

膨張材を混入したシリカフェームコンクリートの緻密性について

徳山曹達株式会社 正会員○加藤弘義 立命館大学理工学部 正会員 高木宣章
京都大学工学部 正会員 井上晋 正会員 宮川豊章 正会員 藤井 学

1. はじめに 近年、コンクリート構造物の早期劣化が大きな問題となっており、耐久性の向上が重要な課題となっている。従来より、ひびわれ劣化対策の1つとしてケミカルプレストレスの導入を目的とした膨張コンクリートが用いられているが、その用い方によっては強度の低下、内部組織の劣化など改善すべき点も多い。超微粉末ボゾラン材料であるシリカフェームは、コンクリートの内部組織の改善効果が高く、コンクリートの緻密化という点から耐久性の向上に役立つと考えられている。本研究は、シリカフェームと膨張材を併用したコンクリートの特性を検討し、実構造物への適用のための基礎的資料を得ることを目的とする。

2. 実験概要 本研究は、次の2シリーズから構成されている。

シリーズ1：円柱供試体（ $\phi 15 \times 30$ cm）を $\phi 22$ mmの鉄筋で拘束（拘束鉄筋比2.33%）した拘束コンクリートを用いて、膨張材を混入したシリカフェームコンクリートに導入されるケミカルプレストレス量、強度特性について検討した。供試体は、脱型後1日間恒温恒湿室内で密封養生した後、標準水中養生を行なった。膨張ひずみは、拘束鉄筋に貼付したひずみゲージにより測定した。材令28日に拘束状態で圧縮強度試験を行なった。

シリーズ2：シリーズ1でケミカルプレストレスの導入を確認することのできたコンクリートの配合を用い、軸方向鉄筋比2.53%の複鉄筋コンクリートはり（ $10 \times 20 \times 160$ cm、軸方向鉄筋D13： $f_y=3550 \text{ kg/cm}^2$ 、スターラップ $\phi 6$ ： $f_y=4950 \text{ kg/cm}^2$ ）の曲げ性状を検討した。供試体は、脱型後散水湿布養生を行ない、材令28日で1方向繰返し曲げ荷試験を行なった。試験スパン140cm、曲げスパン20cm、せん断スパン60cm、せん断スパン有効高さ比3.4の対称2点荷とした。

シリーズ1とシリーズ2の実験条件を各々表-1、2に、円柱供試体を図-1に、はり供試体を図-2に示す。

コンクリートの単位水量は、全タイプとも 170 kg/m^3 、シリカフェームの混入によるスランプの低下は高性能減水剤により調

整し、シリカフェーム無混入時のスランプを $7.5 \pm 1 \text{ cm}$ 、シリカフェーム混入時を $12 \pm 1 \text{ cm}$ とした。目標空気量は $4 \pm 1\%$ とし、AE助剤により調整した。シリカフェームと膨張材は、セメント重量に対して内割で使用した。

3. 実験結果および考察 3.1 シリーズ1 ケミカルプレストレス（ σ_p ）は、拘束鉄筋のひずみから次式により算定した。

$$\sigma_p = \varepsilon_s E_s p \quad \text{ここで } \varepsilon_s: \text{拘束鉄筋のひずみ } E_s: \text{拘束鉄筋の弾性係数 } p: \text{拘束鉄筋比}$$

ケミカルプレストレスの経時変化を図-3に示す。シリカフェーム混入率にかかわらず膨張材量 30 kg/m^3 では収縮補償程度の膨張量であり、ケミカルプレストレスはほとんど導入されていないが、膨張材量 60 kg/m^3 では、ケミカルプレストレスの増加が著しい。ケミカルプレストレスの導入は材令2～5日の間に急激に行なわれ、その後は比較的安定している。

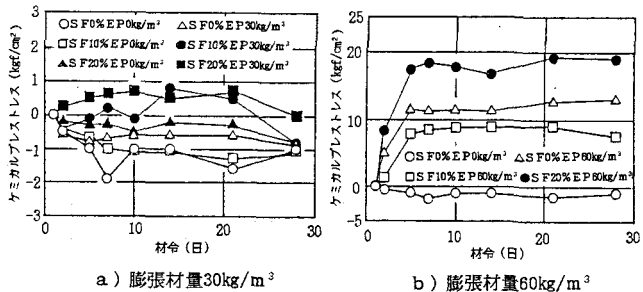


図-3 ケミカルプレストレスの経時変化

Hiroyoshi KATO, Nobuaki TAKAGI, Susumu INOUE, Toyoaki MIYAGAWA and Manabu FUJII

また、シリカフュームの混入によりケミカルプレストレスの増加が著しく、材令28日における導入量はシリカフューム無混入時の13.0kgf/cm²に対し、混入率20%では19.0kgf/cm²と46%増加している。しかし、混入率10%では、材令28日の導入量は7.5kgf/cm²と、無混入時より42%減少している。一般にシリカフュームコンクリートは養生条件に敏感で材令初期において収縮を起こしやすい。本実験においては脱型後1日間密封養生をした後水中養生を行っており、混入率10%の場合は、材令初期においてシリカフュームが悪影響を及ぼしたものと考えられる。

