

珪質頁岩微粉末を使用したモルタルの圧縮強度発現性と ASR 抑制効果

太平洋セメント (株) 正会員 ○黒澤 真一, 河野 克哉
太平洋セメント (株) 正会員 山田 一夫, 林 建佑

1. はじめに

北海道北部地域から産出される珪質頁岩はシリカの含有率が高く (70~90%), ポゾラン活性を有することが確認されている¹⁾. 一般にポゾランはアルカリシリカ反応 (以下, ASR と称す) の抑制に寄与することが確認されており²⁾, 珪質頁岩を混和材として用いることで ASR 抑制の効果が期待される. このため筆者らは珪質頁岩のポゾラン反応に注目し, コンクリート用混和材としての適用性について, セメントの一部を珪質頁岩微粉末に置換したモルタルを用いて強度発現性, ASR 抑制効果について検討した.

2. 試験概要

表-1 に使用材料を示す. セメント (C) は密度 3.15g/cm^3 の普通ポルトランドセメントを使用し, 混和材 (Ad) として乾式ボールミルによる粉砕で平均粒径 (レーザー一回折散乱式粒度分布測定装置で測定) $8\mu\text{m}$ に粒度調整した稚内産 (Kw), 幌延産 (Kh), ロクシナイ産 (Kr) の珪質頁岩微粉末を用い, 比較対象としてフライアッシュ (FA) とシリカヒューム (SF) を用いた. また, 細骨材 (S) は圧縮強度試験で JIS 標準砂を, ASR 膨張試験でアルカリシリカ反応が高い北海道産両輝石安山岩砕石 (反応鉱物: 火山ガラス・クリストバライト・トリディマイト, JIS 化学法結果: $\text{Sc}=532>\text{Rc}=115$, 無害でない, JIS モルタルバー法結果: 3 ヶ月で 0.5%, 無害でない) を使用した. 配合は ASTM C 1260 に準じて水結合材比 47%, $\text{S}/(\text{C}+\text{Ad})=2.25$ とし, Ad の置換率を 0, 5, 10, 20% と変化させて実施した.

表-1 使用材料

材料	種類	記号	物性
セメント	普通ポルトランドセメント	C	密度: 3.15g/cm^3 , ブレーン比表面積: $3330\text{cm}^2/\text{g}$, $\text{R}_2\text{O}=0.52\%$
混和材 (Ad)	珪質頁岩微粉末	稚内産 Kw	乾式ボールミル粉砕 (165 分間) 平均粒径: $8\mu\text{m}$ 密度: 2.43g/cm^3 , BET 比表面積: $125\text{m}^2/\text{g}$, 吸水率: 22.7%
		幌延産 Kh	密度: 2.41g/cm^3 , BET 比表面積: $112\text{m}^2/\text{g}$, 吸水率: 21.5%
		ロクシナイ産 Kr	密度: 2.49g/cm^3 , BET 比表面積: $34\text{m}^2/\text{g}$, 吸水率: 15.2%
	フライアッシュ		FA JISII 種, 密度: 2.34g/cm^3 , ブレーン比表面積: $3890\text{cm}^2/\text{g}$, 平均粒径: $4.2\mu\text{m}$
	シリカヒューム		SF 密度: 2.35g/cm^3 , 比表面積: $15\text{m}^2/\text{g}$, 平均粒径: $0.15\mu\text{m}$
細骨材	JIS 標準砂		S 絶乾密度: 2.64g/cm^3 , 吸水率: 0.42%
	安山岩		表乾密度: 2.63g/cm^3 , 吸水率: 3.09%, FM: 2.47

3. 試験項目および試験方法

圧縮強度試験は, JSCE-G 505 に従い, $\phi 50\times 100\text{mm}$ の円柱供試体で試験した. 供試体の養生は 20°C の水中養生とし, 材齢 3, 7, 28 日で試験を実施した. ASR 膨張試験は, ASTM C 1260 に準じて, 寸法 $25\times 25\times 285\text{mm}$ のモルタルバーを材齢 24~48hr まで水中養生 (80°C) した後, NaOH 溶液 (80°C , 1mol/l) に浸漬し, 材齢 14 日まで長さ変化を測定した.

4. 試験結果および考察

表-2 に使用した珪質頁岩微粉末のキャラクターゼーションを示す. 珪質頁岩微粉末はシリカ含有量が多く, 表乾密度はポルトランドセメントよりも低いものの, 比表面積ならびに吸水率が非常に高いという特徴をもつ. 産地別で比較すると, Kw と Kh は Kr と比べて, 比表面積, 吸水率が高く, シリカを多く含んでおり, Kr は

表-2 珪質頁岩微粉末のキャラクターゼーション

岩石種類	物理的性質			化学成分 (mass%)									
	表乾密度 (g/cm^3)	比表面積 (m^2/g)	吸水率* (%)	強熱減量	SiO_2	Al_2O_3	FeO	MgO	CaO	TiO_2	Na_2O	K_2O	Total
Kw	2.43	128	22.7	3.4	85.7	6.0	1.9	0.9	0.2	0.4	0.4	1.1	99.9
Kh	2.41	112	21.5	3.5	80.3	8.8	3.4	1.0	0.3	0.5	0.5	1.6	99.9
Kr	2.49	34	15.2	8.1	69.3	12.7	4.6	1.4	0.4	0.7	0.6	2.0	99.8

