V－108　ダムコンクリートの現場断熱温度上昇試験と熱伝達率の測定

西松建設技術研究所　正会員　土橋吉輝
西松建設技術研究所　正会員　潮田和司
西松建設技術研究所　正会員　椎名貴快

1. はじめに

温度ひび割れの発生を精度良く推定する目的で断熱温度上昇試験および熱伝達率の測定を行った。ダムコンクリートは粗骨材の最大寸法が150mmと大きいため、従来の断熱温度上昇試験装置では供試体寸法の制約から直接試験を行うのは困難であった。そこで、当該ダム近傍において現場断熱温度上昇試験を実施した。試験体は、リフト高さに合わせ一辺が1.5mの立方体とし土中に設置した。断熱方法は全面断熱するタイプと側面の４面のみ断熱するタイプの２種類とし、熱伝達率も測定できるようにした。

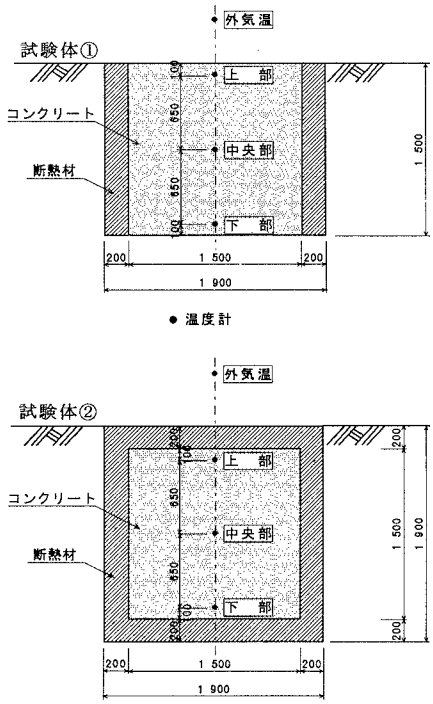
本報告は、現場断熱温度上昇試験結果および熱伝達率測定結果について述べる。

2. 実験概要

断熱温度上昇試験は、当該ダムで使用されるA配合（内部コンクリート）およびB配合（外部コンクリート）の２ケースで行った。各示方配合を**表－1**に示す。なお、セメントはフライアッシュセメントである。

コンクリートの打込み温度は、断熱温度上昇試験がダム建設現場近傍で行われ打込み温度の制御が困難なことから、任意の温度とした。

試験体寸法は、リフト高さに合わせ一辺が1.5mの立方体とした。断熱方法は、側面の４面を断熱するタイプ（試験体①）と側面に加え上下面を断熱するタイプ（試験体②）の２タイプとした。試験体①は熱伝達率測定用に用い、試験体②は断熱温度上昇特性測定用に用いた。断熱材は、発泡ウレタン（厚さ20cm）を使用した。ここで、試験体断面図を**図－1**に示す。



図－1　試験体断面図

表－2　試験ケース

ケース	設置条件	配合	打込み温度	断熱方法
A－①	土　中	A	23.5℃	側面の４面を断熱
A－②		A	23.5℃	全面（６面）断熱
B－①		B	24.5℃	側面の４面を断熱
B－②		B	24.0℃	全面（６面）断熱

表－1　コンクリートの示方配合

配　合	粗骨材の最大寸法 Gmax (mm)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	スランプの範囲 (cm)	空気量の範囲 (%)	単位量(kg/m³) 水 W	セメント C+F	細骨材 S	粗骨材 G 150～80mm	粗骨材 G 80～40mm	粗骨材 G 40～20mm	粗骨材 G 20～5mm	AE減水剤
A(内部)	150	75.7	28.0	3±1	3±1	106	140	584	383	382	382	382	0.462
B(外部)	150	51.0	25.0	3±1	3±1	107	210	506	386	386	386	386	0.756

キーワード：ダムコンクリート、現場断熱温度上昇試験、断熱温度上昇特性、熱伝達率、断熱方法
連絡先：〒242-8520　神奈川県大和市下鶴間2570-4　Tel:0462-75-1135　Fax:0462-75-6796

試験ケースは**表－1**に示した２配合に対し、それぞれ断熱方法が違う試験体２体（試験体①と②）を作成し、断熱温度上昇特性および熱伝達率を測定した。試験ケースを**表－2**に示す。

