

投光器を用いた給熱養生の効果と熱流体解析による評価に関する検討

飛島建設 建設事業本部 正会員 ○榎島 修
飛島建設 建設事業本部 正会員 寺澤 正人
飛島建設 建設事業本部 正会員 川里麻莉子

1. はじめに

寒中コンクリート工事では、コンクリートの初期凍害を防止するために、保温養生や給熱養生などが行われるが、部材寸法の小さい部材やスラブ上面などでは、外気温の影響を受けやすいため、給熱養生が適用される場合が多い。給熱養生の計画では、養生空間を構成する上屋材の熱損失や外部からの空気の流入を考慮した換気回数の設定などで、必要な熱量を算定する方法が建築分野で示されている¹⁾。ただし、空間の上下で生じる温度差やコンクリートの発熱の影響などは考慮できないため、より効果的な予測手法が望まれている。

一方、空間の温度分布を評価する方法として熱流体解析がある。近年のPCの性能向上により、比較的簡易に結果が得られる環境が整いつつあり、コンクリートの養生環境の評価に用いられる例もある。そこで、給熱養生の計画策定のために熱流体解析を活用することを目的として、解析の予測精度を確認することとした。本件では、投光器を用いた給熱養生の効果を実験および解析によって評価した結果を示す。

2. 評価対象と条件設定

給熱効果の評価のため、恒温室内において、図-1に示すように、コンクリート供試体の外周を白防災シートで囲い、投光器を熱源とした空間内部および供試体表面の温度計測を実施した。供試体には、投光器による温度上昇効果のみを評価するため、硬化したコンクリート(W/C=50%、普通ポルトランドセメント)を使用した。

供試体は、上面以外を木製型枠で覆った状態とし、供試体の初期温度10℃、シート外部の温度を10℃固定として試験を開始した。熱源には、270Wの投光器1個を使用した。温度計測は、供試体表面(型枠内面)に設置した熱電対により、熱源からの距離に応じて設定した3点(①~③)と、養生空間内の供試体上面と同一の高さで、投光器側④と投光器背面側⑤の2点とした。熱流体解析は、有限体積法による非定常解析を行った。解析条件の概要を表-1に示す。

3. 温度計測結果

供試体表面および、養生空間内外の温度計測履歴を図-2に示す。空間内部の温度は、約24時間で恒温状態になり、測点④で16.0℃、測点⑤で14.9℃を示した。これに対して、供試体表面温度は、約72時間で恒温状態となり、投光器に近いほど高い温度(①19.1℃、②16.5℃、③14.9℃)を示した。供試体表面温度が空間温度と同等以上で推移していることから、投光器の輻射による給熱効果を確認した。このように、投光器の輻射により、対象部を限定して温めることが可能なため、限定部位の給熱に有効な手法であると考えられる。

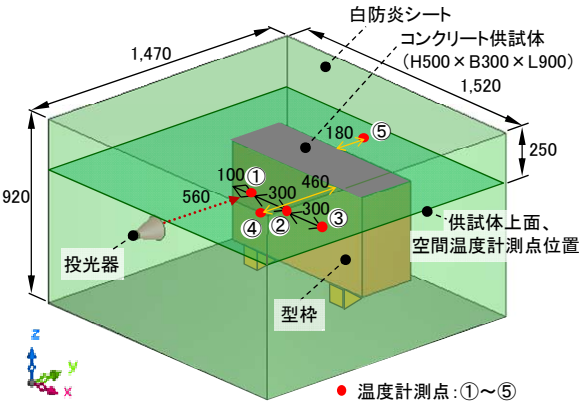


図-1 供試体および養生空間の配置概要

表-1 解析条件の概要

解析手法	非圧縮性流体の乱流モデル (線形低レイノルズ数モデル) 重力を考慮した自然対流、輻射(VF法)
熱伝導率	コンクリート: 2.70W/m℃
比 熱	コンクリート: 1.155kJ/kg℃
熱伝達率	コンクリート上面14W/m ² ℃ コンクリート側面(型枠面)8W/m ² ℃ シート14W/m ² ℃
熱 源	投光器: 270W, 熱量: 243W(光変換効率: 10%)
輻射率 ²⁾	投光器: 0.9, コンクリート・型枠面: 0.9

キーワード 給熱養生, 投光器, 熱流体解析, 輻射, 温度分布

連絡先 〒213-0012 川崎市高津区坂戸3-2-1 KSP R&D棟2F TEL: 044-829-6716

4. 熱流体解析結果

熱流体解析による 144 時間後の温度分布を図-3に示す。温度分布は、熱源上方の温度上昇が卓越するとともに、投光器前面の供試体温度の上昇が認められ、熱流体解析によって輻射の影響を評価可能と考えられる。

温度計測点における解析による温度履歴を図-4に示す。空間内部の測点④測点⑤の温度は、いずれも 14.6℃を示し、実測と概ね一致する結果であり、空間内部の熱の移動を良好に評価しているものと考えられる。

