

PSV-19 反応性鉱物の種類と含有量が異なる各種骨材のアルカリ反応性

愛知工業大学 正会員 森野奎二

愛知工業大学 正会員 後藤敏蔵

1. まえがき

コンクリートにおけるアルカリ骨材反応は、骨材中の反応性鉱物の性状に支配される。しかし、骨材中のアルカリ反応性鉱物を同定・定量してコンクリートの膨張や劣化と関連づけた報文はあまり見かけない。それは、①反応性鉱物の定量が容易でないこと、②骨材を構成する岩石の性質が多様に変化すること、③そのため実験に用いる骨材試料が多数必要なこと、④膨張量が反応性鉱物量に正比例しないようなペシマム現象を示す骨材が多いこと、⑤反応性鉱物量と膨張との関係はアルカリ量、材令、温度その他によって変化し一義的には決まらないこと、など容易には普遍性のある明瞭な結果が得られないからであると思われる。本研究は、上記①～⑤を踏まえて検討したものである。特に、①に対しては簡便な定量化を試み、②、③には代表的な火成岩、堆積岩および純粋に近い反応性鉱物を用い、④、⑤にはモルタルバーによって膨張挙動を把握した。また、これらの骨材を使用したモルタルやコンクリートの反応・劣化状態を偏光顕微鏡やSEMによって観察し、劣化機構について考察した。本概要文では、①と④の一部を示し、その他の詳細と観察写真はポスターに示す。

2. 実験方法

2.1 使用材料：使用骨材は、瀬戸内火山岩石区に属する斜方輝石安山岩（A1～E2）、奈良県室生村の流紋岩質溶結凝灰岩（F1, F2）および長野県和田村の黒曜岩（G1）である。同じ採石場の骨材で採取位置あるいは入手時期の異なるものは、A1, A2, A3のように添字で区別した。非反応性骨材としては、愛知県の珪砂を用いた。使用セメントは、普通ポルトランドセメントでアルカリ量、 Na_2O 当量0.81% (Na_2O , 0.36%, K_2O , 0.68%)のもの（A1～D2, F1, F2に使用）と、 Na_2O 当量0.65% (Na_2O , 0.19%, K_2O , 0.70%)のもの（E1, E2, G1に使用）である。 Na_2O 当量1.2、1.5%などの実験には各セメントにNaOHを添加して調整した。

2.2 実験方法：化学法は、ASTM C289とJIS A5308により、モルタルバー法はASTM C227とJIS A5308によった。反応性鉱物の同定や定量には、偏光顕微鏡とX線回折分析を用い、反応・劣化状態の観察には、各種の顕微鏡（立体、偏光、SEM）を用いた。

3. 実験結果および考察

3.1 骨材中の反応性鉱物の定量

シリカ鉱物（石英、クリストバライト（Cr）、トリジマイト（Tr））と火山ガラスの定量は、偏光顕微鏡下で概略を把握し、細かい数値はX線回折分析によって求めた。X線分析では、まず磷酸法でシリカ鉱物を求め、その中の石英分はパイレックスガラスと石英で作成した検量線（内部標準物質、LiF）から求め、それを差引いてCr、Trを求めた。火山ガラスは、X線回折図の $2\theta = 23^\circ$ 付近のバックグランドの上昇量を測定し（測定は 25° ）、石英とガラスによる検量線とFeによるバックグランド上昇の補正用検量線を用いて求めた。測定結果を表1に、化学法の結果と対比して示す。

表1 骨材中の反応性鉱物量と化学法の結果。

岩石	Cr, Tr (%)	Vg (%)	Cr, Tr, Vg (%)	Sc ($\mu\text{mol/l}$)	Rc ($\mu\text{mol/l}$)	比率 Sc/Rc	判定
安山岩A1	7.3	12.1	19.4	677	78	8.68	有害
安山岩A2	17.1	8.0	26.1	693	129	5.37	有害
安山岩A3	15.2	6.4	21.6	519	134	3.87	有害
安山岩A4	10.0	3.2	13.2	493	203	2.43	有害
安山岩B1	12.2	14.8	27.0	678	235	2.89	有害
安山岩B2	7.4	12.7	20.1	544	177	3.07	有害
安山岩C1	10.0	14.3	24.3	665	91	7.31	有害
安山岩C2	10.4	7.0	17.4	502	169	2.97	有害
安山岩D1	6.1	5.1	11.2	454	249	1.82	有害
安山岩D2	5.0	4.3	9.3	431	268	1.61	有害
安山岩E1	7.3	51.9	59.2	592	89	6.65	有害
安山岩E2	11.4	9.0	20.4	882	202	4.37	有害
凝結凝灰 F1	0	45.0	45.0	162	77	2.10	有害
凝結凝灰 F2	0	1.0	1.0	25	143	0.17	無害
黒曜岩 G1	0	80.0	80.0	61	50	1.22	有害
珪砂 H1	—	—	—	12	27	0.43	無害

