

ビニロン繊維が添加された低品質再生骨材コンクリート梁部材の付着割裂強度 — その3 1年経過時におけるひび割れ性状の検討 —

日大生産工（院） ○日野 優輝

日大生産工 師橋 憲貴

株式会社クラレ 小川 敦久

1. はじめに

2016年度の学術講演会では、低品質再生骨材コンクリートに乾燥収縮ひび割れの抑制効果を期待して、ビニロン繊維を添加した低品質再生骨材コンクリート梁部材について検討を行った。その1およびその2では、5週時経過時におけるひび割れ性状および変位性状について検討を行った^{1),2)}。その1における結果として、最終破壊時のひび割れの進展状況および最終破壊形状ともに骨材置換率やビニロン繊維の添加の差異は認められず、さらに主筋長期許容応力度時の最大曲げひび割れ幅は全て鉄筋コンクリート構造計算規準に示される制限目標値以内となった。

そこで本論文では、1年経過時における破壊時のひび割れ状況および主筋長期許容応力度時の最大曲げひび割れ幅の検討を行った。普通コンクリートを用いた梁部材と低品質再生骨材コンクリートを用いた梁部材を比較し、骨材置換率や載荷時期による差異が認められたか確認を行った。またビニロン繊維添加による差異も検討し、ビニロン繊維添加がどのような影響を与えるかを確認した。

2. 実験概要

2.1 試験体計画および形状

表-1に梁部材詳細一覧を示す。日本建築学会から再生骨材を用いるコンクリートの設計・製造・施工指針（案）³⁾（以下、指針（案）という）が発行されている。本実験で用いた低品質再生

表-1 梁部材詳細

試験体名	シリーズ 使用骨材	ビニロン 繊維混入率 (%)	載荷時期
1) 00	00 シリーズ	0.0	5 週時
2) 00V	天然粗骨材 100% 再生粗骨材 0%	0.2	
3) 00K	天然細骨材 100% 再生細骨材 0%	0.0	1 年時
4) 00VK	天然粗骨材 100% 再生粗骨材 0%	0.2	
5) 500	500 シリーズ	0.0	5 週時
6) 500V	天然粗骨材 50% 再生粗骨材 50%	0.2	
7) 500K	天然細骨材 100% 再生細骨材 0%	0.0	1 年時
8) 500VK	天然粗骨材 50% 再生粗骨材 50%	0.2	
9) 3015	3015 シリーズ	0.0	5 週時
10) 3015V	天然粗骨材 70% 再生粗骨材 30%	0.2	
11) 3015K	天然細骨材 85% 再生細骨材 15%	0.0	1 年時
12) 3015VK	天然粗骨材 70% 再生粗骨材 30%	0.2	

骨材コンクリートは、指針（案）に示される低品質再生骨材の混合割合の上限値とした。指針（案）では再生粗骨材の混合割合が50%以下の範囲では、再生粗骨材を単独で使用する場合は50%以下、再生粗骨材と再生細骨材を併用する場合は再生粗骨材は30%以下、再生細骨材は15%以下と規定している。そこで本研究では低品質再生粗骨材を単独で50%混合した500 シリーズ、次に低品質再生粗骨材を30%と低品質再生細骨材を15%併用した3015 シリーズの2シリーズの特殊配慮品を計画した。これらと比較するため、普通コンクリートの00 シリーズを計画した。載荷時期は5週時と1年時とし、さらにビニロン繊維を添加した梁部材と添加の無い梁部材を計画した。

Bond Splitting Strength of Low Quality Recycled Aggregate Concrete Beams contained Vinylon Fiber

