

V-12 セメントを全く使用しないFA硬化体の製造方法に関する基礎的研究

徳島大学工学部 正会員 ○渡辺 健
徳島大学工学部 正会員 橋本親典
徳島大学工学部 正会員 石丸啓輔
(株)四国総合研究所 正会員 寺石 弘

1. はじめに

これまで、石炭灰の有効利用開発の一環としてフライアッシュ（以後、FA と称す）を多量に用いた硬化体の製造方法を開発し、海洋構造物への適用を検討してきた¹⁾。本研究では、さらにセメントを使用せずに石膏を代替とし、より多くの廃棄物を利用するために加振装置を用いた締固めによる単位水量の低減を試み、セメントを全く使用せずに高強度なFA硬化体を製造する技術の可能性について検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料の特性

本硬化体の製造技術の特徴は、FA を主材料とし、鉄鋼副産物である高炉スラグ微粉末と火力発電所から産出する二水石膏を添加して混合固化する点であり、水以外の全ての材料が産業副産物である。本実験で用いた各材料の化学成分の概略値を、普通セメントおよび高炉セメントB種と比較して示す。3つの材料のうち、高炉スラグ微粉末が最もセメントの成分に近い。

2.2 配合

実験で用いた配合を表2に示す。既往の研究²⁾より、FA と高炉スラグ微粉末と二水石膏の重量比が1:0.2:0.1の配合が最も高強度であることが明らかである。この重量比を基準とし、水粉体比を22~32%まで変化させた。配合名の英字 Non Cは二水石膏を使用した硬化体を意味し、Cはセメントを使用した配合を意味する。

2.3 練混ぜおよび締固め方法

練混ぜには、5リットル用モルタルミキサを用いて、「セメントの物理試験方法—強さの測定」の機械練混ぜ方法に準じて行った。曲げ供試体の寸法は、強さの測定で用いるモルタルバーの4×4×16cmである。水粉体比26%以下の配合は、加振装置を用いて締固めを行い、水粉体比30%と32%については、加振させなくても突き棒のみにより締固めが行えるので加振装置は用いていない。加振条件は、すべて振幅1mm、周波数50Hzで同一とし、振動時間は1~3分間で目視により締固め終了時を決定した。

2.4 養生方法

3連型枠にモルタルを打設後、材齢1日で脱型し、材齢7、14、28、91日まで水中養生を行った。本硬化体はFAが多量に用いられているため、気中での中性化速度が著しく大きいことが予想される。気中養生化での中性化による強度低下を検討するために、28日間水中養生した後63日気中養生を行い、91日水中養生の場合との比較を検討した。

表-1 各材料の化学成分（概略）

材料名		SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO
F A		55.2	27.2	3.5
高炉スラグ微粉末		33.5	14.3	42.1
二水石膏		6.4	0.2	32.9
参考	普通セメント	21.9	5.4	65.1
	高炉セメント (B)	25.0	9.0	55.0

表-2 実験で用いた配合

配合名	水粉体比 (%)	配合 (kg/m ³)				
		水	高炉スラグ微粉末	FA II 種	二水石膏	セメント
NonC22%	22	342	239	1196	120	—
NonC23%	23	352	235	1177	118	—
NonC24%	24	362	232	1160	116	—
NonC25%	25	371	228	1142	114	—
NonC26%	26	374	221	1106	111	—
NonC30%	30	415	213	1064	106	—
NonC32%	32	424	204	1018	102	—
C24%	24	367	235	1176	—	118
C26%	26	379	224	1121	—	112
C30%	30	420	215	1077	—	108
C32%	32	429	206	1031	—	103

3. 実験結果

図－１は、水中養生下での材齢 91 日の圧縮強度を水粉体比別に示す。水粉体比 22％は、加振時間が最大の 3 分間であり、水粉体比 26％は最小の 1 分間であった。水粉体比が減少するに従い加振時間が増加する。水粉体比 22％は、本実験条件において、これ以上少ない水粉体比では、本加振条件では十分締固めできないと判断される最小水粉体比である。一方、水粉体比 32％は、流動性が十分あり、これ以上水を多くすると分離してしまうだろうと判断される最大水粉体比である。本実験の範囲内で、最適水粉比は 25％であり 60N/mm² 以上の高強度を示すことが明らかになった。また、最適水粉体比の前後の水粉体比においても、50N/mm² 以上の高強度を発現する。一方、加振装置を用いないで硬化体の流動性によって締固めを行う水粉体比では、30N/mm² 程度しか発現してなく、明確な違いが確認できる。本硬化体の高強度化には、加振装置による締固めが有効である。

