

養生方法がフライアッシュを混合した一般廃棄物溶融スラグ微粉末硬化体の硬化特性に及ぼす影響

茨城大学大学院 学生会員 ○徳元 智弘
茨城大学工学部 正会員 木村 亨
茨城大学工学部 正会員 沼尾 達弥
茨城大学名誉教授 正会員 福澤 公夫

1. 研究背景

現在、日本の一般廃棄物年間排出量は約 5000 万 t であり、溶融処理してスラグ化し埋立て処分する自治体も多い¹⁾。溶融スラグは、路盤材(JIS A 5032)あるいはコンクリート用細骨材(JIS A 5031)としての利用がすすめられている。しかし、スラグの生産量は年々増加しており、更なる有効利用が求められている。

一般廃棄物溶融スラグ微粉末(以下 SL とする)は、溶融後、急冷されることにより潜在水硬性を有し、アルカリ刺激剤(以下 AL とする)とともに用いた硬化体は十分な強度を有している²⁾。また、フライアッシュ(以下 FA とする)を足すことにより、欠点である蒸気養生後の時間経過に伴う強度低下を低減できることも報告されている³⁾。

しかし、FA を混合した SL を結合材とする硬化体の強度特性についての報告は、モルタルにおいて蒸気養生を行う場合に限られている。そこで本研究では、FA を混合した SL モルタルと SL コンクリートについて養生方法を変化させ、強度特性を把握した。

2. 実験方法

表 1 に要因と水準を示す。硬化体の種類を 3 水準、細骨材に対する FA の体積置換率(以下 $fa/(s+fa)$ とする)を 2 水準、養生方法を 8 水準変化させた。

表 2 に使用材料を、表 3 に SL と FA の化学成分を、表 4 に SL モルタルの配合を、表 5 に SL コンクリートの示方配合を示す。SL モルタルおよび SL コンクリートは、SL、骨材、FA を空練りし、その後、自然冷却したアルカリ刺激剤の水溶液を投入し、練り混ぜた。モルタル($\phi 50 \times 100$ mm 円柱供試体)は、①水中養生、③蒸気養生後気中養生、⑤蒸気養生後封緘養生、⑥蒸気養生後封緘養生の後材齢 28 日から気中養生、⑦封緘養生、⑧封緘養生後材齢 28 日から気中養生の 6 水準の養生を行った。コンクリートについては、②蒸気養生後水中養生、③蒸気養生後気中養生、④蒸気養生後屋外養生の 3 水準の養生を行った。所定材齢にて圧縮強度試験(JIS A 1108 に準拠)にて材齢時強度を測定した。

3. 実験結果

3.1 各種養生が SL モルタルの圧縮強度に及ぼす影響

図 1 に $fa/(s+fa)=0\%$ の圧縮強度と材齢との関係を、図 2 に $fa/(s+fa)=20\%$ の圧縮強度と材齢との関係を示す。

表 1 要因と水準

要因	水 準
硬化体	SL モルタル、SL コンクリート、普通コンクリート
$fa/(s+fa)$	0%、20% (体積置換)
養生方法	①水中養生(水温 $20 \pm 1^\circ\text{C}$) ②蒸気養生(前置き $30^\circ\text{C} \cdot 2\text{h}$ 、昇温 15°C/h 、最高温度 $65^\circ\text{C} \cdot 5\text{h}$)後水中養生 ③蒸気養生後気中養生(室温 $20 \pm 1^\circ\text{C}$) ④蒸気養生後屋外養生 ⑤蒸気養生後封緘養生(室温 $20 \pm 1^\circ\text{C}$ の室内に保管) ⑥蒸気養生後封緘養生材齢 28 日後気中養生 ⑦封緘養生 ⑧封緘養生材齢 28 日後気中養生
材齢	脱型直後 (蒸気養生の場合)、7 日、28 日、96 日、365 日

