

スラグ系細骨材を用いたモルタルの乾燥収縮

正会員 ○渡邊詩穂子^{*1} 同 松下文明^{*3}
同 濱 幸雄^{*2} 同 柴田純夫^{*3}乾燥収縮 モルタル 細骨材
高炉スラグ 銅スラグ

1. はじめに

2009年のJASS5の大改定で、長期および超長期供用級のコンクリートにおいて乾燥収縮率の上限値が規定され、乾燥収縮に対する関心が高まっている。コンクリートの乾燥収縮は、元来セメントペーストの収縮に起因するものであり、骨材はそれを拘束するものとして扱われてきた。一方、骨材の種類が乾燥収縮に大きな影響があることも指摘されており¹⁾、石灰岩砕石を粗骨材として用いた場合に収縮が低減されることが多いことが広く認識されている。また、天然資源骨材の枯渇から、銅スラグ、高炉スラグ等の副産物の有効利用も重要な課題となっている。これらスラグ系材料は細骨材として用いられることが多いが、スラグ系細骨材単独で乾燥収縮に及ぼす影響を検討した資料が十分にあるとは言い難い^{2),3)}。

そこで本研究では、JIS標準砂、天然砂、各種砕砂および銅スラグ細骨材(以下Cu)、高炉スラグ細骨材(以下BFS)を用いて、細骨材種類以外の条件を一定としたモルタルの乾燥収縮に関する実験を行ない、細骨材種類による乾燥収縮について比較検討を行った。

2. 実験概要

実験には、混合材を含まない普通ポルトランドセメントと表1に示す14種類の細骨材を用いた。モルタルの調合は、標準砂を用いた水セメント比50%のJISモルタルの調合を基準とし、標準砂以外の場合には細骨材かさ容積が一定となるように定めた。試験体は4×4×16cmの

モルタル試験体を作製した。材齢7日まで20℃水中養生を行った後、20℃、RH60%環境下での乾燥収縮量と質量変化率を測定した。なお、モルタル試験体の長さ変化の測定はJIS A 1129-3(ダイヤルゲージ法)に準拠した。また、材齢7日、28日に圧縮強度と静弾性係数を測定した。

3. 実験結果及び考察

図1にモルタルの乾燥収縮試験結果を示す。なお、図1の(1)～(3)はそれぞれ、S、K、F、U(天然砂、各種砕砂系)、Cu、Cu2.5、Cu1.2、BFS、CuL(スラグ系)、LTA、LTB、LK、LG(石灰砕砂系)の結果をN(標準砂)と比較して示している。また、図2に乾燥材齢91日における乾燥収縮量を示している。

細骨材種類以外の条件を同一とした本実験によるモルタルの乾燥収縮量の違いは、骨材物性の相違によるものと考えることができ、骨材の種類によってモルタルの収縮量は乾燥開始材齢91日において約 $800\sim 1200\times 10^{-6}$ の範囲で大きく異なっている。

天然砂、各種砕砂系は、Nと比べてやや収縮量が多い傾向を示している。また、石灰砕砂系は産地によるばらつきもみられるが、Nとほぼ同等の収縮量となっている。一方、スラグ系の収縮量は全体的に小さい傾向にあり、特に高炉スラグ細骨材BFSの収縮量の小ささが際立っている。

