

土 木 研 究 所 資 料

コンクリートの劣化実態調査報告(1)

昭和61年4月

建設省土木研究所
地質化学部地質研究室

「Copyright ©(1986) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の承認を得ずしてこれを行ってはならない。」

コンクリートの劣化実態調査報告(1)

地質研究室室長	桑 原 啓 三
地質研究室主任研究員	平 野 勇
地質研究室研究員	脇 坂 安 彦
地質研究室	阿 部 昌 彦
〃	長 沢 政 和
化学研究室研究員	守 屋 進
〃	西 崎 到
コンクリート研究室室長	小 林 茂 敏
主任研究員	河 野 広 隆
研究員	小 野 金 造*
(財)土木研究センター	窪 田 洋 司

要 旨

昭和38年に阪神地区のコンクリート構造物の原因不明のひびわれが、アルカリシリカ反応によるものであることが明らかになった。この後に行った建設省の調査により阪神地区以外にも原因不明のひびわれを生じているコンクリート構造物が約100カ所認められた。これらの原因がアルカリシリカ反応であるのか否かの確認、アルカリシリカ反応である場合の反応性骨材の同定およびアルカリシリカ反応の調査・試験・判定法の開発を目的に、構造物の目視実態調査、コアの採取および採取コアの調査を行った。目視実態調査は92、コアの調査は21構造物について行った。

コア調査の結果、反応生成物が認められ、コアの3カ月時における膨張量が0.05%を超えかつ化学的に反応性のある骨材を含んでいる構造物があった。これらの構造物のひびわれはアルカリシリカ反応によるものであると判定した。この判定によるとアルカリシリカ反応を生じている構造物は、阪神地区以外にも分布している。

キーワード：アルカリシリカ反応・骨材・膨張量・ASTM化学法・コンクリート構造物・ひびわれ

ま え が き

コンクリートは、最も普遍的な土木材料の1つであり、長期間少なくとも構造物の寿命中は安定していると考えられてきた。ところが昭和58年阪神地区のコンクリートに異常なひびわれが発見され、コンクリートの早期劣化が問題となった。この異常なコンクリートのひびわれは調査の結果、日本には従来存在しないといわれていたアルカリ骨材反応であり、その原因となっている骨材の岩種は安山岩であった。また反応を生じた安山岩中にはシリカ鉱物の1種であるクリストバライトが存在していたことから、クリストバライトが原因となる鉱物と推察された。

安山岩は、コンクリート用骨材として用いられている岩種の中で、最も量の多いものの1つである。またアルカリ骨材反応の原因と考えられているクリストバライトは火山岩中にしばしば含まれる鉱物である。日本は火山国であるため、クリストバライトを含む岩石は安山岩以外にも多くあり、それらもまたコンクリート用骨材として使用されている可能性がある。

このようなことから、本調査はコンクリート構造物の劣化の実態を把握し、劣化が著しく、かつその劣化の原因が不明確なものについて詳細に検討を行ったものである。またコンクリートの劣化の原因は、乾燥収縮、凍結融解等種々あるが、劣化の原因がアルカリ骨材反応である場合その原因となっている岩種および岩石を構成する鉱物種を明らかにするために行ったものである。

本報告がコンクリート構造物の長期安定性検討のための一助となれば幸いである。

謝 辞

構造物の目視実態調査およびコア採取では、関係府県の土木部、本省技術調査室ならびに各地方建設局、各工事事務所の方々に多大な御協力を頂きました。調査・試験の実施に当っては、光家康夫前橋梁計画官（現関東地方建設局道路計画第二課長）、中野正則橋梁計画官、蒔田実地質化学部長はじめ地質化学部の方々の御援助を頂きました。また、ゲル物質の化学分析は（財）土木研究センターの千野裕之氏（現在大林組技術研究所）に実施して頂きました。

ここに記して、以上の方々に謝意を表します。

目 次

まえがき

第1部 構造物目視実態調査

1. はじめに	1
2. 調査方法	1
3. 調査結果	3
4. まとめ	16

第2部 代表的な構造物のコアによる調査

1. はじめに	21
2. 調査対象構造物	21
3. コアの調査・試験方法	22
4. コアの調査・試験結果	26
5. アルカリシリカ反応の判定	57
6. まとめ	64

付 表

コアの試験結果	67
---------------	----

第 1 部 構造物目視実態調査

目 次

1. はじめに	1
2. 調査方法	1
2-1 資料調査	1
2-2 環境調査	1
2-3 目視調査	2
2-4 ひびわれ計測	2
2-5 弾性波伝播速度測定	2
2-6 シュミットハンマー反発度試験	2
2-7 はつり調査	3
2-8 粗骨材の岩種判定	3
3. 調査結果	3
3-1 被害の概要	3
3-2 打設コンクリートの性質	8
3-3 環境条件	10
3-4 被害状況	12
4. ま と め	16

1. はじめに

昭和59年度行った建設省、都道府県および公団の建設省所管事業に係るコンクリート構造物の劣化についての約2,250件のアンケート調査資料の分析の結果、温度応力、乾燥収縮、塩害、凍害等以外の原因不明のひびわれを生じている構造物は92であった。これらの構造物について、ASRによる劣化の疑いの有無の現地確認と劣化状況の把握を目的として、構造物の設計施工条件、立地環境条件ならびに被害状況についての実態調査を実施した。

なお、調査方法ならびにASRについての判定法の詳細は「アルカリ反応の調査と対応に関する建設省暫定案」（成田ほか1986）に譲る。また、92構造物のうちから地域性、被害状況、構造物種等を考慮して選択した21構造物について抜取りコアの調査を行っているが、これについては「第2部 代表的な構造物のコアによる調査」を参照されたい。

2. 調査方法

2-1 資料調査

1) 構造物設計資料

コンクリート構造物の構造図、一般図および配筋図等の構造物設計資料を収集した。

設計資料については、ひびわれの発生している構造物、例えば橋梁の橋台の場合はその橋台の、小構造物については全体の資料を収集した。

2) コンクリート配合資料

打設コンクリートの水セメント比、セメント量、 s/a 、空気量、スランプ、セメントの種類、セメントメーカーおよび工場名、混和剤、粗骨材の種類と産地、細骨材の種類と産地等、コンクリート配合材料とコンクリートの性質について資料を収集した。

コンクリート配合および骨材については、建設時の資料等をもとに可能な限り調査した。粗骨材の種類については、山砂利、川砂利、海砂利、碎石および混合（混合の種類を調査する）の別および岩種について調査した。細骨材の種類に山砂、川砂、海砂、砕砂および混合（混合の種類を調査する）の別を調査した。