ただし、投光器に最も近い供試体温度①が 16.6℃を示しており、実測 (19.1℃) に比べてやや小さい値を示した。解析によって輻射の影響を評価する場合には、解析条件として設定する輻射率が影響する。輻射率は、一般値として示されている値²⁾ から、0.9 を設定したが、投光器は前方を照らすように反射鏡を持つため、輻射は、投光器の前面が卓越するものと想定される。そこで、投光器モデルの前面からの輻射の影響を大きくする方法として投光器側面の輻射率を 0.5 にした場合の影響を確認した。輻射率を変更した場合の解析結果 (温度履歴) を図-5に示す。この結果、投光器正面の供試体温度①は、17.5℃となり、実測値に比べてやや低いものであったが、測点②、③は、それぞれ 16.5℃、14.7℃となり、実測値に近似した。

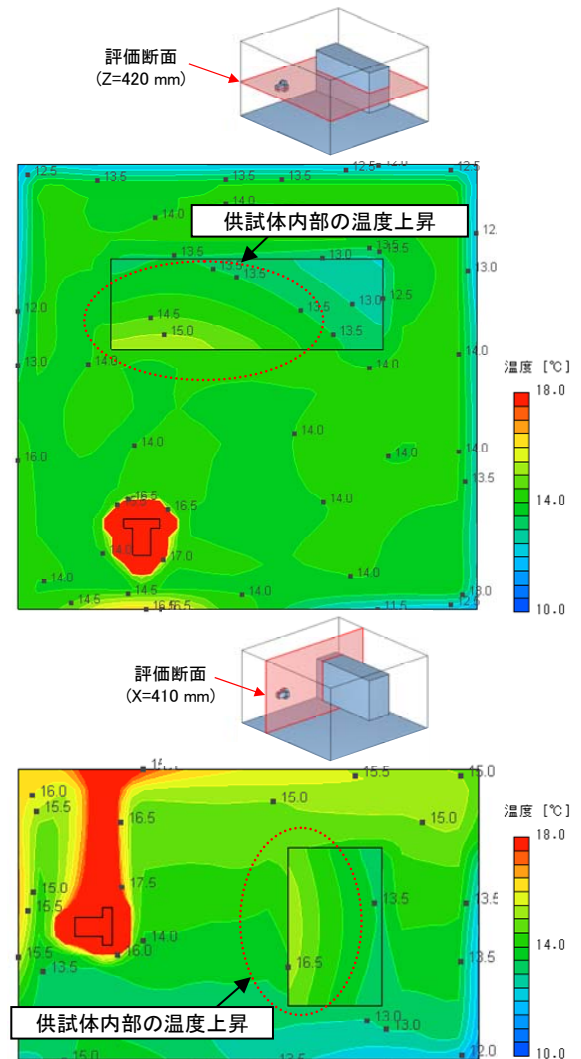


図-3 解析結果 (144 時間後の温度分布)

5. まとめ

投光器は、空間の温度を上げるだけでなく、投光器前面の対象物の温度を効果的に上昇させることができるを、実験的かつ解析的に確認した。これにより、給熱養生に投光器を用いることは、限定部位の温度上昇に有効な手法であるものと考えられる。

また、熱流体解析は、空間および供試体の温度分布の予測が可能であり、効果的な給熱養生計画を効率的に立案するための有効な手法であると考えられる。今後、予測精度向上のために、データ蓄積を図りたい。

参考文献

- 1) 日本建築学会 寒中コンクリート施工指針・同解説, 第5版, 2010.1.
- 2) (株)井上書院 最新建築環境工学 改訂4版, 2014.2.

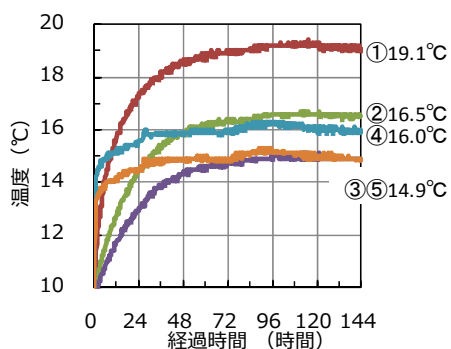


図-2 温度計測結果

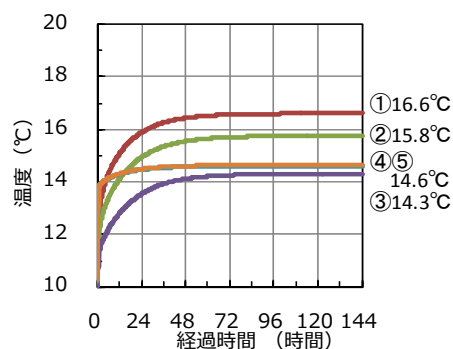


図-4 解析結果 (基本条件)

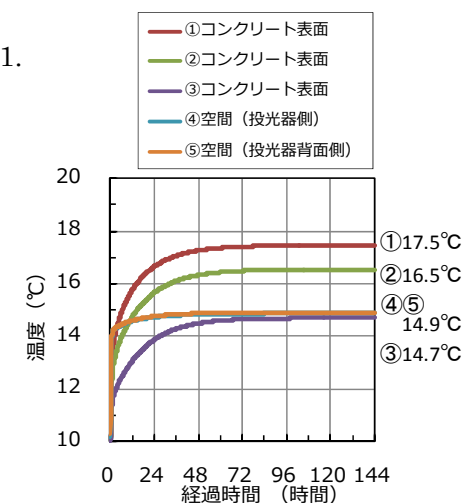


図-5 解析結果 (輻射率変更)