

V-47

シリカフューム混入コンクリートの品質に関する2、3の検討

八戸工業大学工学部 正員○杉田修一
八戸工業大学工学部 正員 庄谷征美
八戸工業大学工学部 正員 磯島康雄

1. はじめに： コンクリート用混和材として各種のボゾラン微粉末スラグを積極的かつ有効に利用しようとする気運にある。筆者らはこれらの内、特に活性が高く強度、水密性及び耐久性を改善する効果が顕著であるといわれるシリカフューム（以下SFと表記する。）に着目し、検討を行ってきている。本報告では国内外のSFを用いたコンクリートの力学的特性および乾燥収縮、圧縮クリープ等についてSFの種類、添加率、水セメント比及び養生程度などを変数として実験的検討を行い、SFの混入の効果を検討した結果を述べるものである。

2. 実験概要：（1）使用材料及び配合

セメントは普通ポルトランドを使用した。細骨材は、比重2.57の陸砂、粗骨材として比重2.64、最大寸法25mmの安山岩を用いた。試料AE剤（ヴィンソル）及び高性能減水剤（NL1450）使用

表-1 シリカフュームの主な成分・組成表

項目	比 重	かさ密度 (g/cm ³)	比表面積 (m ² /g)	PH	粒子径 (μ)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	C (%)
A	2.03	0.20	28	7.5	0.36	90.64	0.34	3.07	0.31	0.27	1.51
B	2.15	0.30	—	5.9	—	97.0	0.09	0.09	0.11	0.09	0.90
C	2.20	0.25	—	8.4	0.30	91.0	0.60	1.50	0.30	2.00	2.00
D	2.10	0.25	—	—	0.30	90.0	1.00	1.50	0.50	1.50	1.50
E	2.22	0.25	—	7.8	0.50	90.9	0.57	1.20	0.52	1.44	—

コンクリートであり、SF混入率の変化に拘らず同一の単位水量で所定のワーカビリティ及びエア量（sl=8

cm, air=5%）が確保されるように、これら両材の添加量を試験練りにより定めた。ちなみに、基本コンクリートとして上記条件を得るに必要な単位水量は167kg/m³であった。用いたSFは、国産及び外国産の計5種で表-1にその品質を示す。表-2は試験に用いられた配合及び試験組合せ条件を示す。試験項目としては、圧縮強度、引張強度及び静弾性係数等の力学特性及び乾燥収縮、圧縮クリープである。（2）供試体および試験方法

乾燥収縮及び圧縮クリープに及ぼすSF混入の影響を検討するのに用いた供試体の形状寸法は、10×10×40cmの角型であり、圧縮強度、引張強度及び弾性係数測定用としてφ10×20cm円柱供試体を使用した。図-1には、乾燥収縮及び圧縮クリープ試験用供試体の概略を示したが、コンクリート断面中央部に外径38mmの塩ビ管をシースとして用いており、クリープ応力導入には、φ24mmPC鋼棒をセンターホール式ジャッキに連結し鋼材に貼付したワイヤストレインゲージにより応力を一定に管理した。供試体は所定期間水中養生後、50%R.H. 20℃乾燥条件下及び20℃水中条件において各試験に供した。測長には1/1000mm読みのコンタクトゲージを用いて行った。シリーズIでは80日間、シリーズIIでは試験の関係上50日以上測定を行っている。重量変化には20kg秤量0.1g感量の自動台秤において測定した。

3. 結果および考察：（1）力学的挙動とボゾラン活性 本研究では実験シリーズI、IIにおいて水セメント比を25～75%の範囲に変化させている。σ₂₈の最大値はSFの（B）20%使用で880kgf/cm²程度の値となっている。SFの有効性に限度はあるが、混和は強度を顕著に増加させる（図-2）。このSFの活性度を調べるため次式の結合効率係数K_cを評価した。サフィックスSiはSF混入、Rは無添加に対応する。

表-2 組合せ表

	W/C+F (%)	S/C+S (%)	τ (日)	養 分 D, W	応 力 強 度 比	備 考
コ ン ト	45, 65 55	—	7, 28, 56 28	D D, W	1/3 1/3	シリーズI
ロ ー ル	25, 75 50	—	14, 56 28	D D, W	1/3 1/5, 1/3, 1/1.6	シリーズII
A	45, 65 55	20 20	7, 28, 56 28	D D, W	1/3 1/3	シリーズI
B	45, 65 55	20	7, 28, 56 28	D	1/3	シリーズI
	25, 75 50 50 50	20 10 20 30	14, 56 28 28 28	D D, W D D, W	1/3 1/3 1/5, 1/3, 1/1.6 1/3	シリーズII
C	55	10, 30	28	D, W	1/3	シリーズI
D	55	10, 30	28	D, W	1/3	シリーズI
E	25, 75 50 50 50	20 10 20 30	14, 56 28 28 28	D D, W D D, W	1/3 1/3 1/5, 1/3, 1/1.6 1/3	シリーズII

