

微粒分の岩種ならびに量が異なる砕砂を用いたモルタルの乾燥収縮

太平洋セメント(株)正会員 ○河野 克哉 正会員 吉本 稔

太平洋コンサルタント(株)正会員 黒澤 真一 正会員 高木 亮一

1. はじめに

砕石・砕砂は製造や搬送の工程などで微粒分の組成が変化する場合がある．とくに石灰岩を原石とする砕石・砕砂では摩耗による粉状化が生じ，微粒分量が増加しやすい．砕石・砕砂中の微粒分は適度に存在することでフレッシュコンクリートの材料分離や作業性を改善できる利点がある．しかし，砕石・砕砂中の微粒分が硬化後のコンクリートに与える影響は十分明確にできていない．そのため，本研究では骨材中の微粒分が硬化体の乾燥収縮に与える影響に着目した．砕砂中の微粒分の岩種ならびに量が異なるモルタル供試体を作製し，その乾燥収縮と空隙径分布の測定を行うことで，骨材中の微粒分が関与する収縮機構を考察した．

2. 実験概要

(1) 使用材料ならびに配合

結合材には普通セメント(以下，C)を，混和剤にはポリカルボン酸系の高性能 AE 減水剤(以下，SP)ならびにポリエーテル系の消泡剤(以下，T)を使用した．細骨材には表 1 に示すように微粒分(網ふるい 75 μm を通過する粒子)の岩種ならびに量を変化させた石灰岩(以下，L)ならびに安山岩(以下，A)の砕砂 7 種類を用いた．表 2 に各岩種の骨材の化学分析値を示した．なお，本稿では，砕砂中の網ふるい 75 μm に留まる粒子を粗粒分と呼ぶことにした．

モルタルの配合は，粗骨材の絶対容積 350l/m³，単位水量 170kg/m³，水セメント比 50%で一定のコンクリートを仮定したモルタル部分とし，砕砂中の微粒分の岩種構成と量を 7 水準に変化させた．モルタルのフロー値(無振動)ならびに空気量はそれぞれ 180 $\pm$ 10mm，2.0%以下の範囲となるように SP ならびに T の添加量で調整した．

(2) 乾燥収縮の試験方法

練り上がったモルタルは，30 分ごとにアジテートを繰り返して，水和の進行とともにブリーディングの発生量が低減するまでの時間(約 6 時間)を確保して型枠(寸法 4 $\times$ 4 $\times$ 16cm)に打ち込んだ．この供試体は，材齢 1 日で湿室(気温 20 $^{\circ}\text{C}$ ，相対湿度 60%)にて乾燥した．所定の材齢において供試体両端面に埋め込んだコンタクトチップ間の長さを傾

表 1 使用した砕砂

No.	記号*	岩種構成		微粒分量 (%)
		網ふるい 75 μm に留まる粗粒分	網ふるい 75 μm を通過する微粒分	
1	LL09	石灰岩 (L)	石灰岩 (L)	9.82
2	LL03	石灰岩 (L)	石灰岩 (L)	3.80
3	LL00	石灰岩 (L)	石灰岩 (L)	0.10
4	AA03	安山岩 (A)	安山岩 (A)	3.78
5	AA00	安山岩 (A)	安山岩 (A)	0.58
6	LA03	石灰岩 (L)	安山岩 (A)	3.10
7	AL03	安山岩 (A)	石灰岩 (L)	3.58

* 記号の付け方：[粗粒分の岩種][微粒分の岩種][微粒分量]

表 2 使用した骨材の化学分析値(%) [蛍光 X 線分析]

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	Ig.loss	計
石灰岩	0.29	0.17	56.20	0.58	0.00	0.00	0.11	42.50	99.85
安山岩	55.10	17.90	8.92	1.93	0.72	2.50	8.15	3.61	98.83