3) 施工に関する資料

施工時期、生コン工場名、施工業者名について調査した。

2-2 環境調査

1) 日射、降雨条件調査

被害部位の方位および日射、水の条件についての調査を行った。

日射は良好、やや良好、やや不良、不良に、水の条件は常時乾燥、降雨時湿潤、常時湿潤にそれぞれ区分した。

2-3 目視調査

1) 構造物全体

構造物全体につき目視調査および写真撮影を行い、被害箇所の把握を行った。

2) 被害箇所

被害箇所について、ひびわれ、ポップアウト、はくり、析出物、さび汁、色調等の変状の観察とスケッチおよび写真撮影を行った。

2-4 ひびわれ計測

1) 測 線

ひびわれの発達に方向性がみられるものは卓越方向とその直交方向について、方向性のないものについては構造物の形状にあわせて水平または水平と直交方向に、被害部位の代表部分を通る測線を設定した。測線長は構造物の形状、被害部の広さに合わせて、1 m単位を原則とした。

2) 測定および観察

(1) 測線を横断するひびわれについて、測線上におけるひびわれの位置を測定した。

ひびわれ密度を測線1 m間隔ごとのひびわれ数より求め、区間ひびわれ密度および被害部平均ひびわれ密度として求めた。

(2) 測線上の各ひびわれについてひびわれの幅を測定した。

ひびわれ幅については、測線1 m間隔ごとの区間平均ひびわれ幅、および被害部平均ひびわれ幅としてまとめた。

(3) 測線沿いのひびわれ、析出物、さび汁、色調等の状況についてスケッチおよび写真撮影を行った。

2-5 弾性波伝播速度測定

弾性波伝播速度測定は、コンクリートのひびわれ等による劣化度を定量的に把握するために行った。

1) 測 線

測線は原則としてひびわれ計測測線沿いとし、構造物に健全部が存在するものについては、比較のためそれらについても実施した。測線、発振・受振点の配置状況については、測線図を作成して記録し、写真撮影を行った。

また、いくつかの構造物については、透過法による測定も行った。

2-6 シュミットハンマー反発度試験

シュミットハンマー反発度試験は、ひびわれ等による劣化度を健全部との比較により相対的に評価するために行った。

1) 試験位置

- (1) ひびわれ計測測線およびその延長の健全部の測線沿いで試験を行うことを原則とし、測線1 m区間当たり、20点打撃した。打撃点間隔は、原則として5 cmとした。
- (2) 打撃面はひびわれを避け、また、析出物、粉末、その他の付着物があれば除去し平滑とした。

2) 測定および計算

測線1 m区間当たりの全測定値の算術平均値をその区間の反発硬度Rとした。

2-7 はつり調査

コア分析調査を行う構造物以外の被害構造物よりコンクリートの不定形試料を採取し、骨材および反応・劣化状況等を調査した。

1) 採取

被害の代表箇所であつ構造的に有害とならない部分から粗骨材を含むコンクリートの小片を、ノミ、ハンマー等を使って採取した。

2) 中性化深度判定

はつり跡においてフェノールフタレイン溶液塗布による中性化深度の判定を行った。

3) 採取跡処理

採取跡はポリマーセメント、モルタル等を使って丁寧に処理した。

2-8 粗骨材の岩種判定

はつり片によって、粗骨材の肉眼による岩種判定を行った。

3. 調査結果

現地調査によって①～②に示すような特徴に基づく判定によって92構造物を「ASRの疑いのあるもの」および「ASRの疑いのないもの」に分けた。

- ① 無筋コンクリートで表面に5～30cm程度の間隔の亀甲状～格子状のひびわれがある。鉄筋コンクリートでは主筋方向に卓越することもある。
- ② ひびわれから白色の浸出物がみられる。

表1-1に主な項目の調査結果を一覧表で示した。

以下、調査結果について述べる。なお、図-1.17, 19以外の各図の凡例は図-1.1と同様とし、度数分布で示す。

3-1 被害の概要

1) 完成年

構造物の完成年は、92構造物グループ、コア調査21構造物グループとも昭和40～50年のものが

表-1.1(1) 構造物目視調査結果

[illegible]

