

高度処理による再生粗骨材を用いた再生コンクリート梁の付着性状

日大生産工(院) 高野 洋平
 日大生産工 師橋 憲貴
 日大生産工 桜田 智之

1.はじめに 本研究室では、コンクリート塊をジョークラッシャーにより破碎して製造された再生骨材を用いたRC梁の付着耐力について研究を行ってきた。この製法による再生骨材はモルタル分が多く残存して吸水率が高いため、コンクリートの長さ変化も大きくRC部材に用いると乾燥収縮ひび割れが発生しやすい。この再生骨材を粗骨材として用いた場合、梁部材には乾燥収縮ひび割れが多数発生するものの、付着耐力は普通コンクリートに比べ大きな差異は見られない。しかし、曲げひび割れ性状および耐久性の点において乾燥収縮ひび割れを抑制することは重要なことである。そこで本研究では、本年制定されたJIS A 5021(コンクリート用再生骨材H)¹⁾の基準に該当する、磨砕により高度処理が施され、吸水率が3%以下に抑えられた再生粗骨材を用いて、基礎的段階として乾燥収縮ひび割れがまだ見られない材齢5週時の付着耐力について検討を行う。

2.実験概要 表-1に試験体詳細を、表-2に調合表を示す。本研究で用いた再生コンクリートは、高度処理による再生粗骨材の基本的な性状を把握するため再生粗骨材を天然骨材に対して置換する割合(以下、置換率と称す)を50%(QMシリーズ)と、100%(QUシリーズ)の2種類とした。なお、用いた再生粗骨材は偏心ローター方式の磨砕により高度処理されたものである。

表-1 試験体詳細

試験体名	シリーズ 骨材置換率	横補強筋	
		pw (%)	間隔 (mm)
1) 00QM	QMシリーズ 再生粗骨材(50%) 砕石(50%) 天然砂(100%)	0.0	-
2) 06QM		0.6	160
3) 12QM		1.2	80
4) 00QU	QUシリーズ 再生粗骨材(100%) 砕石(0%) 天然砂(100%)	0.0	-
5) 06QU		0.6	160
6) 12QU		1.2	80

* 上記試験体以外に長期保存試験体を作成

表-2 調合表

シリーズ	W/C (%)	単位質量 (kg/m ³)				
		水	セメント	細骨材	粗骨材	
QM	64.0	176	275	天然砂	再生粗骨材	砕石
				824	481	505
QU	64.0	178	278	787	989	

表-3 フレッシュコンクリートの性質

シリーズ	スランプ (cm)	フロー (cm)	空気量 (%)
QM	20.0	32.5 × 30.5	4.4
QU	19.0	32.0 × 31.0	3.4

表-4 骨材の品質

シリーズ	骨材	絶対乾密度 (g/cm ³)	実績率 (%)	吸水率* (%)	混合吸水率** (%)
QM	再生粗骨材	2.53	63.8	2.43	1.69
	砕石	2.69	61.1	0.43	
	天然砂	2.57	-	1.92	
QU	再生粗骨材	2.53	63.8	2.43	-
	天然砂	2.57	-	1.92	-

吸水率は本研究室で行った試験結果を示す
 また吸水率以外は工場の骨材試験成績表による
 *工場より骨材を採取したもの
 **コンクリート打設時に骨材を水洗いして採取したもの

表-3 にフレッシュコンクリートの性質を、また表-4 に骨材の品質を示す。本研究室で用いた再生粗骨材の吸水率試験結果は 2.43%であった。また、打設時に採取したQMシリーズの粗骨材の混合吸水率は 1.69%であった。JIS A 5021 のコンクリート用再生骨材Hでは絶対密度は $2.5\text{g}/\text{cm}^3$ 以上、実績率は 55%以上、また吸水率は 3.0%以下と定められており、すべて基準値を満たしていた。

図-1 に試験体断面図を、また図-2 に試験体形状を例示する。主筋は上端と下端ともに 4-D19 を使用し、主筋から側面および底面までのかぶり厚さは 30mm とし、サイドスプリット型の付着割裂破壊を想定した。試験体は付着性状を検討するため下端に重ね継手を設けた単純梁形式で、重ね継手長さは 30db (db: 主筋の公称直径)とした。

