

2 重スリット堤における横波共振現象を利用した有効周期帯の拡大について

大阪市立大学大学院 学生員○折橋 恒春
 東洋建設株式会社 正会員 山野 貴司
 大阪市立大学大学院 岡崎 拓人
 大阪市立大学大学院 正会員 角野 昇八

1. はじめに

透過波および反射波の発生を抑えるだけでなく、港内外の海水交換の促進も期待できる構造物としてカーテンウォール式やスリット式の防波堤が提案されている。これらの形式には波浪制御効果を高めるために遊水室内で生じる波浪共振現象を利用した2重構造も提案されているが、この波浪共振現象もある特定の周期帯(有効周期帯)でのみ生じるため、この有効周期帯を拡大する手法が望まれている。本研究では、スリットを有した形状に着目し、まず、2重スリットの効果および解析手法の妥当性を確認するために1重と2重スリットの比較を行い、波浪制御効果の違い及び共振現象の確認を行った。次に前後のスリット位置をずらすことによって生じる横波共振現象を利用した有効周期帯拡大手法について実験および解析によって確認した。

2. 実験および解析方法

1) 実験装置：実験は、長さ50m、幅2m、深さ1.5mの二次元造波水路を用いて行った。表-1に模型諸元を、図-1に実験模型を示す。室内波高および位相差を計測するために波高計を堤体内に設置した。

2) 実験波浪条件：水深 $h=1.0\text{m}$ 、周期 $T=1.2\sim 5.1\text{s}$ 、波長 $L=19.7\sim 2.3\text{m}$ 、波高 $H=15.6\sim 2.6\text{cm}$ 、波形勾配 $H/L\approx 0.01$ とした。

3) 解析方法：本研究ではエネルギー損失を考慮した境界積分法（以下、BIM）のうち、角野らの手法を拡張した手法を用いて解析を行い、妥当性を検証するとともに波浪制御効果を確認した。角野らの手法は、複素 blockage coefficient（以下、B.C）とよばれる係数 $C(C=C_R+iC_I)$ を用いて構造物の慣性抵抗を実部 C_R で、スリットを通過する流速の2乗に比例する形の抵抗（その抵抗係数は f ）によるエネルギー損失を「ローレンツの原理」を介して虚部 C_I により評価した。対象とする問題は、図-2に示すような平面的に一樣な形状の柱体や平板列周辺波動場の平面2次元問題を扱っていた。このため、B.Cも構造物全体に一樣に付与していた。しかし、本研究で扱う形状では、平面的に一樣な形状として適用することは難しい。そこで、本研究では図-3に示すように完全不透過部からなる要素部分にはきわめて大きな C_R の値を、また完全透過部からなる要素部分には $C_R=0$ の値を与えて計算を行い、その妥当性を検証するとともに本研究で対象とする一つのスリットを持つ1枚あるいは2枚の鉛直平板構造における抵抗係数(f)を求めた。

3. 結果および考察

1) 抵抗係数(f)の決定および1重、2重の効果比較：BIMによる解析で抵抗係数(f)を変化させて実験値にフィッティングさせた結果を図-4に示す。 $f=0.8$ が概ね良い一致を得たため、以降、 $f=0.8$ として解析を行った。図-5,6に1重および2重スリットにおける反射率、透過率の周期による変化を、横軸に堤体長1または堤体

表-1 模型諸元

モデル名	開口位置(m)		開口率(%)			
	沖側	岸側	沖側		岸側	
VC	$d1=0.9$	—	$a1/D$	10	—	—
VCC	$d1=0.9$	$d2=0.9$	$a1/D$	10	$a2/D$	10
VRL	$d1=0.2$	$d2=1.6$				

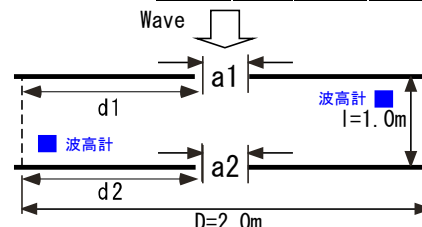


図-1 実験模型

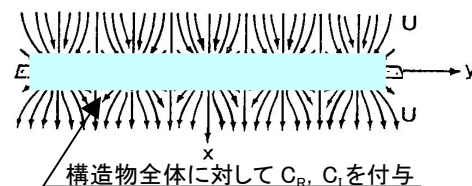


図-2 blockage coef.の配置(従来)

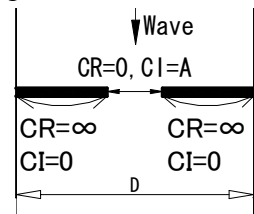


図-3 blockage coef.の配置

Key Word：有効周期帯の拡大、二重スリット、共振、波浪制御

大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学大学院工学研究科 Tel:06-6605-3078, Fax:06-6605-2733

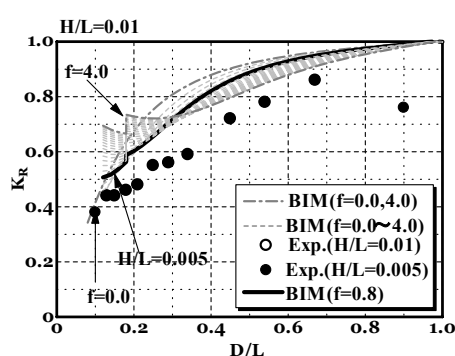
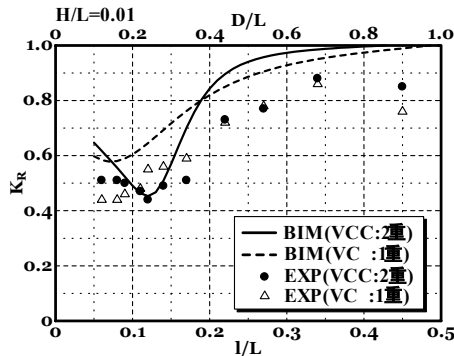
図-4 抵抗係数(f)の決定

