

V-85

超高強度シリカフュームコンクリートの諸性質に関する研究

日本コンクリート工業(株) 正会員 土田伸治 丸山武彦 西山啓伸

1. はじめに

シリカフュームの海外での利用は、コンクリートの耐久性改善や高強度化を目的として実用化されている。我国でもシリカフュームに関する研究が盛んに行われているが、まだ本格的な実用化に至っていない。筆者らも、前報¹⁾²⁾のように一般に入手できる砕石および砕砂を使用し、シリカフューム、高性能減水剤およびオートクレープ養生(以下、AC養生)を組み合わせることにより、超高強度コンクリートを得る実験をした結果、最高強度 1870kgf/cm^2 が得られた。本報告はシリカフュームを用いた超高強度コンクリートに関し、強度レベルで2種類選定し、現在実用化されているシリカフュームを用いていない高強度コンクリートと比較して、それらの諸性質を実験的に検討したものである。

2. 実験概要

表1. シリカフュームの化学成分(%)および性質

	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	C	H ₂ O	loss	比重	比表面積
(1) 使用材料・配合	94.0	0.3	0.3	0.2	0.5	0.4	0.8	1.0	0.5	1.5	2.20	20 m ² /g

通称「シリカ」セメント、シリカフュームは表1に示すものであり、混和剤は高性能減水剤(β -ナフタンスルホン酸塩系)を用いた。骨材は茨城県岩瀬産の硬質砂岩の細砂($\rho=2.63$ 、 $F.M=3.02$)と砕石($\rho=2.63$ 、 $G_{max}=15\text{mm}$)である。3種類の圧縮強度レベルによるコンクリートの配合を表2に示す。

(2) 混練方法・供試体作製 練り混ぜ方法は容積100ℓの強制練りミキサーを用いセメント、シリカフュームおよび細粗骨材を投入して空練りを1分行い、水および混和剤を投入してから配合NO.1,2に関しては3分、配合NO.3に関しては1分行った。円柱($\phi 10 \times 20\text{cm}$)および角柱($10 \times 10 \times 40\text{cm}$)の供試体の作製はJIS A 1132に準じ、遠心($\phi 20 \times 30\text{cm}$)はJIS A 1136に準じた。

表2. コンクリートの調合表(シリカフュームはセメントの外割り)

配合NO	目標強度レベル kgf/cm ²	スラン (cm)	空気量 (%)	水セメント比 W/C (%)	単位セメント量 kg/m ³	細骨材率 s/a (%)	シリカフューム混入率 (%)	高性能減水剤率 (%)
1	1800	8±2	3±1	24.6	500	42.0	30.0	5.0
2	1500	8±2	2±1	27.6	500	42.0	20.0	3.0
3	800	8±2	2±1	33.9	440	44.0	—	1.5

(3) 養生方法 コンクリート打設後、蒸気養生($65^\circ\text{C} \cdot 4\text{時間}$)を行い、その後、AC養生($180^\circ\text{C} \cdot 10\text{気圧} \cdot 3\text{時間}$)とした。

(4) 実験方法 乾燥収縮試験の基長は蒸気養生後に供試体を脱型した時点とし、AC養生後までの測定方法は、JIS A 1129の角柱の場合はダイヤゲージ法、遠心供試体の場合はコンタクトゲージ法により行った。その後、恒温恒湿室($20^\circ\text{C} \cdot 60\%$)に静置し、 π 型ゲージ(標点間200mmおよび100mm)を取り付け測定した。

凍結融解試験は、JIS 原案「コンクリートの凍結融解試験方法(案)」に準じ、中性化試験は、AC養生後の供試体を相対湿度90%以上、炭酸ガス濃度18vol%の湿空箱に入れ、炭酸ガスによる中性化促進試験を行った。耐薬品性試験は、JIS 原案「コンクリートの溶液浸せきによる耐薬品性試験方法(案)」に準じ、4試薬(塩酸、硫酸、硫酸ナトリウム、硫酸マグネシウム)に浸せきさせ、重量の減少量を測定した。細孔径分布試験は、水銀圧入法により行った。

3. 実験結果および考察

(1) 乾燥収縮(図1) シリカフュームコンクリートの乾燥収縮は、シリカフューム無混入とほぼ同じ程度の値を示しており大差はないと思われる。

シリカフュームを混入すると細孔容積が減少する(図4参照)と共に微細な細孔の割合が多くなり強度は増大するが、反面、微細な細孔は毛細管張力を大きくする。この両者のバランスにより、シリカフュームコンクリートの乾燥収縮はセメントペーストの増大にも関わらず、高強度の無混入コンクリートと同程度になるものと考えられる。

(2) 凍結融解試験(図2) シリカフュームコンクリートの凍結融解抵抗性は無混入コンクリートより優れており、また、遠心供試体の方が角柱より優れている結果であった。これは、シリカフュームコンクリートそのものおよび遠心成形法共に組織が緻

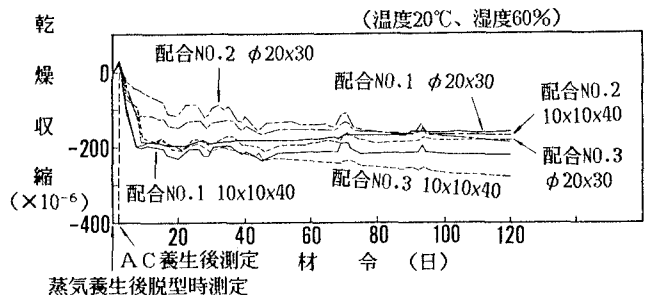


図1. 乾燥収縮試験結果

密になり強度が増大したこと、細孔径がきわめて小さく細孔中の水分の凍結温度が低下したことが考えられる。

(3) 中性化試験 本実験の配合では中性化の進行は認められなかった。これはシカუმコンクリートの水和物 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ が、可溶性シリカとAC養生による水熱反応により、結晶性の高いシカーム水和物が生成され、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ がほとんど残らなくなるが、コンクリートの組織が緻密になるために炭酸ガスの浸透が極めて少くなるからと考えられる。