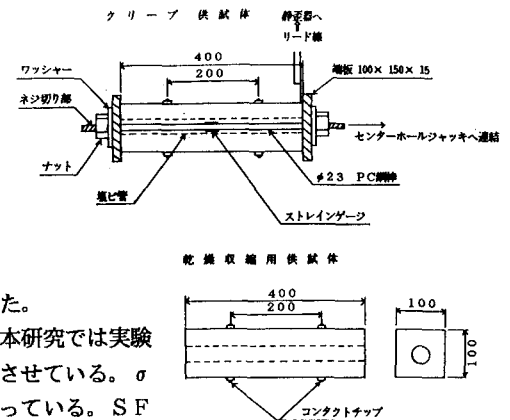


図-1

$$(W/C)_R = W / (C + K \cdot Si) \quad (1)$$

$$K = ((W/C)_{Si} - (W/C)_R) / (Si/C \cdot (W/C)_R) \quad (2)$$

上式 K は図上で評価を行い、材令、SFの種別ごとに算定した。 K の値は材令14日程度以降ほとんど変化しないが、種類では SiO_2 分の多いBが、又、SF混入率 $Si / (C + Si)$ の低いほど K は大きく強度的には有効に作用していること、評価の基準圧縮強度が低いほど大となる傾向がみられた（図-3、4）。SFを混入すると同一圧縮強度で脆度係数が2〜3程度減少し、幾分引張強度は改善されている（図-5）。圧縮強度と静弾性係数（1/3割線）の関係は、予想と異なり無混和とSF混入で大きな差がみられなかった。本研究では $W = 167 \text{ kg/m}^3$ 一定でありSF混入によるペースト量の増加が比較的少ないためかと考えられる（図-6）。（2）乾燥収縮および圧縮クリープ性状

表-2に示す組合せについて、20と50% R. H. 下の収縮、圧縮クリープ（水中含）を求めた。 $W / (C + Si) = 55\%$ （シリーズI）、50%（シリーズII）で $Si / (C + Si) = 20\%$ の28日養生コンクリートについてSF種類別に比較すると $Si / (C + Si)$ 比の増加と共に乾燥収縮はSFの（C）を除いても増加傾向、乾燥下の比クリープはやや減少気味、水中の比クリープはほぼ同様の微増の様相にあることがわかった（図-7）。クリープ係数 ϕ は圧縮クリープと同様の傾向にあること、又、SF混入により見かけ上“drying creep”は減少する傾向にあることがみとめられた（図-8）。以上の結果を同条件下で比較するため収縮は単位ペースト量当り、クリープは単位ペースト量当りの乾燥下の比クリープと圧縮強度との関係を描いた。乾燥収縮はSF混入により低強度の場合の増加傾向が大きいこと、クリープは $\sigma C = 300 \text{ kgf/cm}^2$ 以上では無混和に比べ低下するが 600 kgf/cm^2 程度以上の高強度では混入の有無に関係なく0.3〜0.4程度の一定値に近づくことがわかる。クリープの減少の原因は明確でないが、収縮増の原因はSF混入によるポロシティー特性の変化に求められると思われる。

4. まとめ 5種類のシリカフェームを用いて活性度、長さ変化特性などを検討したが、種別により効果においてかなり異なる場合もあり、使用に当たり十分な留意が必要であることがわかった。

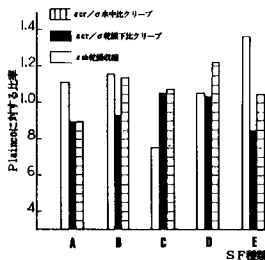


図-7 SF種別が乾燥収縮及び比クリープに及ぼす影響

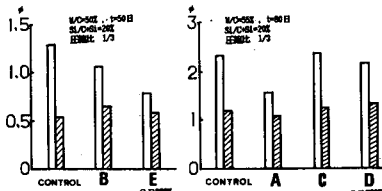


図-8 SF種別とクリープ係数の関係

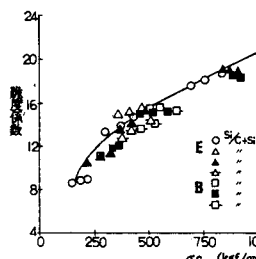


図-9 脆度係数と圧縮強度の関係

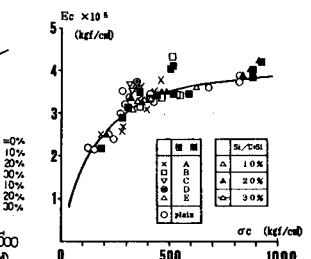


図-10 静弾性係数と圧縮強度の関係

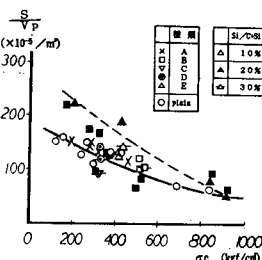


図-9 単位ペースト量当りの収縮と圧縮強度の関係

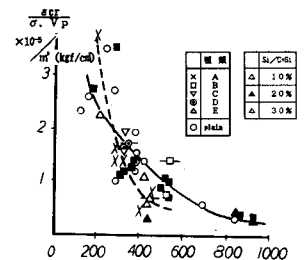


図-10 単位ペースト量当りの比クリープと圧縮強度の関係

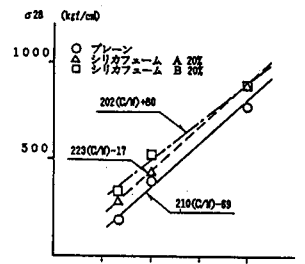


図-2 28日 σ_c と $Si/(C+Si)$ の関係 ($C+S$)/ W

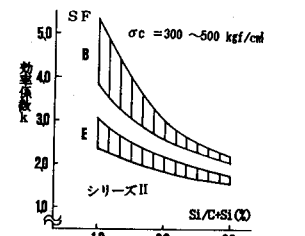


図-3 静弾性係数 E_s と SF 混入率 $Si/(C+Si)$ の関係

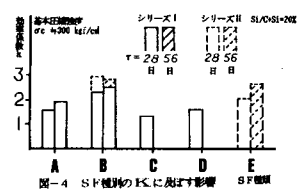


図-4 SF 種別の E_s に及ぼす影響