# 防波堤ケーソン隔室内送風によるコンクリートの温度ひび割れ抑制対策

東洋建設㈱九州支店　正会員　○實久　和彦
同　上　八尋　順司
同　上　黒木　義春
東洋建設㈱美浦研究所　正会員　竹中　寛
東洋建設㈱九州支店　正会員　長山　英樹

## １．目的

海洋構造物である防波堤ケーソンは，水密性や耐久性の観点から，ひび割れの抑制が強く求められている．ケーソンの隔壁や側壁のような下部が拘束された壁部材では，コンクリートの温度上昇量が大きい場合，温度降下時の収縮による下部拘束が大きくなり，外部拘束型の温度ひび割れが生じやすくなる．そのため，温度ひび割れ対策としては，コンクリートの温度上昇を小さくすることが有効である．しかし実際の施工では，ケーソン隔室上部の足場によりコンクリートの水和熱が隔室内にこもり，コンクリートの温度上昇を助長している．そこで，ケーソン製作工事において，外部空気を隔室内に強制流入させて隔壁や側壁のコンクリート温度を低下させるひび割れ対策を実施した．本報告では，実構造物における隔室内およびコンクリートの温度計測と，左記の計測結果をもとに行った温度応力解析により，本対策の有効性について考察する．

## ２．温度ひび割れ対策の概要

### ２．１　構造物の諸元

対象とした防波堤ケーソンは L15.0m×B15.8m(21.8)×H22.5m の形状であり，呼び強度 30(30-12-20BB)のコンクリートを，1 Lot あたり 2～3m ずつ 8Lot に分けて打設した．

### ２．２　隔室内送風および温度計測計画

事前に温度応力解析を行い，温度ひび割れがより抑制できる送風計画を作成し，**図-1** に示す箇所において，**写真-1** のように外気の強制流入(送風)を実施した．なお，送風期間はコンクリート温度のピークを考慮して，打設後から 2 日間 (48 時間) と設定した．

温度計測は 4Lot，5Lot，7Lot で実施し，被覆熱電対センサーを用いて 5 分間隔で記録を行った．コンクリート温度の測点は**図-1** に示すように，隔壁 2 測点と側壁 2 測点の合計 4 測点(Ⅰ～Ⅳ)において，センサーを 1 測点につき厚さ方向に 3 箇所(中央と表面から 2cm 付近)設置した．また，気温の計測は隔室内 4 測点 (①～④，各隔室中央部)と外気 1 測点(⑤)の合計 5 測点とした．なお，計測期間は送風期間中の温度の上昇および下降，さらに，送風停止後の温度の下降を確認するため，打設後から 50 時間以上とした．

## ３．温度計測結果

送風のあり・なしの違いを確認するため，隔室内気温とコンクリート温度について，**図-1** に示す②と③およびⅡの結果を抜粋して示す．なお，他の計測結果についてもこれら結果と同様の傾向を示した．

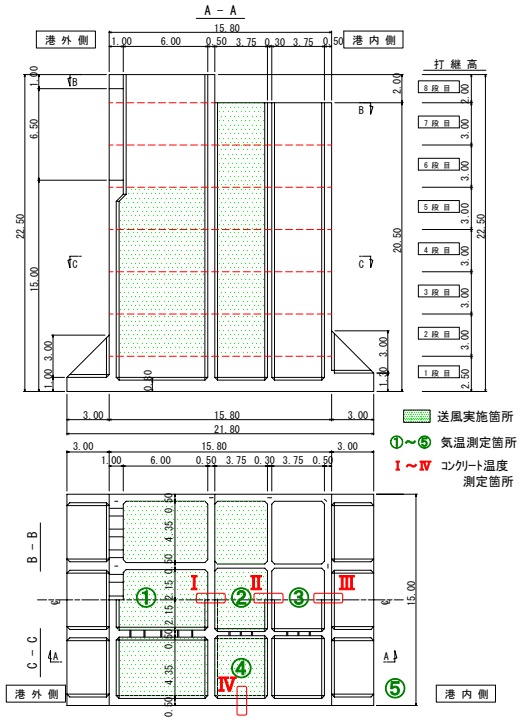



図-1　対象ケーソン形状および送風・計測位置

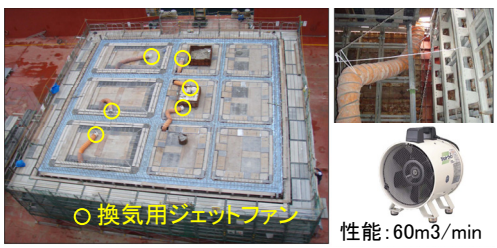



写真-1　送風状況と使用機材

キーワード　防波堤ケーソン，コンクリート，温度ひび割れ対策，送風
連絡先　〒810-0022　福岡県福岡市中央区薬院 3-3-31　ＴＥＬ092-526-1115

### ３．１　隔室内気温

送風を行った隔室での気温②と，行っていない隔室での気温③の時系列変化を**図-2** に示す．送風がない場合にはコンクリートの水和熱がこもることにより隔室内気温が上昇することが確認できる．

送風あり・なしでの温度差の平均値から，隔室内に送風することで，隔室内温度を最小で 1.5℃，最大で 3.5℃，低くできることが確認できた．

### ３．２　コンクリート温度

隔壁の片側が送風ありで，他の一方が送風なしの条件となるⅡについて確認した．Ⅱ-1(送風あり側)とⅡ-3(送風なし側)の温度変化を**図-3** に示す．送風されている側のコンクリート温度は，されていない側よりも低下していた．その傾向は計測期間を通して確認できる．

