

セメントの種類がコンクリートダムの拘束応力に及ぼす影響

(株)熊谷組 正会員 ○佐藤 英明
足利工業大学 正会員 宮澤 伸吾
(株)デイ・シイ 谷田貝 敦

1. まえがき

フルサイズ骨材を用いた貧配合のダムコンクリートにおいても、高炉セメントを用いた場合では内部と外部コンクリートとの間には自己収縮ひずみに大きな差異があることから、着岩部や外部コンクリートには自己収縮ひずみによる拘束引張応力が発生することが解析的に明らかとなっている¹⁾。一方、各種セメントを用いたダムコンクリートの自己収縮特性には、大きな違いがあることも報告されている²⁾。そこで、本研究では、セメントの種類(BB：高炉セメントB種、M：中庸熟ポルトランドセメント、およびMF：中庸熟フライアッシュセメント)による自己収縮の相違がコンクリートダムの温度応力に及ぼす影響について、材料試験結果に基づき解析的に検討を行った。

2. 解析概要

解析は堤高60mの中規模の重力式コンクリートダムについて行うものとし、解析モデルとしてはブロック幅15mの半断面の三次元モデルとした。なお、下流面勾配は1:0.8とし、打設リフト高さは0.75mを基本とした(図-1)¹⁾。解析手法は三次元有限要素法とし、自己収縮ひずみは各材齢に応じて求め、温度ひずみに重ね合わせる方法とした。

表-1に、温度応力の解析条件を示す。コンクリートの示方配合は、セメントの種類にかかわらず同一(外部(着岩部)：C=190kg/m³、内部：C=130kg/m³)とし、圧縮強度、引張強度およびヤング係数についてはウェットスクリーニングによってGmax=40mmとしたコンクリートにて試験により求めた。断熱温度上昇特性については、フルサイズ骨材のコンクリートを用いて試験により求めた。なお、自己収縮特性については、外部コンクリートはフルサイズ骨材のコンクリート試験にて、内部コンクリートについてはウェットスクリーニングによってGmax=40mmとしたコンクリートの試験結果を複合則によってフルサ

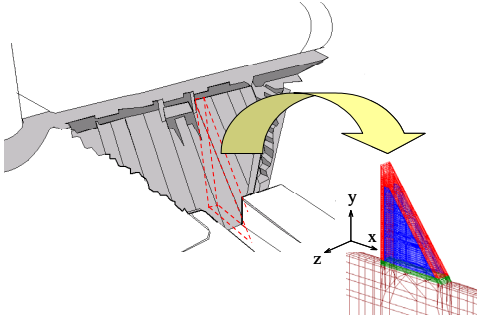


図-1 コンクリートダムのモデル化

表-1 温度応力解析条件

区 分	項 目	単位	堤体コンクリート		基礎岩盤
			内 部	外 部 (着 岩 部)	
温度解析	熱的性質	比 熱	0.871		0.790
		熱伝導率	2.88		3.45
		密 度	BB : 2,479 M : 2,491 MF : 2,478	BB : 2,480 M : 2,495 MF : 2,474	2,650
		断熱温度上昇特性 (打込み温度20℃)	BB : $Q(t)=21.0\{1-\exp(-0.37t)\}$ M : $Q(t)=15.7\{1-\exp(-0.68t)\}$ MF : $Q(t)=14.6\{1-\exp(-0.27t)\}$	BB : $Q(t)=31.9\{1-\exp(-0.43t)\}$ M : $Q(t)=24.9\{1-\exp(-0.65t)\}$ MF : $Q(t)=22.1\{1-\exp(-0.24t)\}$	—
	初期条件	初期温度 (打込み温度)	外気温+2℃		表面は着岩部 打設時の外気温
	境界条件	熱伝達率 外 気 温	14(上下流面、水平打継ぎ面) $T_{air}=12.34+12.40\sin\{2\pi(t+154/365)\}$		14(露出面) 同左
応力解析	力学的性質	圧縮強度	BB : $f_c(t)=14.1\log(M)-40.6$ M : $f_c(t)=13.3\log(M)-37.1$ MF : $f_c(t)=12.2\log(M)-41.0$	BB : $f_c(t)=18.9\log(M)-50.2$ M : $f_c(t)=17.3\log(M)-42.8$ MF : $f_c(t)=21.2\log(M)-66.0$	—
		引張強度	$f_t(t)=0.20(f_c(t))^{0.77}$		—
		ヤング係数	$E_c(t)=10.860(f_c(t))^{1.39}$		6,000
		クリープ係数	材齢2日まで $\phi=0.42$ 、材齢3日以降 $\phi=0.65$ (材齢2～3日まででは直線補間)		—
		自己収縮ひずみ	試験結果に基づく(図-2)		—
		熱膨張係数	$\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 10		10

