

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 —

日大生産工（学部） ○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

近年、高度経済成長期に建設された建築物が供用期間の終了を迎え、解体の時期となってきた。鉄筋コンクリート構造の建築物はコンクリート塊と鉄筋に分別され、そのほとんどは再利用されている。コンクリート塊は再生骨材として再利用されており、高品質、中品質、低品質にランク分けされた3つのJISが制定された^{1), 2), 3)}。日本建築学会からは再生骨材を用いるコンクリートの設計・製造・施工指針（案）⁴⁾（以下、指針（案）という）が発行されている。指針（案）では低品質な再生骨材であっても、普通骨材と混合利用するなど工夫を加えることで、鉄筋コンクリート部材に用いることができる低品質再生骨材コンクリートを特殊配慮品と定義している。本研究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の付着割裂強度について検討を行った。その1では、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を載荷した際のひび割れ性状について検討を行った。ひび割れ性状は梁部材の変形に伴いコンクリートの亀裂によって生じるが、本研究では耐久性を考慮する際に重要となる長期荷重時に相当する主筋が長期許容応力度時のひび割れの発生状況および最大曲げひび割れ幅の検討を行った。また、終局時となる付着割裂破壊時について検討を行った。これらのひび割れ性状の検討に当たって

は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とを比較して差異の存在が認められたかどうか確認を行った。

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。本実験で用いた低品質再生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である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とした。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。それぞれのシリーズにはビニロン繊維を添加した梁部材と添加していない梁部材を計画し、ビニロン繊維の添加の影響について検討を行った。

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⁵⁾。重ね継手の実験は純曲げ実験や両引実験で行われることがほとんどであり、本研究では構造耐力を把握するため梁部材の純曲げ実験を行った。純曲げ実験は純曲げ区間のモーメントが一定となるため、1組の重ね継手に作用する応力が一様となりモーメント勾配が存在しないことから1組の重ね

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

— Part 1 Investigation of Crack Properties —

Yuuki HINO, Noritaka MOROHASHI and Atsuhisa OGAWA

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 (%)
1) 00	00 シリーズ 天然粗骨材 100% 再生粗骨材 0%	0.0
2) 00V	天然細骨材 100% 再生細骨材 0%	0.2
3) 500	500 シリーズ 天然粗骨材 50% 再生粗骨材 50%	0.0
4) 500V	天然細骨材 100% 再生細骨材 0%	0.2
5) 3015	3015 シリーズ 天然粗骨材 70% 再生粗骨材 30%	0.0
6) 3015V	天然細骨材 85% 再生細骨材 15%	0.2

継手を構成する 2 本の主筋にとっては厳しい応力条件となる。試験体は梁部材中央の下端に重ね継手長さ $30d_b$ (d_b は主筋の公称直径) の重ね継手を設けた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 $30\text{mm}(1.6d_b)$ 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。また、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 を標準としていることから、実験時のコンクリート強度はあまり高くないよう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て製造された吸水率 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る。ビニロン繊維の形状は、直径 100μ 、標準長 12mm をコンクリートの全体積に対して 0.2% 添加した。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⁶⁾に

