

報告

[1033] 天然細骨材中オパール粒子を検出するアルカリ骨材反応
簡易テスト方法

正会員○宇野達二郎 (小野田セメント)

尾口 忠嗣 (小野田セメント)

1. まえがき

コンクリート用細骨材として使用されている天然細骨材、いわゆる川砂、山砂、海砂は種々の起源の岩石より由来した集合体で、その構成物としてオパール粒子が含まれることがある。オパールのASRペシマム量は2~4wt%と他の反応性岩石に較べ著しく少量である[1]、[2]、[3]。そこで、岩種判定に際してもオパール粒子を見逃す可能性があり、ここでは簡易で、短期間に、確実に少量のオパールを検出できる方法を試みたので報告する。

2. 試験方法

天然細骨材中オパール砂粒含有最少量0.5wt%迄検出出来ることを目的としている。

この試験法は1)アルカリシリカゲル滲出によるアルカリ骨材反応性粒子検出試験、2)比重2.05以下の粒子量測定、3)この2つの試験で得た粒子についてのオパール粒子かどうかの岩石学的方法による判定の3つの方法より構成されている。

2.1 反応性粒子検出試験

試験しようとする細骨材を90gとり3等分し、次に示す配合でモルタルを3回練り、それぞれ紙コップ3つに詰め、44℃、相対湿度100%で3日間養生後、岩石切断用円盤カッターで図-1のように3分し、両端切断片の切断面を上に向け、更に同等の条件で3日間おき、取り出して切断面砂粒上にアルカリシリカゲルが滲出していればその数を記録する。又、表面にひび割れがないか又はポップアウトの有無を観察する。その後の調査のため滲出した供試体は保存する。

モルタル配合割合:セメント90g、8号けい砂15g、試験細骨材30g、スルホン化メラミン樹脂系粉末減水剤0.5gをカラ練り3分間後、1N、NaOH溶液25ccを加え、さじで3分間十分よく練り混ぜ、これを紙コップ(高さ70mm、上面直径65mm)に詰める。

粉末減水剤を加えるのはNaOH溶液で練るため、著しくモルタルの粘性が増すので練り易くするためである。モルタル切断面は平均上端53mm、下端46mm、高さ32mmで面積15.8cm²であるので、総計測定面積は15.8×6=94.8cm²となる。モルタルをこの温度、湿度条件に保つため小形温風乾燥機を44℃に設定し、プラスチック密閉容器中に水を入れたビーカーと共に供試体を養生する。

写真-1に示されるように滲出の著しいものは切断面上、反応性粒子上にアルカリシリカゲル液が滲出して盛り上がっているが、取り出し30分も放置すると固化し透明固体となる。この固化したものの屈折率はn=1.48前後で実際のASRで生じるアルカリシリカゲルと同等であった[4]。それ程反応性の強くない粒子では、その周辺部が濡れたようなシミとなる。

純粹な方解石、石英、カリ長石、斜長石の粒子でこの試験をしたところアルカリシリカゲルの滲出は皆無であった。一方、ガラス質を含む溶岩、オパール質岩石等で試験すると全ての粒子からゲルの滲出があった。

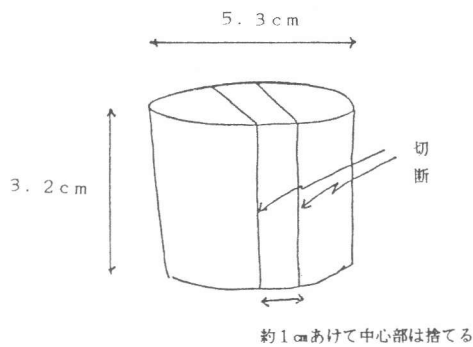


図-1 モルタルの切断形式

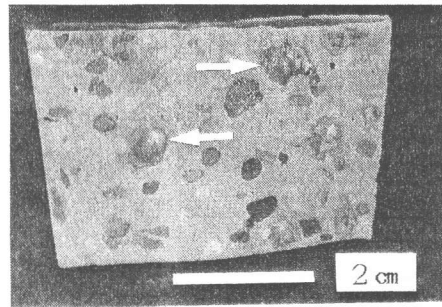


写真-1 反応性粒子上に生じたアルカリシリカゲル
(矢印で示す部分)

