

スラグ系 AAM コンクリートの現場施工向け配合の検討

西松建設(株) 正会員 ○椎名貴快・山本泰介
JFE スチール(株) 正会員 田 恵太・松永久宏
東北大学大学院 正会員 皆川 浩 日本大学 正会員 吉澤千秋

1. はじめに

セメントフリーの AAM (Alkali Activated Materials) は、低炭素な建設資材として注目されている。しかし、粘性が高く、可使時間が短い上、常温大気下での強度発現性が小さいなど、一般に現場施工には適さないとされてきた。

本稿では、スラグ系材料(高炉スラグ微粉末、高炉スラグ細骨材)に着目し、現場で施工可能な配合条件の検討および実機での製造結果について報告する。

2. 配合検討

表-1 使用材料

種類	記号	材料名	密度(g/cm ³)
粉 体	P	高炉スラグ微粉末 4000	2.89
アルカリ溶液	AW	NaOH, 凝結調整剤, 水 (任意混合)	1.13~1.25
細骨材	S	高炉スラグ細骨材 BFS1.2	2.74
粗骨材	G	砕石 2005 (石灰石 A_山口県)	2.70
		砕石 2005 (石灰石 B_栃木県)	2.74
		砕石 2005 (硬質砂岩 A_東京都)	2.66
		砕石 2005 (硬質砂岩 B_茨城県)	2.64

備考) 骨材密度は表乾

(1) 目標性能

スランプフロー500~600mm (スランプ 24~26cm (平均 25)), 可使時間 4 時間以上, 圧縮強度(28 日)は常温で 30~40N/mm² (平均 35) を目標とした。

(2) 使用材料と配合方針

表-1 に使用材料を示す。粉体は高炉スラグ微粉末のみで、アルカリ溶液は、NaOH・凝結調整剤・水を任意の割合で混合して用いた。細骨材は高炉スラグ細骨材、粗骨材には砕石 2005 を使用し、石灰石と硬質砂岩の 2 種類(各 2 産地)とした。なお、空気連行性が低いので、配合上、空気量は 2.5%(non AE)とした。

(3) 製造および養生

室内試験は恒温恒湿室(温度 20℃, 湿度 60%)で、二軸強制練りミキサを使用し、骨材と粉体を投入後、空練り 30 秒、アルカリ溶液投入後に 60 秒、掻き落とし後さらに 60 秒練り混ぜて排出した。養生は 20℃封蔵とした。

(4) 試験結果

図-1 に溶液中のアルカリ水比と圧縮強度の関係、図-2 に粉体水比と圧縮強度の関係を示す。アルカリ水比を大きくしても圧縮強度の増進は比較的緩慢で、むしろ粉体水比を増加させた方が強度改善には有効であった。なお、粗骨材の岩種の違いによる影響は小さかった。以上より、目標圧縮強度(平均 35)に対して、アルカリ水比 0.10(モル比)程度、粉体水比 2.10 程度を選定した。