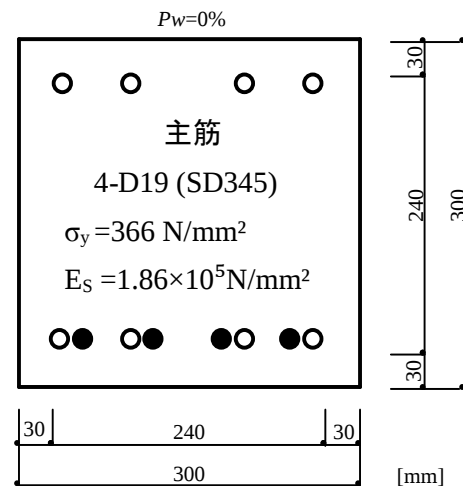


図-2 試験体断面

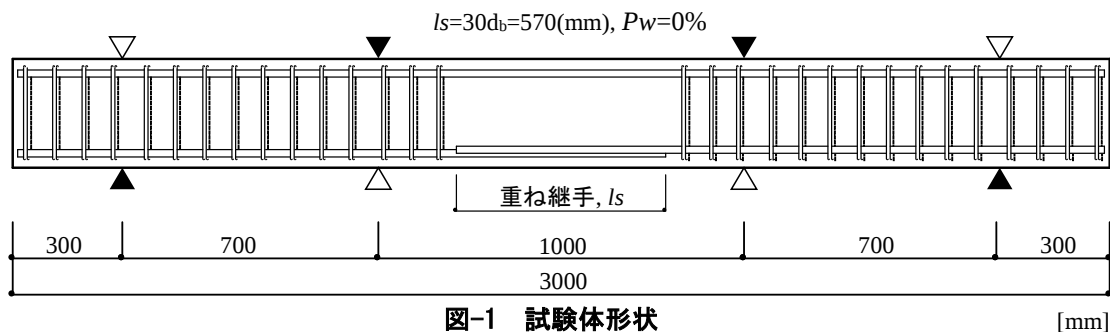


図-1 試験体形状

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。また、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るため、ひび割れの拡大を防いでいると考察が述べられている。本研究ではこれらの考え方を参考にし、本研究で利用したビニロン繊維そのもの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。

3. 実験結果

3.1 実験結果一覧

加力方法および測定方法については、その2で述べる。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。また円柱供試体の割裂試験により得られた引張強度を σ_T で示した。

表-2 実験結果

試験体名	σ_B (σ_T) (N/mm ²)	最大荷重 Pmax (kN)	最大曲げ ひび割れ幅 Wmax (mm)
1) 00	23.1 (1.98)	269.5	0.06
2) 00V	22.7 (1.78)	281.2	0.12
3) 500	20.4 (1.77)	271.5	0.16
4) 500V	19.0 (1.65)	275.0	0.05
5) 3015	20.9 (1.80)	269.2	0.18
6) 3015V	22.3 (2.02)	287.7	0.16

σ_B : コンクリート圧縮強度

σ_T : コンクリート引張強度

Wmax : 長期許容応力度時の最大曲げひび割れ幅

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

3.2 長期許容応力度のひび割れ状況

図-3に主筋長期許容応力度時 (P=150kN, $\sigma_t=200\text{N/mm}^2$ 時)における, 正加力時 (▲・▼印) のひび割れを実線で, 負加力時 (△・▽印) のひび割れを破線で示した。純曲げ区間においては梁下端から上端に向けて曲げひび割れが発生し, せん断スパンには, 加力点に向かう曲げせん断ひび割れが発生した。ひび割れ進展状況に普通

