

波浪による底層貧酸素構造の改善を目的とした  
直立堤体近傍の水利特性

大阪市立大学工学部 正会員 小田一紀  
大阪市立大学工学部 学生員 ○池田憲造

1.はじめに

わが国の大港湾のほとんどは内湾沿岸域に築造され、その湾内は閉鎖性水域となり、夏季には表層水温の上昇により密度が小さくなり、鉛直混合が起りにくく下層で貧酸素化が進む。この問題に対する改善策の一つとして、筆者らは昨年の土木学会関西支部年次学術講演会で図-1に示すような、前面の水面付近に設けた流入パイプから波によって水を導入し下方に設けた流出パイプから放出させることによって海水の鉛直循環を誘起する方法を提案し、若干の水利特性を報告した。ここでは、その後の実験結果を報告する。

2.実験概要

実験水槽は長さ50m、幅1.0m、深さ1.5mの2次元造波水槽で行い、造波板から35m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底から15、87および100cmの位置にあり、水平方向に中心間隔が33.2cmで、左右対称になるように設け、遊水室の幅は $B=20\text{cm}$ とした。実験条件は、縮尺が1/10であり、水深は1m、入射波の周期は $T=1.25\text{s}$ 、 $1.60\text{s}$ 、 $1.90\text{s}$ に設定し、各周期とも入射波高 $H_I=5.0\text{cm}$ 、 $7.5\text{cm}$ 、 $10\text{cm}$ とした。

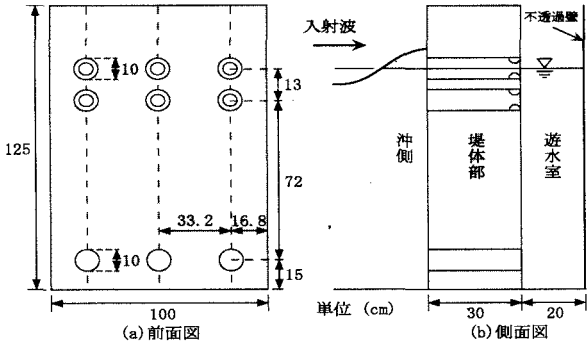


図-1 実験模型概略図

実験では反射率、堤体下方の流出パイプからの平均流出量および堤体前面から沖側での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15m離れた位置に43cmの間隔で2台設置し、合田[2]の入反射分離法により入射波高 $H_I$ 、反射波高 $H_R$ を求め反射率 $K_R = H_R/H_I$ を算出した。流出量の算定は、電磁流速計により堤体前面から沖側方向に4cm離れた位置において1cm間隔の格子測点で流出パイプからの水平流速を測定し、時間平均流速を求め、格子測点を中心とした格子断面積を乗じたものを足し合わせて算出した。さらにパイプ1本が占める幅33.2cmで除し、堤体単位長、単位時間当たりの流出量 $\bar{q}(\text{cm}^3/\text{s}/\text{cm})$ を求めた。堤体沖側前面での流れ構造については、鉛直水平2成分電磁流速計により堤体中央を通る鉛直面内で測定点を設置し、水平流速と鉛直流速の5周期間測定し、その時間平均流速ベクトルの分布図から構造を調べた。

3.実験結果とその考察

1) 流出パイプからの水平流速分布

堤体底部の流出パイプ出口での時間平均水平流速の鉛直分布は、波浪条件により異なる形状を示す。周期1.25sではパイプ中心線より下方で最大値を示すのに対し、周期1.6s、1.9sでは上方で最大値を示す。この傾向は入射波高の増加によってよりはっきりと現れる。

2) 時間平均流出量

図-2に波形勾配 $H_I/L$ と平均流出量 $\bar{q}$ の関係を示す。図-2によると流出量は周期が長いほど大きく、いずれの周期においても流出量 $\bar{q}$ が波形勾配(入射波高)の増加にともなって線形的に増加する傾向が見られる。また、流出量 $\bar{q}$ は周期の増大とともに増加する傾向を示した。

