

都市ごみ溶融スラグをセメント代替材として用いたモルタルの養生特性に関する研究

茨城大学 学生会員 ○田中康友 正会員 福澤公夫 郭度連

1. はじめに

一般可燃廃棄物「都市ごみ」は、現在多くの自治体でダイオキシン類除去のため溶融炉で高温溶融処理されている。生成される溶融スラグは、急冷されることで、非晶質の物質となり結晶化エネルギーを内在し、「潜在水硬性」を持つ。この潜在水硬性を利用し、都市ごみ溶融スラグ微粉末にアルカリ刺激材を加えることで、セメント代替材としての有効利用が可能であることは、既に知られている¹⁾。本研究は、都市ごみ溶融スラグを用いたコンクリート製品の実用化を視野に入れ、都市ごみ溶融スラグ微粉末を用いたモルタルの養生方法が圧縮強度に及ぼす影響を実験的に検討したものである。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

本研究で使用した材料を表-1に示す。溶融スラグは、ブレン値 $3790\text{cm}^2/\text{g}$ に微粉碎したものを使用した。アルカリ刺激材には、粉末状の無水メタ珪酸ナトリウムを用いた。

本研究で使用した配合を表-2に示す。水結合材比は42%、アルカリ刺激材はスラグ微粉末に対して20%を添加した。

2.2 養生方法

$\phi 50\times 100\text{mm}$ の円柱供試体を用いた。気中および水中養生は、打設後24時間で脱型し、 20 ± 1 の恒温室あるいは水槽で所定の材齢までそれぞれの養生を行った。封緘養生は、水分の出入りを防ぐために、脱型後供試体をポリプロピレンシートで完全に密封し、 20 ± 1 の恒温室で所定の材齢まで保管した。蒸気養生は、前置き30・2h、昇温15 /h、最高温度65・5hを標準とし、蒸気養生条件による変化を調べるため、蒸気養生の前置き

時間を0h,1h,2h,4h、最高温度を50、65、80、最高温度保持時間を3h,5h,12hとした条件について実験を行った。なお、養生終了後は自然放冷とした。

3. 実験結果および考察

3.1 蒸気養生条件が圧縮強度に及ぼす影響

都市ごみ溶融スラグを用いた硬化体は、アルカリ刺激材を使用することで練混ぜ環境、養生条件等に敏感に反応することから、蒸気養生条件の変化による圧縮強度への影響を検討した。

蒸気養生条件による圧縮強度の変化を図-1に示す。凡例の文字は、それぞれ前置き時間-最高温度-最高温度保持時間を示している。前置き時間において、普通ポルトランドセメントを用いる場合とは異なり、前置き時間の違いによる圧縮強度の変化はそれほど認められない。これは、練混ぜ時にアルカリ刺激材との反応により発熱が生じ、養生前から熱を受け、すでにスラグとアルカリ刺激材との反応が活性化されている状態にあるため、前置き時間の違いでは、圧縮強度の変化は現れないものと推測される。最高温度および最高温度保持時間においては、最高温度が高いほど、また、最高温度保持時間が長いほど、反応が促進され、圧縮強度は増加することが認められる。しかし、最高温度が高いほど、最高温度保持時間が長いほど、材齢28日圧縮強度において強度の低下が大きくなることとがわかる。なお、すべての蒸気養生条件において、材齢経過に伴う圧縮強度の低下が見られる。

3.2 養生方法が圧縮強度に及ぼす影響

各種養生方法による材齢1日、7日、28日、91日、1年の圧縮強度の変化を図-2に示す。初期強度において、蒸気養生は他の養生方法と比べ、大きく伸びることがわかる。これは、蒸気養生の養生温度により、水和反応が促進

表-1 使用材料

材料	種類	品質
都市ごみ溶融スラグ微粉末	ブラズマ式灰溶融スラグ	比重2.84 比表面積 $3790\text{cm}^2/\text{g}$
アルカリ刺激材	メタ珪酸ナトリウム	SiO_2 :46.0~52.0% Na_2O :47.0~53.0%
細骨材	岩瀬産砕砂	比重2.58 F.M.2.78

表-2 モルタルの配合

AL/SL(%)	W/SL=42%			
	W	SL*	AL*	S
20	243	579	116	1313

*SL: 都市ごみ溶融スラグ微粉末

*AL: アルカリ刺激材

キーワード 都市ごみ溶融スラグ、潜在水硬性、アルカリ刺激材、メタ珪酸ナトリウム、封緘養生

連絡先 〒316-8511 茨城県日立市中成沢町4-12-1 TEL0294-38-5274 FAX0294-38-5268

されるためと考えられる。しかし、蒸気養生は材齢の経過とともに著しい強度低下が認められ、材齢91日に至ると初期強度の半分程度にまで下がっている。これは、推測の範囲を超えないが、蒸気養生を行うと硬化の初期段階で水和反応がほぼ終了し、その後の強度増進が望めないことと、供試体の乾燥収縮に伴う内部応力の影響により、強度の低下が起きることに起因すると考えられる。そのため、材齢91日以降の強度低下があまり観られないのは、乾燥収縮による影響が少なくなったためと思われる。一方、水中養生および封緘養生では、強度の増加が見られる。このことは供試体の乾燥をおさえたためと考えられる。しかし、封緘養生は水中養生と比べ、強度の増加速度が非常に速く、反応性が高いことから、都市ごみ溶融スラグを用いた硬化体は、乾燥以外の要因として水分の出入りによる供試体内の刺激材の濃度変化による影響も大きいと考えられる。

