

1. はじめに

わが国における港湾は産業や流通、国際貿易、生活などの機能を有するため比較的静穏な内湾沿岸域に築造されるので、港内は閉鎖性水域になり水質の悪化を招きやすい。海面の表層では碎波や植物の光合成などにより多くの酸素が取り込まれる。冬期においては表層の水温が低下することで密度が下層より大きくなるため、鉛直混合が起り下層にも上層からの酸素が入り込む。しかし、夏期では表層水温の上昇により密度が小さくなり、鉛直混合は起りにくく下層で貧酸素化が進む。この問題に対する解決法のひとつとして、海水鉛直交換を促進する技術の開発が求められている。

本研究では、堤体前面の水面付近に流入パイプ、下方に流出パイプを有し、背後に遊水室を設けた護岸堤体を考案し、その鉛直循環機能を含めた水理特性を模型実験により調べた。

2. 実験概要

実験水槽は長さ 50m、幅 1.0m、深さ 1.5m の 2 次元造波水路で行い、造波板から 30m 離れた位置に図-1 に示すような模型を設置した。模型前面にはパイプが鉛直方向に 3 本、水平方向に 3 本、計 9 本あり、それぞれのパイプ中心は鉛直方向には底から 15、87 および 100cm の位置にあり、水平方向には中心間隔が 33.3cm で、左右対称になるように設けた。

実験条件は縮尺が 1/10 であり水深は 1m とした。遊水室の幅 $B=65\text{cm}$ と

し、入反射の周期 $T=1.25、1.60、1.90$ および 2.55s に対し、波高 $H=2.5、5.0、7.5$ および 10cm とした。

実験では反射率、下方の流出パイプからの流量および堤体沖側前面における時間平均流の構造について調べた。反射率の測定は、容量式波高計を堤体前面から沖側方向に 6m 離れた位置に 75cm 間隔で 2 台設置し、入反射分離法で入射波高 H_i 、反射波高 H_r を求め反射率 $K_r=H_r/H_i$ を算出した。流量の算定は、プロベラ式流速計により堤体前面から沖側方向に 1cm 離れた位置における下方の流出パイプからの流れを 1cm 間隔の格子測点で水平流速を測定し、時間平均流速を求め、測定点を中心とした格子断面積を乗じて算出し、堤体単位幅・単位時間当りの流量を求めた。堤体沖側前面での流れ構造については、3 成分電磁流速計により堤体中央を通る鉛直面内で、堤体沖側前面から沖側まで離れた位置で水平流速と鉛直流速を測定し、その時間平均流速ベクトルから調べた。

3. 実験結果とその考察

1) 反射率

反射率については、波高が大きくなると若干増加するようであり、周期による違いは明瞭には見られなかった。全体的に 0.7 前後の値を示した。

Kazuki ODA, Kenichi URAO

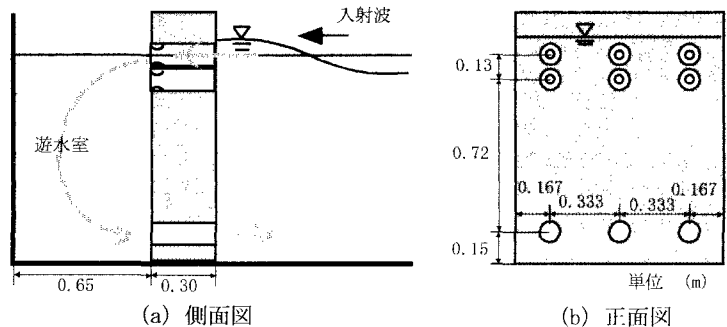


図-1 堤体模型

2) 底部パイプからの時間平均噴流の流速分布

底部パイプ出口での時間平均水平流速の鉛直分布は一般にパイプ上端より僅かに下方で最大値を示す、非対称な形となった。これは後述の図-3 に示すように、底部の流出口近傍に反時計方向の小規模な鉛直循環流が形成され、これが流出口から流出する噴流の上端部を加速するためであると考えられる。一方、水平分布は周期が長く、波高が小さくなるほど（すなわち、波形勾配が小さいほど）単峯型ないしは一様型を示すが、周期は短く、波高が大きくなるほど（すなわち、波形勾配が大きくなるほど）双峯型の分布を示すようになった。

