

V - 3 道内産骨材のASRの可能性について

北海道開発局 開発土木研究所 中井俊英
北海道開発局 開発土木研究所 堺 孝司

まえがき

アルカリ・シリカ反応（以下ASRと略す）は、1940年アメリカのスタントンによって確認され報告されて以来、アメリカの各地においてコンクリート構造物における被害が報告されるとともに、これに関する多くの調査・研究が行われ、それらに基づいて試験法（ASTM）が制定されるに至っている。

一方、わが国では過去にASRが起こったのはわずかに数産地の骨材にすぎず極めて稀な現象であると考えられてきた。しかし、1982年阪神地区において、橋脚のはり部・柱部に異状なひびわれが発生し、その原因がASRであることが認められ、ASRによるコンクリート構造物の劣化が大きな社会問題となった。これに伴い、ASRを起こす可能性のある骨材の種類やその存在割合・分布状態についての研究が急務となった。

本報告は、道内の反応性骨材の実態とその特性について検討を行うため、昭和58年度より全道各地で採取した碎石（砕砂）・砂利・砂について行ってきた鉱物分析・ASR反応性試験（化学法・モルタルバー法）の結果について取りまとめたものである。

1. 試験の概要

1.1 試料採取

表-1に地区別試料数を示す。

対象とした試料は、碎石については日本碎石協会会員名簿（58年度）および日本碎石年鑑（58年度）を、砂利・砂については全道生コンクリートアンケート調査（59年度）および北海道砂利工業組合会員名簿（58年度）を参考に、極力北海道全域を網羅するよう選定した。

試料の採取は、対象とした骨材産地においてなるべく広範囲から選んだ5ヵ所で行った。なお、試料採取作業は開発局の各開発建設部に依頼した。

1.2 鉱物分析

鉱物分析は、採取した試料すべてについて顕微鏡観察・X線回析分析を行い、岩種の判定、骨材中のシリカ鉱物の存在量・存在状態の把握を行った。

なお、骨材中のシリカ鉱物の量および状態とASRの反応程度との関係は明確でないため、鉱物分析はあくまでも予備試験として行った。

表-1 地区別対象試料数

	石狩 空知	後志	渡島 桧山	胆振 日高	上川	留萌	宗谷	網走	十勝	釧路 根室	合 計
碎石	32 (16)	25 (13)	42 (29)	16 (3)	34 (20)	5 (5)	14 (4)	17 (5)	- (-)	21 (12)	206 (107)
砂利	15 (14)	- (-)	8 (4)	14 (10)	15 (14)	1 (1)	- (-)	10 (10)	12 (12)	1 (1)	76 (66)
砂	16 (14)	8 (7)	19 (17)	16 (11)	13 (13)	6 (5)	1 (1)	14 (13)	12 (12)	7 (6)	112 (99)

※ () は、コンクリート用として生産されている試料

1.3 A S R反応性試験

砕石（砕砂）については、鉱物分析の結果シリカ鉱物の存在が明らかであったもののみについて化学法・モルタルバー法を行うものとし、砂利・砂についてはすべての試料について化学法を行い、その結果有害（有害または潜在的有害）であったものについてモルタルバー法を行うこととした。

2. 試験結果と考察

2.1 砕石

表－2に鉱物分析結果を示す。

採取した試料 206種について鉱物分析を行った結果、岩種では安山岩が一番多く全試料の約半数を占めている。次に多いのが玄武岩（13.6 %）、砂岩（9.2 %）で、この3種で全体の約7割以上を占めている。岩型では、安山岩で代表される火山岩類が全体の7割以上であった。

シリカ鉱物については、全試料の約半分の99試料でその存在が確認され、また、それは採取したほとんどの岩種で確認された。

なお、本試験では骨材中のシリカ鉱物の量

およびその状態と反応性の関係については未だ明確となっていないため、シリカ鉱物の量にかかわらずカウントしたが、実際に反応を起こす可能性のある試料の数は、この値（99試料）より少ないと推定される。

存在の確認された主なシリカ鉱物としては、玉髄・クリストバル石・トリディマイト・玻璃などであり、玉髄・クリストバル石が他の鉱物より存在する割合が若干多いようであった。

表－3に砕石のA S R反応性試験結果を示す。なお、表中の（ ）は化学法で有害であった試料の結果を示す。

化学法については66試料について試験を行い、65%の43試料が有害と判定され、この有害試料のうちコンクリート用として生産されている32試料についてモルタルバー法を行った結果、約66%の21試料が有害な膨張を示した。

以上の結果を単純計算すると、シリカ鉱物を含んでいる試料の約4割が反応性骨材であることになり、モルタルバー法全体（59試料）の結果でも42%の25試料が有害な膨張を示した。

