

ポリプロピレン系合成短繊維を混入したコンクリートの乾燥収縮・圧縮クリープ特性

東急建設株式会社 正会員 ○前原聡, 笠倉亮太, 長野竜馬, 早川健司, 服部尚道, 伊藤正憲

1. はじめに

ポリプロピレン系合成繊維（以下、PP 繊維と称す）を混入したコンクリート（以下、繊維補強コンクリートと称す）は、一定の繊維量を混入することでコンクリートの初期ひび割れの抑制効果や構造物構築後における供用期間中のコンクリート片のはく落防止性能を有している。このような性能に基づき、コンクリート片のはく落に伴う第三者影響度の大きい道路、鉄道を跨ぐ RC・PC 橋梁において、繊維補強コンクリートが適用されている。

PC 橋梁への適用に際しては、コンクリートの収縮特性を把握することが重要となることから、ここでは、繊維補強コンクリートの乾燥収縮および圧縮クリープ特性を実験的に検討し、それぞれの予測式との比較を行った。

2. 実験概要

表-1、表-2 にコンクリートの使用材料と計画配合を示す。繊維補強コンクリートに使用する PP 繊維は、繊維径および繊維形状の異なる 2 種類の材料を選定し、「合成短繊維の添加による剥落防止効果（打撃試験）および分散性確認試験方法」¹⁾に適合する添加量として、それぞれ 0.05Vol%および 0.1Vol%を外割置換して混入させた。なお、それぞれの配合において空気量を同程度とするため、空気調整剤により調整した。PP 繊維の添加時期は、実施工において、PP 繊維をアジテータ車に投入し高速攪拌により混入させることを想定したことから、50L パン型強制練りミキサーにてコンクリートを練混ぜた後に添加する方法とした。

それぞれの配合のコンクリートにおいて、「JIS A 1157 コンクリートの圧縮クリープ試験方法」に準拠して乾燥収縮、圧縮クリープ特性を把握した。供試体は、打込み後 24 時間後に脱型し、材齢 7 日まで標準養生とした。材齢 7 日以降は、温度 20±2℃、湿度 60±5%の恒温恒湿室にて保管し、材齢 28 日にて圧縮クリープ試験機に設置、材齢 28 日における圧縮強度の 1/3 の荷重を載荷した。圧縮クリープ試験に用いた供試体は、表面に標点を設置し、コンタクトゲージにて任意の時点におけるひずみを測定した。なお、圧縮クリープ試験に用いる供試体とは、別途、同形状の供試体を作製し、材齢 7 日後から試験期間中の無載荷状態における供試体表面のひずみを計測し、乾燥収縮による収縮ひずみを測定した。

3. 実験結果および考察

図-1 に乾燥収縮ひずみの経時変化を示す。乾燥収縮は PP 繊維を混入することでベースコンクリートと同程度もしくは 50μ程度低減された。また、PP 繊維を 0.05Vol%混入させたものの方が、乾燥収縮ひずみが小さくなる傾向を示した。これは、ペースト中の水分が PP 繊維表面に捕捉されることで乾燥による水分の逸失を抑制し

表-1 使用材料

材料	記号	緒元
セメント	C	普通ポルトランドセメント(密度 3.16g/cm ³)
細骨材	S	北松山産陸砂(表乾密度 2.59g/cm ³)と 炭朗産砕石(表乾密度 2.65g/cm ³)の混合砂(混合率 1:1)
粗骨材	G	炭朗産砕石 2005(表乾密度 2.70g/cm ³)
混和剤	Ad1	AE 減水剤標準形 I 種 変性リグニンスルホン酸化合物
	Ad2	空気調整剤 AE 剤 I 種
繊維	F1	ポリプロピレン系繊維 単繊維 (密度 0.91g/cm ³ 、繊維径 64.5μm、繊維長 12mm)
	F2	ポリプロピレン系繊維 網目状繊維 (密度 0.91g/cm ³ 、繊維径 300μm、繊維長 12mm)

