

クリストバライト高含有安山岩のモルタル試験での膨張

太平洋セメント株式会社 正会員 ○中村 秀三
正会員 森 大介

1. 目的

アルカリシリカ反応における骨材の反応量とコンクリートの膨張量との関係を明らかにすることを目的にクリストバライト(Cr)高含有安山岩を試料として検討を加えた。

2. 岩石試料の性質

同一採石場の異なる5地点から岩石を各40kg程度ずつ採取した。いずれの地点の岩石も安山岩に分類されるものであり、熱変成を3地点のものは受けているよう(M)に、2地点のものは受けていないよう(F)に見受けられた。採取地点間は最大でも20m以内であった。各試料の表乾密度、吸水率と蛍光X線(ファンダメンタルパラメーター法)分析による化学組成を表-1に示す。

表-1 試料の表乾密度(ds:g/cm³)、吸水率(Q:%)ならびに化学組成(%)

記号	ds	Q	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	その他
M1	2.41	7.56	58.9	18.9	5.4	2.6	1.1	2.5	2.6	8.0
M2	2.44	6.08	59.1	18.1	5.3	3.3	1.2	2.8	2.6	7.6
M3	2.51	4.61	59.4	17.4	5.2	4.0	1.3	3.2	2.5	7.0
F1	2.53	3.87	60.2	16.6	5.1	4.4	1.3	3.4	2.6	6.4
F2	2.55	3.62	61.0	15.8	4.9	4.6	1.3	3.5	2.6	6.3

3. アルカリ溶液への溶解性

試料をジョークラッシャーで粉砕縮分し、さらにディスクミルで75μm全通に微粉砕したもの25gと1N-NaOH溶液100mlをポリビンに入れ、80℃の温水に所定時間浸けた後、ろ過し、ろ液中の溶解シリカ量(Sc)をモリブデン黄を用いた吸光光度法で、ろ液のアルカリ減少量(Rc)を塩酸滴定により定量した。また、残渣は乾燥させ、溶解前試料と同時にX線回折分析を実施した。

図-1にScとRcの変化を示す。MはFに比較するとScが小さくRcが大きく、近接した現場から採取した試料にも係らず溶解特性が大きく異なった。24時間Scから易溶解性はF2>F1>M3>M2>M1の順と考えられた。

図-2にX線回折分析の結果を示す。21.9°以外のピークに顕著な変化は認められず、21.9°のピークは溶解時間の増加に伴って減少した。図-3にScとCrピーク量(21.42-22.10°区間の強度総和:ΣIntensity)の相関を示す。両者は、非常に良い相関を示した。X線回折チャートに21.9°以外のピークに変化が認められないこと、ScとCrピーク量が良く相関することからScは全てCr(SiO₂)の溶解に由来すると考えられた。

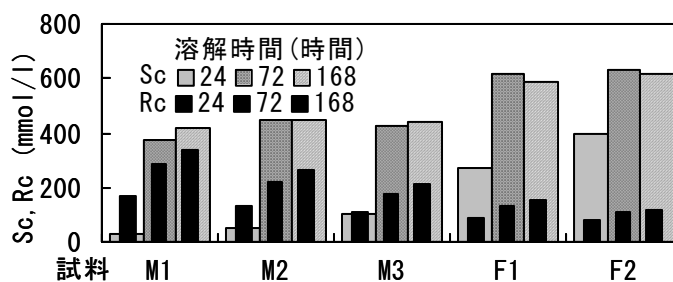
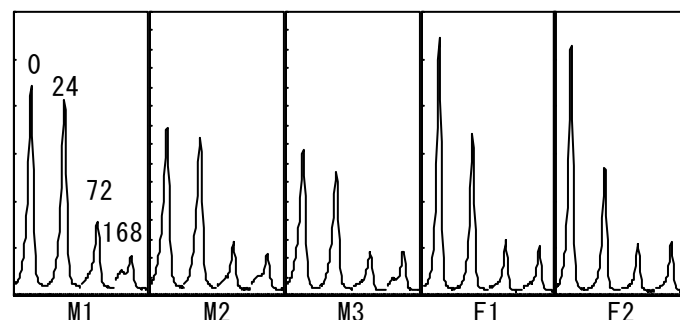
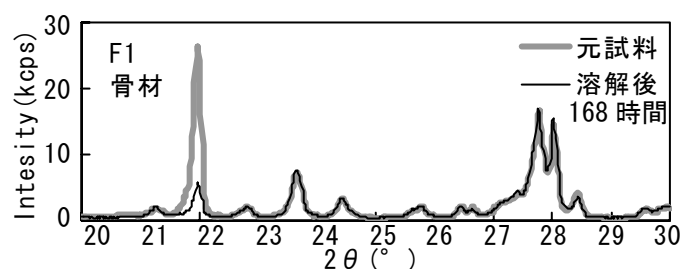


図-1 1N-NaOH(80℃)による試料の溶解結果



上段：代表チャート 下段：21.5-22.5°の部分の経時変化

図-2 X線回折結果

キーワード アルカリ骨材反応 クリストバライト 安山岩 溶解シリカ量

連絡先 〒285-8655 千葉県佐倉市大作2-4-2 太平洋セメント株式会社中央研究所 TEL043-498-3884

また、72 から 168 時間にかけて、Sc の増加ならびに Cr ピークの変化がほとんど見られないことから、168 時間までに Cr は全て溶解したと考えられた。このことから岩石中の Cr 含有量を推計 (Sc=100mmol/l $\rightarrow$ Cr=0.6g) すると M1, 2, 3, F1, 2 それぞれ 10.1, 10.7, 10.3, 14.4, 15.0%となった。また、図-3 から本試験では、Cr=1wt%/岩石あたりの Cr ピーク量は約 12kcps と計算された。

