

超低収縮超高強度繊維補強コンクリートを用いた PC 梁の曲げ挙動 およびアラミド FRP ロッドの定着長に関する実験的検討

三井住友建設（株） 正会員 ○三加 崇
 三井住友建設（株） 正会員 竹山 忠臣
 三井住友建設（株） 正会員 松田 拓
 三井住友建設（株） 正会員 篠崎 裕生

1. はじめに

コンクリートに発生するひび割れの要因の一つとして収縮の影響が考えられ、ひび割れによっては、構造物の耐久性を損なう場合がある。著者らは、産業副産物を利用して収縮が小さく超高強度の繊維補強コンクリート（超低収縮超高強度繊維補強コンクリート）を開発した。部材への適用を検討するために、アラミド FRP ロッドを緊張材に用いたプレテンションの PC 梁を製作し、プレストレス導入による定着性能および曲げ載荷試験を実施し構造性能を確認した。

2. 試験体

試験体の形状を図-1 に示す。高さ 300mm、幅 150mm、長さ 3000mm である。緊張材には、φ 7.4 のアラミド FRP ロッドを 3 本束ねた緊張材 (3φ 7.4) を 2 段配置した。なお、鉄筋は配置していない。

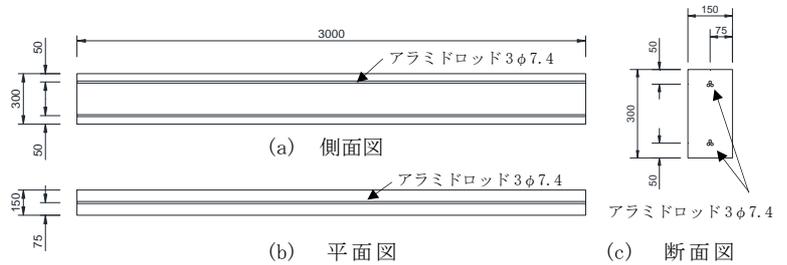


図-1 試験体形状

表-1 コンクリートの使用材料

材料		物性他		記号
結合材	高炉スラグ微粉末	密度2.88 g/cm ³	4000プレーン, 比表面積4.270 cm ² /g, SO ₃ : 2.06%	BF
	フライアッシュ	密度2.40 g/cm ³	JIS 1種相当品, 比表面積5.540 cm ² /g	FA
	シリカフューム	密度2.24 g/cm ³	比表面積17.0 m ² /g	SF
	膨張材	密度3.19 g/cm ³	CaO系, 比表面積4.970 cm ² /g	EX
細骨材	フェロニッケルスラグ	表乾密度2.98 g/cm ³	吸水率2.91%	S
粗骨材	硬質砂岩	表乾密度2.63 g/cm ³	砕石2005, 実積率61.5%	G
化学混和剤	高性能減水剤	ポリカルボン酸系		SP
	消泡剤	エステル系		DF
短繊維	鋼繊維	密度7.85 g/cm ³	φ0.2×15 mm, 引張強度2000 N/mm ² 以上	Fb

表-2 コンクリートの配合

記号	配合指標					単位量 [kg/m ³]											
	W/B [%]	s/a [%]	単位粗骨材絶対容積 V _c [m ³]	空気量 [%]	短繊維混入率 V _f [vol%]	結合材の質量割合			W	B				S	G	Fb	
						BF	FA	SF		BF	FA	SF	EX				
A (1.0%)	12.0	62.8	0.200	3.5	1.0	55	30	15	100	833	447	244	122	20	1004	526	78.5
B (0.5%)	12.0	63.1	0.200	3.5	0.5	55	30	15	100	833	447	244	122	20	1019	526	39.3

試験体の製作は、緊張材の端部に付着定着体を設置し、図-2 に示す緊張架台により、緊張材を 157kN (保証耐力の 0.7Pu) で緊張してコンクリートを打設した。緊張材は、コンクリート端部の割裂ひび割れを防止するため、試験体端部から 50mm にビニールテープを巻き付け、付着を除去した。緊張材は、蒸気養生後に緊張力を開放してコンクリートにプレストレスを導入した。このとき、緊張材と同じ高さのコンクリート表面にひずみゲージを設置し、プレストレス導入による定着長を確認した。

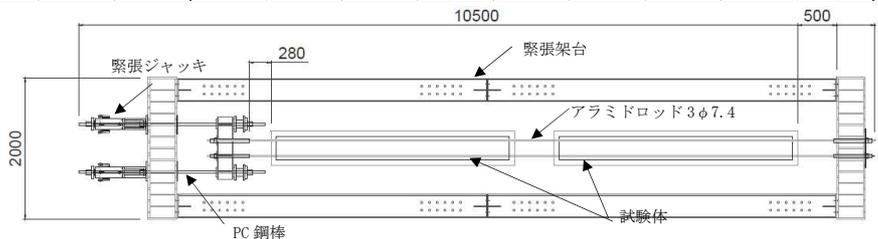


図-2 緊張架台

緊張材は、蒸気養生後に緊張力を開放してコンクリートにプレストレスを導入した。このとき、緊張材と同じ高さのコンクリート表面にひずみゲージを設置し、プレストレス導入による定着長を確認した。

