

(V-4) シリカフュームの反応が圧縮強度に及ぼす影響

芝浦工業大学 学生会員 ○早崎 克司
芝浦工業大学 正会員 矢島 哲司
東京大学生産技術研究所 正会員 大賀 宏行
東京大学生産技術研究所 正会員 魚本 健人

1. はじめに

コンクリートの強度、耐久性を向上させる一つの方法として、混和材としてシリカフュームを用いる方法があるが、シリカフュームがコンクリートの強度、耐久性を向上させる機構に関しては、未解明な部分が多い。

そこで、本研究は、特にシリカフュームの反応に重点を置いて、シリカフュームとアルカリ溶液との反応及びペースト中でのシリカフュームの反応が圧縮強度に及ぼす影響を、養生時間やミキサの練混ぜ時間及び速度などに関連させ検討を加えた。

2. 実験概要

①溶液試験：非造粒型、造粒型及び粉碎した造粒型の三形態のシリカフュームを用い、シリカフュームをアルカリ溶液（NaOH又は、NaOH+Ca(OH)₂混合溶液）に浸漬させ、シリカフュームのアルカリ消費量を計測した。シリカフューム0.5～10gを25mlのアルカリ溶液中に浸漬し、所定材令においてアルカリ消費量を測定した。初期の溶液の濃度は0.5～2N、温度は20～80℃に変化させ、静置又は攪拌の条件で測定した。

②セメント硬化体におけるシリカフュームの反応性：フライアッシュ、高炉スラグ微粉末等の鉱物質微粉末を含まない普通ポルトランドセメント、非造粒型及び造粒型の二形態のシリカフューム及び高性能減水剤を用いた。水結合材比 $[W/(C+SF)]$ を15, 20, 25, 35%、シリカフューム置換率 $[SF/(C+SF)]$ を0, 5, 10, 20, 30%、高性能減水剤（SP）の添加率を結合材に対し、1.0, 2.0, 3.0%（溶液重量）の条件でホバート型モルタルミキサ（容量：30リットル）を用いて練混ぜた。空練り60秒後注水し、300～1200秒練混ぜ、 $\phi 5 \times 10$ cmの円柱供試体を用い、所定の材令において圧縮強度と熱分析により水酸化カルシウムの含有量を測定した。

3. 実験結果及び考察

アルカリの消費量とシリカフュームの質量との関係を図-1に示す。アルカリ溶液を一定にして、シリカフューム量を増やすと、シリカフュームが2.5g以上でシリカフュームの形態に関わらずアルカリ消費量の伸びは緩やかになる。しかし、溶液中の初期のアルカリ濃度が 25×10^{-3} molであることからアルカリを全部消費はしていない。この原因は、シリカフュームと反応した際に生成するある種の生成物が膜をつくることや分散していないシリカフュームが層をつくりアルカリ溶液が内部に浸透しにくくなり反応をさまたげていることが考えられる。図-2は、アルカリ溶液の濃度とアルカリ溶液の消費量の関係を示している。シリカフューム量を一定にしたときNaOH

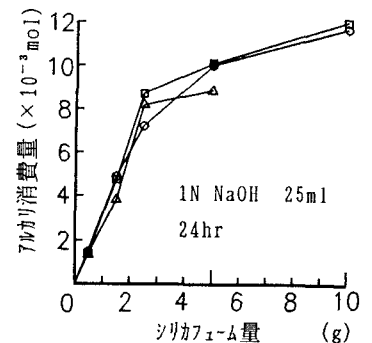


図-1 シリカフューム量とアルカリ消費量

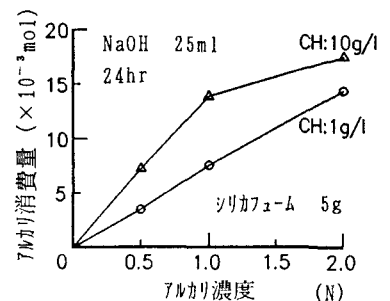


図-2 アルカリ濃度とアルカリ消費量

濃度が高濃度になると、シリカフュームは消費量も増加している。さらに水酸化カルシウムによりアルカリ濃度を高めた場合には、図-1と同様にアルカリ消費量の伸びは緩やかになる。以上の事からシリカフュームの反応は、アルカリ溶液の濃度や体積、シリカフュームの分散性、すなわちセメント硬化体における配合条件や練り混ぜ条件と密接なつながりがあると考えられる。

