

各種骨材を用いたモルタル・コンクリートの乾燥収縮特性

著者	濱 幸雄, 松下 文明, 柴田 純夫
雑誌名	室蘭工業大学地域共同研究開発センター研究報告
巻	21
ページ	11-14
発行年	2010-12
URL	http://hdl.handle.net/10258/00009081

各種骨材を用いたモルタル・コンクリートの乾燥収縮特性

濱 幸雄^{*1}，松下文明^{*2}，柴田純夫^{*2}

1 はじめに

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、細骨材として JIS 標準砂、天然砂、各種砕砂、銅スラグ細骨材、高炉スラグ細骨材を、粗骨材として硬質砂岩砕石、安山岩砕石、石灰岩砕石を用い、骨材種別がモルタルおよびコンクリートの乾燥収縮に及ぼす影響を把握することを目的とした実験を行った。

2 実験計画および方法

実験は、モルタル実験とコンクリート実験に分けて行った。

モルタル実験では、混合材を含まない普通ポルトランドセメントと表-1に骨材のうち JIS 標準

砂、天然砂、各種砕砂、銅スラグ細骨材(以下 Cu) および高炉スラグ細骨材(以下 BFS)の計 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、4×4×16 cm の角柱供試体を作製した。

コンクリート実験では、市販の普通ポルトランドセメントと表-1に示す骨材のうち 3 種類の粗骨材および 5 種類の細骨材を用い、表-2に示す骨材の組み合わせでコンクリートを作製した。コンクリートの調合は、目標スランプを 18cm とした nonAE の安山岩砕石 (A) と陸砂 (s) の組み合わせの調合を基本とし、すべての骨材の組み合わせで同一単位水量としたものを調合 A、全ての組み合わせで同一スランプが得られるように調合を補正した調合 B の二つの条件のコンクリートを作製した。コンクリートの調合表と練り上がり性状を表-3に示す。試験体は、10×10×40 cm の角柱供試体を作製した。

なお、モルタル実験、コンクリート実験のいずれにおいても、材齢 7 日まで 20℃水中養生を行った後、20℃・60% RH の恒温恒湿環境下での乾燥収縮量と質量変化率を測定した。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 日と 28 日に圧縮強度と静弾性係数の測定を行った。

3 結果および考察

3.1 モルタル実験

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,

*1 暮らし環境系領域

*2 客員教授・住友金属鉱山シポレックス(株)

表－1 骨材種類及び各種物性値

	細骨材種別	記号	表乾密度	絶乾密度	吸水率	粗粒率	微粒分率	
			(g/cm ³)	(g/cm ³)	(%)	(%)	(%)	
細骨材	J I S 標準砂		N	2.65	2.64	0.42	2.66	0.30
	天然砂系	陸砂	S	2.69	2.65	1.52	2.60	0.43
		海砂	U	2.59	2.56	1.23	2.91	3.73
	スラグ系	銅スラグ系	Cu	3.52	3.50	0.58	3.44	0.32
			Cu2.5	3.52	3.50	0.58	2.49	1.81
			cu	3.51	3.49	0.51	2.59	3.50
			Cu1.2	3.52	3.50	0.58	2.28	2.82
			CuL*	3.10	3.09	0.50	2.62	3.27
		高炉スラグ	BFS	2.74	2.72	0.74	2.53	1.80
			b	2.81	2.80	0.53	2.55	3.00
	砕砂系	石灰砕砂	LTA	2.68	2.67	0.41	2.75	4.73
			l	2.65	2.61	1.38	6.5	6.50
			LTB	2.71	2.70	0.39	3.08	12.08
			LK	2.69	2.68	0.49	2.31	3.80
			LG	2.67	2.64	0.87	3.37	8.51
		硬質砂岩砕砂	K	2.61	2.58	1.03	3.53	5.77
k			2.59	2.54	1.65	4.5	4.50	
風化花崗岩砕砂			F	2.59	2.57	0.81	2.85	6.10
粗骨材	安山岩砕石	A	2.67	2.62	1.83	6.64	-	
	石灰岩砕石	L	2.70	2.69	0.38	6.66	0.60	
	硬質砂岩	H	2.62	2.59	1.18	6.74	-	