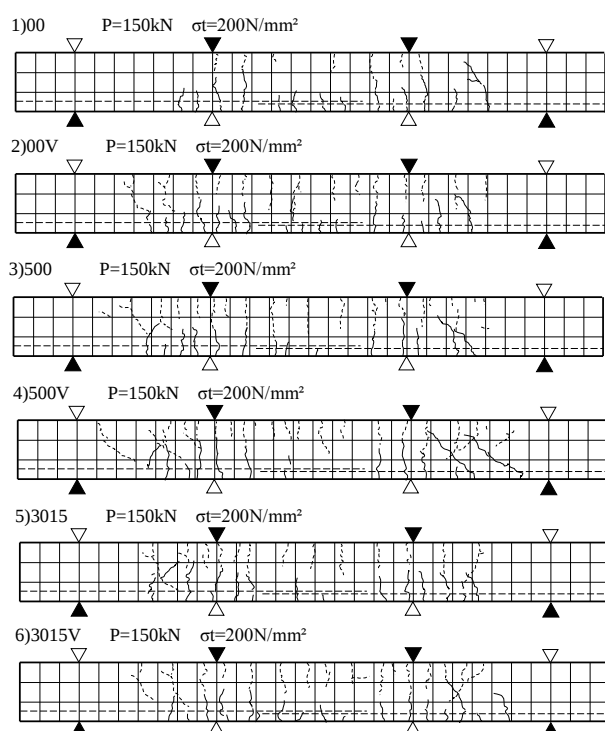


図-3 長期許容応力度時のひび割れ

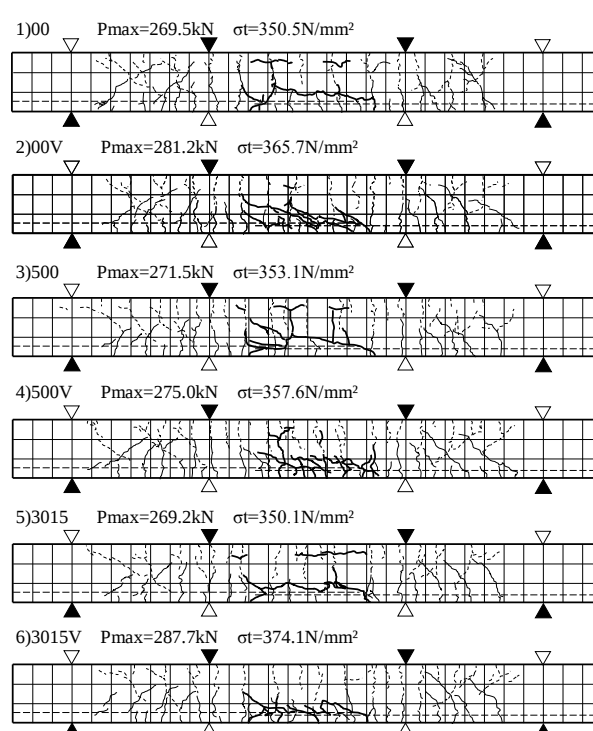


図-4 終局時のひび割れ

コンクリートの 00 シリーズおよび再生骨材を用いた 500・3015 シリーズの差異，さらにビニロン繊維の添加の差異は認められなかった。

3.3 終局時のひび割れ状況

図-4 に終局時のひび割れを示す。終局時のひび割れは付着割裂破壊時の最終破壊形状を表したものである。最終破壊形状は図-3 に示した曲げひび割れおよび曲げせん断ひび割れが進展し，さらにひび割れ本数が増加した後，純曲げ区間の継手区間に発生した付着割裂破壊により，一気に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および裏面で観察されたのでサイドスプリット型の想定していた付着割裂破壊となった。最終破壊はシリーズの違いやビニロン繊維の添加の差異は認められず同等であった。

3.4 長期許容応力度時の最大曲げひび割れ幅

図-5 に主筋長期許容応力度時の最大曲げひび割れ幅を示す。最大曲げひび割れ幅 W_{max} は，図-3 に示した曲げひび割れのうち，純曲げ区間に発生した正加力時のひび割れで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を示した。各梁部材の W_{max} の値は表-2 に示した。 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⁷⁾に示される制限目標値の 0.25mm を下回った。低品質再生骨材コンクリートを用いた梁部材の長期荷重時における使用性の確保の観点から，過大なひび割れは発生せず，重ね継手近

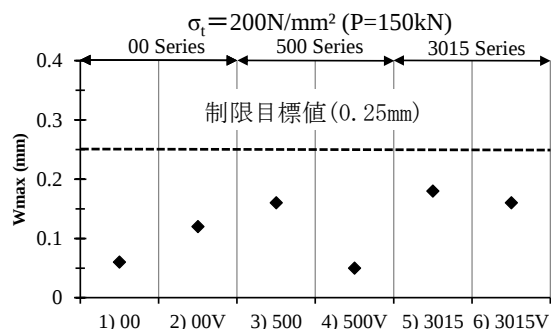


図-5 長期許容応力度時の最大曲げひび割れ幅

傍に鉄筋腐食が懸念される亀裂は認められず， 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。

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) 長期許容応力度時の曲げひび割れの進展状況および最終破壊形状ともに普通コンクリートおよび再生骨材を用いたシリーズの違いやビニロン繊維の添加の差異は認められなかった。
- (2) 主筋長期許容応力度時の最大曲げひび割れ幅は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。

今後はひび割れ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について比較を行う予定である。

謝辞

謝辞についてはその2においてまとめて記す。

参考文献

- (財) 日本規格協会：JIS A 5021 コンクリート用再生骨材 H，2011. 5. 20 改正
- (財) 日本規格協会：JIS A 5022 再生骨材 M を用いたコンクリート，2012. 7. 20 改正
- (財) 日本規格協会：JIS A 5023 再生骨材 L を用いたコンクリート，2012. 7. 20 改正
- 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. 20
- 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
- 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
- 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