

V-325 シリカフュームを混和したモルタルの諸特性に及ぼす練混ぜの影響

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. まえがき

高強度、高耐久性を得るための一手段として、コンクリート用混和材としてシリカフュームを用いる場合があるが、シリカフュームは超微粒子であるため、その分散は練混ぜにより大きく異なることが考えられ、コンクリートの諸特性も変化する可能性がある。そこで、本研究は形態の異なるシリカフュームを用い、モルタルの圧縮強度と中性化深さに及ぼすシリカフュームの分散の影響をミキサの練混ぜ時間と関連させ検討を加えた。

2. 実験概要

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、非造粒型および造粒型(UおよびD)のシリカフュームを用いた。骨材は相馬標準砂(特4号)を、混和剤は高性能減水剤を用いた。水結合材比を35%、シリカフュームの置換率を0、5、10%、砂結合材比を2.0とし、高性能減水剤を結合材に対して1.0%添加した。ホバート型モルタルミキサ(容量:30l)を用い、から練り60秒の後注水し、30~5700秒練り混ぜフローを測定した。また、φ5×10cmの円柱供試体を用い圧縮強度、中性化深さを測定した。圧縮強度は水中養生材令7、28、91日において行い、中性化深さは、初期に7日間水中養生を行った供試体を促進中性化試験環境下に暴露し、暴露材令1、4、9、16週において測定した。促進中性化試験は、温度50℃、相対湿度60%、二酸化炭素濃度5%の環境下で行った。所定材令において供試体を割裂しフェノールフタレイン溶液による呈色反応により中性化深さを求めた。

3. 実験結果および考察

モルタルのフローと注水後の練混ぜ時間との関係を図-1に示す。シリカフューム無混和の場合、フローは練混ぜ時間180秒で最大値を示し、1000秒程度までほぼ同じ値を示し、その後減少した。それに対し、シリカフュームを混和したモルタルのフローは、シリカフュームの種類にかかわらず1000秒程度で最大値を示し、その後減少する傾向を示した。流動性の観点からは、シリカフューム無混和の場合には180秒程度の練混ぜ時間が最適となったが、シリカフュームを混和することにより最適練混ぜ時間が増大し、1000秒程度の練混ぜが必要となった。なお、同一水結合材比で高性能減水剤の添加量も同じであることから、最大のフローはシリカフュームの混和により低下したと考えられる。以下の実験では、シリカフュームを混和したモルタルのフローが最大となった1020秒まで練り混ぜたモルタルの圧縮強度と中性化深さについて検討を加える。

図-2にミキサの練混ぜ時間と水中養生材令28日におけるモルタルの圧縮強度との関係を示す。シリカフューム無混和の場合には、練混ぜ時間と無関係に圧縮強度はほぼ同一の値を示した。それに対し、シリカフュームを10%混和したモルタルの圧縮強度は、180秒までは造粒、非造粒とも練混ぜ時間の影響をほとんど受けないが、それ以後練混ぜ時間とともに圧縮強度は増大した。その結果、練混ぜ時間480秒で無混和とほぼ同程度の圧縮強度を示し、1020秒では無混和に比べ150kgf/cm²程度大きな圧縮強度を示した。特に、非造粒のシリカフュームを用いた場合には、180秒程度の練混ぜでは無混和に比べ100kgf/cm²程度圧縮強度が低いが、練混ぜ時間の増大と

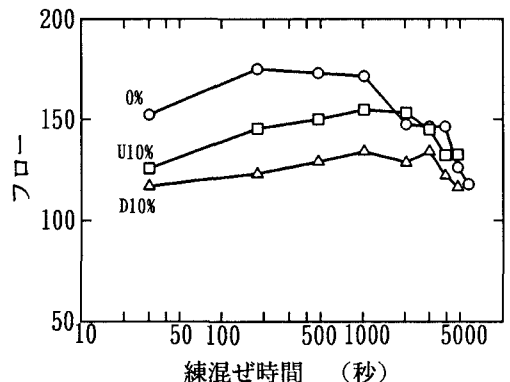


図-1 練混ぜ時間とモルタルのフロー

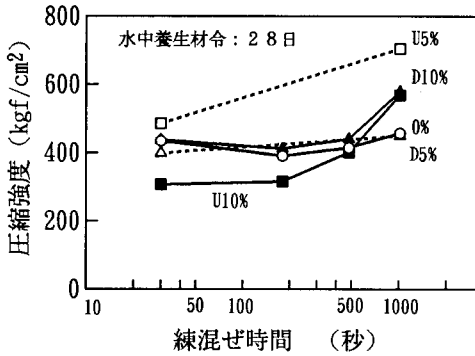


図-2 圧縮強度に及ぼす練混ぜ時間の影響

ともに圧縮強度は増大し、1020秒においてはほとんどシリカフェームの形態による差は無い。このように1020秒と練混ぜ時間を十分にとり、シリカフェームの分散をよくすることにより、形態の影響も無くなり圧縮強度の増大が図られたものと考えられる。

