

加熱・圧縮成型法によるフライアッシュと高炉スラグ混合物の固化

阿南工業高等専門学校	正会員	西岡 守
阿南工業高等専門学校	学生会員	○森 政樹
阿南工業高等専門学校	正会員	天羽和夫
西野建設(株)	正会員	西野賢太郎

1. はじめに 石炭火力発電所から大量に発生する石炭灰の有効利用に関する研究・開発は、数多く行われている。しかしながら、その有効利用率は全体の40%程度であり、残りは埋め立てなど廃棄処分されているのが現状であり、大量かつ継続的な有効利用が可能な石炭灰の建設材料化に関する研究は、今後ますます必要になると考えられる。

既報 1) では、加熱・圧縮成型法によるフライアッシュの成型体を作製し、シリカフェームを代替使用することによる圧縮強度の改善を確認した。固化温度 140℃、圧力 4MPa、シリカフェーム代替率 10%の条件で、フライアッシュを固化すると、通常のフライアッシュモルタルよりも高い圧縮強度で軽量の成型体を得ることができた。本研究では高炉スラグを代替使用して成型体の作製を試みた。固化温度 100～250℃、圧力 0.75～10MPa でフライアッシュの固化を行い、固化された成型体の圧縮強度測定、引張強度測定、密度の算出から、固化条件と成型体の性質を調べた。また、加熱・圧縮成型法と同程度の温度で、密閉容器内における高温高压反応によるフライアッシュの結晶相の変化についても検討した。

2. 実験 本実験に使用した固化容器は既報 1), 2) で用いたものと同様である。図 1 に示すこの圧力容器は、テフロン製のグランドパッキングを備えており、粉末試料を高温高压状態に保つことができる。本体は、シリダー状であり、充てんされた粉末試料は加熱されながら、上下の押し棒によって一軸圧縮される。

フライアッシュと高炉スラグの混合粉末を、所定の配合比 (9:1～6:4) で混合し、所定量の水酸化ナトリウム溶液を添加し、乳鉢内で十分混練りする。混練りしたものを圧力容器に充填し固化装置にセットする。その後、試料に所定の圧力で加圧しながら所定の温度 (100～250℃) まで昇温した。所定の温度に達すると 10 分間保持し、成型体を作製した。フライアッシュの結晶相の変化は、高温高压状態に保つことのできるテフロン製の容器内に NaOH 水溶液 (0.1, 0.5, 1, 2, 4 mol) とフライアッシュを充填し攪拌しながら、所定の温度 (100℃, 150℃, 200℃) で、所定時間保持した。ろ過後の粉末試料を粉末 X 線回折装置によって結晶相の同定を行った。

3. 結果と考察 高炉スラグの比表面積 (4000, 8000cm²/g 程度) と固化温度が成型体の圧縮強度に及ぼす影響を調べた。結果を図 2 に示す。固化条件は、高炉スラグ 10% とフライアッシュ 90% に 4mol の水酸化ナトリウム溶液を粉末量の 15%、圧力 10MPa とした。比表面積に関わらず、温度が高くなるにしたがって圧縮強度は大きくなり、密度も強度の増加と同様に大きくなる傾向があった。また、比表面積のより大きい 8000cm²/g の高炉スラグを配合した方が温度による強度の増加が大きく、固化温度 230℃ で最高圧縮強度 64.3MPa まで達し、その時の密度は 1.65 であった。水結合材比 50% のフライアッシュペーストの 28 日間強度が 26MPa、見かけ密度が 2.13 であることから、本研究で得られた成型体は、フライアッシュペーストの 2 倍以上の強度があり、密度が 23% 程度小さいことが分かる。この

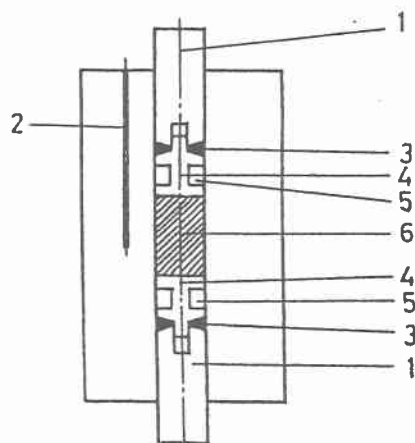


図1 固化容器の断面図

1. 押棒、2. 熱電対用孔、3. グランドパッキング
4. 成型棒、5. 空間、6. 粉末試料

結果は、比表面積が大きくなることによって粒子の緻密化がある程度促進されるため、軽量で高強度の成型体が作製されたと考えられる。高炉スラグの配合率と成型体の圧縮強度の関係を図3に示す。200℃、4molの水酸化ナトリウム15%、圧力7.5MPaで高炉スラグの配合比を10%~80%に変化した。緩やかではあるが配合比の増加に伴って強度は増加した。密度は、配合率とともに大きくなったが密度が圧縮強度に及ぼす影響は少ないことがわかった。本固化条件においては、10%の配合で十分固化効果があることがわかり高炉スラグのもつアルカリ溶液中での自硬性による固化促進効果を示していることがわかる。200℃、配合比10%において固化圧力を0~5.0MPaまで変化させたときの圧縮強度と密度変化は、圧力が高くなるに従って圧縮強度は増加し、圧力が0.75MPaから1.25に変化したとき密度は急激に増加したが、12.5MPa以上での増加は見られなかった。配合比10%、圧力7.5MPaの成型条件で、反応温度を150~250℃に変化させ作製した成型体の引張強度は、温度が175℃から200℃に上がると、引張強度は急激に増加し3.7MPaにまで達し、普通コンクリートの引張強度とほぼ同程度の強度であることがわかった(図4)。

