

徳島大学大学院 学生員 谷口 徳男
 徳島大学工学部 正会員 三井 宏
 (株) 日建工学 竜 泰臣

1. 研究目的

現在までに施工されている多くの防波堤は、来襲波浪に対して港内を静穏に保つ目的を第1に考えられてきたのであるが、最近では港湾周辺の環境、景観などの面への配慮が要請されてきている。このためには、防波堤が本来持っている機能だけでなく、平常時での海水交換機能、溶存酸素量を増加させる機能などを有する多目的な防波堤が望ましいと思われる。

そこで本研究では、多目的機能を持たせる意図で混合用パイプを用いて試作した模型防波堤断面、従来からよく用いられている消波ブロック被覆傾斜堤、および透過型斜材ケーソンの3種類の模型断面について、消波作用に伴う溶存酸素増加機能を明らかにするものである。

2. 実験装置および実験方法

実験に用いた模型堤体は、従来使用されている消波ブロックを2層積みにした傾斜堤、透過型斜材ケーソンを積み重ねた直立堤、および混合用パイプを積み重ねた直立堤の3種類である。

混合用パイプ堤は内径16mm、外径22mm、長さ24mmの塩化ビニル

製のパイプを積み上げたものである。単体パイプは図1に

示すように、直径の位置にアルミ板が挿入されており、断面積が2等分されている。ただし、この挿入されたアルミ板はパイプの中心軸に沿ってゆがみがかへてあり、単体パイプの両端においてゆがみ角が90°になっている。単体パイ

プを軸方向に接続する場合には、両者の接続端のアルミ仕切板が直交するように設置する。したがって、入口から2液が図2(a)のようにパイプに押し込まれる状態を考えると、出口では図2(b)のようになる。単体パイプ1本で液が2等分されるものとすれば、2本の単体パイプを接続した場合には2等分されることになる。混合用パイプを用いた模型堤体は、この機能を利用し、液が堤体内を通過する過程において、海水自体の混合および海水と表面大気との混合が起こり、通過波のエネルギー減衰と同時に、通過する海水中の溶存酸素量の増加を期待するものである。

実験水槽は図3に示す長さ14m、幅0.5m、深さ0.75mの2次元水槽を用い、一樣水深 $h=30$ cmの水路内に亜硫酸ナトリウムと塩化コバ

ルトを用いて溶存酸素量を低下させた後に造波板を始動させて実験を開始した。溶存酸素量の測定は、図4に示す点においてサイフォンにより採水し、溶存酸素計により測定した。ただし、図4(a)は斜材ケーソン、混合用パイプ、図4(b)は消波ブロックのものである。採水時間間隔は15分とし、実験継続時間は60分とした。作用波の特性は、沖側に2本、岸側に1本設置した波高計による連続記録を読み取り、入・反射波は分離相定法、透過波は、調和解析により波高を求めた。なお、実験終了後、染料により防波堤付近の水の動きの観察も行った。

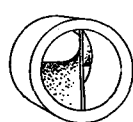
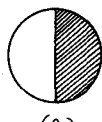
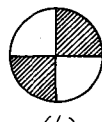


図1 模型パイプ



(a)



(b)

図2 流体の混合状態

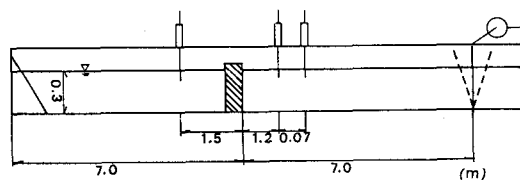
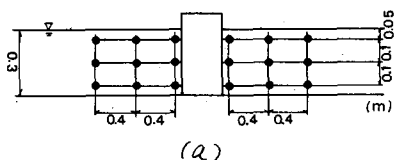
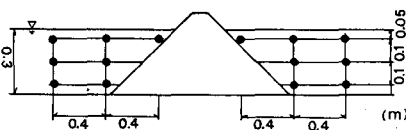


図3 実験水槽



(a)



(b)

図4 採水点

3. 実験結果

溶存酸素量の時間的变化は次式で表される。

$$dC/dt = k_2(C_s - C) \quad (1)$$

ここに、 C は溶存酸素濃度、 t は時間、 C_s は飽和溶存酸素濃度、 k_2 は曝気効率を表す再曝気係数である。いま初期濃度を C_0 とし、無次元溶存酸素濃度を $C^* = (C - C_0)/(C_s - C_0)$ とすると、式(1)は次式のように表される。

$$-\ln(1 - C^*) = k_2 t \quad (2)$$

実験結果から求めた $-\ln(1 - C^*)$ と t とをプロットすれば、再曝気係数 k_2 が求められる。本研究では、各取水点での体積比で溶存酸素量を算定し、式(2)に基づいて防波堤の沖側、岸側、および全体の再曝気係数を求めた。