なお、試験体上面の養生は無養生とした。

3. 試験結果

試験日は10月７日で、コンクリートの打込み温度は約23℃前後であった。測定期間は、コンクリート打込み後約１ヶ月とした。

(1)断熱温度上昇特性の同定

コンクリートの断熱温度上昇特性を表す近似式は各種提案されている。コンクリート標準示方書に記載されている次式が最も一般的であることから、本実験でも次式を用いて断熱温度上昇特性（Q_∞、γ）を同定した。

$$Q(t) = Q_\infty(1 - e^{-\gamma t}) \qquad (1)$$

断熱温度上昇特性（Q_∞、γ）は、A配合およびB配合とも試験体②の中心部の温度のみから同定した。ここで、断熱状態に近いデータのみから断熱温度上昇特性を同定するために、A配合試験体に関しては0～7日のデータを用い、B配合に関しては0～5日間のデータを用いて断熱温度上昇特性（Q_∞、γ）を同定した。同定結果を**表－3**に示す。また、**図－2**に試験開始後７日間の試験体②中心部の温度上昇量と同定後の断熱温度上昇特性の近似式を示す。

(2)熱伝達の同定

熱伝達率は、A配合およびB配合とも試験体①の下部、中央部および上部の３点の実測温度を使用して同定した。逆解析手法は、文献1)の方法を用いた。また。逆解析に使用するデータ長の違いが熱伝達率の同定におよぼす影響を評価するために、データ長を７日間、14日間および28日間とし、熱伝達率の同定を行った。この場合、同定結果はそれぞれ使用したデータ期間の平均的な値となる。熱伝達率の同定結果を**表－4**に示す。**表－4**から、試験体A－①から得られた熱伝達率は、データ長の違いによらずほぼ一定の値（約12.5[W/m²･℃]）となった。しかし、試験体B－①から得られた熱伝達率は、データ長の違いにより変化している。、**図－3**に実測温度と解析温度の比較を示す。

4. おわりに

当該ダムで使用されるダムコンクリートを用いての断熱温度上昇試験および熱伝達率の測定を行った。その結果、同種コンクリートの断熱温度上昇特性[2)]と比較し、終局断熱温度上昇量（Q_∞）は同程度であったが、温度上昇速度に関する定数は（γ）若干大きめな値となった。また、熱伝達率は、標準的な値であったと思われる。

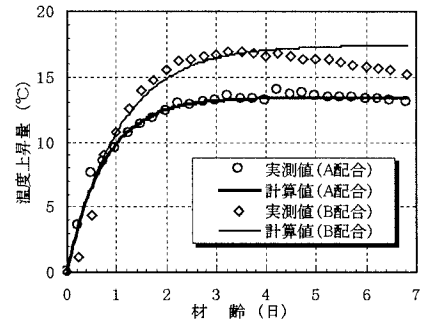
表－3 断熱温度上昇特性の同定結果

配合	ｾﾒﾝﾄ量 (kg/m³)	打込み温度 (℃)	$Q(t)=Q_\infty(1-e^{-\gamma t})$		
			Q_∞	γ	相関係数
A	140	23.5	13.4	1.330	0.989
B	210	24.0	17.4	0.961	0.973

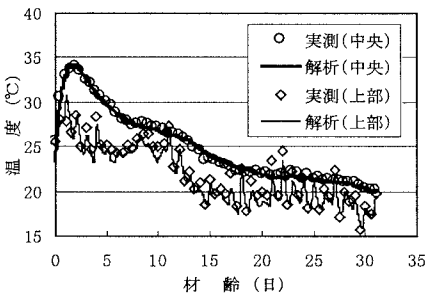
表－4 熱伝達率の同定結果

データ長	A配合 (試験体A-①)	B配合 (試験体B-①)
7日間	12.2	16.0
14日間	12.3	19.5
28日間	13.1	26.4

単位:[W/m²･℃]



図－2 断熱温度上昇試験結果



図－3 実測温度と解析温度の比較
（試験体A－①、データ:28日）

【参考文献】

1) 松井邦人、西田徳行、土橋吉輝、潮田和司：逆解析手法によるマスコンクリートの熱特性値の推定、コンクリート工学年次論文報告集、Vol. 16, No. 1, pp. 1347-1352, 1994. 6.

2) 山本康弘、平井憲、内田善久：蛇尾川ダムのRCD工法における品質管理と温度規制について、大ダム、No. 155, pp. 66-77, 1996. 4.