

矩形型共振装置を設けた堤体列の波浪共振特性とその消波効果

愛媛大学工学部 正 員 中村孝幸
 大阪大学工学部 正 員 小野正順
 愛媛大学大学院 学生員 ○ 長田和久

1. まえがき：従来，多列配置された堤体列による消波効果を堤体の平面形状に着目して検討した例としては，Pullin¹⁾のものがある。Pullinは，V字型の平面形状の堤体で構成される堤体列を用いて堤体の平面形状に特有な波浪共振が発生する事実や，その条件下で効果的に透過波を減勢できることなどを報告している。一方，波浪共振に関する研究としては，Valembais²⁾などによる矩形型の共振装置に関する研究がある。しかしながら，これら装置の堤体構造物への適用性等については従来十分に明らかにされていない。本研究は，多列式の堤体群を想定し，堤体構造物の平面形状をValembais²⁾などにより提案されているような矩形型共振装置とした場合の波浪の制御効果などを理論及び実験の両面から明らかにするものである。

2. 実験装置および実験条件：模型堤体は，図-1に示すように矩形堤体の両側面を掘り込み矩形の水域を設けたもの(以下R.R.型堤体列と称する)である。なお，この矩形水域の奥行きと幅の比は，Valembais²⁾のものと同様に1:2となっている。実験では，この堤体の1/2のものを製作し，図-1中に示すように幅が $\lambda/2$ の長水路内に設置した。これは，上記のような堤体まわりの波変形が，鏡像原理に基づく隣接する堤体の中心間距離が入で規則配列された堤体まわりのそれと同じになることから採用したものである。堤体に作用せしめた入射波は波高が5cmの1種類，周期が0.80~2.59secの範囲の17種類のものである。また，堤体の設置水深は80cmと一定にした。

3. 共振特性に関する理論的考察：本研究の理論解析は，堤体の無限配列を想定した中村ら³⁾のGreen関数法を用いて行った。この解析法は，波向きを考慮し

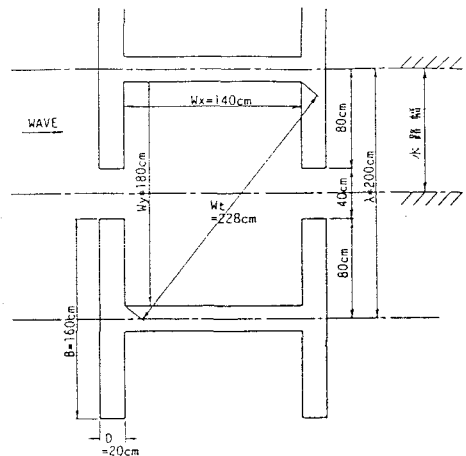


図-1 矩形型共振装置の平面形状及び平面寸法

図-1 矩形型共振装置の平面形状及び平面寸法
 図-2 堤体列の透過側における波高比のr.m.s.値 K_H の算定結果
 図-2は，実験に用いたR.R.型堤体列に直角入射波が作用する場合の透過波側における代表波高の算定結果を示すもので，横軸には堤体列による波変形を考える際に重要となる λ/L (L ：波長)の値および図-1に示す各種の共振装置の寸法と波長との比がとってある。ここで，代表波高には，堤体列より透過波側に十分離れた位置での列方向における波高のr.m.s.値を用い，図中ではこのr.m.s.値と入射波高との比 K_H で表示した。なおこの K_H は，透過率 C_T に準ずる値で， $\lambda/L < 1.0$ の1次元的な波変形が生じる範囲では厳密に C_T に一致するものであることを付記しておく。この図より， K_H は，堤体列方向における波浪の共振点($\lambda/L=1.0$)のみならず図中の④~⑤で示す波条件下でも極値をとることが認められる。このように K_H が極値を示すのは，Pullin¹⁾によっても指摘されているように，堤体の平面形状に特有な波浪共振が発生することによるものである。このことは，矩形共振装置内の波高分布の代表例を K_0 のコンターで示す図-3~5からより明確となる。ここで図-3~5は，各々図-2中で K_H が極小となる③と⑥および極大となる④の条件下におけるものである。そして，これらの図に見られるように，共振装置内にはその各種寸法と波長との比に対応して各々特有な平面形状の重複波が形成されていることがわかる。例えば，④の条件下における図-5の共振モードは，隣接する共振装置の横断長さ W_x が波長 λ とほぼ等しい時に現れるもので，装置の透過波側の開口部付近に重複波の腹が形成される点に特徴がある。また，これらの共振モードと K_H の大小関係について考察してみると， K_H が極小と

