

ダムコンクリート製造設備における練上り温度制御の自動化

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

1. はじめに

重力式コンクリートダムは、自重で水圧に耐える構造であり、部材寸法が大きいことからコンクリート硬化に伴い発生した熱が蓄積されやすく、内部拘束による温度ひび割れが発生する懸念がある。

築川ダムは、岩手県盛岡市に建設中の多目的ダムであり（写真-1）、内陸部に位置するため夏期は気温が約30℃まで上昇し、冬季は氷点下となる。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、当ダムでは気象や運搬時間の影響を考慮して、練上り温度を11℃~22℃の範囲で管理している。練上り温度を管理値内に収めるためには、コンクリート構成材料の冷却・加熱設備をこまめにコントロールする必要があり、管理に人員を要している。このため、人員削減と設備の最適な運転調整を行うことを目的に、冷却設備の自動運転化に取り組んだ。



写真-1 築川ダム全景

2. コンクリート練上り温度予測システム

コンクリートの練上り温度を管理値内に収めるためには、事前に練上り温度を予測し、その予測結果から、コンクリート構成材料の冷却・加熱を行い、各構成材料の温度調整を行う必要がある。

このことから、外気温予報より、コンクリートの練上り温度を予測する、「コンクリート練上り温度予測システム」を開発した。

練上り温度予測システムは、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、コンクリートの練上り温度予測を行う（図-1）。

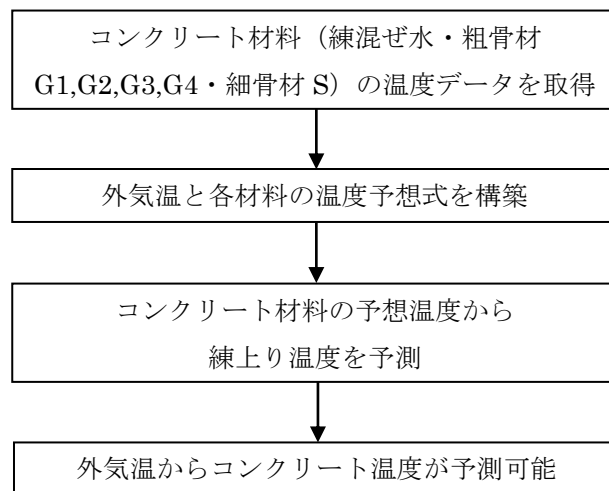


図-1 練上り温度予測システム構成フロー図

コンクリート材料の温度予想式は、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の初期値とする。

練上り温度予測システムの精度検証の結果、予測誤差の大部分が±1℃の範囲であり、有効なシステムであることを確認した（図-2）。

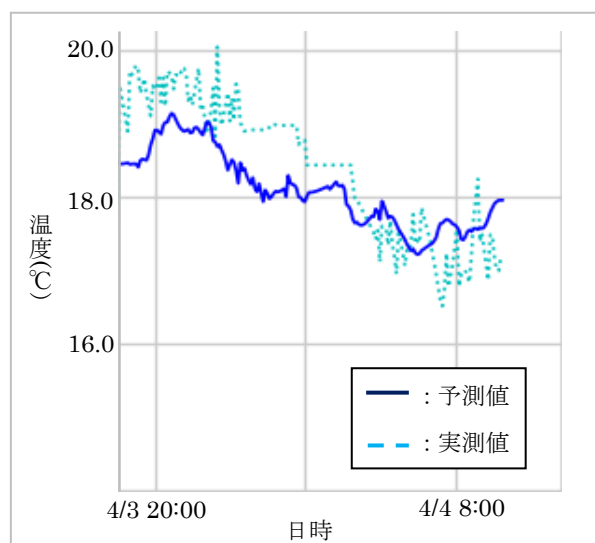


図-2 練上り温度予測システム検証結果

キーワード ダムコンクリート、練上り温度予測、冷却設備、自動運転

連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋二丁目 16-1 清水建設(株) ダム統括部 TEL 03-3561-3883

3. 冷却設備の自動運転

練上り温度を管理値内に維持するためには、コンクリート材料の温度を管理する必要がある。築川ダムでは、材料の冷却設備を導入し、コンクリート材料（練混ぜ水・粗骨材 G1,G2,G3,G4）の温度調整を行った。

今回は、その冷却設備をコンクリートの練上り温度に応じて、出力を自動で調節できるものとした（図-3）。

設備の自動制御は、練上り温度データを設備が自動で運転するための制御信号に変換する。設備はその制御信号を基に出力を自動で4段階に調整することで、練上り温度管理値を逸脱しないように、材料温度をコントロールする構成とした。自動運転の出力設定は練上り温度が、18℃以上：1段階、19℃以上：2段階、20℃以上：3段階、21℃以上：4段階とした。