次に、図-3 にモルタル容積率とスランプの関係を示す。モルタル容積率とスランプとの間には相関性があり、目標スランプ(平均 25)にはモルタル

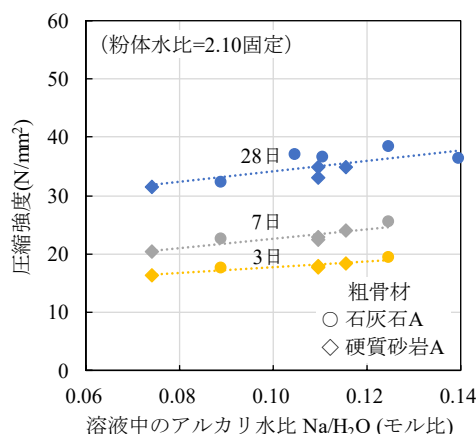


図-1 アルカリ水比と圧縮強度の関係

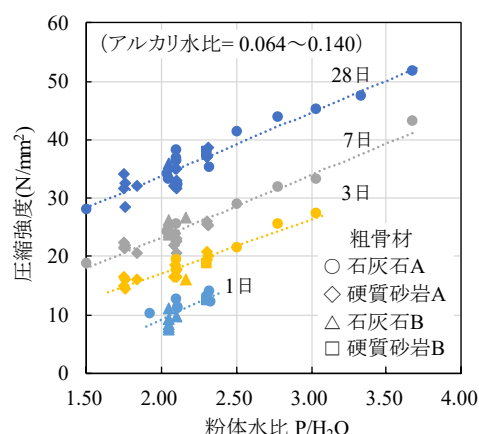


図-2 粉体水比と圧縮強度の関係

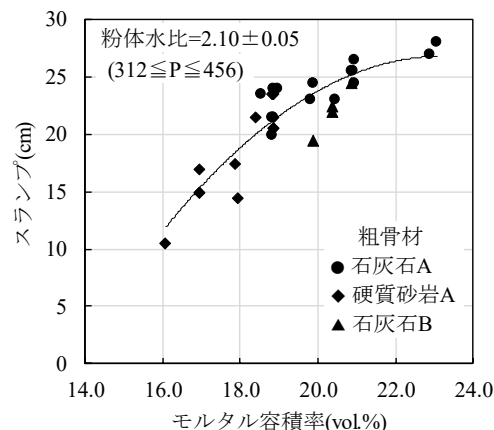


図-3 モルタル容積率とスランプの関係

キーワード AAM コンクリート, 高炉スラグ微粉末, 高炉スラグ細骨材, 現場配合

連絡先 〒105-0001 東京都港区虎ノ門 2-2-1 住友不動産虎ノ門タワー 西松建設(株)技術研究所 TEL03-3502-0247 (代表)

ル容積率 21.0vol.%程度が必要と考えた。

3. 実機製造検討

(1) 配合選定

AAM コンクリートの配合は、表-2 のよう
に、事前の配合検討結果を参考に、粉体水比(P/H₂O)2.05、アルカリ水比 (Na/H₂O)0.10、細骨材率(s/a)50.0%、モルタル容積率(M)20.9vol.%、単位粗骨材絶対容積(V_G)0.314m³/m³とした。なお、アルカリ溶液中の凝結調整剤について、図-4 に凝結調整剤量の違いによる凝結時間および圧縮強度の結果を示す。凝結調整剤量 (1.0, 1.5, 2.0, 2.5kg/m³) の増加によって凝結時間を延長でき、使用量 1.0kg/m³ 以上で目標可使時間 4 時間以上を確保できた。ここでは安全側に 1.5kg/m³ とした。なお、凝結の始発-終結の時間差が短く、反応進行が速い。また凝結調整剤の添加によって圧縮強度がやや増加した。品質の確保や表面仕上げ作業の時期などを考慮して、施工上の上限量は 1.5kg/m³ と考える。

(2) 実機製造

現地に定置式ドラム型ミキサ(定格容量 1.0m³)を設置し、1 バッチ 0.5 m³ 練りとした。材料(P, S, G)をあらかじめ専用コンテナバッグにバッチ単位で内包しておき、ミキサへアルカリ溶液を投入後、コンテナバッグから材料を一括投入した。混練時間は全材料投入後 120 秒とした¹⁾ (写真-1)。

(3) 試験結果

実機ミキサでの練り混ぜ性は良好で、練直および 60 分経過時でのスランプフローおよび空気量は、目標性状を満足する結果を得られた(図-5)。また、製造から 4 時間経過後も流動性を有しており、現地ミキサの洗い作業を頻繁に実施する必要はなかった。なお、流動停止まで 60 秒超を要しているため、打込み速度は普通コンクリートよりも小さい方が望ましく、型枠に作用するコンクリート側圧にも留意する必要があると考える。さらに、普通コンクリートに比べて高粘性でブリーディングも少ないため、エントラップトエアが抜けにくい傾向があり、バイブレータの締固め時間や表面仕上げのタイミングに配慮が必要である。

