

川崎製鉄(株) 正会員○吉岡 泰邦 正会員 中村 茂樹
 (株)大林組 塚田 義和 正会員 安田 敏夫

1. はじめに

一般の骨材に対する温度特性、温度応力は多くの研究成果が発表されている。しかし、高炉スラグ粗骨材を用いたコンクリート(以下、スラグコンクリートと称す)のような特殊材料の温度応力について報告された例は少ない。本研究では、スラグコンクリートのひびわれ制御計画に反映することを目的として、スラグコンクリートの各種特性試験、および、スラブ構造物の計測、解析シミュレーションにより、スラグコンクリートと普通骨材コンクリート(以下、普通コンクリートと称す)との温度応力の発生傾向の違いを検討した。

2. コンクリートの特性

スラグコンクリートの配合を

表-1 配合表

表-1に、使用材料を表-2に、試験により求めたスラグコンクリートの諸物性と指針(「RC示方書」)に示される普通コン

呼び強度	G _{max} (mm)	スラブ(cm)	空気量(%)	水結合材比(%)	細骨材率(%)	単 位 量 (kg/m ³)					
						水	セメント	スラグ	細骨材	粗骨材	混和剤
210	20	15	4	51	44.4	175	206	137	791	959	0.686

クリートの諸物性を表-3に示す。このスラグコンクリートの特性値は、普通コンクリートの指針値と比べ、比熱は約1.2倍、熱伝導率は約0.5倍、線膨張係数は約0.7倍であった。また圧縮強度に対する静弾性係数は普通コンクリートの有効弾性係数の約0.9倍であった。

表-2 使用材料

使用材料	種 類	基 本 物 性
セメント	普通ポルトランドセメント	比重3.16
ス ラ グ	高炉スラグ微粉末	比重2.87 比表面積4350cm ² /g
細 骨 材	山砂(市原市産)	比重2.61 F.M.2.55 吸水率1.90%
粗 骨 材	高炉スラグ碎石	比重2.53 F.M.6.7 吸水率2.3%
混 和 剤	AE減水剤(標準)	ナリカルン酸塩・界面活性剤

線膨張係数、静弾性係数が小さいということは、温度応力の発生を低減させるので温度応力に対して有利と考えられる。

3. 計測および解析シミュレーション

表-3 コンクリートの諸物性

温度応力の計測(熱電対、有効応力計)を厚さ2.5m、長辺長25mの杭拘束を受けるスラブにおいて実施した。そして、表-3に示した2種の特性値を用いて解析シミュレーションを行った。

解析手法は2次元有限要素法による温度解析とCP法による応力解析である。

計測結果および解析結果を表-4、図-1(温度履歴)、図-2(応力履歴)、図-3(ひびわれ指数)に示す。

温度履歴、応力履歴とも試験

		スラグコンクリート(試験値)		普通コンクリート(指針値)	
		特性値	試 験 方 法	物性値	引 用 文 献
発熱関数 (20℃)	K	51.7	マルレイ製 断熱温度上昇測定装置 (空気循環方式)	49.3	「RC示方書」
	α	0.541		1.06	
単位重量(kg/m ³)		2270		2270	
比熱(kcal/kg℃)		0.31	断熱型熱量計法	0.25	「RC示方書」
熱伝導率(kcal/mhr℃)		0.917	直接法(GHP法)	2.2	
線膨張係数(x10 ⁻⁶ /℃)		6.8	変位法	10.0	
圧縮強度(kgf/cm ²) $f'_c=A\log M-B$		A=193 B=566	JIS A 1108, 1113 材令 1, 3, 7, 14, 28日の 試験値により帰属 (M=積算温度)	A=193 B=566	スラグコンクリートと 同一とした
静弾性係数(kgf/cm ²) $E_c=A \times f'_c^B$		A=13264 B=0.507		A=15000 B=0.500	「RC示方書」 ただし、 有効弾性係数
引張強度(kgf/cm ²) $f_t=A \times f'_c^B$		A=0.418 B=0.708		A=1.4 B=0.5	

