

III-447 フライアッシュを主材とした瞬結性グラウト材

清水建設株式会社 正会員 堀内澄夫 高橋和敏 菅野 勇 森 誠二
正会員 小田原卓郎 後藤 茂 久原高志

1. はじめに フライアッシュ(FAと略称する)を主成分とするスラリー材は、(1)強度発現性が高く、(2)流動性が高い、など、グラウトとしての適用性が高い。しかし、これまでの検討対象は緩結性のグラウト材に限られており¹⁾、短時間で硬化する瞬結性グラウト材へのFAの適用性は明らかでなかった。

今回、(1)ゲルタイムが10～20秒、(2)一軸圧縮強さ(q_u)が1時間で1kgf/cm²、24時間で8kgf/cm²、28日で30kgf/cm²、を性能条件として、近年多量に排出されるようになってきた海外炭燃焼FAの、瞬結性グラウト材への適用性を検討した。その結果、配合中に多量の水分が必要となるものの、600kg/m²のFA、100kg/m²の水ガラス、200kg/m²のセメント、炭酸塩系添加剤、を成分としたグラウト材の適合性が確認できた。

2. 実験方法 FAは海外炭燃焼灰(J種)を使用した。表-1に物性を示す。水ガラスは粘土グラウト用(WG:クリンパックQ)、混練水は水道水(TW)、セメントは普通ポルトランド(OPC)、初期強度増進用の添加剤としてHSS剤(炭酸塩系)を使用した。図-1に、実験のフローを示す。強度試験用供試体は、20℃の水中で養生した。ゲルタイムは目視観察で決定した。発現強度は、ブロッカー貫入試験と一軸圧縮試験によって把握した。なお、用語の定義は表-2のとおりである。

3. 実験結果と考察 図-2は、FAと水のみスラリーの ω とフロー値との関係である。長距離圧送に必要なフロー値を10～20秒と仮定すれば、J種FAでは $\omega \geq 71\%$ と、図中に示した国内炭燃焼灰での $\omega \geq 46\%$ ²⁾に比較して非常に高くなっている。発現強度は密度とともに増大するので、J種FAで所定の強度を得るためには硬化材添加量を増加させる必要が生じている。

図-3は、FA/WG/OPC/TWから成るグラウト材(基本グラウトと称する)のゲルタイムとAnの関係であり、 ω が高いにもかかわらず10～20秒のゲルタイムが得られている。図-3では、Anの減少とともにゲルタイムは短縮しているものの、Acの影響はほとんどない。以上の傾向から、グラウト材のゲル化は、正に荷電したセメント粒子と負に荷電した水ガラス粒子(または分子)とが急速凝集した結果生じるものと考えられる。いずれにしても、FA系グラウト材のゲルタイムはAnによって調節できることがわかる。

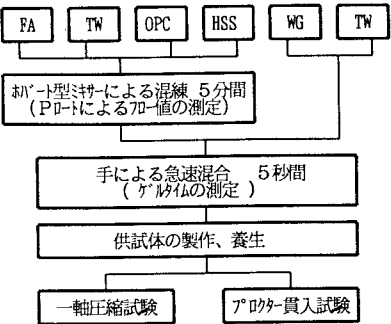


図-1 実験のフロー

表-1 J種フライアッシュの物性

化学組成 (%)				発熱 減量 (%)	比重	平均 粒径 μm
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO			
62.9	19.0	4.00	2.84	4.36	2.21	13

表-2 用語の定義

	定 義	W:水重量
配合含水比	$\omega = 100 \times W / (P + C)$	F:FA重量
セメント添加率	$Ac = 100 \times C / F$	C:セメント重量
水ガラス添加率	$An = 100 \times N / C$	N:水ガラス重量
HSS剤添加率	$Aa = 100 \times A / C$	A:HSS剤重量

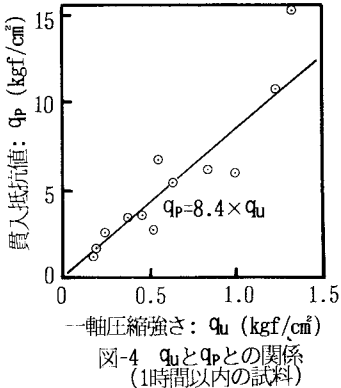
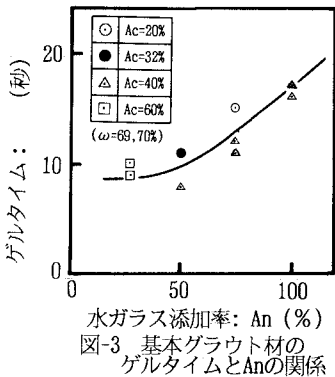
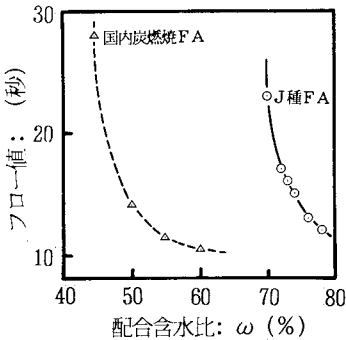


