

フライアッシュをセメントで置換したモルタルのオートクレーブ養生による圧縮強度特性

日大生産院 学生会員 ○樋口 貴泰
日大生産院 井手野下 俊明

日大生産 正会員 鶴澤 正美
日大生産院 井上 俊

1. 緒言

フライアッシュ（以下 FA）は石炭火力発電所で排出される石炭灰である¹⁾。東日本大震災の影響で原子力発電所の稼働率が大幅に低下したため、火力発電所の稼働が増加し、排出される FA が急増している。そのため、FA の有効利用の研究は急務である。FA に含まれる特にガラス質の二酸化ケイ素（ SiO_2 ）は Fig. 1 のようにセメントと水の水和反応によって生じた水酸化カルシウム（ Ca(OH)_2 ）とポゾラン反応を引き起こすが、これをオートクレーブ養生下で研究した例は少ない。本研究は FA をセメントに代替した場合の強度発現傾向を知ることにより、新たな環境負荷軽減策の創出を目的としたものである。

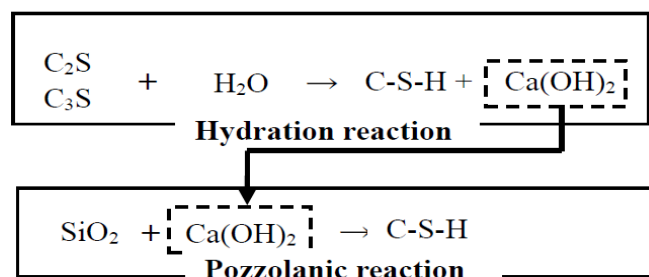


Fig. 1 Hydration reaction and Pozzolanic reaction.

2. 実験方法

実験の使用材料と配合を Table 1 に示す。供試体は $\phi 50 \times 100 \text{ mm}$ の円柱供試体を用いた。

養生方法を $180^\circ\text{C}10$ 気圧のオートクレーブ養生（以下 AC 養生）と 65°C の蒸気養生の 2 水準、セメントの FA 置換率を 0, 5, 10% の 3 水準の計 6 水準とした。圧縮強度試験では、端面を研磨した養生後の供試体を用い、載荷速度を 0.4 kN/sec とし、試験を行い 3 本の供試体の平均値を結果とした。

3. 試験結果及び考察

Fig. 2 に圧縮強度の試験結果を示す。セメントを FA と置換した場合、蒸気養生では FA 置換率増加に

よる強度変化に差異が確認されなかったが、AC 養生では FA 置換率 10% で強度が増加した。このことから、AC 養生ではセメントを FA で置換することで強度を増加させられることが明らかとなった。

4. ケイ石粉末による圧縮強度発現の検討

4-1. 実験方法

Table. 3 の配合では FA 置換率とともにケイ石粉末置換量も増加している。このためこの強度上昇が FA によるものかを判断するために、モルタル内部の化学反応に寄与しないアルミナを使用してケイ石粉末の影響を調べた。実験の使用材料と配合を Table 2, 3, 4 に示す。供試体は $\phi 50 \times 100 \text{ mm}$ の円柱供試体を用いた。養生方法を $180^\circ\text{C}10$ 気圧の AC 養生と 65°C の蒸気養生の 2 水準、FA 置換率 0, 10, 20, 30% の 4 水準、ケイ石粉末置換率 0, 10, 20, 30% の 4 水準、ケイ石粉末 20% 固定 FA 置換率 0, 5, 10% の 3 水準の計 22 水準とした。

Table 1 Composition of hardened mortar.

W/C (%)	Fly ash content (%)	(kg/m ³)					Water reducing agent
		Water	Cement	Quartz powder	Silica sand	Fly ash	
30	0	163	650	197	1398	0	33
	5	144	600	242		30	36
	10	127	550	294		55	39

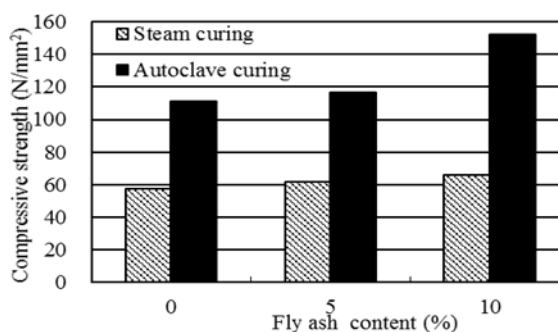


Fig. 2 Relationships between Fly ash content and compressive strength

キーワード セメント, フライアッシュ, ポゾラン反応, オートクレーブ養生, 環境負荷低減

連絡先 〒275-8575 千葉県習志野市泉町 1-2-1 TEL. 047-474-2214

4-2. 試験結果および考察

Fig. 3 に FA 置換率変化の圧縮強度試験結果を示す。Fig. 3 より蒸気養生では FA 置換率増加による差異が確認されなかったが、AC 養生では FA 置換率 10% で強度が上昇し以降一定となる傾向となった。