圧縮強度は、20℃気中存置でも材齢 1 日で 10N/mm² を超え、材齢 28 日には目標強度(30N/mm² 以上)を確保できた。また静弾性係数の値は、図-6 に示したとおり、普通コンクリートの土木学会式で安全側に評価できることがわかった。

4. まとめ

スラグ系 AAM コンクリートの現場施工向け配合を作製し、実機製造で目標性能が得られることを確認できた。

参考文献

1) 皆川 浩, 田 恵太, 松永久宏, 吉澤千秋, 椎名貴快: 高炉スラグを大量に使用した AAM コンクリートの反応機構および現場施工検証, 令和 4 年度土木学会東北支部技術研究発表会, V-3, 2023.3

表-2 AAM コンクリート配合

P/H ₂ O	Na/H ₂ O (モル比)	s/a (%)	M (vol.%)	V _G (m ³ /m ³)	SLF (mm)	Air (%)	単位量(kg/m ³)			
							AW	P	S	G
2.05	0.10	50.0	20.9	0.314	500 ~600	2.5	239.5	400	860	860

備考) 粗骨材(G)は砕石 2005 (石灰石 B_栃木県)を使用

試験項目		凝結調整剤量(kg/m ³)			
		1.0	1.5	2.0	2.5
凝結時間 (h-m)	始発	5h-38m	10h-45m	16-20m	20-17m
	終結	6h-30m	12h-02m	17h-40m	22h-47m
圧縮強度 (N/mm ²)	7 日	22.4	24.6	25.7	25.8
	28 日	32.6	33.1	37.6	38.9

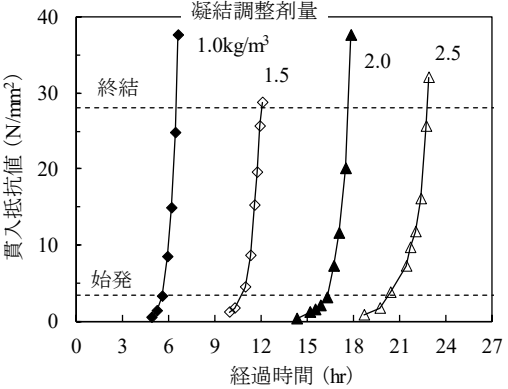


図-4 凝結特性, 圧縮強度 (凝結調整剤量別)

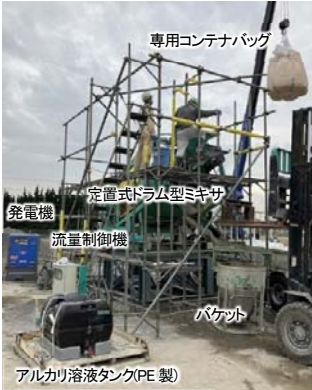


写真-1 実機製造状況



図-5 フレッシュ性状の経時保持性

測定時期	SLF (mm)	Air (%)	50cm 到達(s)	流動停止 (s)	C.T (℃)	A.T (℃)
練直	500~600	2.5±1	—	—	—	—
60 分後	530×520	2.4	13	64	20	18
	570×560	1.8	16	62	19	18

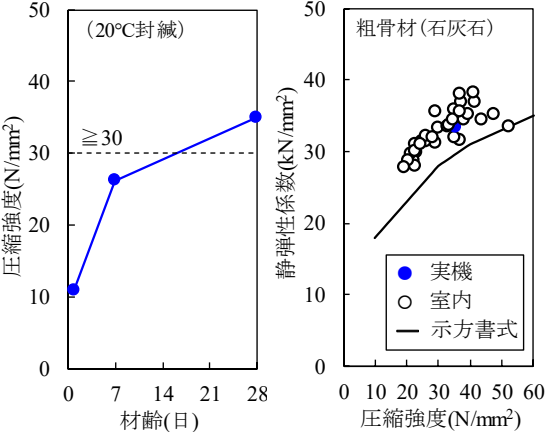


図-6 圧縮強度, 静弾性係数