

コンクリート練上り温度予測システムの開発

清水建設株式会社 正会員 ○武重 俊樹, 立花 すばる, 山下 哲一, 森山 忍, 森 日出夫
清水建設株式会社 鳴海 智博

1. はじめに

築川ダム(図-1)は、岩手県盛岡市に建設中の多目的ダムであり、内陸部に位置するため夏期は気温が約30℃まで上昇し、冬期は氷点下となる。コンクリート打込み温度を規格値(5~25℃)内に維持するために、本ダムでは運搬時間や気象の影響を考慮して、練上り温度を11℃~22℃の範囲で管理している。練上り温度の管理は、冷却加熱設備をこまめにコントロールする必要があり大変である。このような経緯から、外気温の予報から材料温度を予想して、ヒートバランスにより練上り温度を予測する本システムの開発に至った。



図-1 築川ダム全景

2. 実測データの取得

コンクリートの温度予測をするためには、材料温度の経時データを採取し、材料温度と外気温等との相関を把握する必要がある。このため、骨材貯蔵設備やコンクリート製造設備に温度計を設置してデータを取得した。

2.1. 骨材貯蔵設備

骨材貯蔵設備には、粒径別に貯蔵されている粗骨材G1(150~80), G2(80~40), G3(40~20), G4(20~5)が各1ビン、細骨材Sが2ビンの合計6ビンの各々において、図-2に示す位置に温度計を2つ設置した。

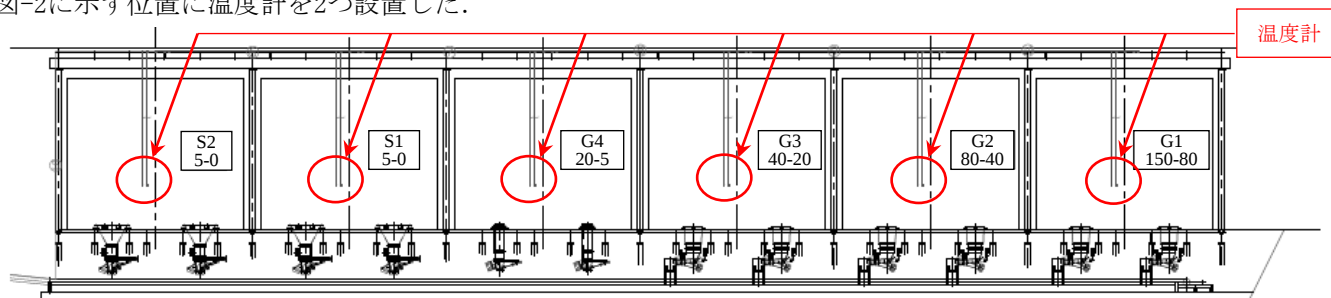


図-2 温度計設置位置(骨材貯蔵設備)

2.2. コンクリート製造設備(パッチャープラント)

骨材やコンクリートが落下する計量槽やコンクリートミキサ下のホッパには、温度計破損を防ぐため、非接触式の放射温度計を設置した。計量槽では粗骨材G1~G4, 細骨材Sに5つの放射温度計を設置し、計量槽内の水槽、パッチャープラント内のセメント貯蔵ビンには、接触式の温度計を設置した。セメントサイロ・練混ぜ水運搬配管には、セメントと練混ぜ水の温度を計測するために、接触式の温度計を設置した。また、練上りコンクリートの温度実測値を取得するため、ホッパ窓部に放射温度計を設置した。温度計の設置位置を図3に示す。

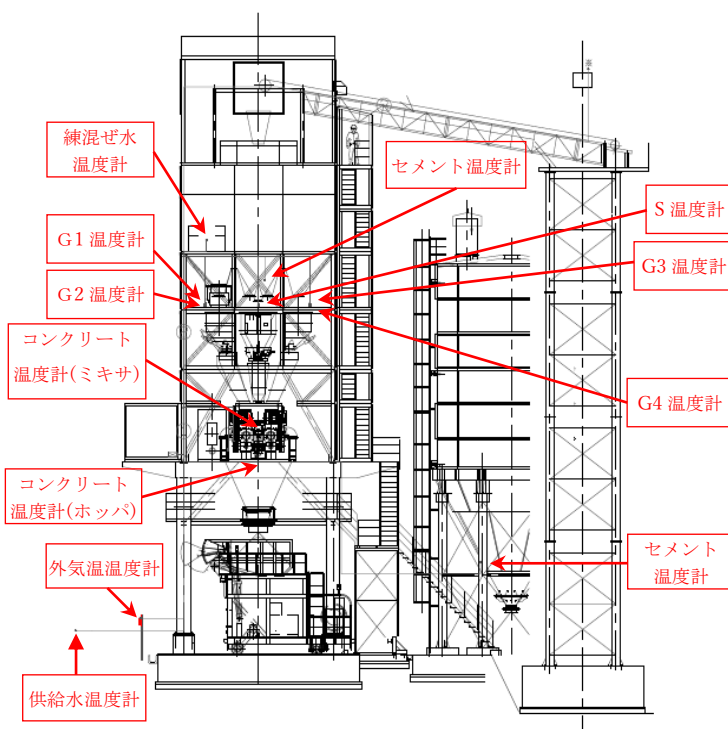


図-3 温度計設置位置(パッチャープラント)