Fig. 4 にケイ石粉末置換率変化の圧縮強度試験結果を示す。Fig. 4 より蒸気養生ではケイ石粉末置換率増加による強度変化に差異が確認されなかったが、180℃の AC 養生ではケイ石粉末置換率 20% まで強度の増加が確認された。このことから、AC 養生 W/C40% の配合では 20% までケイ石粉末が圧縮強度増加に関与している可能性があることが判明した。

Fig. 5 にケイ石粉末添加率 20% 固定の FA 置換率変化における圧縮強度試験結果を示す。FA 置換量は W/C40% でも W/C30% の場合である Fig. 2 同様、10% まで強度に増加傾向が見られた。以上の結果から、ケイ石粉末による寄与は一定量までであるが、FA が強度増進に大きく寄与していることが明らかとなり、FA のセメント置換は 180℃AC 養生では強度増進をすることができることが明らかとなった。

5. 結言

- 1) 180℃AC 養生では、セメントを約 15% 減じ代わりに FA を置換して、FA 未置換時よりも強度増進することが明らかとなった。
- 2) AC 養生では、ケイ石粉末置換率 20% まで強度増進した。さらにケイ石粉末置換率 20% で固定し FA 置換率を増加させた際に、FA10% まで強度が増加した。
- 3) ケイ石粉末を十分量置換させた場合においては、FA 増加によりセメントを置換しても強度増進することが判明した。

Table 2 Composition of hardened mortar by fly ash content.

W/C (%)	Fly ash content (%)	(kg/m ³)					
		Water	Cement	Fly ash	Silica sand	Almina	Water reducing agent
40	0	244	650	0	1185	355	16
	10	254		65		236	7
	20	257		130		118	3
	30	259		195		0	1

参 考 文 献

- 1) 日本フライアッシュ協会パンフレット。

Table 3 Composition of hardened mortar by quartz powder content.

W/C (%)	Quartz content (%)	(kg/m ³)					
		Water	Cement	Quartz powder	Silica sand	Almina	Water reducing agent
40	0	247	650	0	1226	293	13
	10	254		65		196	7
	20	257		130		98	3
	30	259		195		0	1

Table 4 Composition of hardened mortar by fly ash content of fixed quartz powder 20%.

W/C (%)	Fly ash content (%)	(kg/m ³)						
		Water	Cement	Quartz powder	Silica sand	Fly ash	Almina	Water reducing agent
40	0	259	650	130	1291	0	0	1
	5	229	600	120		30	104	11
	10	193	550	110		55	217	28

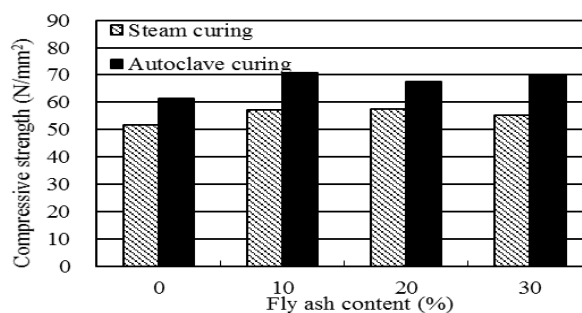


Fig. 3 Relationships between quartz powder content and compressive strength.

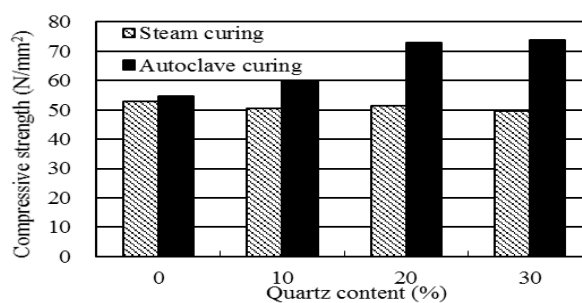


Fig. 4 Relationships between quartz powder content and compressive strength.

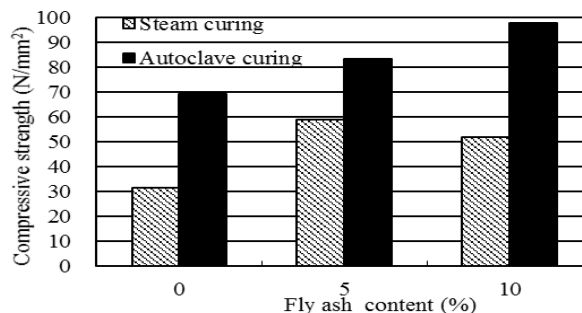


Fig. 5 Relationships between Fly Ash content and compressive strength of fixed quartz powder 20%.