キーワード ダム、コンクリート、自己収縮、温度応力、セメント

連絡先 〒162-8557 東京都新宿区津久戸町 2-1 (株)熊谷組 土木事業本部 ダム技術部 T E L 03-3235-8646

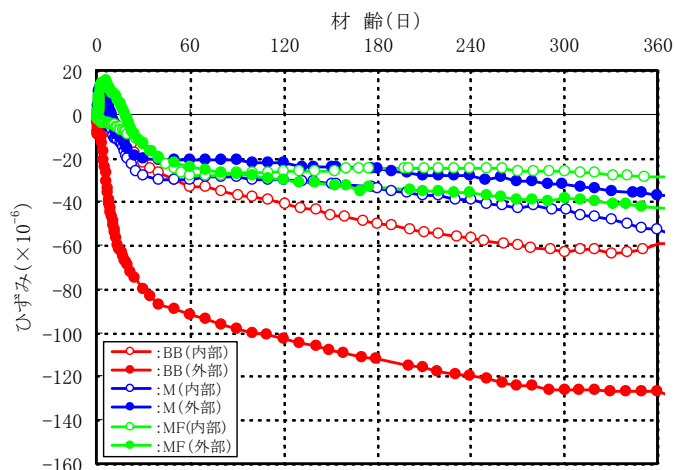


図-2 内部および外部コンクリートの自己収縮特性

イズコンクリートに換算¹⁾した値を用いた (図-2)。

3. 温度応力解析結果

図-3および図-4に、それぞれブロック中央部の着岩部コンクリートにおいて上下流方向に発生する応力度 σ_x の経時変化および第1リフト打設後90日における鉛直分布を示す。着岩近傍においては、特に自己収縮ひずみが大きいBBの場合には他のセメントに比べて着岩部コンクリートに大きな引張応力度が発生することが分かる。