39	石川県	1	48.	1					4	3	3	1	5.0	0.29	2.55	3.00			41.2	45.3		1					1	1			1	2	3	1	1	2	17				
40	石川県	1	41. 3	1					3	2										4.0	3				1		1	1	1			1	1		2	1					
41	石川県	1	46.	2					3	3	2	2	4.5	0.75					38.3	30.2	1.1				1						1	1	2	2	3	1					
42	石川県	4	35.	2					2	2	2	1	8.7	0.58					37.2	35.6	2.8				1							1	1	2	2	1					
43	石川県	1	41.	1					3	4	2	1	5.5	0.40		4.20			43.5	47.4	0.7	1	1	1		1		1	1		1		2	2	3	2	1				
44	石川県	1	45.	1					2	4	2	1	5.5	0.65		2.07			39.0	42.5	1.4	3						1	1			1	2	2	2	1					
45	石川県	1	34.	1					2	2	2	2	3.5	0.49		4.87			41.6	36.9	0.6				1			1					1	2	3	2	1				
46	石川県	1	32.	1					3	3	2	2	4.5	0.48		3.32			33.9	35.5	0.6	2			1		1	1					1	2	3	1	1				
47	石川県	1	35.10	1					3	2	2	2	8.5	0.53	2.67	3.32			32.3	40.9	0.5				1		1	2		1			1	1	2	2					
48	石川県	1	43.	1			8		3	2										2.4	2					1	1	1		1	1	1	2		2	2					
49	石川県	1	44. 3	1					2	4	2	2	11.7	0.20		2.52			40.2	43.3	0.6	2	1		1		1	1				1	1	3	2	1					
50	石川県	1	35.12	1					4	4	2	2	7.0	0.23					47.7	42.5	4.2	3		1	1			1		1		1		1	3	2	1				
51	石川県	1	42. 3	1					3	3	2	2	8.0	0.17		2.52			47.4	50.0	3.0	2	1				1	1	1		1			1	3	2	1				
52	石川県	1	41.	1			≤47.5	8±2	1	2										1.0	1				1		1	1		1			2		2	1					
53	岐阜県	4	45. 3	1					1	2	2	2	4.2	0.15					36.7	36.7	16.4		1							1	1		2	2	3	3	1				
54	京都府	4	46.11	1	4	312	50.3	8±2.5	3	3	2	2	1.0	0.25		2.03	1.68		45.4	47.3		1							1	1		2	3	3	3	1	2	6			
55	京都府	4	47. 2	1	1	305	52.4	8	2	2										10.4				1			1	1	1	1	1	3		3	2						
56	大阪府	4	48.	3					2	3	2	2	1.7	0.20		2.06			47.2	47.9					1			1	1			1	3	3	3	1	2	19			
57	大阪府	1	48. 2	3					3	3	2	2	1.5	0.43					45.7	43.0	14.6	2						1		1		2	3	3	3	2					
58	大阪府	6	47. 3	3					3	3	2	2	2.5	0.40		2.51			44.7	44.6	9.6				1		1	1	1	1		3	2	3	3	2					
59	大阪府	4	49. 7	3		304	55.0	8	2	3	1	1	1.5	0.20		1.72			43.4	43.9					1			1				2	3	3	2	1	1	7			
60	大阪府	4	37. 5	1					2	3	2	2	0.5	0.70					50.3	49.6	3.2	1	1	1					1	1	1		3	3	2	3	2				
61	大阪府	4	44.12	1					2	3	2	2	1.6	0.23					42.1	40.1	31.0										1	1	1	2	3	3	1				
62	大阪府	4	44.	3					3	3	2	2	2.8	0.18	1.87	1.90			37.4	36.7	28.2				1		1	1	1		1	1	1	2	3	3	1				
63	大阪府	4	51. 7	2		278	49.6	7~10	1	2										17.3									1			1		2	1						
64	兵庫県	4	49.	2	1	305	56.0	8	2	2	2	2	2.5	0.48					45.2	40.8					1		1					1	2	3	2	1	1	8			
65	兵庫県	1	34.	1					3	3	2	2				2.00			49.3	43.6	13.8						1			1	2		2		3	2					
66	兵庫県	1	37.10	1					3	3	2	2	1.0	0.40		2.07			34.9	34.0	18.4	1								1	2		3	3	3	2	2				
67	兵庫県	4	48. 9	3	2				2	2	2	2	2.0	0.35		1.27			43.3	41.5	17.8		1					1	1	1	1	1	1	3	3	3	2				
68	兵庫県	7	54. 3	2	2			8	2	2	2	2	3.5	0.43	1.58				34.1	25.6					1				1				1	2	3	2	1	1	9		
69	兵庫県	4	54.11	3	2	293	59.0	8	1	3	2	2	4.5	0.64					46.9	42.1	6.0				1			1	2			1	2	2	3	1					
70	山口県	8	48.	3					1	1	2	2	5.9	2.72					27.7	30.3	6.75		1							1	1		1	2	1	3	1				
71	山口県	8	47.	2	2				1	1	2	2	4.6	2.45					27.0	29.3	1.75									1	1		1	2	1	3	1	1	20		
72	山口県	9	48.	2					1	1	2	2	5.5	3.77					28.4	30.9	0.0										1	1	1		1	2	1	3	1		
73	山口県	10	50.	2	2	245			1	1	2	2	3.5	2.11		2.50			30.3	30.4										1			2	2	1	2	1				
74	山口県	9	52.	2	2	269	67.0	12	1	1	2	2	5.7	2.58					31.6	35.1												1	2	1	3	1					
75	山口県	8	47.	2					1	1	2	2							20.1	23.1	0.0									1		2		2		3	1				
76	山口県	8	49.	2					1	1	2	2	3.9	4.17					27.8	31.1	0.0									1		2		1	2	1	3	1			
77	山口県	11	48.	3					1	1	2	2	4.0	2.88					32.7	28.6	0.0	2									1	1		2	2	1	3	1			
78	山口県	11	48.	2		270	61.0	8	1	1	2	2	4.0	4.35					36.8		4.0										1	1		1	2	1	2	1			
79	山口県	1	48.	3					1	1	2	2	2.0	6.33					34.2	36.3	0.0	1									1	1	1		1	3	1	2	1		
80	山口県	10	52.	2	2				1	1	2	2	3.5	2.09					22.1	17.3											1	1		2	1	3	1	2	21		
81	山口県	11	48.	3					1	1	2	2	2.5	0.73					28.6	30.4	3.2							1				1	1		1	2	2	3	1		
82	山口県	11	48.	2					1	1	2	2	3.0	2.34	2.08				35.3	26.5	2.6											1	1		2	2	1	3	1		
83	山口県	12	49.	3		210		15	1	2	2	2	4.0	1.29		2.78			26.3	30.9		1										1	1	1		1	2	1			
84	山口県	11	49.	2					1	1	2	2	6.0	1.72	2.29				26.6	28.9	10.4											1	1	1	1	1	2	1			
85	広島県	1	47.	2					3	3	2	2	5.5	0.38					36.8	42.1												1	1		1	2	3	2	1	1	10

2-3 目視調査

1) 構造物全体

構造物全体につき目視調査および写真撮影を行い、被害箇所の把握を行った。

2) 被害箇所

被害箇所について、ひびわれ、ポップアウト、はくり、析出物、さび汁、色調等の変状の観察とスケッチおよび写真撮影を行った。

2-4 ひびわれ計測

1) 測 線

ひびわれの発達に方向性がみられるものは卓越方向とその直交方向について、方向性のないものについては構造物の形状にあわせて水平または水平と直交方向に、被害部位の代表部分を通る測線を設定した。測線長は構造物の形状、被害部の広さに合わせて、1 m単位を原則とした。

2) 測定および観察

(1) 測線を横断するひびわれについて、測線上におけるひびわれの位置を測定した。

ひびわれ密度を測線1 m区間ごとのひびわれ数より求め、区間ひびわれ密度および被害部平均ひびわれ密度として求めた。

(2) 測線上の各ひびわれについてひびわれの幅を測定した。

ひびわれ幅については、測線1 m区間ごとの区間平均ひびわれ幅、および被害部平均ひびわれ幅としてまとめた。

(3) 測線沿いのひびわれ、析出物、さび汁、色調等の状況についてスケッチおよび写真撮影を行った。

2-5 弾性波伝播速度測定

弾性波伝播速度測定は、コンクリートのひびわれ等による劣化度を定量的に把握するために行った。

1) 測 線

測線は原則としてひびわれ計測測線沿いとし、構造物に健全部が存在するものについては、比較のためそれらについても実施した。測線、発振・受振点の配置状況については、測線図を作成して記録し、写真撮影を行った。