図-4, 5は、初期材令での q_u をプロクター試験によって簡易的に求めるため比較試験結果である。図-4のように材令1時間までの貫入抵抗値(q_p)と q_u の間には、直線的な関係が認められる。一方、図-5は1時間以降の両者の関係であり、図-4に比較して q_p/q_u 値が大きいほか、バラツキも増大している。以上の傾向から、 q_p からの q_u 換算は数時間以内、または数 kgf/cm^2 以内の強度に限るべきと考える。なお、 q_p/q_u 値が材令や強度によって変化するのは、グラウト材の硬化にともなう C と ϕ の変化がそれぞれ異なっているためと考えられる。

図-6は基本グラウトの強度発現状況を示しており、 q_u の増加が長期間にわたって継続する傾向が確認できる。また、 A_n によって q_u が変化しており、 A_n を75%としたときに最も大きな強度が得られている。図-7は $A_n=75\%$ における基本グラウトの q_u と A_c の関係であり、 A_c の増加によって全材令で q_u を増加できることが明らかとなっている。

図-8はHSS剤添加率と q_u との関係である。HSS剤は1日以内の強度を増加させるために添加したものであるが、初期材令に限らず全材令にわたる強度増加の効果が認められる。ただし、添加率に関しては、 $A_a=3\%$ 付近に最適値が存在している。

図-6、図-7の配合は、水ガラスが $120 \sim 170 \text{kg/m}^3$ 、セメントが $220 \sim 300 \text{kg/m}^3$ と、従来のグラウト材に比較していずれも使用量が多い。これは、流動性を確保するために必要な水量が多いこと、粘土グラウト用特殊水ガラスを使用していること、などが原因と考えられる。水ガラス、セメントの配合量を減らしてコスト低減を図る一方策として、適量のHSS剤添加が有効と考えられる。図-9は、 $A_c=34\%$ (200kg/m^3 に相当)、 $A_n=50\%$ (100kg/m^3 に相当)での発現強度変化を示している。 ω を75%に増加させているにもかかわらず、HSS剤添加によって、性能条件を満足できている。

4. おわりに スラリー化に多量の水分を必要とするフライアッシュであっても、(1)水ガラスやセメントの配合比率を選ぶ。(2)適当な添加剤を使用する。などによって、廉価な瞬結性グラウト材の主材料として使用できることが判明した。

今後、注入性能を現場規模で把握するとともに、FA系グラウト材への新しい物性の付加、低廉化を考慮した水ガラスの選定・使用、などについて検討してゆきたい。

《参考文献》

- 1) 堀内ほか：第40回土木学会年次講演会，1985，pp.613-614
- 2) 堀内ほか：第18回土質工学研究発表会，1983，pp.1507-1508

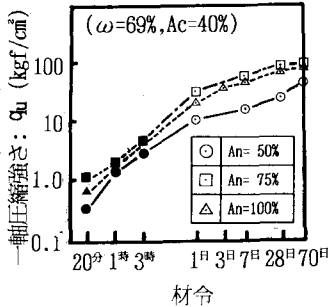
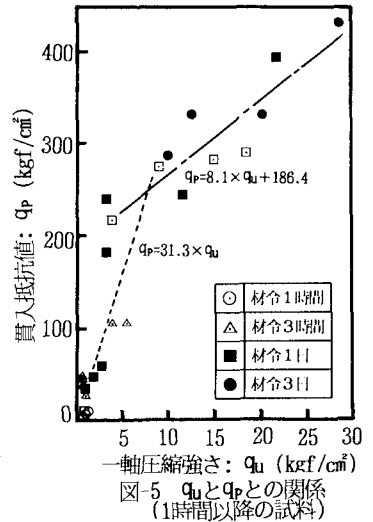


図-6 基本グラウトの材令にともなう強度発現
(黒塗: q_p からの換算値)

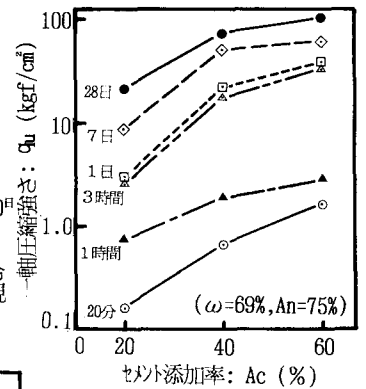


図-7 A_c と q_u の関係

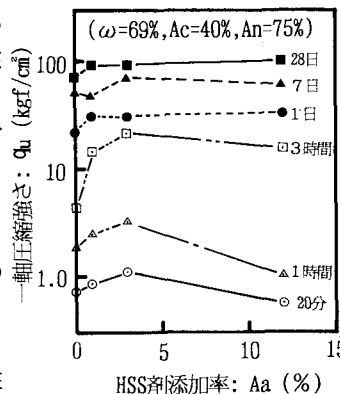


図-8 HSS剤添加率と q_u の関係

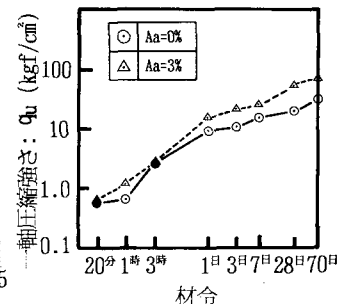


図-9 廉価なグラウト材の強度発現
(黒塗: q_p からの換算値)
($\omega=75\%$, $A_c=34\%$, $A_n=50\%$)