

1. はじめに

フライアッシュ（以下 FA）の有効利用に関する取り組みが全国で行われている。一例として、通常の細骨材あるいは高炉スラグ細骨材（以下 BFS）に FA を事前に混合したコンクリート用細骨材（以下 FAS）が挙げられる¹⁾。FA の事前混合により FA 専用の設備（貯蔵サイロ、圧送設備、計量設備等）への投資、および混合の手間をかけずに、FA をコンクリートの混和材として使用することができる。

しかし FA は単独で固着するものもある。通常の細骨材との事前混合では水分の存在がその固着を促進する可能性がある。また BFS との事前混合では、FA のアルカリ度が BFS の潜在水硬を促進し固着に至る可能性が高まる。FAS が貯蔵中に固着すると、その撤去と復旧に多大な労力が必要となる。また計量誤差が大きくなる問題があり材料の品質や施工に悪影響を与える。

そこで本研究では FAS の固着に関する実験的研究を行った。

2. 実験概要

2.1 実験要因

実験要因を表 1 に示す。FA は製品ごとに pH（100g の蒸留水に FA を 100g 添加し、1 分後の上澄み液の値）で特徴づけた。FAS の貯蔵期間は 7 日以内が目途となっているが、予備実験で通常の細骨材（川砂）での固着はその期間内では見られなかった。したがって本研究では細

骨材として固着の可能性が高い BFS を対象とした。

表 1 実験要因

FA の種類	pH13.0FA, pH10.3FA, pH9.8FA, pH5.8FA
細骨材	(固着防止剤添加・無添加) 水砕 BFS, 徐冷 BFS
温度	20°C, 40°C
存置期間	1 日, 3 日, 5 日, 7 日

2.2 試験方法

固着の評価は表 2 に示す 3 種類の試験法で行った。ふるい分け試験および針貫入試験の様子を図 1 に示す。FA の混合率は内割で 10%, 細骨材の表面水率は 3~5%であった。



図 1 ふるい分け試験および針貫入試験の様子

3. 実験結果および考察

3.1 フローテーブル試験

フローテーブル試験の結果の一例を図 2 に示す。存置期間が長いほど、また温度が高いほど固着の程度が大きいことがわかる。

表 2 各試験の詳細

試験名	容器	数	締固め	試験および評価方法
フローテーブル試験 ²⁾	カップ ⁵⁾	3	75 回落下運動の後突き棒により自重で 25 回	10mm 以上の大きさの粒に落下運動を与え、全ての粒が 10mm 以下に碎けるまでの落下回数を求める。
ふるい分け試験 ³⁾	円筒容器 ⁶⁾	1	0.245N/mm ² を 5 秒で載荷	粒度分布を求める。微粒分の固着は計量誤差に大きく影響を与えないため 1.2~10mm を中心に評価する。
針貫入試験 ⁴⁾	カップ ⁵⁾	2	0.245N/mm ² を 5 秒で載荷	針の貫入長さ L(mm)と貫入荷重 P(N)を測定し、針貫入勾配 $N_p = P/L$ (N/mm)を求める。

2) JIS A 5011-1:2013 コンクリート用スラグ骨材—第一部：高炉スラグ骨材 附属書 2 高炉スラグ細骨材の貯蔵の安定性の試験方法に参考, 3) JIS A 1102:2006 骨材のふるいわけ試験方法に準拠, 4) 地盤工学会基準 針貫入試験方法（案）に準拠, 5) 内径 70mm 高さ 43mm のステンレス製, 6) 内径 100mm 高さ 200mm のブリキ製

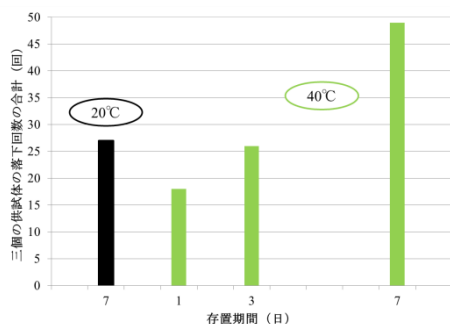


図2 フローテーブル試験結果 (pH13.0FA+無添加 BFS)

3.2 ふるい分け試験

試験結果を図3, 4に示す。図中の original は混合、加圧直後の固着していない FAS の粒度分布を示している。図3の20°Cでは各粒度分布間に顕著な違いは見られなかった。