表－4に岩種別のA S R反応性試験結果を示す。

全試料の半分以上を占める安山岩・石英安山岩については、化学法では83%の33試料が、モルタルバー法では52%の23試料が有害であり、砕石試料において反応性骨材と判定されたものの大半を占めている。

また、安山岩・石英安山岩のほかに、玄武岩および反応事例の多いチャートで反応性骨材がそれぞれ1種ずつ確認されたが、玄武岩については反応事例がほとんどないため、確認のための再試験を行う予定である。

2.2 砂利

図－1に各採取試料中の有害礫含有率の度数分布を示す。

有害礫含有率とは、採取試料中に含まれる有害礫（A S Rに有害となる可能性を有する鉱物を含む礫）の混入率を示したもので、採取試料より一定量取りだし、その試料の中からA S Rを起こす可能性のある礫を選別し、試料中に占める有害礫の重量比で表わした。

図－1によると、採取試料のすべてで有害礫が確認され、1試料を除きすべてが50%以下であり、20%

表－2 砕石の鉱物分析結果

岩 種	岩 型	試料数	全体に対する割合	シリカ鉱物を含む試料数
安 山 岩	火 山 岩 類	101	49.0 %	52
石英安山岩	〃	13	6.3	4
玄武岩質安山岩	〃	5	2.4	2
玄 武 岩	〃	28	13.6	9
砂 岩	〃	6	2.9	1
堆 積 岩	堆 積 岩 類	19	9.2	12
頁 岩	〃	1	0.5	1
泥 岩	〃	2	1.0	2
チャート	〃	3	1.5	3
石 灰 岩	〃	3	1.5	2
凝 灰 岩	火山砕屑岩類	2	1.0	2
蛇 紋 岩	変 成 岩 類	1	0.5	0
閃 緑 岩	深 成 岩 類	6	2.9	3
その他		16	7.7	6
合 計		206	100.0	99

表-3 碎石のA S R反応性試験結果

地 区 名	化 学 法				モルタルバー法		
	試料数	無 害	潜在的 有 害	有 害	試料数	無 害	有 害
石狩・空知	10	6	4	0	8 (3)	5 (1)	3 (2)
後 志	9	2	5	2	11 (6)	4 (1)	7 (5)
渡島・桧山	14	3	9	2	13 (9)	6 (2)	7 (7)
胆振・日高	4	1	1	2			
上 川	14	2	10	2	14 (10)	8 (4)	6 (6)
留 萌	1	0	1	0	1 (1)	1 (1)	0 (0)
宗 谷	2	1	1	0			
網 走	6	3	2	1	8 (3)	6 (2)	2 (1)
釧路・根室	6	5	0	1	4 (0)	4 (-)	0 (-)
合 計	66	23	33	10	59 (32)	34 (11)	25 (21)

※ () は、化学法の結果有害であった試料の結果を示す。

表-4 碎石における岩種別A S R反応性試験結果

地 区 名	化 学 法				モルタルバー法		
	試料数	無 害	潜在的 有 害	有 害	試料数	無 害	有 害
安 山 岩	38	7	23	8	39	17	22
石英安山岩	2	0	2	0	5	4	1
砂 岩	7	5	1	1	3	3	0
玄武岩	6	2	4	0	7	6	1
チャート	2	2	0	0	1	0	1
石灰岩	2	1	1	0	0	—	—
石 灰 岩	1	1	0	0	0	—	—
閃 緑 岩	1	1	0	0	3	3	0
凝 灰 岩	1	0	1	0	1	1	0
その他	6	4	1	1	0	—	—
合 計	66	23	33	10	59	34	25

以下が全体の7割以上を占めている。このことから、地区により多少の違いは考えられるものの、少なくとも数%~20%程度は有害となる可能性のある礫が存在するものと思われる。

表-6に砂利のA S R反応性試験結果を示す。

なお、化学法については、有害礫含有率調査の際選別した有害礫について検討を行うため、有害礫のみを試料とした。また、モルタルバー法については、採取した試料中より有害礫のみを選別することは量的に困難なため、採取試料全体について行った。

化学法では、試料採取を行ったすべての地区で有害試料が確認されており、76試料中59%の46試料が有害と判定された。以上のことから、有害礫のみを試料としたため有害と判定された試料の数は著しく多い結果となったものの、鉱物学的に有害と考えられる礫であ