また、いくつかの構造物については、透過法による測定も行った。

2-6 シュミットハンマー反発度試験

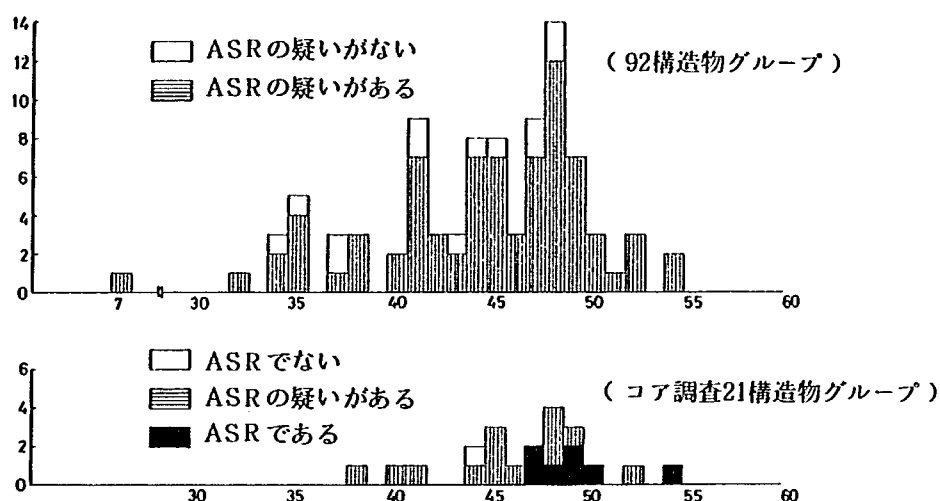
シュミットハンマー反発度試験は、ひびわれ等による劣化度を健全部との比較により相対的に評価するために行った。

多い（図－1.1）。これより古いものについては、被害の発生が少ないが、これは構造物の絶対数が少ないことも一因であろう。また、50年代のものについては、構造物の絶対数は少なくないとみられるが、発生数は少なくなっている。これは、被害が発現するには、ある程度の期間を要することを示しているものとみられる。

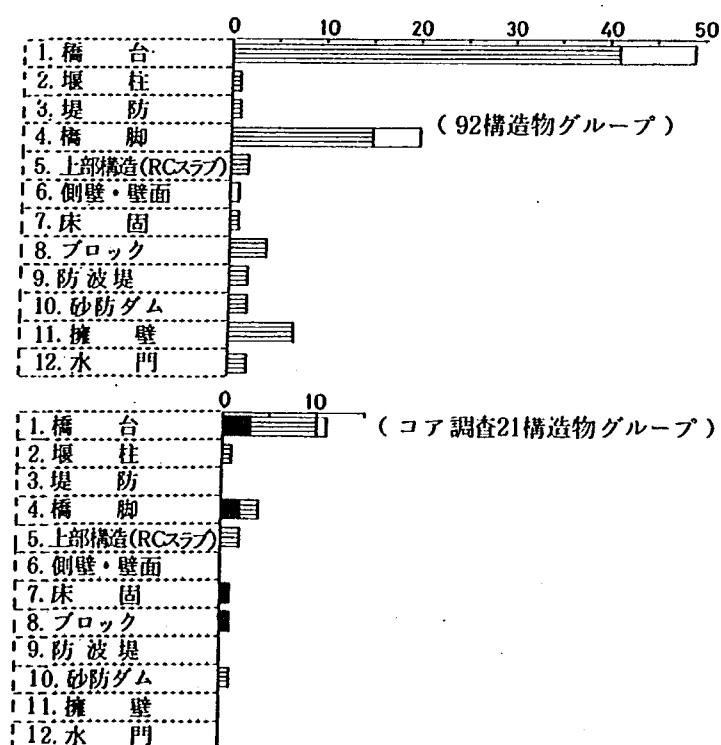
2) 被害部位

被害部位について図－1.2に示す。

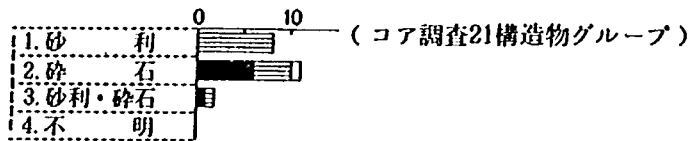
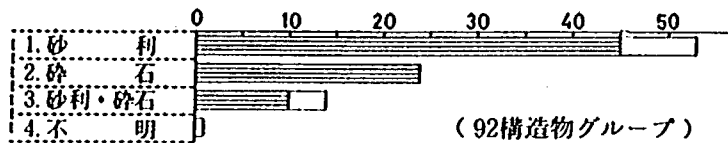
92構造物、コア調査21構造物グループとも被害は橋梁に多く、被害部位は橋台および橋脚がほとんどである。



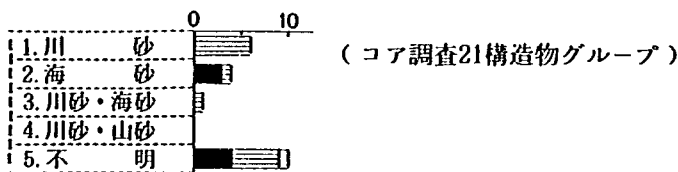
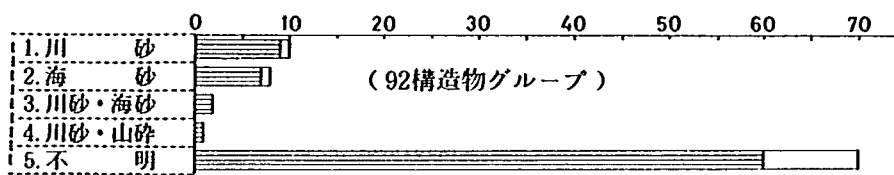
図－1.1 調査対象構造物の完成年



図－1.2 構造物の被害部位



図－ 1.3 粗骨材の種類



図－ 1.4 細骨材の種類

3－2 打設コンクリートの性質

1) 粗骨材の種類

粗骨材の種類は材料および配合関係資料，ならびにコンクリートはつり片またはコアの目視観察より判定した。図－ 1.3 にその結果を示す。粗骨材の種類は92構造物グループでは砂利のものが多く、コア調査21構造物グループでは砕石が少ない。またコア調査グループでASRであると判定されたものは、砕石または砕石＋砂利のみのものについてはみられない。

2) 細骨材の種類

細骨材の種類については不明のものが多く、なんとも言えない(図－ 1.4)

3) 粗骨材の岩種

粗骨材の岩種は、コンクリートはつり片またはコアの目視観察より判定したものである。図－ 1.5 によるとチャート，頁岩，花崗岩類，安山岩，流紋岩，砂岩などが多いが，ここに示されたものは、コンクリートに含まれている岩種ということであり，ASRの原因となりうるものかについてはコア調査等の詳細調査が必要である。

