

PS-4 曳航水槽の品質管理

中水槽の水温均一化に関する研究

流体設計系 * 後藤英信、牧野雅彦、若生大輔

1. はじめに

船舶試験水槽で模型船の曳航試験等を行うにあたり、品質管理の観点から水槽水の鉛直方向の温度分布を均一化するため水循環装置を設置する¹⁾。試験品質を維持していくため、設置効果の評価が必要である。また、下記の水温が上昇する時期に模型船体に気泡付着することがあり、それにより計測が安定せず試験精度が低下する。これによる摩擦抵抗の増加について検討が行われ、その防止方法として水槽水の脱気・循環方法が示されている^{2), 3)}。

2017年に三鷹第3船舶試験水槽（以下150m水槽）に深さ方向水温・溶存酸素測定装置を導入した。導入効果を評価するため、水槽水の脱気循環の有無による水温、溶存酸素の変化を計測したので、その影響を考察し、報告する。

2. 設備と装置

150m水槽は長さ150m、幅7.5m、深さ0から3.5m（可変）である。

設置している脱気循環装置の容量は20ton/hであり、通常1日4時間運転する。水槽東側の底部から吸水し、西側水面付近から排水する。吸水口及び排水口は、長手方向に約10m間隔で10個以上に分散設置され、効率良く循環が行われる。

深さ方向水温計測装置は150m水槽長手方向中間地点東側に設置されており、計測時に水面側にアームが出て水温・溶存酸素センサー部が降下し、各深さの計測を順次行う型式のものである。室温の計測は、同位置の水面上1mでの値をセンサーの水中降下直前に記録する。溶存酸素値は蛍光式溶存酸素センサーによって計測し、計測水温での温度補正を行う。

計測は毎日午前5時30分から約2時間かけて行う。測定は室温の測定後、水深3mに降下し、測定値の安定のため1分間停止後、再び上昇させ水面までこれを連続する。

3. 水温均一化及び脱気

3.1 水温均一化の実施

溶存酸素測定器・深さ方向水温計の設置に合わせ、2017年8月1日から脱気・循環を開始した。図-1に深さ(Z)別の水温変化の時系列を示す。循環開始後47日(9月18日)で、各深さの水温が1°C以内となり、57日以降(9月28日)は一つの線状となりほぼ同じ値となることわかる。その後も互いに温度差の無い状態を保ち、室温の変化に対しても、各深さの水温は均一化されている。

次に、2018年4月27日から5月7日まで水循環装置を停

止して、11日間無循環状態とした後、5月8日から再度循環を開始して、以降の各深さの水温と室温を計測した(図-2)。

図-1は水温が低下している時期、図-2は水温が上昇している時期に当たる。

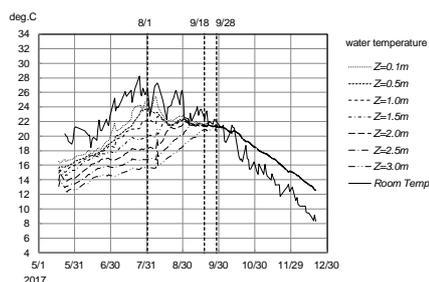


図-1 深さ(Z)別の水温変化の時系列(2017年)

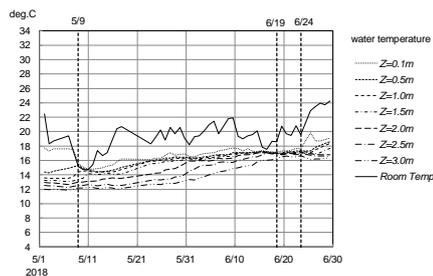


図-2 深さ(Z)別の水温変化の時系列(2018年春季)

循環停止後の5月2日時点で深さ方向の水温差が生じているが、循環開始後の5月9日以降、水温差が収束に向かう傾向が見られ、40日後(6月19日)で各深さの水温が1°C以内となった。なお、6月24日計測後に保守停電のため循環装置は停止した。

3.2 深さ方向の水温均一化

図-1, 図-2より、水槽底層部の均一化には50日程度の時間がかかるが表層部は循環開始2日後には均一化されている。また、水槽表面水温は室温の影響を受けるが、これは2018年6月24日保守停電での停止時のデータからも示される。

3.3 脱気と溶存酸素の関係

水槽試験では、水槽水の溶存酸素量が飽和溶存酸素量となると模型船表面に気泡が付着する。気泡が付着すると表面の粗度が増加し、抵抗増加とともに、曳航中気泡の剥離のため、模型船の抵抗計測値が不安定となる。これを避けるため脱気

