

VI-1 コンクリートダム施工管理システムの開発 (1) — リフトスケジュールにおける養生日数の評価 —

(株) 鴻池組 正員 折田 利昭
同 上 正員 田坂隆一郎
同 上 正員 川上 正史

1. はじめに

小規模なコンクリートダムの施工管理は現場技術者の経験や熟練度に左右されることが多く、その管理の成否は直接に工事の成果に影響を与える。このような観点から、筆者らは以前よりパソコンの現場導入による施工管理のシステム化を模索してきた。ダム施工においては型枠脱型の時期および打ち継ぎ時期が、コンクリート品質のみならずリフトスケジュールにも著しい影響を与え、それらを正しく判定することは管理に重要である。本報告は、現場計測とFEM解析の結果にもとづいて、種々の平均気温下におけるコンクリートの強度発現および放熱の関係をそれぞれ明確にして、これらの間に成立する関数式を求め、これを型枠脱型および打ち継ぎ時期の評価基準として用いることにより、コンクリートダムのリフトスケジュールに適用可能とするまでの2, 3の方法についてのべたものである。

2. 計測および解析の方法

一連の計測を、実際の重力式ダム施工現場において行った。すなわち、供試体から強度発現の経時変化を、また、実際の打設ブロックからコンクリート温度の経時変化を求めた。さらに、計測から得られたデータにもとづいて、コンクリートの熱的特性等を求め、これを用いてFEMによる2次元非定常温度解析を行った。なお、表-1に本工事に用いたコンクリートの示方配合を示す。

3. 型枠の脱型時期の評価方法

コンクリートの強度発現は、養生温度と材令によって支配される。ここでは強度発現を平均気温と時間の積、いわゆる $T^{\circ}T$ ($^{\circ}C \cdot hr$) で表し、これと圧縮強度 σ_c (kgf/cm^2) との関係性を調べた。両者の関係を回帰曲線で示すと図-1の式のようなになる。脱型時期の判定基準は品質管理上コンクリートの強度が凍害に十分耐えられる時点と考え、この点における強度を $50kgf/cm^2$ とすれば、図-1より脱型に必要な $T^{\circ}T$ は外部および内部コンクリートに対してそれぞれ、416 および 751 ($^{\circ}C \cdot hr$)となる。すなわち、本工事に於いて型枠脱型に必要な材令D(日)は、平均気温 T ($^{\circ}C$) を用いて次式より求めることができる。

$$\text{外部コンクリート} \quad D = 416 / 24 / T \cdots (i)$$

$$\text{内部コンクリート} \quad D = 751 / 24 / T \cdots (ii)$$

4. 新コンクリートの打ち継ぎ時期の評価方法

(1) 算定方法の考え方

後打コンクリート (以下新コンクリートと呼ぶ) の打ち継ぎ時期については、先打コンクリート (以下旧コンクリートと呼ぶ) の材令が5日以上になった時点が規定されている。筆者らの経験では、水和熱の高い外部コンクリートにひびわれが発生し易い。よって外部コンクリートを中心として解析することとした。

図-2は材令5日で打ち継いだそれぞれのブロックの断面中心 (最高温度発生点に一致) の温度の経時変化の実測値を示している。この図によると旧コンクリートの打ち継ぎ後の温度上昇は $5^{\circ}C$ 以下であり、この

表-1 コンクリートの示方配合

種類	スラブの最大寸法 (mm)	スラブの厚さ (mm)	空気量 (%)	水セメント比 (%)	セメント (%)	配合比 (kg/m ³)						
						水	セメント	粗砂	細砂	軽石	軽石	軽石
外部コンクリート	80	4:1	3.5:1	53.8	30.4	118	220	308	307	488	418	4900.88
内部コンクリート	80	4:1	3.5:1	59.4	30.4	118	170	313	313	601	428	5010.43