一方、図4の40°Cでは original と比較すると、FA4 種類全て、各ふるい通る質量の割合が少なくなった。特に1.2mm ふるいを通る質量の割合が少ないので、FA は1.2mm 前後の大きさまでの無添加 BFS に特に固着している。

また、pH13.0FA に関してはふるいを上下左右に振動させる程度では破碎しない固まりが図1のように10mm ふるいに留まった。pH13.0FA の pH が他3種類のFAと比較してかなり高いためと考えられる。

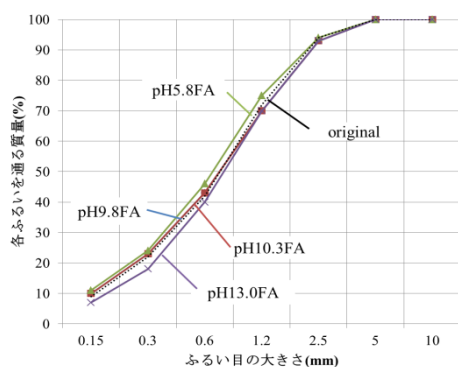


図3 ふるい分け試験結果 (無添加 BFS, 20°C, 7日)

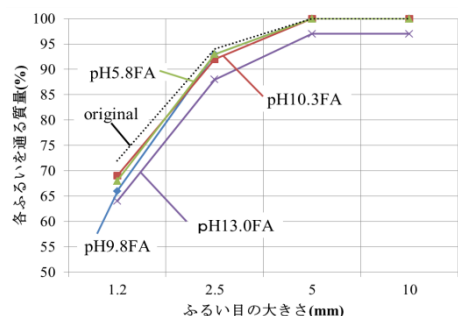


図4 ふるい分け試験結果 (無添加 BFS, 40°C, 7日)

3.3 針貫入試験

ふるい分け試験では固着した部分の強度を評価することが出来ないため、固着が顕著な pH13.0FA に着目して、強度と相関するとされる針貫入試験を実施した。一例を図5に示す。添加 BFS と無添加 BFS の Np を比較すると、固着

防止剤が非常に効果的であることがわかる。

また、一般的に徐冷スラグは水砕スラグと比較して潜在水硬性が小さいとされている。しかし徐冷 BFS の Np は添加 BFS より大きくなった。これは固着防止剤の効果によるものであると考えられる。

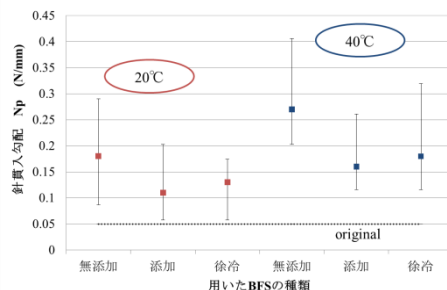


図5 針貫入試験結果 (pH13.0FA, 7日)

存置期間が7日までの Np の経時変化を図6に示す。存置期間が長いほど Np が大きいことがわかる。

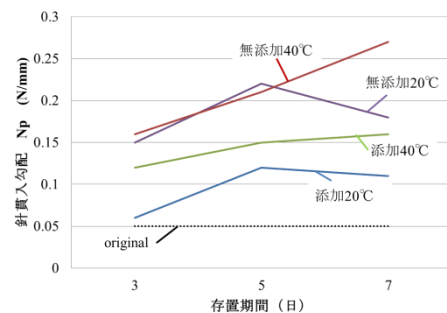


図6 針貫入試験結果 (pH13.0FA)

3.4 試験結果の相関性

針貫入、フローテーブル試験結果の相関性を図7に示す。概ね線形になるため、両試験結果に相関がある。

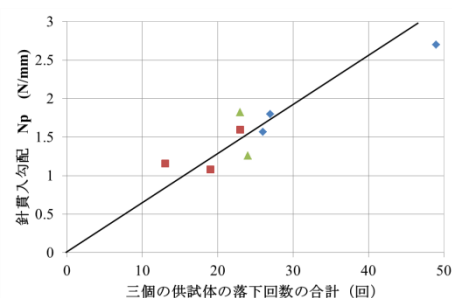


図7 針貫入、フローテーブル試験結果の相関性

4. 結論

潜在水硬性を持たない通常の細骨材では固着の程度は極めて小さかった。pH が13程度のFAとBFSを用いてFASを製造する場合は固着の程度が大きいが、固着防止剤を添加することによって固着の程度は小さくなる。

参考文献

- 1) 「最新のコンクリート用混和材料 1」；福留他
材料 Vol.63 No.1 2014.01