斜式デジタルマイクロメータで測定して乾燥収縮ひずみを算出し，さらに供試体質量を測定して逸散水量も算出した．

(3) 空隙径分布の測定方法

材齢 7 日で養生が終了した乾燥開始前のモルタル供試体の空隙径分布を水銀圧入式ポロシメータにて測定した．試料には，乾燥収縮試験用の供試体と同一材料，同一配合および同一寸法とした供試体から中心部を採取し，5mm 角程度の大きさに切断加工したものを用いた．なお，試料はアセトンに繰返し浸漬して水和を停止させ，D-乾燥を行った．

3. 実験結果

(1) 砕砂の微粒分量による影響

図 1 は微粒分量が異なる L 砕砂を用いたモルタルの乾燥収縮ひずみと逸散水量の関係(以下， $\epsilon-w$ 曲線)を示したものである． $\epsilon-w$ 曲線の横軸方向の移動量は微粒分量に対応しており，微粒分量が増えるほど横軸負方向への平行移動量が増加する． $\epsilon-w$ 曲線は二つの直線で構成されて折れ曲がった形状をしており，これは初めに収縮を起こさずに質量減少のみに寄与するような粗大な空隙中の水が逸散し，次第に質量減少に寄与せずに収縮を起こすような微細な空隙中の水が逸散するようになることを示唆している．L 砕砂中の微粒分量が増加するほど微細な空隙を多く形成され，その空隙中の水分逸散で乾燥開始 91 日の乾燥収縮ひ

キーワード 石灰岩，安山岩，砕砂，微粒分，乾燥収縮

連絡先 〒285-8655 千葉県佐倉市大作 2-4-2 太平洋セメント(株) 中央研究所 TEL. 043-498-3902

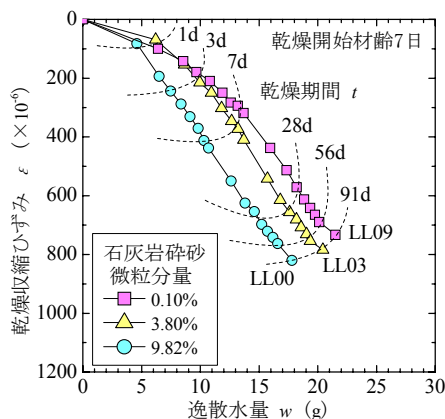


図1 石灰岩砕砂の微粒分量の影響

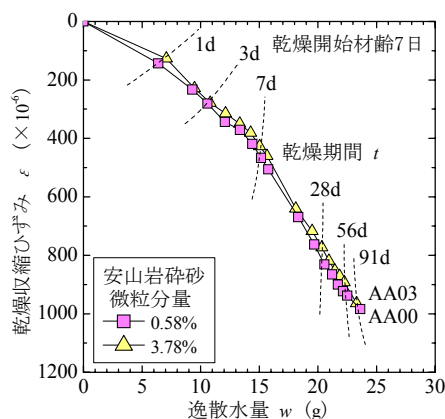


図2 安山岩砕砂の微粒分量の影響

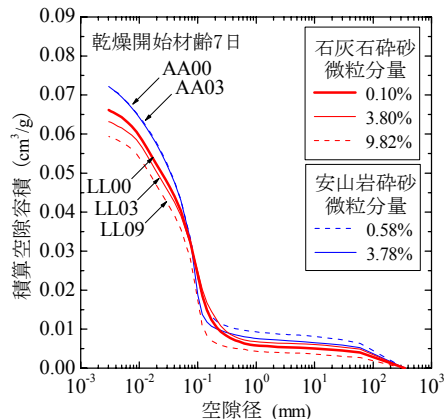


図3 砕砂モルタルの空隙径分布

ずみは増大した。すなわち、L 砕砂中の微粒分がセメントの水和に関与することで、ペーストの組織構造を微細化し、乾燥収縮挙動を変化させることが考えられた。

図2は微粒分量が異なるA 砕砂を用いたモルタルの $\varepsilon - w$ 曲線を示したものである。この場合の $\varepsilon - w$ 曲線は微粒分量によって横軸方向へ平行移動せず、微粒分量にかかわらず同じ挙動を示した。そのため、乾燥開始91日の乾燥収縮ひずみは微粒分量によって変化していない。このことから、A 砕砂の微粒分はL 砕砂の微粒分のようにセメントと反応せず、ペーストの空隙組織にも影響していないと考えられる。なお、微粒分量にかかわらず、A 砕砂を用いた場合にはL 砕砂を用いた場合よりも乾燥収縮が常に増大する。