表 2 使用材料

使用材料	種類	品質
一般廃棄物溶融 SL 微粉末	シャフト炉式ガス化溶融 SL	密度 $2.80(\text{g}/\text{cm}^3)$ 比表面積 $(3750 \text{ c m}^2/\text{g})$
FA	JIS(II 種)	密度 $2.14(\text{g}/\text{cm}^3)$ 比表面積 $3630(\text{c m}^2/\text{g})$
アルカリ刺激剤	メタ珪酸ナトリウム	$\text{SiO}_2: 46.0 \sim 52.0\%$ $\text{Na}_2\text{O}: 47.0 \sim 53.0\%$
細骨材	岩瀬産砕砂	密度 $2.58(\text{g}/\text{cm}^3)$ FM=2.83
粗骨材	岩瀬産碎石	密度 $2.64(\text{g}/\text{cm}^3)$ FM=6.77
AE 剤	アルキルエーテル系	N 社製

表 3 化学成分

	CaO	SiO ₂	AlO ₃	MgO	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅
SL	43.1	32.5	13.5	2.9	2.7	1.8	1.3	0.8
FA	6.3	57.6	26.5	1.2	4.2	0.5	1.9	0.3

表 4 SL モルタルの配合

W/SL (%)	AL/SL (%)	$fa/(s+fa)$ (%)	質量比					
			W	SL	AL	FA	S	AE
60	20	0	280	500	100	0	1200	2.0
60	20	20	280	500	100	210	990	2.0

表 5 SL コンクリートの配合

W/SL (%)	AL/SL (%)	$fa/(s+fa)$ (%)	単位量 (kg/m^3)						
			W	SL	AL	FA	S	G	AE
60	20	20	190	339	68	143	670	856	1.36

キーワード：一般廃棄物、潜在水硬性、アルカリ刺激剤、フライアッシュ、養生方法
連絡先 〒316-8511 茨城県日立市中成沢町 4-12-1 茨城大学工学部都市システム工学科 Tel:0294-38-5168

圧縮強度は養生方法に関わらず、 $fa/(s+fa)=20\%$ の方が、 $fa/(s+fa)=0\%$ より強度が高く、材齢 28 日までは、蒸気養生後気中養生とする場合を除くと強度は上昇した。FA 混合の有無に関わらず蒸気養生後気中養生においては、材齢 7 日の強度が最も高く、それ以降低下した。 $fa/(s+fa)=20\%$ では、材齢 7 日強度 63.5MPa、材齢 91 日強度 52.5MPa と 11.3MPa(低下率 83%) 低下した。 $fa/(s+fa)=0\%$ では、材齢 7 日目強度 48.1MPa、材齢 91 日目強度が 36.1MPa と 12.0MPa(低下率 75%)低下した。このように、FA を混入することで、蒸気養生後の時間経過に伴う強度低下率を低減できることを確認した。

材齢 28 日においては、封緘養生を行う場合の圧縮強度が他の養生を行う場合よりも高強度となった。しかし、 $fa/(s+fa)=0\%$ の場合、材齢 91 日において強度低下を示した。また、封緘養生後材齢 28 日から気中養生を行った場合、気中に静置すると、急激に強度が低下した。それに対し、蒸気養生直後から封緘養生を行う場合は、 $fa/(s+fa)=20\%$ の場合、封緘を解く、解かないに関わらず強度が若干増加した。それに対し、 $fa/(s+fa)=0\%$ の場合は蒸気養生の有無にかかわらず、若干強度低下となった。

3.2 各養生が SL コンクリートの圧縮強度に及ぼす影響

図 3 に SL コンクリートの圧縮強度の材齢との関係を示す。圧縮強度は養生方法に関わらず、材齢 365 日の長期材齢において最も圧縮強度が高くなった。また、蒸気養生後気中養生の場合、材齢 28 日で若干圧縮強度が低下するものの、その後強度増加がみられる。

4. 結論

フライアッシュ(FA)を体積置換した一般廃棄物溶融スラグ微粉末(SL)硬化体において、養生方法が圧縮強度に及ぼす影響を実験的に検討した。本実験から次のことが言えよう。