2. 2 浮游粒子量測定

オパール粒子は比重が2.05以下と普通の細骨材の2.5～2.7より低いことを利用して分離定量しようとするものである。試験方法はJIS A 5308、附属書2「骨材中の比重1.95の液体に浮く粒子の試験方法」に準じた、ただし重液の比重がやや重く 2.05 ± 0.03 の間になるように調節したもので分離し、浮游粒子の重量を測り、浮游粒子は岩石学的方法によるオパール判定の為保存する。

重液の作製は80～90℃の温水に $ZnCl_2$ を溶解させ、比重2.0と2.15位の重液を2種作り、冷却後両者を混合して所定の比重2.05の重液を作製した。この液を自然放置すると空気中の水分を吸収し、比重は減少し、同時に体積が増加してビーカーから溢れ出る事があるので注意を要する。測定試料量は100～200gで浮いた粒子を0.1gの精度まで測定する。

2. 3 オパール粒子含有の有無の岩石学的判定

この判定試料には、主として、浮游粒子量測定で保存した浮游粒子を乳鉢で粉砕したものを用いる。判定には主に偏光顕微鏡を用いる、補助的に走査型電子顕微鏡、X線回折計を用いてもよいが、EPMAは役に立たない。

この粉末を偏光顕微鏡で浸液法により屈折率測定及び複屈折測定するのであるが、そのためには特定の専門家と特製の低屈折率浸液が必要となる。オパールの屈折率は含水量により異なるが $n = 1.41 \sim 1.46$ と著しく低く、複屈折も無いことで判定する。特製の低屈折率浸液はアミルアルコール($n = 1.409$)、流動パラフィン($n = 1.463$)、フタル酸ジnブチル($n = 1.492$)を調合することにより、 $n = 1.41 \sim 1.49$ まで0.005間隔で作成した。

熱水変質によるオパールは変質前の火山岩特有の組織、硫黄、みょうばんのような特徴的鉱物の共存がこの判定を確定的なものにする。ケイ質堆積岩によるオパールでは放散虫特有の組織が保存されていれば確定的であり、X線回折計はオパールからクリストバライト、トリヂマイトを経て石英に至る再結晶化の度合いを知る手掛かりとなる。

偏光顕微鏡による判定は専門家による総合的判断を必要とするが、前2者の反応性粒子検出試験と浮游粒子量測定はそれ程高価な器具も必要とせず、現場でも試験可能である。これらの試験で得た浮游粒子とゲル滲出モルタル供試体とを専門家のところに持ち込み解析してもらうことも一方法と思う。モルタル供試体の利用法はやや繁雑であるが、そこから反応性粒子を抽出して、または反応部をそのまま薄片製作して偏光顕微鏡観察することにより直接因果関係を解析出来る有利さがある。

3. 東北地方に於ける試験方法の実施

地質学上もオパール粒子が天然砂中に見つかる可能性の高い東北地方について試験方法を実施してみた。天然砂21種を対象に、先ず反応性粒子検出試験と浮遊粒子量測定を行った、その結果を表-1に示す様に、この2種の試験でオパールを含む可能性の天然砂は11種にしばれる。

これらの浮遊粒子について顕微鏡オパールテストを実施したところ、IとMの2種がオパールを含み、他の9種はオパール以外のものであった。I種は熱水変質によるオパールで採取地より160kmも上流に有名な硫黄鉱山が在りそこから由来したことも考えられる。M種は放散虫等遺骸の堆積によるオパール質堆積岩で以前にも報告したものと同一のもので[4]、走査型電子顕微鏡でその組織がよく観察できる。いずれも供試体外側面に亀裂が認められ、M種ではさらにポップアウトが観察された。他のオパールを含まない砂では亀裂、ポップアウトは観察されなかったことから、この亀裂の有無はオパール粒子混入で必ず起こり、他の反応性粒子では起こらないことが確かめられれば、顕微鏡オパールテストの様な専門家を必要としないで、現場で出来る試験法となり、今後に残された課題である。

表-1 オパール粒子検出試験結果

試料名	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
平均滲出個数(2面)	4	全	全	全	5	0	13	7	20	0	12	18	21	9	13
亀裂有無	-	-	-	-	-	-	-	-	有	-	-	-	有	-	-
ポップアウト有無	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	有	-	-
浮遊率wt%	0.0	1.4	0.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.1	0.5	0.0	0.0	0.2	1.5	0.5	0.5
顕微鏡オパールテスト	-	-	-	-	-	-	-	-	有	-	-	-	有	-	-

試料名	P	Q	R	S	T	U
平均滲出個数(2面)	0	7	2	5	1	5
亀裂有無	-	-	-	-	-	-
ポップアウト有無	-	-	-	-	-	-
浮遊率wt%	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
顕微鏡オパールテスト	-	-	-	-	-	-