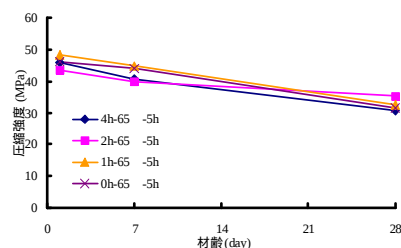
以上のことから、都市ごみ溶融スラグを用いた硬化体は、練混ぜ直後に熱を加えると、水和の初期段階で反応が活性化され、高い初期強度が得られ、また、乾燥を抑え、水分の出入りによる供試体内の刺激材の濃度を一定に保つことで、強度の保持および増進効果が期待できると思われる。そこで打設後、完全密封状態で蒸気養生を行い、打設後24時間で脱型し、所定材齢まで封緘養生を行った。材齢1年までの圧縮強度試験結果を図-3に示す。高温封緘養生の材齢1日の圧縮強度は蒸気養生より高い強度を示しており、通常の蒸気養生ではなく、高温履歴だけを与えることで強度促進されることが分かる。また、高温封緘養生は安定して高い圧縮強度を保つことができる。

封緘養生した供試体の飛躍的な圧縮強度の増進効果に関しては、まだ不明なことが多少存在し、そのメカニズムについては今後更なる検討が必要である。

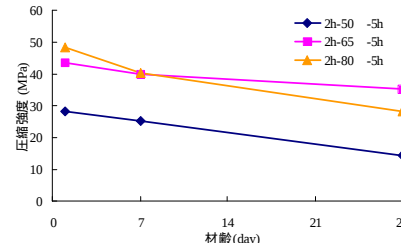
4. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

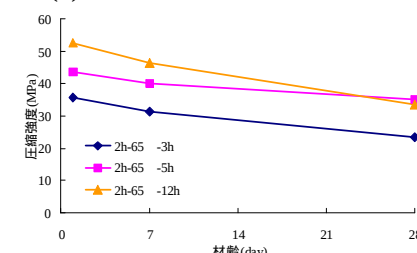
- (1) 蒸気養生において、前置き時間による圧縮強度の変化は見られないが、最高温度が高いほど、最高温度を保持する時間が長いほど初期圧縮強度は増加する。
- (2) 蒸気養生は水中・気中・封緘養生に比べ、初期強度が大幅に増加する。しかし、材齢の経過とともに強度の低下が見られる。また、封緘養生は初期強度発現が低いものの、材齢の経過とともに著しい強度の増加が見られる。



(a) 前置き時間と圧縮強度の関係



(b) 最高温度と圧縮強度の関係



(c) 最高温度保持時間と圧縮強度の関係

図-1 蒸気養生条件の変化に伴う圧縮強度

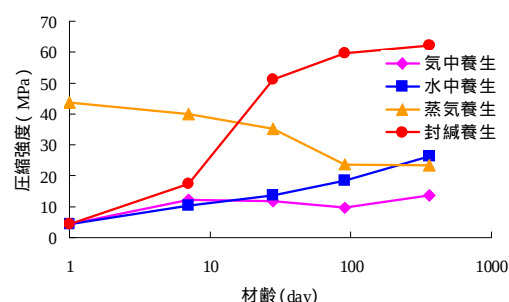


図-2 養生条件による圧縮強度への影響

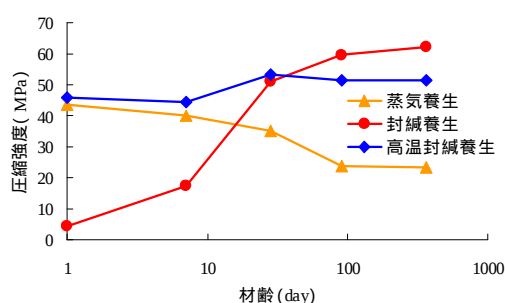


図-3 高温封緘養生の圧縮強度特性

- (3) 高温封緘養生を行うことで、高い初期圧縮強度が得られ、安定して強度を保つことができる。

参考文献

- (1) 三井雅一, 福澤公夫, 宮坂洋介, 小島均: 都市ごみ溶融スラグ微粉末を用いた硬化体に関する基礎的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.25, No.1, pp.1451-1456, 2003