- (1) FA を置換する SL モルタルの圧縮強度は、養生方法にかかわらず FA を用いない場合よりも高い。
- (2) FA の置換に関わらず、SL モルタルの圧縮強度は、蒸気養生後気中養生を行う場合、材齢 7 日以降圧縮強度が低下する。FA を置換することで、その低下割合が小さくなる。
- (3) 材齢 28 日まで封緘養生を行うことにより、SL モルタルの圧縮強度は、FA の置換の有無に関わらず高い。しかし、その後、気中に解放する場合、FA 置換の有無にかかわらず圧縮強度が低下する。
- (4) 蒸気養生直後から封緘養生を行う場合、SL モルタル

の圧縮強度は、FA の置換の有無に関わらず、材齢とともに増加する。また、材齢 28 日に気中解放しても封緘を続ける場合とほぼ同等の圧縮強度が得られる。

- (5) FA を用いた SL コンクリートは、材齢 365 日における強度がいずれの養生方法でも最大の値を示した。

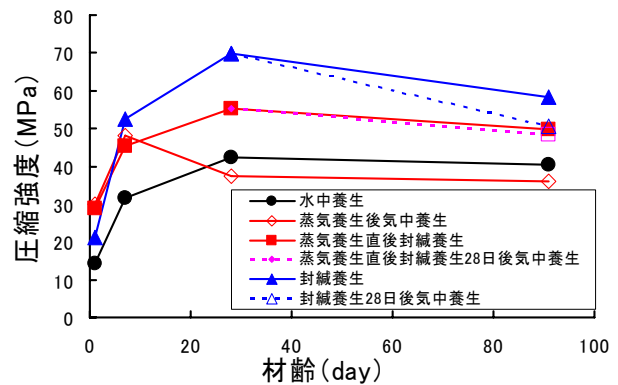


図 1 $fa/(s+fa)=0\%$ モルタルの養生方法と圧縮強度

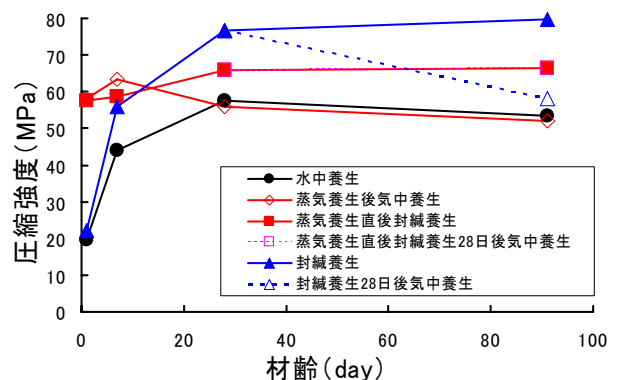


図 2 $fa/(s+fa)=20\%$ モルタルの養生方法と圧縮強度

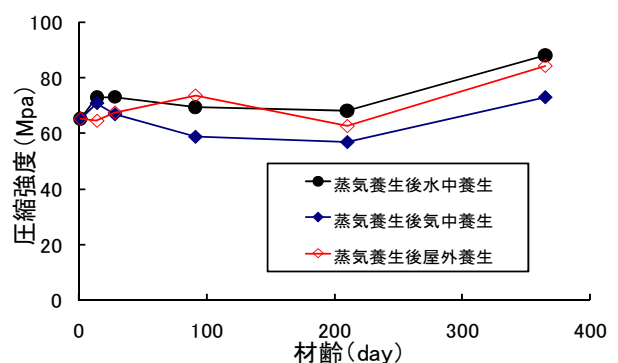


図 3 SL コンクリートの圧縮強度と材齢の関係

参考文献

- (1) 環境省 HP(<http://www.env.go.jp>) 廃棄物処理の現状
- (2) 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
- (3) 海老根拓哉、福澤公夫、田中康友：一般廃棄物溶融スラグ微粉末を硬化体とするモルタルにおいてフライアッシュの混合が硬化後の特性に及ぼす影響、土木学会第 62 回年次学術講演会、V-406、pp.406-407