

ビニロン繊維補強再生コンクリート梁部材の構造特性

－その1 5週経過時の付着性状－

日大生産工（院） ○高橋 和丈 日大生産工 師橋 憲貴
株式会社クラレ 小川 敦久 日大生産工 桜田 智之

1.はじめに 循環型社会への取り組みとして、コンクリート塊に破砕処理を施して得られる再生骨材の利用に関する研究が多く取り上げられている。しかし、再生骨材はモルタルが付着しており、骨材の吸水率が高くそれに伴い乾燥収縮ひび割れが発生しやすいとされている¹⁾。また、コンクリートは靱性に乏しい性質を有するため、RC構造物においては終局耐力の向上に部材の靱性確保が要求されている。一方で繊維補強コンクリートは、普通骨材を用いた場合においては、繊維を多く混入することで乾燥収縮率の抑制が見られるとの報告がある²⁾。しかし、再生骨材を用いた繊維補強コンクリートに関する研究は少なく、繊維補強による乾燥収縮率の抑制効果は明らかになっていない。また、コンクリート部材に発生したひび割れの幅を抑制し、微細なひび割れが一樣に分散することによって、靱性の向上が期待できる材料として注目されている。繊維に関する既往の研究では鋼繊維による補強が多く研究されてきたが、鋼繊維の使用により構造物の重量が大きくなることや、構造物表面の錆の発生が懸念されることなどが検討課題となっている³⁾。そのため近年では、ポリビニルアルコール(PVA)を原料とするビニロン繊維が軽量で親水性・耐食性に優れ、コンクリートとの付着が良いなどの理由から多く研究されている。この特徴を生かして、再生骨材と繊維を併用することで、再生コンクリートの主要構造部への適用化が期

待できると考える。そこで本研究では、再生コンクリートに対し混入率の異なるビニロン繊維補強を施して乾燥収縮率の抑制効果と付着割裂強度について検討を行う。本報ではその1と題して、フレッシュ性状および打設後5週経過時における鉄筋コンクリート梁部材の付着性状について構造的評価を行い、その結果を報告する。

表-1 試験体詳細

試験体名	骨材置換率	載荷時期	タイプ
1) RM00V	RMシリーズ 再生粗骨材(50%)	5週経過時	再生コンクリート
2) RM00V1K		1年経過時	
3) RM05V		5週経過時	ビニロン 繊維補強 再生コン クリート
4) RM05V1K		1年経過時	
5) RM10V		5週経過時	
6) RM10V1K		1年経過時	

骨材置換率：普通粗骨材を中品質再生粗骨材で置換した割合
1K:乾燥収縮性状の検討の為1年間保存中の試験体

表-2 ビニロン繊維の標準性能

長さ ℓ (mm)	直径 d (mm)	アスペクト比 ℓ/d	引張強度 (MPa)	切断伸度 (%)	ヤング率 (GPa)
30	0.67	45	900	9.0	23



写真-1 ビニロン繊維

Structure Characteristic of PVA Fiber Reinforced Concrete with Recycled Aggregate
-Part.1 Bond Properties of Five Weeks Experiment-

Kazuhiro TAKAHASHI, Noritaka MOROHASHI, Atsuhisa OGAWA and Tomoyuki SAKURADA

2. 実験概要

2.1 使用材料 表-1 に試験体詳細を、表-2 にビニロン繊維の標準性能を、また写真-1 にビニロン繊維を示す。天然粗骨材を再生粗骨材で 50%置換した再生コンクリート (RM) に対し、ビニロン繊維を 0%、0.5%、1.0%の割合で混入した試験体 RM00V、RM05V、RM10V のコンクリート梁部材を作製した。なお、打設時は RM00V の再生コンクリートにビニロン繊維を現場にて 0.5%、1.0%と後添加した。ビニロン繊維をコンクリートの補強に用いる場合、粗骨材寸法よりも繊維長さが短いと補強効果が低いことが明らかになっている。そのため、本研究では長さ 30mm、直径 0.67mm のビニロン繊維を使用した。また、試し練りにおいてビニロン繊維混入後にスランプ値が大きく減少する結果となった。従って、前もって表面を濡らしておくことでフレッシュ状態が向上する効果を期待して、打設時には事前に水に浸しておいたビニロン繊維を使用した⁴⁾。

