

砂岩系微粉末がモルタルの曲げ強度および長さ変化に及ぼす影響

近畿大学大学院 総合理工学研究科 学生員 ○溝口 達也
 近畿大学 理工学部 正会員 麓 隆行
 近畿大学大学院 総合理工学研究科 学生員 岡田 裕平

1. はじめに

近畿地方では良質な天然骨材が少なく、現在では砕砂や産業副産物細骨材の利用が増加している。骨材が多様化する中で、乾燥によるコンクリートの体積変化に骨材が影響をおよぼす可能性が指摘され、研究が盛んに行われている。筆者らは、細骨材に含まれる微粉末の品質とモルタルの性状との関係に着目し、検討してきた¹⁾。本研究では、砕石粉等の微粉末を混入したモルタルの長さ変化率を調べた結果を報告する。

2. 実験概要

本研究では、表1に示す砂岩系3種類(砂岩A, 砂岩B, 砂岩C), 石灰岩系3種類(石灰岩A, 石灰岩C, 石灰岩D)を用いた。砂岩系は異なる工場の砕砂製造過程で採取した乾式の微粉末である。石灰岩Aは石灰石砕砂中の0.15mm以下の粒子である。石灰岩Cおよび石灰岩Dは市販の石灰石微粉末である。その他に、普通セメント、水道水、標準砂および高性能AE減水剤を用いた。モルタル配合を表2に示す。微粉末を標準砂の一部と0, 5, 10および15%で質量置換したモルタルを作製した。W/C=45, 55, 65%, S/C=2.5, 3.5, 4.2, 混和剤の添加量を(C+F)×0.5%とした。練混ぜには、オムニミキサを使用し、セメント、標準砂および微粉末を低速30秒混ぜて、水を投入後、低速30秒、高速90秒攪拌した。40×40×160mmの試験体を9本作製し、4本を20°Cの水槽で材齢28日まで養生し、曲げ強度試験に用いた。残りの5本を20°Cの水槽で7日間養生後、長さ変化率試験に用いた。保存条件を室温20°C、相対湿度60%とし、JIS A 1129のコンタクトゲージ法で保存期間8週までの長さ変化を測定した。また、曲げ試験後の試験体を破砕し、水銀圧入法で細孔構造を調べた。

表1 使用した微粉末の物性

種類	密度 (g/cm ³)	D ₅₀ (μm)	ブレーン値 A _p (cm ² /g)	BET比表面積 A _B (m ² /g)
普通セメント	3.15	—	3493	—
砂岩A	2.72	43.8	2848	6.67
砂岩B	2.72	39.2	2204	8.59
砂岩C	2.65	36.9	2177	2.64
石灰岩A	2.71	16.7	3256	0.91
石灰岩C	2.70	42.8	2298	0.47
石灰岩D	2.70	26.9	4162	0.64

表2 モルタルの配合の一例

W/C (%)	S/C	微粉末置換率 (mass%)	単位量(kg/m ³)				
			水 W	セメント C	細骨材 S	微粉末 F	混和剤SP ((C+F)×%)
45	2.5	0	262	583	1458	0	0.5
45	2.5	5	263	584	1386	73	0.5
45	2.5	10	263	584	1314	146	0.5
45	2.5	15	263	585	1242	219	0.5
55	3.5	0	251	456	1596	0	0.5
55	3.5	5	251	456	1517	80	0.5
55	3.5	10	251	457	1439	160	0.5
55	3.5	15	251	457	1360	240	0.5
65	4.2	0	254	391	1642	0	0.5
65	4.2	5	254	391	1561	82	0.5
65	4.2	10	255	392	1480	164	0.5
65	4.2	15	255	392	1399	247	0.5

3. 実験結果および考察

図1に、C/Wと曲げ強度の関係を示す。微粉末を混入すると、無混入よりも曲げ強度が高くなった。微粉末の物性の影響により変動はあるが、微粉末の岩種や産地等による強度増加に差はほとんどみられなかった。要因として、ペーストの緻密化が考えられる。

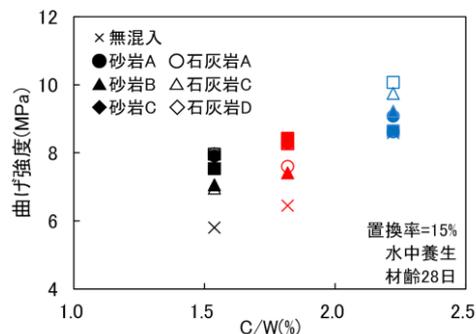


図1 C/Wと曲げ強度の関係

図2に、W/C=55%、置換率15%での保存期間8週までの長さ変化率の経時変化を示す。無混入の場合に

キーワード 砂岩, 微粉末, モルタル, 長さ変化率, 曲げ強度, 石灰岩

連絡先 〒577-8502 大阪府東大阪市小若江3-4-1 近畿大学 理工学部 TEL 06-6721-2332

長さ変化率が最も小さくなった。石灰岩系微粉末の混入の影響は小さいが、砂岩系微粉末に置換すると、長さ変化率が無混入よりも増加した。保存期間 8 週で無混入との差は $300\sim 500 \times 10^{-6}$ 程度となった。すなわち、曲げ強度とは異なり、砂岩系微粉末が混入すると、無混入や石灰岩系微粉末混入より長さ変化率が増加することがわかった。

