

関西大学大学院 学生員 〇柳 瀬 勝 久
 関西大学工学部 正 員 井 上 雅 夫

1. ま え が き : 従来、深水重複波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おり、それらには一応の適用限界や越波量係数などが示されているが、他の領域についてはあまり示されておらず、総轄的な比較検討はほとんど行われていないようである。したがって、本研究では、より広範囲な領域について実験値との適合性から、各算定式について若干の検討を行った。

2. 越波量算定式 : 本研究では、深水重複波領域以外の領域についても考察するため、図-1に示した波の分類に基づき、図中にプロットした点の条件において検討を行った。越波量算定式については、以下の六つの式を対象とした。すなわち、波の打ち上げ時間波形を用い、せきの非定常の越流に近似した吉川・椎貝らの式(正弦および三角波形)および高田の式(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いた近藤の式

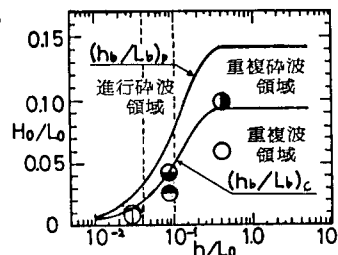


図-1 波の分類

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)	k	0.5
吉川・椎貝・河野公式(正弦波)	k	1.2
高田公式(時間波形)	C	0.5
高田公式(空間波形)	a	1.1
$H_c/H \leq 0.7 : C = 0.65$ $H_c/H > 0.7 : \log C = 0.2539 - 0.63(H_c/H)$ $a = 9.3 \cdot (R - H_c) / H \cdot 0.5 (H_0/L_0)$		
R : 第2次近似式による波の打ち上げ高さ		

(孤立波波形)および高田の式(第2次近似式)、さらに、微小振幅波理論より、水位と流速の積から導いた井上の式である。なお、井上の式を除く各式には越波量係数が含まれており、ここでは表-1の値を用いて計算した。

3. 計算結果および考察 : 図-2、3および4

の縦軸は無次元越波量 $2\pi Q/H_0 L_0$ 、横

軸は沖波波形勾配 H_0/L_0 である。図-2

は深水波領域のものであるが、全般的に各算定式の計算値が実験値を上まわり、 H_0/L_0 が大きいほど、その差は大きくなる傾向がある。実験値との適合性をみると、吉川・椎貝らの三角波の式が最もよく、波形勾配によっては高田の時間波形や吉川・椎貝らの正弦波の式もよい。また、近藤の式は実験値を大きく上まわるが、変化の仕方はそれとほぼ同じ傾向を示している。図-3の浅水波領域では、

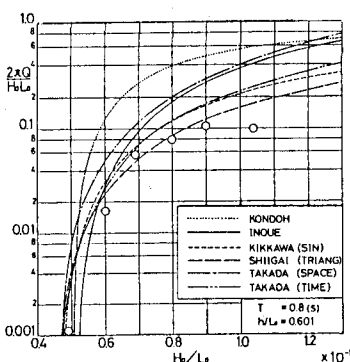


図-2 計算値と実験値の比較

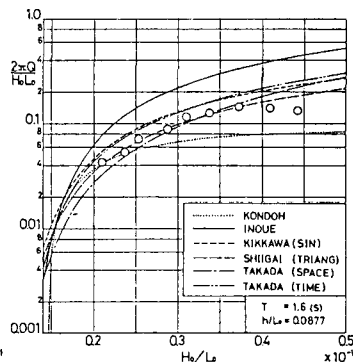


図-3 計算値と実験値の比較

(深水波領域)

(浅水波領域)

実験値は H_0/L_0 が 0.037 以上になると減少する傾向がみられるが、これは重複碎波領域に入るためと思われる。ここでは、近藤と井上の式を除く各式はいずれも実験値に近く、特に吉川・椎貝らの三角波の式がよい適合性を示している。図-4の極浅水波領域では、実験値は計算値と比較して、 H_0/L_0 の増大とともに徐々に増加し、あまりよい適合性を示す式はなく、各式の計算値にもばらつきがある。しかし、近藤の式だけは計算値の変化にはほぼ同じ傾向を示している。図-5、6および7の縦軸は $2\pi Q/H_0 L_0$ 、横軸は相対天端高 H_c/H である。図-5の深水重複波領域では、各式の計算値は実験値を上まわっており、近藤の式が特に著しい。吉川・椎貝らの三角波の式が、他の式に比べ、全般的によく適合しており、高田の時間波形および吉川・椎貝らの正弦波の式もこれについて適合性がよい。図-6の浅水重複波領域では、吉川・椎貝らの三角

波の式が全般的によく適合している。また、天端が低い場合には、近藤の式もよい。図-7の極浅水重複波領域では、各式の計算値にはかなりのばらつきがあり、実験値とよく一致するものはない。ただ高田の時間波形式が実験値よりもかなり大きい、変化の傾向はほぼ一致する。以上のことから、どの領域でも、吉川・椎貝らの三角波の式が最も実験値によく適合し、特に深水および浅水波領域でよい結果を与えている。そのほか吉川・椎貝らの正弦波と高田の空間波形式は、

限定された範囲では実験値と適合している。また、高田の時間波形や近藤の式は実験値の傾向とは一致しているが、量的にはかなりの違いがある。これらのことを考慮し、各算定式の係数を変化させ、計算値と実験値とを一致させるようにした結果を表-2に示す。ここでは、各領域ごとに係数を定めたが、一つの領域内ではできるだけ全般的に両者が一致するようにした。表中、下線をひいた係数は、図-6

