

III-36

フライアッシュを主材とした長時間安定性裏込材

清水建設株式会社 正員 堀内澄夫 森誠二 高橋和敏
正員 小田原卓郎 楠亀鉄男

1. はじめに 長距離圧送したのち断続的に裏込する場合、裏込材用の一次スラリーを配管内に長時間滞留させておく必要性が生ずる。こうした場合、一次スラリーには配管内で分離・固結しない性質が要求される。海外炭からのフライアッシュとセメントを主体とする一次スラリー材に水ガラスを添加すると、瞬結性裏込材として使用できることを前回報告した¹⁾。しかしながら、この一次スラリー材は容易に分離するため、注入位置までアジテータ車などで輸送する必要があった。

今回、(1)1日後でも分離・固結せず、(2)水ガラスの添加によって任意の強度に硬化する、裏込材の開発を目標として、一連の室内実験を実施した。その結果、セメント硬化遅延材、適量のベントナイトを添加した一次スラリーに、3号水ガラスを添加したグラウト材が、上記(1)(2)の要求性能を満足することが判明した。

2. 実験方法 一次スラリーは瞬結、緩結の両者に適用しうることを目標に置いた。一次スラリーおよび裏込材の目標物性値を表-1に示す。フライアッシュは海外炭燃焼灰の2種類を使用した。表-2に物性を示す。CaO含有率は両者ともに低く、またUB種のpHが酸性である。水ガラスは3号を、セメントは普通ポルトランド、ベントナイトは250メッシュの製品をそれぞれ使用した。硬化遅延剤は粘土グラウト用とコンクリート用をセメント重量に対して計4%添加した。表-3に用語を説明する。

表-1 裏込材の目標物性

一次スラリー	①混練後12時間静置しても70~値10~20秒を保つ。また、再攪拌によって容易に元の70~値に戻る。 ②静置中に固形分の沈降分離がない
瞬結グラウト	①ゲルタイムが10~20秒。 ②一軸圧縮強さが1時間で1kscf、1日で8kscf、28日で30kscf程度。
緩結グラウト	①収縮率が3%以下。 ②一軸圧縮強さが7日で2kscf、28日で5kscf程度。

表-2 フライアッシュの性質

フライアッシュ	化学組成				強熱減量(%)	pH	比重	平均粒径(μm)
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO				
WA種	65.9	19.3	3.85	2.71	4.06	11.7	2.21	12.2
UB種	76.4	18.9	1.91	0.14	1.75	4.2	2.19	10.4

表-3 用語の定義

配合含水比	$W_0 = 100 \times W_1 / (F+C)$
セメント添加率	$Ac = 100 \times C / F$
水ガラス添加率	$An = 100 \times N / C$
ベントナイト添加率	$Ab = 100 \times B / (F+C)$

実験方法を図-1に示す。ベントナイトは一次スラリーの材料分離を防止する目的で添加した。水道水とは泡立てを使用して混合した。続いて、セメント、フライアッシュを粉のまま添加して一次スラリーを調製した。一次スラリーの流動性ならびに材料分離は、Pロート、100mLメスシリンダーを使用して測定した。一次スラリーに3号水ガラスを添加してグラウト材を調製した。

が、強度試験用供試体は20°Cの水中で養生した。

3. 実験結果

図-2に一次スラリーのフロー値の変化を示す。静置にともなうフロー値が増加している。これは、

①一次スラリーの粘性の増加、

②材料分離にともなう

Pロートの詰まり、が原因である。一次ス

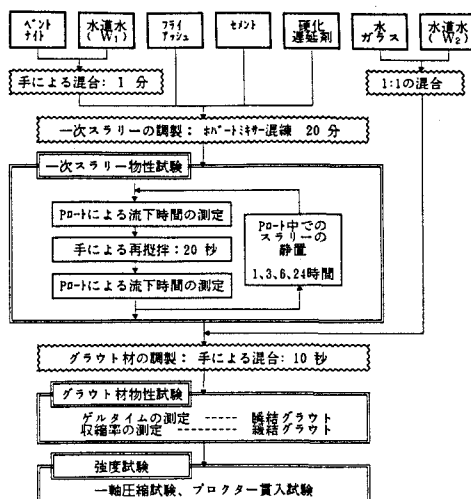
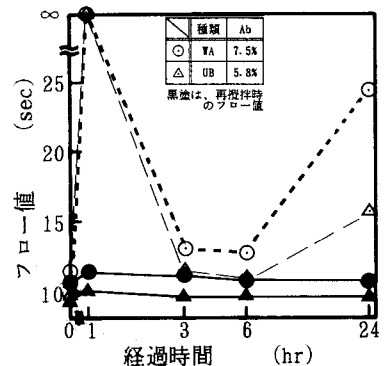


図-1 混練試験のフロー

図-2 一次スラリーのフロー値
W=112%, Ac=57%

ラリーのフロー値は、再混練によってほぼ初期の値に戻っている。以上の傾向から、一次スラリーは2～4時間の間隔で間欠的に圧送すれば、初期のフロー値を長時間確保できると考えられる。

