

ごみ溶融スラグと再生粗骨材を併用した高流動コンクリート梁部材

－その2 乾燥収縮性状－

日大生産工（院） ○渡辺 拓人

日大生産工 師橋 憲貴

日大生産工 桜田 智之

1. はじめに 昨年度の学術講演会ではごみ溶融スラグと再生粗骨材を併用した高流動コンクリート梁部材のフレッシュ性状と材齢 5 週時の付着性状について報告した¹⁾。その結果、フレッシュ性状では材料分離も無く、良好なフローを得ることができ、目標値 $60 \pm 5\text{cm}$ を概ね達成した。また、コンクリート強度が 27N/mm^2 以上の試験体は付着割裂強度が安定した値となり、 21N/mm^2 から 24N/mm^2 の試験体は付着割裂強度が変動していることから、ある程度のコンクリート強度を有する試験体であれば、安定した付着割裂強度を得られることを明らかにした。

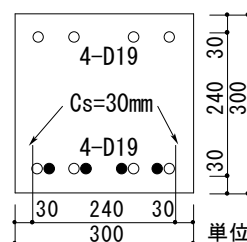
一方、乾燥収縮性状は、鉄筋コンクリート部材の耐久性を考慮する上で重要な要因となる。本研究では中品質再生粗骨材を使用しており、付着するモルタル分により吸水率が高く、乾燥収縮率が増加するため、乾燥収縮率および乾燥収縮ひび割れの検討が必要と考える。本報告では、ごみ溶融スラグと再生粗骨材を併用した高流動コンクリートについて、1 年経過時まで継続的に観測してきた乾燥収縮率および乾燥収縮ひび割れに関して報告する。また、本研究では高流動化するにあたり、石灰石微粉末を使用しているため、その影響についても検討する。

2. 実験概要

2.1 試験体概要 表-1 に試験体詳細を図-1 に試験体断面を、図-2 に試験体形状を示す。試

表-1 試験体詳細

試験体名	骨材置換率 (%)		タイプ
	再生粗骨材	ごみ溶融スラグ	
1) FRM0S	50	0	高流動 再生 コンク リート
2) FRM25S		25	
3) FRM50S		50	
4) FRM75S		75	
5) FRM100S		100	
6) FM ²⁾	50	0	再生 コンク リート
7) RM ³⁾	50	0	
8) RM25S ³⁾		25	
9) RM50S ³⁾		50	
10) RM75S ³⁾		75	
11) RM100S ³⁾		100	



主筋 D19 (SD685)
 $\sigma_y = 728 \text{ (N/mm}^2\text{)}$
 $E_s = 1.84 \times 10^5 \text{ (N/mm}^2\text{)}$
 横補強筋 D10 (SD295A)
 $\sigma_y = 359 \text{ (N/mm}^2\text{)}$
 $E_s = 1.82 \times 10^5 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

図-1 試験体断面

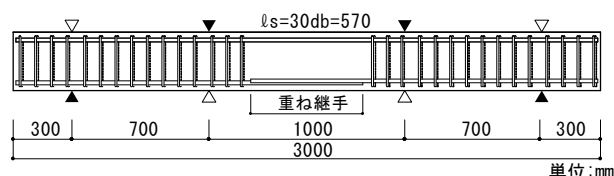


図-2 試験体形状

表-2 骨材品質

試験体	吸水率 (%)			
	粗骨材		細骨材	
	砕石	再生粗骨材	天然細骨材	ごみ溶融スラグ
FRMシリーズ	1.28	4.52	2.04	0.71
FM ²⁾	0.66	5.71	2.41	—
RM ³⁾	0.60	4.58	1.96	—
RM50S ³⁾	0.77	5.40	2.05	0.38
RM100S ³⁾	0.74	4.58	1.85	0.96
RM25S ³⁾				
RM75S ³⁾				

Beams of High Fluidity Concrete with
 Melt-solidified Slag Aggregate and Recycled Coarse Aggregate
 -Part.2 Drying Shrinkage Properties-

Takuto WATANABE, Noritaka MOROHASHI and Tomoyuki SAKURADA

験体は天然粗骨材を再生粗骨材で 50%置換し、天然細骨材をごみ溶融スラグで 0%、25%、50%、75%、100%の 5 段階に置換し、鉄筋コンクリート梁部材を作製した。また、本研究の試験体と骨材置換率が同一で石灰石微粉末を使用していない高流動再生コンクリート FM²⁾および高流動化していない既往の試験体 RM シリーズ³⁾との比較検討を行う。試験体は長辺 3000mm の単純梁として、各面には乾燥収縮ひび割れを観測し易いように水で希釈した白色ペンキを塗布した。

