

ASTM C1260 による石灰石骨材のアルカリシリカ反応性の評価

金沢大学理工研究域 正会員 山戸 博晃
金沢大学自然科学研究科 広野 真一
金沢大学理工研究域 正会員 鳥居 和之

1. はじめに

近年、コンクリートの乾燥収縮とアルカリシリカ反応（ASR）との両抑制対策の観点から、全国的に石灰石骨材の使用が注目されている¹⁾。それに伴い、北陸地方の一部の地域でも、新潟県で産出する石灰石がコンクリート用骨材として使用されてきている。しかし、アメリカやカナダでの ASR による劣化事例から明らかに、不純物を含む、一部の石灰石は、反応性鉱物である隠微晶質石英を含有することがあり、このような石灰石を用いたコンクリートは遅延膨張型の ASR が発生することが知られている。一方、石灰石骨材の ASR は、現行の化学法（JIS A1145）やモルタルバー法（JIS A1146）により適切に評価できないことも良く知られている。

そこで本研究では、中部地方で産出される石灰石骨材を中心にして、それらの岩石・鉱物学的特徴と ASTM C1260 によるアルカリシリカ反応性の評価の適否を検討した。

2. 実験概要

2. 1 使用材料 本研究では、中部地方で産出する、代表的な石灰石骨材を使用した（5 種類の石灰石の産出地はあえて記さない）。石灰石骨材 A(密度:2.62g/cm³、吸水率:1.5%)と石灰石骨材 B(密度:2.70 g/cm³、吸水率:0.6%)はほぼ同一の産地であり、いずれも純度の高い石灰岩から製造されている。また、石灰石骨材 C(密度:2.71 g/cm³、吸水率:0.5%)と石灰石骨材 D(密度:2.71 g/cm³、吸水率:0.4%)も同一の産地であるが、この石砕場では石灰岩に頁岩、チャートなどのはさみが存在している。さらに、石灰石骨材 E(密度:2.66 g/cm³、吸水率:1.5%)は石灰石骨材 C 及び D と産出地が近く、若干のはさみも存在する。一方、使用したセメントは普通ポルトランドセメント(セメント協会提供、密度:3.16g/cm³、等価アルカリ量:0.68%)である。

2. 2 骨材の ASR 試験法 骨材のアルカリシリカ反応性を現行の化学法(JIS A1145)と促進モルタルバー法(ASTM C1260, 温度 80℃の 1N・NaOH 溶液への浸せき)により調べた。また、現行のモルタルバー法(JIS A1146)ではこれらの石灰石骨材はまったく膨張しないことを確認している。石灰石骨材の岩石・鉱物学的試験として、薄片研磨試料の偏光顕微鏡による観察、粉末試料の蛍光 X 線分析(化学成分)及び X 線回折分析(鉱物組成)を実施した。

3. 実験結果及び考察

3. 1 石灰石骨材の岩石・鉱物学的特徴 石灰石骨材の化学成分を表-1 に示す。純粋な石灰石骨材はカルサイト(CaCO₃)で構成されているが、はさみが混入してくると、シリカやアルミナ、鉄などの不純物が増大する。このため、カナダなどで実施しているドロマイト化(MgCO₃)の判定だけでなく、骨材の ASR 試験の 1 次スクリーニングとして、化学成分分析値から求めた不純物(SiO₂)の量を目安にすることが有効

表-1 石灰石骨材の化学成分分析値(%)

	Ig.loss	CaO	SiO ₂	MgO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MnO	SrO
石灰石骨材 A	74.8	95.6	2.2	0	1.3	0.7	0.2	0	0
石灰石骨材 B	76.2	97.6	0.8	0.7	0.4	0.4	0.1	0	0
石灰石骨材 C	78.5	92.5	3.7	1.9	0.9	0.6	0.2	0.1	0.1
石灰石骨材 D	69.0	69.9	17.3	2.9	4.7	3.7	0.8	0.4	0
石灰石骨材 E	68.2	86.9	6.7	2.5	1.7	1.7	0.3	0.1	0.1