— Part 3 Investigation of Crack Properties after lapse of 1 year —

Yuuki HINO, Noritaka MOROHASHI and Atsuhisa OGAWA

図-1 に試験体形状を示す。試験体形状は梁部材の下端主筋が引張となる重ね継手を対象とした純曲げ実験を行う形状とした⁴⁾。梁部材中央の下端に重ね継手長さ $30 d_b$ (d_b は主筋の公称直径) の重ね継手を設け、単純梁形式で付着割裂実験を行った。図-2 に断面図を示す。梁部材の幅と全せいは $300\text{mm} \times 300\text{mm}$ とし、側面および底面のかぶり厚さは 30mm ($1.6 d_b$) と一定にした。主筋は上端・下端とも 4-D19 ($P_t = P_c = 1.47\%$) としてサイドスプリット型の付着割裂破壊を目指した。主筋は D19 (SD345), $\sigma_y = 366 \text{ N/mm}^2$, $E_s = 1.86 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ を、また重ね継手区間外の横補強筋は D10 (SD295A), $\sigma_y = 395 \text{ N/mm}^2$, $E_s = 1.86 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ を使用した。

2.2 調合設計

本実験で用いた低品質再生骨材コンクリートおよび普通コンクリートはスランプ 21cm , 空気量 4.5% を目標とした。指針 (案) に示される低品質再生骨材コンクリートの設計基準強度は 18N/mm^2 を標準としているため、コンクリートの圧縮強度 σ_B が 21N/mm^2 程度となるような水セメント比 (W/C) を設定した。そのため再生骨材コンクリートおよび普通コンクリートの工場の出荷実績により、500 シリーズおよび 3015 シリーズは $W/C = 65.0\%$, 00 シリーズは $W/C = 74.0\%$ とした。再生骨材はコンクリート塊をジョークラッシャーで破碎し製造した吸水率 4.79% の再生粗骨材および吸水率 11.81% の再生細骨材を使用した。

本実験で使用したビニロン繊維は、ポリビニルアルコールを原料として得られた合成繊維であり、形状は、直径 $100\mu\text{m}$, 標準長 12mm である。添加量はコンクリートの全体積に対して 0.2% とした。この添加量は既往の乾燥収縮ひび割れ供試体 (高さ 150mm , 内径約 320mm , 外径約 410mm) を使用した内側拘束となるリング状の外周に生ずるひび割れ幅 (開口幅) の結果⁵⁾ に基づき決定した。既往の結果では「繊維の総表面積と繊維の引張強度の積」は乾燥収縮ひび割れ幅と良い相関があることが報告されている。さらに、短繊維のひび割れ抑制機構として繊維がひび割れ部分で架橋となり、ひび割れの拡大を防いでいると考察が述べられている。本研究では使用したビニロン繊維自体の性状を考慮して乾燥収縮ひび割れの抑制効果が期待できると推定される 0.2% にビニロン繊維混入率を設定した。

