

内ヶ谷ダムにおける堤体温度解析の精度向上に対する取組み

前田建設工業（株）正会員滑川 和臣

前田建設工業（株）正会員佐々野 輝敏

前田建設工業（株）正会員○西 晃孝

1. はじめに

岐阜県郡上市に位置する内ヶ谷ダムでは、日平均気温が4℃を下回る事が予想される12月後半～3月にかけて、コンクリート打設休止期間が設定されており、ダムコンクリートの打込みを長期間休止しなければならない。

マスコンクリートは表面温度と内部温度に大きな差が生じることで、内部拘束に起因する温度ひび割れが発生する恐れがある。そのため、通常とは異なる特別な養生が必要となるが2022年度越冬養生に関しては、2021年度の実績を踏まえ、ひび割れ発生の高い範囲（上下流外部配合、岩着部）を、砂+断熱マットとした。養生方法・範囲の妥当性について温度応力解析を行い、解析物性の検証に対しては、本解析データと、設計で配置されている温度計による計測データを比較することで、発熱物性等の妥当性を検証した。



写真1 内ヶ谷ダム堤体上流側全景

本稿では、内ヶ谷ダムで取り組んだ越冬時の堤体温度解析について報告する。

2. 温度応力解析条件

コンクリートの発熱条件は、既往（セメントメーカー等）物性と他ダムでの採用値などを参考に表1の通りとした。強度条件は、当現場での強度試験結果を反映した長期材令まで対応する数値を採用した。基礎岩盤及びコンクリートの弾性係数や熱伝達率、ポアソン比などはJSCE式等の一般的な圧縮強度からの相関式を参考に設定した。

表1 温度応力解析条件（コンクリートの発熱，強度条件）

配合	断熱温度上昇条件		単重 (kg/m3)	強度条件(N/mm2)				備考
	K(℃)	α		σ7	σ28	σ91	σ182	
A配合	27.3	0.7	2381	6.5	13.4	27.0	36.2	
B配合	18.2	0.7	2368	2.6	5.5	12.9	17.3	
C配合	31.5	0.7	2339	7.0	14.1	29.1	39.0	C80配合
D配合	27.3	0.7	2354	5.7	12.1	25.9	34.7	

解析モデルは堤体の基本三角形を対象とした2次元モデルとし、設計のコンクリート配合区分・範囲に応じた要素とした。また、打設リフトスケジュールを反映した打設日に応じた逐次ステップ・リフト高さでモデル化。さらに現在（2022年末）までの打設実績を反映させたモデルで解析を実施。外気温に関連する境界条件は、現場の気象観測データからの実績に近くなるように図-2の条件とした。堤体養生方法に関連する境界条件は、JSCEやJCIで示されている一般的な数値を採用し、冬期越冬養生の熱伝達率は、使用する材料物性により1.63(W/m2℃)とした。

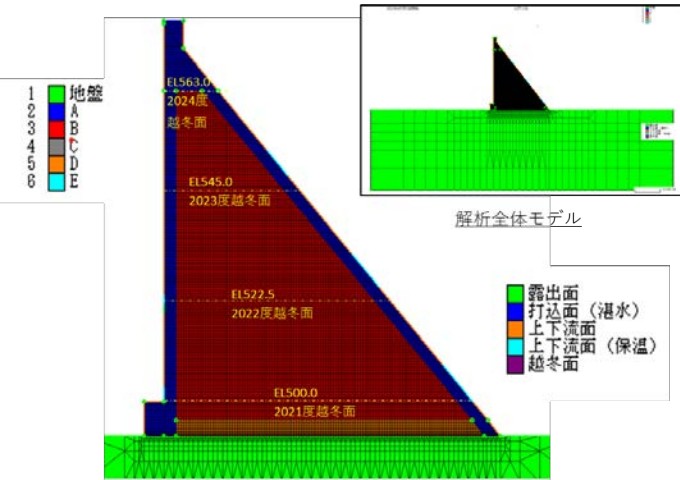


図1 解析モデル

キーワード：ダム，寒中コンクリート，温度応力解析，MASCOTS，温度管理
連絡先：〒501-4613 岐阜県郡上市大和町名血部 900 TEL0575-88-9070

