

フライアッシュを混和したプレキャスト PC 製品のひび割れ抵抗性

愛媛大学大学院 学生会員 ○ 中野 魁
愛媛大学大学院 正会員 氏家 勲 河合慶有
極東興和株式会社 正会員 河金 甲

1. はじめに

近年、高品質コンクリートの安定生産や作業環境の改善などを目的にプレキャスト PC 製品の需要が高まっている。一般に、PC 製品製造時には早期のプレストレス導入強度確保の観点から早強ポルトランドセメントを使用して蒸気養生が実施されている。また、フライアッシュ (FA) をセメントと置換することで長期強度や耐久性能の向上などコンクリートの性能を改善させる効果がある。しかし、高温養生を行った FA 混和コンクリートは早強単味と比較して収縮ひび割れ抵抗性が大きく低下することが報告されている¹⁾。PC 製品に適用する配合に FA を混和して蒸気養生を実施した場合のひび割れ抵抗性は十分には検討されていないため、本研究ではひび割れが発生する原因を FA 混和の有無と前養生の温度を変えて、収縮拘束供試体に発生する拘束応力や引張強度の強度発現性状から検討した。

2. 実験概要

(1) 配合

表 1 に配合を示す。配合は早強ポルトランドセメント (密度 3.14g/cm³) のみのもの (HSC) と FA (Ⅱ種品、密度 2.17g/cm³) を 20%置換したもの (FAC) を用いた。また、配合は設計基準強度 70N/mm²の PC 製品を想定したものである。FA 混和の場合、強度発現が HSC と同等となるよう W/B を 2%低減した。

(2) 供試体概要

供試体は図 1 に示すように収縮拘束供試体と自己収縮測定供試体、割裂引張試験用の円柱供試体を作製した。収縮拘束供試体にはφ19 の鋼棒 (両端 M20 ねじ切り) を用い、供試体断面は既往の研究¹⁾を参考に 59mm×59mm (鉄筋比: 8%) とした。鋼棒中央にひずみゲージを貼付し、得られたひずみから、拘束応力を求めた。材齢 28 日まで測定した。自由収縮供試体には低弾性係数の埋込み型ひずみ計を供試体中央に設置した。

(3) 養生条件

図 2 に養生における設定温度を示す。はじめに前養生を 20℃と 10℃で 3 時間行った。前養生の 10℃は冬期の工場を考慮したものである。前養生後に容器内に溜めた水の上に供試体を移し、容器に蓋をして、15℃/h で昇温し、50℃-3 時間の温度履歴を与え、蒸気養生を模擬した。その後、容器から取り出し脱型し、10℃/h で降温し 40℃-5 時間保持した後、20℃環境に静置した。40℃-5 時間の乾燥は実際の製品工場において蒸気養生終了後もシートを取らず、高い温度で保持されることを考慮したものである。

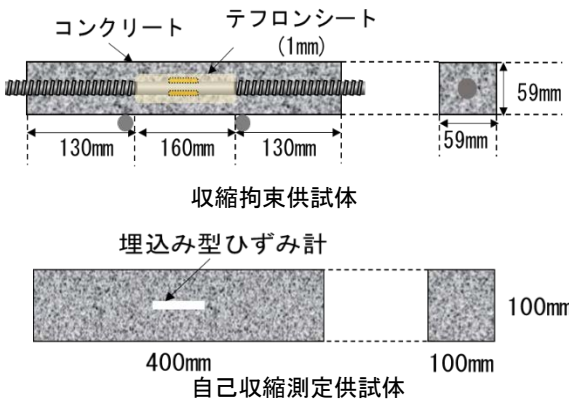


図 1 供試体模式図

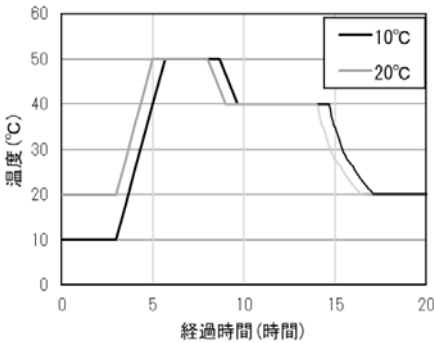


図 2 養生における温度設定

表 1 コンクリートの配合

配合	W/B (%)	単位量(kg/m ³)					単位量(g/m ³)	
		水 W	セメント C	混和材 FA	細骨材 S	粗骨材 G	減水剤	AE剤
HSC	29	147	507	—	688	1029	4060	150
FAC	27	152	450	113	630	978	6470	170

キーワード 蒸気養生 プレキャスト PC 製品 ひび割れ抵抗性 フライアッシュ

連絡先 〒790-8577 愛媛県松山市文京町 3 愛媛大学大学院理工学研究科環境建設工学コース 089-927-9819

3. 実験結果と考察

図3にHSCおよびFACそれぞれの養生条件での引張強度の発現性状を示す。図3より24時間以内ではどちらの養生条件でもHSCの方がFACよりも引張強度は大きい。材齢7日以降ではFACの引張強度はHSCとほぼ同じかやや高くなっている。また、FACの40℃乾燥終了後の引張強度を除いてHSCおよびFACどちらも前養生温度が10℃のほうが20℃の場合より引張強度は高くなっている。

