

パイプ式透過堤の曝気効果

大阪市立大学 正会員 小田一紀

大阪市立大学 学生員 ○天野健次

1. はじめに 著者らは、この数年来、狭窄部を有するパイプをその中心軸が波の進行方向に平行になるように組み込んだ透過堤の波に対する水理特性を研究してきた¹⁾²⁾。本透過堤の消波機能は、パイプ両端における圧力差によってパイプ内に水平流を発生させ、それが狭窄部を通るとき、および端部を出入りするときに生じる渦乱によって波のエネルギーを逸散させることにある。しかし、本透過堤はこのような消波機能だけでなく、流体運動の非線形性に基づく沖側から岸側への質量輸送を発生させ、あたかも波動ポンプのような機能をも有する。これに水面付近のパイプ端部で生ずる曝気現象が相まって、特に岸側（港内側）水域における海水の溶存酸素を増大させる効果を有する。

本研究では、パイプ式透過堤の沖側および岸側水域における溶存酸素濃度の時間的、空間的变化を測定し、その曝気特性の概要を把握する。

2. 実験方法 実験は、長さ20m、幅0.5m、高さ0.8mの鋼製片面ガラス張り造波水槽で行った。水槽の片側端部には化学繊維製の多孔質マットを多層設置し、波の反射を極力抑えた。堤体模型は実物を想定し、基礎マウンドをも含め縮尺1/25で木材で製作し、水槽のほぼ中央に設置した。その寸法は図-1に示すとおりである。パイプ部の開口率は沖側面で50%、岸側端狭窄部で12.5%、下部矩形開口部で40%である。

溶存酸素濃度はDO計（長島商事社製ND-10型）4台を用い図-2に示すように、堤体中心から岸および沖方向にそれぞれ1.5h（h：水深）、3.0h および6.0h における断面内の、水深方向に水底から0.2h、0.5h および0.8h の位置で測定した。波条件は波形勾配をほぼ0.02で一定に保ち、周期Tおよび波高Hの組合せを（0.82sec, 2.1cm）、（1.02sec, 3.1cm）および（1.20sec, 4.0cm）と3種類に変えた。

波による溶存酸素の増加状態を調べるため、実験開始前に亜硫酸ナトリウム（触媒として塩化コバルトを使用）を用いて水中の溶存酸素濃度を1~3ppmまで下げた。その後、規則波を連続して3時間作用させ、各測定点における溶存酸素濃度の時間的变化をDO計を用いて10分間隔で測定した。

3. 曝気効果の評価 一般に、水中への溶存酸素の回復現象は式(1)で定式化される³⁾。

$$\partial C / \partial t = k_2 (C_s - C) \quad (1)$$

初期濃度 C_0 として式(1)を積分し、無次元表示すると式(2)が得られる。

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

ここに、 $C^* = (C - C_0) / (C_s - C_0)$ (3)

式(2)および式(3)において、 k_2 ：再曝気係数、 C ：溶存酸素濃度、 C_s ：飽和溶存酸素濃度、 C_0 は初期溶存酸素濃度、 T ：波の周期、 t ：曝気時間である。

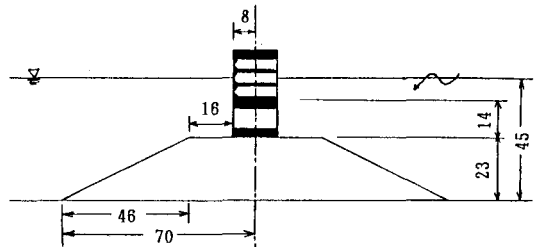


図-1 模型寸法 (単位: cm)

一般に、曝気効果を評価する指標として曝気点における再曝気係数 k_2 が用いられるが、ここではこれを T で無次元化した $k_2 T$ を用いることにする。

4. 実験結果および考察

1) 溶存酸素の時間的变化

図-3に $T=1.02\text{sec}$, $H=3.1\text{cm}$ の時の $y/h=0.8$ における C^* の経時変化を示す。

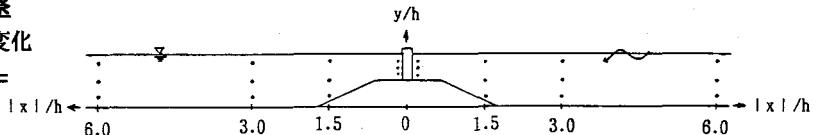


図-2 DO計の設置位置 (・測定点)

同図(a)は沖側水域、同図(b)は岸側水域における経時変化を表している。これらの図によると、沖側では

Kazuki ODA, Kenji AMANO

堤体から離れるほど曝気速度が小さくなるが、岸側では $|x|/h=3.0$ 付近までは、曝気速度にあまり差がなく、堤体からある程度離れた水域まで比較的速い速度で曝気が進むことがわかる。これは、前書きにも述べたように、本堤体が沖側から岸側への質量輸送を誘発する機能を有しており、これによる移流拡散効果が大きいためであると考えられる。このような傾向は、他の波条件の場合も同様に認められた。