3. 実験結果

3.1 最終破壊形状 表-5 に実験結果一覧を示す。また、図-3 に最終破壊形状を 00QM を例に示す。表-5 の破壊形式に示すように横補強筋比 $pw=0.0\%$ と 0.6% の試験体は重ね継手区間に付着ひび割れが急激に進展するサイドスプリット型の付着割裂破壊で想定していた破壊形式となった。

3.2 長期許容応力度時の最大曲げひび割れ幅

図-4 に主筋長期許容応力度時の最大曲げひび割れ幅 W_{\max} を横補強筋を配筋していない $pw=0.0\%$ を例に示す。図中には既往の普通コンクリート (Nシリーズ)、およびコンクリート塊を破碎して製造された骨材を用いた再生コンクリート (Rシリーズ) の実験結果²⁾ を併せて示した。高度処理による再生粗骨材を用いた本実験と既往の普通コンクリートの 00N の W_{\max} は同程度であった。コンクリート塊を破碎して製造された骨材を用いた 00R と比較すると、本実験は W_{\max} が僅かに小さい値となった。

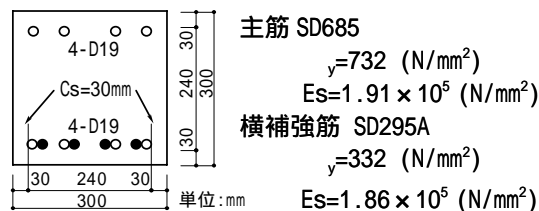


図-1 試験体断面図 ($pw=0.0\%$)

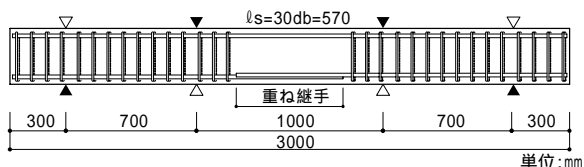


図-2 試験体形状 ($pw=0.0\%$)

表-5 実験結果一覧

試験体名	圧縮強度 f_c (N/mm^2)	最大曲げひび割れ幅 W_{\max} (mm)	最大荷重 P_{\max} (kN)	付着割裂強度 u_{exp} (N/mm^2)	破壊形式
1) 00QM	34.4	0.08	295.0	3.31	S
2) 06QM		0.12	364.2	4.09	
3) 12QM		0.08	539.4	(5.93)*	
4) 00QU	35.5	0.10	274.0	3.08	S
5) 06QU		0.12	354.2	3.98	
6) 12QU		0.08	587.0	(6.13)**	

最大曲げひび割れ幅は $f_c=200\text{N}/\text{mm}^2$ ($P=150\text{kN}$) 時
 S: 付着割裂破壊 FS: 曲げ降伏後の付着割裂破壊
 FC: 曲げ降伏後の圧縮破壊

* 12QMの曲げ降伏時 $P=528.6$ (kN), $W_{\max}=18.08$ (mm)

** 12QUの曲げ降伏時 $P=546.4$ (kN), $W_{\max}=18.40$ (mm)

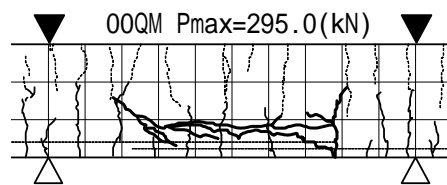


図-3 最終破壊形状 (00QM 側面)

図-5 に全試験体の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。横補強筋を配筋した $pw=0.6$ 、 1.2% においてもQM・QUシリーズとNシリーズの W_{\max} は同程度であった。一方Rシリーズはばらつきが見られ、本実験に比べ W_{\max} は大きい値となっていた。これは、高度処理された再生粗骨材は骨材形状が天然骨材に近いと、 W_{\max} は普通コンクリー

