

フライアッシュ多量使用時のポゾラン反応性に及ぼす刺激剤添加量の影響

広島大学大学院工学研究科 正会員 河合 研至

広島大学大学院工学研究科 学生会員 ○Paweena Jariyathitipong

愛媛県 正会員 内田 友

1. はじめに

現在石炭灰発生量のうち70%が有効利用されている。しかし近年、廃棄物の発生が増大し処理、処分場の不足が顕在化している。また石炭火力発電所の増設に伴い、今後石炭灰の増加は確実である。この現状と地球規模の環境を考えた資源化という面で、フライアッシュの有効利用拡大が極めて重要であり、コンクリート分野への多量使用が望まれている。

フライアッシュを多量使用した場合、ポゾラン反応性低下のため様々な問題が生じやすい。一方、既往の研究により刺激剤（KOH,NaOH）を添加するとポゾラン反応を刺激することが示唆された 1)。そこで本研究では刺激剤添加濃度を変化させ、水和特性や硬化時の細孔構造、力学特性、耐久性に及ぼす影響を明らかにすることを目的として実験的検討を行った。

2. 実験概要

2. 1 使用材料 セメントにはスラグを含まない純粋な普通ポルトランドセメント(NC)、フライアッシュにはブレアソール炭（細粉）(FA)を使用した。セメント、フライアッシュの化学成分、物理的性質を表-1に示す。

骨材には細骨材として
鬼怒川産川砂（表乾密度;2.60g/cm³、粗粒率;2.78、吸水率;1.78%）を使用した。また、刺激剤として、水酸化カ

表-1 セメントとフライアッシュの化学成分及び物理的性質

Type of binder	Chemical compositions (%)									Density (g/cm ³)	Specific surface area (cm ² /g)
	ig.loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O		
NC	0.7	21.1	5.3	2.3	64.6	2.1	1.9	0.26	0.57	3.15	3070
Flv ash	0.9	57	27.7	7.9	0.6	1.1	0.2	0.3	0.4	2.27	3830

リウム（KOH）を使用し、添加濃度は水に対して 0.1mol/l、0.3mol/l、0.5mol/l とした。長期材齢におけるカルシウム不足を補充するために水酸化カルシウム（Ca(OH)₂）を外割りでフライアッシュ質量の 1/2 添加した。配合要因を表-2に示す。

2. 2 水和特性 所定の材齢に達したセメントペースト供試体から高圧抽出装置を用いて細孔溶液を抽出し、各溶存イオン濃度を分析した。OH⁻濃度は塩酸滴定法、K⁺、Na⁺、Ca²⁺濃度はフレイム炎光光度法、Cl⁻、SO₄²⁻濃度はイオンクロマトグラフィーにより測定した。また、同様に打設した供試体を微粉碎し、TGA（示差熱天秤分析）により Ca(OH)₂の定量を行った。

2. 3 強度特性 所定の材齢に達したモルタル供試体を用いて曲げ強度試験、圧縮強度試験を行った。

2. 4 細孔特性 2. 3で強度試験を行った後の破片を用い、水銀圧入法により細孔径分布を測定した。

表-2 配合要因

配合名	W/B	質量比率				刺激剤濃度 (mol/l)
		W	C	F	Ca(OH) ₂	
PL	0.45	0.45	1	—	—	—
BF30B-Ca			0.7	0.3	0.15	0.3
BF60A			0.4	0.6	—	0.1
BF60A-Ca					0.3	
BF60B					—	0.3
BF60B-Ca					0.3	
BF60C					—	0.5
BF60C-Ca					0.3	

3. 実験結果

3. 1 水和特性 図-1、図-2にフライアッシュ置換率60%における細孔溶液中の OH⁻濃度の経時変化と OH⁻消費進行度の経時変化を刺激剤濃度別に示す。図-1よりポゾラン反応の進行に伴い OH⁻濃度の減少が開始される材齢は、刺激剤濃度に関係なく材

齢7日目となっている。減少の程度は、添加濃度が 0.3mol/l、0.5mol/l の場合には減少の初期に大きく、その後28日以降は緩やかとなっているが、添加濃度の低い 0.1mol/l の場合には28日目までは緩やかに減少し、その

