

## 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4 1年経過時における変位性状の検討 —

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

その1<sup>1)</sup>, その2<sup>2)</sup>, その3<sup>3)</sup> では5週時の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ひび割れ性状および変位性状, 1年経過時のひび割れ性状について検討した。その4ではこれまでに引き続き, 1年経過時の変位性状における曲げ剛性や付着割裂強度について検討を行った。

#### 2. 実験概要

##### 2.1 試験体計画

表-1に梁部材詳細一覧を示す。本研究で用いたコンクリートのシリーズは3種類を計画した。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)<sup>4)</sup>(以下, 指針(案)という)が発行されている。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シリーズを計画した。この値は指針(案)に示される単独利用, または併用する場合の置換率の上限値である。それぞれのシリーズにはビニロン繊維を添加の有無, 載荷時期が5週時と1年経過時の違いがある試験体を計画し, ビニロン繊維の添加の効果や載荷時期による差異について検討を行った。

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<sup>5)</sup>。梁部材中央の下端に重ね継手長さ30

db (db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。梁部材の幅と全せいは300mm×300mmとし, 側面および底面のかぶり厚さは30mm (1.6db)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。

##### 2.2 加力方法

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。荷重は75kN, 150kN, 225kN (主筋応力度が100N/mm<sup>2</sup>ずつ増加する荷重)で正負の繰り返しを行った。変位測定位置は載荷点と梁中央とし, 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。

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	再生細骨材 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	再生細骨材 0%	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	再生細骨材 15%	0.2	

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

— Part 4 Investigation of Deflection Properties after lapse of 1 year —

Yuuki HINO, Noritaka MOROHASHI and Atsuhisa OGAWA

### 3. 実験結果

#### 3.1 荷重-たわみ関係

図-1 に荷重-たわみ関係をコンクリートのシリーズが同一の梁部材について5週時と1年経過時の実験を比較して示した。後述の 3.3. 付着割裂強度の検討で示した表-2 付着割裂強度中の最大荷重  $P_{max}$  は図-1 中の最大荷重である。また、コンクリートの圧縮強度  $\sigma_B$  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。

全梁部材で荷重  $P=225\text{kN}$  から  $300\text{kN}$  (主筋の応力度  $\sigma_t=300\text{N/mm}^2$  から  $400\text{N/mm}^2$ ) に向かう途中で付着割裂破壊が発生し急激に耐力が低下した。付着割裂破壊後は荷重-たわみ関係の下り勾配の向きのみを示した。全梁部材を通して見ると荷重-たわみ関係に差異は認められず同等の傾向となった。なお、実験を1年経過時に行った a) 図 00K および f) 図 3015VK は

付着割裂破壊に対して曲げ降伏が先行し、変位  $10\sim 15\text{mm}$  付近で付着割裂破壊が発生し耐力が低下した。これは、主筋 D19 (SD345) の降伏応力度に依存する曲げ降伏耐力が付着割裂強度に対して余裕が少なかったためと考える。

#### 3.2 長期許容応力度時の曲げ剛性

主筋長期許容応力度時 ( $\sigma_t=200\text{N/mm}^2$  時,  $P=150\text{kN}$ ) における剛性を図-2 に示す。低品質再生骨材を用いたコンクリートの 500・500V シリーズおよび 3015・3015V シリーズは普通コンクリートの 00 シリーズに比較して低くなる傾向が認められた。また、再生骨材を置換していない普通コンクリートの 00 シリーズは5週時と1年経過時の剛性に差異はほとんど認められなかったが、低品質再生骨材を用いたコンクリートの 500・500V シリーズおよび 3015・3015V シリーズは1年経過時の剛性が5週時に比較して低くなる梁部材が認められた。これはビニロ

