

VI-23

飯田ダムにおけるマスコンクリート断熱養生について

茨城県那珂水系ダム事務所前所長 正会員 山口 忠男
戸田建設(株)飯田ダム所長 兼松 英幸
戸田建設(株)ダム技術室 正会員 ○ 野々目 洋

1. はじめに

飯田ダムは那珂川水系沼沼川支川飯田川(茨城県笠間市)に茨城県が建設中の多目的ダムで、堤高33.0m、堤頂長219.5m、堤体積約73,000m³の重力式コンクリートダムである。

本報告は飯田ダムにおいて行われた冬期打設時の断熱材による保温養生について述べたものである。

2. 実験方法

実験は、図-1の8ブロック14リフトにおいて図-2に示すように上流面……煉炭による養生、下流面……断熱材7cm吹付けによる養生、J7面……断熱材2cm吹付けによる養生、J8面……投光器による養生というように各面の養生方法を変え、各面近傍および中央部の温度とひずみを測定した。

断熱材は、自己発泡性のある硬質ウレタンフォームをメタルフォームに現場で吹付けるもので、吹付けると同時に発泡、接着、硬化し、所定の断熱効果が得られ、耐水性、耐薬品性もある。熱伝導率は0.017kcal/mh℃と極めて低い。

なお、各リフト上面は約10cmの湛水養生を行ったが、湛水量には後述するように若干の変動があり、また、煉炭と投光器による給熱養生は材令8日目までで打ち切った。

3. 実験結果

断熱材を7cm吹付けた面と煉炭養生面近傍のコンクリート温度の経時変化を図-3、4に示す。図-3より断熱材を7cm吹付けた面近傍の温度は、型枠からの距離に殆ど影響されず約5℃以上に保たれており、湛水量が少ない場合でも外気温低下時の外気温との差は7~8℃あり、湛水量が10cm以上の時は外気温の変動に殆ど影響されない。これに対し、図-4の煉炭による養生を行った面近傍の温度は、特に湛水量が少ないとかなり外気温に影響され外気温低下時に型枠位置では0℃にまで下っており外気温との差は約2℃である。

なお、煉炭による養生を行ったにもかかわらずシート内の気温は外気温とあまり変わらず、本ダムのように風が強い場所における煉炭等による養生は一考を要する。

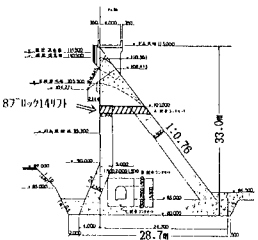


図-1 実験実施位置図

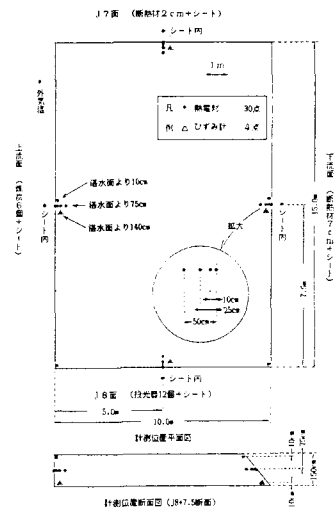


図-2 機器埋設位置図

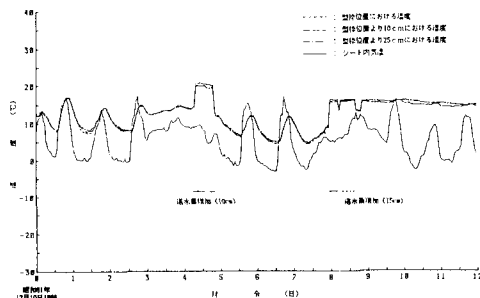


図-3 下流面(断熱材7cm+シート)温度分布

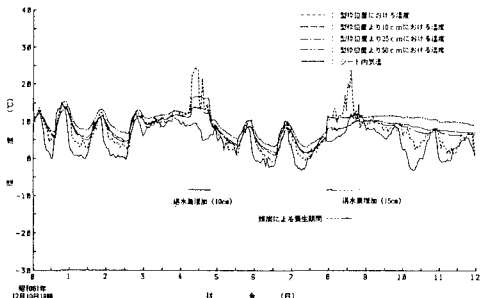


図-4 上流面(煉炭6個+シート)温度分布

4. 有限要素法による温度解析

本実験結果を外気温が異なるケースにも適用するため、有限要素法によるシミュレーションを行った。

4-1. 解析条件

解析には図-5に示すモデルを用い、既打設の8~11リフトの上に12~14リフトまでを打設するようなシミュレーションを行った。養生条件は図-5内に示すように実際の条件に近似させ、外気温は原則として実測データを用いた。その他の解析条件は表-1に示す。

