

ダムコンクリートの拘束応力に及ぼす自己収縮の影響

足利工業大学 大学院 学生会員 谷田貝敦
 足利工業大学 正会員 宮澤伸吾
 (株)熊谷組 ダム技術部 正会員 佐藤英明

1.はじめに

コンクリートダムでは、一般に温度応力に基づいてひび割れ制御の検討が行われている。しかし、最近の研究によりダムコンクリートに用いられる貧配合のコンクリートにおいても、セメントの種類や養生温度によっては、比較的大きな自己収縮ひずみを生じることが明らかにされている¹⁾。本研究では、重力式ダムの外部コンクリート及び内部コンクリートの自己収縮を実験により把握し、両者の自己収縮ひずみの差が拘束応力に及ぼす影響について応力解析に基づいて検討を行なった。

2.実験概要

使用材料を表-1に示す。配合は表-2に示すものとし、ELCM（拡張レヤ工法）で施工されるコンクリートダムの内部と外部を対象とした。自己収縮試験においては、最大寸法 150mm のフルサイズ骨材を使用し、φ500×1,000mm の円柱の大型供試体を内部、外部コンクリート共に各1個ずつ作製し、埋込型ひずみ計(測定長:500mm、特注品)を用いて鉛直方向のひずみを測定した。また、測定開始材齢は凝結の始発を測定開始材齢とし、乾燥を防いで測定を行なった。供試体はすべて 20±2℃の恒温恒湿室内で測定を行なった。圧縮強度試験はウェットスクリーニングにより粗骨材最大寸法 40mm とし、φ150×300mm 供試体により行った。練混ぜは、250ℓ 可傾式ミキサを使用し、30 秒間の空練りを含めて回転数 18R.P.M で 120 秒間練混ぜを行った。コンクリートの打込み温度は内部コンクリートで 15.5℃、外部コンクリートで 16.5℃であった。

3.実験結果および考察

表-3 に、各材齢の圧縮強度試験結果、断熱温度上昇量および凝結試験結果を示す。断熱温度上昇量では、外

キーワード:ダム、自己収縮、温度応力、ひび割れ、拘束応力、コンクリート

連絡先:〒326-8558 栃木県足利市大前町 268-1 足利工業大学 TEL:0284-62-0605 E-mail:smiyazaw@ashitech.ac.jp

表 - 1 使用材料

材料名	物性値
セメント	高炉セメント B 種:密度 3.00g/cm ³ 、比表面積 3860cm ² /g、高炉スラグ置換率 55%
細骨材	山砂:密度 2.65g/cm ³ 、吸水率 1.03%、粗粒率 2.74
粗骨材	山砂利:5~20mm、密度 2.64g/cm ³ 、吸水率 0.66%、粗粒率 6.97
	碎石:20~40mm、密度 2.74g/cm ³ 、吸水率 0.40%、粗粒率 7.97
	碎石:40~80mm、密度 2.72g/cm ³ 、吸水率 0.37%、粗粒率 8.93
	碎石:80~150mm、密度 2.73g/cm ³ 、吸水率 0.22%
混和剤	AE 減水剤(Ad1):リグニン系遅延型
	AE 助剤(Ad2):空気連行剤

表 - 2 ダムコンクリートの配合

配合区分	Gmax (mm)	スランブ (cm)	Air (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)								
						W	C	S	G				混和剤	
									150mm ～80mm	80mm ～40mm	40mm ～20mm	20mm ～5mm	Ad1	Ad2
内 部	150	3±1	3±1	65.4	24	85	130	535	437	522	351	422	0.325	0.016
外 部				45.3	23	86	190	500	431	516	346	417	0.475	0.076

表 - 3 試験結果

配合区分	圧縮強度						断熱温度上昇量		凝結時間 (時・分)	
	実測値 (N/mm ²)				標準示方書式 (係数)		Q _∞ (°C)	γ	始発	終結
	3 日	7 日	28 日	91 日	a	b				
内 部	5.12	9.39	24.53	28.70	12.84	0.83	20.59	0.44	8-55	15-50
外 部	10.79	19.57	36.06	42.55	8.80	0.89	34.01	0.24	10-11	15-00

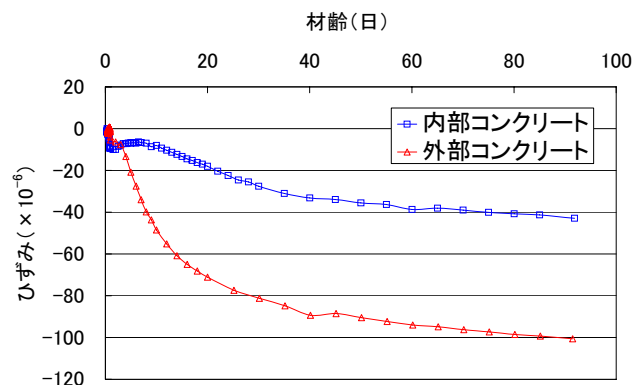


図-1 自己収縮試験結果

部コンクリートが終局断熱温度上昇量において内部コンクリート配合に比べ約 14℃高い結果となった。

図-1 は内部コンクリートと外部コンクリートの自己収縮ひずみの経時変化を示したものである。同図においては、コンクリートの熱膨張係数を $10 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ として、全ひずみから温度ひずみを差し引いて示している。外部コンクリートでは材齢 91 日で約 100×10^{-6} の自己収縮ひずみを生じ、内部コンクリートに比べ、約 60×10^{-6} の収縮差が生じている。これらのことより、既設ブロックによる拘束のみならず、異種配合コンクリートの自己収縮差により拘束応力が生じ、外部コンクリートで引張応力が増加すると考えられる。

