

西松建設 正会員 浅井 功
西松建設 正会員 西田徳行
中部電力 正会員 依田 眞
中部電力 西澤邦男

1. はじめに

コンクリート温度応力解析では、コンクリートの力学的性状や拘束条件などの適切な設定が必要となる。これらの一般的な値は、示方書¹⁾などに記載されているが、対象とする構造物の形状寸法や使用材料によっては不明確な場合がある。

厚さ50cmのスラブ状コンクリート打設において、温度ひび割れ制御効果を把握することを目的に低熱、膨張および普通コンクリートを同一日に類似形状ブロックに適用した。

本報告では、実測応力と事後解析(以下、解析)値の比較を行い、その結果を以下に述べる。

2. 応力計測および解析の方法

本コンクリートは、既設コンクリート上に打設される。発生する応力の特徴は、L/H(部材長/部材厚)が大きく、既設コンクリートの拘束を強く受けるため、外部拘束応力が卓越した応力が発生することである²⁾。

ここでは、基本的に実測温度とコンペンセーションライン法を用い、①圧縮強度試験結果から示方書の推定式(有効弾性係数、引張強度)を用いた場合、②試験および計測結果による推定式を用いた場合の解析値と実測値の比較検討を行った。比較期間は10日間とした。これは、コンクリート温度が7日程度(養生期間)で外気温に平衡したことと、養生後の応力変化(3日間)を確認するためである。なお、ここでの実測値とは、有効弾性係数に実測ひずみを掛合わせた応力を意味する。この応力は、部材中央部に設置した有効応力計とひずみ計の値から求めた有効弾性係数³⁾を用いているため、中央部の値は有効応力計値と良く一致している

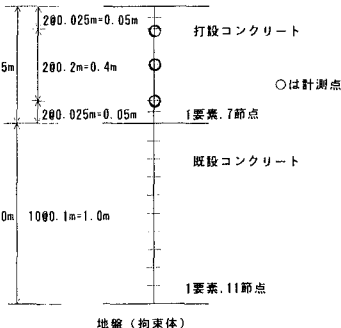


図-1 解析モデル

が、上下部については推定値である。解析モデルは、既設・打設コンクリートの両者を被拘束体、地盤を拘束体とした。また、解析上、実測値がない節点の温度は、他の計測温度から直線補間により与えた。応力解析条件およびパラメータを表-1、解析モデルを図-1に示す。なお、配合および温度の経時変化は、文献⁴⁾参照とする。

3. 実測値と解析値の比較

実測値と解析結果の比較を表-2に、応力の経時変化を図-2(引張応力:正, 圧縮応力:負)に示す。

低熱コンクリートにおける発生応力の変化は、定性的に実測値と解析値でよく一致している。また、部材内で上部の引張応力が大きいことが特徴的である。実測値と比べて解析に示方書の有効弾性係数推定式を使ったケース1では全体的に応力が小さくなった。一方、計測結果による有効弾性係数を使ったケース2では全体的に発生応力が大きくなった。これは、低熱コンクリートでは表面ひび割れが確認されている²⁾が、計器埋設位置にひび割れが発生していないために応力が緩和されたことが原因と推定される。

