

加熱・圧縮成型法による フライアッシュの固化に関する研究

阿南工業高等専門学校 機械工学科 正会員 ○西岡 守
阿南工業高等専門学校 建設システム工学科 正会員 天羽和夫

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、加熱しながら一定圧力のもとでフライアッシュを固化させる方法によってフライアッシュの成型体を作製した。フライアッシュにシリカフュームを添加することによる固化促進効果を確認し、その圧縮強度から建設材料としての可能性を示した。この固化方法は、水で練り混ぜた無機粉末を100℃以上に加熱することにより、粉末を高温・高圧水の状態におき、粒子の溶解を促進させ、加圧によって粒子結合を生じさせるということで加熱・圧縮成型法と言える。本研究では、固化促進材としてシリカフュームを用い、既報よりも緩やかな固化条件、温度100～200℃、加圧力2～5MPaでフライアッシュの固化を試みた。固化された成型体は、圧縮強度測定、浸出試験を行い、固化条件と成型体の関係について検討した。

2.実験 本実験に使用した固化容器は、既報¹⁾で用いたものと同様である。この圧力容器の特徴は、テフロン製のグランドパッキングを備えており、粉末試料を高温高圧状態に保つことが可能である。本体は、シリンダー状をしており、固化容器内に充填された粉末試料は、加熱されながら、上下の押し棒によって一軸圧縮される。本実験に使用した固化装置の概略図を図1に示す。試料の加圧は、手動式油圧ポンプで行い、加熱のためのフレキシブルヒータは固化容器外壁に直接巻き付けた。

フライアッシュとシリカフュームの混合粉末を、所定の代替率(5%～15%)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、試料を約2～4MPaで加圧しながら、所定の温度(100℃～140℃)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。なお、浸出試験用の試料として、フライアッシュとシリカフュームの混合比を9:1として成型体を4MPaの加圧力で作製した。浸出試験は、成型体の表面積の10倍に相当する蒸留水を浸漬液として60℃のオープン中で7日間行った。

3.結果と考察 使用した圧力容器にはグランドパッキングが備えられているが、固化温度が比較的低い場合にはグランドパッキングを用いることなく固化できる可能性がある。また、本固化法によるフライアッシュの有効利用を実現するためには固化容器はできうる限り簡単な構造がよい。グランドパッキングを使用する場合と使用しない場合の成型体を作製し、その圧縮強度に及ぼす影響を調べた。結果を図2に示す。110℃では、パッキングを使用した場合に使用しない場合と比べて強度が10MPa程度高くなっているが、120℃以上では、パッキングの有無にかかわらず圧縮強度にはほぼ影響はなかった。

120℃、4MPaの固化条件においてシリカフューム代替率の圧縮強度に与える影響を調べた。代替率が7%を越えると代替率が高くなるにつれて圧縮強度は高くなり、シリカフュー

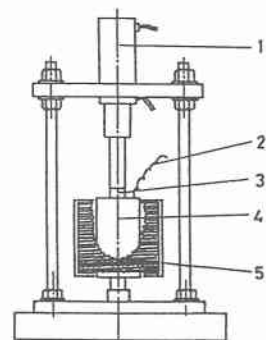


図1 固化装置の概略図
1.油圧シリンダ、2.熱電対、
3.押棒、4.圧力容器、5.ヒーター

ムがフライアッシュ粒子間の結合をより強固にすることを確認したため、アルカリ濃度および固化温度と圧縮強度の関係を調べる場合の代替率として10%および15%を選択した。アルカリ溶液の濃度が圧縮強度に及ぼす影響を図3に示す。ここで、110℃、3MPa、シリカフューム代替率15%、水酸化ナトリウム量1.5mlで行った。モル濃度が、2Mから4Mでは急激に強度が高くなり、4Mから6Mでは緩やかに強度は高くなっている。この結果はアルカリ濃度が高くなることでシリカフュームの溶解度が増加し、粒子の結合がより強くなったことを示している。

