

高度処理による再生粗骨材を用いた鉄筋コンクリート梁 －2 年経過時の付着割裂強度－

日大生産工 〇師橋 憲貴
日大生産工 桜田 智之
(株)竹中工務店技術研究所 柳橋 邦生

1.はじめに 筆者らは再生コンクリートに発生する乾燥収縮ひび割れの抑制を目的として、高度処理による再生粗骨材を用いた鉄筋コンクリート梁の乾燥収縮性状について検討を行ってきた。その結果、材齢がコンクリート打設後 1 年経過した梁の乾燥収縮ひび割れは、普通コンクリートに比べて僅かに発生が認められる程度であった^{1),2)}。しかし、乾燥収縮ひび割れは構造部材の耐久性を低下させるコンクリートの劣化の要因³⁾であると考えられるので、本研究はさらに長期間材齢が経過した 2 年経過時の付着割裂強度に乾燥収縮ひび割れがどのような影響を及ぼすのか検討を行ったものである。

2.実験概要 表-1 に試験体詳細を示す。本実験で用いた再生粗骨材は偏心ローター方式の磨砕が施されて製造されたものである。再生コンクリートは、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。

表-2 に調合表を、表-3 に骨材の品質を示す。再生粗骨材の吸水率は 2.43%であり、また打設時にフレッシュコンクリートから採取した QM シリーズの粗骨材の混合吸水率は 1.69%であった。

図-1 に試験体形状を、図-2 に試験体断面を示す。試験体は純曲げ区間の下端に長さ

30d_b(d_b:主筋の公称直径)の重ね継手を設け付着性状を検討する梁形式とした。主筋は上端と下端ともに 4-D19(SD685)を配筋し、主筋

表-1 試験体詳細

試験体名	シリーズ 骨材置換率	載荷時期 (材齢)	横補強筋	
			pw (%)	間隔 (mm)
1) 00QM ¹⁾	QMシリーズ 再生粗骨材 (50%) 碎石 (50%) 天然砂 (100%)	5週時	0.0	-
2) 00QMK ²⁾		1年時		
3) 00QMKK		2年時		
4) 00QU ¹⁾	QUシリーズ 再生粗骨材 (100%) 碎石 (0%) 天然砂 (100%)	5週時	0.0	-
5) 00QUK ²⁾		1年時		
6) 00QUKK		2年時		

1),2):参考文献1),2)の試験体
重ね継手長さ $l_s=30d_b=570$ (mm) 共通

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	碎石
				824	481	505
QU	64.0	178	278	787	989	-

表-3 骨材の品質

シリーズ		絶乾密度 (g/cm ³)	実積率 (%)	吸水率*1 (%)	混合吸水率*2 (%)
QM	再生粗骨材	2.53	63.8	2.43	1.69
	碎石	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。
*1 工場より骨材を採取したもの。
*2 コンクリート打設時に骨材を水洗いして採取したもの。

Reinforced Concrete Beams with recycled Coarse Aggregate by advanced processing
-Bond Splitting Strength pass 2 years-

Noritaka MOROHASHI, Tomoyuki SAKURADA and Kunio YANAGIBASHI

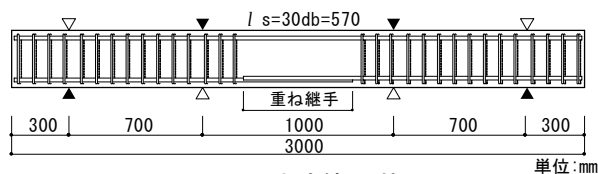


図-1 試験体形状

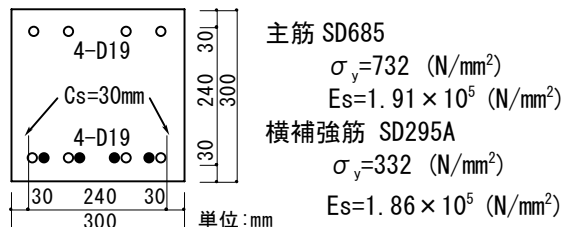


図-2 試験体断面

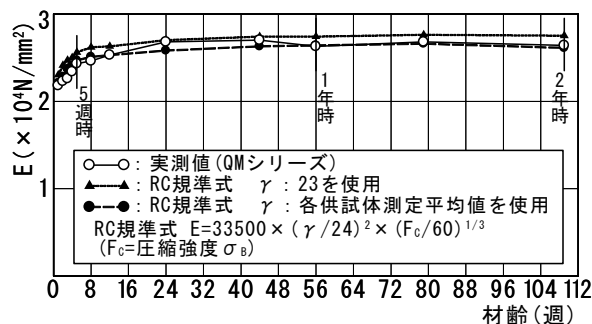
から側面および底面までのかぶり厚さは 30mm としてサイドスプリット型の付着割裂破壊を想定して付着性状の検討を行った。

