

膨張性材料を用いた微膨張型 HPFRCC の開発

破壊診断工学研究室 河村 将史

1. はじめに

コンクリートは収縮しやすい材料であり、収縮が拘束されるとひび割れが生じやすい。従来は、コンクリートの収縮量を低減するため、収縮低減剤や若材齢時に膨張する膨張材が使われている。

本研究では、長期的に収縮することなく安定して微膨張の状態を保つことのできる新しいセメント系材料を開発することを目的としている。長期にわたりひび割れが生じずに微膨張するコンクリートが開発されれば、アンカーボルトの固定、削孔した穴やセパレーターコーンの穴埋め、コンクリート中に後から設置される管の背面充填、機械等の据え付け部などへの適用が期待される。

まず膨張性材料である静的破砕材を添加したコンクリートを取り上げ、次に硬化後に微膨張する HPFRCC (複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材料) として、静的破砕剤を添加した HPFRCC と、ASR(アルカリ骨材反応)の膨張を生じさせる水ガラスカレット粒子を添加した HPFRCC を取り上げた。

2. 実験概要

2.1 使用材料

静的破砕材を添加したコンクリートの添加量と粒径がコンクリートのひび割れ性状に及ぼす影響について検討した。その結果、ひび割れや破壊をコンクリートに生じさせないためには、添加量は 1m³ 当り 5kg 以下、粒径は 0.6mm 以下が適当であった。よって、HPFRCC に添加する静的破砕材は 0.6mm 以下の粒径で使用した。

珪藻土焼結品を、HPFRCC 供試体内部の ASR を促進するための水分供給を目的として使用した。珪藻土焼結品は体積の 70% が微細気孔とされており、多くの水を含むことや、空気を通わせることができる。予備実験で、珪藻土焼結品は、質量の約 60% の水を含むことが確認できた。練混ぜの際には、粒径を 0.6mm 以下にふるい分けし、吸水させた状態で使用した。

水ガラスカレットは、森野らの研究により ASR を促進させることが明らかにされている。本実験では水ガラスカレットを粉砕し、0.3mm ~ 0.15mm となるようにふるい分けた。

2.2 供試体概要

配合の特徴を表-1 に示す。圧縮試験用に円柱供試体(寸法 φ 50×100mm)、引張試験用にダンベル型供試体 (寸法 30×60×330mm)、長さ変化測定用に角柱供試体(寸法 40×40×160mm) を作製した。練混ぜにはオムニミキサーを使用し、供試体の締め固めにはテーブルバイブレータを用いた。

各供試体は材齢 1 日まで気温 20°C の恒温室でラップ養生を行い、脱型後材齢 1 日から材齢 7 日まで水中養生を行い、材齢 7 日以降は気温 20°C、湿度 60% の恒温室で気中養生した。

2.3 試験方法

(i) 圧縮試験

JIS A 1108 にもとづき、圧縮試験機を使用し、円柱供試体の圧縮強度を測定した。円柱供試体は 1 水準 3 個作製した。圧縮強度は 3 個の HPFRCC 供試体の平均で表す。

(ii) 引張試験

引張試験用供試体に対して、応力が最大となった点から引張強度を、引張強度時のひずみから終局ひずみをそれぞれ求めた。各水準のそれぞれの値は、5 個の HPFRCC 供試体の平均である。

(iii) 長さ変化測定

JIS A 1129-3 にもとづき、角柱供試体に 10mm のゲージプラグを供試体の両側に埋め込み、ダイヤルゲージを用いて長さ変化(3 個の供試体の平均)を測定し、元の長さで除して、長さ変化率(μ 表記)を求めた。

表-1 配合の特徴

No.	記号	水セメント比 W/C (%)	水粉体比 W/P (%)	静的破砕材 Dem (kg)	水ガラスカレット Lg (kg)	珪藻土焼結品 Ab (kg)	膨張材 Ex (kg)
①	Con-S	50.0	38.0	0	0	0	0
②	Con-Ab					110	
③	Ex	50.0	38.0	0	0	0	47
④	Dem2.5	50.0	38.0	2.5	0	0	0
⑤	Dem5.0			5			
⑥	Dem10.0			10			
⑦	Dem15.0			15			
⑧	Dem30.0			30			
⑨	Lg-S	50.0	38.0	0	39	0	0
⑩	Lg-Ab				102		

※ S : ケイ砂, Ex : 膨張材, Lg-S : Con-S の配合に水ガラスカレットを添加した水準
Lg-Ab : Con-Ab の配合に水ガラスカレットを添加した水準

3. 実験結果

(i) 圧縮試験の結果

通常の HPFRCC とケイ砂の 50% を珪藻土焼結品で置換した HPFRCC と比較すると、圧縮強度は 14% 低下した。珪藻土焼結品はやわらかいため、圧縮強度の低下が見られたと考えられる。

通常の HPFRCC の圧縮強度(57.6N/mm²)と、静的破砕材を添加した HPFRCC の圧縮強度(62.6~55.3 N/mm²) とは同程度であった。

(ii) 引張試験の結果

図-1 の(a)~(e)に引張試験の結果を示す。(a)に示す通常の HPFRCC(3.1N/mm²)に比べ、(d)~(g)に示す静的破砕材を添加した HPFRCC の引張強度(5.4~5.9N/mm²)は 46%増加した。