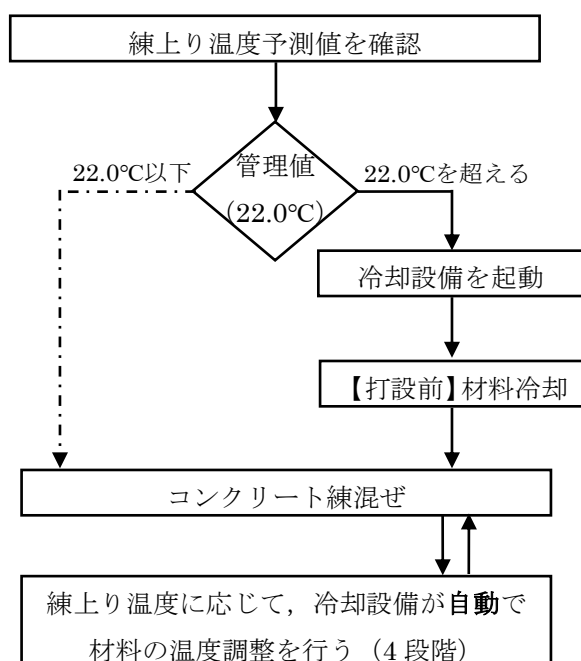


図-3 冷却設備の自動運転 フロー図

4. 冷却設備自動運転の実施

実際の稼働記録から、2019年7月15日の記録を抜粋した。

当日の打設開始予定時刻は9時00分であったが、打設前に練上り温度予測システムを確認したところ、8時50分頃には、練上り温度が管理値（22℃）を超える予測であった（図-4）。

練上り温度予測値が打設開始時には、管理値（22℃）を逸脱すると予測されたため、冷却設備を起動し、打設開始前に材料の冷却を行った。打設開始後は、練上り温度に応じて、冷却設備が自動で材料の温度調整を行った。

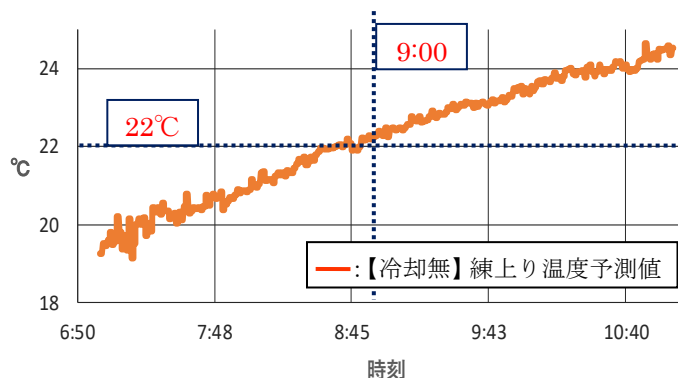


図-4 【冷却無】練上り温度予測値

冷却設備自動運転中の練上り温度実測データを取得し、自動運転中に練られたコンクリートが管理値（22℃以下）に収まっていることを確認した（図-5）。

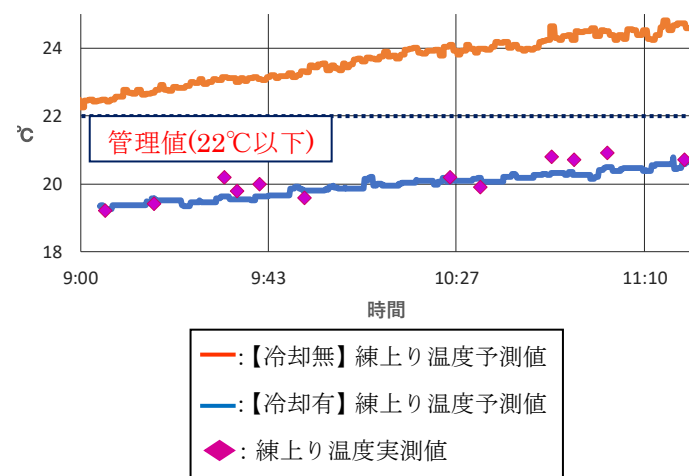


図-5 練上り温度予測値・実測値比較グラフ

5. まとめ

コンクリートの練上り温度を管理値内に収めるためには、冷却設備をこまめにコントロールする必要がある。管理には人員を要する。

このことから、冷却設備を練上り温度の変化に追随し、運転調整を自動で制御する設定に改造した。

稼働記録データより、練上り温度管理値を逸脱せず、無駄のない効率的な設備の運転制御を自動で行えることが確認できた。

今後は、コンクリート材料の冷却・加熱設備を自動制御し、データを取得しながら、機械学習を繰り返し、現場ごとの気温変化や打設状況に応じて、AIで対応するコンクリートの練上り温度予測システムを開発していく所存である。

6. 参考文献

武重俊樹，立花すばる，山下哲一，森山忍，森日出夫，鳴海智博：コンクリート練上り温度予測システムの開発，令和元年度土木学会全国大会第74回年次学術講演会 VI-7 1 1。