表-1 応力解析条件およびパラメータ

項 目		解析条件およびパラメータ	
		示方書の推定式	実験結果による推定式
対象構造物		スラブ状2次コンクリート	
応力解析手法		コンペンセーションライン法	
コンクリート温度		基本的に実測データ	
コンクリート温度	低熱	昇温時	$35.1 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ (0.00~0.46日)
	コンクリート	降温時	$12.3 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ (0.46~0.83日)
		降温時	$9.8 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ (0.83~20.0日)
	膨張	昇温時	$32.9 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ (0.00~0.42日)
	コンクリート	降温時	$8.7 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ (0.42~20.0日)
		降温時	$12.3 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ (0.00~0.88日)
コンクリート温度	普通	昇温時	$9.8 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ (0.88~20.0日)
	コンクリート	降温時	$9.8 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ (0.88~20.0日)
		降温時	$9.8 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ (0.88~20.0日)
	低熱コンクリート	低熱コンクリート	$f'_c = 371.3 \text{ t/(14.5 t)}$
	低熱コンクリート	低熱コンクリート	$f'_c = 338.6 \text{ t/(2.51 t)}$
		低熱コンクリート	$f'_c = 316.4 \text{ t/(3.67 t)}$
コンクリートの引張強度	低熱コンクリート	低熱コンクリート	$E_c = 15000 \sqrt{f'_c}$
	低熱コンクリート	低熱コンクリート	$E_c = 15000 \sqrt{f'_c}$
		低熱コンクリート	$E_c = 15000 \sqrt{f'_c}$
	普通コンクリート	普通コンクリート	$E_c = 15000 \sqrt{f'_c}$
	普通コンクリート	普通コンクリート	$E_c = 15000 \sqrt{f'_c}$
		普通コンクリート	$E_c = 15000 \sqrt{f'_c}$
コンクリートの引張強度	低熱コンクリート	低熱コンクリート	$f_t = 1.4 \sqrt{f'_c}$
	低熱コンクリート	低熱コンクリート	$f_t = 1.4 \sqrt{f'_c}$
		低熱コンクリート	$f_t = 1.4 \sqrt{f'_c}$
	普通コンクリート	普通コンクリート	$f_t = 1.4 \sqrt{f'_c}$
	普通コンクリート	普通コンクリート	$f_t = 1.4 \sqrt{f'_c}$
		普通コンクリート	$f_t = 1.4 \sqrt{f'_c}$
外部拘束係数	地盤 R _u	地盤 R _u	0.1
	地盤 R _u	地盤 R _u	0.1
		地盤 R _u	0.1
	地盤 R _u	地盤 R _u	0.1
	地盤 R _u	地盤 R _u	0.1
		地盤 R _u	0.1

膨張コンクリートでは、実測値と解析値で部材内の応力分布が異なっている。特に、示方書の有効弾性係数推定式を使ったケース3では部材中央部の応力が、実測値では引張であるのに圧縮となっている。これは、膨張効果により拘束体（ここでは、地盤）から受ける部材内の拘束度が従来のものと異なることや、有効弾性係数の設定が適切でなかった（特に、ケース3）ことなどが原因と考えられる。

普通コンクリートでは、4.5日程度で貫通ひび割れが発生したと推定されるため、応力の比較は4.5日までとする。この期間の部材中央部の解析応力は実測値に比べて多少小さいが、その推移はよく似ている。しかし、上部と下部の応力は、実測値と解析値で異なっている。上部の応力について、他コンクリートのそれが普通コンクリートに比べて大きく変化していることから、ひずみ計の問題と推定される。下部の応力については、現在のところ原因不明である。

4. まとめ

本研究では、実測応力と事後解析値を比較検討した結果、以下のことが明らかになった。（1）低熱コンクリートにおける発生応力の変化は、定性

的に実測値と解析値でよく一致した。（2）膨張コンクリートの解析では、拘束度および有効弾性係数について検討する必要がある。

〔参考文献〕1)土木学会：コンクリート標準示方書 施工編、平成3年版。2)依田眞，他：変電所機器基礎コンクリートにおける温度ひび割れ制御対策の評価、第49回年次学術講演概要集、土木学会、投稿中。3)西田德行，他：現場計測による若材齢時コンクリートの有効弾性係数設定、第49回年次学術講演概要集、土木学会、投稿中。4)天野智之，他：スラブ状コンクリートの実測温度と事後解析の比較検討、第49回年次学術講演概要集、土木学会、投稿中。