2.2 調合条件 表-3 に骨材特性を、表-4 に調合表を示す。呼び強度 21N/mm²を目標とした。また、ビニロン繊維混入後に梁部材への打設が可能となるよう、空気量の目標値を 4.5±1.5%、スランプ値の目標値を繊維混入前の RM00V において 18±3cm、繊維混入後の RM05V、RM10V において 10cm 以上となるように数回の試し練りの結果を基に調合を決定した。なお、単位水量はビニロン繊維混入後のフレッシュ性状を検討した結果、200 (kg/m³)とした。混和剤についても同様に試し練りの結果を基に添加量を決定した。

2.3 フレッシュ性状 表-5 にフレッシュ性状を示す。RM00V、RM05V におけるスランプ・空気量は目標値を達成する結果となった。一方、RM10V においてはスランプの目標値を若干下回ったが、バイブレーターを用いることで梁部材への打設が可能なフレッシュ性状を確保

表-3 骨材特性

シリーズ	骨材	表乾密度 (g/cm ³)	実績率 (%)	吸水率 (%)
RM	天然粗骨材	2.70	—	0.86
	再生粗骨材	2.48	61.0	4.63
	天然細骨材	2.61	—	2.65

表-4 調合表

試験体名	W/C (%)	単位質量(kg/m ³)					ビニロン 繊維 (vol.%)
		水	セ メ ン ト	粗骨材		細骨材	
				天然 粗 骨 材	再 生 粗 骨 材	天然 細 骨 材	
1) RM00V	60.0	200	333	449	413	826	0.0
3) RM05V							0.5
5) RM10V							1.0



写真-2 ビニロン繊維添加の様子

表-5 フレッシュ性状

試験体名	スランプ (cm)	空気量 (%)	高性能 AE 減水剤 (C×%)	AE剤 (C×%)	増粘剤 (kg/m ³)
1) RM00V	21.0	4.5	0.30	0.0065	0.4
3) RM05V	16.7	3.9	0.45	0.0065	0.4
5) RM10V	8.7	4.6	0.45	0.0065	0.4

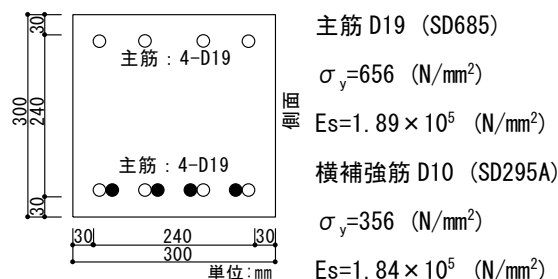


図-1 試験体断面

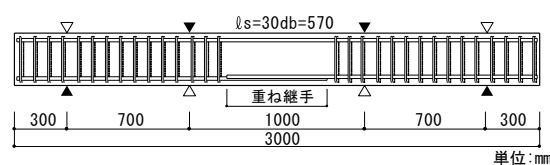


図-2 試験体形状

した。また、ビニロン繊維混入率の増加に伴いスランプ値は大きく減少した。写真-2 にビニロン繊維添加の様子を示す。ビニロン繊維をコンクリート中に均一に分散させる目的で、アジテータ車を回転させながらポリカ波板を使用し、ビニロン繊維を徐々に添加した。

2.4 試験体形状 図-1 に試験体断面を、図-2 に試験体形状を示す。本実験における試験体は付着割裂強度を検討するため、純曲げ区間の下端筋に重ね継手を設け、単純梁形式とした。主筋には高強度鉄筋 SD685 を用いて重ね継ぎ手端部から破壊が先行するサイドスプリット型の付着割裂破壊となるように計画し、鉄筋コンクリート梁部材を作製した。

3. 実験結果

3.1 最終破壊形状 表-6 に材齢5週時の実験結果一覧を示す。ビニロン繊維混入率の増加に伴いコンクリート強度の上昇が見られた。ビニロン繊維を混入しても圧縮力には影響しないが、スランプ値が低下したことでコンクリートが密実になり圧縮強度が増加したと考える。図-3 に最終破壊形状を示す。全試験体において付着割裂破壊が見られた。ビニロン繊維を混入した試験体においては、長手方向のひび割れが発生せずコンクリートの剥落も見られなかった。また、ビニロン繊維混入率の増加に伴い曲げひび割れの分散が見られた。