3) 堤体前面での流れ構造

本研究における堤体の沖側には、波浪条件によらず主として2つの循環流が形成される。一例を図-3に

示す。循環流について、まずは堤体下方からの流出によるものである。堤体底部の流出パイプから沖側に噴流となって流れ出した流体は、沖側に進むにしたがい流速を弱めていく。その後、沖側からの流れに取り込まれるようにして上昇し、堤体前面に向かって流れる。堤体前面付近に達した流体は下方パイプに向かって流れるものと上方の流入パイプに向かうものとに分かれる。ここで下方パイプに向かう流体および上方パイプから遊水室へと取り込まれた流体は、再び沖側へと流出される。このようにして、堤体底部の流出パイプからの流出による反時計回りの循環が形成される。一方、堤体上方では沖側に向かう流れが発生し、時計回りの循環流が形成されている。これは先ほどの循環に比べ何倍も規模の大きいものであり、先の循環はこの循環の一部とも言える。この循環を形成する要因としては堤体上方のパイプに流れ込んだ流体の一部がパイプの急縮部によって跳ね返り、沖側へと流れ込む戻り流れであると考えられる。このように本研究の堤体には堤体上方、下方パイプの流れに起因する2つの循環が形成されることが確認された。また、循環流の波浪条件による変化について、時計回りの循環は周期が短く、入射波高が大きいほど規模が大きくなる。一方、反時計回りの循環については、波浪条件による変化が極めて不規則であり、はっきりとした傾向は確認できなかった。次に、図-4は図-3から水平流速のみを取り出し図化したものである。この図からは、水面付近では沖側への流れが発生し、底付近においては逆に岸側への流れが発生しており、堤体前面で鉛直循環流が形成されていることが見出せる。この循環流の強さは、一般に周期が短いほど大きく、より沖側まで及ぶことがわかった。

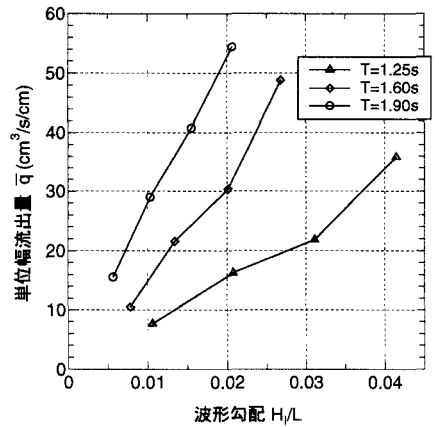


図-2 波高勾配  $H_1/L$  と流出量  $\bar{q}$  の関係

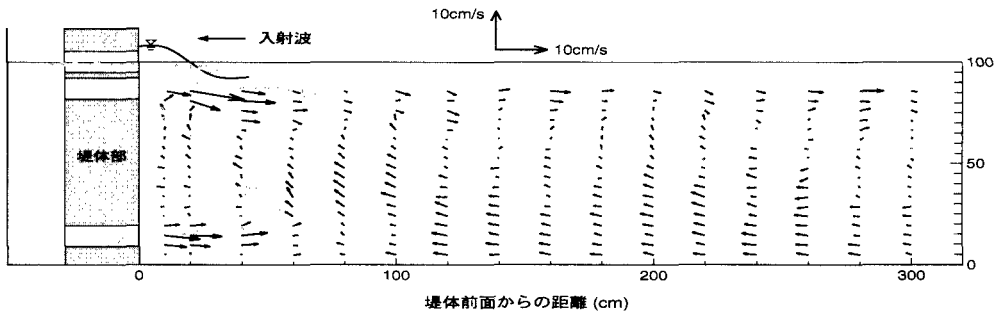


図-3 堤体から沖側での時間平均流構造の一例 ( $T=1.25s$ ,  $H_1=5cm$ )

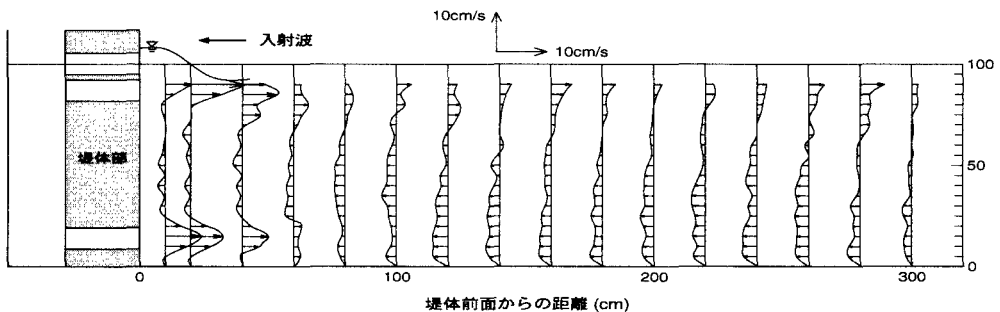


図-4 各断面での水平流速分布の一例 ( $T=1.25s$ ,  $H_1=5cm$ )

#### 参考文献

- [1] 小田ら, 波浪による海水鉛直循環を目的とした堤体の水理特性. 平成11年度関西支部年次学術講演概要.
- [2] 合田ら, 不規則波実験における入・反射波の分離推定法. 港湾技研資料 No.248.