実験中の観察から、消波ブロック積み傾斜堤の場合には、研没しないままに堤体に波が作用し、堤体前面および上部の消波ブロックの空隙を乱れながら水塊が進み、その際に水中に気泡を連行する。また、堤体に生じたしぶきも溶存酸素を増加させる。透過型斜材ケーソンの場合には、ケーソンの斜材部分に乗り上げた水塊がケーソンの前面および後面に流れ落ちるときに気泡を連行し、溶存酸素を増加させる。混合用パイプの場合には、水塊が堤体内を通過する際に空気と水とが混合され、水中に気泡が連行されて溶存酸素が増加する。

図5の(a)、(b)、(c)に再曝気係数に波周期 T を乗じた無次元量 $k_2 T$ と入射波の波形勾配 H/L との関係を示す。パラメタは堤体形状および堤体幅 B である。ここで、(a)は全体、(b)は沖側、(c)は岸側の水域を示し、無堤の場合を折線で示してある。これらの図によれば、波形勾配が増加するに従って再曝気係数も増加の傾向にあることは明らかである。この傾向は消波ブロック積み傾斜堤の場合に最も顕著に表れている。堤体形状の相違による曝気能力の差異が認められ、波形勾配が0.03以上に達して消波ブロック積み傾斜堤の再曝気係数が他の堤体形状に比して著しく大きく、混合用パイプ、斜材ケーソンともほぼ同程度の値となっている。しかし、波形勾配の小さい場合には、混合用パイプの曝気能力が優れていると思われる。また、岸側沖側での曝気能力の差異が消波ブロック積み傾斜堤の $B=24\text{cm}$ の場合に顕著に表れている。これは、 $B=12\text{cm}$ の場合、波形勾配が0.03以上になると越波し、岸一冲方向によく気泡が連行されるのに対し、 $B=24\text{cm}$ の場合には越波せず、堤前面に生じた気泡は沖側に多く運ばれて行くためであると思われる。

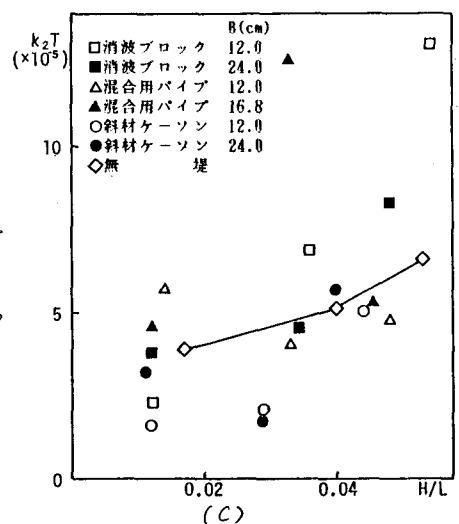
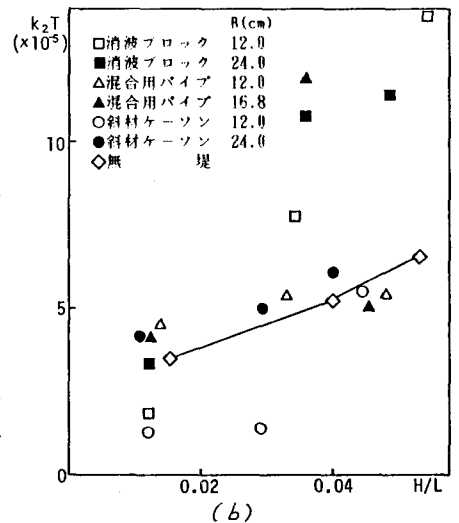
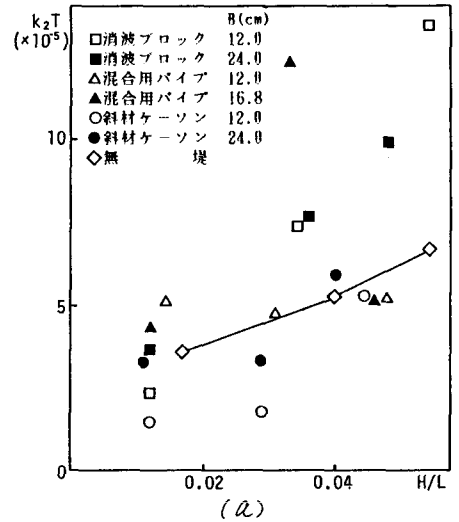


図5 再曝気係数と波形勾配との関係