フライアッシュの結晶相について、NaOH濃度4mol、保持時間60minの条件下で、温度を100℃~200℃まで変化させたときの回折図を図5に示す。原料のフライアッシュと100℃を比較すると結晶相にほとんど変化はなく、ムライトと石英のピークが見られるが150℃では、ムライトのピークが残存しているものの新しい結晶相のピークが見られ、合成ゼオライトの生成が確認された。

4. まとめ 結果として、比表面積の大きい高炉スラグ(8000cm²/g)を配合したとき、230℃、10MPaの条件で64.3MPaの圧縮強度が得られ、200℃では、引張強度3.7MPaであった。これらの値は、フライアッシュモルタルと比較して、密度が小さく引張強度はほぼ同程度で圧縮強度が約2倍と高強度の成型体であることが明らかになった。また、4molNaOH溶液中で、60分間高温高压反応を行うと合成ゼオライトが生成することが分かった。

参考文献; 1) 西岡、他: 第一回土木学会四国支部技術研究発表講演集, p400 1995

2) 西岡、他: 同上, p434 1996

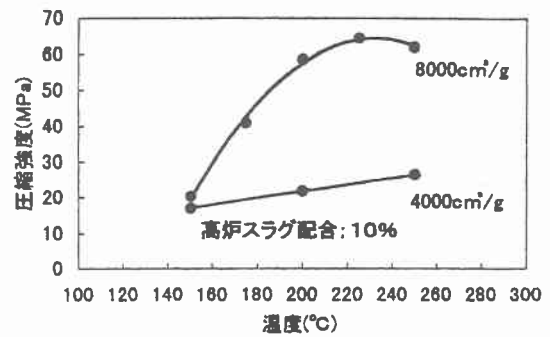


図2 固化温度と圧縮強度の関係
10MPa, 10min, 4M-NaOH

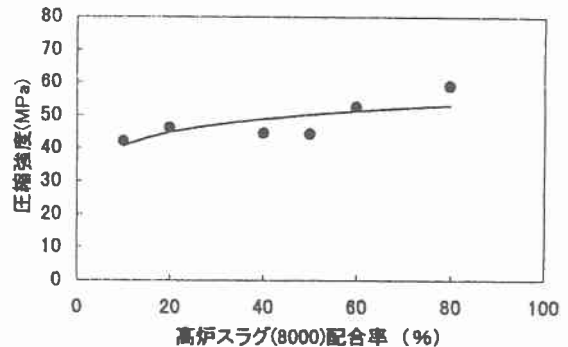


図3 高炉スラグ配合比と圧縮強度の関係
200℃, 7.5MPa, 4M-NaOH

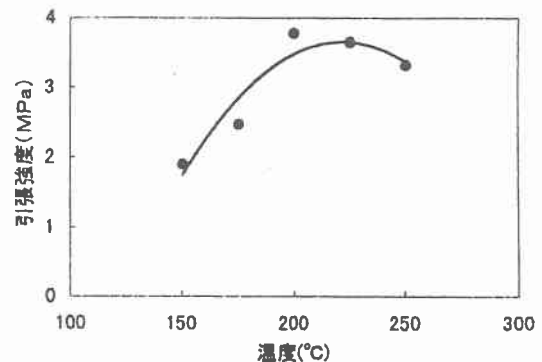


図4 固化温度と引張強度の関係
10%, 7.5MPa, 10min, 4M-NaOH

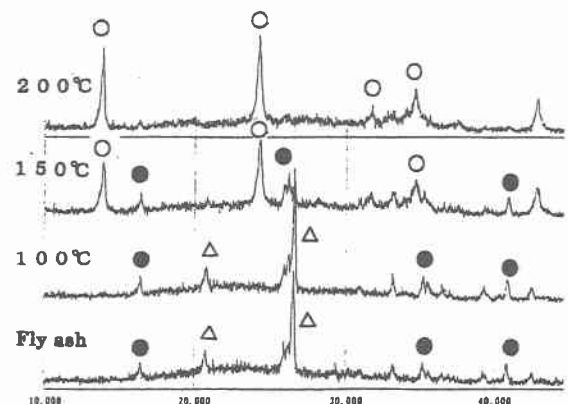


図5 フライアッシュの結晶相の変化
(Δ)低温型石英, (●)ムライト, (○)合成ゼオライト