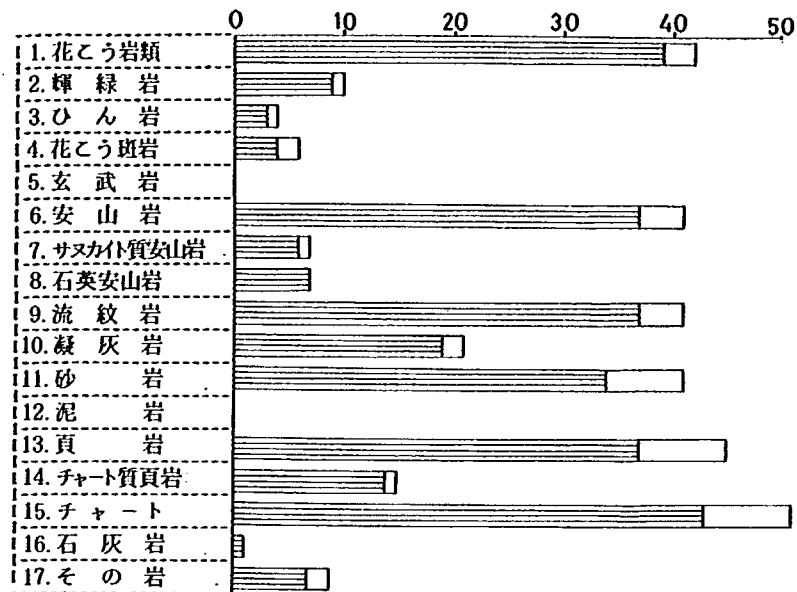


図-1.5 粗骨材の岩種 (92構造物グループ)

4) セメント量, 水セメント比, スランプ

これらについては, 不明のものが多いが, 判明しているものについてみると, セメント量 275 ~ 325kg/m³, 水セメント比50~55%, スランプ7~8cmのものが多い (図-1.6, 7, 8)。

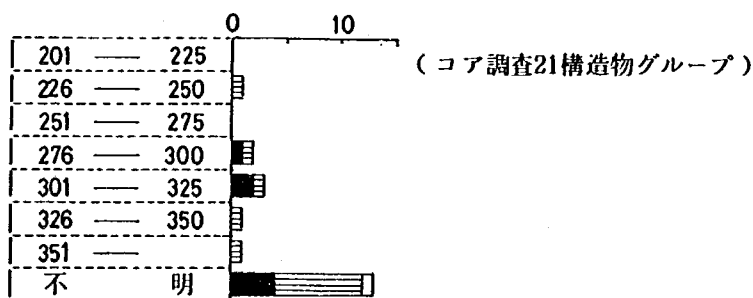
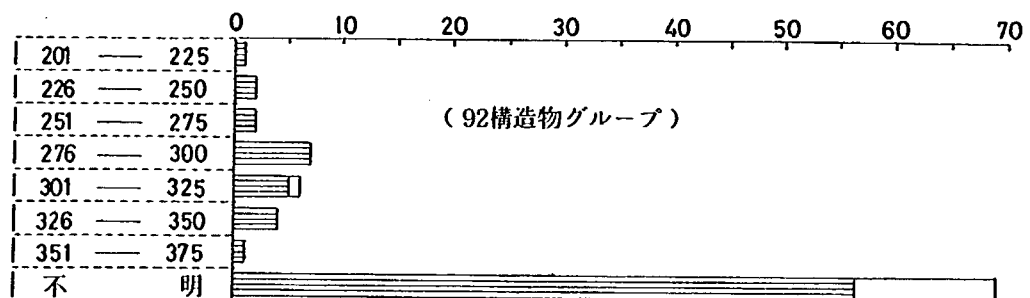


図-1.6 セメント量 (kg/m³)

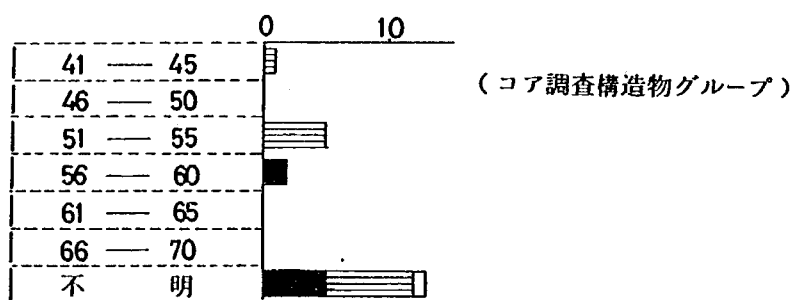
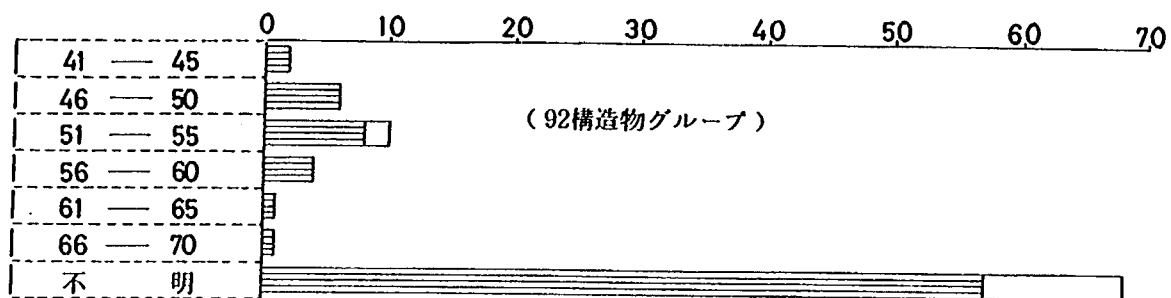


図-1.7 水セメント比 (%)

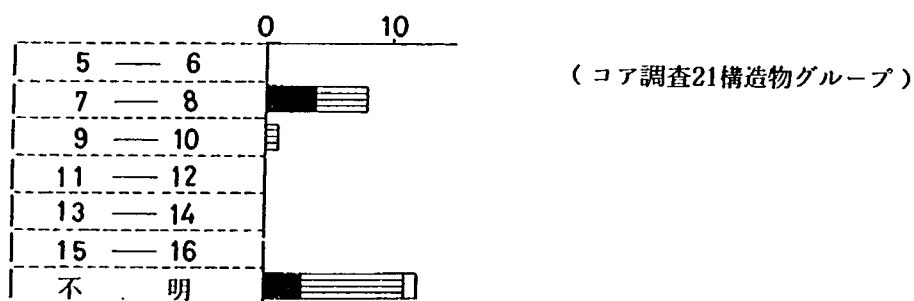
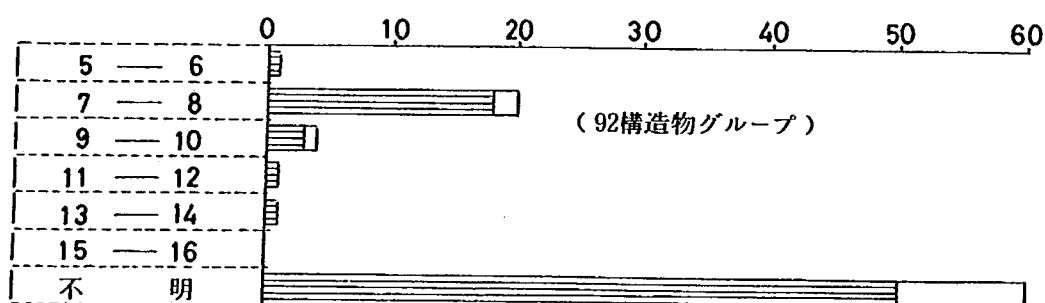