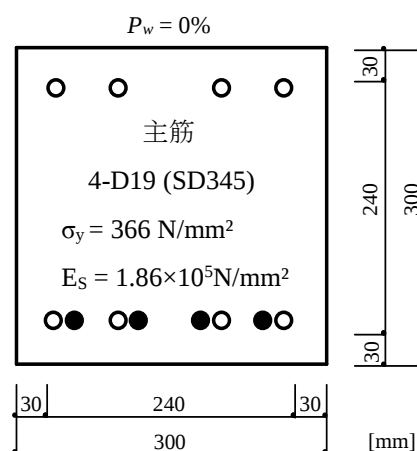


図-2 試験体断面

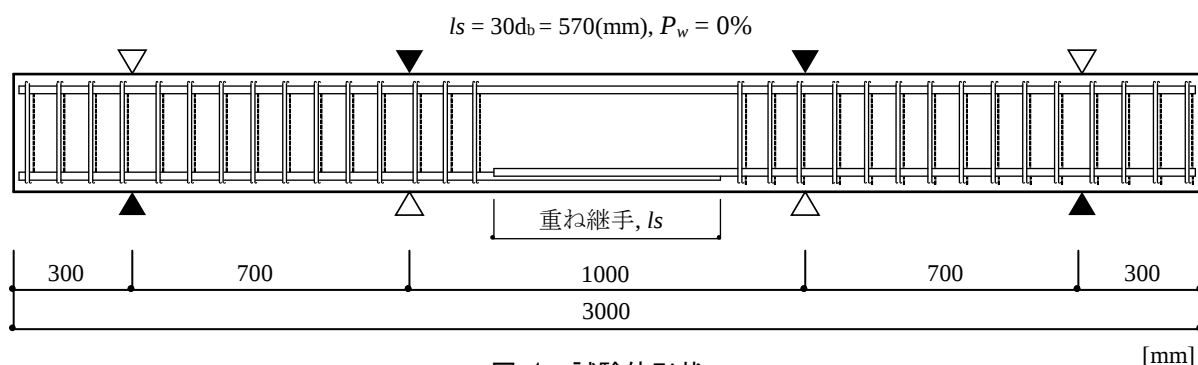


図-1 試験体形状

3. 実験結果

3.1 実験結果一覧

表-2 に各梁部材の実験結果一覧を示す。コンクリートの圧縮強度 σ_B は梁部材実験時における円柱供試体の圧縮強度試験により得られた値である。図-3 に加力方法を示した。加力は日本大学生産工学研究所所管構造物試験機自動計測制御システムを介した加力ビームにより行った。地震時における梁部材の挙動を考慮するため、加力履歴は 75kN, 150kN, 225kN（主筋応力度が 100N/mm^2 ずつ増加する荷重）で正負の繰返しを行った。変位測定位置は載荷点と梁中央とし、アルミホルダーに設置した電気式変位計により、支点と梁中央の相対変位を測定した。

3.2 終局時のひび割れ状況

図-4 に 5 週時における終局時のひび割れ、図-5 に 1 年時の終局時のひび割れを示す。実線を正載荷時のひび割れ、破線を負載荷時のひび割れとして表している。最終破壊形状は曲げひび割れおよび曲げせん断ひび割れが発生した後、ひび割れ本数が増加し、進展した後に純曲げ区間の継手区間に発生した付着割裂破壊により

表-2 実験結果

試験体名	σ_B (N/mm^2)	$P_{\max}$ (kN)	$W_{\max}$ (mm)	破壊形状
1) 00	23.1	270	0.06	S
2) 00V	22.7	281	0.12	
3) 00K	30.1	296	0.12	FS
4) 00VK	29.2	294	0.19	S
5) 500	20.4	272	0.16	
6) 500V	19.0	275	0.05	
7) 500K	25.1	286	0.12	
8) 500VK	24.4	286	0.08	
9) 3015	20.9	269	0.18	
10) 3015V	22.3	288	0.16	
11) 3015K	26.5	289	0.08	
12) 3015VK	28.8	300	0.11	FS

σ_B : コンクリート圧縮強度, $P_{\max}$: 最大荷重

$W_{\max}$: 長期許容応力度時の最大曲げひび割れ幅

$P = 150\text{kN}$ ($\sigma_t = 200\text{N/mm}^2$)