3.2 変位性状 図-4 に荷重-変位曲線(包絡線)を示す。加力は2点集中加力で正負繰返し载荷として、荷重の制御は主筋の応力度が $\sigma_t=100\text{N/mm}^2$ ずつ増加するように行い、変位は中央変位 δ を示した。ビニロン繊維を混入している RM05V、RM10V は、ビニロン繊維を混入していない RM00V と比較すると初期剛性が若干高い値を示した。一方で、既往の試験体 RM⁵⁾ と比較すると同等の値を示しており、ビニロン繊維混入による初期剛性への影響は少ないと考える。

表-6 実験結果一覧

試験体名	コンクリート強度 σ_B (N/mm^2)	最大荷重 Pmax (kN)	付着割裂強度 $\tau_u \text{ exp.}$ (N/mm^2)	最大曲げひび割れ幅 Wmax (mm)
1) RM00V	27.5	275.0	3.09	0.18
3) RM05V	28.8	322.0	3.61	0.12
5) RM10V	30.3	361.5	4.06	0.20

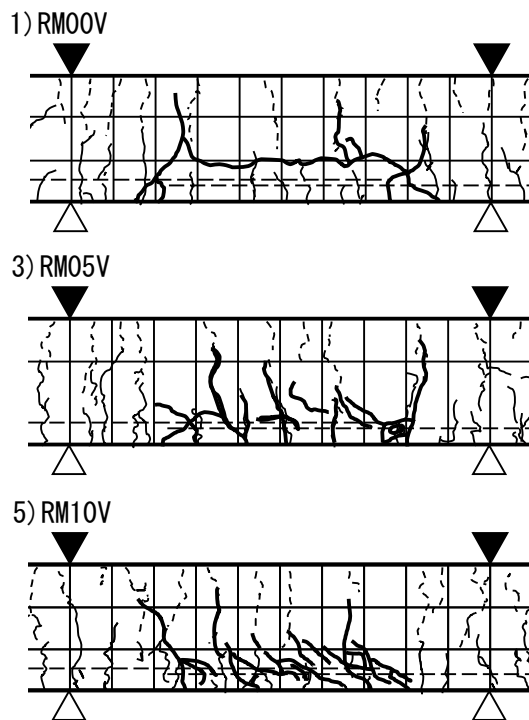


図-3 最終破壊形状

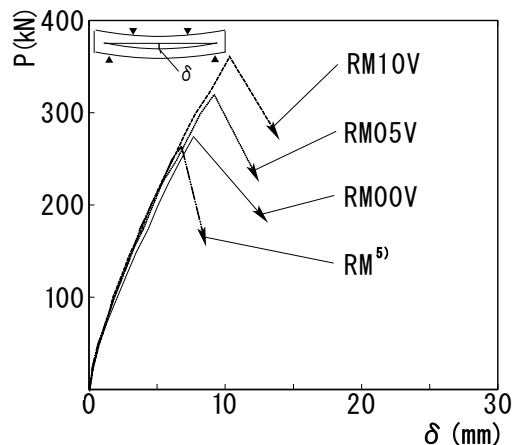


図-4 荷重-変位曲線(包絡線)

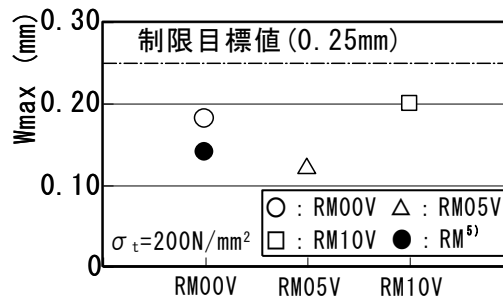


図-5 最大曲げひび割れ幅

3.3 主筋長期許容応力度時の曲げひび割れ

図-5 に主筋長期許容応力度時の最大曲げひび割れ幅 W_{max} を示す。全ての試験体の W_{max} は RC 規準⁶⁾のひび割れ制限目標値である 0.25mm 以下となった。また、ビニロン繊維混入率の違いによる傾向は見られなかった。

