

名古屋工業大学 正員 細井 正延
大学院 学生員 ○井本ス仁吉
清水建設 桑原 英世

1. まえがき

われわれは、水面波の波動運動による再曝気現象に関する研究の一つとして、進行波の場合を昨年度の年次学術講演会で報告した¹⁾。その後、重複波の波高、周期及び水深によって再曝気係数がどのように変化するかを実験的に調べた。本文では、重複波の場合の実験結果を報告し、さらに進行波の実験結果との比較検討を加えた。

2. 実験方法

長さ33m、幅0.6mの造波水槽に反射板を設置し、水槽の中央部の2箇所に厚さ0.5mmのゴム膜をゆるく張って、水槽両端での碎波の影響が測定場所に及ばないようにした上で、水槽中の溶存酸素量を亜硫酸ソーダ(触媒として塩化コバルト)により減少させ、造波板によって波を起こして空気中からの酸素移動を測定した。酸素量の測定は、Model 15A型溶存酸素計をペン書きオシログラフに接続して記録させた。また、波高は抵抗線式波高計、空気の乱れは熱線風速計を使って測定した。

3. 実験結果

記録された溶存酸素量・時間曲線から20℃の水温に換算した再曝気係数 k_2 (1/day)を求め、得られた k_2 と波の諸元、水深との関係を無次元表示すると次式のようになる。

進行波の場合

$$k_2 T = 9.72 \times 10^{-6} (h/L)^{-5.53} (H/L)^{2.58} \quad \text{----- (1)}$$

重複波の場合

$$k_2 T = 1.31 \times 10^{-6} (h/L)^{-5.59} (H/L)^{2.70} \quad \text{----- (2)}$$

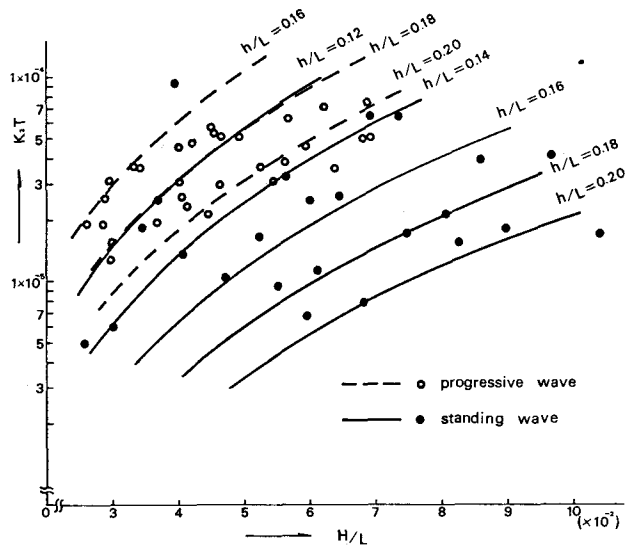
ただし、 T : 周期(day), h : 水深(cm)

H : 波高(cm), L : 波長(cm)

図 - 1

横軸に波形勾配 H/L を、縦軸に $k_2 T$ を取り、比水深 h/L をパラメータとして描くと図-1のようになる。図中の実線は重複波の比水深 h/L が0.12, 0.14, 0.16, 0.18, 0.20の各場合を、また破線は進行波の比水深 h/L が0.16, 0.18, 0.20の各場合を示す。ただし、進行波の資料は昨年度の報告に用いた資料と同じである。

式(1)と(2)の右辺を比較すると、 h/L , H/L の指数は、進行波と重複波ではかなりよく似た値を持つ。しかし、定数は進行波と重複波ではかなり異なっていることに気付く。一般に水粒子速度が大きくなれば水粒子の変動速度も大きくなると考えられ、それによって表面再生速度も大きくなると思われる。すなわち酸素分子は、空気中から水中に溶け込み易くなり、再曝気係



数は大きくなる。そこで $k_2 \propto (\text{水粒子速度})^a / (\text{水深})^b$ と仮定し、実測値を用いて最小2乗法によって a 、 b の値を求めてみると、 b の order は a の order に比べて一位低く算定されたので、ここでは k_2 と水粒子速度との関係を示した。しかし、水粒子速度の中に水深の項は含まれているから、再曝気係数に対する水深の影響を全く無視したわけではない。波による水粒子の水表面における水平方向の速度を、時間的に最大となる時の一波長についての平均値 U_m で代表させ、進行波においては、 U_m を有限振幅浅水波の Skejlbreia の第3近似式より (U_{mp})、重複波については、Tadjbakhsh と Keller の第3近似式から (U_{ms}) を求めた。