図-1.8 スランプ値 (cm)

3-3 環境条件

環境条件については、日射および水の条件について調査した。ひびわれ未発生部については、被害発生部周辺より任意に選定したものである。日射条件（図-1.9）については、被害部分は良好またはやや良好のものが多。水の条件（図-1.10）については、降雨時湿潤のものがほとんどである。以上のことから、南向きの風雨にさらされた部位が被害を受けやすいといえる。

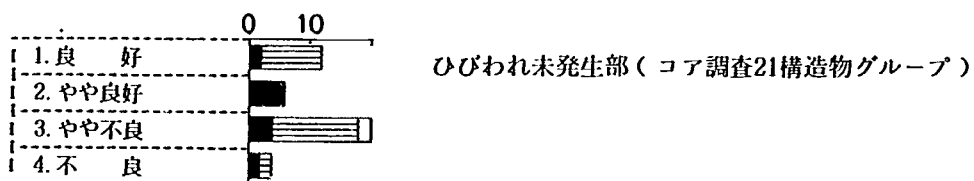
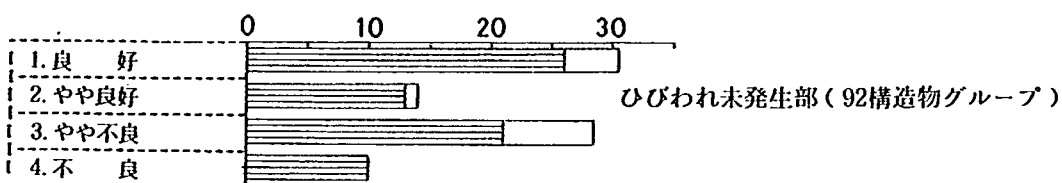
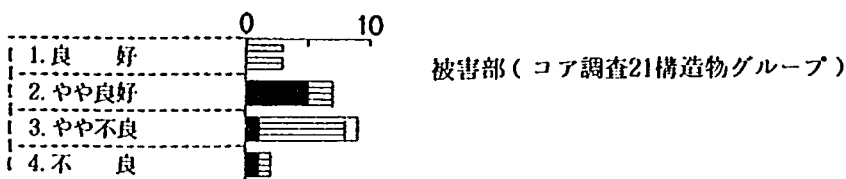
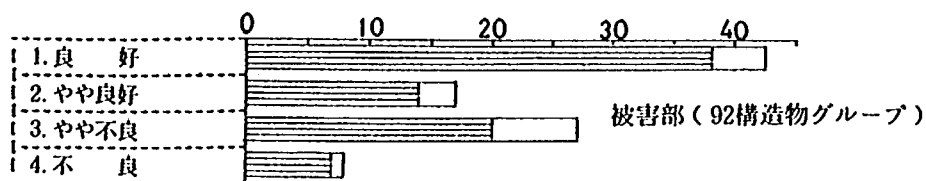


図-1.9 日 射 条 件

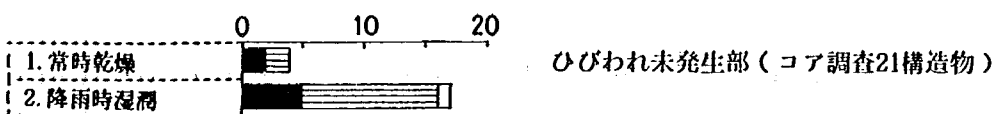
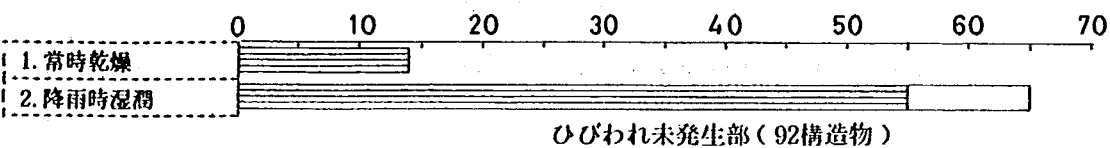
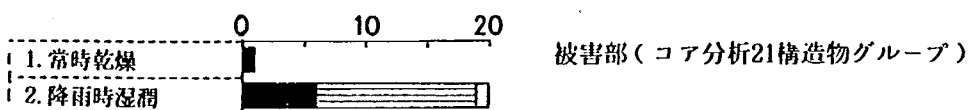
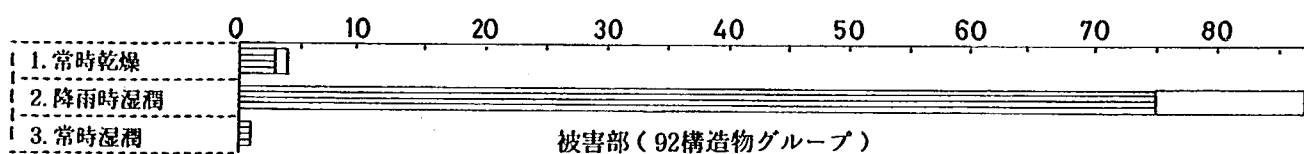
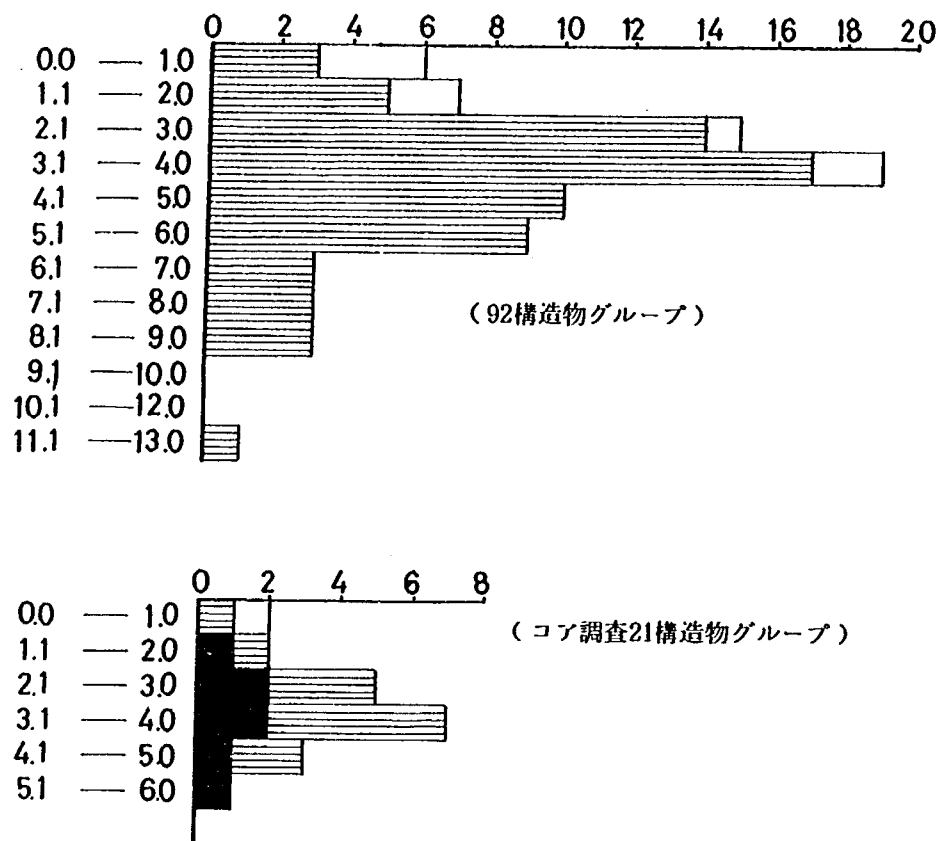