を行う。

2017年の溶存酸素濃度(DO)の計測結果を図-3に、2018年春季の結果を図-4にそれぞれ示す。図-3から、水温均一化実施前は溶存酸素濃度の変化が激しいこと、また、水温が深さ方向に均一されるまでは、水温差により複雑な流れが発生するため、溶存酸素濃度にばらつきが生じると考えられる。同様のことが図-4からも分かる。

次に、深さ0.1mでの飽和溶存酸素濃度(OS)に対する深さZでの溶存酸素濃度(DO_Z)の比(R_{DO})を(1)式で算出し、図-5、図-6に示す。

$$R_{DO} = \frac{DO_Z}{OS} \times 100 \quad (1)$$

図-5から、脱気・循環により溶存酸素濃度は90%に安定して減少していること、表面付近は濃度が他の深さに比べ1%程度増加することが分かる。なお、R_{DO}が100%を越えている場合があるが、継続して越えている状況でないこと、図-5に示すとおり、深くなるに従い水温が低下し飽和溶存酸素濃度が増加するため、模型船表面に気泡が発生している状況ではなかった。図-6は水温がまだ低く、夏季にかけての上昇時期のため溶存酸素濃度は大きくないが、溶存酸素濃度が低減している様子が分かる。

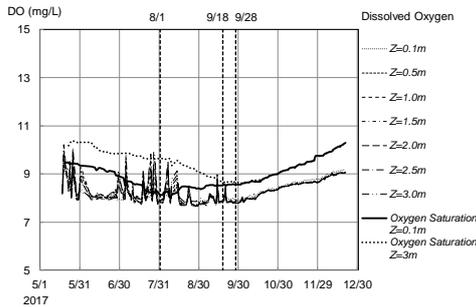


図-3 溶存酸素濃度変化の時系列 (2017年)

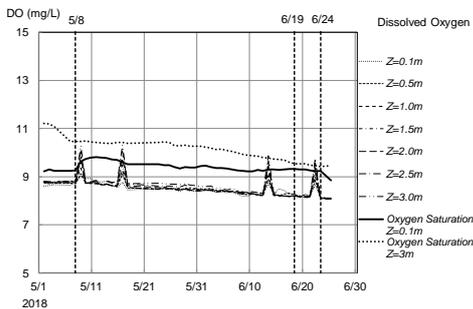


図-4 溶存酸素濃度変化の時系列 (2018年春季)

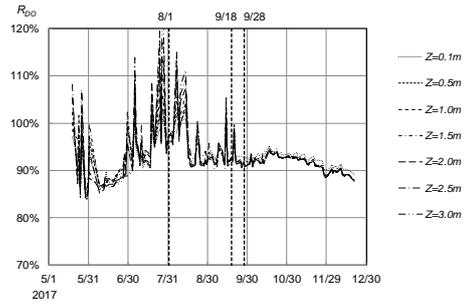


図-5 深さZでの溶存酸素濃度の比 (R_{DO}) (2017年)

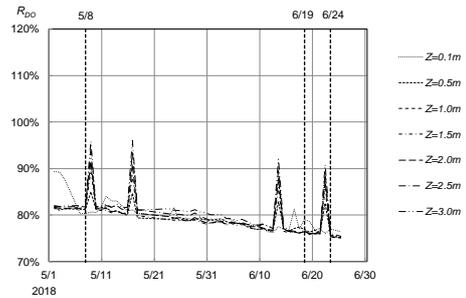


図-6 深さZでの溶存酸素濃度の比 (R_{DO}) (2018年春季)

4. まとめ

曳航水槽の水温均一化及び脱気効果について、水温下降期及び水温上昇期にデータ取得を行い、考察した結果は以下のとおりである。

- ・本施設の装置とその運転方法では、表層部水温は循環開始2日程度で均一化され、1ヶ月半程度で深さ方向の水温も均一化される。このように水の循環が深さ方向の水温均一化と大きく関係するため、曳航試験の品質管理は、水槽や装置の特性を把握して、適合した運転方法を考え実施していく必要がある。
- ・水槽水の脱気による溶存酸素量の変化は、水の循環による深さ方向の水温均一化に伴い、安定することを示した。

謝辞

本研究の実施に当たり、海上・港湾・航空技術研究所海上技術安全研究所流体設計系副系長(当時)の星野邦弘博士、同実海域性能研究グループ深澤良平氏に助言をいただきました。心よりお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 推進性能部：三鷹第3船舶試験水槽の建設について、船舶技術研究所報告, 第10巻, 第6号(1973), 1-58.
- 2) 横田孝次, 関根洋, 田崎亮：船舶試験水槽における模型船表面への気泡付着とその影響および防止法について, 関西造船協会誌, 第193号(1984), 39-44.
- 3) 三鷹400m水槽の気泡対策について, SRC News, No. 65(2005), 6-7.