キーワード ダムコンクリート, 練上り温度, 材料温度予想

3. 予測システム

3.1. 気象予報データ

コンクリートの温度予測は、構成材料と外気温の実測値との相関から、予測式を構築し、翌日の外気温を確認して、練上り温度を予測する必要がある。このため、図-4に示す気象予報システム（MICOS-FIT）を導入した。この気象予報では、48時間先までの1時間毎の外気温・天気・降雨量・湿度の予想を取得できる。



図-4 気象予報システム画面

3.2. コンクリート構成材料の温度予測

コンクリート練上がり予測システムは、外気温の予報から、コンクリート構成材料の温度予想を行い、その結果から、コンクリート練上がり温度の予測を行う。初めに、取得した各材料と外気温の実測データから、コンクリート構成材料の温度を予想するための式を構築した。モデルは、単純なSISO（Single Input Single Output）とし、1次ローパスモデル式（1）を採用した。

$$\frac{dy}{dt} = \frac{K(x - Dx) + (y - Dy)}{\tau} \quad \dots(1)$$

ここで、 x ：外気温、 y ：各材料の温度、 τ ：時定数、 K ：ゲイン、 D ： x, y の初期値である。また、以下にコンクリート構成材料の温度予想結果を図-5、図-6に示す。点線が実測値、実線が予想値を示す。予想結果として、粗骨材、細骨材は、予想値と実測値がほぼ一致したが、セメントC2は実測値と予測値に乖離が生じた。セメントの温度は外気温に依存しないが、配合率が低いため、練上り温度への影響は小さいことから、乖離を許容できると考えられる。

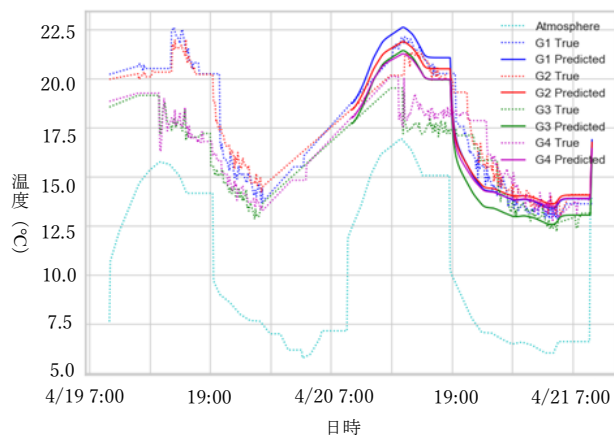


図-5 予想結果（粗骨材 G1, G2, G3, G4）

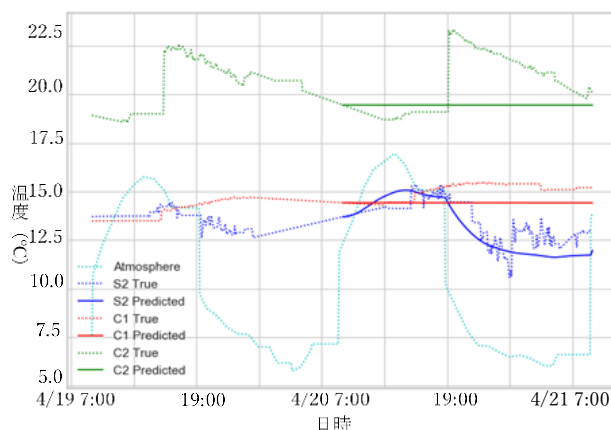


図-6 予想結果（細骨材 S, セメント C1, C2）

3.3. コンクリート練上り温度の予測

練上り温度は、材料の温度予想とヒートバランス式から算出する。ヒートバランス式を用いたコンクリート練上り温度予測結果を図-7に示す。点線が実測値、実線が予想値を示す。予測値と実測値は大部分が $\pm 1^\circ\text{C}$ の誤差であり、高精度の予測結果が得られた。

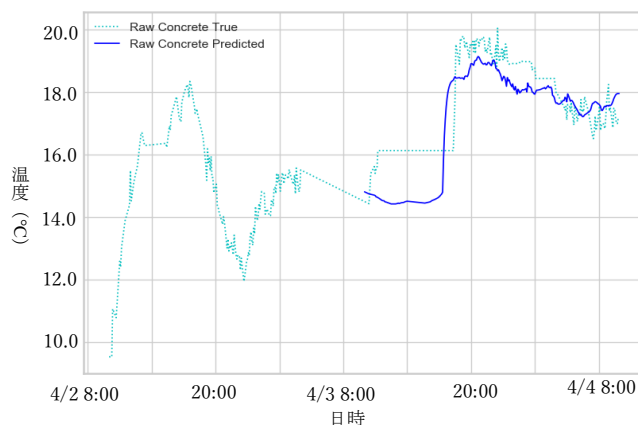


図-7 コンクリート練上り温度予測結果

4. まとめ

練上がり温度予測システムは、外気温の予報から、材料温度を予想し、その温度からコンクリート練上り温度を算出した。練上り温度予測の誤差は、大部分が $\pm 1^\circ\text{C}$ の範囲であり、有効な予測システムであると考えられる。

今後は、予測システムの精度向上と、冷却加熱設備の自動管理から、予測データを用いたAIによる自動管理への運用転換に取り組む所存である。

5. 官民研究開発投資拡大プログラム (PRISM)

本開発は国土交通省「建設現場の生産性を飛躍的に向上するための革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト」の助成を受けたものである。

6. 参考文献

ダム技術 NO.377, (一財)ダム技術センター, 2018.02, pp.82-83.