

清水建設株式会社 技術研究所

正会員 ○堀内 澄夫 玉置 克之

正会員 尾上 篤生 後藤 茂

はじめに 筆者らは地盤材料としてのフライアッシュの利用を主眼として、高密度フライアッシュスラリー（HAS：High-density Ash Slurry）の研究を行ってきている。¹⁾ この HASは、フライアッシュの最大乾燥密度の90～100 %の密度をもつため、通常のフライアッシュスラリーにくらべて強度発現性に優れている。この優位性は、セメントなどの硬化材を添加した場合にも発揮できると考えられる。

今回、「28日材令で 50kgf/cm²の圧縮強度」を目標値として、HAS に5～20%のセメント、0～5%の石膏を添加し、その強度性状について検討した。本文では、室内実験結果をもとに、(1)フライアッシュの種類による影響、(2)石膏の添加による影響、など、硬化材を添加した HASの固化強度特性について報告する。

1. 実験 フライアッシュは、表-1に示す3種を用いた。いずれも、乾燥状態の国内産試料である。石膏は試薬用二水石膏を、セメントは普通ポルトランドセメントを用いた。混練水は水道水を用いた。

HASの混練・物性試験は、図-1に示すフローに従った。供試体（φ5cm×h10cm）はモールドのまま20℃で水中養生した。発現強度は、一軸圧縮試験（歪速度1%/min）により確認した。なお、セメント添加率（Ac）、石膏添加率（Ag）は、それぞれフライアッシュ重量に対する各材料の重量比、含水比はフライアッシュ・セメント・石膏の全重量と水重量との比を表す。また HASの含水比はF種HASが33%、G種、H種 HASが50%で一定とした。

2. 結果・考察

セメントのみ添加した HASの強度発現を図-2～4に示す。一軸圧縮強さ（qu）は材令の進行とともに増加しており、また、いずれの HASも、Acの増加にともなってquは大きく増加している。

図-5～7はセメント・石膏を添加した HASの固化強度を示している。図-2～4における石膏無添加に比べて、

表-1 フライアッシュの性質

	F	G	H
SiO ₂ (%)	53.0	55.3	65.0
Al ₂ O ₃ (%)	23.9	31.8	21.5
Fe ₂ O ₃ (%)	4.95	1.90	3.87
CaO (%)	7.60	0.57	2.06
SO ₃ (%)	0.35	0.10	0.62
Ig.loss	2.70	7.19	2.81
D ₅₀ (μm)	18.0	16.5	8.8
Gs	2.22	2.13	2.28

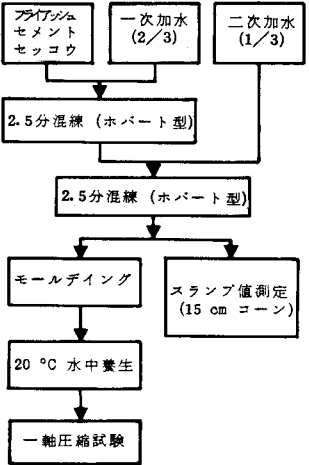


図-1 試験のフロー

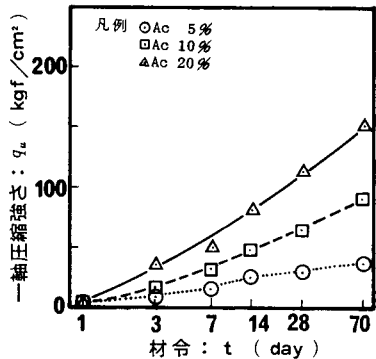


図-2 F種 HASの強度発現

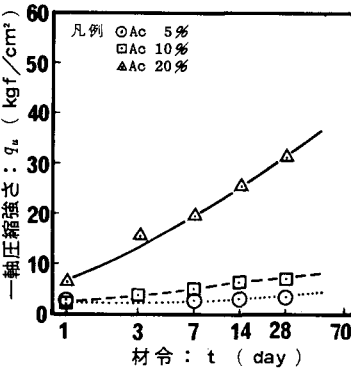


図-3 G種 HASの強度発現

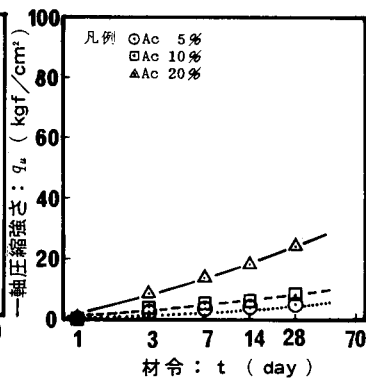


図-4 H種 HASの強度発現

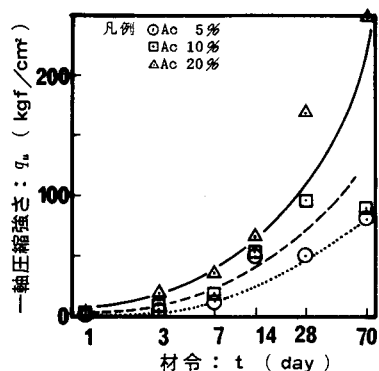


図-5 F種 HASの強度発現 (Ag 5%)

