

V-285

二軸強制練りミキサを用いたシリカフューム混入コンクリートの練混ぜ性状

群馬大学大学院 学生会員 村上 淳
 群馬大学工学部 正 会 員 橋本 親典
 群馬大学工学部 正 会 員 辻 幸和
 オリエンタル建設㈱ 堀越 直樹

1. まえがき

シリカフュームをコンクリートに混入することは、強度の増加、耐久性の向上および施工性の改善などの効果があることが知られている。しかし、超微粒子であるシリカフュームはかなり粒子が凝集した状態で使用されるためその分散は練混ぜ方法により大きく異なるが、シリカフュームの分散状態を定量的に評価する方法は未だ確立されていないのが現状ある。

本研究は、シリカフュームコンクリートの製造によく用いられる二軸強制練りミキサを対象にして、ミクロ的観点からコンクリート中のシリカフュームの分散状態と練り混ぜ性能の関係について実験的に検討する。

2. 実験概要

実験に用いたミキサは、二軸強制練りミキサ（容量60ℓ）でパドル配列角度、回転速度を変えられるものである。実験に用いた材料は、セメントは普通ポルトランドセメント、細骨材は渡良瀬川産川砂（比重2.56、吸水率3.75）で、粗骨材は渡良瀬川産川砂利（最大寸法15mm、吸水率2.60、F.M.7.12）、シリカフュームはアンダーソンテクノロジー㈱の MICROPOZ (U-95) を用いた。混和剤はAE減水剤（ポリカルボン酸系）を用いた。なお、練上がり温度が $15 \pm 2^\circ\text{C}$ になるように水温を調節した。コンクリートの配合は表-1に示す通りで、練混ぜ量は50ℓとした。比較として、シリカフューム無混入の配合でも実験を行った。

練混ぜ方法は止めたミキサ内にセメント+シリカフューム、粗骨材を層状にいれ、最後に水+混和剤をその上から均一にいれ、ミキサを始動させた。練混ぜに関するパラメーターを表-2に示す。フレッシュコンクリートについてはスランプフロー、空気量を測定した。硬化コンクリートについては、材齢28日の圧縮強度ならびに圧縮強度試験終了後のコンクリートを用いてSEM観察によるシリカフュームの分散状態を測定した。

3. 実験結果および考察

3-1 SEM観察による分散状態

SEMによる分散状態の観察方法を下記に示す。①作製した供試体をハンマーで粉碎し、その中から25個の試料を無作為に抽出する。②それぞれの試料について、適当な場所を10000倍まで倍率を上げて観察し、シリカフュームを発見した場合はそれが写真-1のような「分散状態」か写真-2のような「凝集状態」か判断する。③発見できなかった場合には、その周囲を検索しシリカフュームを発見できたならば先に述べたように判断し、

表-1 コンクリートの配合

配合条件		単 位 量 (kgf/m ³)						
W/B (%)	s/a (%)	セメント C	シリカフューム S F	水 W	細骨材 S	粗骨材 G	AE減水剤 (%)	
40	45.5	387	43	172	768	931	3 ^(注)	

(注) 結合材に対する割合

表-2 練混ぜに関するパラメーター

パドル配列角度 (度)	回転速度 (rpm)	練混ぜ時間 (秒)
90	45	60
45		250
		1000

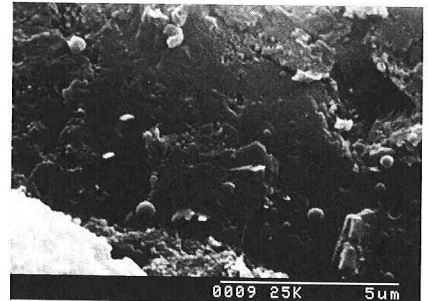


写真-1 シリカフューム分散状態

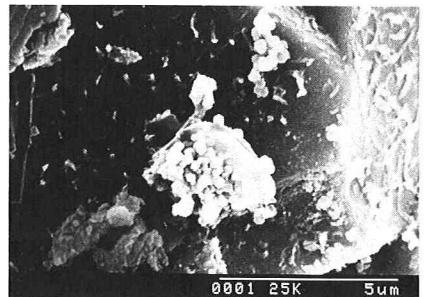


写真-2 シリカフューム凝集状態

発見できなかったならば「なし」と判断する。④この作業を4回繰り返し、一つの供試体につき合計100回行う。

S E M観察によるコンクリート中のシリカフュームの分散状態を、次式で定量的に表す。

$$\text{分散率 (\%)} = \frac{\text{シリカフュームの分散状態を発見した回数}}{\text{シリカフュームを発見した全回数}} \times 100$$