3. 長期的性状

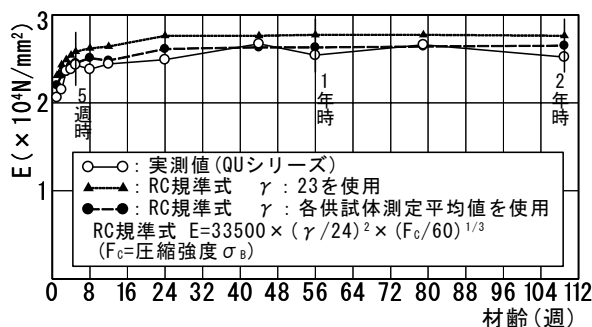
3.1 ヤング係数の推移 図-3 に QM シリーズおよび QU シリーズのヤング係数の推移を示す。材齢 2 年時のヤング係数の実測値は 1 年時とほぼ同等であり、コンクリート打設後 2 年に達したことによるヤング係数の長期材齢にともなう影響は認められなかった。

3.2 乾燥収縮ひび割れ 図-4 に 2 年間保存した 00QMKK と 00QUKK の材齢 1 年時と 2 年時の乾燥収縮ひび割れの発生状況を示す。再生粗骨材の置換率を 50%とした図a)・図b)の 00QMKK と置換率を 100%とした図c)・図d)の 00QUKK の乾燥収縮ひび割れを比較すると、置換率を 100%とした 00QUKKの方が僅かながら乾燥収縮ひび割れの発生量が多い傾向を示した。また、両試験体とも材齢 1 年以降 2 年時に至るまでの間、乾燥収縮ひび割れの発生に増加はほとんど認められなかった。図e)にはジョークラッシャーの破碎のみで製造した吸水率が 4.76%の中品質再生粗骨材を全て天然骨材に対して置換した既往の R シリーズ(30RKK)を示した⁴⁾。30RKKは乾燥収縮ひび割れの発生が顕著であり、乾燥収縮ひび割れの長さが長いものも見られていたことから、図a)～図d)の高

度処理による再生粗骨材を用いた QM シリーズおよび QU シリーズの乾燥収縮ひび割れは抑制されることが確認できた。

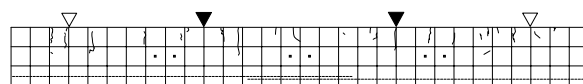


a) QM シリーズ

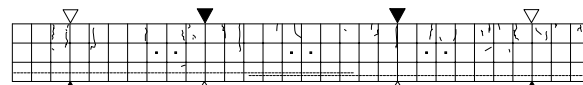


b) QU シリーズ

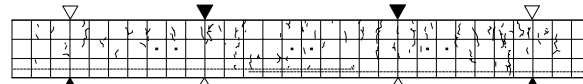
図-3 ヤング係数の推移



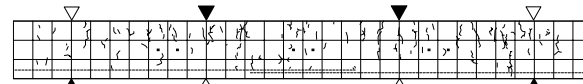
a) 00QMKK (材齢 1 年時)



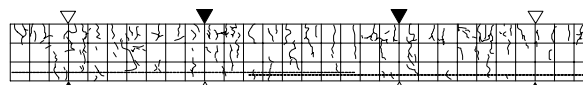
b) 00QMKK (材齢 2 年時)



c) 00QUKK (材齢 1 年時)



d) 00QUKK (材齢 2 年時)



e) 30RKK⁴⁾ (材齢 2 年時)

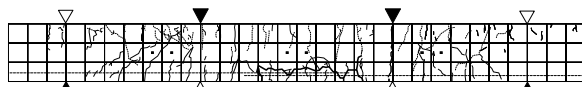
図-4 乾燥収縮ひび割れの発生状況 (側面)