$$U_{mp} = \left\{ \frac{k}{2g} \tanh kh \left\{ 1 + \frac{k^2 H^2 (\cosh 4kh + 8)}{32 \sinh^4 kh} \right\} \left\{ \frac{k^3 H^2 \cosh^2 kh}{4} + \frac{9k^4 H^4 \cosh^2 2kh}{256 \sinh^4 kh} + \frac{9k^3 H^3 (11 - 2 \cosh 2kh) \cosh^3 kh}{26124 \sinh^4 kh} \right\} \right\}^{1/2} \quad (3)$$

$$U_{ms} = \left\{ \frac{1}{2} \left\{ \frac{kH}{2} \left(\frac{g}{k} \cosh kh \right)^{1/2} + \frac{1}{128} \left(\frac{kH}{2} \right)^3 \left(\frac{g}{k} \right)^{1/2} \left(9 \cosh^2 kh + 62 \cosh^{3/2} kh - 31 \cosh^{1/2} kh \right)^2 + \frac{1}{2} \left\{ \left(\frac{kH}{2} \right)^3 \left(\frac{g}{k} \right)^{1/2} \times \frac{3(1+3 \tanh^2 kh)}{128} \left(-9 \cosh^{1/2} kh + 25 \cosh^{3/2} kh - 13 \cosh^{5/2} kh + 2 \tanh^{3/2} kh - 5 \cosh^{1/2} kh \right)^2 \right\} \right\}^{1/2} \quad (4)$$

上式(3)と(4)より求まる U_m と再曝気係数 k_2 との関係は次の2式で表される。

進行波の場合

$$k_2 = 3.352 \times 10^{-2} U_{mp}^{1.427} \quad (5)$$

重複波の場合

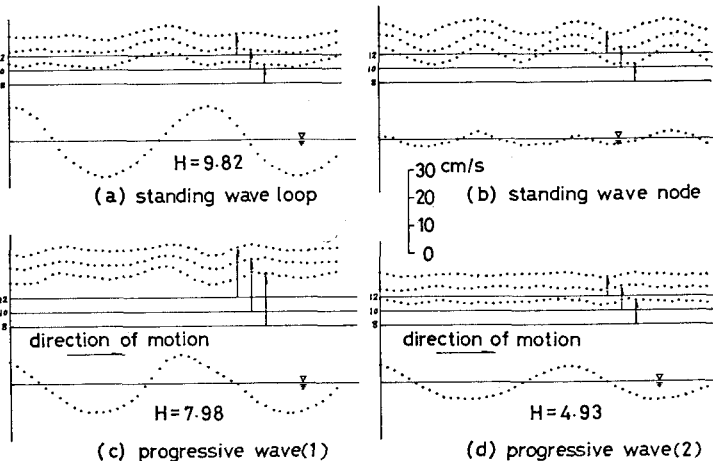
$$k_2 = 8.907 \times 10^{-3} U_{ms}^{1.403} \quad (6)$$

式(5)、(6)の右辺を比較すると U_m の指数は進行波と重複波ではほぼ同じ値を持つ。またわれわれは進行波と重複波の各上式の係数の違いは波によって引き起こされる空気の流れにも影響されるのではないかと考え、

熱線風速計を用いて風速を測定した。図-2にその一例を示す。横軸に Table-1 $\bar{U}$ の値

時間を取り縦軸に静水面から所定の高さ (8cm, 10cm, 12cm) をとり各高さにおける風速の時間的変動の記録を表わした。図-2(a)、(b)は重複波の腹と節、図-2(c)(d)は重複波と同周期、同水深の進行波の測定結果である。表-1に各測定場所における風速の時間的平均値 $\bar{U}$ を示す。図-2と表-1から、重複波に対してほぼ同じ波高を持つ進行波(1) (図-2(c))の $\bar{U}$ の値は重複波の $\bar{U}$ の値の約2倍であり、重複波に対してほぼ1/2の波高を持つ進行波(2) (図-2(d))の $\bar{U}$ の値は、重複波の $\bar{U}$ の値とほぼ同じである。このように進行波の $\bar{U}$ の値は重複波の $\bar{U}$ の値に比べてかなり大きいことが分る。なお今回の実験では、風速の成分を測定することができなかった。このように実験に関する問題点は多くあるが、波によって引き起こされる風と再曝気係数の間に何らかの関係があると思われる。今後は波によって引き起こされる風速成分を測定し、乱れの強さ、レイノルズ応力等を算定し、それらの再曝気係数に与える影響を見出すとともに、さらに風波についても同様な方法で研究を続けたいと考えている。

図-2



	静水面からの高さ cm		
	8	10	12
loop	7.98	7.69	7.65
node	10.29	9.93	9.85
pro. 1	18.29	17.79	17.53
pro. 2	8.50	8.33	7.85

参考文献 1) 細井正延; 溶存酸素量に及ぼす波浪の影響について 第28回年次学術講演集 昭48年度