図3に長さ変化と質量変化率の関係を示す。質量変化率は、乾燥による水分逸散を意味しているが、水分逸散

表1 細骨材種類と強度物性値

細骨材種別	記号	表乾密度 (g/cm ³)	純乾密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	粗粒率	最大粒径 (mm)	微粒分率 (%)	28日圧縮強度 (N/mm ²)	28日ヤング係数 (N/mm ²)	
JIS標準砂	N	2.65	2.64	0.42	2.66	1.2	0.30	48.2	30189	
天然砂系	陸砂	S	2.69	2.65	1.52	2.60	5.0	0.43	44.0	27679
	海砂	U	2.59	2.56	1.23	2.91	5.0	3.73	44.1	25572
スラグ系	銅スラグ系	Cu	3.52	3.50	0.58	3.44	5.0	0.32	41.8	27561
		Cu2.5	3.52	3.50	0.58	2.49	5.0	1.81	43.0	27104
		Cu1.2	3.52	3.50	0.58	2.28	2.5	2.82	58.7	33927
		CuL [*]	3.10	3.09	0.50	2.62	5.0	3.27	54.2	34688
	高炉スラグ	BFS	2.74	2.72	0.74	2.53	2.5	1.80	40.7	29852
砕砂系	石灰砕砂	LTA	2.68	2.67	0.41	2.75	2.5	4.73	57.3	32033
		LTB	2.71	2.70	0.39	3.08	1.2	12.08	55.8	32956
		LK	2.69	2.68	0.49	2.31	2.5	3.80	48.0	27904
		LG	2.67	2.64	0.87	3.37	5.0	8.51	54.7	34692
	硬質砂岩砕砂	K	2.61	2.58	1.03	3.53	2.5	5.77	53.7	30285
	風化花崗岩砕砂	F	2.59	2.57	0.81	2.85	2.5	6.10	48.8	25239