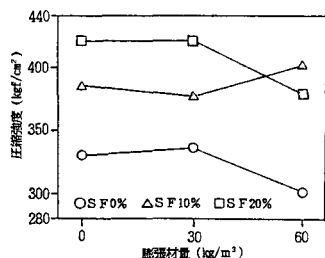


図-4 圧縮強度と膨張材量の関係

圧縮強度と膨張材量の関係を図-4に示す。膨張材量30kg/m³では、圧縮強度の減少はみられないが、60kg/m³ではシリカフューム混入率10%の場合を除き約10%の減少が認められる。一方、膨張材量に関わらず、シリカフュームの混入により圧縮強度の増加が認められ、混入率10%では膨張材量60kg/m³の場合を除き約15%、混入率20%では約25%の増加となっている。したがって、シリカフュームの混入により、膨張材の混入による圧縮強度の減少を抑制できると考えられる。

表-3 曲げ載荷試験結果

3. 2 シリーズ2 鉄筋コンクリートはりの曲げ載荷

試験結果を表-3に示す。目視観察による曲げひびわれ発生荷重時の各はりの最大ひびわれ幅には大きなばらつきがあるので、一般に目視可能なひびわれ幅の最小値と

タイプ	曲げひびわれ発生荷重 (tf)		引張鉄筋降伏荷重 (tf)	最大耐力 (tf)
	目視観察	ひびわれ幅0.04mm時荷重		
N-0	1. 5 5	1. 4 4	5. 1 3	6. 3 7
N-60	1. 5 1	1. 7 6	5. 3 7	6. 3 4
SF20-60	2. 1 2	2. 1 3	5. 3 8	7. 5 0

考えられる0.04mm時の荷重を曲げひびわれ発生荷重と仮定して算出した。これによると、膨張材の混入による曲げひびわれ発生抑制効果が認められ、シリカフュームの混入によりその効果はさらに高められている。ひびわれ発生状況を図-5に示す。普通コンクリートはりにおいては、せん断スパンに斜めひびわれが発生しているが、膨張材混入はりでは、斜めひびわれの発生はほとんどみられず、曲げひびわれ本数は少なく、ひびわれ発生間隔も小さくなっている。膨張材とシリカフュームを併用したはりでは、曲げひびわれ発生間隔がさらに小さくなっており、シリカフュームの混入により鉄筋とコンクリートの付着性状が改善されていると考えられる。荷重～スターラップひずみ曲線を図-6に示す。普通コンクリートはりでは荷重の増加にともないスターラップひずみ増加しており、スターラップがせん断力を伝達している。しかし、膨張材混入はりでは低荷重レベルでのスターラップひずみの増加はほとんど認められず、最大耐力付近で100～200μのひずみがみられるものの、普通コンクリートはりに比べて著しく小さい。これは、ケミカルプレストレスによってせん断ひびわれが抑制されたため、コンクリートによるせん断力の負担が著しく大きくなったことによると考えられる。引張鉄筋のひずみは、はりの最大荷重時にすべて降伏時ひずみ以上に達しており、コンクリートが圧潰し曲げ破壊を示した。普通および膨張コンクリートはりの最大耐力はほぼ同じ値であるが、膨張・シリカフュームコンクリートはりでは、前者に比べて約20%増加している。これは、ケミカルプレストレスおよびシリカフュームコンクリートの終局ひずみの増大(約1000μ)との相乗効果によるものと推察される。

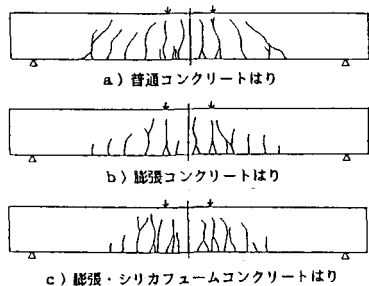


図-5 ひびわれ発生状況

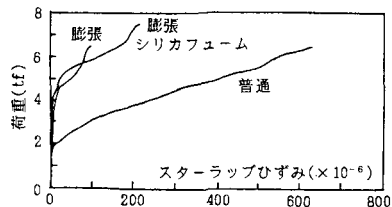


図-6 荷重～スターラップひずみ曲線

(参考文献) (株)鴻池組：ケミカルプレストレスによる高止水性を有するコンクリートの開発、(株)鴻池組技術資料、1989