

V-85

高炉スラグ超微粉末が凝結時間および断熱温度上昇量に及ぼす影響について

鴻池組技術研究所 正会員 為石昌宏 鴻池組技術研究所 正会員 上村和也
住金鹿島鉱化 山口孝史 鴻池組技術研究所 正会員 水町 実
住金鹿島鉱化技術部 関口正夫 鴻池組技術研究所 フェロー会員 川上正史

1. はじめに

比表面積 $10,000 \text{ cm}^2/\text{g}$ より大きい高炉スラグ微粉末（以後、高炉スラグ超微粉末と呼ぶ）を用いたコンクリートの諸性状についてはあまり報告されていない。著者らの一部は高炉スラグ超微粉末に着目し、これを高流動コンクリートの混和材に使用した場合、コンクリートのフレッシュ性状にどのような影響を及ぼすのかを既に明らかにした[1]。本報告はそれらの結果を踏まえた上で、高炉スラグ超微粉末の比表面積の違いがコンクリートの凝結時間および断熱温度上昇量等にどのような影響を及ぼすのかを調べた。なお、本報告では比表面積 $4,000$ から $10,000 \text{ cm}^2/\text{g}$ の高炉スラグを微粉末と呼んでおく。以下にその概要を述べる。

2. 実験概要

(1) 使用材料

セメントには市販の普通ポルトランドセメントを、また、細骨材と粗骨材にはそれぞれ岐阜県揖斐川産の川砂と川砂利を用いた。高炉スラグ超微粉末には特別に調整した比表面積 $13,000$ 、 $15,000$ および $18,000 \text{ cm}^2/\text{g}$ の3種類を用い、比較のため JIS 規格[2]に合致する $4,000$ 、 $6,000$ および $8,000 \text{ cm}^2/\text{g}$ の3種類の高炉スラグ微粉末をも使用した。また、高性能AE減水剤にはポリカルボン酸系のものを使用した。表-1 に使用材料の産地、物理的性質等を一括して示す。

表-1 使用材料の物理的性質

種類	物理的性質、その他
セメント	普通ポルトランドセメント、比重:3.15、比表面積:3320(cm^2/g)
細骨材	岐阜県揖斐川産川砂、表乾比重:2.55、吸水率:1.97(%)、FM:2.94、実積率:64.7(%)
粗骨材	岐阜県揖斐川産川砂利、最大骨材寸法:25(mm) 表乾比重:2.58、実積率:63.5(%)、吸水率:1.97(%)、FM:6.90
混和材	高炉スラグ微粉末、比重:2.92、 比表面積:4000,6000,8000,13000,15000および18000(cm^2/g)
混和剤	高性能AE減水剤(ポリカルボン酸系)

表-2 コンクリートの配合

高炉 スラグ 置換率 (%)	目標 スラン プフロ (cm)	空気量 の 範囲 (%)	水 結合材 比 (%)	細骨材 率 (%)	単位量 (kg/m^3)					
					水	結合材		細骨材	粗骨材	高性能 AE 減水剤
						セメント	高炉 スラグ			
70	65 $\pm$ 5	4.5 $\pm$ 1.5	26.7	47.9	160	90	510	744	819	12.0

(2) 配合

コンクリートの配合は表-2 に示すとおりである。上述の6種類の高炉スラグ超微粉末に対し、低発熱型の高流動コンクリートとなるように、スラグ置換率を70%とし[3]、単位結合材量を $600 \text{ kg}/\text{m}^3$ 、単位水量を $160 \text{ kg}/\text{m}^3$ とした6種類の配合とした。また、高性能AE減水剤の添加量は、いずれの配合においても単位結合材量の2.0%一定とした。ただし、 $4,000$ 、 $6,000$ および $18,000 \text{ cm}^2/\text{g}$ を用いたコンクリートは目標スランプフローの範囲を外れている。

(3) コンクリートの作製

容量 100 t の二軸バグミル型ミキサを用い、川砂、セメント、高炉スラグ微粉末、川砂利の順にミキサに投入した後、30秒間空練りを行い、さらに高性能AE減水剤を添加した練り混ぜ水を投入して120秒間練り混ぜを行い試料を作製した。ただし、コンクリートの粘性が強く、練り混ぜ不足が目視観察された配合については、練り混ぜ時間を180秒とした。なお、コンクリートの練り上がり温度は $20 \pm 3^\circ\text{C}$ である。

(4) 実験方法

練り上がった試料は、スランプフロー、空気量およびコンクリート温度を確認[4]後、凝結試験 (JIS A 6204) および断熱温度上昇試験 (供試体寸法: $\phi 400 \times 400 \text{ mm}$ 、使用試験機: 水循環式) を実施した。

Key Words: 高炉スラグ微粉末、比表面積、断熱温度上昇量、凝結時間、高流動コンクリート

連絡先: 〒554 大阪市 此花区 伝法 4-3-55 TEL 06-461-0262 FAX 06-468-3659

3. 実験結果および考察

(1) 凝結時間

図-1 に凝結時間（始発および終結）と高炉スラグ微粉末および超微粉末の比表面積の関係を示す。始発、終結とも比表面積が増大するにしたがって、これらの時間が早くなる傾向が認められる。一般に凝結時間に及ぼす比表面積による影響は小さい[3]とされているが、高炉スラグ超微粉末の結果を考慮すると凝結時間はその比表面積の影響を大きく受けている。これは高炉スラグ微粉末の粒径が小さくなる程、ガラス質の潜在水硬性による初期の反応が活性化し、水和が早まったためと考えられる。