2.2 調査 表-2 に本実験で使用した骨材品質を、表-3 に調査表を示す。本研究で使用した再生粗骨材は中品質(M)のものであり、また、ごみ溶融スラグは JIS 規格を満たしたものを使用した。

3. 乾燥収縮性状

3.1 乾燥収縮率 図-3 a) ~d) に乾燥収縮率を示す。乾燥収縮率は JIS A 1129-2(コンタクトゲージ法)⁴⁾に準拠し 100×100×400mm の長さ変化試験体を作製し測定を行った。本研究で作製した試験体 FRM シリーズの乾燥収縮率は、乾燥収縮率の測定を開始した材齢 1 週から約 12 週まで急激に増加し、16 週から 52 週まで緩やかに増加する傾向が見られた。また、ごみ溶融スラグを多く置換するほど、乾燥収縮率は低い値となった。これは、ごみ溶融スラグの骨材表面がガラス質であるため、吸水率が低く、乾燥収縮率の抑制に繋がったものと考えられる。

一方、ごみ溶融スラグの置換率ごとに本研究の高流動化した試験体 FRM シリーズと既往の高流動化していない試験体 RM シリーズ³⁾をそれぞれ比較すると、ごみ溶融スラグの置換率が 0%の試験体では、52 週時点で RM の乾燥収縮率が 150 μ 程高くなった。また、ごみ溶融スラグの置換率が 50%の試験体では同等の値となり、100%置換した試験体では

表-3 調査表

試験体名	W/C (%)	単位質量 (kg/m ³)						
		水 W	セメント C	粗骨材		細骨材		石灰石微粉末
				普通粗骨材	再生粗骨材	普通細骨材	ごみ溶融スラグ	
1) FRM0S	61.3	175	286	456	416	721	0	215
2) FRM25S	59.4	175	295	456	416	542	191	205
3) FRM50S	57.5	175	304	456	416	362	383	196
4) FRM75S	55.6	175	315	456	416	181	575	185
5) FRM100S	53.7	175	326	456	416	0	769	174
6) FM ²⁾	53.7	175	326	456	410	891	0	0
7) RM ³⁾	65.0	180	277	503	455	816	0	0
8) RM25S ³⁾	65.0	184	283	473	424	635	238	0
9) RM50S ³⁾	72.5	184	254	469	424	444	482	0
10) RM75S ³⁾	65.0	184	283	473	424	218	713	0
11) RM100S ³⁾	69.4	184	265	469	424	0	955	0