2) 各測定点における $k_2 T$ の値

図-3に示したような各測定点における C^* の経時変化の実験曲線から最小自乗法によって $k_2 T$ の値を求めた一例を表-1に示す。表-1は $T=1.02\text{sec}$ の場合の結果であるが、この表から、(1)岸側および沖側水域ともほぼ $|x|/h=3.0$ よりも堤体寄りでは $k_2 T$ の値は各測定断面とも水面から水底まで鉛直方向にはあまり大きな差は見られないが、 $|x|/h>3.0$ の領域では水底付近の方が大きな値を示す傾向があり、特に岸側水域ではこの傾向は強い、(2)全般的に岸側水域の方が $k_2 T$ の値が大きい、などのことが見出せる。これらの傾向は他の周期の場合も同様であった。

3) 溶存酸素濃度の空間的分布

同一経過時間における溶存酸素濃度の空間的分布の一例を $T=1.02\text{sec}$ の場合の $t/T=7,500$ の時について示したものが図-4である。この図からも明らかのように、沖側水域では僅かに水底付近の方が溶存酸素濃度が高くなっているが、岸側水域ではこの傾向が一層顕著に思われる。これは、水面付近のパイプ端部から流出する噴流が下降成分を有しているためであると考えられる。この様に特に岸側水域の下層の溶存酸素を増大させる機能があることが、本透過堤の大きな特徴であると考えられる。

5. あとがき

予備実験として

マウンド部のみの

実験を行ったが、DO値にして $0.5\sim 1.00\text{ppm}$ の一様な増加が見られただけであった。マウンド上で波は砕波しなかったため、この値は水表面からの曝気のみによると考えられる。従って、上記の実験における溶存酸素増大は主としてパイプ端における曝気によって生じたことが確認できたといえる。

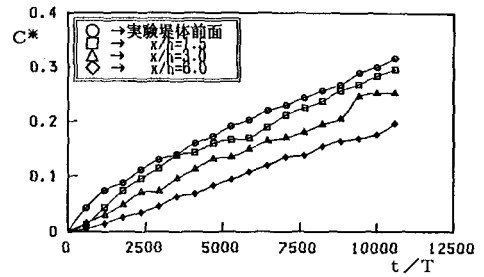


図-3(a) C^* の経時変化 ($T=1.02\text{ sec}$, 沖側領域, $y/h=0.8$)

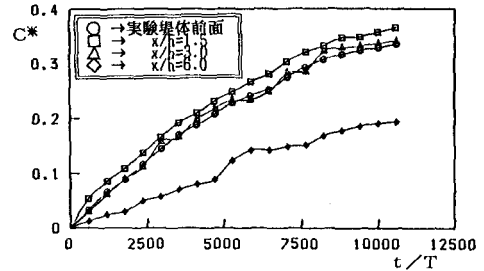


図-3(b) C^* の経時変化 ($T=1.02\text{ sec}$, 岸側領域, $y/h=0.8$)

表-1 各測定点における $k_2 T$ の値 ($k_2 T \times 10^6$) ($T=1.02\text{sec}$)

y/h	$ x /h$	岸側水域				沖側水域			
		6.0	3.0	1.5	0.14	0.14	1.5	3.0	6.0
0.8		1.87	3.92	4.24	3.28	実験	3.08	2.81	2.21
0.6		—	—	—	3.70	2.99	—	—	—
0.4		3.09	4.12	4.00	—	—	2.90	2.48	1.79
0.2		—	—	—	—	—	—	—	—
0.0		3.28	4.00	4.00	—	—	2.75	2.26	1.80

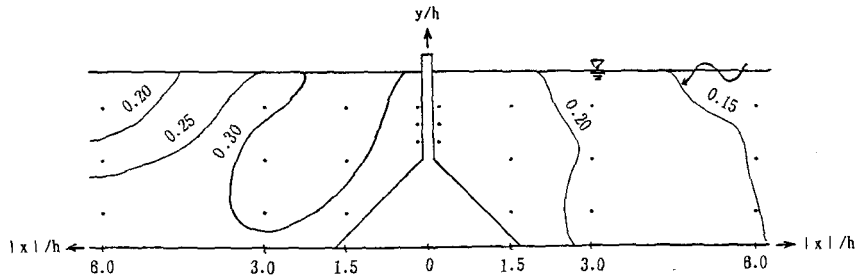


図-4 7,500波作用時における C^* の空間的分布 ($T=1.02\text{sec}$)

<参考文献> (1)小田他：第13回海洋開発シンポ. pp.189-194, 1988 (2)小田他：第43回年講 pp.662-663, 1988 (3)細川他：港研資料 No.526 1986