- : 無、全 : 滲出全面、計数不能

4. まとめ

天然細骨材中に含まれるオパール粒子は1~5wt%の微量でもアルカリ骨材反応を起こす可能性があり、そのような微量のオパールを検出する簡易試験方法を作製した。図-2にそれをフロー化して示す。

これを東北地方の天然細骨材21種に実施してみた結果、熱水変質起源および堆積起源のオパール質岩石いずれにも適用でき、0.5wt%のオパール粒子を含む天然細骨材にも適用できることが判明した。

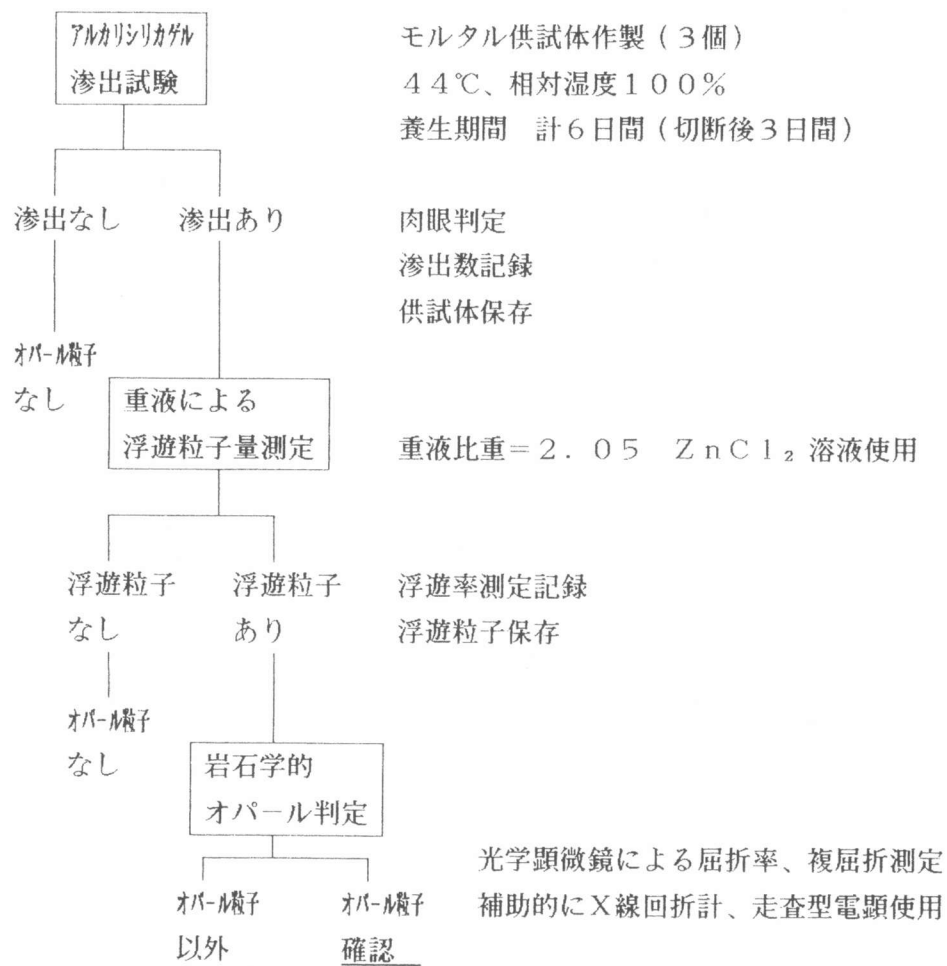


図-2 オパール質粒子検出試験フロー図

参考文献

- 1) Spurrung, S.: Symposium on Alkali-Aggregate Reaction, Preventative Measures Reykjavik, August, pp. 231-244, 1975
- 2) Stanton, T. E., Portep, O. J., Meder, L. C., and Nicol, A.: California Experiences with the Expansion of Concrete through Reaction between Cement and Aggregate, Jour. Amer. Conc. Inst. Vol. 13, No. 3, pp. 209-236, 1942
- 3) Woolf, D. O.: Reaction of Aggregate with Low-Alkali Cement, Public Roads, Vol. 27, No. 3, pp. 49-56, 1952
- 4) 宇野 達二郎: 劣化コンクリートにおける骨材の岩石学的原因調査、コンクリート構造物の耐久性診断に関するシンポジウム、日本コンクリート工学協会、JCI-C14, pp. 7-12, 1988