

高炉スラグ微粉末の多量添加による温度ひび割れ抑制効果に関する検討

法政大学大学院
鹿島建設技術研究所
法政大学
法政大学

学生会員 ○竹内 直也
正会員 室野井 敏之
フェロー会員 満木 泰郎
正会員 溝渕 利明

1. はじめに

混和材を用いたコンクリートは、通常のコンクリートよりもセメントの使用量を低減することができ、セメント生産時に発生する二酸化炭素を低減することができる。また、高炉スラグ微粉末は産業副産物であり、これを利用することは資源の有効利用にもなる。そのため、現在 JIS の規格外で混和材を使用した施工実績も増加傾向にある。そこで、本研究では混和材である高炉スラグ微粉末を多量添加した場合の温度ひび割れ抑制効果について検討を行った。

2. 検討方法

各試験で用いたコンクリートの配合を表-1 に示す。

高炉スラグ微粉末の置換率と断熱温度上昇特性の関係を把握するために、高炉スラグ微粉末の置換率を 0, 50, 70, 80, 90%(以下, N, B50, B70, B80, B90 と称す)の水準で作製した供試体(幅 300×長さ 450×高さ 200mm)を用いて断熱温度上昇試験を行った。試験方法は、簡易断熱容器を用いて得られた温度計測結果を基に同定解析を行い、断熱温度上昇式を算定した。同定解析で用いた断熱温度上昇式を式(1)に示す。

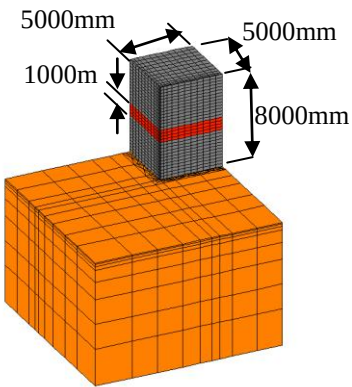


図-1 解析モデル

$$Q(t)=K[1-\exp\{-\alpha(t-t_0)^\beta\}] \tag{1}$$

表-2 解析条件

ここで、 $Q(t)$: 材齢 t までの断熱温度上昇量(℃)、 K : 終局断熱温度上昇量(℃)、 α, β : 断熱温度上昇速度に関する定数、 t : 材齢(日)、 t_0 : 発熱開始材齢(日)とする。

項目	解析条件
熱伝導率 [W/m℃]	2.7
密度[kg/m ³]	2400
比熱 [kJ/kg℃]	1.15
熱伝達率[W/m ² ℃]	脱型前: 8
	側面: 14
	上面: 14
圧縮強度[N/mm ²]	結果から得た推定値
引張強度[N/mm ²]	$f_{tk}(t) = 0.13 \times (f_c(t))^{0.85}$
ポアソン比	0.2
線膨張係数 [10 ⁻⁶ /℃]	10

次に、圧縮強度特性を把握するため N, B50, B70, B90 の水準で作製した供試体(Φ100×200mm)を用いて圧縮強度試験を行った。圧縮強度試験は脱型後水中養生を行い、材齢 7, 14, 28, 56, 91 日で実施した。

それらの実験結果を基に、コンクリート強度を定めて管理材齢を変化させて温度ひび割れの検討を行い、各管理材齢でコン

表-1 各配合

混和材種	略称	置換率 (%)	細骨材率 (%)	単位量(kg/m ³)					AE 減水剤 (g/m ³)	AE 剤 (C×%)
				水	セメント	混和材	細骨材	粗骨材		
-	N	0	43	160	320	-	772	1051	800	0.003
高炉スラグ微粉末	B50	50			160	160	767	1045	960	0.004
	B70	70			96	224	765	1042		0.004
	B80	80			64	256	764	1041		0.004
	B90	90			32	288	763	1039		0.004

キーワード 高炉スラグ微粉末, 多量添加, 温度ひび割れ

連絡先 〒184-8584 東京都小金井市梶野町 3-7-2 法政大学 TEL 042-387-6124

クリート強度を満足できる置換率の内、最大のものを選定してひび割れ発生確率を求めた。温度応力解析で用いたモデルは全 8 リフトのスラブ状構造物とし、ひび割れ発生確率の評価は 4 リフト目の中心部で行った。解析モデルを図-1 に示すとともに、解析条件を表-2 に示す。本検討では、コンクリート強度を 30N/mm^2 とし、高炉スラグ微粉末を置換したコンクリートの管理材齢を 28, 56, 91 日とした。また、比較用として管理材齢 28 日とした場合の普通コンクリートの温度応力解析も行った。なお、外気温は 20°C 一定とした。

3. 検討結果

図-2 に高炉スラグ微粉末置換率と終局断熱温度上昇量を示す。終局断熱温度上昇量は、高炉スラグ微粉末の置換率の増加に伴い低減する結果となった。これは、高炉スラグ微粉末をセメントと置換して用いることで水和反応による発熱量が低減したためと考えられる。