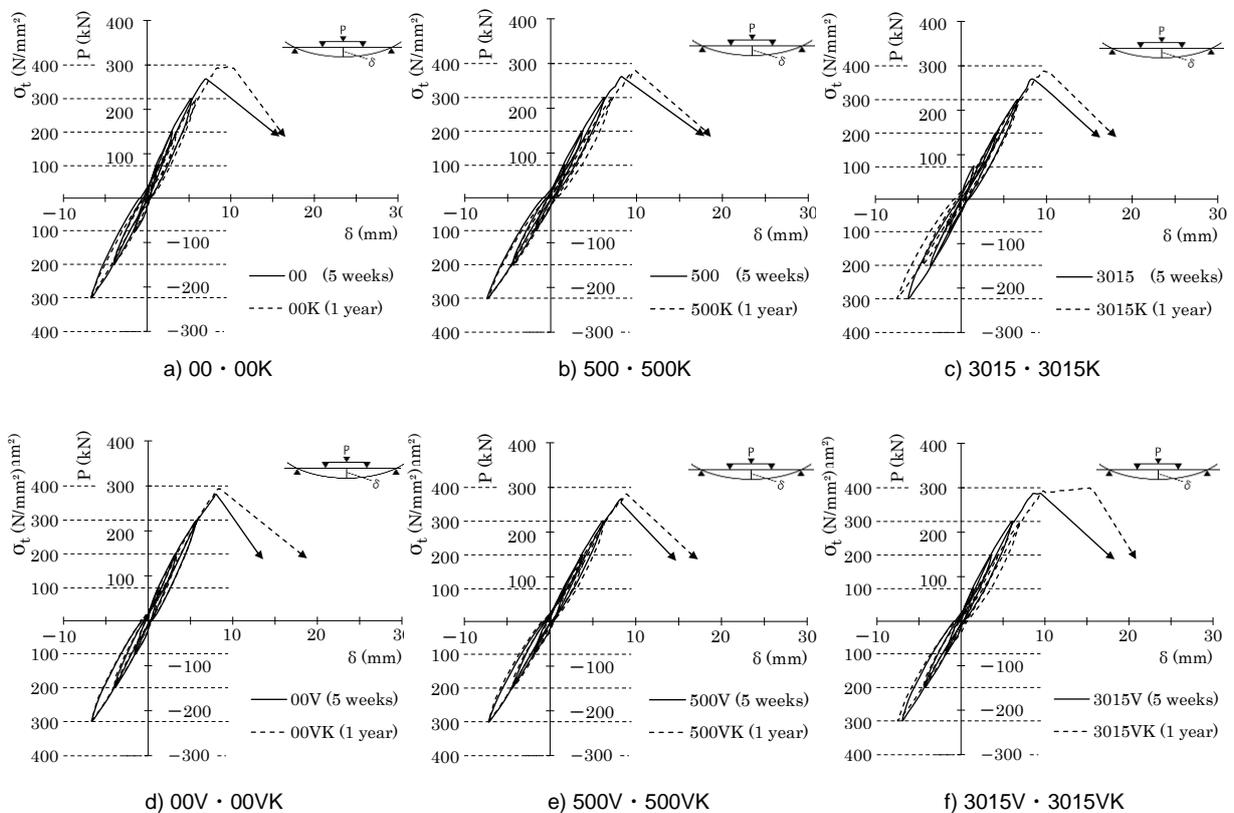


図-1 荷重-たわみ関係

ン繊維の添加により、引張側コンクリートに発生するひび割れ幅の抑制およびひび割れ発生間隔の分散などが推測されるが本実験の範囲でひび割れについての傾向は把握できてはいないので今後さらに検討を行いたい。

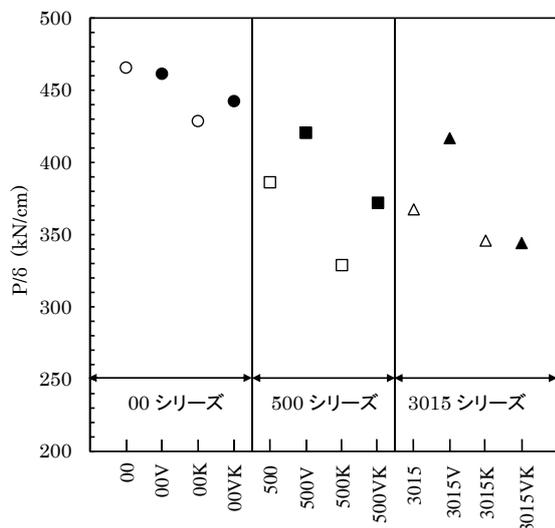


図-2 長期許容応力度時の曲げ剛性

### 3.3 付着割裂強度の検討

ここでは重ね継手の最大荷重時平均付着応力度  $\tau_{u \text{ exp.}}$  を表-2 に示した最大荷重  $P_{\text{max}}$  を用いて式 ( 1 ) より求めた。

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

ここで、以下の値を用いた。

$M_u$  : 最大曲げモーメント

$j$  :  $\frac{7}{8}d$  ( $d$  : 梁有効せい)

$\varphi$  : 鉄筋の周長 (mm)

$l_s$  : 重ね継手長さ (mm)

図-3 および図-4 に  $\tau_{u \text{ exp.}}$  を載荷時期ごとに分類して示した。また、各梁部材の  $\tau_{u \text{ exp.}}$  の値を表-2 に示した。付着割裂破壊に対して曲げ降伏が先行した 00K および 3015VK はマークに 0 を付した。図-3 および図-4 を比較すると、低品質再生骨材を用いたコンクリートの 500・500V シ