(4) 耐薬品性試験(図3) 塩酸、硫酸ナトリウム、硫酸マグネシウムに対する重量変化はほとんどなく、これらの場合に対する抵抗性は十分にあると考えられる。硫酸の場合は配合による差はあまりないと思われるが、遠心供試体は角柱よりも重量減少が少ない結果となった。これは、遠心成形時に型枠面に微粒子が集まり、薄い緻密な層ができるため侵食を受けにくいからであろう。

(5) 細孔径分布(図4) 本実験の配合によるコンクリートの全細孔容積は、通常のコンクリートに比べて、いずれも少ないようである。特に水セメント比が小さくシカーム混入量が多い配合NO.1は、円柱・遠心共に全細孔容積が最も小さくなっている。これは水セメント比が小さいこと、微粒子であるシカーム混入によるマイクロフィラー効果によりよく締固まること、さらにポゾラン反応によって硬化体組織が緻密化したことの効果と考えられ、特にマグネシアの細孔容積の減少が著しい。配合NO.3は、水セメント比が高いこと、シカームを混入していないことなどから、細孔容積は比較的大きくなり、細孔半径が大きい140~600Å付近の分布が最も多くなっている。また、シカームコンクリートでは円柱の方が遠心供試体よりも全細孔容積が小さく、締固め効率が良い。本実験ではシカームを多量に混入しているので、遠心成形ではシカームが分離しやすいこと、マイクロフィラーは遠心力によって抜けにくいことが考えられる。これに対して、無混入コンクリートの場合は逆に遠心の方が全細孔容積は小さく、マイクロフィラーは遠心力によって抜けやすいことが考えられる。

4. まとめ

- (1) シカームコンクリートの乾燥収縮は無混入コンクリートとほぼ同じ程度の値を示し、大差はないものと思われる。
- (2) 凍結融解抵抗性はシカームコンクリートの方が優れており、また、遠心成形法による供試体も優れた結果を示す。
- (3) 本実験の配合で中性化促進試験を行った結果、中性化の進行は全く認められない。
- (4) 耐薬品性試験の4試薬中、硫酸に対する抵抗性は多少劣るが配合による差はほとんどないものと思われる。
- (5) シカームコンクリートの細孔容積は少なく、また、シカーム無混入でも遠心成形により細孔容積が減少する。

【参考文献】1) 丸山、土田、河野：シカームを用いた高強度オートクレーブ養生コンクリートの研究、第43回セメント技術大会、
2) 丸山、土田：オートクレーブ養生を施した高強度シカーム混入コンクリートの研究、土木学会大会学術講演梗概集、1989

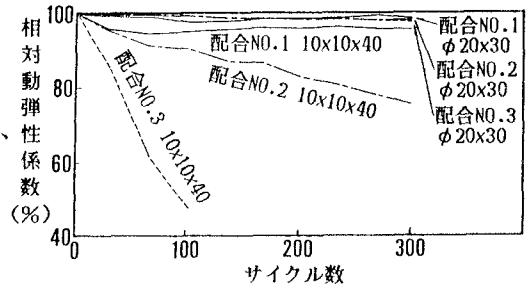


図2. 凍結融解試験（相対動弾性係数）

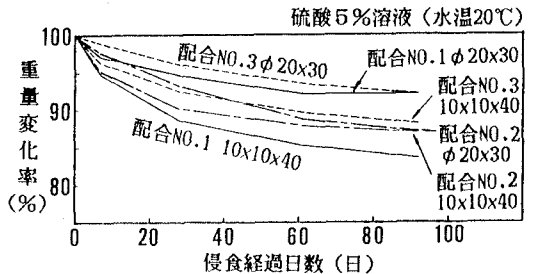


図3. 耐薬品性試験結果

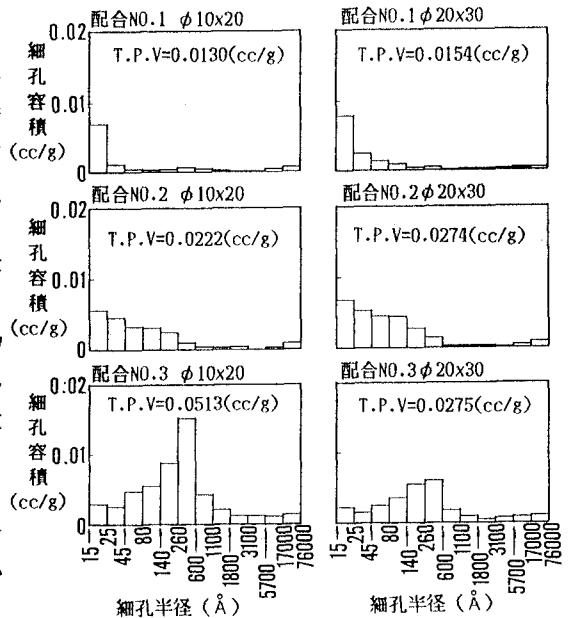


図4. 細孔径分布図