4. モデル構造物の応力解析結果

解析対象モデルは図-2 に示すような各リフト 0.75m を 5 日間隔で打ち継ぐ場合を想定した 14 リフト（着岩：4 リフト、内部・外部コンクリート：10 リフト）分とした。外部コンクリートの厚さは 3m とした。また、解析条件は表-4 に示す通りとし、三次元 FEM 応力解析を行なった。

図-3 および図-4 は、外部・内部コンクリートの境界面近傍の拘束応力の経時変化および最大引張応力時の分布をそれぞれ示したものである。同図では第 10 リフトのブロック幅 (15m) の中心部における Z 方向応力（図-2 参照）を示している（引張応力をプラスと表示）。自己収縮を考慮した場合は温度応力の場合と比べ、外部コンクリートでは大きな引張応力が、内部コンクリートでは大きな圧縮応力が認められた。これは、異種配合コンクリートの自己収縮差によるものと考えられる。

5. まとめ

ダムコンクリートのひび割れ制御に際しては、温度応力だけでなく、異種配合コンクリートの自己収縮差に起因する拘束応力も考慮すべきであると考えられる。

<参考文献>

- 1) 佐藤英明 他：フルサイズの粗骨材を用いたダムコンクリートの自己収縮特性、土木学会第 57 回年次学術講演会講演概要集、pp.1281～1282、2002

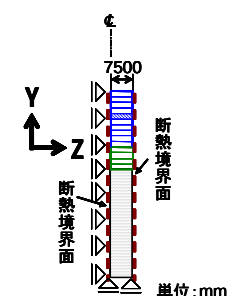
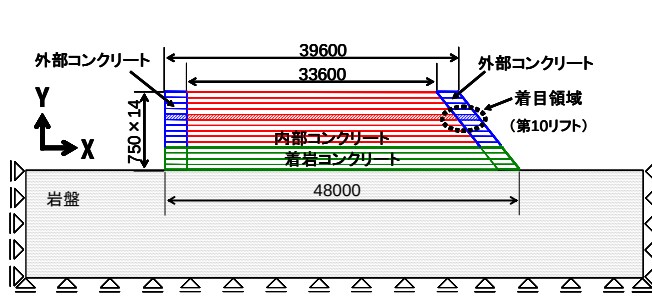


図-2 解析対象モデル構造物

表-4 解析条件

項目	種類	設定値
熱伝達率	コンクリート	2.6 (W/m ² ℃)
	岩盤	3.45 (W/m ² ℃)
	露出面	14 (W/m ² ℃)
密度	コンクリート	2400 (kg/m ³)
	岩盤	2650 (kg/m ³)
比熱	コンクリート	0.96 (kJ/kg℃)
	岩盤	0.79 (kJ/kg℃)
初期温度	コンクリート	10 (℃)
	岩盤	10 (℃)
断熱温度上昇特性	コンクリート	$Q(t) = Q_{\infty} \{1 - \exp(-\gamma t)\}$
圧縮強度	コンクリート	$f'_c(t) = \{t/(a+bt)\} \times f'_{ck}$
引張強度	コンクリート	$f_{tk}(t) = C \times \sqrt{f'_c(t)}$
ヤング率	コンクリート	$E = 4700 \times \sqrt{f'_c(t)}$
	岩盤	6000 (N/mm ²)
線膨張係数	コンクリート	10 ($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)
	岩盤	7 ($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)
クリープ	コンクリート	有効弾性係数法 (材齢 3 日まで $\phi=0.75$, 以降 $\phi=1$)
自己収縮	コンクリート	実測値

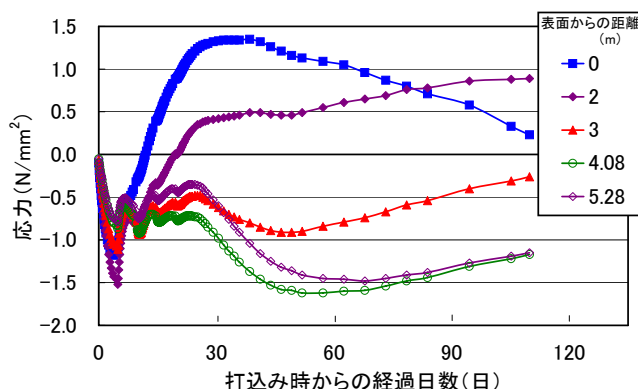


図-3 応力の経時変化（自己収縮考慮）

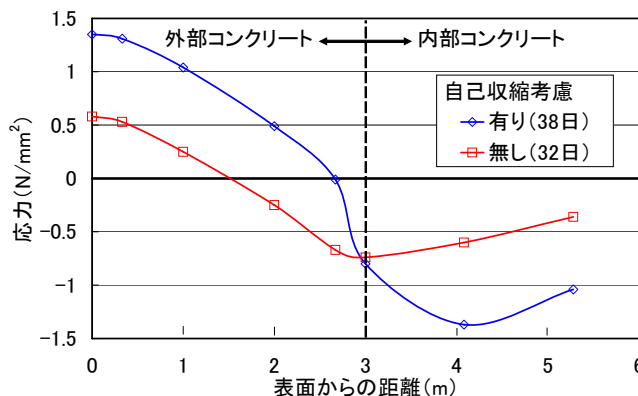


図-4 最大応力時における応力分布（自己収縮考慮）