ペーストの緻密化を確認するため、水銀圧入試験の結果を図 3 に示す。微粉末の混入により、直径 $0.2\sim 2\mu\text{m}$ の細孔容積が減少し、直径 $0.05\sim 0.2\mu\text{m}$ の細孔容積が増加した。セメント間隙に微粉末が埋まり、細孔構造が細かい方へとシフトした。しかし、遷移帯に多い直径 $0.05\sim 2\mu\text{m}$ の細孔容積はそれほど変化せず、あまり緻密化していないことがわかる。

そこで既往の検討¹⁾から、微粉末の混入が長さ変化率に及ぼす影響を確認するため、単位粉体体積あたりのペーストの長さ変化率 ε/cf を式(1)により算出した。

$$\varepsilon/cf = \varepsilon_m \div (c + f) \tag{1}$$

ここに、 ε/cf : 単位粉体体積あたりの長さ変化率 ($\times 10^{-6}/\text{L}$)、 ε_m : モルタルの長さ変化率 ($\times 10^{-6}$)、 c : モルタル中のセメントの体積 (L)、 f : モルタルの微粉末の体積 (L) である。

単位粉体体積あたりのペーストの長さ変化率と水粉体体積比との関係について、保存期間 8 週の結果を図 4 に示す。無混入や石灰岩系微粉末が混入した場合は、ほぼ直線関係となった。一方で、砂岩系微粉末が混入した場合は、長さ変化率はあまり変化しない。すなわち、微粉末の混入により、単位粉体体積あたりの水分が減少すると、単位粉体体積あたりの長さ変化率が小さくなる。ただ、石灰岩系微粉末の場合に比べて、砂岩系微粉末が混入すると、若材齢から長さ変化が大きくなる要因があることがわかる。今後、その要因を検討していく必要がある。

4. まとめ

本研究の結果をまとめると以下のようになる。

- 1) 微粉末が混入すると、その種類に拘わらず、曲げ強度は高くなる。しかし、微粉末の岩種や産地等による強度増加に差はほとんどみられなかった。
- 2) 微粉末の混入により、単位粉体体積あたりの水分が減少すると、単位粉体体積あたりの長さ変化率が小さくなる。ただ、石灰岩系微粉末の場合に比べて、砂岩系微粉末が混入すると、若材齢から長さ変化が大きくなる要因がある。

本研究は、日本コンクリート工学会近畿支部「性能評価型コンクリートに向けた骨材調査研究委員会」で実施された研究の一部である。ご協力頂いた関係各位に謝意を表す。

参考文献

- 1) 例えば、溝口達也他：砕石粉を混合したモルタルの初期乾燥収縮ひずみに関する基礎研究，資源・素材 2011（秋季大会），企画発表・一般発表(A)講演資料，pp.109-112，2011

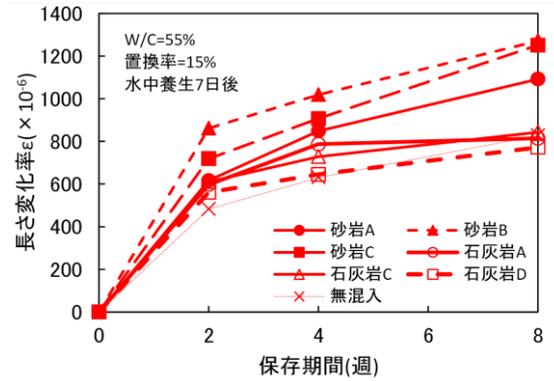


図 2 W/C=55%, 置換率 15%での長さ変化率の経時変化

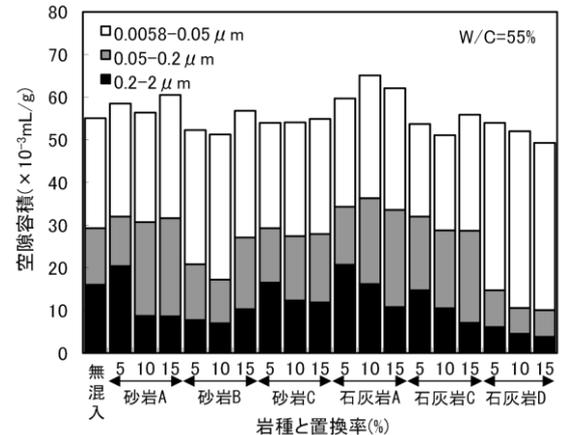


図 3 W/C=55%での水銀圧入試験の結果

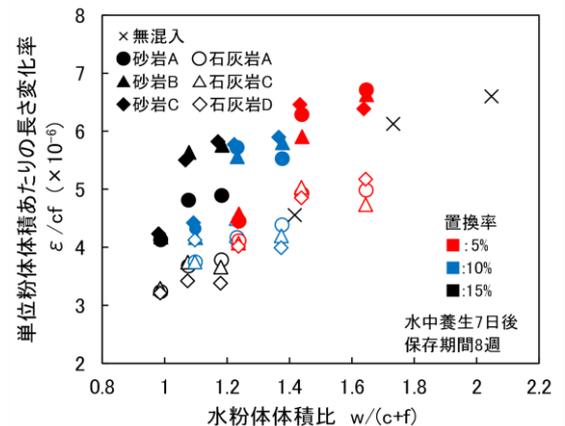


図 4 単位粉体体積あたりのペーストの長さ変化と水粉体体積比の関係