図－２は、本硬化体の二水石膏成分をセメントに代替させた場合の材齢 91 日圧縮強度の比較を示す。明らかに、二水石膏を用いた方が圧縮強度が高く、水粉体比が 26 と 24％の加振装置を用いた場合は 2 倍程度の違いがある。

図－３は、気中養生と水中養生による強度発現の違いを示す。本硬化体は、FA を多量に使用しているため、中性化による強度低下の速度が著しいと予想されるが、今回の実験では、材齢 28 日間の水中養生を行えば、その後の気中養生は全く問題にならないことが明らかになった。

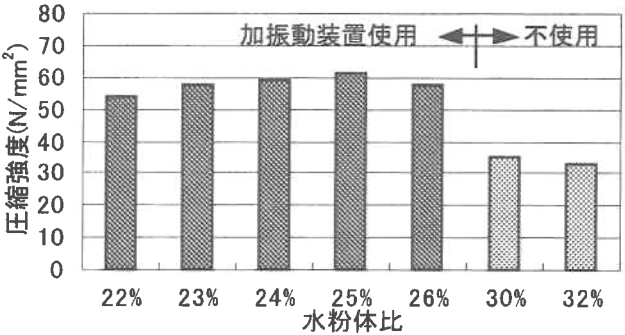
4. まとめ

本実験の範囲で得られた知見を以下に記す。

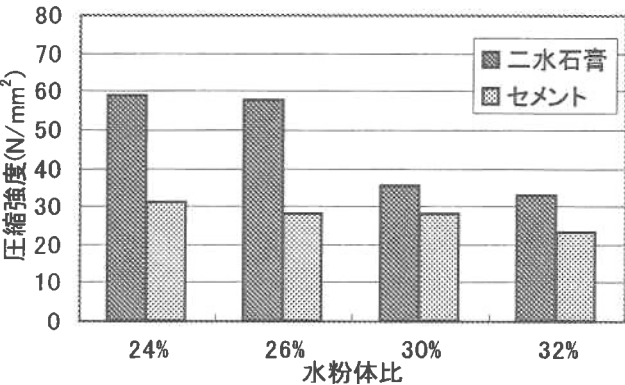
- 1) セメントを全く使用せずに、1m³あたり約 1200kg のフライアッシュ II 種を用いて、二水石膏、高炉スラグ微粉末と水を混入し、加振装置による締固めを行うことで、水粉体比 25％で材齢 91 日圧縮強度が 60N/mm² 以上の高強度硬化体を製造することができる。
- 2) 本硬化体は、初期養生を十分行えば中性化による強度低下もなく、気中構造物への利用も可能である。

参考文献

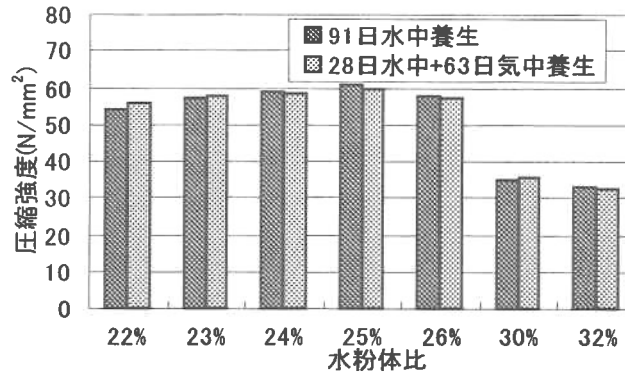
1) 高橋英史ほか：アッシュクリートの開発に関する研究，土木学会四国支部第 6 回技術研究発表会講演概要集，pp.388-389,2000.5. 2) 寺石弘：セメントを使わない高強度石炭灰固化体の研究，四国電力(株)・(株)四国総合研究所第 37 回研究発表会予稿集，pp.111-112,2000.7.



図－１ 圧縮強度（二水石膏を使用した硬化体）



図－２ 使用材料の違いによる圧縮強度の比較



図－３ 養生の条件の違いによる圧縮強度の比較