表-4 実験結果一覧

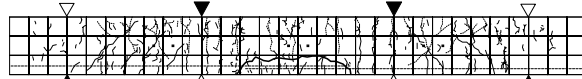
試験体名	圧縮強度 σ_B (N/mm^2)	最大曲げ ひび割れ幅 W_{max} (mm)	最大 荷重 P_{max} (kN)	付着割裂 強度 $\tau_{u\ exp.}$ (N/mm^2)	破壊 形式
1) 00QM ¹⁾	34.4	0.08	295.0	3.31	S
2) 00QMK ²⁾	42.6	0.12	299.4	3.36	
3) 00QMKK	42.9	0.12	324.6	3.64	
4) 00QU ¹⁾	35.5	0.10	274.0	3.08	S
5) 00QUK ²⁾	43.6	0.13	299.8	3.37	
6) 00QUKK	43.4	0.14	299.6	3.36	

最大曲げひび割れ幅は $\sigma_t=200N/mm^2$ ($P=150kN$) 時

S: 付着割裂破壊



a) 00QMKK ($P_{max}=324.6kN$)



b) 00QUKK ($P_{max}=299.6kN$)

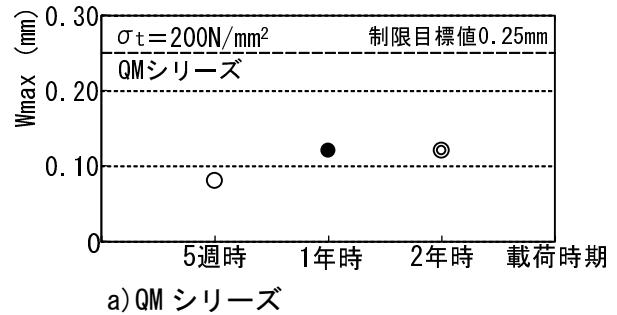
図-5 最終破壊形状(材齢2年時)

4. 実験結果

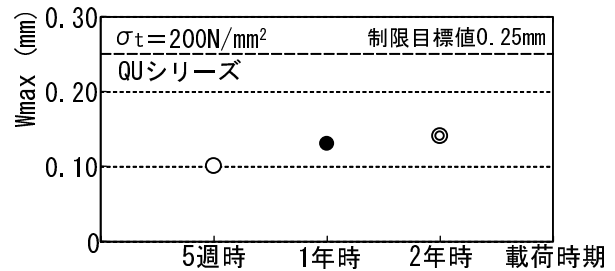
4.1 最終破壊形状 表-4 に実験結果を、図-5 に材齢2年時の載荷後の最終破壊形状を示す。00QMKK, 00QUKK はともに、高度処理による再生粗骨材を用いることで乾燥収縮ひび割れの発生が抑制されていたことから、当然のことながら材齢が2年経過したことによるコンクリートの劣化にともなう剥落などはなかった。また破壊形式は重ね継手部に付着ひび割れが急激に進展する想定していたとおりのサイドスプリット型の付着割裂破壊が観察された。

4.2 長期許容応力度時の最大曲げひび割れ幅

図-6 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。QMシリーズとQUシリーズはともに材齢1年時および2年時の W_{max} は5週時と同程度であり、長期材齢の2年時に大きくなるようなことはなかった。また、置換率を100%としたQUシリーズにおいても W_{max} はRC規準のひび割れ制限目標値⁵⁾ の0.25mm以内となった。