計測されたコンクリート温度をもとに，同一時期におけるⅡ-1 とⅡ-3 の温度差を算出し，対象期間内での最大値および平均値を求めた結果，送風がある側のコンクリートの方が，最大で 0.4℃～2.2℃，温度が低くなっていることが確認できた．

### ４．温度応力解析

送風実施の効果をひび割れ指数で評価することを目的として，前章の温度計測結果をもとにケーソンの温度応力解析を行った．解析では，施工時のコンクリートを用いて作製した簡易断熱試験体（L200mm×B200mm×H200mm，上下側面を発砲スチロール（t200mm）で密閉）の，温度の実測値と解析値（温度解析）を同定して求めた断熱温度上昇量の係数を，さらに，左記の係数を用いたケーソンの温度解析により，温度計測結果と解析値を同定して求めた型枠の見かけの熱伝達率 $\eta$’（送風無し：$\eta$’=4 W/m$^2$℃，送風あり：$\eta$’=9 W/m$^2$℃）を設定条件とした．温度応力解析の結果，**図-4** に示すとおり送風を行うことで全体的にひび割れ指数が向上する傾向を示し，送風なしにおけるひび割れ指数の最小値が 0.9 から 1.15 に増加するなど，温度ひび割れに対する抑制効果がみられた．

### ５．おわりに

送風箇所では温度ひび割れの発生は確認されていない．また，ケーソンの側壁や隔室程度の部材厚さであれば，隔室内の冷却によりコンクリート内部温度を低下させることが可能であることを確認した．よって，ケーソン隔室内送風は温度ひび割れ対策として有効と考えられる．ただし，今回の送風では，見かけの熱伝達率が一般的なメタル型枠の熱伝達率よりも小さく，十分な外部空気の流入ができているとは言い難い．今後は，より効率的な換気方法や，解析に用いる見かけの熱伝達率 $\eta$’の妥当性についてさらに検討し，ケーソンの温度ひび割れ対策として積極的に適用していく予定である．

**謝辞**：対策の実施・計測にあたり国土交通省九州地方整備局名瀬事務所のご協力をいただきました．ここに感謝申し上げます．

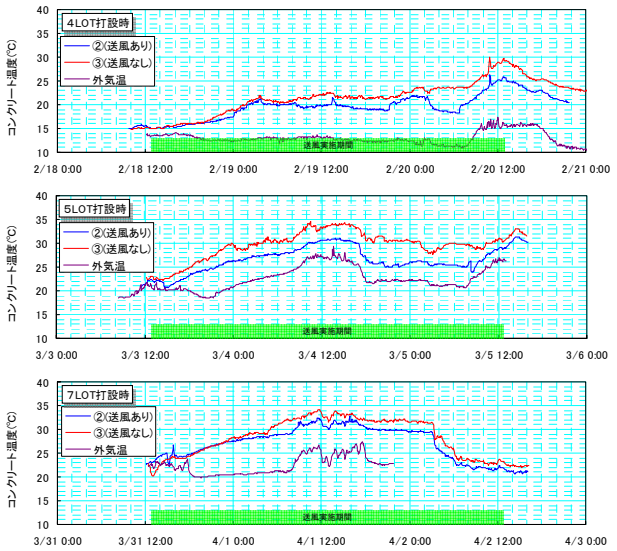



図-2　隔室内気温の変化(隔室②および③)

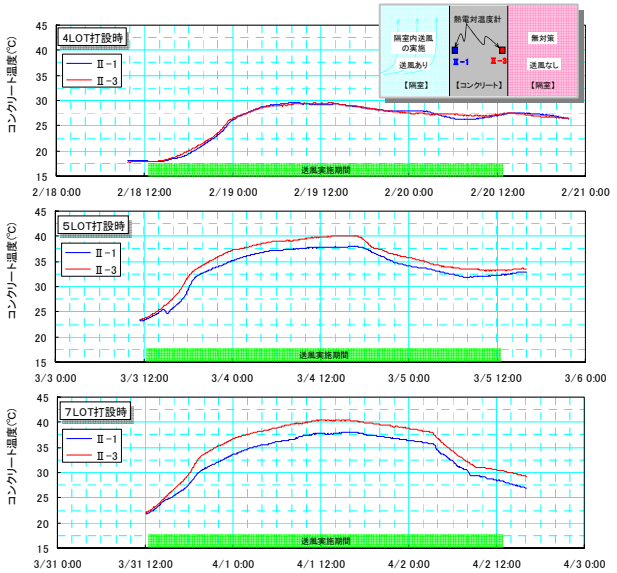
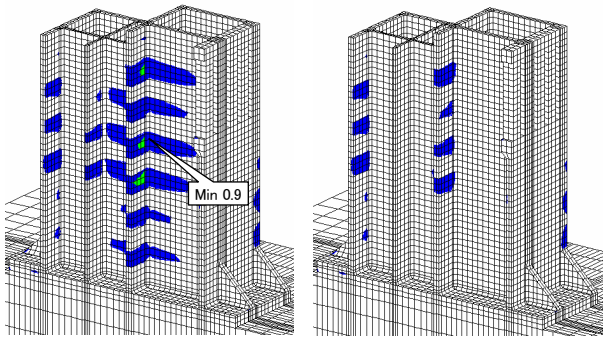



図-3　コンクリート温度の変化(Ⅱ-1 およびⅡ-3)




a)送風なし　　a)送風あり

図-4　温度応力解析結果(ひび割れ指数)