

三鷹400m水槽の気泡対策について

既報の通り日本造船技術センターは、昨年から三鷹の400m水槽を海上技術安全研究所（海技研）と共同で使用し、造船所等からの受託試験を実施しています。この水槽は国内最大で水深も8mと深いので夏期には水槽の深さ方向に温度勾配が生じます。この温度勾配は抵抗試験に影響を与えるので、従前は夏期には抵抗試験などは避け、気温の影響の少ない試験を実施するなどして凌いできた経緯があります。しかし当センターの業務は年間を通して抵抗試験等を実施する必要があるため、この温度勾配をなくすため新たに循環装置を設置しました。その結果温度勾配は解消しましたが、昨年の猛暑の時期に模型船の表面に気泡が付着するという新たな問題が発生しました。模型船の表面に気泡が付着すると温度勾配同様に抵抗試験等に悪影響を及ぼすことは関係者の間では古くから知られており、国内でも過去に気泡対策に関する報告例があります。¹⁾

今回はこの気泡問題に対する当センターの取組みについて紹介します。

1. 気泡の発生原因

空気などのイオン化しない気体は一般に液相が高温になると飽和溶解量は下がります。例えば水温15℃の飽和状態にある水が短時間の間に25℃に上昇すると過飽和状態となり発泡します（図-1）。

冬季に高温の風呂水に水道水を加えると白く濁る現象が見られるのは上記原理によるものです。

三鷹400m水槽は補給する水に地下水

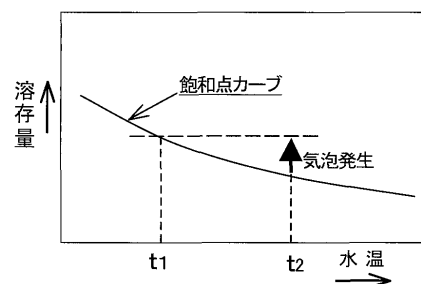


図-1 気泡の発生原理

を利用しているため夏期は水温が大気温度より10℃以上も低くなります。この水が循環装置によって常に水槽表面にも供給されるため、気温が上昇すると水槽表面近くの水温が急に上昇し、これが気泡発生の要因となると考えられます。

2. 気泡発生防止方法

気泡の発生を防止するには水槽内の気温を下げるか、水槽水の気体溶解量を下げる（脱気する）必要があります。前者は気泡だけでなく水槽水の温度差の発生も抑止できるので理想的ですが400m水槽のある建屋は長大であり設備費用・消費電力など経済的に折り合いません。その点後者の方法が実用的であり、国内の他の水槽でもこの方式を採用しています。当センターではこの他にも ア) 船体表面を従来以上に磨き上げる、イ) 塗料、界面活性剤等を模型船の表面に塗布する、ウ) 模型船体を冷却する、エ) 1走行毎に泡を拭き取るなどの対策を試みましたが、いずれも気泡の付着開始時期を遅らせるだけで根本的解決にはならないということを確認しました。

以上検討の結果、水が過飽和の状態にある場合には脱気以外に有効な解決手段は無く、本水槽にも脱気装置を設置することが最も確実な方法であるとの結論に達し、装置導入の検討に入りました。

3. 脱気装置の種類と選定

液体に溶存している空気を除去したいというニーズは、水槽試験に限らず世間

には広く存在します。その目的は主に腐食や酸化防止のために水中の溶解酸素量を下げることのもので、代表的なものではボイラー給水や食品加工などに使用されています。又、最近ではマンションやオフィスの水道管の赤水対策（つまり酸化防止）にも脱気装置を設置しているところが多いことを本件の検討の過程で知りました。一般的な脱気装置には①真空ポンプ脱気方式、②透過膜方式、③給排水差圧脱気方式などの種類があります。このうち②は大量の水の処理には向かないとの判断から検討対象から外しました。①の真空ポンプ脱気方式と③の給排水差圧脱気方式の原理を図-2に示します。

国内の他の水槽では殆どが①の真空ポンプ脱気式のものを設置しています。この方式は高度の脱気レベルが得られる反面、装置の機構上かなりのスペース（特に高さ）を必要とします。400m水槽の周りは手狭であるので設置場所が問題でしたが、調査したところ、③の方式ならば、設計を工夫すれば狭い場所への設置が可能なが判明しました。又この方式は消費電力が少ないなどの特徴を有することから、最終的に③の方式を採用することとしました。採用した脱気装置の流れ図を図-3に示します。