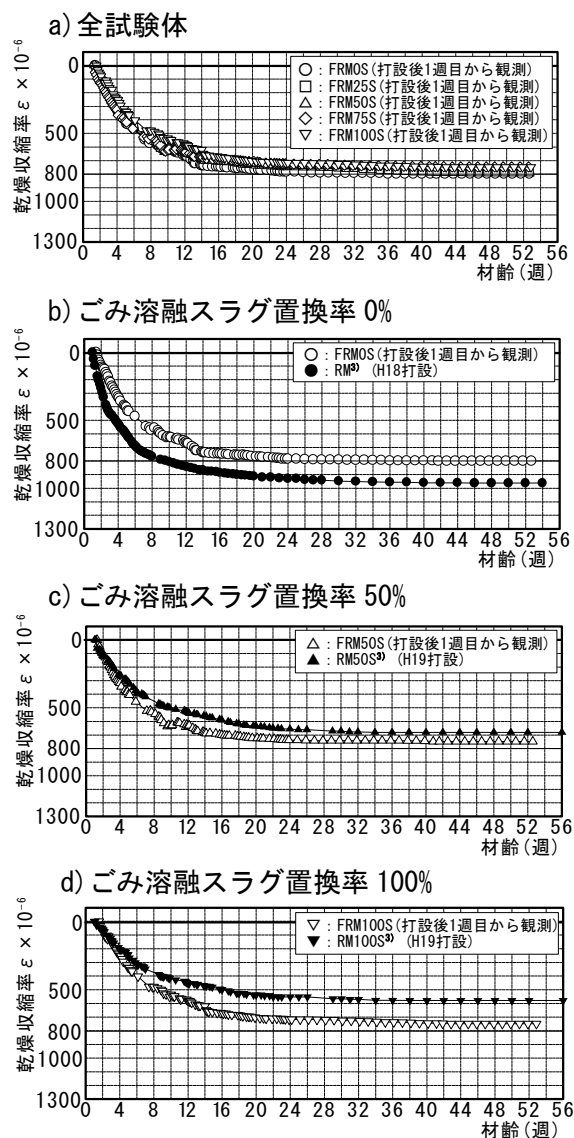


図-3 乾燥収縮率

RM100S³⁾の乾燥収縮率が 160 μ 程低い値となった。ごみ溶融スラグの置換率が高くなる程高流動化した試験体 FRM シリーズは高流動化していない RM シリーズと比較して乾燥収縮率が高くなる傾向となった。このことから打設年度に注目し、平均吸水率と併せて比較する。表-4 および図-4 に平均吸水率と長さ変化試験体における 1 年経過時の乾燥収縮率の関係を示す。打設年度で分けると、平均吸水率が低いほど、乾燥収縮率は低くなった。また、打設年度により乾燥収縮率が大きく変わることから、打設時の環境などが乾燥収縮率に大きく影響すると考える。

図-5 に石灰石微粉末の有無による乾燥収縮率の比較を示す。高流動化した試験体のうち石灰石微粉末を使用した FRM0S と使用していない FM を比較すると概ね同様の推移を示した。これにより石灰石微粉末が乾燥収縮率に及ぼす影響は少ないと考える。

図-6 に梁部材の乾燥収縮率を示す。梁部材は打設後 1 週目まで湿布養生を行い、2 週目から水中養生、3 週目に水中から引き上げた。乾燥収縮ひび割れは 4 週経過時から定期的に観測を行った。梁部材の保存場所は風雨の影響が無い実験棟内とした。梁部材の乾燥収縮率の測定は、打設面および観測面の各面 3 ヶ所について行った。図の推移は側面 3 ヶ所の平均を示す。梁部材の乾燥収縮率は長さ変化試験体よりも低く、約 500 μ の差がある。長さ変化試験体との関連性は乾燥収縮率が小さいため判断が難しいが、ごみ溶融スラグを 100%置換した試験体が一番低い値となった。また、長さ変化試験体と異なり、乾燥収縮率は 1 年経過後も微増傾向を示した。

3.2 乾燥収縮ひび割れ性状 梁部材の乾燥収縮率を測定した面と同一の側面における 1 年経過時の乾燥収縮ひび割れ図を図-7 a)、b) に例示する。乾燥収縮ひび割れ幅は、マイク

表-4 平均吸水率と乾燥収縮率

打設年度	試験体名	平均吸水率(%)	1年経過時の乾燥収縮率(μ)
平成23年	FRM0S	2.47	800.2
	FRM25S	2.31	786.7
	FRM50S	2.15	749.0
	FRM75S	1.99	746.7
	FRM100S	1.83	748.3
平成20年	RM25S ³⁾	2.09	987.0
	RM75S ³⁾	1.85	829.0
平成19年	FM ²⁾	2.73	803.8
	RM50S ³⁾	2.06	681.2
	RM100S ³⁾	1.63	578.2
平成18年	RM ³⁾	2.25	962.3

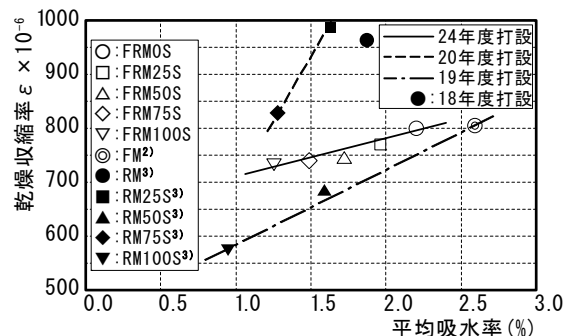


図-4 平均吸水率と乾燥収縮率の関係

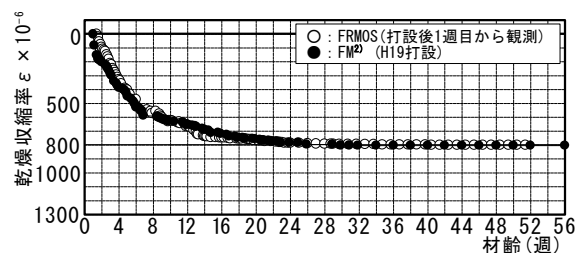


図-5 乾燥収縮率(石灰石微粉末の有無)

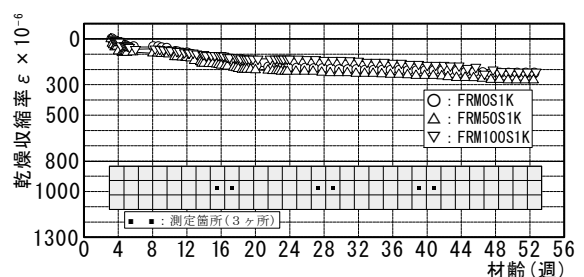


図-6 梁部材の乾燥収縮率(側面)