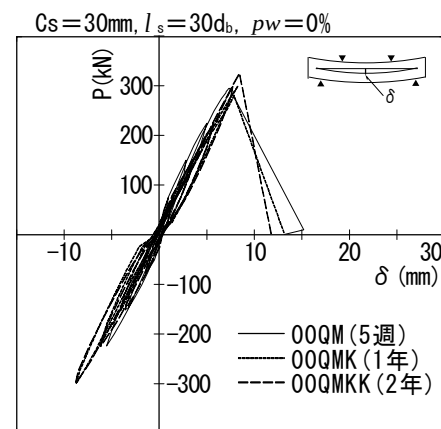


a) QM シリーズ

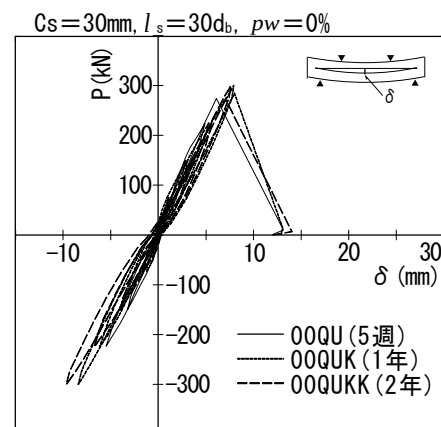


b) QU シリーズ

図-6 主筋長期許容応力度時の最大曲げひび割れ幅



a) QM シリーズ



b) QU シリーズ

図-7 荷重-変位曲線

4.3 変位性状 図-7 に荷重－変位曲線を示す。載荷は2点集中による正負繰返し載荷を行った。変位は梁中央の相対変位 δ を示した。加力の履歴は、梁の曲げ強度略算式⁵⁾を用いて計算した主筋の応力度 σ_t を 100N/mm^2 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。QMシリーズとQUシリーズの材齢2年時の初期剛性は、5週時および1年時と比べ差異は認められなかった。

5. 付着割裂強度の評価 付着割裂強度は式(1)により求めた。

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

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

図-8 に各シリーズの付着割裂強度を示す。図中には既往の普通コンクリート(Nシリーズ)とRシリーズの結果も併せて示した⁴⁾。QMシリーズおよびQUシリーズはNシリーズとほぼ同等の付着割裂強度を示した。これは2年経過時のコンクリート強度を図中に示したが、QMシリーズおよびQUシリーズがNシリーズとコンクリート強度が近い値となっているためと考える。またQMシリーズ、QUシリーズおよびRシリーズでは、材齢1年時と材齢2年時の付着割裂強度は概ね同等であり乾燥収縮ひび割れの付着割裂強度に及ぼす影響はほとんど認められなかった。

6. まとめ 高度処理による再生粗骨材を用いた鉄筋コンクリート梁の2年経過時の付着割裂強度について検討を行った結果、本実験の範囲内で以下の知見が得られた。

- 1) QMシリーズとQUシリーズはともに材齢1年時および2年時の最大曲げひび割れは5週時と同程度であった。
- 2) 1年経過時と2年経過時の付着割裂強度は概ね同等であり、乾燥収縮ひび割れが付着

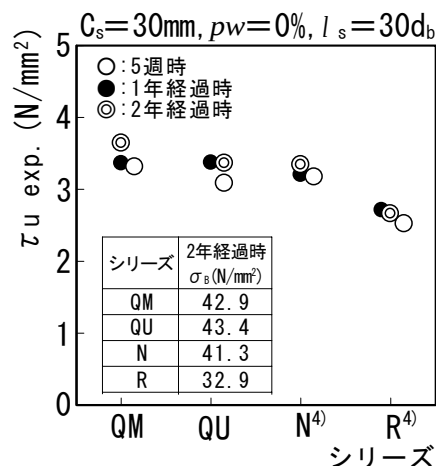


図-8 各シリーズの付着割裂強度

割裂強度に及ぼす影響はほとんど認められなかった。

以上、乾燥収縮ひび割れの付着割裂強度への影響は僅かであったが、置換率を100%とすると置換率を50%とした場合に比べ乾燥収縮ひび割れが若干多く見られたことから、今後は乾燥収縮率と乾燥収縮ひび割れの関係について検討を行いたい。

謝辞 本研究に際し、岩本建材工業株式会社 江東徳山生コンクリートには再生コンクリートの手配で御協力をいただきました。ここに記して深謝いたします。

参考文献

- 1) 高野洋平, 師橋憲貴, 桜田智之: 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, 日本大学生産工学部第38回学術講演会, 2005年12月, pp.21-24
- 2) 高野洋平, 師橋憲貴, 桜田智之, 柳橋邦生: 高度処理による再生粗骨材を用いた鉄筋コンクリート梁—乾燥収縮ひび割れと付着割裂強度—, 日本大学生産工学部第39回学術講演会, 2006年12月, pp.109-112
- 3) 日本建築学会: 建築物・部材・材料の耐久設計手法・同解説, 2003
- 4) 師橋憲貴, 桜田智之: 再生コンクリート梁の付着割裂強度—コンクリート打設後2年経過時の乾燥収縮ひび割れの影響—, 日本建築学会学術講演梗概集(近畿), 2005年9月, pp.965-966
- 5) 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