図-1.10 水 の 条 件



図一 1.11 ひびわれ密度 (本/m)

3-4 被害状況

1) ひびわれ発生状況

(1) ひびわれ密度

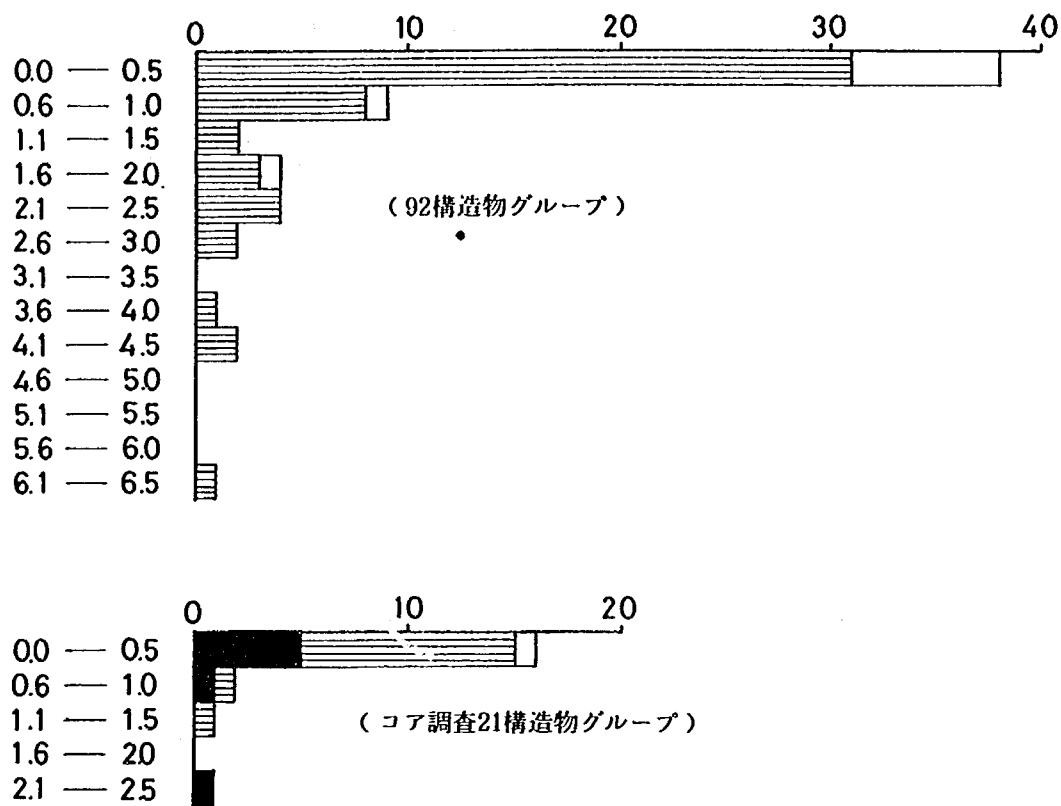
被害部の最も典型的な箇所の測線 2 m について、それを横断するひびわれ数を求め、単位測線長当りのひびわれ数をひびわれ密度として表した (図一 1.11)。ひびわれ密度は 2.1 ~ 6.0 本/m すなわちひびわれ間隔 50 ~ 15 cm のものが多く、92 構造物グループとコア調査 21 構造物グループとは同様な傾向を示す。

(2) ひびわれ幅

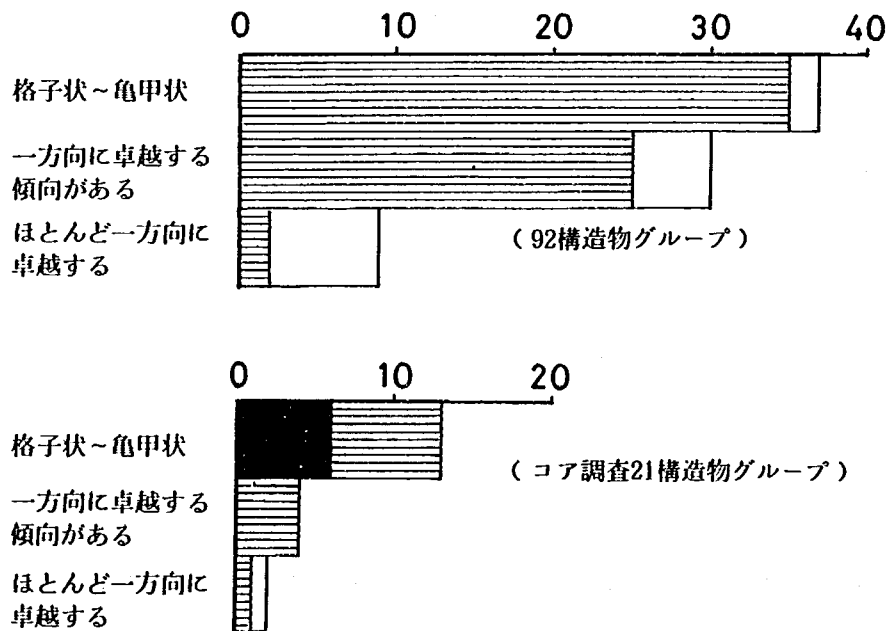
測線を横断するひびわれ幅をクラック計で求め、これを平均ひびわれ幅として表した (図一 1.12)。ひびわれ幅は 0 ~ 1.0 mm のものがほとんどであるが、中には 3.6 ~ 6.5 mm に達するものがある。

