

シリカフュームの混入が自己収縮拘束特性に及ぼす影響

金沢大学大学院 学生会員 森下隆志  
金沢大学工学部 正会員 五十嵐心一  
金沢大学工学部 フェロー 川村満紀

1. 序論

自己収縮が拘束されることにより発生する引張応力が、強度発現の十分でない若材齢の高強度コンクリートにひびわれを生じさせる可能性が指摘されている。高強度コンクリートがその高性能を十分に発揮するためには、拘束応力の大きさを適切に評価し、ひびわれの発生を抑制する技術を確立することが必要である。この場合、発生する拘束応力はクリープにより著しく緩和されるので、ひびわれの発生機構は若材齢におけるコンクリートの粘弾性的な性質との関連において理解されねばならない[1]。しかし、その一方において、若材齢は、活発なセメントの水和反応の進行にともない、剛な内部組織が形成されていく過程であり、硬化コンクリートとは異なった粘弾性特性を示す可能性もある[2]。本研究においては、一軸引張型拘束収縮試験装置を使用して、シリカフュームの混入が、若材齢の高強度コンクリートの自己収縮を拘束することによる引張クリープ特性に及ぼす影響について実験的に検討した。

2. 実験概要

(1)使用材料およびコンクリートの配合 使用したセメントは普通ポルトランドセメントであり、骨材には石川県手取川産の川砂、川砂利(最大寸法 10mm)を使用した。使用したシリカフュームの比表面積は 20.0m<sup>2</sup>/g、SiO<sub>2</sub>含有量は 90.8%であり、そのセメントとの置換率は 10%とした。コンクリートの水セメント比は 0.25 であり、目標スランプ 10cm として高性能減水剤の添加量を定めた。コンクリートの配合を表-1 に示す。

表-1 高強度コンクリートの配合(kg/m<sup>3</sup>)

| 略語 | W/B  | 水   | セメント | シリカフューム | 細骨材 | 粗骨材  | 減水剤(%) |
|----|------|-----|------|---------|-----|------|--------|
| PC | 0.25 | 145 | 581  | 0       | 559 | 1086 | 1.7    |
| SF | 0.25 | 142 | 510  | 57      | 559 | 1086 | 2.6    |

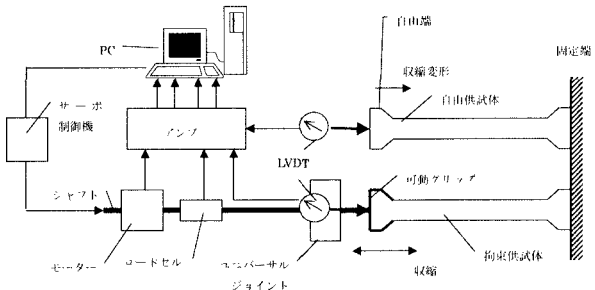


図-1 一軸引張型拘束収縮試験装置

(2)一軸引張型拘束試験 練り混ぜたコンクリートを図

-1 に模式的に示した恒温槽(18℃)内に置かれた拘束試験試験装置の型枠(供試体寸法：50×50×1018mm)に打設し、直ちに密封した。2本の供試体のうち、1本の供試体(非拘束供試体)は自由な収縮変形を許しその収縮量を自動計測した。一方、拘束供試体では拘束開始材齢を 12 時間とし、収縮ひずみが 10×10<sup>-6</sup>に達するたびに、モーターの駆動により初期位置まで供試体を引き戻し、その過程でのグリップの変位と拘束応力の変化を連続的に自動計測した。ここでは全ひずみ(累積弾性ひずみ)と自由収縮ひずみの差をクリープひずみとするが、それは変動する拘束応力下において時間とともに増大するひずみである。

(3)割裂引張強度試験 収縮拘束試験終了後の非拘束供試体および拘束供試体を使用して、BS1881:Part117に従って割裂引張強度を求めた。

(4)静弾性係数試験 直径 50mm×高さ 100mm の円柱供試体を作製し、拘束収縮試験と同様に密封養生を行った。所定材齢において JIS A 1113 に従って圧縮強度試験を行い、同時に静弾性係数を求めた。

3. 結果および考察

図-2 は自己収縮ひずみおよび拘束供試体の拘束応力の時間にもなう変化を示したものである。いずれの配合のコンクリートも収縮ひずみは材齢 24 時程度まで著しく増大し、その後の増大割合はそれ以前に比べて小さくなるが、ほぼ直線的に増大している。一般に、シリカフュームの混入により自己収縮ひずみは増大することが指摘されているが、本研究においてはシリカフューム混入の有無による差は認められない。一方、拘束応力は、材齢 18 時間以降シリカフューム無混入の方が高い値を示しており、拘束されているひずみが

等しくても拘束力は大きく異なり、自己収縮ひずみの大きさだけで、発生応力は推定できないことがわかる。図-3 は拘束供試体にて拘束されているひずみ成分を分離して得られたクリープひずみを示したものである。