図-1にシリカフュームの分散率と練混ぜ時間との関係を示す。パドル配列角度に関係なく、練混ぜ時間の増加にともない分散率が高くなるのがわかる。また、練混ぜ時間が60秒では、パドル配列角度45度の分散率の方がパドル配列角度90度より高い。しかし、1000秒まで練混ぜ時間を増やすと、パドル配列角度90度の方が高い分散率を示す。時間をかけて練り混ぜる場合、パドル配列角度90度の方が練混ぜ効果が高いが、通常の使用時間である60秒程度ではパドル配列角度45度の方が練混ぜ効果が高い。

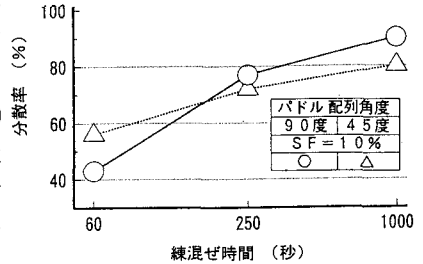


図-1 練混ぜ時間とシリカフューム分散率の関係

3-2 スランプフロー

スランプフローと練混ぜ時間との関係を図-2に示す。すべてのコンクリートにおいて、スランプフローは250秒で最大となった。また、1000秒ではスランプフローは低下しているが、これはシリカフュームの分散に関わらず、セメントの水和反応により流動性が低下したものと考えられる。パドル配列角度によるスランプフローの違いはみられない。シリカフューム無混入コンクリートは全体的にスランプフローは大きかったが、60秒では材料分離ぎみであった。また、コンシステンシー試験では評価できないが、感覚的にシリカフューム混入コンクリートの方が材料分離抵抗性が大きく、かつ流動性が優れていると思われる。

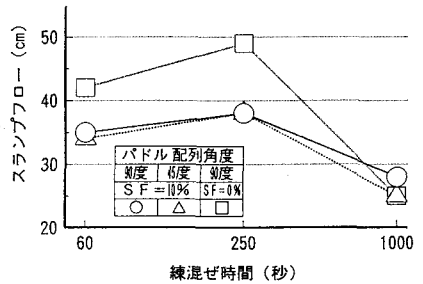


図-2 練混ぜ時間とスランプフローの関係

3-3 空気量

図-3に空気量と練混ぜ時間の関係を示す。シリカフューム混入コンクリートは、練混ぜ時間の増加にともない空気量が著しく増加している。これはシリカフュームを混入することによってコンクリートの粘性が高まり、ミキサによって巻き込まれた空気が抜けにくくなったものと考えられる。

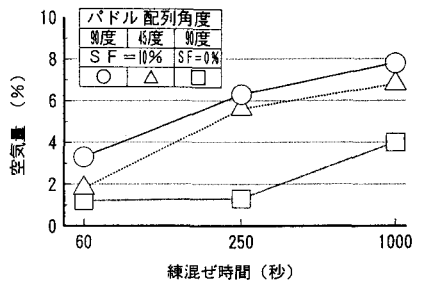


図-3 練混ぜ時間と空気量の関係

3-4 圧縮強度

図-4に圧縮強度と練混ぜ時間との関係を示す。シリカフューム混入コンクリートの圧縮強度は、練混ぜ時間の増加にともない低下していることが分かる。しかし、この結果はシリカフュームの分散よりも空気量の影響が多いと考えられる。

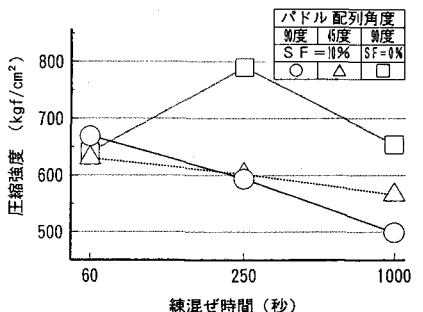


図-4 練混ぜ時間と圧縮強度の関係

4. まとめ

今までの二軸強制練りミキサの可視化実験により、60秒程度で練混ぜではパドル配列角度45度の方が、パドル配列角度90度より有効であると報告されている。S E M観察による分散率の傾向においても同様のことが確認できた。よって本研究で提案した分散率は二軸強制練りミキサの練混ぜの指標に適する。一方、スランプフローや圧縮強度は、シリカフュームの性質以外の要因に左右されるため、練混ぜの評価に適さない。