※CUS2.5(50%)+LTA(50%)の混合砂

Drying Shrinkage of Mortar using Slag Fine Aggregate

Shihoko WATANABE, Yukio HAMA
Fumiaki MATSUSHITA and Sumio SHIBATA

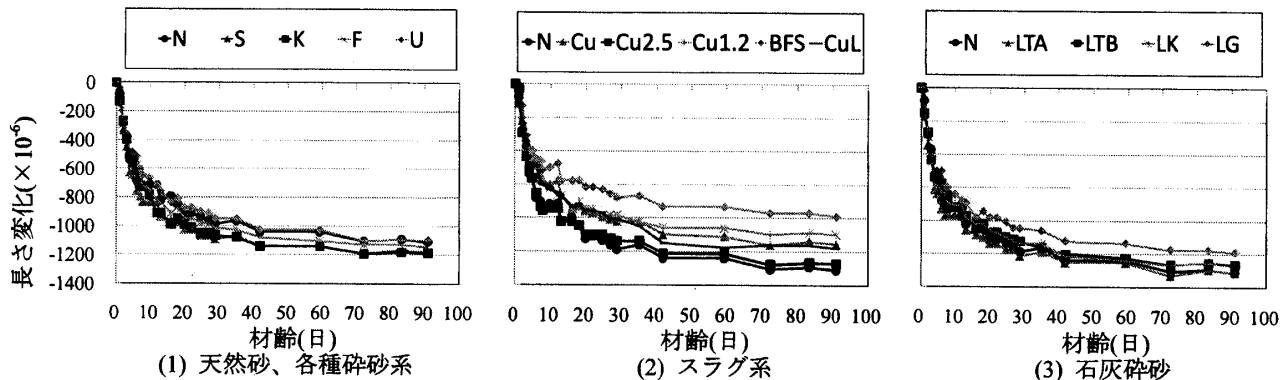


図1 乾燥収縮試験結果

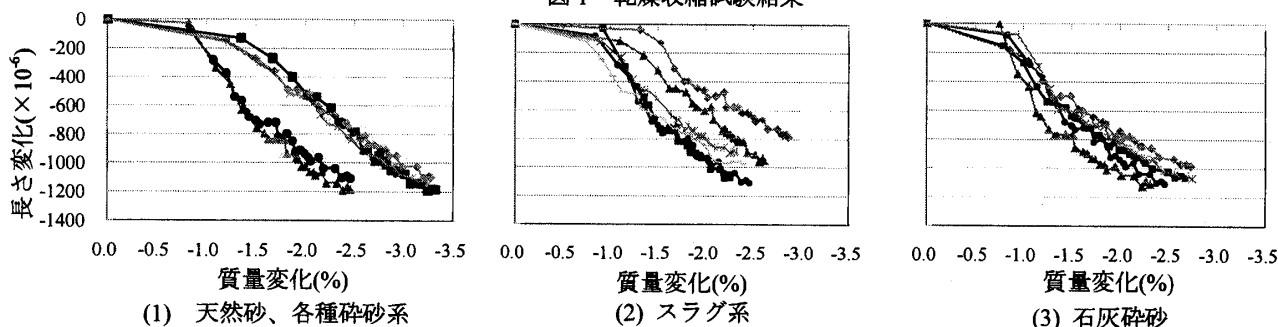


図3 長さ変化と質量変化の関係

量と長さ変化の関係は一様ではない。しかしながら、その中で N と S, Cu2.5, LTB, LK がほぼ同じ挙動をしているのは興味深い。

図4に材齢28日の静弾性係数と乾燥材齢91日における収縮量の関係を示す。ばらつきは大きいものの、静弾性係数が大きいものほど収縮量は小さくなる傾向が認められる。しかし、最も収縮量が小さいBFSの静弾性係数は比較的小さく、BFSの収縮量が小さい理由は他の要因であると判断できる。しかしながら、表1に示した骨材の各種物性値と収縮量の間には相関が認められなかった。今後は、今本ら⁴⁾が指摘しているような骨材の比表面積による評価を実施する予定である。

4. まとめ

本研究では、以下のことが明らかになった。

- 1) 細骨材種類によってモルタルの収縮量は大きく異なる。また、スラグ系細骨材は収縮が小さい傾向にあり、BFSの収縮量の小ささが際立っている。
- 2) 水分逸散量と収縮量の関係は一様ではないが、一部に

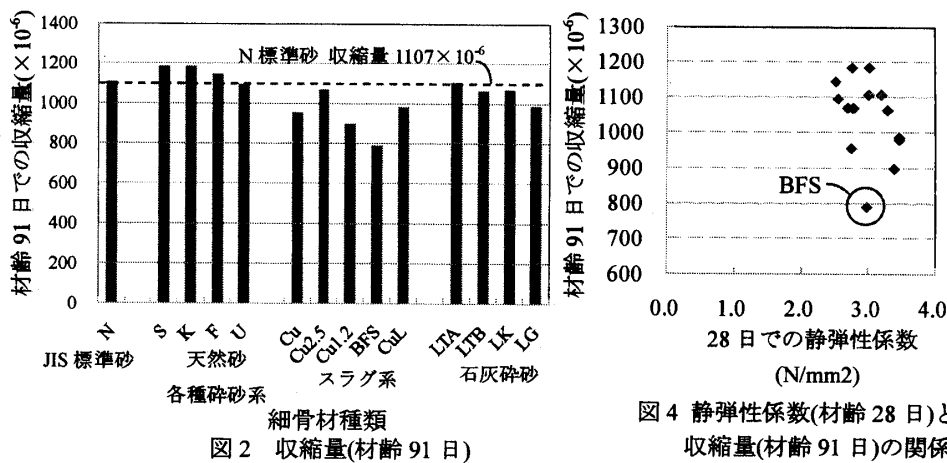


図2 収縮量(材齢91日)

図4 静弾性係数(材齢28日)と収縮量(材齢91日)の関係

ほぼ同一の挙動を示す骨材がある。

- 3) モルタルの収縮量と細骨材の密度、吸水率、粒度分布などの物性値およびモルタルのヤング係数の間には明確な相関関係は認められなかった。

【参考文献】

- 1) 田中博一ほか：骨材の種類がコンクリートの乾燥収縮に及ぼす影響、コンクリート工学年次論文集、vol.31、No.1、pp.553-558、2009
- 2) 権寧世ほか：銅スラグのコンクリート用細骨材への利用、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.443-444、1996.9
- 3) 堀部玄：フェロニッケルスラグ細骨材、銅スラグ細骨材を用いたコンクリートの乾燥収縮に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.1081-1082、1998.9
- 4) 今本啓一ほか：各種骨材を用いたコンクリートの乾燥収縮特性と骨材比表面積の影響、日本建築学会構造系論文集、第606号、pp.9-14、2006.8

*1 室蘭工業大学大学院 博士前期課程
 *2 室蘭工業大学大学院 教授・博士(工学)
 *3 住友金属鉱山シボレックス(株) 博士(工学)

*Graduate student, Muroran Institute of Technology
 *2 Prof., Muroran Institute of Technology, Dr. Eng.
 *3 Sumitomo Metal Mining Siporex Co., Ltd., Dr. Eng.