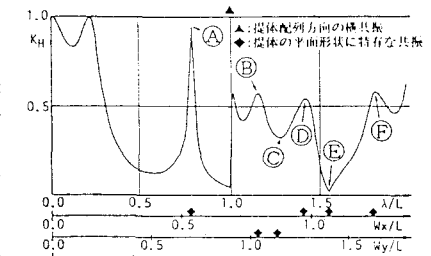


図-2 堤体列の透過側における波高比のr.m.s.値 K_H の算定結果

図-2 堤体列の透過側における波高比のr.m.s.値 K_H の算定結果
 図-2は，実験に用いたR.R.型堤体列に直角入射波が作用する場合の透過波側における代表波高の算定結果を示すもので，横軸には堤体列による波変形を考える際に重要となる λ/L (L ：波長)の値および図-1に示す各種の共振装置の寸法と波長との比がとってある。ここで，代表波高には，堤体列より透過波側に十分離れた位置での列方向における波高のr.m.s.値を用い，図中ではこのr.m.s.値と入射波高との比 K_H で表示した。なおこの K_H は，透過率 C_T に準ずる値で， $\lambda/L < 1.0$ の1次元的な波変形が生じる範囲では厳密に C_T に一致するものであることを付記しておく。この図より， K_H は，堤体列方向における波浪の共振点($\lambda/L=1.0$)のみならず図中の④~⑤で示す波条件下でも極値をとることが認められる。このように K_H が極値を示すのは，Pullin¹⁾によっても指摘されているように，堤体の平面形状に特有な波浪共振が発生することによるものである。このことは，矩形共振装置内の波高分布の代表例を K_0 のコンターで示す図-3~5からより明確となる。ここで図-3~5は，各々図-2中で K_H が極小となる③と⑥および極大となる④の条件下におけるものである。そして，これらの図に見られるように，共振装置内にはその各種寸法と波長との比に対応して各々特有な平面形状の重複波が形成されていることがわかる。例えば，④の条件下における図-5の共振モードは，隣接する共振装置の横断長さ W_x が波長 λ とほぼ等しい時に現れるもので，装置の透過波側の開口部付近に重複波の腹が形成される点に特徴がある。また，これらの共振モードと K_H の大小関係について考察してみると， K_H が極小と

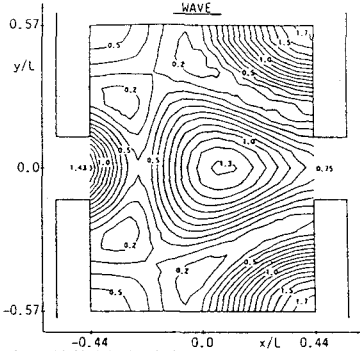


図-3 矩形型共振装置内の共振モード (共振点C)
($\lambda/L=1.25, W_x/L=0.88, W_y/L=1.13, W_z/L=1.43$)

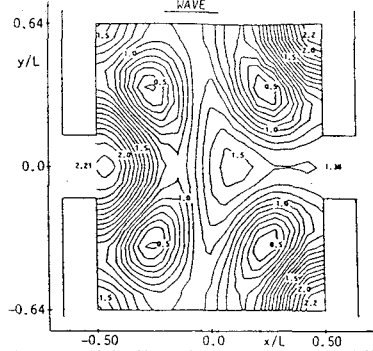


図-4 矩形型共振装置内の共振モード (共振点D)
($\lambda/L=1.41, W_x/L=0.99, W_y/L=1.27, W_z/L=1.61$)