図3は微粒分量が異なるL 砕砂ならびにA 砕砂を用いたモルタルの乾燥開始前(水中養生材齢7日)の空隙径分布を示したものである。L 砕砂を用いた場合は微粒分量が増加するほど組織構造が緻密化するものの、A 砕砂を用いた場合では微粒分によって組織構造はほとんど変化していない。このことは、砕砂中の微粒分の岩種によって硬化組織構造が変化し、乾燥収縮挙動にも影響したことを裏付けている。

(2) 粗粒分と微粒分の岩種構成が異なる砕砂の影響

図4は微粒分量を3%で一定とし、粗粒分と微粒分の岩種の組合せを変化させた砕砂を用いたモルタルの乾燥収縮の経時変化を示したものである。L 砕砂(LL03)の微粒分のみをAに置換した場合(LA03)は乾燥収縮が最も低減し、A 砕砂(AA03)の微粒分のみをLに置換した場合(AL03)には乾燥収縮が最も増大した。Lを岩種とする微粒分はセメントの初期水和を促進し、空隙の微細化により収縮を増大させるように働いて、一方、LはAよりも弾性係数が高く、L 砕砂の粗粒分はペーストの収縮変形を拘束するように働いていると推察できる。すなわち、L 砕砂では粒子径によってモルタルの収縮に対する作用が異なるものと考えられる。

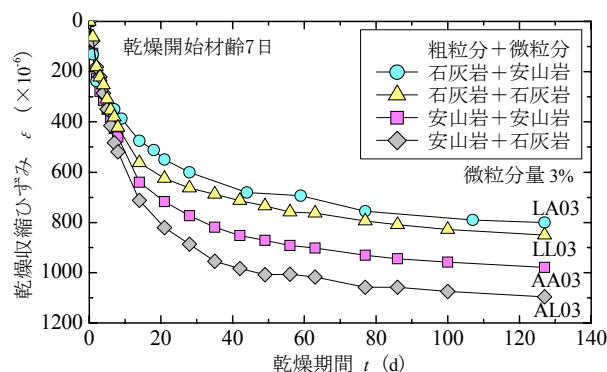


図4 粗粒分と微粒分の岩種構成が異なる砕砂の影響

L 砕砂の微粒分は平均粒径 $6.9 \mu\text{m}$ 、比表面積 $5650 \text{cm}^2/\text{g}$ で混和材の石灰石微粉末(以下、LSP)と同一組成の粉体である。LSP がセメントと共存すると LSP の表面が水和物の析出サイトになり、 C_3S 表面に生成する CSH 層の厚さが相対的に減少し、 C_3S の水和の減速が抑制される¹⁾。このため、初期材齢で組織が緻密化し、硬化体の初期強度は増大する²⁾。したがって、L 砕砂の微粒分はセメントの初期水和に関与して乾燥収縮機構を変化させる作用をもつことが理解できる。

4. まとめ

砕砂中の微粒分が乾燥収縮に与える影響は微粒分の岩種によって異なる。微粒分量の増加にともなう乾燥収縮は、L の場合は増大し、A の場合には変化しない。また、L は粒子径の減少でセメント水和に寄与できるようになり、L の微粒分は空隙組織を微細化して収縮挙動に影響する。一方、L の粗粒分は水和に寄与できず、A よりも弾性係数が高いことで、収縮変形を拘束する効果の方が大きくなる。

【参考文献】

- 1) 後藤孝治ら：エーライトの水和におよぼす鉱物質微粉末の影響，セメント・コンクリート論文集，No.52，pp.42-47，1998。
- 2) 下林清一ら：セメント強さにおよぼす石灰石微粉末の影響，セメント技術年報，No.33，pp.84-87，1979。