注) 細骨材の記号で、大文字はモルタル実験で、小文字はコンクリート実験で使用した骨材である。

* CuL は、Cu2.5 (銅スラグ) と LTA (石灰砕砂) の 1 : 1 混合砂である。

表－2 骨材組み合わせ(コンクリート)

粗骨材	細骨材	記号
安山岩砕石	陸砂	As
石灰岩砕石		Ls
硬質砂岩		Hs
安山岩砕石	硬質砂岩＋銅スラグ30%	Acuk
	硬質砂岩＋高炉スラグ30%	Abk
	石灰岩砕砂	Al
	硬質砂岩	Ak

表－3 コンクリートの調合と練り上がり性状

記号	W/C (%)	s/a (%)	単位質量(kg/m ³)				Sl(cm)	Air(%)					
			W	C	S	G							
As-A	50	46.0	185	370	850		993	17.5	3.0				
Ls-A					850		1005	18.0	2.9				
Hs-A					850		978	19.0	2.3				
Acuk-A					k573	cu334	993	3.5	3.2				
Abk-A					k573	b267	993	3.5	3.3				
Al-A					838		993	3.0	4.4				
Ak-A					819		993	3.5	2.8				
Acuk-B					50	40.3	225	450	k456	cu263	993	19.0	1.6
Abk-B									k456	b211	993	18.0	1.8
Al-B									665		993	19.5	2.3
Ak-B	650		993	17.5					1.5				

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。

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大き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－2 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。

3.2 コンクリート実験

図－3 にコンクリートの乾燥収縮試験結果 (乾燥材齢 28 日まで) を示す。図－3 (1) は、粗骨材を安山岩砕石 (A) 共通として、細骨材の組み合わせを変化させ、骨材の組み合わせによらず単位水量を一定とした場合 (A 調合) の結果であり、細骨材種別