値の解析結果の方が、計測結果と良く一致している。

温度履歴については、比熱、熱伝導率の違いにより、特に温度降下速度が指針値の方が、著しく試験値より速い。

応力履歴については、解析期間中の最大引張応力が、試験値では13.3kgf/cm²となった。指針値では48.0kgf/cm²となり試験値の約3.5倍となった。

最小ひびわれ指数については、試験値では2.0となった。指針値では0.6となり試験値の3割となった。

また、シミュレーション解析から、静弾性係数から有効弾性係数への低減係数（ $=1/(1+\phi)$ ； ϕ ：クリープ係数とする）を求めると約0.6となった。

以上の結果、今回のようなスラブ構造物に対しては、スラグコンクリートは、発生応力が小さく、ひびわれ指数が大きく、温度応力によるひびわれに対して有利であることが明らかになった。

また、スラグコンクリートの温度応力ひびわれを予測するには、指針値を用いると安全側の解を与えるが、実際と大きく異なる可能性があるため、特性試験を行い解析をする必要があると考えられる。

4. まとめ

本報告は、高炉スラグ粗骨材を用いたコンクリートの温度応力について検討を行ったものである。本研究の範囲で明らかになったことを以下に示す。

- 1) 今回使用した高炉スラグ粗骨材コンクリートは、普通骨材コンクリートと比較し、比熱が約1.2倍、熱伝導率が約0.5倍、線膨張係数が約0.7倍であった。これらの差異のため、温度履歴、応力履歴が異なっている。
- 2) 今回使用した高炉スラグ粗骨材コンクリートの方が同一配合の普通骨材コンクリートよりも、発生応力が小さく温度応力ひびわれについては有利である。ただし、高炉スラグ粗骨材コンクリートは、普通骨材コンクリートより単位セメント量が増加するため一部の効果は相殺されると思われる。
- 3) 高炉スラグ粗骨材コンクリートの温度応力によるひびわれを予測するには、特性値が一般的なコンクリートの値と異なる可能性が大きいので特性試験を行い解析を行う必要がある。

表-4 解析結果

	コンクリート温度 (°C)			最大引張応力 (kgf/cm ²)	最小ひびわれ指数 (材令)	備考
	打設温度 (材令)	最高温度 (材令)	最低温度 (材令)			
試験値	28.0	75.8 (5)	38.5 (60)	13.3 (60)	2.0 (60)	拘束度 材令20日 まで 0.73 材令20日 以降 0.18
指針値	28.0	73.5 (2)	29.2 (60)	48.0 (60)	0.6 (60)	
計測結果	28.0	74.2 (4)	40.3 (58)	12.6 (50)	2.2 (50)	

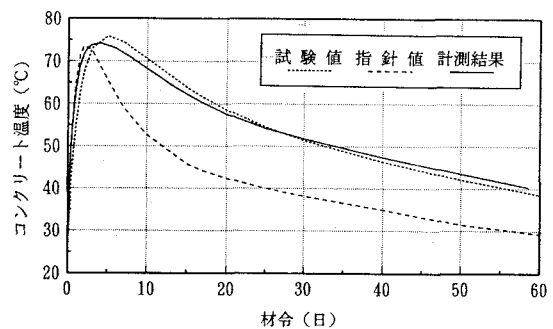


図-1 解析結果（温度履歴）

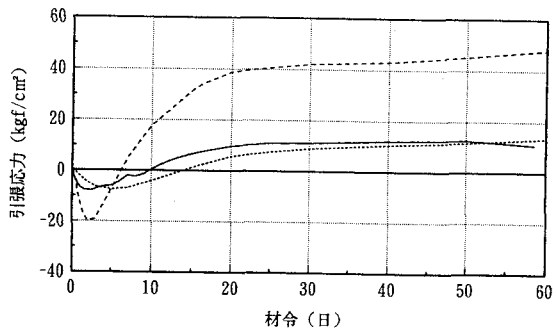


図-2 解析結果（応力履歴）

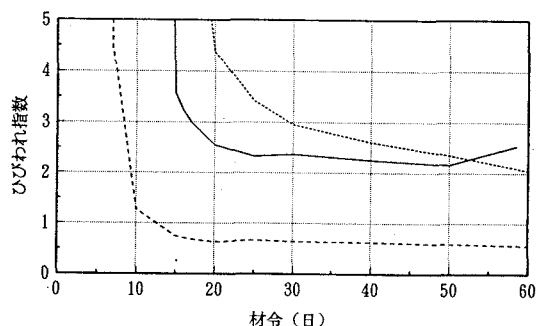


図-3 解析結果（ひびわれ指数）