トと同様の傾向が見られたと考える。また、全ての試験体で W_{max} はRC規準³⁾のひび割れ制限目標値の0.25mm以内となった。

3.3 変位性状 図-6 に荷重-変位曲線を例示する。載荷は2点集中による正負繰返し載荷を行った。加力の履歴は、梁の曲げ強度略算式³⁾により計算した主筋の応力度 σ_t を100N/mm²ずつ増加させ、それぞれの応力度で各1回正負繰返しを行った。横補強筋比 $pw=0.0\%$ と0.6%の試験体は正加力時に付着割裂破壊が発生し、その後急激に耐力が低下した。一方、図-6 に示すように横補強筋を $pw=1.2\%$ と密に配筋した12QMは曲げ降伏が認められ、変位 $u=30\text{mm}$ 過ぎに付着割裂破壊が発生し耐力が低下した。これは、QMシリーズのコンクリートの圧縮強度($f_c=34.4\text{N/mm}^2$)が既往の普通コンクリート($f_c=28.8\text{N/mm}^2$)等と比べ高かったため、付着割裂破壊が発生する前に曲げ降伏が先行したものと考えられる。

図-7 に荷重-変位曲線の包絡線を例示する。高度処理による再生粗骨材の置換率を50%とした00QMと置換率を100%とした00QUの初期剛性に違いは見られなかった。また、普通コンクリートの00Nに比べ僅かに初期剛性は高くなった。これは、QM・QUシリーズのヤング係数がともに $E=2.43 \times 10^4 (\text{N/mm}^2)$ となり、Nシリーズのヤング係数 $E=2.28 \times 10^4 (\text{N/mm}^2)$ と比べ高く、引張側のコンクリートの曲げひび割れに対する抵抗が増加したため、剛性が上昇したものと考えられる。

4. 付着割裂強度の評価 付着割裂強度は式(1)により求めた。

$$u_{exp.} = \frac{M_u}{j \cdot \sigma_s \cdot \ell_s} \quad (\text{N/mm}^2) \quad (1)$$

ここで 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)
 σ_s : 鉄筋周長(4-D19 240mm)
 ℓ_s : 重ね継手長さ(30db 570mm)

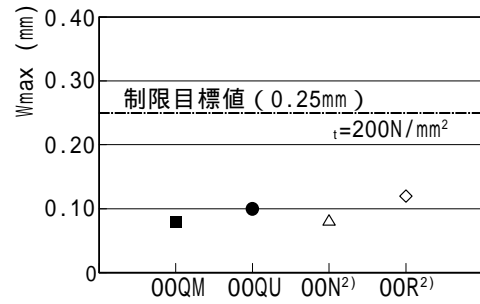


図-4 主筋長期許容応力度時の最大曲げひび割れ幅 ($pw=0.0\%$)

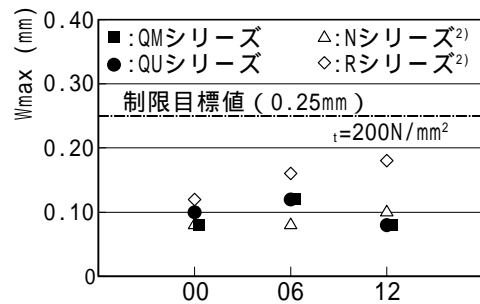


図-5 主筋長期許容応力度時の最大曲げひび割れ幅(全試験体)

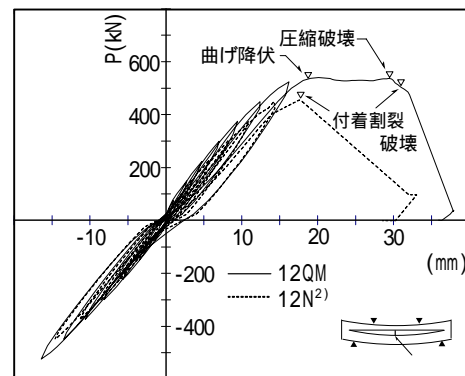


図-6 荷重-変位曲線 ($pw=1.2\%$)