S : 付着割裂破壊, FS : 曲げ降伏後 付着割裂破壊

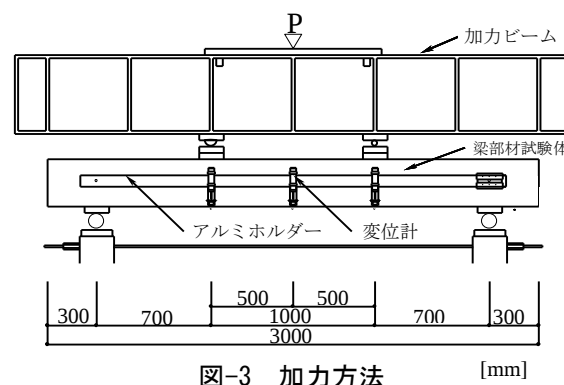


図-3 加力方法

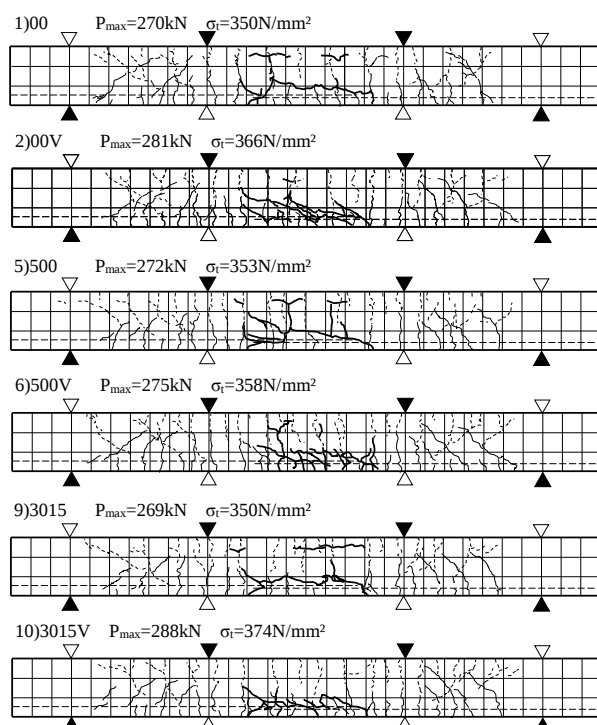


図-4 終局時のひび割れ（5週時）

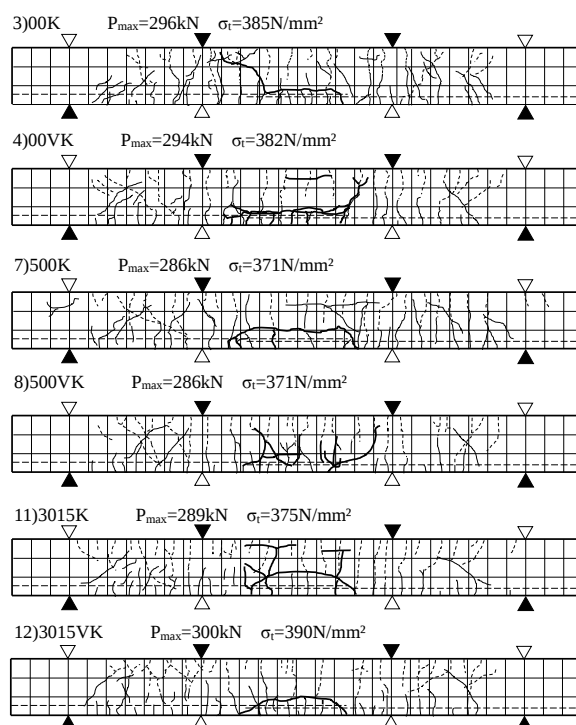


図-5 終局時のひび割れ（1年時）

荷重が低下して最終破壊となった。付着割裂破壊は側面の表面や裏面で観察されたのでサイドスプリット型の付着割裂破壊となった。かぶりコンクリートの剥落の有無に違いが認められたがシリーズやビニロン繊維の添加の差異による違いは認められなかった。1 年経過試験体である 00K と 3015VK では曲げ降伏後に付着割裂破壊が起きた。載荷時期が 1 年時の試験体では、コンクリート圧縮強度 σ_B が上昇するため付着耐力が曲げ降伏耐力に均衡する。00K と 3015VK では付着耐力が曲げ降伏耐力を超えたため曲げ降伏後に付着割裂破壊が起きたと考える。

