

技術紹介

解析値と計測値を比べてみました

～まめだに豆谷橋梁のアーチ基部コンクリートの解析と現地計測について～

Analysis and Practical Measurement of Temperature of Mass Concrete at Mamedani Bridge

窪田 一沙*¹
Kazusa KUBOTA

栗山 浩*²
Hiroshi KURIYAMA

泉谷 智之*³
Tomoyuki IZUMIYA

はじめに

豆谷橋梁は、富山県南砺市利賀村に施工中の橋梁です。本工事では、アーチ基部コンクリートはマスコンクリート施工となるため、事前に温度解析を行い、有害なひび割れが発生しないように対策を講じました。

ここでは、講じた対策が有効であったかを検証するため、コンクリートの温度とひずみに着目し、コンクリート内部を計測しましたので、ご紹介します。

工事概要

工 事 名：利賀ダム豆谷橋梁上部その 2 工事
発 注 者：国土交通省北陸地方整備局
工事場所：富山県南砺市利賀村大豆谷地先
工 期：2014 年 12 月 23 日～2018 年 07 月 31 日
橋梁形式：鋼中路式ローゼアーチ橋
橋梁規模：橋長 259 m，鋼重 2 410 t
施工内容：工場製作輸送工，架設工，床版工，橋面工

温度解析

(1) 解析方法

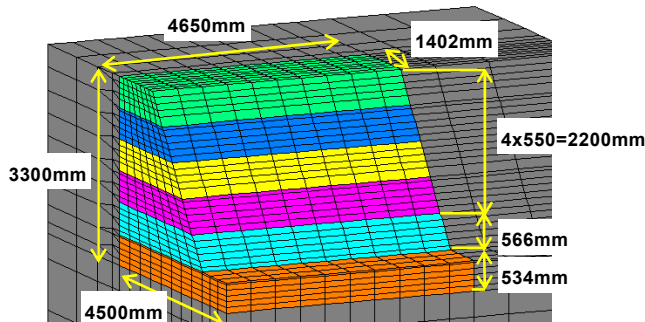


図 1 3次元解析モデル (6 リフト)

解析ソフトは、有限要素法による 3 次元温度応力解析を行う MACS を使用しました。解析条件は、呼び強度を 30.0 N/mm²，打込み日を 9 月下旬，打込み温度を 22 ℃，外気温を南砺市の月平均気温とし，解析ケースは，セメント種類を当初設計の高炉セメントと当社提案の中庸熱セメントの 2 種類，リフト数を 5 回と 6 回の 2 種類で行いました。

解析によって、履歴中の最高温度と最小ひび割れ指数を求めました。ひび割れ指数とは、コンクリートに発生する引張応力に対する引張強度の比と定義されています。このひび割れ指数は、コンクリート標準示方書より、1.00 以上とする必要があります。

(2) 結果

履歴中の最高温度は、高炉セメント 5 リフトの場合で約 48℃，中庸熱セメント 6 リフトの場合で約 40℃となりました。表 1 より，リフト数増加およびセメント種類による温度低減はそれぞれ約 4℃でした。

表 1 解析結果 最高温度

最高温度 (℃)		打込みリフト数	
		5	6
セメント 種類	高炉 (BB)	48.2 (図 2)	43.7
	中庸熱 (M)	43.6	39.8 (図 3)

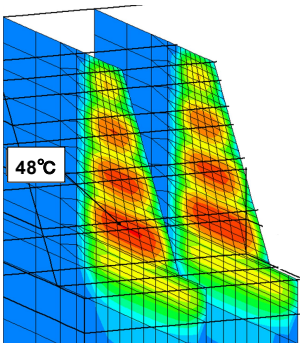


図 2 高炉 5 リフト解析結果

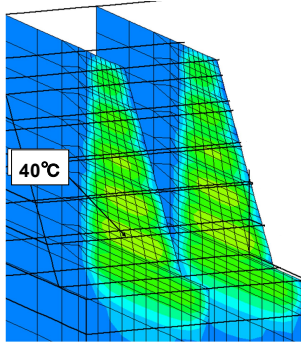


図 3 中庸熱 6 リフト解析結果

履歴中の最小ひび割れ指数は、高炉セメント 5 リフトで 0.90，中庸熱セメント 6 リフトで 1.05 となりました。表 2 より，リフト数増加によるひび割れ指数増加はなく，セメント種類によるひび割れ指数増加は 0.17～0.18 でした。

表 2 解析結果 最小ひび割れ指数

最小ひび割れ指数		打込みリフト数	
		5	6
セメント 種類	高炉 (BB)	0.90	0.87
	中庸熱 (M)	1.07	1.05

*1 川田工業㈱北陸事業部富山工場生産技術課

*2 川田工業㈱北陸事業部構造技術課 課長

*3 川田工業㈱北陸事業部構造技術課 係長

これらの結果から、ひび割れ指数を 1.00 以上にするために中庸熱セメントを使用し、コンクリート内部と表面の温度差を減らすため、コンクリート内部の最高温度が低くなる 6 リフトで施工しました。

計測方法

計測場所は、P1 橋脚 G2 主構側で行い、6 リフトのうち、解析上もっとも温度が高くなる第 2 リフトにしました。計測機器は、第 2 リフトを高さ方向に 125mm 間隔で 5 段に分けて、温度とひずみが計測できるように、埋込みひずみゲージと熱電対を設置しました（写真 1）。計測は、打設日である 10 月 3 日から 1 ヶ月の期間を設けて、計測間隔は 1 時間毎としました。