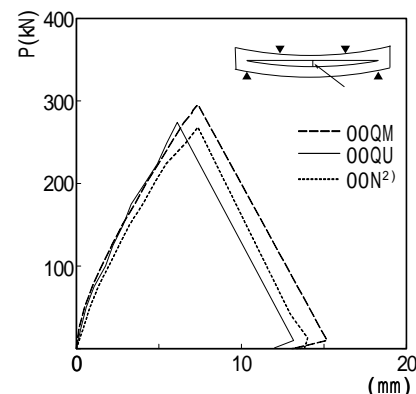


図-7 荷重-変位曲線(包絡線)

図-8に横補強筋比 $p_w=0.0\%$ の付着割裂強度を示す。高度処理による再生粗骨材の置換率を50%としたQMシリーズと置換率を100%としたQUシリーズの付着割裂強度はNシリーズおよびRシリーズと同等となった。これは、載荷時期が5週時であり乾燥収縮ひび割れ等の影響を受けていないため、使用した骨材やその置換率の変化による差異が見られなかったものとする。

図-9に全試験体の付着割裂強度を示す。QMシリーズ、QUシリーズはともに同一の横補強筋比 p_w で比較すると付着割裂強度は同程度であり置換率の違いは認められなかった。また、既往のNシリーズおよびRシリーズと比較すると横補強筋比 p_w の増加に伴い付着割裂強度は上昇しており、付着割裂強度に及ぼす横補強筋の効果が骨材の種類によらず差異が見られなかったものとする。

5.まとめ 高度処理による再生粗骨材を用いた再生コンクリート梁の付着耐力について検討した結果、本実験の範囲以内で以下の知見が得られた。

- 1)再生コンクリート梁の主筋長期許容応力度時の最大曲げひび割れ幅は普通コンクリート梁と同程度であった。
- 2)初期剛性は普通コンクリートに比べ、コンクリートのヤング係数が高かったため上昇が認められた。
- 3)付着割裂強度は乾燥収縮ひび割れがまだ見られない5週時では、置換率の違いや使用した骨材による差異が見られなかった。

高度処理による再生粗骨材をすべて天然骨材に置換した場合を含め曲げひび割れ性状や付着耐力の検討を行った結果、普通コンクリートと同様の傾向が見られた。

今後、乾燥収縮ひび割れの発生状況をジョークラッシャーにより破碎して製造された骨

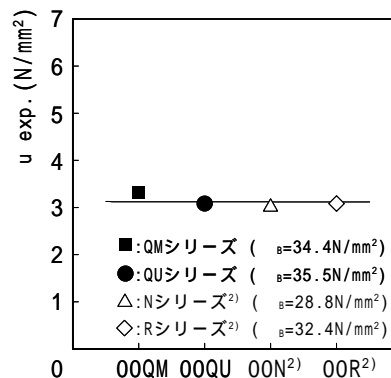


図-8 付着割裂強度 ($p_w=0.0\%$)

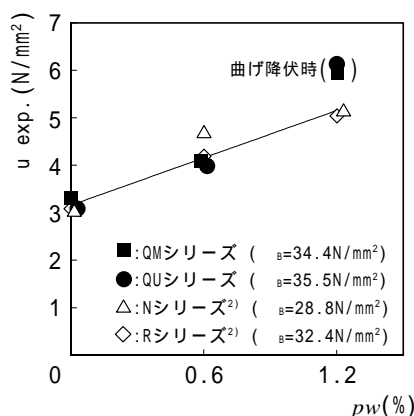


図-9 付着割裂強度(全試験体)

材を用いた再生コンクリート梁と比較するとともに、付着性状を打設後1年について検討する予定である。

謝辞 本研究に際し、株式会社竹中工務店より再生骨材を供与いただきました。また、同技術研究所の柳橋邦生氏には貴重な御助言をいただきました。再生コンクリートの手配では岩本建材工業株式会社 江東徳山生コンクリートに御協力いただきました。ここに記して深謝いたします。

参考文献

- 1)日本工業規格：JIS A 5021(コンクリート用再生骨材 H)、2005年3月
- 2)河井久直、師橋憲貴、桜田智之：再生コンクリート梁の付着性状に及ぼす横補強筋の効果、日本大学生産工学部第37回学術講演会、2004年12月、pp.17-20
- 3)日本建築学会：鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説-許容応力度設計法-、1999