3.4 付着割裂強度の検討 付着割裂強度は式(1)により求めた。

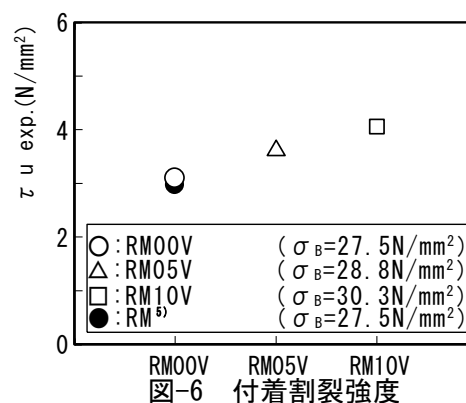
$$\tau_{u \text{ exp.}} = \frac{M_u}{j \cdot \phi \cdot l_s} \quad (\text{N/mm}^2) \quad (1)$$

M_u : 最大曲げモーメント (N・mm)
 j : $(7/8)d$ (d : 梁有効せい 260.5mm)
 ϕ : 鉄筋周長 (4-D19 240mm)
 l_s : 重ね継手長さ (30 d_b 570mm)

図-6 に付着割裂強度を示す。付着割裂強度はビニロン繊維混入率の増加に伴い比例して上昇した。また、ビニロン繊維混入率の増加に伴い圧縮強度も増加したが、付着割裂強度の上昇には圧縮強度の増加よりも顕著な傾向が見られた。従って、ビニロン繊維を混入した梁部材では、ひび割れ発生後にビニロン繊維が引張を受け持つことにより、付着割裂強度が高くなったものと考ええる。従って、繊維の分散状態は良好であったと考える。この結果から、ビニロン繊維補強再生コンクリート梁部材は、再生粗骨材の有効利用の観点から見ても、期待が持てるものと考ええる。

4. まとめ ビニロン繊維の混入率の異なる再生コンクリート梁部材のコンクリート打設後 5 週経過時の付着割裂強度を検討した結果、本実験の範囲内で以下の知見が得られた。

- (1) ビニロン繊維混入率の増加に伴いスランプ値は大きく減少したが、本研究で調合したビニロン繊維補強再生コンクリートのスランプ・空気量は、概ね目標値を達成する結果となった。
- (2) 全ての試験体の W_{max} は RC 規準のひび割れ制限目標値である 0.25mm 以下となった。ビニロン繊維混入率の違いによる傾向は



見られなかった。

- (3) 付着割裂強度がビニロン繊維混入率が 0%、0.5%、1.0%と増加するのに伴い比例して上昇したのは、ひび割れ発生後にビニロン繊維が引張を受け持つことによると考える。

本研究では、ビニロン繊維補強再生コンクリート梁部材において付着性状の検討を行った結果、耐力の向上が見られた。現在、材齢 1 年経過時に載荷する試験体を保存している。今後は、乾燥収縮率がビニロン繊維補強再生コンクリート梁部材に与える影響について検討を行い、材齢の経過が付着性状に与える影響についても検討を行っていきたい。

謝辞 本研究において葛西再生コンクリート工場には骨材の手配でご協力をいただきました。混和材メーカー F 社には調合計画において貴重なご助言をいただきました。ここに記して深謝いたします。

参考文献

- 1) 師橋憲貴、桜田智之：再生骨材と普通骨材を用いた鉄筋コンクリート梁部材の付着割裂強度に関する実験的研究、日本建築学会構造系論文集 第 73 巻 第 634 号、2175-2183、2008 年 12 月
- 2) 住学、竹内博幸、中出睦、谷垣正治：ビニロン繊維補強コンクリートに関する基礎的研究、コンクリート工学年次論文集、Vol. 25、No. 1、2003、pp. 257-262
- 3) コンクリート工学協会：高靱性セメント複合材料を知る・作る・使う、2002. 1
- 4) 小川敦久、末森寿志、斉藤忠、VICTOR C. Li：ビニロン繊維を用いた高靱性 FRC の流動性に関する実験的研究、コンクリート工学年次論文集、Vol. 23、pp. 73-78、No. 1、2001
- 5) 渡辺慎吾、師橋憲貴、桜田智之：普通骨材と中品質再生骨材を混合使用した鉄筋コンクリート梁—乾燥収縮性状と付着性状—、日本大学生産工学部第 40 回学術講演会、2007 年 12 月、pp. 35-38
- 6) 日本建築学会：鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説、2010