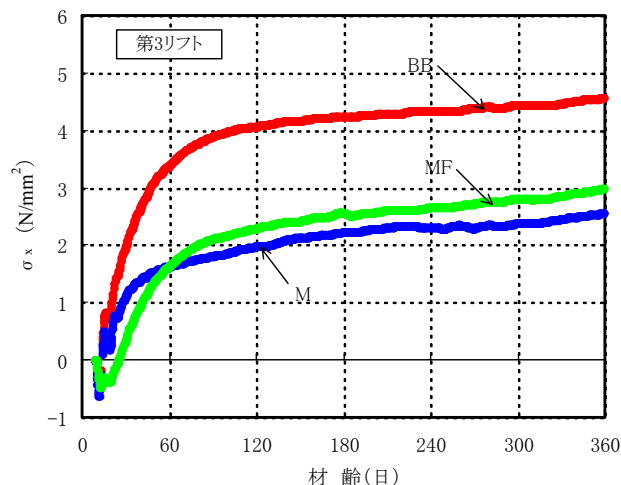
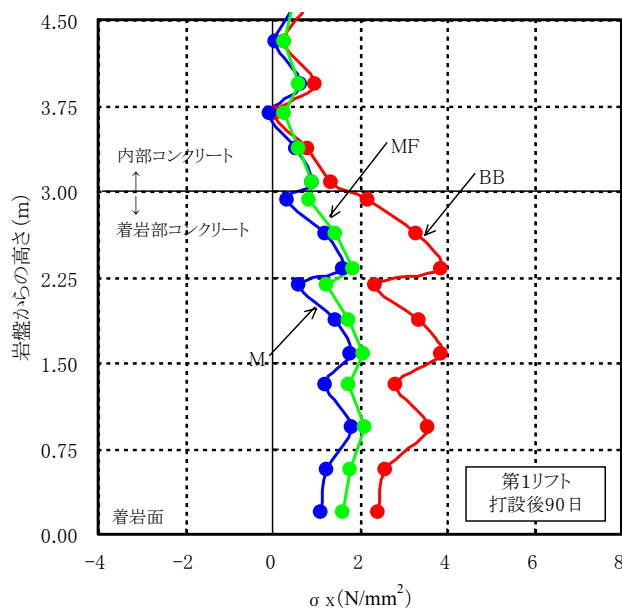
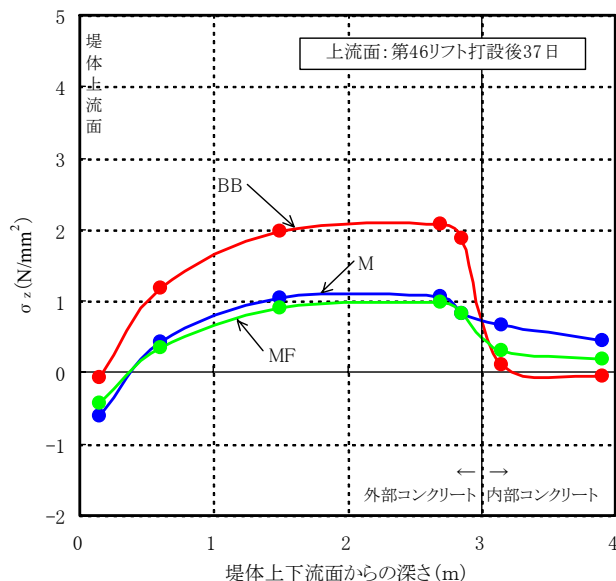
また、図-5に、岩盤拘束の影響のない堤体中標高部(第46リフト:高さ34.5m)における堤体上流面近傍のダム軸方向に発生する応力度 σ_z の深さ分布(第46リフト打設後37日)を示す。配合の異なるコンクリートが同時に打設される堤体表面近傍では自己収縮による拘束応力によって外部コンクリートに引張応力度が発生すること、およびBBを用いた場合が特に顕著であることが分かる。

4. まとめ

コンクリートダムの温度ひび割れ制御において、自己収縮を考慮することによって堤体内の着岩部および外部コンクリートにおける拘束応力は増大するが、MおよびMFを用いた場合はその影響が比較的小さく、BBに比べて発生応力でおよそ1/2程度となることが明らかとなった。

参考文献

- 1) 佐藤英明, 宮澤伸吾, 谷田貝敦: ダムコンクリートの温度応力に及ぼす自己収縮の影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.30, No.2, 2008, pp.181-186
- 2) 杉山敦司, 宮澤伸吾, 佐藤英明: 各種セメントを用いたダムコンクリートの自己収縮および力学的特性, 土木学会第63回年次学術講演会講演概要集, 平成20年9月, pp.855~856

図-3 ブロック中央部の着岩部コンクリートにおける上下流方向発生応力度 σ_x の経時変化図-4 ブロック中央部の着岩部コンクリートにおける上下流方向発生応力度 σ_x の鉛直分布図-5 ブロック左右岸中央部の上流面近傍におけるダム軸方向発生応力度 σ_z の深さ分布