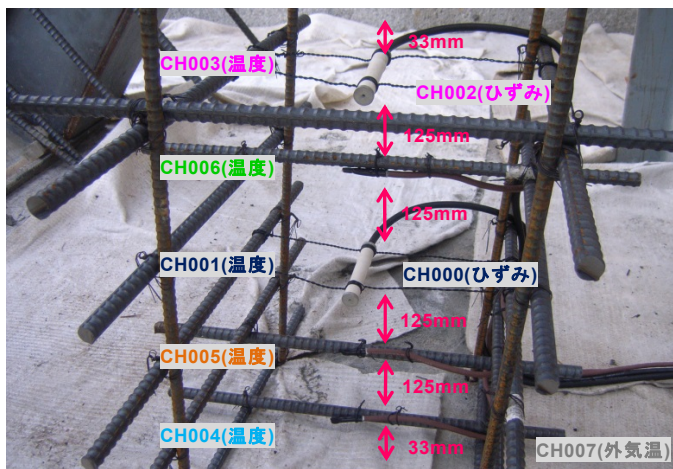


写真 1 計測機器設置状況

結果

(1) 温度

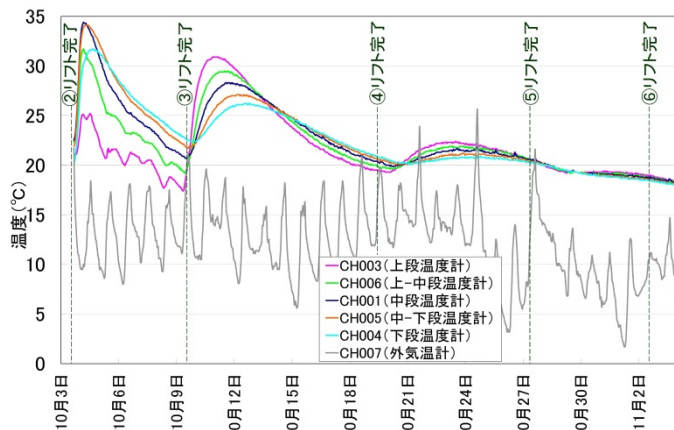


図 4 温度計測結果

打設後から温度は急激に上昇し、16 時間程度経過した時点で、最高温度を記録しました。最も最高温度が高かったのは、中段の CH001 で計測された 34℃でした。一方、下段の CH004 では、熱が第 1 リフトに放出されるため、最高温度は少し低くなりました。同様に、上段の CH003 では、第 3 リフトの打設前であるため、熱が空气中に放出されることで、他のケースよりも最高温度は低

くなりました。

最高温度を境にして、温度は徐々に低下しましたが、第 3 リフトや第 4 リフトの打設の影響を受け、一時的に温度が上昇しました。上部リフトの打設の影響は、上部リフトとの距離に関係していました（図 4）。

(2) ひずみ

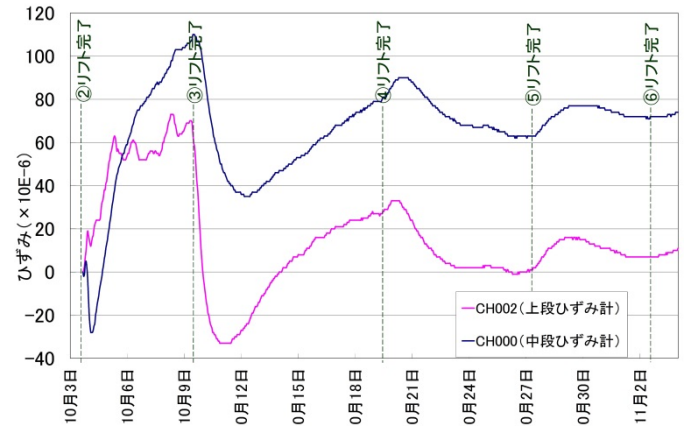


図 5 ひずみ計測結果

ひずみのグラフは、正の値が引張によるひずみで、負の値が圧縮によるひずみです。上部リフトの打設後にひずみが急激に負の方向に動いていることから、温度が上昇することによって、コンクリートは膨張し、圧縮の力が生じていることがわかりました（図 5）。

(3) 計測値と解析値の比較

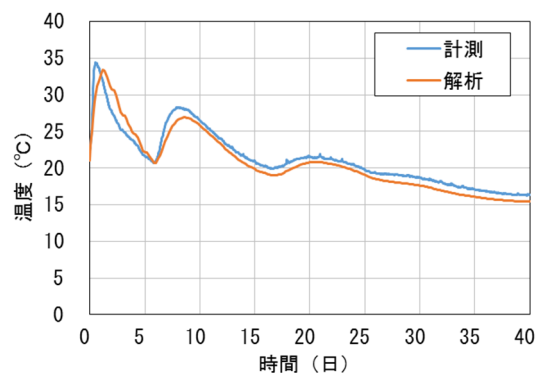


図 6 温度における解析値と計測値の比較（CH001）

計測値と解析値を比較するため、解析条件の打込み日、温度および外気温に計測値を反映させたところ、計測値と解析値がほぼ同様の傾向になりました（図 6）。

おわりに

本施工は、コンクリートの最高温度を 34℃に抑えることができ、解析値とほぼ同様の傾向を示しました。打設後約 1 年が経過した現在、ひび割れの発生は確認されていないことから、中庸熱セメント、6 リフトで施工したことは、ひび割れ抑制に有効に働いたと思われます。

最後に、本工事の施工にあたり、多大なるご協力とご指導を賜った富山県立大学の伊藤教授、工事に携わって頂いた協力会社に深く感謝し、厚くお礼申し上げます。