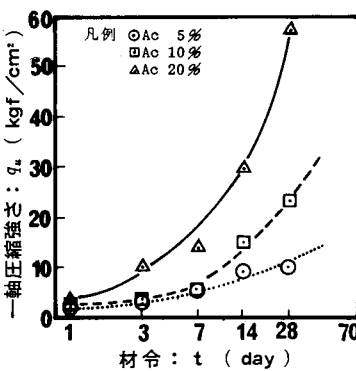


図-6 G種 HASの強度発現 (Ag 5%)

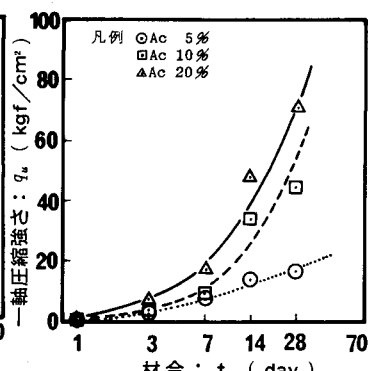


図-7 H種 HASの強度発現 (Ag 5%)

特に長期材令での強度が大きくなっている。この傾向は図-8のように材令28日と各材令の qu の比をプロットすることにより、より明瞭となる。すなわち、石膏添加 HASの qu は材令14日まで低く抑えられているが、それ以降、 qu は材令とともに急激に増加している。

図-9は材令28日での qu と Ac との関係である。両者の関係はフライアッシュの種類によって大きく異なっている。これは、①フライアッシュのもつボゾラン反応性がフライアッシュ中の成分によって大きく変化する。²⁾ ② HASの密度差。の両者が原因に挙げられる。ところで、目標とした 50kgf/cm^2 の qu は、石膏無添加のHASの場合、F種では $Ac=9\%$ で得られることになるが、G種、H種では20%以下の Ac では得られないことになる。一方、 $Ag=5\%$ のHASについては、F種で $Ac=5\%$ 、G種で15%、H種で18%で目標強度が得られることになる。二水石膏は石炭火力における排煙脱硫過程で発生することから、HASへの添加は非常に有意義であると考えられる。

一般に、石炭灰スラリーの変形係数 (E_{50}) は qu とともに増加し、両者の関係はセメント・石膏添加の影響を受けない。³⁾ この傾向は今回のデータでも確認された。図-9は全HASの E_{50} と qu との関係であり、セメント等の添加、材令などに関係なく、次式で表すことができる。

$$\log E_{50} = 1.47 \log qu + 1.65$$

3. 結論 HASにセメント・石膏を添加した材料の強度・変形特性を検討した結果、以下のことが明らかとなった。

- ① HASの qu はフライアッシュの種類によって、大きく異なる。
- ② 石膏はセメントとの同時添加によって大きな qu を与える。
- ③ HASの E_{50} と qu との関係はセメント添加等の影響を受けない。

おわりに 数十 kgf/cm^2 の圧縮強度をもつ材料はグラウト材、仮設構造物などさまざまな用途に使用できると考えられる。今回の報告では、流動性など強度以外の特性については紹介できなかった。今後、改めて報告したい。

参考文献

- 1) S.Horiuchi et al. : Proc 7th Int. Ash Util. Symp. (1985)
- 2) R.C.Joshi : Proc 5th Int. Ash Util. Symp. (1979)
- 3) 堀内澄夫ほか : 材料技術, Vol.3, No.2, (1985)

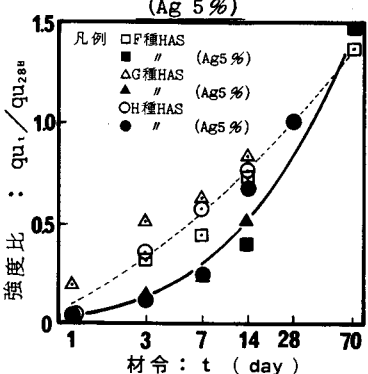


図-8 HASの強度増加傾向

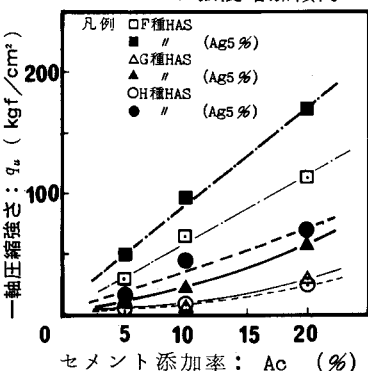


図-9 qu と Ac との関係 ($t=28$ 日)

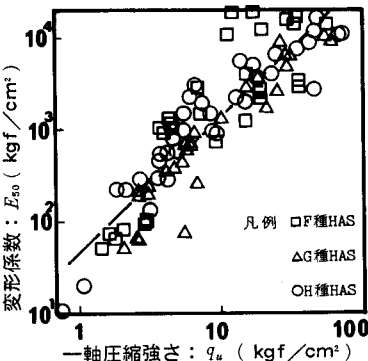


図-10 qu と E_{50} との関係