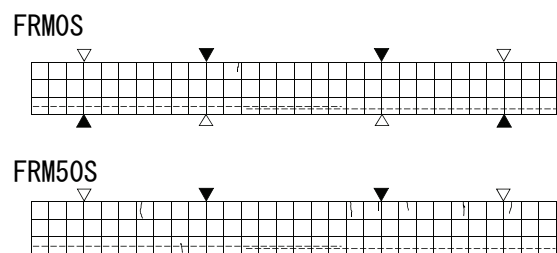


図-7 a) 乾燥収縮ひび割れ(側面、1 年時)

ロスコープにより観測し、FRM シリーズにおいては、最大で 0.08 mm 以下となった。FRM シリーズの乾燥収縮ひび割れは総じて少なく、FRM100S においては 52 週経過時においても乾燥収縮ひび割れは確認できなかった。乾燥収縮ひび割れが発生した FRM0S、FRM25S、FRM75S においては、約 16 週後に乾燥収縮ひび割れが発生し FRM50S は約 20 週後に発生した。ごみ溶融スラグの置換率で比較すると 25% から 100% 置換した試験体はそれぞれ乾燥収縮ひび割れが少なく、ごみ溶融スラグを多く置換する程、乾燥収縮ひび割れは少なくなる傾向となった。RM³⁾は FRM0S、FM と比較して乾燥収縮ひび割れが多くなった。これは、RM の乾燥収縮率が高いため、これに伴い、乾燥収縮ひび割れが多く発生したものとする。

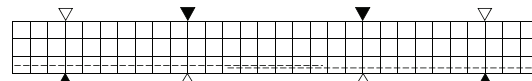
4. まとめ ごみ溶融スラグと再生粗骨材を併用した高流動コンクリート梁部材の乾燥収縮性状について検討した結果、本実験の範囲内で以下の知見が得られた。

- (1) 乾燥収縮率はごみ溶融スラグ置換率が高いほど抑制される。また、打設時の環境が同じであれば、平均吸水率に概ね比例する。
- (2) 乾燥収縮ひび割れは乾燥収縮率が低いほど少なく、また、ごみ溶融スラグを多く置換すると乾燥収縮ひび割れは少なくなった。
- (3) 石灰石微粉末の使用による乾燥収縮性状への影響は認められなかった。

ごみ溶融スラグを多く置換すると平均吸水率は低くなり、乾燥収縮率もまた低くなる。乾燥収縮率が低いと乾燥収縮ひび割れも少なくなる。これらは、打設時の環境に影響されることが明らかとなった。

今後は、材齢 1 年経過時の付着性状について検討を行い、材齢の経過が付着性状に与える影響について検討する予定である。

FRM100S



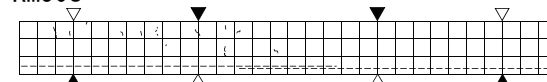
FM²⁾



RM³⁾



RM50S³⁾



RM100S³⁾

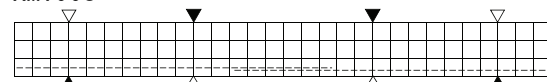


図-7 b) 乾燥収縮ひび割れ(側面、1 年時)

謝辞 本研究を進めるにあたり、習志野市芝園清掃工場にはごみ溶融スラグの使用を快諾していただきました。葛西再生コンクリート工場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。混和剤メーカー F 社の方々には調合計画において貴重な御助言をいただきました。ここに記して深謝いたします。

参考文献

- 1) 渡辺拓人、師橋憲貴、桜田智之：ごみ溶融スラグと再生粗骨材を併用した高流動コンクリート梁部材—その 1 フレッシュ性状と付着性状—、日本大学生産工学部第 44 回学術講演会、2011 年 12 月、4-24、pp. 583-586
- 2) 野口泰寛、師橋憲貴、桜田智之：中品質再生粗骨材を用いた高流動コンクリートの構造特性に関する基礎的研究—その 2 1 年経過実験時の付着性状—、日本大学生産工学部第 41 回学術講演会、2008 年 12 月、4-8、pp. 29-32
- 3) 師橋憲貴、桜田智之、三橋博巳：再生コンクリートの細骨材としてごみ溶融スラグを用いた梁部材の付着特性に関する実験的研究、構造工学論文集、Vol. 57B、2011 年 3 月、pp. 665-672
- 4) 日本工業規格：JIS A 1129 (モルタル及びコンクリートの長さ変化試験方法—第 2 部：コンタクトゲージ方法)、2001 年 6 月