*90%R.H.の恒温条件下にて質量変化が平衡状態となるとき含水率

キーワード 珪質頁岩微粉末, ポゾラン反応, 圧縮強度, アルカリシリカ反応

連絡先 〒285-8655 千葉県佐倉市大作 2-4-2 太平洋セメント (株) TEL: 043-498-3909

アルミナを多く含んでいた。図-1 は珪質頁岩微粉末の X 線回折結果を示したものであり、全ての試料で石英のピークがみられ、Kw, Kh はオパール CT が検出された。オパールとは石英と珪酸にいくらかの水が含まれた鉱物であり、結晶構造の違いからオパール A, オパール CT, オパール C の3種に分けられる。オパール A は非晶質のシリカ、オパール CT, C は結晶質のシリカ鉱物であり、オパール CT は [111] 方向にランダムなトリディマイトの積層が存在し乱れた構造を持つクリストバライトで、オパール C は微少のトリディマイトの積層を持つクリストバライトで構成されている³⁾。

図-2 に圧縮強度試験結果を示す。Kw をセメントに置換した配合は置換率 5%でも混和材を添加していない配合（以下、N と称し、N の強度は点線で明示）より強度が高く、置換率が増加することで強度も増加した。FA や SF を置換した配合と比較すると、SF より劣るものの FA と同等の強度を示した。また、Kh, Kr を置換した配合は、Kh 置換率 20%の配合が N を上回ったが他は N を下回った。

図-3 に ASR 膨張試験の結果を示す。いずれの混和材においても置換率が高くなるにつれて膨張率が減少し、Kw, Kh はセメントに 20%置換することで NaOH 溶液の浸漬期間の 14 日で無害と判定される膨張率 0.1%未満となっており、ASR 膨張を十分抑制可能であることが示された。珪質頁岩微粉末が ASR 抑制に寄与した理由として、林らは外来アルカリ環境下でのポゾラン反応を有す FA の ASR 抑制効果について報告しており⁴⁾、FA のブレン比表面積の増加に伴い ASR 抑制効果が増大し、組織緻密化による外来アルカリの浸透低減も強く影響すると考察している。本報告で使用した珪質頁岩微粉末も比表面積が非常に高く、ポゾラン反応を有することから上記と同じメカニズムで ASR 膨張が抑制されたものと推測される。

また、産地別で ASR 抑制効果に差が生じたのは珪質頁岩微粉末中のシリカ量 (Kw: 86%, Kh: 80%, Kr: 69%) と比表面積 (Kw: 128 m²/g, Kh: 112 m²/g, Kr: 34 m²/g) が影響したと推測される。

5. まとめ

珪質頁岩微粉末を混和材として使用した場合、産地別で強度、ASR 抑制効果に差が生じたものの、稚内産を使用することで N より高く FA と同等の強度が得られ、ASR 抑制効果も認められた。

参考文献

- 1) 西島規允ほか: 珪質頁岩微粉末のモルタルへの適用, 無機マテリアル学会 講演要旨, Vol.117, pp.62-63, 2008
- 2) 山本武志ほか: API 法によるフライアッシュのアルカリシリカ反応性効果の評価, 土木学会論文集, 第 62 号, pp.657-671, 2008
- 3) 八幡正弘: 北海道立地質研究所報告, 第 74 号, pp.83-95, 2003
- 4) 林建佑ほか: 外来アルカリ環境下におけるフライアッシュ II 種のアルカリシリカ反応抑制効果, セメント・コンクリート論文集, 第 62 号, pp.334-341, 2008

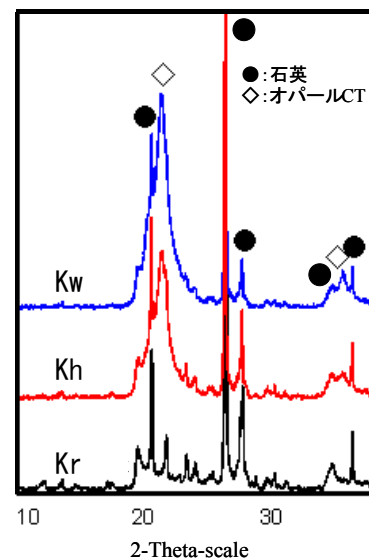


図-1 鉱物組成結果

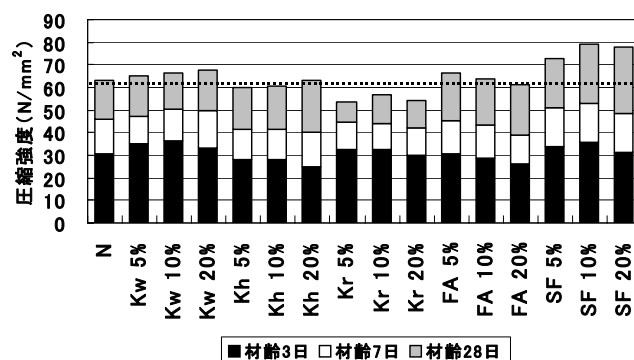


図-2 圧縮強度試験結果

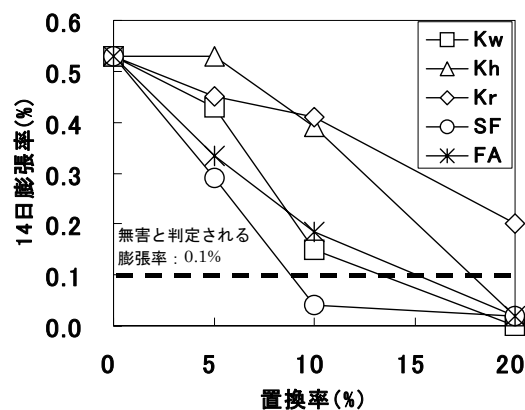


図-3 ASR 膨張試験結果