表-2 応力の後解析と実測値の比較

コンクリート種類	実測値		示方書の推定式		実験結果の推定式	
	発生ひび割れ位置	発生応力	発生ひび割れ位置	発生応力	発生ひび割れ位置	発生応力
ケース No. 1						
低熱 ¹⁾	上部	1.41 (1.67日)	上部	1.79 (1.62日)	上部	0.50 (1.62日)
	中央部	小	中央部	小	中央部	小
	下部	小	下部	小	下部	小
ケース No. 2						
膨張 ²⁾	中央部	1.92 (5.00日)	上部	2.34 (4.75日)	上部	1.75 (1.75日)
	中央部	小	中央部	小	中央部	小
	下部	小	下部	小	下部	小
ケース No. 3						
普通 ³⁾	中央部	1.34 (4.79日)	上部	1.79 (4.62日)	上部	1.65 (4.62日)
	中央部	小	中央部	小	中央部	小
	下部	小	下部	小	下部	小

- 1) 低熱コンクリートは、打設後3日程度で表面ひび割れが発生していたことから、上部については、指数の比較対象期間を0.0～3.0日までとした。
2) 膨張コンクリートにおける経過日数0.125日のひび割れ指数は最も小さいが、コンクリート材齢初期の値であるため無視した。
3) 普通コンクリートでは、4.5～5.0日程度でひび割れが生じたため、指数の比較対象期間を0.0～5.0日までとした。

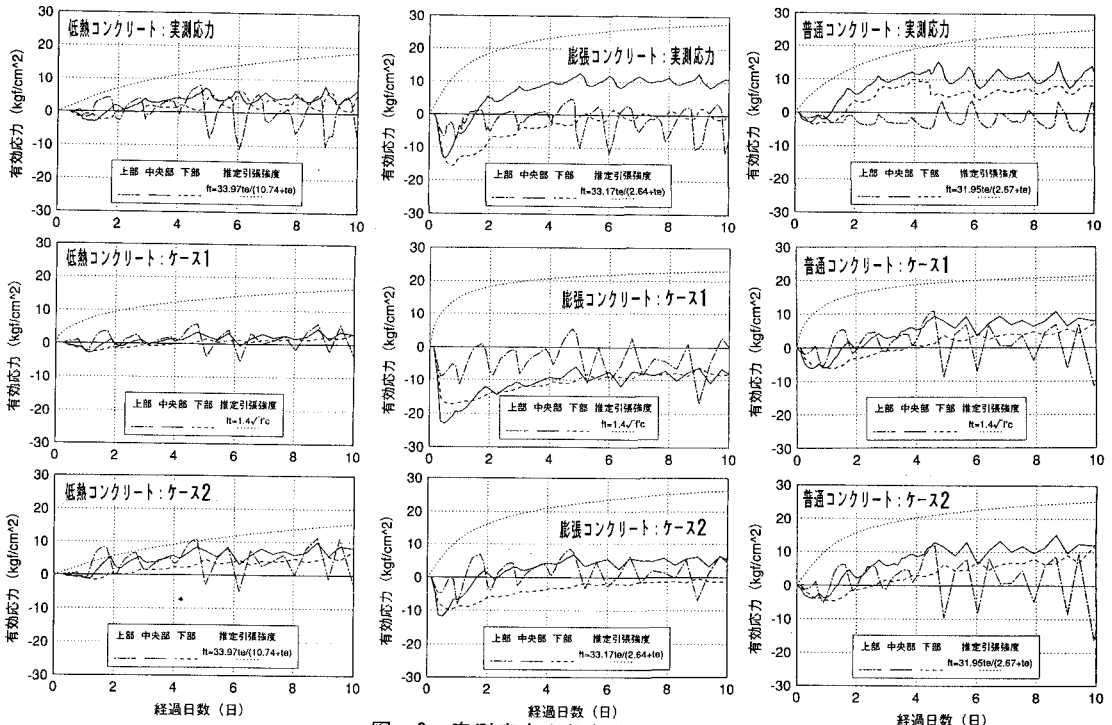


図-2 実測応力と解析値の比較