次に、ペースト中でのシリカフュームの反応性について検討を加えた。図-3は水結合材比25%、35%での単位セメント量あたりの水酸化カルシウム消費量とシリカフューム置換率の関係を示している。水結合材比25%の場合、水酸化カルシウム消費量は高置換率になるに従って増え方が少なくなっている。水結合材比35%の場合、水酸化カルシウム消費量は高置換率でも十分増加している。また練混ぜ速度による水酸化カルシウム消費量の違いは、あまり認められない。図-4は水結合材比と水酸化カルシウムの関係を示しているが水結合材比が高くなると水酸化カルシウム消費量は増加している。以上のことから、消費される水酸化カルシウム量は、水結合材比によって異なっているため、ペースト中のシリカフュームの反応は水結合材比に左右され、水結合材比によって最適なシリカフューム置換率は異なる。

次にシリカフュームの分散性と圧縮強度の関係を調べた。図-5および図-6は、それぞれ水結合材比25%、35%でのシリカフュームの置換率と圧縮強度の関係を示している。水結合材比25%で低速で練混ぜた場合、シリカフュームを置換すると強度は低下した。しかし高速で練混ぜると低速時に比べて強度は改善されている。水結合材比35%の時、練混ぜ速度による強度の差は小さくなっている。水結合材比25%の方が35%に比べ粘性が高いことから、この粘性の違いによりシリカフュームの分散性が変わり練混ぜ速度による圧縮強度への効果に違いが現れたと考えられる。

4. まとめ

ペースト中でのシリカフュームの反応性と圧縮強度の関係から、ペースト中の水酸化カルシウム消費量が

同じであっても、ペースト中のシリカフュームの分散状態によって圧縮強度が変わる。すなわち化学的な実験を行い測定値が等しくても物理的な実験結果は異なることがある。これはペースト内部の分散によって起こると思われ、細孔径分布試験を行うことによって明らかになると予想される。これを今後の実験の課題として研究を進めて行きたい。

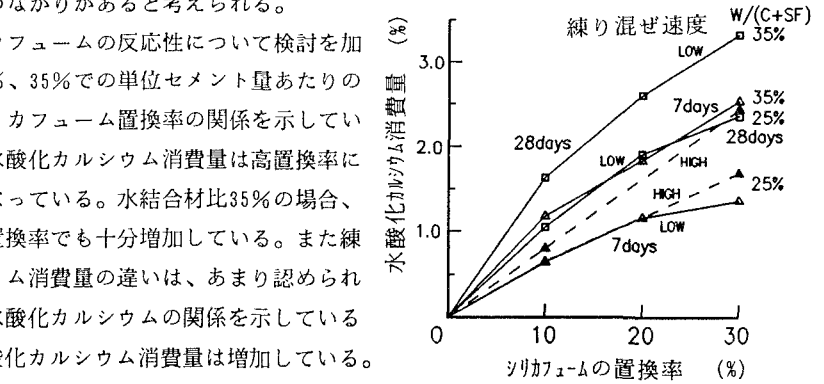


図-3 シリカフュームの置換率と水酸化カルシウム消費量

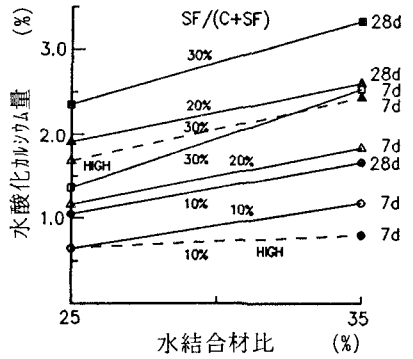


図-4 水結合材比と水酸化カルシウム消費量

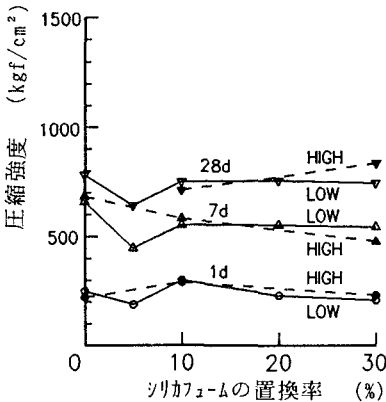


図-5 シリカフュームの置換率と圧縮強度

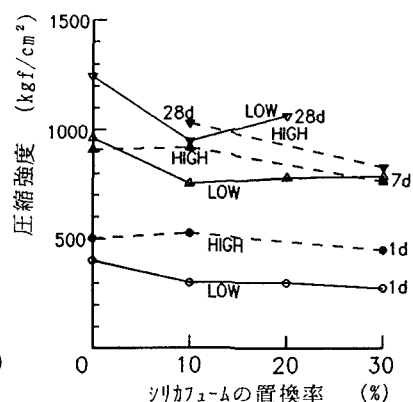


図-6 シリカフュームの置換率と圧縮強度