打設リフトスケジュールは堤体打設開始から 2022 年度末までの実績を反映し、翌年度以降については現時点での想定スケジュールで解析を実施。また、打ち込み温度についても今年度打設実績値を反映し、来年度以降は今年度の実績から求めた想定値を反映している。

越冬面の養生については、越冬リフトのほか、越冬リフトから高さ 3 m までは断熱マットで型枠面、およびコンクリート面を養生する条件を反映した。また、堤体の下流面(上流面は内部拘束度が高い常満以下)についても、打設の年度毎の進捗にあわせて、堤体全体に生じる温度勾配による内部拘束によって懸念されるひび割れ抑制のため断熱マットで養生する条件を反映した。

コンクリートの打ち込み温度は、外気温により年変動するため、今年度までのプレクーリングやプレヒーティングを考慮した打設記録実績平均値(打設期間中に変動する数値の平均値)を採用した。

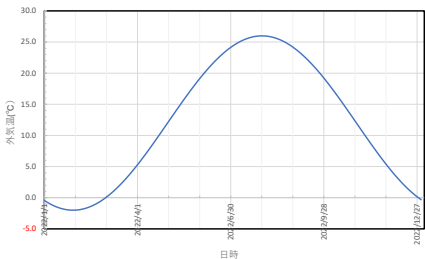


図-2 外気温条件

表-2 解析モデルの温度境界条件

養生(境界条件)	熱伝達率λ (W/m ² °C)
打込面(湛水養生)	8
上下流面	14
上下流面(保温)	2
越冬面	1.63

3. 解析の妥当性の検証

今回の解析は、今年度までの実績を反映しており、(EL501.125)、(EL510.125)、(EL522.125)に設置した設計の埋設計器実測データと解析結果と対比することにより、発熱条件などの妥当性を確認した。解析結果を破線、実測データを実線で図 4.5 に示す。

その結果、年間のピーク値(最高温度)や外気温低下による温度低下など、概ね傾向は一致していることから解析結果は妥当であると考えられる。

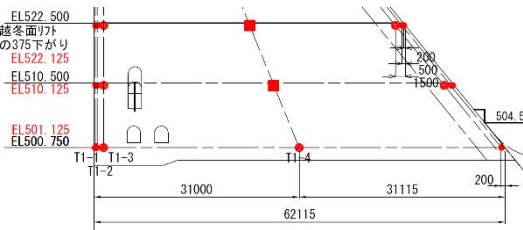


図-3 埋設計器設置箇所

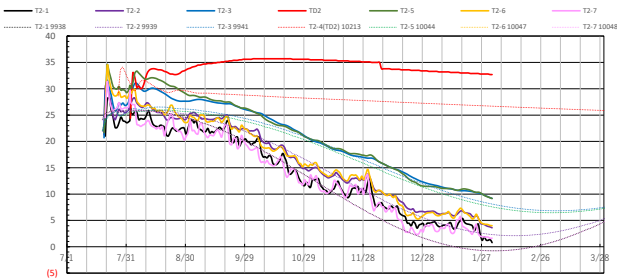


図-4 コンクリート温度推移
(EL510.125)

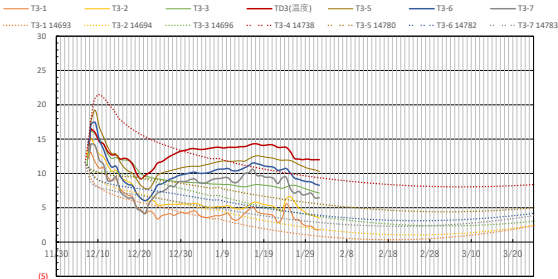


図-5 コンクリート温度推移
(EL522.125)

4. まとめ

今回、事前の解析結果と実際に測定した計測結果を対比した結果、設定した解析物性および発熱物性等が妥当であることが確認できた。日平均気温が 0°C 以下の厳しい環境下において、温度応力解析によって設定した養生を実施することで、現状において温度ひび割れ等の不具合は発生していない。

今後の課題として、現状ひび割れ等の不具合はないが、今後発生する可能性も少なからず考えられるためコンクリート温度推移の確認及び、ひび割れ調査を継続して実施していく必要がある。

参考文献

2017 年制定 コンクリート標準示方書[施工編：施工標準]
2013 年制定 コンクリート標準示方書[ダムコンクリート編：標準]