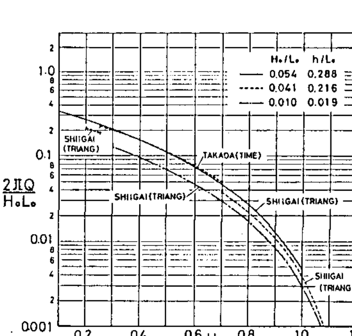
	適用範囲	最も変動が小さい推算式	変動係数	従来の係数	補正後の係数
波高の変化	$h/L_0=0.420$ $0.048\leqq H_0/L_0\leqq0.077$	近藤公式	0.208	0.1	0.058
	$h/L_0=0.288$ $0.034\leqq H_0/L_0\leqq0.067$	吉川らの公式（三角波）	0.241	1.2 (K)	1.136
	$h/L_0=0.288$ $0.034\leqq H_0/L_0\leqq0.054$	近藤公式	0.046	0.1	0.048
	$h/L_0=0.214$ $0.026\leqq H_0/L_0\leqq0.048$	吉川らの公式（正弦波）	0.170	1.1 (K)	0.966
	$h/L_0=0.113$ $0.014\leqq H_0/L_0\leqq0.022$	吉川らの公式（三角波）	0.123	1.2 (K)	0.910
天端高の変化	$h/L_0=0.288$ $H_0/L_0=0.054$ $0.250\leqq H_c/H\leqq1.000$	近藤公式	0.196	0.1	0.030
	$h/L_0=0.216$ $H_0/L_0=0.041$ $0.200\leqq H_c/H\leqq1.100$	高田公式（空間）	0.107	0.65	0.553
	$h/L_0=0.019$ $H_0/L_0=0.010$ $0.464\leqq H_c/H\leqq1.096$	吉川らの公式（正弦波）	0.038	1.1 (K)	0.773
水深の変化	$0.160\leqq h/L_0\leqq0.269$ $H_0/L_0=0.054$	井上公式	0.144	–	0.36
周期の変化	$0.112\leqq h/L_0\leqq0.419$ $0.015\leqq H_0/L_0\leqq0.060$ $0.83\leqq T(s)\leqq1.6$	高田公式（空間）	0.116	9.3	8.742
	$0.072\leqq h/L_0\leqq0.400$ $0.013\leqq H_0/L_0\leqq0.073$ $0.85\leqq T(s)\leqq2.0$	高田公式（時間）	0.202	0.65	0.513
	$0.113\leqq h/L_0\leqq0.419$ $0.022\leqq H_0/L_0\leqq0.077$ $0.83\leqq T(s)\leqq1.6$	高田公式（時間）	0.124	0.65	0.568



図－5 波高と水深による算定式の適合性



図－6 波高に対する算定式の適合性



図－7 天端高に対する算定式の適合性