

INSEM 工法におけるフライアッシュの効果 - 長期強度の検証 -

株式会社インボックス 秋山祥克 ○織田哲暢
京都府立大学大学院 松村和樹

1 はじめに

INSEM 工法の品質は、まず構造上必要な強度を充足することが求められるが、INSEM 材の耐久性も重要な要求品質である。

本研究は、INSEM 材の耐久性確保に寄与すると考えられるポズラン反応が期待できるフライアッシュ(以後 FA と称す)の INSEM 材への効果を検証するものである。

昨年の砂防学会では、以下に示す試験の $\sigma 28$ までの途中経過を発表した。今回は $\sigma 364$ までの長期強度が得られたので、その内容について発表する。

2 試験方法

表 1 に配合試験ケースを示す。固化材としてセメントを 100%用いるケース、並びにセメント重量の 20% をフライアッシュで置換えるケースにより、 $\sigma 7$ 、 $\sigma 28$ 、 $\sigma 91$ 、 $\sigma 364$ の 4 材齢分の供試体を作製し、圧縮強度を測定した。

また、試験を実施する土砂は、ポズラン反応の得られる条件としてセメント水和反応に着目し、一つは明瞭な水和反応により良好な強度が得られる母材としてクラッシュランを、もう一つは、砂質土砂であるものの、有機物によりセメント水和反応が阻害され、強度発現性が低い「有機土砂」の二種類(写真 1)を用いることとした。

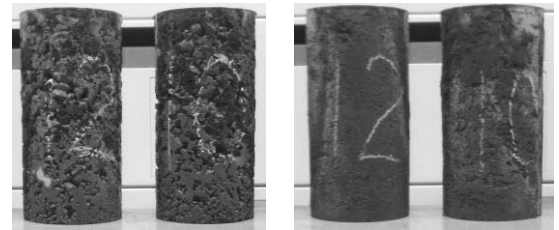
なお、良好なセメント水和反応を得るためには、適切な水量が必要であるため、事前に各土砂の配合試験を実施し、各単位セメント量において、最大強度が得られる含水比を設定し、試験を行なった。

表 1 配合試験ケース

配合ケース	母材	セメント量 (kg/m ³)	FA 量 (kg/m ³)
Case-1	クラッシュラン	100	0
Case-2	クラッシュラン	80	20
Case-3	有機土砂	250	0
Case-4	有機土砂	200	50



写真 1 左：クラッシュラン，右：有機土砂

写真 2 $\sigma 364$ の供試体 (左から Case-1, 2, 3, 4)

3 試験結果及び考察

(1) 水和反応とポズラン反応に関する考察

表 2 に示すとおり、明瞭な水和反応が得られる Case-1, 2 では、十分な強度が得られており、全期間にわたって強度伸び率も良好である。

表 2 圧縮強度とその比率

配合ケース	$\sigma 7$ (N/mm ²)	$\sigma 28$ (N/mm ²)	$\sigma 91$ (N/mm ²)	$\sigma 364$ (N/mm ²)
Case-1	4.57	7.66	12.03	17.83
Case-2	3.37	7.47	9.43	16.29
強度比率	73.7%	97.5%	78.4%	91.4%
Case-3	0.73	0.88	1.10	1.32
Case-4	0.52	0.58	0.62	0.73
強度比率	71.2%	65.9%	56.4%	55.3%

ここで、表 1 にあるように、Case-1 と 2 では単位セメント量が異なるので、本来それに応じた強度比率となるはずである。図 1 に示す、事前の配合試験によるクラッシュランでの単位セメント量とピーク強度 ($\sigma 28$) の関係からみれば、単位セメント量 100kg/m³ と 80kg/m³ での強度比率は 72.8% となる。しかし、表 2 に示す強度比率はこれを上回る結果となった。

このことから、Case-1, 2 両ケースにおいて明瞭な水和反応が得られ、Case-2 ではさらにポズラン反応も活性化されたものと考えられる。

一方、明瞭な水和反応が得られない Case-3, 4 では、単位セメント量 250kg/m³ であるにもかかわらず、総じて強度が小さく強度伸び率も低い。

強度比率についても、単位セメント量の差に応じたもの、もしくはそれ以下となっている。

このことから、Case-3, 4 においてセメントのカルシウムが有機土砂に収奪されたため、水和反応が阻害

され、初期強度が得られず、セメントから溶出される水酸化カルシウムの生成が少ないことからポズラン反応も活性化されなかったものと考えられる。

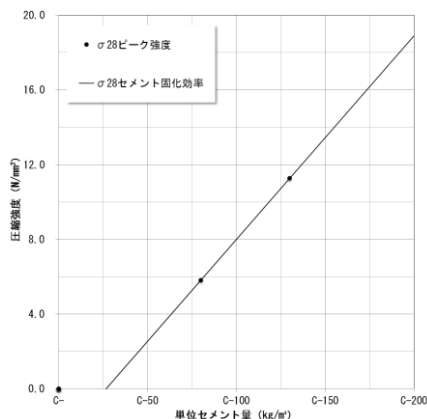


図1 クラッシュランによる単位セメント量とピーク強度*の関係

*ピーク強度：各セメントケースにおける最大強度が得られる含水比での強度

(2) ポズラン反応の効果に関する考察

図2は長期強度の伸び率を、期間別に示したものである。

このグラフからも、明瞭な水和反応が得られるCase-1, 2と明瞭な水和反応が得られないCase-3, 4では、異なる結果となっており、Case-3, 4の場合は、FAによる効果は確認できない。