4. 脱気装置の仕様

今回設置した脱気装置の主な仕様を以下に示します。

- ・脱気方式：給排水差圧脱気式

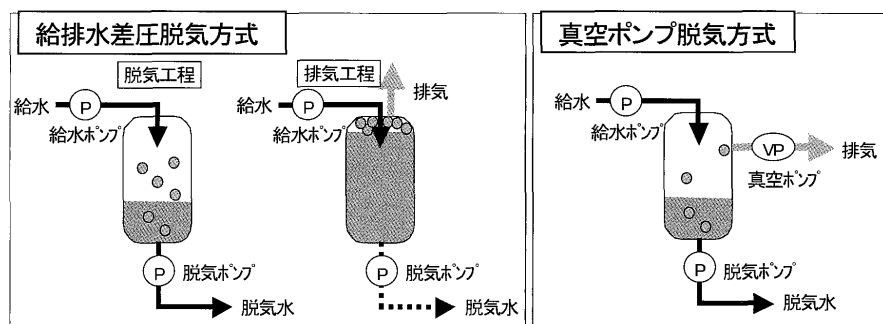


図-2 脱気装置の原理

- ・運転モード；
 - ① 地下水を脱気処理して400m水槽へ補給する運転（補水モード）
 - ② 水槽水を吸引し、脱気して循環する運転（循環モード）
 - ③ 補水が完了したら自動的に循環モードに移行（補水→循環モード）
- ・処理能力；
 - ① 補水モード(水温15℃、飽和状態)
 - ・処理量 : 30t/h ($r = 1920h$)
 - * r : 理論置換率
 - ・脱気効率 : 50 %
 - ② 循環モード(10-25℃: 飽和状態)
 - ・処理量 : 60t/h ($r = 960h$)
 - ・脱気効率 : 50 %
- ・配 管；既存の注水／排水の各ラインから枝をとり最大限活用
- ・自動運転；
 - ①補水、②循環、③補水→循環の各モードともに起動ボタン1つで自動運転
- ・タイマー運転：運転 → 停止
(最大 300h まで設定可能)
- ・遠隔操作：試験準備場より発停可
- ・消費電力；32.9 kw/h (0.55 kw/h・t)

5. 設置工事／運転状況

- ・工事期間；4月上旬発注 ～7月上旬完成（7月8日より運転開始）

- ・運転前水槽水状態；
6月下旬より気泡発生
(この時、溶存酸素100%超)
- ・運転後水槽水状態；
装置の運転は昼間の試験時間帯を除き連続運転を実施。溶存酸素濃度は水槽のほぼ中央で深さ方向に数点計測した(当初は毎日その後は数日おき)。運転開始後の溶存酸素の変化を図-4に示します。この図が示すように累計時間約300hで溶存酸素量は計測点平均で約15%下がりました。この時点で模型船への気泡付着は観測されなくなった。
又累計時間約1000時間で70%前後で外気と均衡したと推定されます。

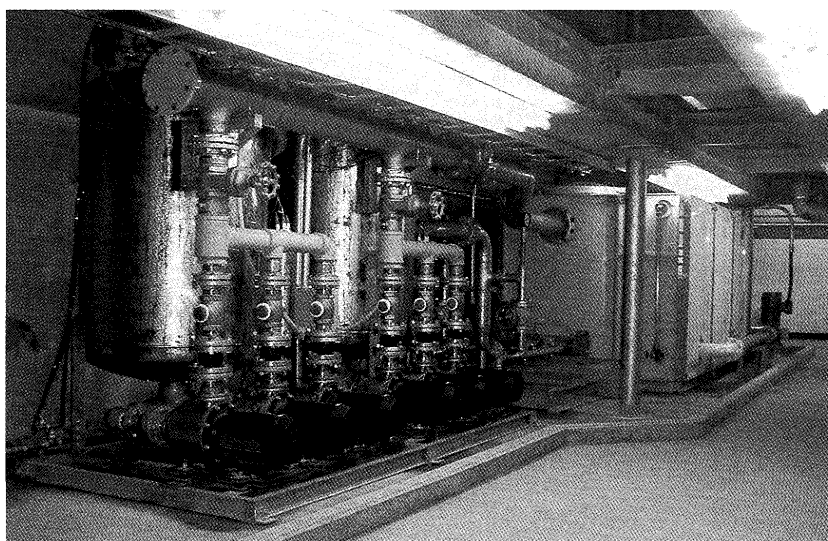


写真-1 脱気装置全景

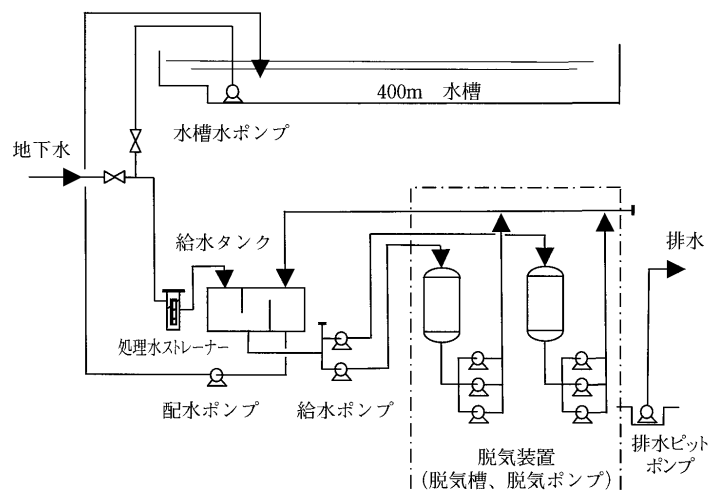


図-3 脱気装置の流れ図

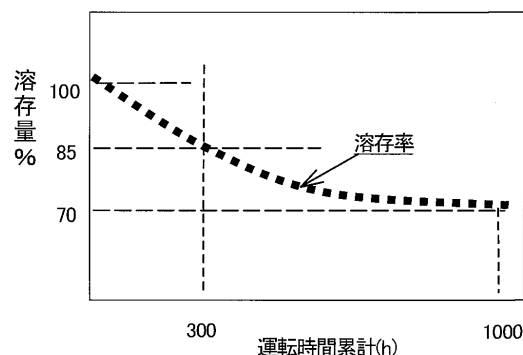


図-4 溶存酸素量の変化

6. おわりに

以上の通り、気泡問題は無事解決し、お客様に迷惑をおかけしない運営ができるようになったことを関係者と共に慶びたいと思います。又、短期間に設計から設置までを施工された住重機器システムのご尽力に紙面を借りて感謝いたします。

以上

<参考文献>

- 1) 「船型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」 石川島播磨重工業(株) 技術研究所 関西造船協会誌 第193号 1984年