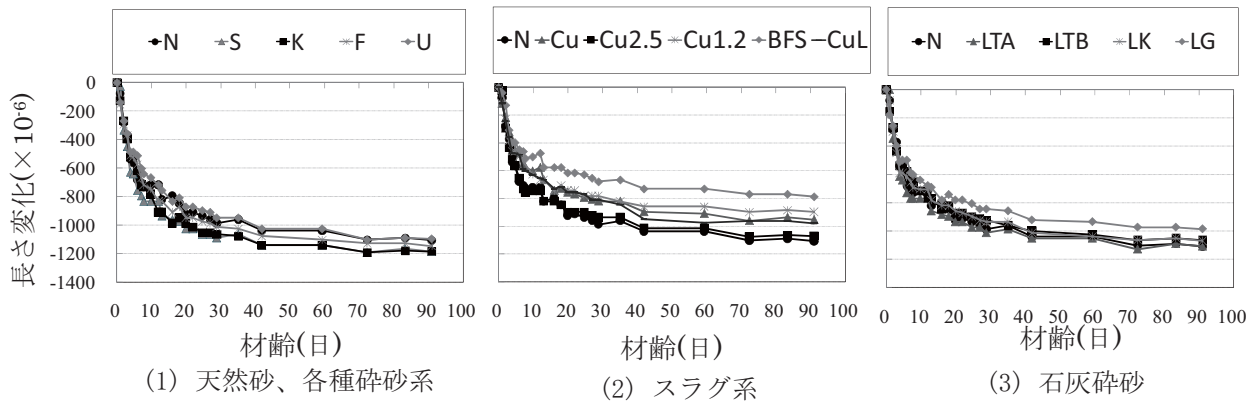


図-1 モルタルの乾燥収縮試験結果

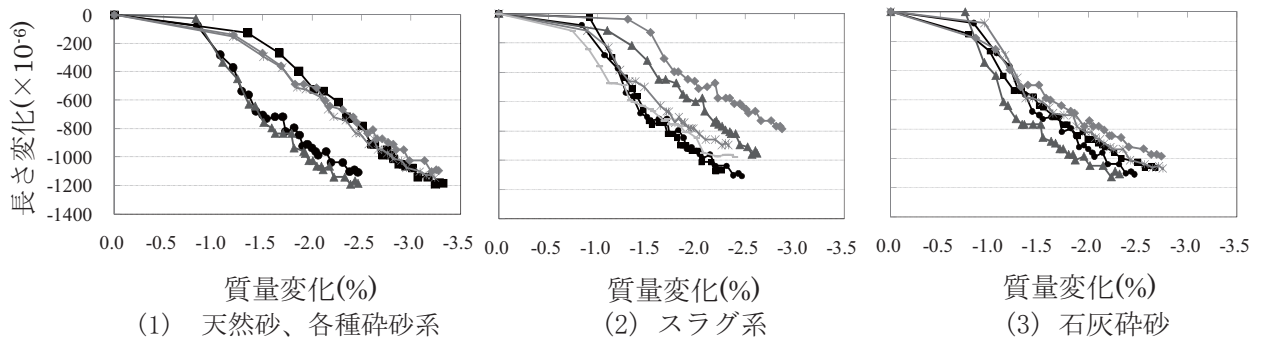


図-2 モルタルの長さ変化と質量変化の関係

の影響を示すものである。コンクリートの場合には、モルタル実験で見られたほどの細骨材による収縮量の違いは認められない。

一方、図-3(2)は、細骨材を陸砂(s)共通として、粗骨材の組み合わせを変化させ、骨材の組み合わせによらず単位水量を一定とした場合(A調合)の結果であり、粗骨材種別の影響を示すものである。粗骨材種別による収縮量の差は、細骨材種別による差よりも比較的大きいことが見て取れる。

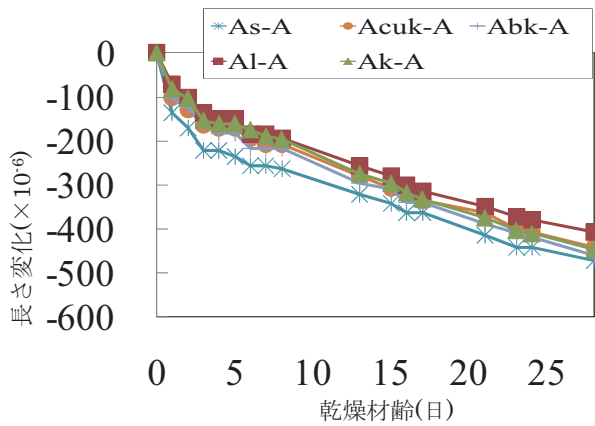
銅スラグ、高炉スラグ、石灰砕砂、硬質砂岩砕砂を細骨材に用いたコンクリートでは、単位水量 185kg/m^3 のA調合でのスランプは3cm程度であり、スランプ18cmに調整したB調合では単位水量が 225kg/m^3 と 40kg/m^3 も増加した。図-3(3)は、これらのコンクリートのA調合とB調合の結果を比較したもので、単位水量の影響を示すものである。骨材の組み合わせによらず、単位水量の大きなB調合の方がA調合よりも収縮量が大きい傾向が見られた。