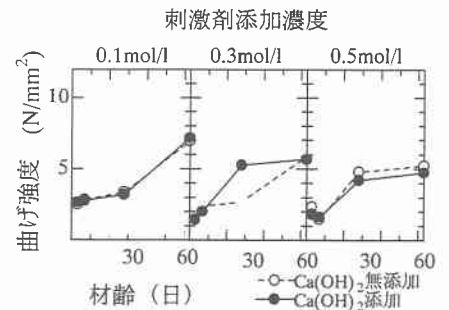
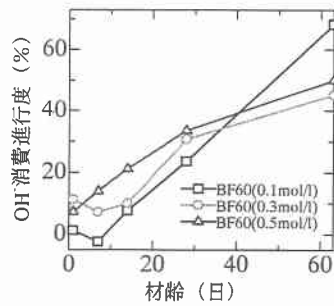
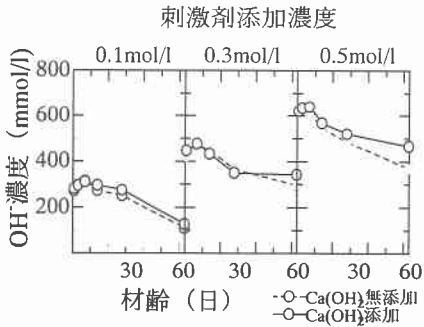


図-1 OH⁻濃度の経時変化(置換率60%) 図-2 OH⁻消費進行度の経時変化 図-3 曲げ強度の経時変化(置換率60%)

後、急激に減少している。これより、刺激剤の濃度はOH⁻濃度の減少速度に影響を及ぼすと考えられる。消費進行度を比較すると、添加濃度の低いものは一度減少してから増加するのに対して、高いものは材齢1日目から増加しており、初期においてポゾラン反応を刺激していると考えられる。しかし、材齢63日における進行度を比較すると0.1mol/lのものが逆転し、添加濃度が0.1mol/l、0.5mol/l、0.3mol/lの順にポゾラン反応が進行していることがわかる。

3.2 強度特性 図-3にフライアッシュ置換率60%におけるモルタル強度を刺激剤添加濃度別に示した。曲げ強度において強度増進の時期は、添加濃度0.3mol/l、0.5mol/lでは14日から28日と早いものに対して、0.1mol/lでは28日から63日に強度増進が認められた。このことより、刺激剤濃度は初期材齢の強度発現に影響を及ぼし、その濃度が高いと強度発現が早まることが示唆された。

3.3 細孔特性 図-4にOH⁻消費進行度と細孔容積の関係を、図-5に圧縮強度と細孔容積の関係を示す。ポゾラン反応の進行度が同程度のとき、刺激剤添加濃度が高いものほど細孔容積は減少していることより、刺激剤濃度が高いほど細孔を充填する速度が速いと予測される。

図-5より強度と細孔容積には相関性があるといえる。同一の細孔容積における強度を比較すると刺激剤添加濃度が低いものほど高い強度を示した。またCa(OH)₂を添加した場合、無添加の場合より緻密な細孔構造を有し、圧縮強度を増進させる効果があることも認められた。

4. 結論

刺激剤添加濃度によるポゾラン反応性への影響は特に初期材齢において認められた。初期において刺激剤添加濃度が高いほどイオン消費が大きくポゾラン反応性が高められていることが明らかとなった。その結果、初期材齢では刺激剤濃度が高いほど緻密な細孔構造を有し、曲げ強度の増進時期を早める効果がみられた。長期では、OH⁻の消費が刺激剤添加濃度0.3mol/lのときに低い値を示し、細孔構造も最も粗となり、圧縮強度は低くなる傾向を示した。また、Ca(OH)₂の添加により初期の材齢において細孔構造が緻密となり圧縮強度が増進される結果となった。

参考文献

- 1) 河合 研至ほか、フライアッシュを多量使用したセメントの水和に及ぼす刺激剤の効果セメント、セメントコンクリート論文集 NO.55、pp122-127、2001

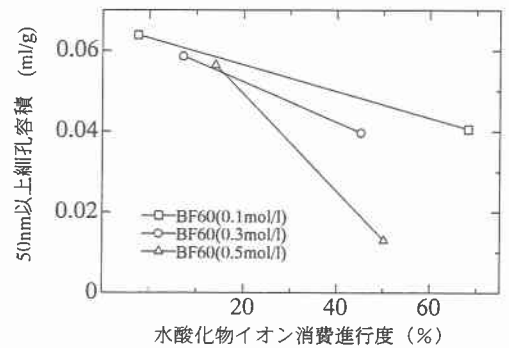


図-4 OH⁻消費進行度と細孔容積

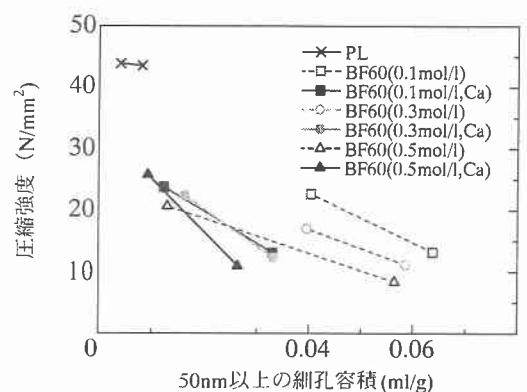


図-5 圧縮強度と細孔容積