キーワード プレストレス, アラミド, PC 梁, 曲げ挙動, 超高強度, 定着長

連絡先 〒270-0132 千葉県流山市駒木 518-1 三井住友建設（株）技術研究所 TEL 04-7140-5201

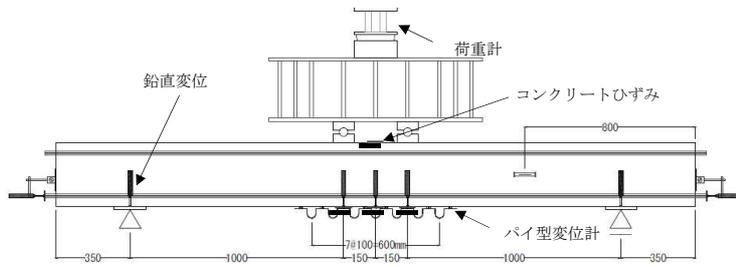


図-3 荷重方法および計測位置

表-3 計測項目

計測項目	種類	点数(点)	備考
荷重	容量 300kN	1	
鉛直変位(支点間)	CDP100	3	
鉛直変位(支点部)	CDP25	4	
ロードすべり変位(水平)	CDP25	2	
コンクリートひずみ	PL60	4	圧縮側 1 点, 引張側 3 点
コンクリートひずみ	KM	1	埋めこみひずみ計
パイ型変位計	PI-5-100	7	※事前に設置
パイ型変位計	PI-5-50	1	※ひび割れ発生後
合計		23	

3. 試験方法

荷重方法と計測位置を図-3, 計測項目を表-3 に示す。荷重は 4 点曲げとし, 支間長 2300mm, 等曲げ区間 300mm とした。荷重手順は, 残存のプレストレス量を確認するために, ひび割れ発生後に除荷をして, ひび割れ位置にパイ型変位計を設置した。その後は, 破壊まで単調荷重で実施した。計測項目は, 荷重荷重, たわみ, アラミド FRP ロッドのすべり, コンクリートひずみとひび割れ幅の測定を行った。

4. 試験結果

プレストレス導入時および荷重試験時の材料物性を表-4, 荷重試験時の切欠き梁の曲げ試験結果から算出した引張軟化曲線を図-4 示す。圧縮強度, 弾性係数は, 配合 A, 配合 B ともにほぼ同等程度であるが, 引張軟化曲線では, 繊維の混入率が多い, 配合 A が高い引張強度を有している。

プレストレス導入時のコンクリートのひずみ分布を図-5 に示す。配合 A, B ともに端部から 400mm~450mm 位置で梁中央に向かって一定のひずみとなる挙動を示している。アラミド FRP ロッドは, 端部から 50mm の付着を除去していることから, 緊張材の定着長は, 350mm~400mm の範囲であった。

荷重荷重と中央たわみの関係を図-6 に示す。ひび割れ発生荷重は, 配合 A が 58.1kN, 配合 B が 58.7kN とほぼ同じであり, 断面分割法で算出したひび割れ発生荷重は 53kN で計算値と実験値もほぼ同じであった。ひび割れの挙動から推定したアラミド FRP ロッドの残存張力は, 緊張時の 157kN に対して, 配合 A が 130kN, 配合 B が 124kN で約 17%~21%の張力が低下していた。最大の荷重荷重は, 153kN の計算値に対して, 配合 A で 166kN, 配合 B で 168kN と計算値より約 7%高い傾向であった。破壊形態はアラミド FRP ロッドの破断であり, 計算結果と同じである。ひび割れ発生後の配合 A のたわみが配合 B より小さいのは, 繊維の架橋効果が配合 A の方が高く, ひび割れが局所化したためであると考えられる。

5. まとめ

産業副産物を利用した超低収縮超高強度繊維補強コンクリートにおけるアラミド FRP ロッドを用いた緊張材の定着長を確認した。また, 曲げ性状については, これまでの計算方法で推定できることがわかった。今後, 実物大の桁による曲げ挙動および長期性能を把握し, 実橋への展開を進めていく。

表-4 材料試験結果

試験体	試験体種類	材料試験		
		圧縮強度 (N/mm ²)	弾性係数 (kN/mm ²)	ひび割れ発生強度 (N/mm ²)
配合A	導入時	156	54.4	—
	荷重試験時	155	52.6	9.2
配合B	導入時	152	53.6	—
	荷重試験時	151	53.9	8.0

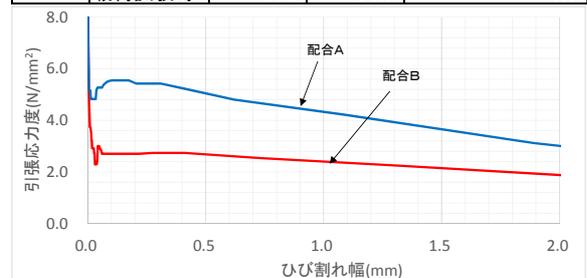


図-4 引張軟化曲線

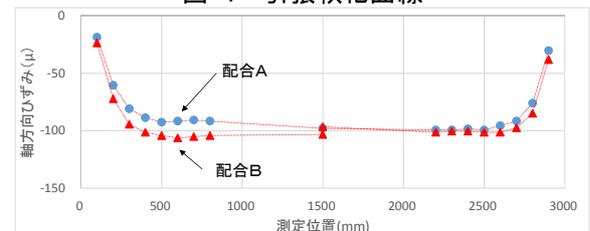


図-5 プレストレス導入によるひずみ分布

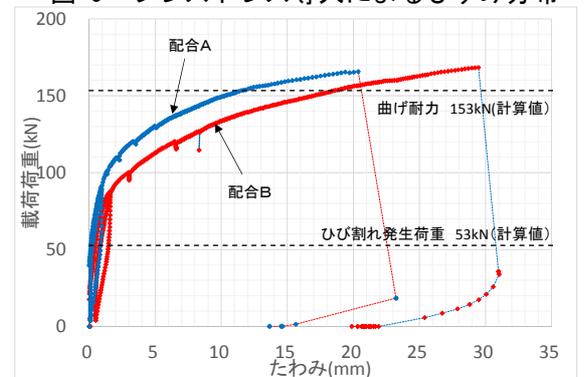


図-6 荷重荷重とたわみの関係