特に、石灰砕砂(1)の場合の差が大きくなっている。

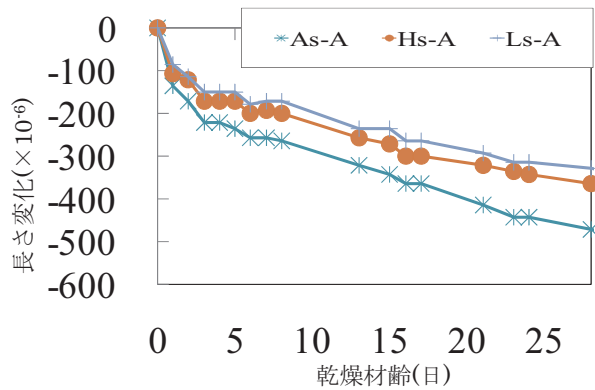
3.3 モルタルとコンクリートの比較

本研究で使用している骨材は、モルタル実験とコンクリート実験で産地は同じであるが同一ロットのものではない。しかし、ほぼ類似の物性値であることから、モルタル実験とコンクリート実験の結果を比較して示したのが図-4である。モルタルとコンクリートの結果には相関関係は認められず、モルタルでは細骨材種別により収縮量に大きく差があっても、組み合わせる粗骨材が同じであれば、コンクリートの収縮量にはほとんど差が見られない。それに対して、コンクリートの場合には、細骨材があっても、粗骨材種別によって収縮量に大きな差が認められる。

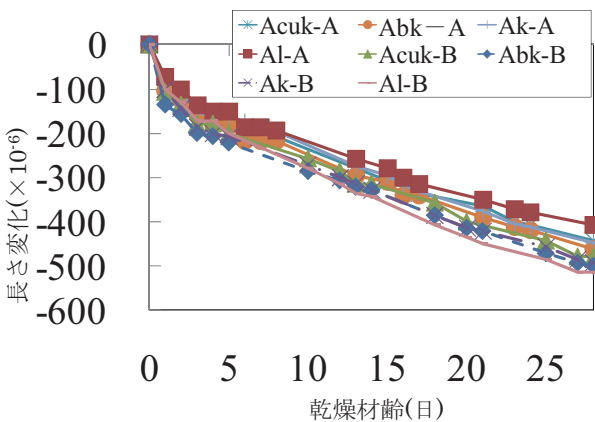
今後は、骨材種別が乾燥収縮に及ぼす影響を骨材の比表面積により評価する³⁾必要があると考えている。



(1) 細骨材種別の影響



(2) 粗骨材種別の影響



(3) 単位水量の影響

図-3 コンクリートの乾燥収縮試験結果

4 まとめ

本研究では、各種骨材を用いたモルタルとコンクリートの乾燥収縮特性について、以下のことが明らかになった。

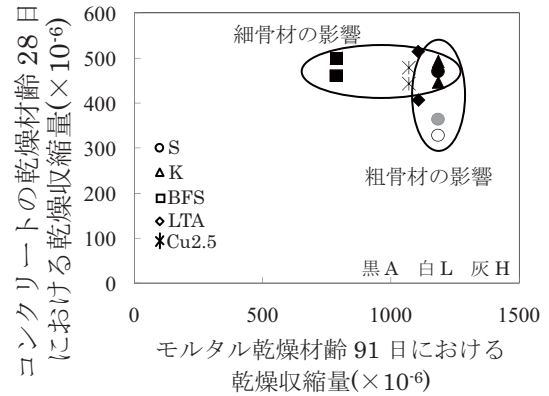


図-4 モルタルとコンクリートの乾燥収縮量の関係

- 1) モルタルの乾燥収縮量は、細骨材種類によって大きく異なる。
- 2) コンクリートの場合には、モルタル実験で見られたほどの細骨材による乾燥収縮量の違いは認められなかった。
- 3) モルタルとコンクリートの乾燥収縮挙動には相関関係は認められず、粗骨材が同じであれば細骨材種別によるコンクリートの収縮量の差はほとんど見られない。それに対して、細骨材が同じであっても、粗骨材種別によってコンクリートの収縮量は大きく異なる。

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(2009), pp.553-558
- (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, (1996.9), pp.443-444
- (3) 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, (2006.8), pp.9-14