4-2. 解析結果

14リフトの解析結果を図-6に示す。図-6と図-3、4より実測値と解析値の比較を行なうと、湛水量が少ない際解析では型枠から離れるに従って温度が高くなっているが、実測では温度上昇の傾向があまり認められない。しかしながら、湛水量が増えた際の温度はよく一致しており、図-6と図-3では誤差5℃以内、図-6と図-4では誤差1℃以内に納まっている。よって、上面は10cm程度の湛水を行なうという条件の下で、外気温や打設温度が異なる場合の断熱材の効果を逆にこの有限要素法を用いてシミュレーションできると考えられる。

4-3. 厳寒期におけるコンクリート打設

そこで、厳寒期打設の可能性を探るため現場に近い水戸の過去の最低気温（-12.7℃）を参考にし、外気温が最低-15.0℃にまで下った場合のコンクリート温度のシミュレーションを行った。この際、湛水量は10cm一定とし他の解析条件は4-2節の解析と同様とした。この結果を図-7に示す。図-7より、外気温が毎日0.0℃から-15.0℃まで日変動し、それがほぼ2週間続くというような現実には起こり得ない過酷な条件の下でも型枠に断熱材を7cm吹付け、10℃のコンクリートを打設し、上面湛水を10cm以上行なえば、コンクリート温度は日変動が殆どなく内部と型枠面近傍の温度差も10℃強と比較的に少ない。また、材令約1週間以内の若材令時には10℃以上に保たれ、その後もなだらかに下降しており、凍害や温度ひびわれの危険性は少ないと考えられる。これに対し、無養生の型枠面ではコンクリート温度は材令半日で0℃以下なり、7℃前後の温度変動を繰り返しながら外気温に近づき、内部と型枠面近傍の温度差も最大20℃以上になり凍害や温度ひびわれの危険性が極めて高いことがわかる。

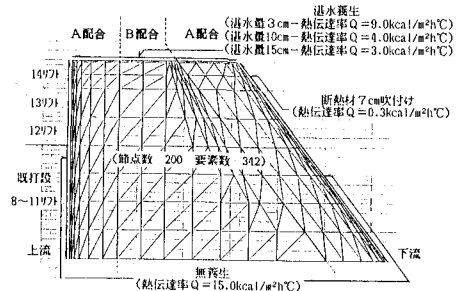


図-5 解析モデル図

表-1

項目	値
打設日	12リフト 11月13日 13リフト 11月28日 14リフト 12月10日
打設温度	12リフト 12.5℃ 13、14リフト 10.0℃
コンクリートの比熱	0.25 kcal/kg℃
コンクリートの熱伝導率	2.5 kcal/mh℃
コンクリートの密度	A配合 2448 kg/m³ B配合 2441 kg/m³
セメント量	A配合 200 kg/m³ B配合 140 kg/m³
断熱温度上昇式（B種高炉セメント） $T = K(1 - e^{-\alpha t}) + t_a$	
K	A配合 31.0℃ B配合 23.2℃
α	A配合 0.39 B配合 0.39
t_a	A配合 0.3日 B配合 0.3日

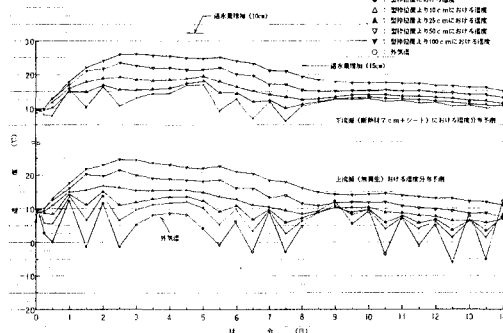


図-6 上下流面温度分布予測

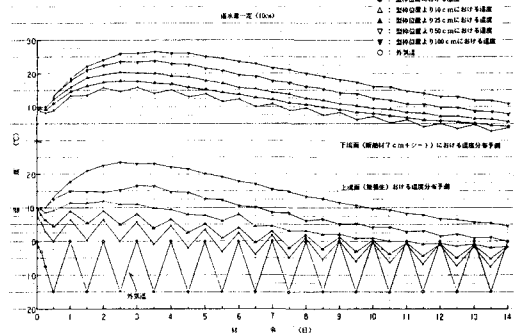


図-7 上下流面厳寒時温度分布予測

5. まとめ

硬質ウレタンフォームを型枠面に吹付けることによる保温養生の効果は大きく、飯田ダムにおいては上面湛水を10cm程度行ない、この養生方法を用いれば厳寒期でもコンクリート打設が行なえる可能性が示唆された。