中性化深さに及ぼすシリカフェームの置換率の影響を図-3に示す。練混ぜ時間が1020秒の場合、中性化深さに及ぼすシリカフェームの形態の違いの影響もほとんど無く、置換率の増加とともに中性化深さは著しく減少するが、練混ぜ時間が30秒と短い場合にはシリカフェームの混和による中性化抑制効果は小さく、シリカフェームの形態の差による影響も認められた。図-4に中性化係数(中性化深さ/暴露材令の平方根)とミキサの練混ぜ時間との関係を示す。シリカフェーム無混和のモルタルの中性化係数は練混ぜ時間の影響をほとんど受けないが、シリカフェームを混和した場合には、練混ぜ時間の増加とともに減少しており、練混ぜ時間1020秒においてはシリカフェームを10%混和することにより中性化係数を無混和の25%程度に抑制できた。また、造粒型シリカフェームでは最初の180秒までの中性化係数の低減は著しく、その後はシリカフェームの形態の違いはほとんど認められない。水中養生材令7日における圧縮強度と中性化係数との関係を図-5に示す。練混ぜ時間により圧縮強度を変化させたモルタルの中性化深さは、圧縮強度だけでは説明することが出来ず、特にシリカフェームを混和した場合の中性化深さは圧縮強度に代表される組織の緻密さだけでなく、シリカフェームの反応性を含む化学的な影響も大きいものと考えられる。

4. まとめ

従来、シリカフェームを混和しても強度、耐久性等のコンクリートの特性が改善できないとの報告があるが、練混ぜが不十分でシリカフェームの分散が良くない状態で実験を行っているため、シリカフェームの特性を十分に利用していない可能性もあると考えられる。従って、コンクリート用混和材としてシリカフェームを用いる場合、練混ぜの影響を考慮したコンクリートの製造方法を確立する必要があると考えられる。

本研究を行うに際し、多大なるご協力をいただいた日本シリカフェーム技術研究会に感謝致します。

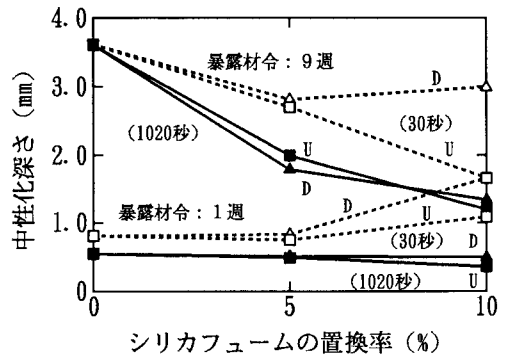


図-3 シリカフェームの置換率と中性化深さ

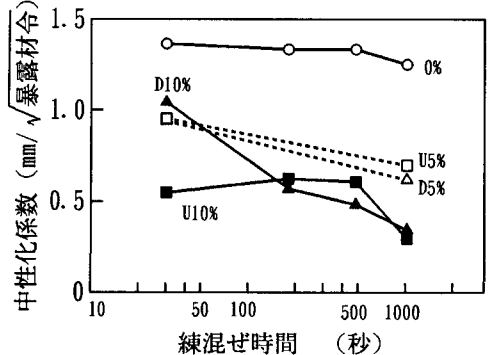


図-4 中性化係数に及ぼす練混ぜ時間の影響

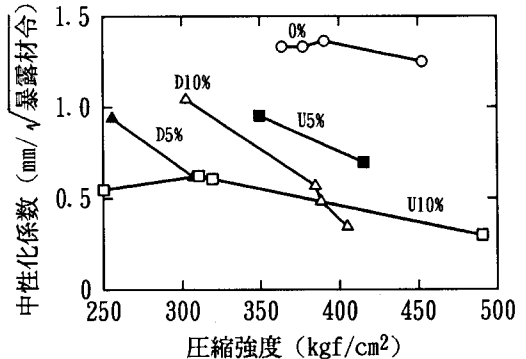


図-5 圧縮強度と中性化係数