次に、置換率ごとの材齢と圧縮強度との関係を図-3 に示す。置換率の増加に伴い圧縮強度が低減する結果となったが、初期材齢に比べて長期材齢はその差異は小さくなる結果となった。これは、高炉スラグ微粉末の特性である潜在水硬性によるものと考えられる。これらの結果から、高炉スラグ微粉末を置換したコンクリートは置換率・管理材齢等を考慮することで目標とする強度が得られるといえる。

以上の結果を用いて、温度ひび割れの検討を行った。本検討ではコンクリート強度を 30N/mm^2 とし、図-4 より各管理材齢でその強度を満足できる置換率の内、最大のものを選定して行った。また、温度応力解析の結果から算出した、管理材齢ごとの置換率とひび割れ発生確率の関係を図-5 に示す。図-5 から、高炉スラグ微粉末を置換したコンクリートは普通コンクリートと比較してひび割れ発生確率を大きく低減させる結果となった。これは、高炉スラグ微粉末を置換することで発熱量が大きく低減することができたためと考えられる。

4. まとめ

本研究では、高炉スラグ微粉末を多量添加した場合の温度ひび割れの抑制効果について検討を行った。その結果を以下に示す。

- 1) JIS 規格外の置換率を用いることで、普通コンクリートと比較して終局断熱温度上昇量が 10°C 低下することを確認した。
- 2) JIS 規格外の B90 において管理材齢を 91 日とすることで本試験での条件である 30N/mm^2 以上の強度を得られることを確認した。
- 3) JIS 規格外の置換率において、管理材齢を 56 日以降にすることで温度ひび割れの抑制は有効な場合もあると思われる。

高炉スラグ微粉末を多量添加したコンクリートは、温度ひび割れの抑制が求められる構造物に対して効果的であるといえ、置換率・管理材齢を考慮することでより抑制効果が向上するものと思われる。今後は、水結合材比の変化やフレッシュ性状にも着目し、さらに検討を行っていく予定である。

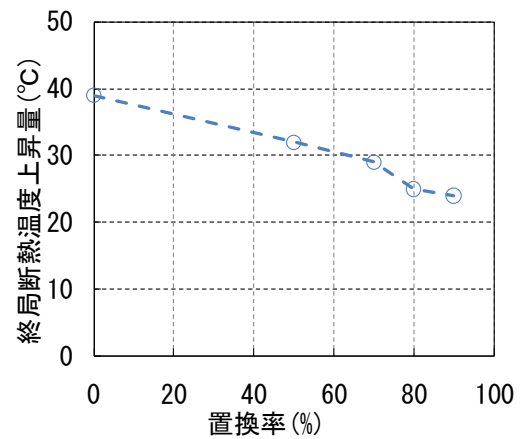


図-2 置換率と終局断熱温度上昇量の関係

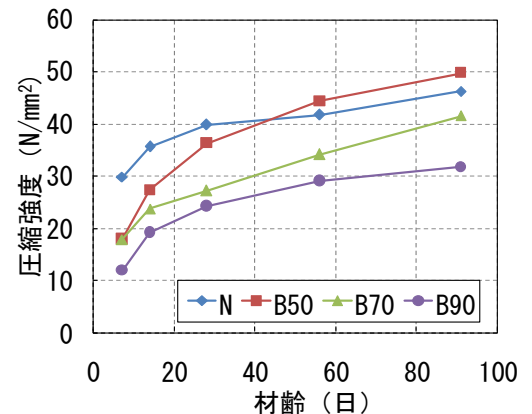


図-3 材齢と圧縮強度の関係

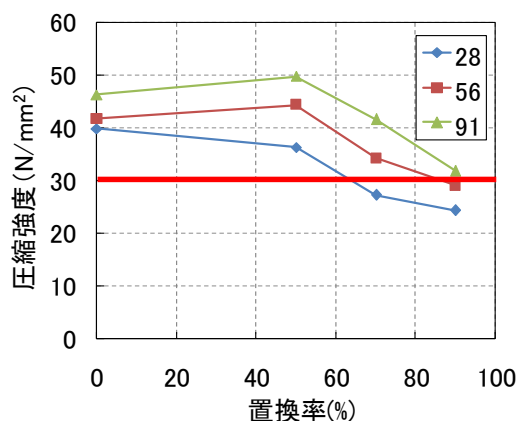


図-4 置換率と圧縮強度の関係

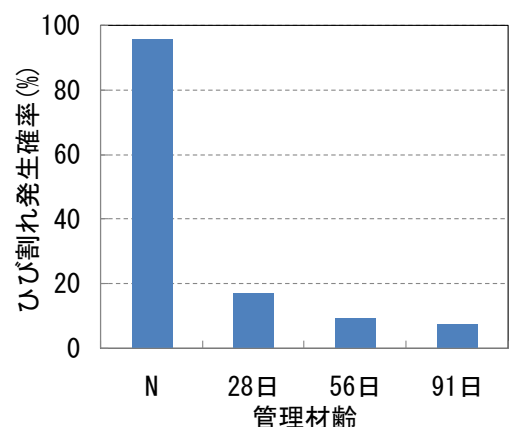


図-5 管理材齢とひび割れ発生確率の関係