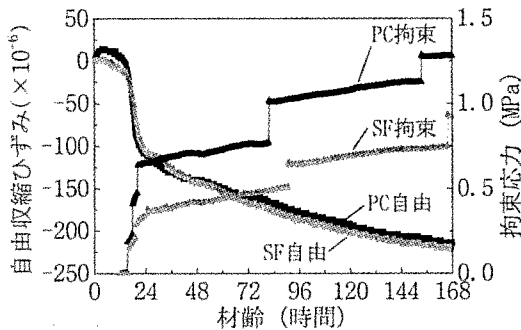


図-2 自己収縮ひずみおよび拘束応力の変化

シリカフューム混入の有無による差は全く認められず、いずれのコンクリートも収縮ひずみ同様に拘束開始直後の初期材齢にて著しい増加を示し、結果としてクリープひずみが拘束された全収縮ひずみの70%~80%を占めている。図-4 は単位クリープひずみの時間にもなう変化を示したものである。シリカフューム混入の方が大きな単位クリープひずみを示し、シリカフュームコンクリートの方が若材齢においては大きな引張クリープ能を示すことがわかる[2]。

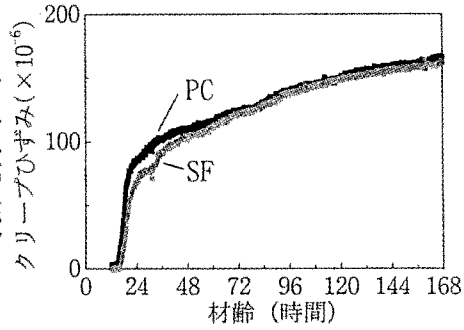


図-3 クリープひずみの変化

図-5 は拘束により発生する引張応力の割裂引張強度に対する比の時間にもなう変化を示したものである。いずれの配合も引張応力/引張強度比の時間の進行にもなう変化は比較的小さく、また応力/強度比も20%以下とかなり小さい。図-6 は拘束供試体において可動グリッを引き戻す際の応力増分から求めた弾性係数と強度試験時に測定した静弾性係数を比較したものである。いずれの配合も拘束供試体では材齢24時間前後に引張弾性係数の低下が認められるのが特徴的である。また、材齢168時間においては自己収縮拘束試験より求めた引張弾性係数は強度試験から求めた圧縮静弾性係数より小さい。しかし表-2に示すように試験終了後の供試体を用いて行った割裂引張強度試験結果を見る限りにおいては、拘束供試体は自由に収縮を許した供試体に比べてやや低い引張強度を示すに過ぎない。一般に、硬化コンクリートのクリープ変形を増大させる要因の一つとして微細ひび割れの発生が挙げられが、本研究においては応力/強度比も低く、シリカフュームコンクリート拘束供試体においても損傷の可能性は低いと考えられる。よってシリカフュームコンクリートの単位クリープの増大に関しては、拘束引張応力によるひび割れ発生以外のメカニズムの寄与を考えるべきと思われる。

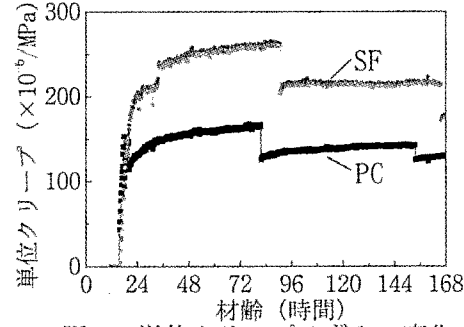


図-4 単位クリープひずみの変化

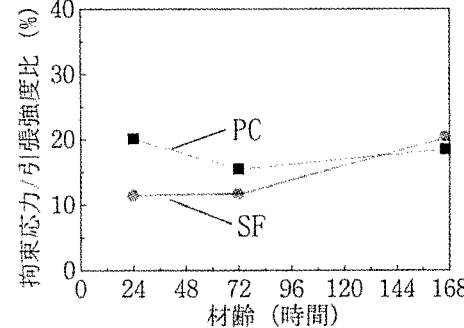


図-5 拘束応力/引張強度比の変化

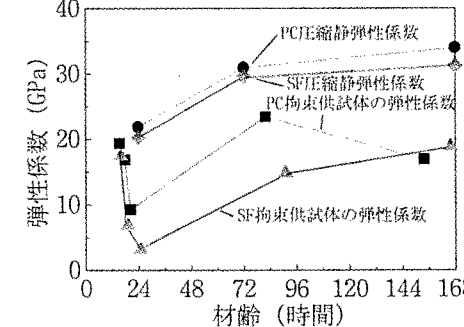


図-6 弾性係数の変化

表-2 割裂引張強度試験結果

|    | 非拘束供試体 | 拘束供試体 |
|----|--------|-------|
| PC | 4.99   | 4.24  |
| SF | 5.03   | 4.45  |

4. 結論

- (1) 自己収縮ひずみにシリカフューム混入の有無による差は認められない。
- (2) 若材齢で自己収縮ひずみが拘束されると、シリカフュームコンクリートの方が大きな単位クリープひずみ示す。
- (3) シリカフュームコンクリートの単位クリープの増大は拘束応力によるひび割れ発生とは直接関係づけられない。

参考文献 [1]自己収縮研究委員会報告書,日本コンクリート学,1996, [2]Bissonnette,B. et al 'Tensile creep at early ages of ordinary, silica fume and fiber reinforced concretes',Cem.Concr.Res.25(5)(1995) 1075-85.