その領域内で特に全般的に適合性が優れたものであり、吉川・椎貝らの二つの式に多い。これは、二式とも二つの係数を持ち、係数kの変化によって、計算値の曲線も変化させることができるためである。さらにこの表で注目すべきことは、各式の同じ領域における係数の変動である。すなわち、係数の変動が小さければ、その領域において、平均的な一つの係数に統一しても、ある程度実験値との適合が期待できるものと思われる。以上のことから各式を考察すると、吉川・椎貝らの二つの式は、深水および浅水波領域では特に精度が高く、深水波領域では、係数の変動も小さい。したがって、深水波領域に限り、各式で一つの係数を定められよう。高田の時間波形式は、各領域における係数の変動が小さく各領域で係数を統一できよう。しかし、吉川・椎貝らの二つの式に比べやや精度が劣るようである。高田の空間波形式は、どの領域でも、係数の変動が大きく、水深が小さくなるにしたがい、係数が大きくなる。また、他の式に比べて精度が劣る。したがって、高田の二つの式の係数は、定数とすることは困難である。近藤の式については、極浅水波領域に限り、他の式よりも精度が高い。

以上、鉛直堤の越波量に関する各算定式について若干の考察を行ってきたが、今後は波形勾配の大きい碎波領域についての検討を行うべきであろう。

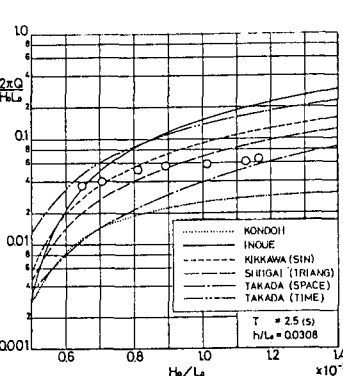


図-4 計算値と実験値の比較 (極浅水波領域)

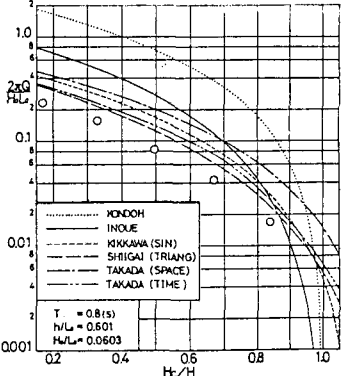


図-5 計算値と実験値の比較 (深水重複波領域)

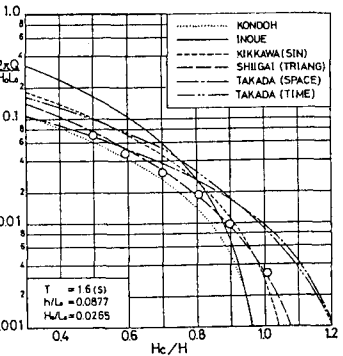


図-6 計算値と実験値の比較 (浅水重複波領域)

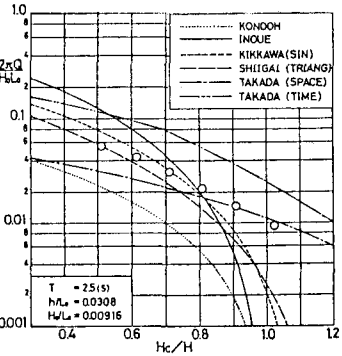


図-7 計算値と実験値の比較 (極浅水重複波領域)

表-2 各領域ごとの越波量係数

越波量算式	深水波		浅水波		極浅水波		従来の係数
	重複波	重複砕波	重複波	重複砕波	重複波	重複砕波	
吉川らの公式 三角波	波高変化 $k=1.2$ $m=0.37$	$k=1.2$ $m=0.37$	$k=1.2$ $m=0.37$	$k=1.2$ $m=0.47$	$k=1.5$ $m=0.27$	$k=1.5$ $m=0.27$	$k=1.2$
	天端高変化 $k=1.2$ $m=0.37$	$k=1.3$ $m=0.27$	$k=1.2$ $m=0.50$	$k=1.2$ $m=0.23$	$k=1.5$ $m=0.23$	$k=1.4$ $m=0.23$	$m=0.5$
吉川らの公式 正弦波	波高変化 $k=1.1$ $m=0.33$	$k=1.15$ $m=0.30$	$k=1.15$ $m=0.30$	$k=1.2$ $m=0.23$	$k=1.5$ $m=0.17$	$k=1.3$ $m=0.17$	$k=1.1$
	天端高変化 $k=1.1$ $m=0.27$	$k=1.2$ $m=0.20$	$k=1.15$ $m=0.30$	$k=1.2$ $m=0.23$	$k=1.4$ $m=0.17$	$k=1.3$ $m=0.17$	$m=0.5$
高田公式 時間波形	波高変化 0.40	0.33	0.40	0.33	0.27	0.20	0.65
	天端高変化 0.40	0.33	0.40	0.33	0.27	0.20	0.65
高田公式 空間波形	波高変化 3.4		9.3		17.4		9.3
	天端高変化 3.9	2.6	6.6	5.4	11.9	7.8	9.3
近藤公式	波高変化 0.02		0.16		0.25		0.1
	天端高変化 0.012	0.02	0.12	0.17	0.33	0.28	0.1