Cr: クリストバライト, Tr: トリジマイト, Vg: 火山ガラス

Sc: 溶解シリカ量, Rc: アルカリ濃度減少量

3.2 反応性鉱物量と膨張量との関係

安山岩A 1～D 2を用いたモルタルバーの膨張挙動を図1に示す。すべてにペシマム現象がみられる。このことは反応性鉱物の含有量と膨張量とは比例関係を示さないことを意味する。しかし、最大膨張を示すペシマム混合比での関係をみると図2

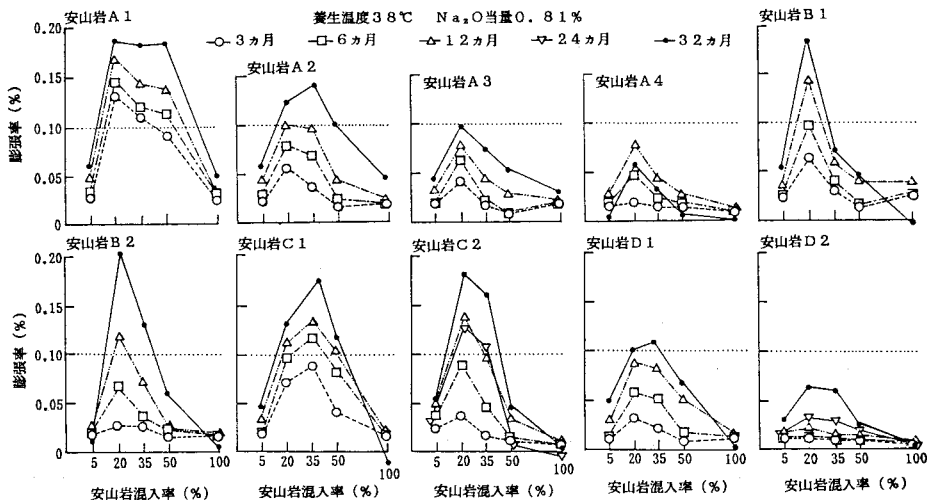


図1 ペシマムを示す安山岩のモルタルバー膨張挙動。

のように、両者には正の相関関係があり、また反応性鉱物量の多少に拘らず同率で長期間、膨張が継続する傾向もみられる。安山岩E 1（図3）や黒曜岩G 1（図4）のように反応性鉱物量が極めて多い骨材では、上記のグループとは異なる膨張挙動を示し、溶解シリカ量や S_c/R_c との関係においても図5や図6のように別の傾向を示す。

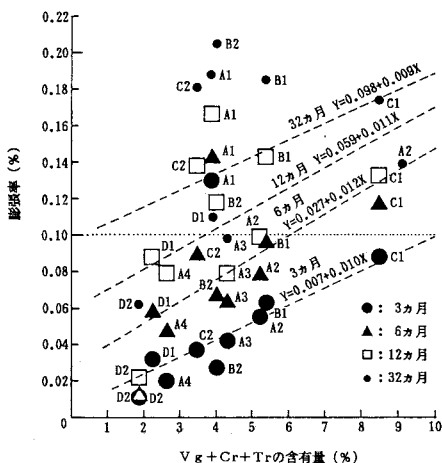


図2 反応性鉱物とモルタルバー膨張率との関係。

4. まとめ
アルカリ骨材反応問題を解明するためには、骨材中に含まれる反応性鉱物量を把握することが重要であることを示した。

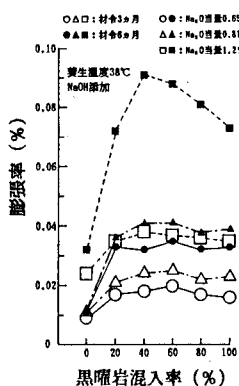


図4 黒曜岩モルタルの膨張率。

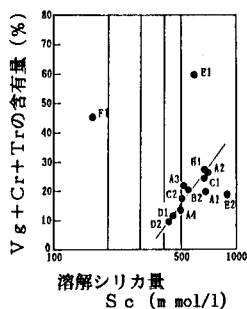


図5 S_c と反応性鉱物量との関係。

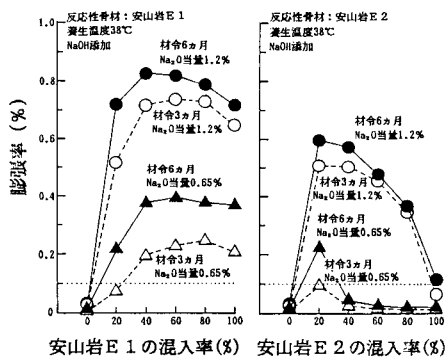


図3 火山ガラスの多い安山岩の膨張率。

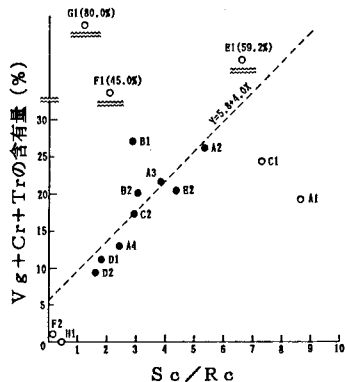


図6 反応性鉱物量と S_c/R_c との関係。