なるのは、図-5の場合のように隣接する共振装置の透過波側の開口部に節が形成されるようなモードのときであることや、逆に図-4の場合のように同様の場所に腹が形成されるモードに対して K_H は極大値を示すことなどがわかる。したがって、共振装置型堤体列により透過波を効果的に減少させるためには、装置の透過波側の開口部に重複波の節が形成されやすいような平面形状が望ましいものと言えよう。

4. 実験結果と算定結果との比較：図-6は、上述したR.R.型堤体列の透過波側における K_H の実験結果と算定結果との比較を示すものである。この図より、図-2中に示す④の共振点付近を除けば、 K_H の実験結果と算定結果とはほぼ一致していることがわかる。したがって、複雑な平面形状を有する共振装置型堤体列の場合に対しても、上述したような共振特性の予測を含め、波浪ポテンシャル理論に基づく解析法が有効に適用できるものと言えよう。一方、図-7は、矩形共振装置の有効性を検討するため、図-1に示す矩形の水域を埋め戻して矩形堤体列とした場合の透過率 C_T と共振装置型堤体列のそれとの比較を示すものである。なお、 $\lambda/L > 1.0$ の2次元な波変形が生じる範囲では上述した K_H でなくエネルギーフラックスに基づく透過率が用いてある。この図から、共振装置を設けた堤体列による透過率は、共振装置に特有な波浪共振が生じてそれが極大値を示す場合でも矩形堤体列のそれとほぼ等しいことや、透過率が極小値を示す場合についてはかなり有意な消波作用のあることなどがわかる。

5. 結語：以上の検討より、矩形型共振装置を設けた堤体列の透過率は、その装置の平面形状に特有な波浪共振が発生すると極値を示すことや透過率が極小値を示すのは共振装置の透過波側の開口部に節が形成される共振モードの場合であることなどが判明した。また、堤体列に共振装置を取り付けると有効な消波が行えることも確認された。

<参考文献> 1) Pullin, D.I. and Joubert, P.N.: Behaviour of converging-channel breakwater; theory and experiment, J. of Fluid Mech., Vol. 141, pp. 123~138, 1984. 2) Valembais, J.: Etude l'action d'ouvrages resonants sur la propagation de la houle, Proc. Minnesota Int. Hyds. Conf., pp. 193~200, 1953. 3) 中村幸雄: 規則配列された消波堤並列の波浪共振の特性とその解析法 第35回海岸工学講演会論文集, pp. 527~531, 1988.

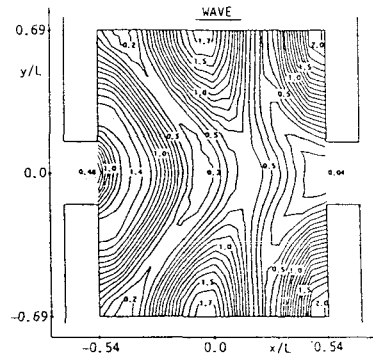


図-5 矩形型共振装置内の共振モード (共振点E)
($\lambda/L=1.54, W_x/L=1.07, W_y/L=1.38, W_z/L=1.74$)

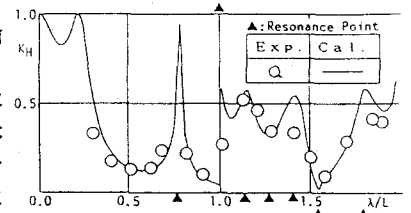


図-6 堤体列の透過側における K_H の実験結果と算定結果との比較

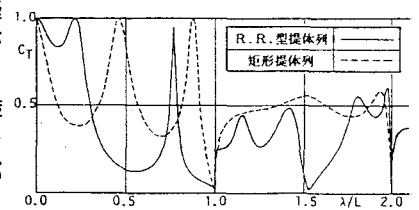


図-7 R.R.型堤体列と矩形堤体列の透過率 C_T の比較