引張靱性の指標である終局ひずみは、通常の HPFRCC(0.8%)に比べ、静的破砕材を添加した HPFRCC(0.5%)では 2/3 に低下した。

(iii) 長さ変化測定の結果

・膨張材系の長さ変化試験

膨張材系の 7 つの水準の HPFRCC 供試体の長さ変化の測定結果を図-2 の(a)に示す。静的破砕剤は最大 1m³ 当り 30kg 使用した。一方、膨張材は 1m³ 当り 47kg 使用した。よって、膨張材に比べ静的破砕剤の方が少ない添加量で大きい膨張量を得た。

静的破砕材の添加量が 20kg 程度で膨張材の添加量 47kg の膨張量を得ることができ、かつ長さ変化が 500 μ 程度の値を長期材齢において保つ挙動を示せば、本研究の最終目標である微膨張する材料の開発に近づくと考えられる。

・ASR 系の長さ変化試験

ASR 系の 4 つの水準の HPFRCC 供試体の長さ変化の測定結果を図-2 の(b)に示す。Con-S と Lg-S を比較すると、長さ変化の測定結果は、材齢 56 日まで差が見られない。一方、Con-Ab と Lg-Ab を比較すると、長さ変化の測定結果は、材齢 21 日が Lg-Ab の方が収縮量が少ない。

Lg-S に比べ、Lg-Ab では長期材齢収縮がわずかであるが小さい。よって、珪藻土焼結品の内部の水分は ASR がガラスカレット粒子による促進した可能性が考えられる。

4. おわりに

静的破砕材を 1m³ 当り、15kg 添加した水準と、1m³ 当り 30kg 添加した水準の間の添加量の水準の長さ変化挙動を明らかにする必要がある。

今後の予定は、添加量が 20kg から 30kg(1kg 間隔)の水準の HPFRCC 供試体を作製し、長さ変化を確認する。

ASR を促進するために水ガラスカレットを添加した HPFRCC 供試体は、現在は気温が 20℃ の気中養生を行っているが、今後は ASR を促進するために、40℃ の気中養生を行う。

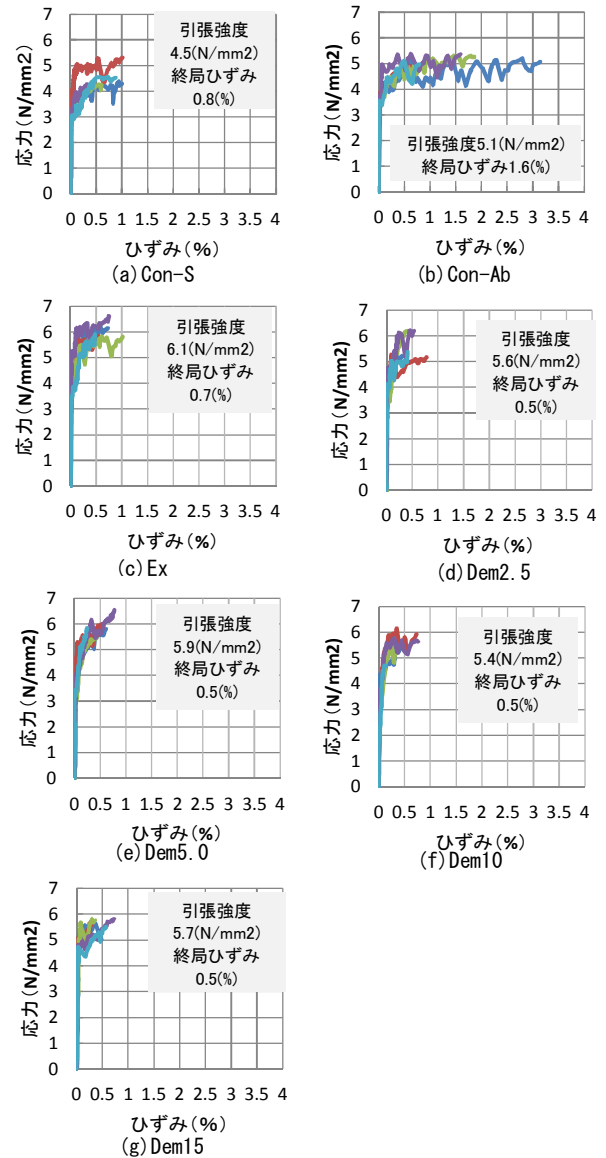
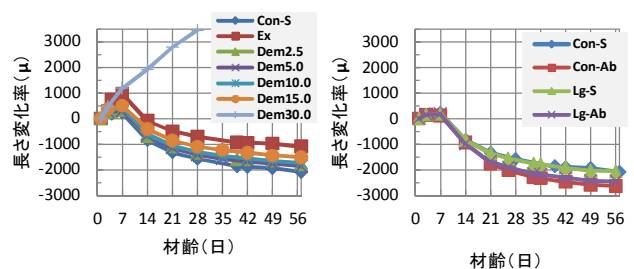


図 - 1 (a) ~ (g) 引張試験の結果



(a) 膨張材系の HPFRCC

(b) ASR 系の HPFRCC

図 - 2 (a), (b) 長さ変化測定の