図4にコンクリートの自己収縮供試体から得られた体積変化を示す。材齢24時間以内は温度変化と自己収縮によるひずみが主である。前養生20℃では蒸気供給終了後からの収縮量はFACのほうがHSCより大きくなっているが、前養生10℃では同程度である。また、材齢28日まででは前養生10℃のほうが20℃より収縮が小さくなっているが、FAの混和の有無によるコンクリートの収縮量の差はあまりないと思われる。

図5は拘束試験の鉄筋ひずみから算出した拘束応力の経時変化を示す。経過時間約8時間後の拘束応力の低下は拘束供試体を脱型した際に温度が低下し、鉄筋による拘束が緩和したことによる。その後、前養生20℃では、HSCおよびFACどちらも拘束応力が増加したが、20℃環境へ移した15時間後から拘束応力が大幅に低下している。この低下は温度低下によるものではあるが、前養生10℃の場合より低下の程度が大きく、表面観察からは確認できなかったが、コンクリートに微細なひび割れが発生したための応力緩和による可能性もある。一方、前養生10℃においては、HSCでは拘束応力の低下はなかったが、FACでは20℃環境へ静置から一旦拘束応力が徐々に低下した。材齢1日以上は全ての供試体において拘束応力は増加したが、前養生10℃のFACにおいてのみ材齢約12日で拘束応力が急激に低下し、コンクリートに貫通ひび割れを確認した。

4. まとめ

FAを混和したコンクリートに蒸気養生を施した場合に、前養生20℃では既往の研究で報告されたひび割れ抵抗性の低下は確認されなかった。一方、PC製品の冬期作製を模擬した前養生10℃ではFAコンクリートは早強単味と比較するとひび割れ抵抗性が低下する可能性があった。この原因として、FAの有無によるコンクリートの収縮特性に大きな違いがなかったことから、若材齢での引張強度発現の違いが影響していると考えられる。さらに収縮拘束試験などのデータを蓄積して、蒸気養生を行ったFAコンクリートのひび割れ抵抗性能を検討する予定である。

5. 参考文献

1) 浅本晋吾、加藤優典、牧剛史、蔵重勲：改良型収縮拘束試験による収縮ひび割れ抵抗性に及ぼす養生温度及び混和材置換の影響、セメント、コンクリート論文集、Vol. 66、pp95-102、2012

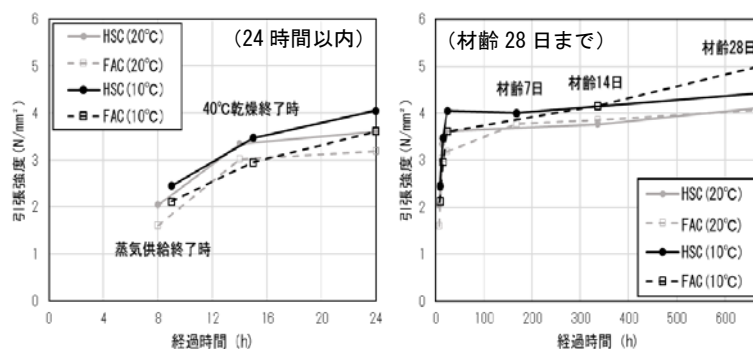


図3 引張強度の発現状況

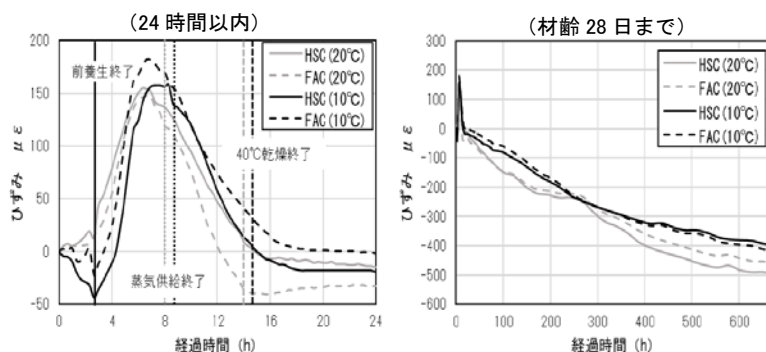


図4 コンクリートの体積変化

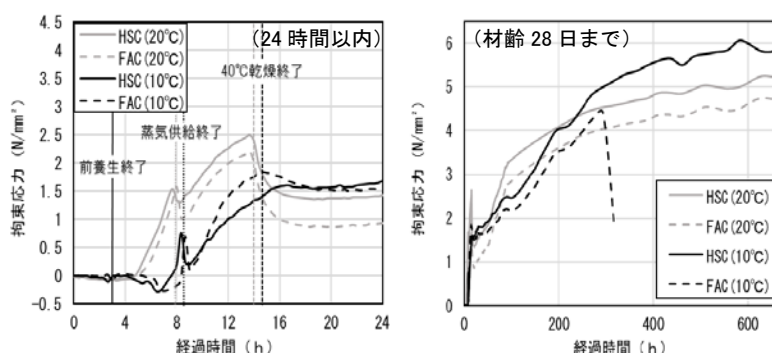


図5 拘束応力の経時変化