リーズおよび 3015・3015V シリーズと、普通コンクリートの 00・00V シリーズの差異は認められず同等であった。これは、各梁部材のコンクリート圧縮強度  $\sigma_B$  が実験において、5 週時では  $19.0\text{N/mm}^2 \sim 23.1\text{N/mm}^2$ 、1 年経過時では  $24.4\text{N/mm}^2 \sim 30.1\text{N/mm}^2$  とさほど開きがないため、コンクリート圧縮強度に依存する付着割裂強度<sup>6)</sup> に差異はほとんど生じなかったものとする。図-3 の 5 週時と図-4 の 1 年経過時を比較すると図-4 の 1 年経過時はコンクリート強度の上昇のため 5 週時に比較して 6% 程  $\tau_{u \text{ exp.}}$  の平均値に増加が認められた。ビニロン繊維の添加の有無 (図中の白抜きと黒塗りのマーク) についての比較においても  $\tau_{u \text{ exp.}}$  の値に差異はほとんど認められなかった。本研究でビニロン繊維の付着割裂強度に対する上昇の効果が認められなかった要因としては、標準長 12mm の短いビニロン繊維を使用したこと、また添加量が 0.2% と少ないことが考えられる。

表-2 付着割裂強度

試験体名	$\sigma_B$ (N/mm <sup>2</sup> )	$P_{\text{max}}$ (kN)	$\tau_{u \text{ exp.}}$ (N/mm <sup>2</sup> )
1) 00	23.1	270	3.03
2) 00V	22.7	281	3.15
3) 00K	30.1	296	3.32
4) 00VK	29.2	294	3.30
5) 500	20.4	272	3.05
6) 500V	19.0	275	3.09
7) 500K	25.1	286	3.21
8) 500VK	24.4	286	3.21
9) 3015	20.9	269	3.02
10) 3015V	22.3	288	3.23
11) 3015K	26.5	289	3.24
12) 3015VK	28.8	300	3.37

$\sigma_B$  : コンクリート圧縮強度

$P_{\text{max}}$  : 最大荷重

$\tau_{u \text{ exp.}}$  : 付着割裂強度

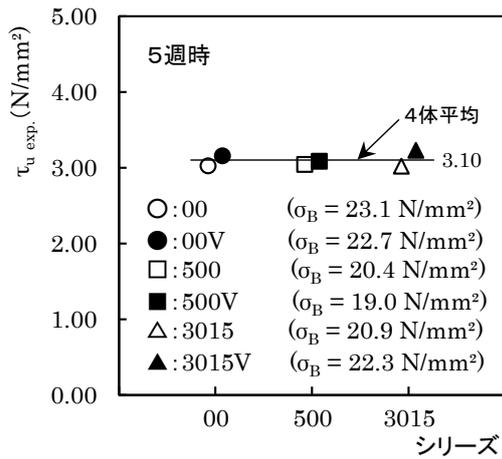


図-3 付着割裂強度（5週時）

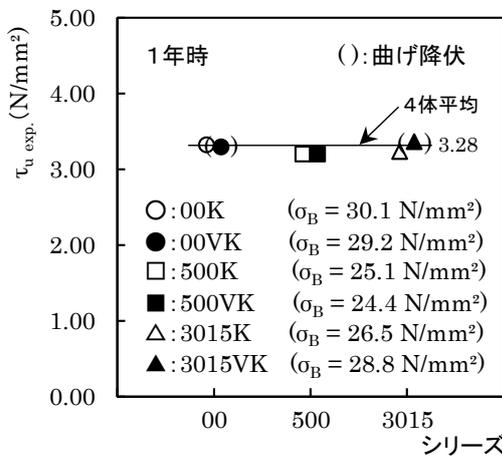


図-4 付着割裂強度（1年時）

#### 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変位性状を基に検討を行った結果、本実験の範囲内で以下の知見が得られた。

- (1) 低品質再生骨材コンクリートを使用したシリーズの一部（500 シリーズおよび 3015V シリーズ）に1年経過時は5週時に比較して剛性が低くなる梁部材が認められた。
- (2) コンクリート強度の上昇にともない1年経過時は5週時に比較して付着割裂強度の増加が認められた。また普通コンクリートと低品質再生骨材を用いたコンクリートの差異、ビニロン繊維の添加の有無

の差異について傾向は認められず付着割裂強度は同等であった。

本研究では低品質な再生骨材を普通骨材との混合利用により特殊な配慮を施し鉄筋コンクリート梁部材に適用した。5週時に比較してコンクリート強度の上昇にともなう付着割裂強度の増加が認められた。

#### 謝辞

謝辞はその5でまとめて述べる。

#### 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, 2016.12, 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, 2016.12, pp.39-42
- 3) 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3 1年経過時におけるひび割れ性状の検討—, 日本大学生産工学部第50回学術講演会, 2017.12, pp.51-54
- 4) 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
- 5) 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, 1992.5, No.435, pp.131-139
- 6) 藤井栄, 森田司郎: 異形鉄筋の付着割裂強度に関する研究—第2報付着割裂強度算定式の提案—, 日本建築学会論文報告集, 1983.2, No.324, pp.45-53