4. 膨張量の測定

JIS A 1146 に準拠し、アルカリ量を Cx2.4%Na₂Oeq としたモルタル供試体を 80℃湿空中で養生し、その膨張量を測定した。なお、測定は養生箱から供試体をすばやく取り出し迅速に行い、20℃に均温させることはしなかった。また、膨張量の変化に合わせて供試体の X 線回折分析を実施した。

モルタル膨張量の推移を図-4 に示す。試料は全て多量の Cr を含んでいると判定されたが、F と M で膨張推移が大きく異なった。F は、初期から大きな膨張を示し、14 日には約 0.5%に達し、ほぼ平衡した。一方、Mに顕著な膨張は見られなかった。

顕著に膨張した F1 と F2 の X 線回折分析の結果を図-5 に示す。岩石単味の場合と同じく 20° ～30° の区間で 21.9° 以外に減少したピークは認められなかった。しかし、21.9° ピークの変化は、岩石単味をアルカリ溶液で溶解した場合に比較し、著しく小さく検出が困難な程であった。このことから、Cr は極少量の反応で大きな膨張を生じさせることが推察された。

5. Cr 反応量とモルタル膨張量の相関推計

岩石単味の場合と同じく Cr ピーク量(21.42-22.10° 区間の強度総和: Σ Intensity)を計算し、モルタル膨張量との相関を取ったものを図-6 に示す。

X 線回折の測定精度や長石類ピークの影響の問題で得られた相関は完全に適切とは言えないが、膨張量 0.1%あたりの Cr ピーク減少量は 3kcps と推計された。岩石中 1%の Cr ピーク量は 12kcps と先に推計された結果と併せて考えると、岩石中の約 0.25%の Cr の反応により、モルタルが 0.1%膨張するものと推計された。

6. まとめ

クリストバライト高含有安山岩を用いて、骨材の反応量とモルタルの膨張量の関係を検討した結果、極少量のクリストバライトが反応することで 0.1%の膨張が記録された。これを大胆に推計すると骨材の 0.25%が反応すると 0.1%モルタルが膨張する結果となった。

あわせて、近接した現場から採取された同一岩種の岩石であっても、その反応性は大きく異なることがあきらかとなった。

参考文献

- 1) 中村秀三、富田治、骨材のアルカリ溶液への溶解, 第 60 回年次学術講演会講演概要集, pp3-4, 土木学会, 2005. 9

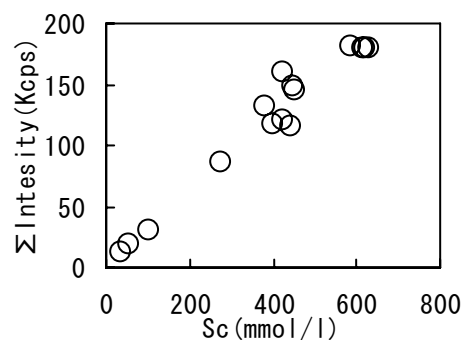


図-3 Sc と Cr ピーク減少量の関係

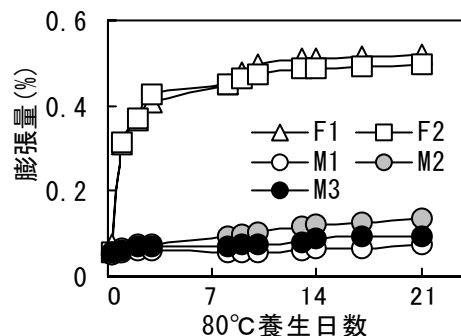
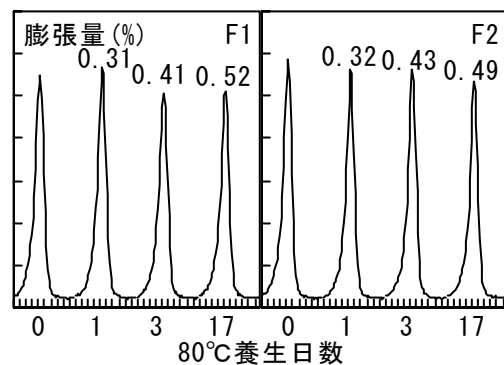
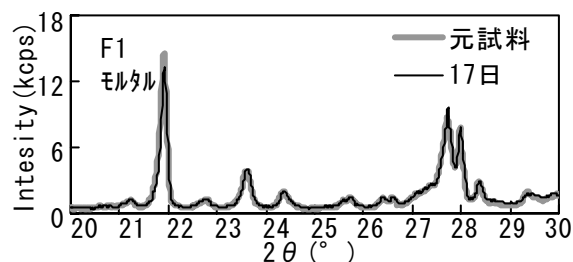


図-4 モルタル膨張量の推移



上段：代表チャート
下段：21.5-22.5° の部分の経時変化

図-5 モルタルの X 線回折分析

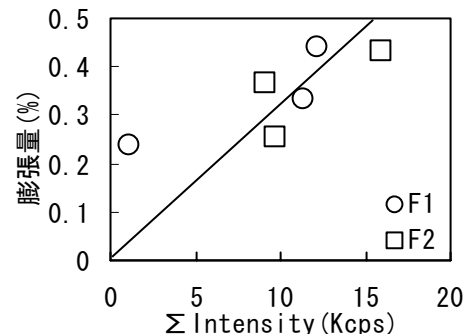


図-6 モルタル膨張量と Cr ピーク減少量の関係