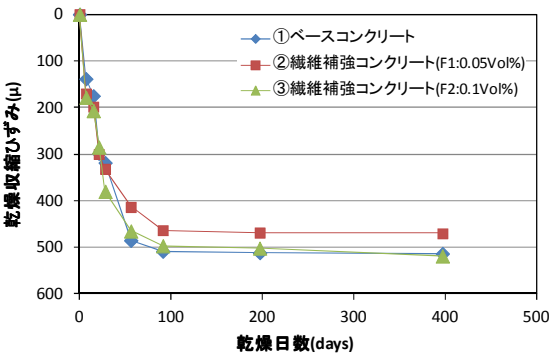


図-1 乾燥収縮ひずみの経時変化

表-2 コンクリートの計画配合

	空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)						F1	F2
				W	C	S	G	Ad1	Ad2		
①ベースコンクリート	5.5	38.6	44.5	154	399	775	996	3.99	0.016	-	-
②繊維補強コンクリート(F1:0.05Vol%)									0.024	0.455	-
③繊維補強コンクリート(F2:0.1Vol%)									0.016	-	0.91

キーワード 乾燥収縮, 圧縮クリープ, 繊維, はく落防止

連絡先 〒252-0244 神奈川県相模原市中央区田名 3062-1 東急建設株式会社 技術研究所 土木研究室 Tel:042-763-9507

たものであり、乾燥収縮ひずみの低減に影響を及ぼしたものと考えられる²⁾。

図-2 に圧縮クリープ試験結果を示す。圧縮クリープ試験における全ひずみは PP 繊維を混入することでベースコンクリートよりも 100 μ 程度増加した。

図-3, 4 に圧縮強度が 55N/mm² を超え 80N/mm² 以下の普通骨材コンクリートの収縮ひずみおよびクリープ係数の予測値³⁾と実験値の関係を示す。図-3 の収縮ひずみの予測式は、部材寸法を考慮する項を含み、適用範囲が $100 \leq V/S \leq 300$ mm (V/S: 体積と表面積の比) であるが、簡易的に実験値 (V/S=25mm) と比較した。収縮ひずみは、材齢が進むにつれて予測値と実験値の差が大きくなり、収縮ひずみの実験値が予測値よりも小さくなる傾向を示した。この要因の一つとしては、部材寸法が影響を受けていると考えられ、今回の実験の様に部材寸法が小さい場合には、大きい場合よりも初期材齢において乾燥収縮が進行し、予測式により示される曲線よりも材齢 28 日以降における範囲において乾燥収縮が抑制されたものと考えられる。

図-4 より、ベースコンクリートのクリープ係数は、予測値と実験値が比較的良好に一致した。また、ベースコンクリートと補強繊維コンクリートの静弾性係数は同程度であるが、補強繊維コンクリートのクリープ係数は、ベースコンクリートよりも大きくなる傾向を示した。これは、コンクリートよりもヤング係数の小さい PP 繊維 (ヤング係数: 4.0kN/mm² 程度) を混入することが影響し、圧縮応力に対してのクリープが大きくなったものと考えられる。また、単繊維形状の PP 繊維を 0.05Vol% 混入させたものと網目状の PP 繊維を 0.1Vol% 混入させたものでは、一概に繊維の添加量とクリープ係数の関係に一定の傾向は見られなかった。これは、繊維形状、繊維径の違いによるものと考えられ、繊維補強コンクリートにおける圧縮クリープ特性には、繊維添加量だけではなく繊維形状や繊維径等が影響を及ぼす可能性があると考えられる。

なお、実験値と予測値のバラツキは、概ね $\pm 40\%$ の範囲に分布する報告⁴⁾がなされており、本実験で対象とした繊維補強コンクリートでは、この範囲に収まっていることから設計に対して特別な配慮は不要であると考えられる。ただし、繊維添加量や繊維形状、繊維径等に応じて圧縮クリープ特性が変化することを十分に理解しておく必要があると考える。