図-3は3時間後の再混練一次スラリーのフロー値、収縮率とベントナイト添加率（Ab）との関係である。Abの増加にともなって一次スラリーのフロー値が増加し、同

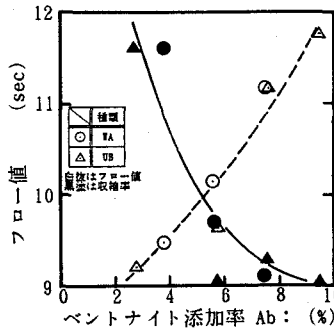


図-3 一次スラリーのフロー値、収縮率とAbとの関係
 $\varpi=112\%$, $Ac=57\%$

時に収縮率が低下する傾向が確認できる。図-4に一次スラリー中の配合含水比とセメント添加率を一定としたときの、Abとフロー値との関係を示す。所定のフロー値を得るために必要なベントナイト量はフライアッシュ添加率が高いほど小量となる。これは、一次スラリーのフロー値が間隙率によって決定されており、ベントナイトの添加はその間隙中の水の粘性を増加させるためと考えられる。以上のように、フライアッシュやセメントの量にかかわらず、Abを調整すれば一次スラリーの流動性や材料分離を調節できる。

図-5はグラウト材の硬化強度を示している。水ガラスを添加しない場合には一次スラリーは2週間経過しても自立しない。これに対して、水ガラスを少量でも添加した一次スラリーは時間経過にともなう強度発現が確認できる。特に、水ガラス添加率（An）が高くなるに従って、短期間での強度発現が可能となっており、 $An>50\%$ では瞬結用グラウト材としての使用が可能な程度にまで硬化時間が短縮されている。図-6は1 kgf/cm^2 の圧縮強度を得るために必要な期間と水ガラス添加率との関係を示している。図-6のようにAnを調整することによって、硬化時間を広い範囲で変化させることができる。現実的な裏込めを考えた場合、地山の物性に合わせて配合を調整し、硬化時間や硬化強度を変える必要が生ずる。今回のグラウト材では水ガラス量のみの調整で済むため、トラブルが少なく、また管理しやすいと考えられる。

図-7はAnとグラウト材の収縮率との関係である。収縮率の大きな緩結グラウト材に対しては、水ガラスの添加によって収縮率を大きく低下させることが可能となる。これは、水ガラスの添加によって、短時間内に凝結するため、ブリージングしにくくなるためと考えられる。

4. おわりに フライアッシュを主体とした一次スラリーは、長時間にわたって安定な流動性を確保でき、水ガラスの添加率を変化させるだけで強度発現時間を広範囲にコントロールできることが判明した。

今後さまざまな地盤に使用し、材料の有効性を確認するとともに、裏込め以外の適用についても検討して行きたい。

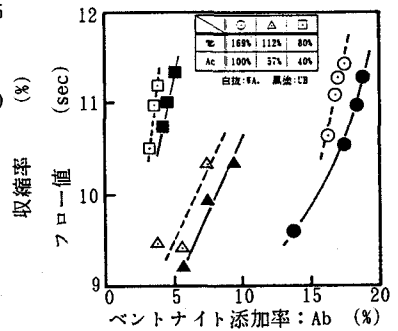


図-4 一次スラリーのフロー値に及ぼすAbの影響

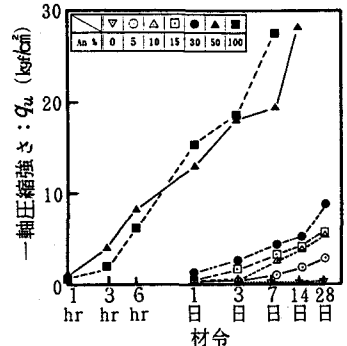


図-5 グラウト材の硬化強度
 $\varpi=112\%$, $Ac=57\%$, $Ab=8.2\%$

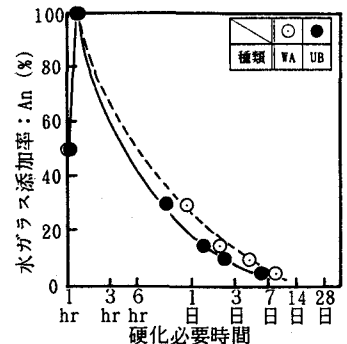


図-6 硬化時間とAnの関係
 $\varpi=112\%$, $Ac=57\%$, $Ab=8.2\%$

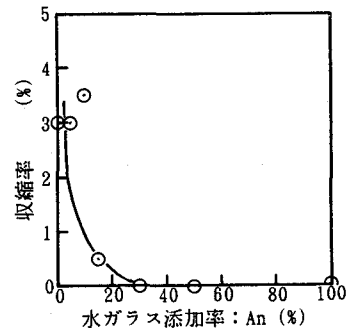


図-7 収縮率とAnとの関係
 $\varpi=112\%$, $Ac=57\%$, $Ab=8.2\%$