

■土 木■ (材料 (コンクリート))

低流速パイプクーリングの実験と解析的検証

ー鉛直パイプクーリングへの適用ー

Experimental and Numerical Analysis of Low-velocity Pipe Cooling
-Application to Vertical Pipe Cooling-

東 邦和* 森田修二**
Kunikazu Azuma, Shuji Morita

研究の目的

パイプクーリングは、コンクリート内部の最高温度を下げることや内外の温度差を小さくすることで、ひび割れ低減を行う工法であり、多用されるようになってきた。しかし、パイプクーリング適用時における熱伝達率などの特性は十分に明らかになっていない。水平パイプクーリングについては、パイプ径 $\phi 25\text{mm}$ 程度の薄肉鋼管が用いられ、クーリング水の流速は $20\sim 60\text{cm/s}$ であり、研究事例がある。一方、近年多用される鉛直パイプクーリングでは、 $\phi 60\text{mm}$ 程度のスパイラルシース管が用いられ、流速は $1\sim 18\text{cm/s}$ と低流速であり、現場計測データを基にした研究事例が数例あるのみである。低流速で使用される仕様のパイプクーリングを対象に、室内実験によりクーリングの特性を検証した。また、温度応力解析を適用する場合に、鉛直パイプクーリングの場合は 1 本当たりの長さが短い、上下方向のクーリング水の温度変化を考慮した解析が必要である。このクーリング水温のパイプ長さ方向の水温変化を考慮した温度応力解析ができる簡易解析手法を構築した。

研究の概要

低流速パイプクーリングの熱交換の設定において、通水量と熱伝達率の関係を求めるため実大実験を実施した。パイプクーリング試験体は、 $300\text{mm} \times 300\text{mm} \times 10\text{m}$ の大きさであり、内径 60mm のスパイラルシース管をコンクリート断面中心に設置し、長さを確保するため水平に設置している。試験体は養生後、コンクリート周囲に設置した電熱シートで加温している。コンクリート温度の最高温度は 60°C と設定し、加温後 20°C の水を流量 $2\sim 30\text{L/min}$ で通水した。実験によるコンクリートの熱移動から、パイプの熱伝達率を求めた。試験体の概要を写真-1 に、計測器の配置を写真-2 に示す。実験より求めた流量に伴う熱伝達率の変化を図-1 に示す。

また、パイプクーリング中の水温上昇を評価できる簡易解析手法を構築した。水温変化の解析精度を確保するために、埋込クーリング要素のタイムステップを細分化するフローを解析プログラムに導入した。パイプ中の水温変化の実測と解析の比較を図-2 に示す。さらに、パイプクーリング実施した現場計測データを用いて解析精度を検証した。

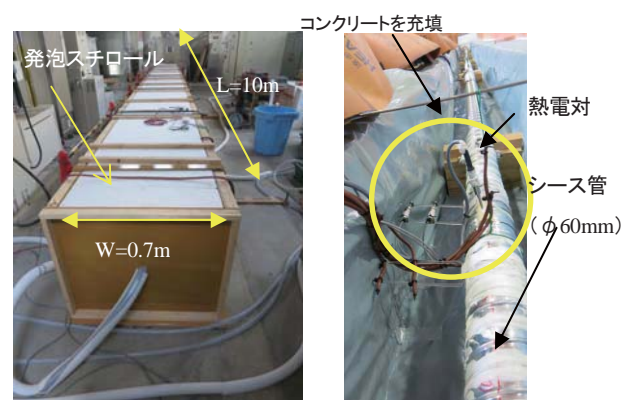


写真-1 試験体の概要

写真-2 計測器の配置

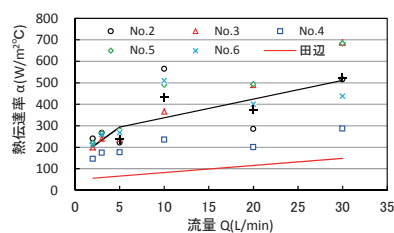


図-1 流量に伴う熱伝達率の変化

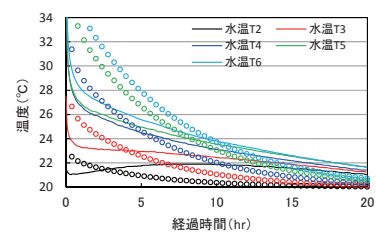


図-2 パイプ中の水温の経時変化

研究の成果

パイプクーリングの室内実験、解析手法、現場測定データとの対比により、次の結果が得られた。

- パイプクーリング (パイプ内径 $\phi 60\text{mm}$) の流速 $1.2\sim 17.7\text{cm/s}$ (流量 $2\sim 30\text{L/min}$) の低流速範囲の実験により、 $200\sim 500\text{W/m}^2\text{C}$ の熱伝達率変化が得られた
- パイプ中の水温変化を考慮できる簡易解析手法を構築し、解析プログラムに組み込んだ
- 構築した解析手法を用いて、現場におけるパイプクーリングモデルを解析し、クーリングパイプ近傍の現場測定データと比較することにより、適用するに当たり十分な精度を持つことが確かめられた