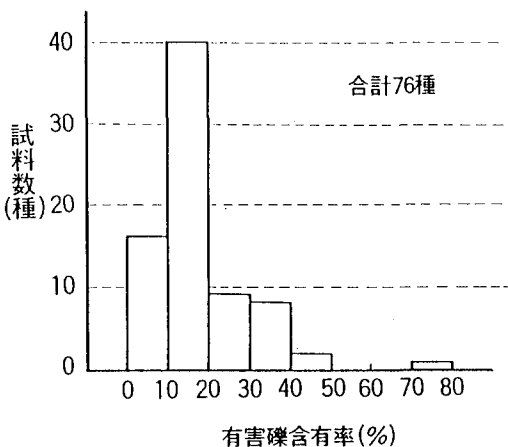


図-1 砂利試料中の有害礫含有率

表-5 砂利の A S R 反応性試験結果

地 区 名	化 学 法				モルタルバー法		
	試料数	無 害	潜在的 有 害	有 害	試料数	無 害	有 害
石狩・空知	15	1	9	5	14	10	4
渡島・松山	8	3	3	2	3	1	2
胆振・日高	14	5	0	9	6	6	0
上 川	15	10	5	0	5	4	1
留 萌	1	0	0	1	1	1	0
網 走	10	5	5	0	5	5	0
十 勝	12	7	3	2	4	4	0
釧路・根室	1	0	0	1	1	0	1
合 計	76	31	25	20	39	31	8

っても、必ずしも A S R を起こすものではないことが確認された。

モルタルバー法については、現在までのところ化学法で有害であった試料のうち39試料について行っており、21%の8試料が有害な膨張を示した。

図-2 に試料中の有害礫含有率とモルタルバーの膨張率の関係を示す。

有害礫含有率と膨張率の関係については、ほぼ同じ有害礫含有率でも膨張率が大きく異なるものがある。全体の傾向としては有害礫含有率の増加に伴い、膨張率も増加しており、有害礫含有率20%以下の試料に対する膨張率 0.1%以上を示す試料の割合が17%であるのに対し、有害礫含有率20%以上の試料に対する膨張率 0.1%以上を示す試料の割合は27%と高くなっている。

なお、モルタルバー法の一部については現在も試験中である。

2.3 砂

表-6 に砂の A S R 反応性試験結果を示す。

採取試料全種（112 種）について化学法を行った結果、全試料の35%の39試料が有害であり、次にこの化学法で有害であった試料のうち現在まで25種についてモルタルバー法を行った結果、52%（13試料）が有害な膨張を示した。

砂についても砂利同様モルタルバー法の一部が未だ試験中であるが、上記の結果および残されている試料の数を考慮すると、全試料に対する反応性骨材の割合は18%程度と推定される。

2.4 反応性骨材の分布

図-3 に、地域別の反応性骨材の分布を示す。なお、図中の地域区分については、当開発局の建設部単位とした。

図-3 によると反応性骨材が存在する地域は道内の一部に限らず、比較的広い範囲におよんでいることが分かる。反応性骨材である割合が高い地域については、採取試料の数が地域によってまちまちであるため、

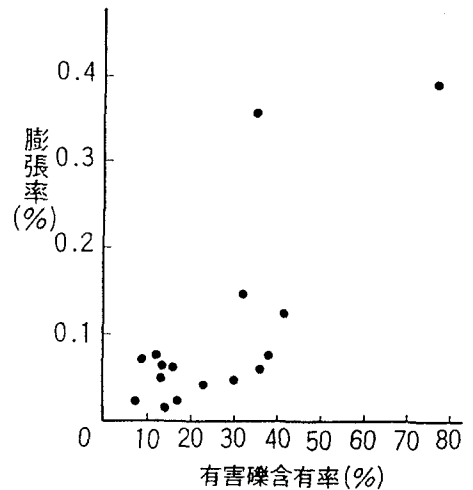


図-2 有害礫含有率と膨張率の関係

表-6 砂の A S R 反応性試験結果

地 区 名	化 学 法				モルタルバー法			
	試料数	無 害	潜在的 有 害	有 害	試料数	無 害	有 害	
石狩・空知	16	9	7	0	4	1	3	
後志	8	7	0	1	1	0	1	
渡島・桧山	18	13	3	2	3	0	3	
胆振・日高	16	11	2	3	2	2	0	
上川	13	10	3	0	2	0	2	
留萌	6	4	1	1	1	1	0	
宗谷	1	1	0	0	0	0	0	
網走	14	8	2	4	3	1	2	
十勝	12	6	6	0	12	12	0	
釧路・根室	8	4	2	2	2	1	1	
合 計	112	73	26	13	30	18	12	

図-3の数値からは一既に判断しがたいものの、石狩、空知、後志、渡島、桧山、上川が他の地域に比べ反応性骨材である可能性は高いようである。

また、胆振、日高、留萌、宗谷、十勝については現在のところ反応性骨材は確認されていないが、採取試料が少なかったこと、化学法で有害となる試料が存在することなどから言ってもまったく存在しないとは言えない。