3.3 長期許容応力度時の最大曲げひび割れ幅

図-6 に各梁部材における主筋長期許容応力度時 ($P=150\text{kN}$, $\sigma_t=200\text{kN/mm}^2$) の最大曲げひび割れ幅 $W_{\max}$ を示し、表-2 に値を示した。最大曲げひび割れ幅は、純曲げ区間に発生した正加力時の曲げひび割れのうち、梁下部から上端に進展したひび割れの主筋重心線上のひび割れ幅の最大の値とした。 $W_{\max}$ はばらつきが認められたが、全ての試験体で鉄筋コンクリート構造計算規準⁶⁾に示される制限目標値の 0.25mm を下回り、シリーズやビニロン繊維添加の有無、載荷時期による差異は認められなかった。低品質再生骨材コンクリート梁部材の長期荷重時における使用性の確保の観点より、過大なひび割れは見られず、 $W_{\max}$ は耐久性を確保するための制限目標値以内に抑えられていた。

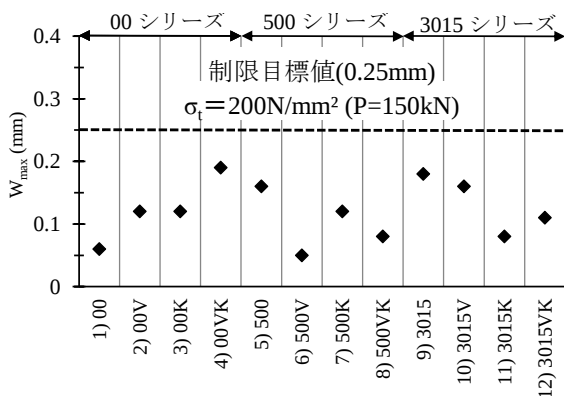


図-6 長期許容応力度時の最大曲げひび割れ幅

4. まとめ

ビニロン繊維が添加された低品質再生骨材コンクリート梁部材の付着割裂強度について 1 年経過時のひび割れ性状の検討を行った結果、本実験の範囲内で以下の知見が得られた。

- (1) 終局時のひび割れ状況において、普通コンクリートおよび再生骨材を用いたシリーズ、ビニロン繊維の添加の差異は認められなかった。一部、1 年載荷時の試験体で曲げ降伏後に付着割裂破壊が起きたものがあった。これは 1 年経過によるコンクリート圧縮強度の上昇が考えられる。
- (2) 主筋長期許容応力度時の最大曲げひび割れ幅は全ての試験体で鉄筋コンクリート構造計算規準に示される制限目標値 (0.25mm) 以内となり、低品質再生骨材コンクリート梁部材の使用性についての問題は見出せなかった。

今後は 1 年経過時における変位性状の検討に関して、乾燥収縮ひび割れの発生および乾燥収縮率が付着割裂強度に及ぼす影響に対して検討を行う予定である。

謝辞

本研究は、平成 26-28 年度文部科学省科学研究費補助金（基盤研究(C), 課題番号 26420562, 代表者: 師橋憲貴）の助成を受けたものである。本研究の低品質再生骨材コンクリートに関しては東京建設廃材処理協同組合 葛西再生コンクリート工場をはじめ、混和剤メーカーの F 社にご協力を頂きました。関係各位に記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 日野優輝, 師橋憲貴, 小川敦久: ビニロン繊維が添加された低品質再生骨材コンクリート梁部材の付着割裂強度—その 1 ひび割れ性状の検討—, 日本大学生産工学部第 49 回学術講演会, 2016 年 12 月, pp.35-38
- 2) 師橋憲貴, 日野優輝, 小川敦久: ビニロン繊維が添加された低品質再生骨材コンクリート梁部材の付着割裂強度—その 2 変位性状の検討—, 日本大学生産工学部第 49 回学術講演会, 2016 年 12 月, pp.39-42
- 3) 日本建築学会: 再生骨材を用いるコンクリートの設計・製造・施工指針(案), 2014.10
- 4) 角陸純一, 田中礼治: 異形鉄筋重ね継手に関する既往実験データの分析, 日本建築学会構造系論文報告集, No.435, pp.131-139, 1992.5
- 5) 稲田真也, 小川敦久, 徳永直樹, 斉藤建三: 法枠の繊維補強に関する実験的研究 (その 1) 室内基礎試験, 土木学会第 61 回年次学術講演会, pp.741-742, 2006.9
- 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 改定