図-5 反射率(1重及び2重)

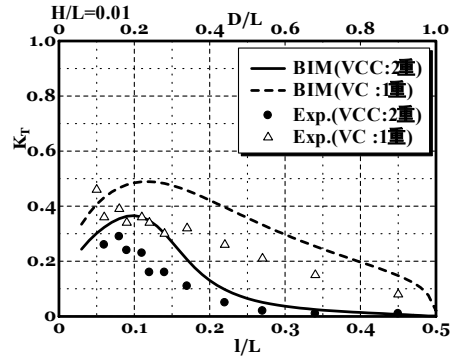


図-6 透過率(1重及び2重)

幅 D と波長 L の比 I/L 、 D/L を用いて示す。2重スリット間の水域（遊水室）では $I/L=0.1$ 付近で共振が生じることが知られており²⁾、本実験および解析結果においても反射率、透過率ともに I/L が $0.1 \sim 0.15$ で2重スリットに共振が見られる。反射率は、共振周期帯で2重スリットが低い値を示すが、その他の周期帯では1重、2重とも同程度の反射率を示す。一方、透過率は、全領域において2重スリットが低い値を示している。これより、2重スリットは、1重スリットに比べて透過波抑制効果は高いが、反射波の低減効果については、有効周期帯($I/L=0.1 \sim 0.15$)でのみ有利であるといえる。

2) 開口位置変更による横波共振効果：図-7のようにスリット開口位置を波の入射側と透過側でずらしたモデル(VRL)の反射率の実験および解析結果を図-8に示す。比較のために、開口位置をずらさないモデル(VCC)の結果も示す。実験、解析ともに I/L が 0.3 付近においてVRLモデルに反射率の低下が見られ、有効周期帯が拡大していることがわかる。これは、入射側開口部(a1)から入射した波が堤体幅方向に伝達し、透過側開口部(a2)から抜けるため、堤体幅方向の波（横波）が発生し、この横波が I/L で 0.3 付近において堤体幅方向に共振しているためであると考えられる。図-9に堤体内の幅方向の位相差の実験結果を示す。開口位置が入射・透過側で同位置のモデル(VCC)では、全周期帯において堤体幅方向の位相差は生じていないが、開口位置をずらしたモデル(VRL)では、 $I/L > 0.2$ でほぼ半波長(π)の位相差が生じている。また、図-10に示す室内波高比(室内波高/入射波高)の実験結果においてVRLモデルで $I/L=0.3$ 付近で室内波高が大きくなっていることから、VRLモデルでは堤体幅方向の波（横波）が発生し、 $I/L=0.3$ 付近で共振現象が生じていることがわかる。また、堤体内の水域を単純に両端閉鎖水域と見なすと I/L で 0.3 付近が共振周期帯となる²⁾。これより、反射波を低下させる有効周期帯の拡大効果に横波共振現象が影響しているものと考えられる。

4. 結論

本研究によって得られた結論を以下に示す。

- ①横波共振現象の利用により、2重スリット堤の有効周期帯を拡大することが可能であることを確認した。
- ②鉛直スリットを有する構造物の波浪低減効果をエネルギー損失を考慮した境界積分法で評価でき、この場合の抵抗係数を $f=0.8$ と提案できた。

参考文献：1)角野ら：複素係数の blockage coef.を導入した漸近展開接合法、海岸工学論文集、第33巻、1986

2)服部昌太郎：海岸工学、コロナ社

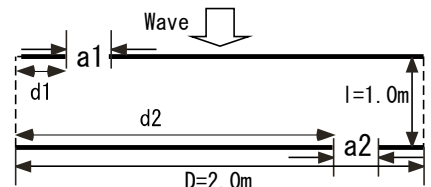


図-7 開口位置の変更(VRLモデル)

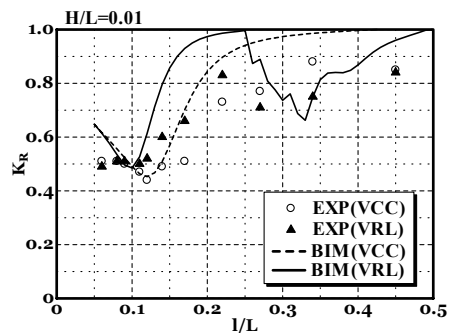


図-8 反射率(開口位置の影響)

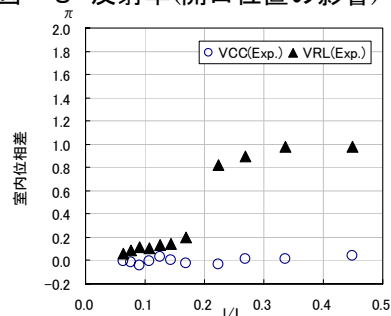


図-9 室内位相差

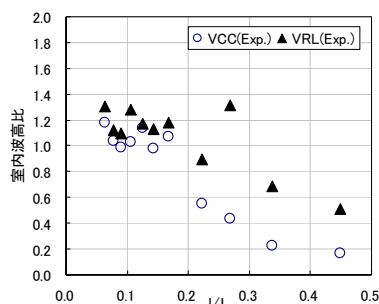


図-10 室内波高比