注: セメントは高炉セメント使用
注: 入量値

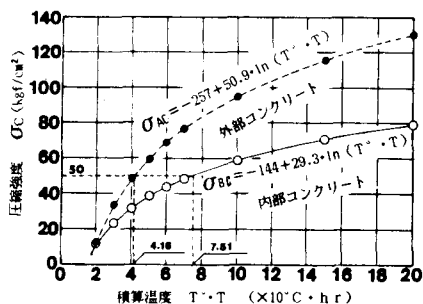


図-1 圧縮強度と積算温度の関係

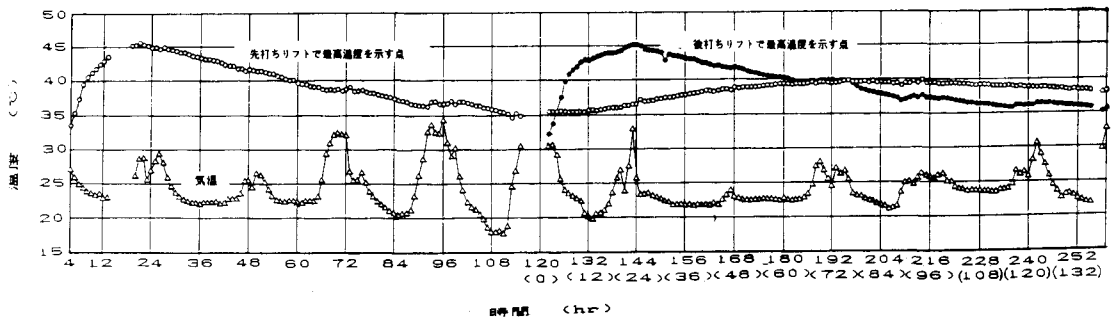


図-2 コンクリート温度と時間の関係 (()内は後打ちリフトの時間を示す)

ブロックにはひびわれは発生していない。また、種々の境界条件についてはFEM解析によって同様の結果を得ている。これらから推論すると、打ち継ぎ前の最高温度から5℃温度が低下した時点であれば、旧コンクリートは最高温度以上になることはなく、温度ひびわれに対しても安全であると考えられる。よって打ち継ぎ時期は旧コンクリートの断面中心部の温度が、最高温度から5℃低下した時点と考えると大過ないと思われそれを評価の基準として考えることとした。

(2) 算定式 (打設量一定の場合)

図-3は、打設量を一定として、上述の考

えに基づき種々の平均気温に対して打ち継ぎ材令を、FEM解析で求めたものである。図中に求められている打ち継ぎ材令D(日)と平均気温T(℃)の関係を示すと図-4のようになる。両者の関係を回帰曲線で求めると次式のようにになる。 $D = 19.6 T^{-0.467} \dots (iii)$

(3) 打ち継ぎ材令の短縮 (打設量を考慮する場合)

気温を一定とし、種々の打設量に対して、図-3と同様の方法で打ち継ぎ材令を求め、この結果から打ち継ぎ材令Dと打設量V(m³)との関係を求めたのが図-5である。両者の関係は折れ線となり、折れ点以下の打設量では打ち継ぎ材令を短くすることが可能となる。いま、短縮日数を1日とすると、それに対応する打設量は種々の平均気温に対して図中の大きな丸印のようになる。図-6は図-5の大きな丸印の位置における打設量と平均気温の関係を回帰曲線として求めたものである。打ち継ぎ材令は、 $V \geq 166 T^{-0.263}$ の場合には (iii) 式がそのまま適用され、 $V < 166 T^{-0.263}$ の場合には (iv) 式となる。 $D = 19.6 T^{-0.467} - 1 \dots (iv)$

5. おわりに

強度の発現は平均気温に影響され、硬化熱の降下時期は、練り上がり温度と平均温度に影響されており、上述のように両時期は平均気温を考慮した評価基準によって設定できることになる。なお、寒中あるいは暑中に打設するコンクリートには特別な養生を施すのが常である。すなわち、これらの時期に (i) ~ (iv) 式を用いる場合には平均気温にその養生効果を付加すればよいことになる。したがって、これらをリフトスケジュールに導入することによって工程管理との連動が可能となる。

参考文献 1) 土木学会, コンクリート標準示方書, 昭和55年度版
2) 山田, 田坂, 折田, “コンクリートダム施工管理システムの開発(2)”, 土木学会昭和60年度年講

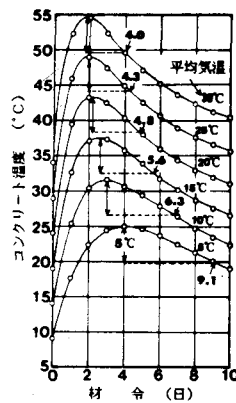


図-3 平均気温に対するコンクリート温度と材令の関係 (打設量338m³)

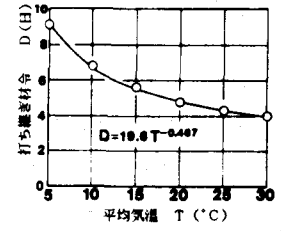


図-4 打ち継ぎ材令と平均気温の関係 (打設量338m³)

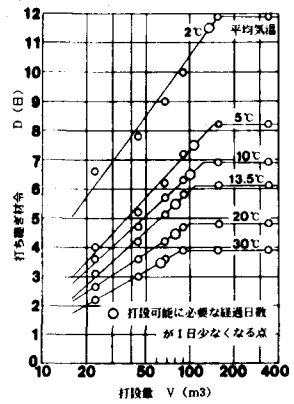


図-5 平均気温に対する打ち継ぎ材令と打設量の関係

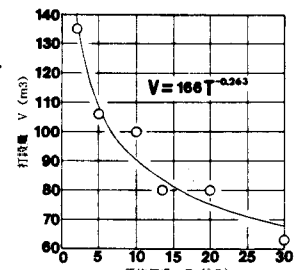


図-6 打ち継ぎ材令短縮に対する打設量と平均気温の関係