(2) 断熱温度上昇量および温度上昇速度

図-2 に各配合における断熱温度上昇量の経時変化を示す。また、表-3 に図-2 より算定した断熱温度上昇式[5]の定数の値を一括して示す。さらに、図-3 に温度上昇速度定数（ γ ）と比表面積の関係を示す。表-3 によれば終局断熱温度上昇量（ Q_{∞} ）は60.2～63.9℃でありほぼ同じ値である。これは既知の試験結果[6]と一致している。ところが、温度上昇速度を表す γ は一般に比表面積に比例して大きくなる[6]とされているが、超微粉末を考慮した本実験の結果は図-3 の通りでそうになっていない。よって高炉スラグ微粉末および超微粉末を用いたコンクリートの終局断熱温度上昇量はその比表面積の影響を殆ど受けないこと、温度上昇速度は比表面積の変化に対して無関係であることが分かる。

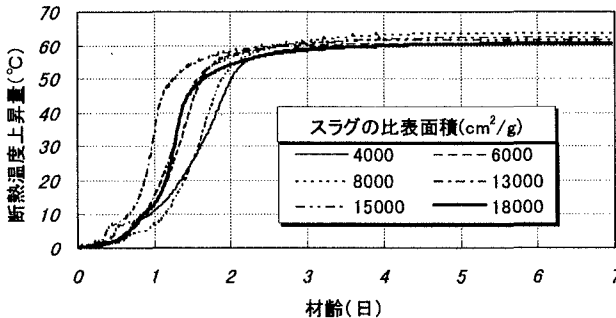


図-2 各配合における断熱温度上昇量の経時変化

4. 結論

本実験（スラグ置換率70%一定）から得られた結果を要約すると次の通りである。

- (1) 高流動コンクリートの凝結時間は、高炉スラグ微粉末および超微粉末の比表面積の影響を大きく受ける。
- (2) 高流動コンクリートの終局断熱温度上昇量は、高炉スラグ微粉末および超微粉末の比表面積の影響を殆ど受けない。

<参考文献>

- [1] 為石昌宏ほか：高炉スラグ超微粉末が高流動コンクリートのフレッシュ性状に及ぼす影響について、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.19、1997
- [2] 鉄鋼スラグ協会：日本工業規格 コンクリート用高炉スラグ微粉末、(財)日本規格協会、1995.5
- [3] (社)日本建築学会：高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの技術の現状、(社)日本建築学会、pp.3,15、1992.6
- [4] 土木学会コンクリート委員会 高流動コンクリート小委員会：高流動コンクリートシンポジウム論文報告集、(社)土木学会、pp.216-220、1996.3
- [5] (社)日本コンクリート工学協会：マスコンクリートの温度応力発生メカニズムに関する研究論文集、(社)日本コンクリート工学協会、pp.5、1982.9
- [6] 土木学会コンクリート委員会 高炉スラグ微粉末研究小委員会：高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの施工指針、(社)土木学会、pp.83-86、1996.8

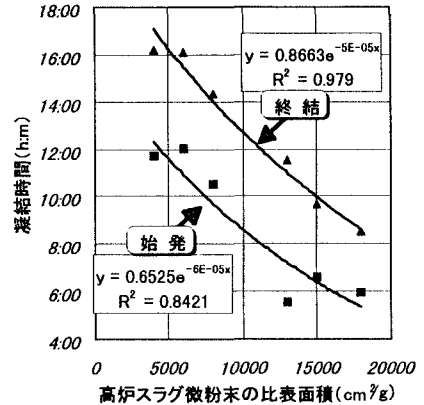


図-1 比表面積と凝結時間の関係

表-3 断熱温度上昇量の近似式

$Q(t) = Q_{\infty} \{1 - \exp(-\gamma t^{\alpha})\}$			
スラグの比表面積	Q_{∞}	γ	α
4,000 (cm²/g)	60.2	0.40	1.85
6,000 (cm²/g)	60.5	0.64	1.65
8,000 (cm²/g)	63.9	0.27	2.06
13,000 (cm²/g)	62.6	0.67	1.65
15,000 (cm²/g)	61.9	0.53	1.71
18,000 (cm²/g)	60.7	0.30	2.12

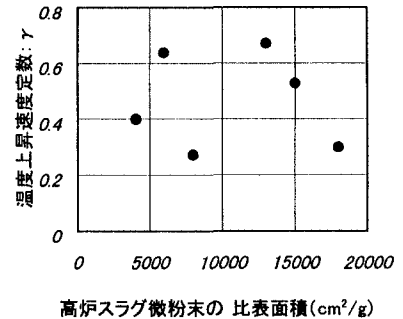


図-3 比表面積と温度上昇速度定数の関係