4. おわりに

本検討の範囲内で得られた知見を以下に示す。

- ・繊維補強コンクリートは、ベースコンクリートよりも圧縮応力に対するクリープが大きくなる傾向を示した。
- ・繊維添加量とクリープ係数の関係には、繊維形状、繊維径の違いが影響を及ぼすものと考えられた。

参考文献

- 1) 土木工事標準仕様書 (東日本旅客鉄道株式会社編), 2010 年 11 月
- 2) 細田暁, 高梨大介, 高木亮一, 我彦聡志: 少量の合成短繊維による収縮ひび割れの抑制機構, コンクリート工学年次論文集, Vol.28, No.1, 2006
- 3) (公財) 鉄道総合技術研究所: 鉄道構造物等設計標準・同解説 コンクリート構造物, 2004.4
- 4) 土木学会: コンクリートライブラリー108 2002 年版 コンクリート標準示方書 改訂資料

表-3 圧縮強度および静弾性係数

	材齢	見掛けの密度 (g/cm ³)	圧縮強度 (N/mm ²)	静弾性係数 (kN/mm ²)
①ベース コンクリート	7 日	2.40	47.3	37.4
	28 日	2.38	62.5	38.3
	407 日	2.40	62.8	39.5
②繊維補強 コンクリート (F1:0.05Vol%)	7 日	2.40	48.8	38.0
	28 日	2.39	64.1	39.2
	407 日	2.39	64.3	39.2
③繊維補強 コンクリート (F2:0.1Vol%)	7 日	2.40	49.4	38.3
	28 日	2.40	64.3	39.7
	407 日	2.41	64.8	37.7

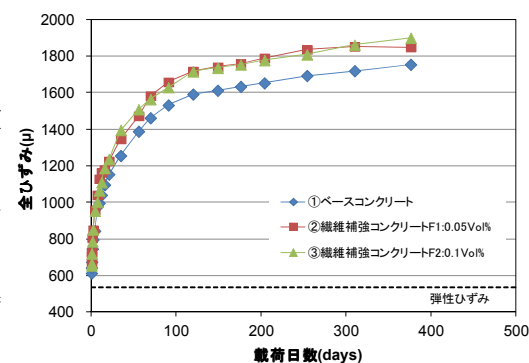


図-2 圧縮クリープ試験結果

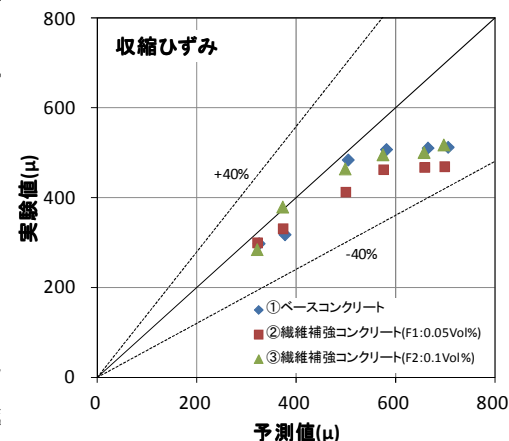


図-3 収縮ひずみの予測値と実験値の関係

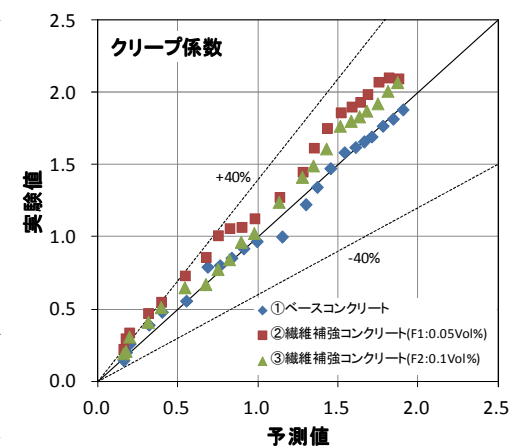


図-4 クリープ係数の予測値と実験値の関係