3) 底部パイプからの流量

底部パイプから流出した噴流の時間平均流速から時間平均流量を求め、これをパイプ中心間隔で割って、堤体単位幅・単位時間当りの流量を求め、波浪条件との関係をグラフにプロットしたものが図-2である。この図から、堤体単位幅・単位時間当りの流量は、いずれの周期の場合も波高の増大とともにほぼ線形的に増大する傾向が見られる。また、周期が長くなるとともに流量が増大することも明確に認められる。これは、同じ波高の波でも周期が長いほど山の部分の体積が大きく、したがって上部パイプから遊水室に流入する水の総量が多く、また底部パイプからの流出は上部パイプからの流入より位相差が遅れるため遊水室に水が貯まりやすくなり、遊水室内の水位差がより大きくなるためであると考えられる。

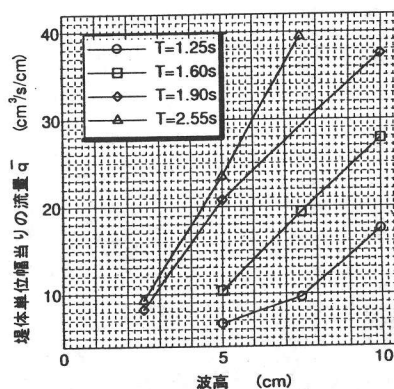


図-2 流量と波高の関係

4) 堤体沖側前面での時間平均流構造

図-3は遊水室幅が20cmのときの堤体沖側前面での時間平均流の流速ベクトルを表している。この図によると、底部パイプから流出する噴流は沖側に向かって流れ、これを補うように堤体前面中層部の流体が堤体側に流れ、堤体直前で上昇流となって一部は上部パイプ口から遊水室に流入し、遊水室を下降し、底部パイプから流出する噴流へと繋がり、堤体内を通る反時計回りの鉛直循環流を形成している。一方、堤体沖側の盛衰面付近の流速は測定できなかったため明確なことは言いえないが、この鉛直循環流の上方から沖側にかけてこれとは反対の、時計回りの大きな鉛直循環流が形成されていることがわかる。この上層鉛直循環流の起動力は、波の谷の位相のときに上部パイプから沖側に流出する戻り流れである。これが上層を沖に流れ、これを補うように前述の堤体前面中層部の流体が堤体側に流れ、堤体直前で上昇流となって一部は上部パイプ口から遊水室に流入したが、他は沖側への戻り流れとなると考えられる。以上のように本堤体周囲には上部パイプー遊水室ー底部パイプの経路の反時計回りの鉛直循環流と、これと対を成す沖側の時計回りの鉛直循環流が形成されることが確認された。

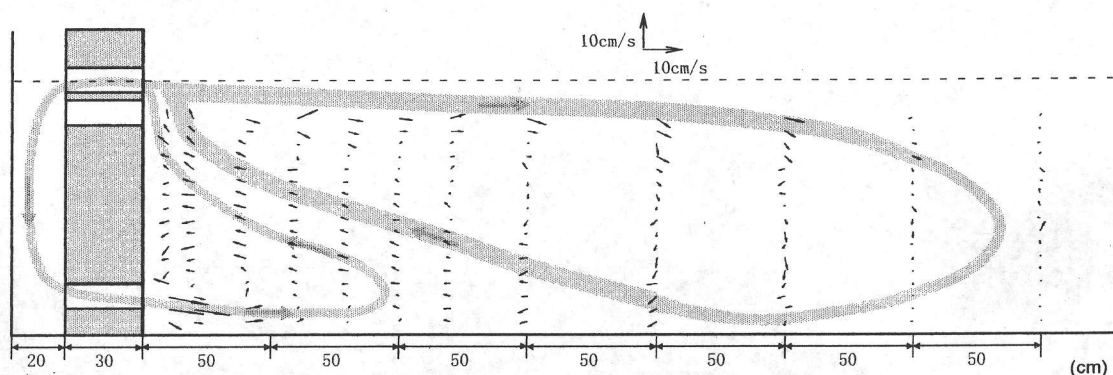


図-3 堤体沖側前面における時間平均流構造の一例
($T=1.25s$ 、 $H=5.0cm$ での堤体中央を通る鉛直面内)