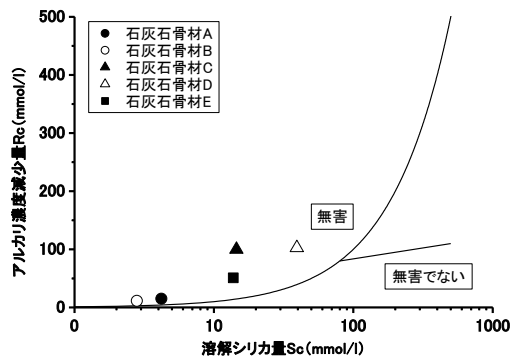


図-1 石灰石骨材の化学法による判定結果

であると考えられる。しかし、その閾値についてはさらに多くのデータを蓄積することが必要である。

3. 2 石灰石骨材のアルカリシリカ反応性の評価

(1) 化学法による判定

石灰石骨材の化学法(JIS A1145)による判定結果を図-1に示す。石灰石骨材(主要な鉱物:カルサイト(CaCO_3))は化学法により適切に判定できない岩種の1つである。このことが現行の化学法の基になった ASTM C289には明確に記されている。また、石灰石骨材の判定結果より、不純物を含有しない石灰石骨材 A 及び B は、溶解シリカ量が 10mmol/l 以下となり、「判定規格外」となった。同様に、その他の石灰石骨材はいずれも「無害」と判定されるが、同一の産地である石灰石骨材 C と D を比較すると、不純物をより多く含む石灰石骨材 D は溶解シリカ量が大きくなる傾向が認められた。

(2) 促進モルタルバー法による判定

促進モルタルバー法(ASTM C1260)における膨張挙動を図-2に示す。当然であるが、不純物を含有しない石灰石骨材 A 及び B はまったく膨張しない。それに対して、石灰石骨材 D 及び E は浸漬材齢 7 日以後に膨張量が大きくなり、とくに石灰石骨材 D は「不明確」と判定された。石灰石骨材 D 及び E は化学成分分析よりシリカを含んでおり、シリカの含有量とモルタルの膨張量には比例関係があった。一方、偏光顕微鏡による薄片研磨試料(石灰石骨材 D 及び E)の観察結果(写真-1)より、石灰石骨材 D にはチャートや頁岩などの堆積岩が混入しており、それらの粒子が ASTM C1260 試験の終了後に反応しているのが確認された。また、石灰石骨材 E にはドロマイトが一部含有されており、ASR とは相違するが、ドロマイト粒子の反応の痕跡も認められた。

5. まとめ 本研究で得られた主要な結果をまとめると、以下のとおりである。

- (1) 化学法(JIS A1145)において、不純物を含有しない石灰石骨材は、溶解シリカ量が 10mmol/l 以下で「判定規格外」となり、不純物を含む石灰石骨材は溶解シリカ量が大きくなる傾向が認められた。
- (2) 促進モルタルバー法(ASTM C1260)において、不純物を含む石灰石骨材は膨張傾向を示し、化学成分のシリカ含有量が多いと膨張量が大きな傾向が認められた。
- (3) 偏光顕微鏡の観察より、ASTM C1260 試験の終了後に石灰石骨材に含有しているチャートや頁岩が反応していた。

参考文献

- 1) 石灰石鉱業協会：石灰石骨材とコンクリート補遺版 2012, 2012.

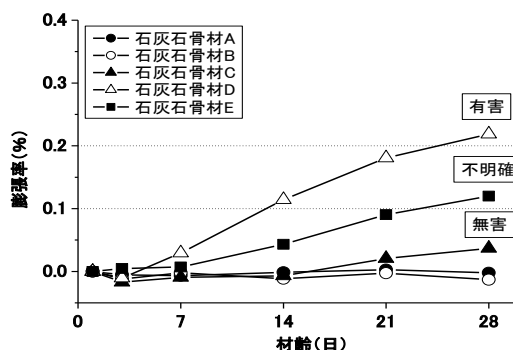


図-2 促進モルタルバー法 (ASTM C1260) における膨張挙動

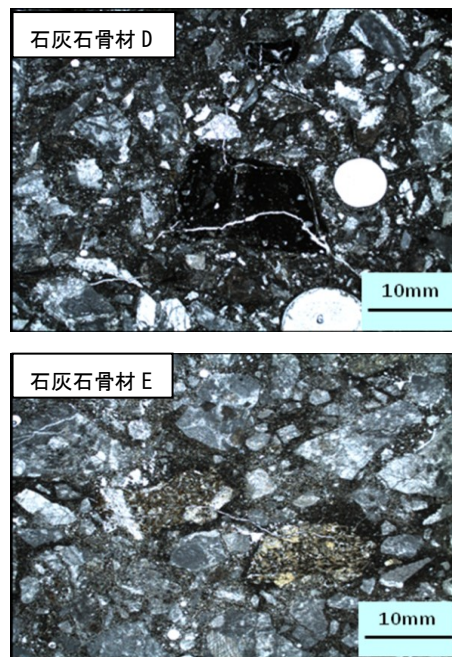


写真-1 偏光顕微鏡による薄片研磨試料の観察結果