固化温度110℃～140℃における成型体の圧縮強度の変化を図4に示す。圧力にかかわらず、温度が高くなれば、強度が高くなる傾向がある。特に、4MPaで120℃から130℃と固化温度が上昇すると圧縮強度は急激に高くなっている。140℃、4MPaの固化条件では、最高圧縮強度の45MPaまで達し、このときの見かけの密度は、1.67であった。本研究で得られる成型体と同様の形状の水結合材比50%のフライアッシュモルタルの28日間圧縮強度が26MPa、見かけの密度が2.13であったことから、本固化法によるフライアッシュ成型体はフライアッシュモルタルの170%の強度があり、密度は20%程小さいことが分かる。

フライアッシュとシリカフュームの主成分であるNa、Si、Ca、Alの3元素について7日間の浸漬液中の濃度を表1に示す。110℃と140℃の比較は、図4における圧縮強度6MPaと45MPaの成型体に相当する。Na、Ca、Siは140℃で溶け出し濃度が10%～30%高く、逆にAlについては140℃で溶け出しが70%程度減少していることが分かる。このことから、圧縮強度と成型体からの主要元素の溶け出し濃度には何らかの関係があることが予想される。

4. まとめ 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、シリカフュ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、シリカフューム代替率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、軽量の成型体を得ることができた。また、成型体の浸出試験の結果から、主要元素の溶け出しと圧縮強度の関係があることが推察された。

謝辞 本研究を行うにあたり、西野建設(株)西野賢太郎氏にお世話になりました。心より感謝いたします。

参考文献 1) 西岡守、天羽和夫：高温高圧水によるフライアッシュ成型体の圧縮強度、第1回土木学会四国支部技術研究発表講演集、p400-401,1995。

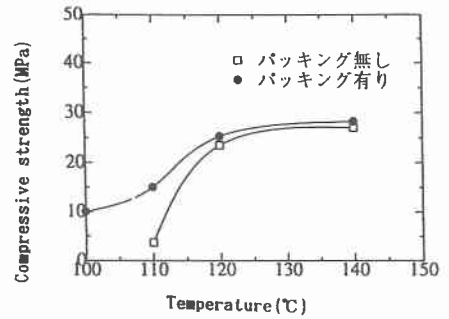


図2 パッキング使用と圧縮強度の関係
固化圧力5MPa, アルカリ濃度4M,
水粉末比15%, Silica fume代替率10%

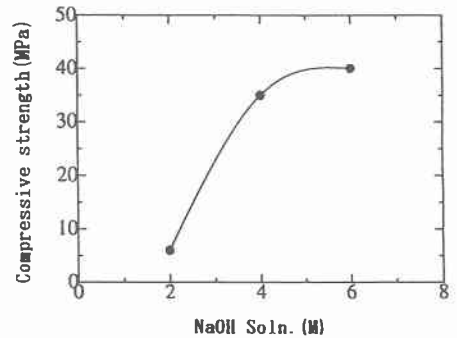


図3 アルカリ濃度と圧縮強度の関係
固化温度110℃, 固化圧力3MPa
水粉末比15%, Silica fume代替率15%

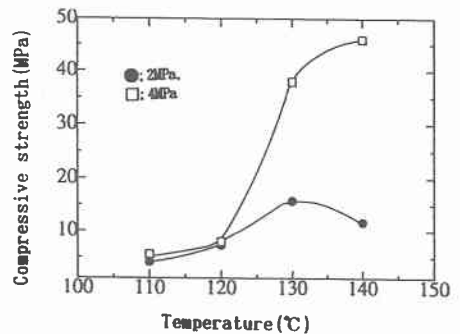


図4 固化温度と圧縮強度の関係
アルカリ濃度4M, 水粉末比15%
Silica fume代替率10%

表1 浸漬液中の各元素濃度 (ppm)

	Na	Si	Ca	Al
110℃	499.2	322.9	6.93	2.239
140℃	553.7	419.1	7.68	0.829