今後は、地質との対応について検討し、詳細な反応性骨材の分布状態を把握することが必要であると考えられる。

2.5 モルタルバーの膨張性状について

図-4に、モルタルバーの膨張性状のいくつかのパターンを示す。

モルタルバー法による反応性骨材の膨張パターンとしては、大きく分けて膨張率の増大が比較的若材令に著しいもの（Ａ）・比較的遅いもの（Ｂ）・材令の進行に伴いほぼ直線的に膨張が増大するもの（Ｃ）の３種に分けられる。

一般的には (A) による膨張が最も多いようであるが、本試験においても反応性骨材の半数以上がこの膨張性状を示した。また、(B)・(C)による膨張性状を示した試料はそれぞれ全体の2割程度であり、(C)のほとんどが材令3ヶ月以降に有害値(0.1%)に達している。(B)・(C)の膨張特性を持つ岩

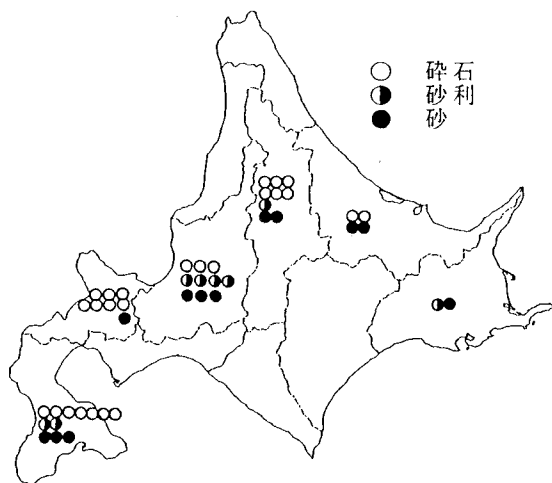


図-3 反応性骨材の分布

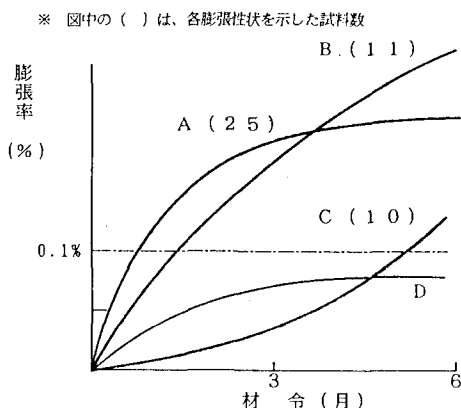


図-4 モルタルバーの膨張性状

種としてチャートがあげられているが、本試験でも（B）の膨張特性を示した。

なお、現在のモルタルバー法では材令3ヶ月で0.5%以上の膨張であれば有害と判断してもよいこととなっているが、図中の（D）のように材令3ヶ月での膨張率が0.5%以上でも材令6ヶ月で0.1%を越えないものがいくつか確認された。

3. まとめ

道内産の碎石、砂利、砂について鉱物分析・ASR反応性試験によりASR反応性骨材の調査を行ってきた結果、現在までに次のようなことが明らかになった。

（碎石）

- ① 全試料の約半分でシリカ鉱物の存在が確認されたが、直接ASRに関与すると思われるシリカ鉱物を含む試料の数は、これよりも少ないことが推定される。
- ② 鉱物分析のシリカ鉱物の存在が明らかであった試料についてASR反応性試験を行った結果、化学法では約6割が、モルタルバー法では約4割が有害と判定された。
- ③ 反応性骨材と判定された試料のほとんどが安山岩であった。

（砂利）

- ① 有害礫含有率を求めた結果、すべての試料に少なくとも数%～20%程度の有害礫が含まれていることが判明した。
- ② ASR反応性試験を行った結果、59%が化学法で有害と判定され、そのうちの21%がモルタルバー法でも有害と判定された。なお、化学法については各骨材中の有害礫のみを取りだして試料とした。
- ③ 有害礫含有率とモルタルバーの膨張率との間には明確な関係は認められないものの、有害礫含有率の増加に伴い有害な膨張を起こす割合は高くなる。

（砂）

ASR反応性試験を行った結果、35%の試料が有害と判定され、そのうちの52%がモルタルバー法でも有害と判定された。

（反応性骨材の分布）

反応性骨材は道内の広い範囲に分布していることから、今後ともASRには十分に注意を払う必要がある。

（モルタルバーの膨張性状）

反応性骨材の半数以上が、若材令（3ヶ月以前）において著しい膨張を示した。

あとがき

本調査において、ASRを起こす骨材が道内の広い範囲に分布することが明らかになった。従って、骨材の使用にあたっては、ASRに十分注意を払う必要がある。しかし、同時にこれらの骨材も資源の有効利用という観点から、適切な管理の下での使用を考慮すべきであると思われる。

なお、砂利・砂の一部については現在も試験中（モルタルバー法）であり、試験終了後再度検討を行うと共に、反応性骨材の詳細な分布状態を把握するため、地質的要素との対応について検討を行っていきたい。