まず、Case-1, 2での伸び率をみると、全体の期間であるσ7→σ364でFA置換のケースが上回っており、さらに、長期強度の伸びが期待されるσ91→σ364の期間においても、FA置換のケースが上回っている。

ここで、今回の研究では、砂防ソイルセメントに多く使用されている高炉セメントB種を使用している。図3に示すように、高炉セメントは、長期強度の伸びが期待できるという点で、普通セメントよりもフライアッシュセメント等に近い特性を持つことが知られている¹⁾。今回のCase-2のFA置換のケースでは高炉セメントよりも高い長期強度の伸びが確認されており、明瞭な水和反応が得られる配合においては、FAによるポズラン反応が得られたものと考えられる。

一方、Case-3, 4では、FA置換による強度伸び率の改善が確認できず、これはポズラン反応が活性化されなかったものと考えられる。

これらの結果から考察すれば、FAによるポズラン効果を期待するためには、明瞭なセメント水和反応により強度発現が得られる配合が必要であると言えよう。

また、ポズラン反応は、非常に長期的な反応であることから、Case-2のFA置換ケースにおいては、さらに長期材齢のデータを得ることで、その効果が明瞭と

なる可能性がある。

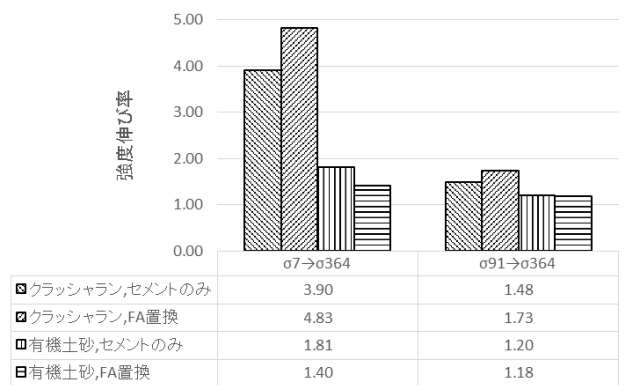


図2 長期強度の伸び率 (左から Case-1, 2, 3, 4)

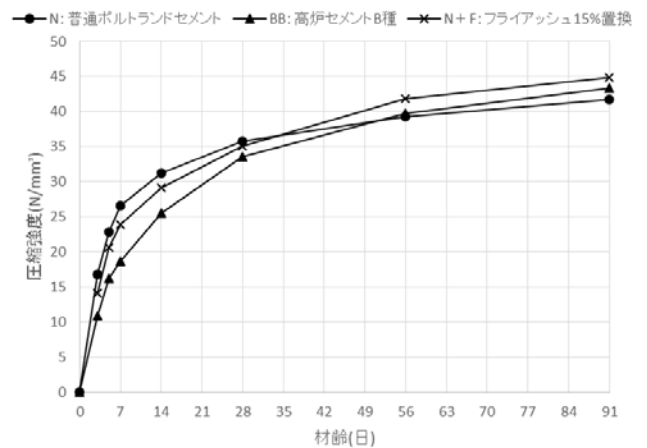


図3 コンクリートの圧縮強度の一例¹⁾

4 おわりに

明瞭な水和反応による強度が得られる配合の場合には、フライアッシュを混合することで長期的な圧縮強度の伸びが期待できることが確認された。今後さらに長期的なデータが取得できれば、定量的な評価も可能になると考えられるが、この点については今後の課題としたい。

一方、今回の研究においても、Case-2はCase-1の単位セメント量より20%少ないにも関わらず、σ364ではCase-1とほぼ同程度の強度が確認されており、フライアッシュの混合がINSEM材の長期的強度の向上、ひいては、長期的な耐久性確保に寄与できるものと考えられる。今後、フライアッシュによる長期強度の向上が評価できれば、σ28の目標強度の引き下げやセメント量の低減につながるものと考えられる。

また、今回試験に用いたフライアッシュは強熱減量の値が大きいためフライアッシュセメントやコンクリート用混和材に活用できないⅢ種に分類されるものであり、今回、その有効性が確認できたという点は、意義があったと考えられる。

参考文献；1)北陸地方におけるコンクリートへのフライアッシュの有効利用促進検討委員会、北陸地方におけるフライアッシュコンクリートの配合・製造および施工マニュアル