(3) ひびわれ方向

ひびわれ方向性については、鉄筋コンクリートの場合、主筋方向にひびわれが卓越する傾向があると言われているが、今回の調査では格子状~亀甲状のことが多い (図一 1.13)。



図ー 1.12 平均ひびわれ幅 (mm)



図ー 1.13 ひびわれの方向性

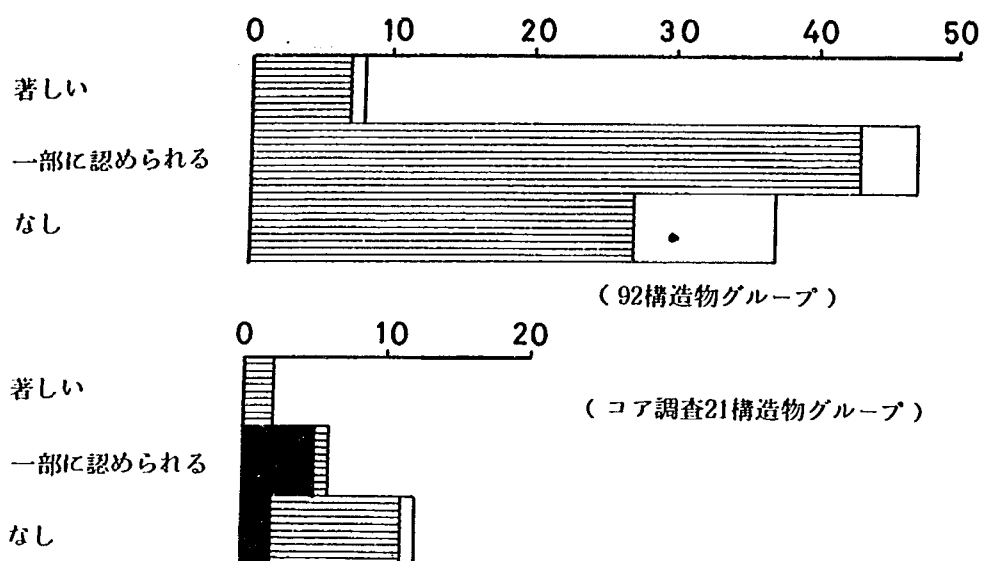


図-1.14 白色浸出物

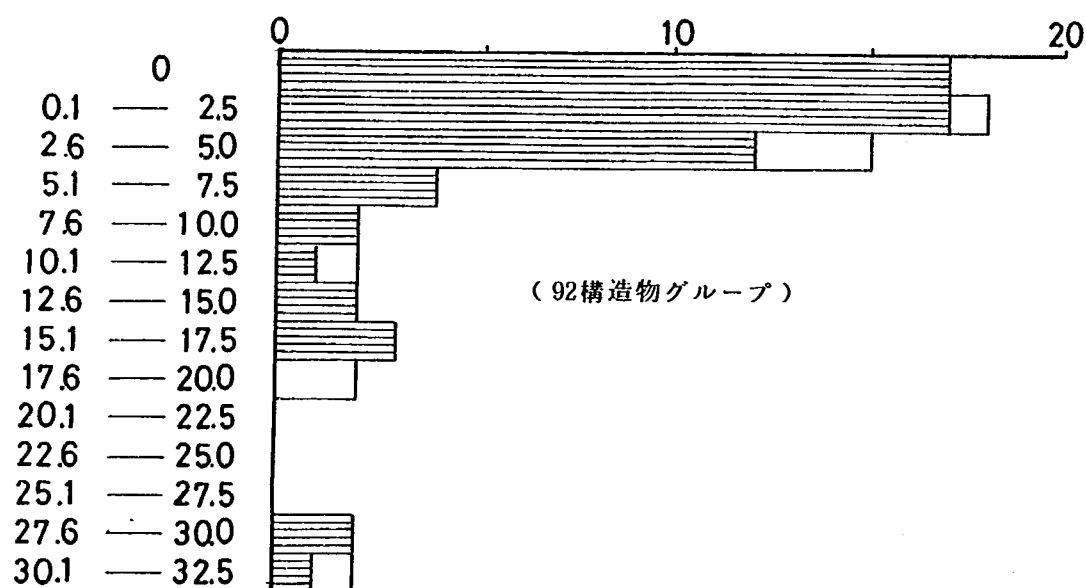


図-1.15 中性化深度 (mm)

(4) 白色浸出物

白色浸出物は炭酸塩またはシリカゲルと考えられるが、ここでは両者を区別せず、単に白色浸出物としている。白色浸出物は図-1.14に示すように、一部に認められるか、またはみられないものが多い。

(5) 中性化深度

中性化深度は92構造物グループのうち、はつり調査を行った68構造物について実施したものである。これらの結果を図-1.15に示す。0～5.0 mmのものがほとんどであるが27～32 mmに達するものもある。

なお、はつり位置は構造物への影響に対する配慮もあって、必ずしも被害部の代表部分とはしていない。

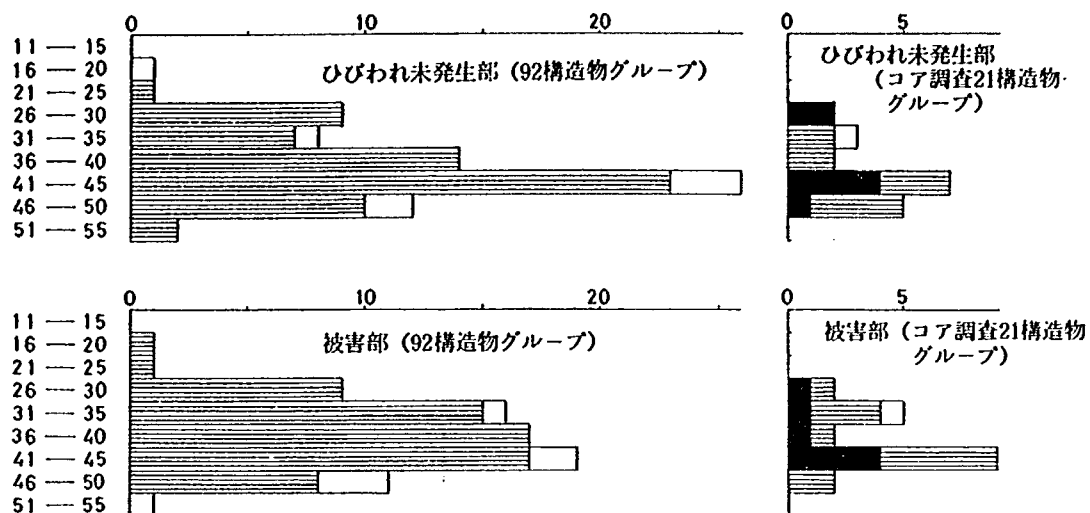


図-1.16 シュミットハンマー反発硬度

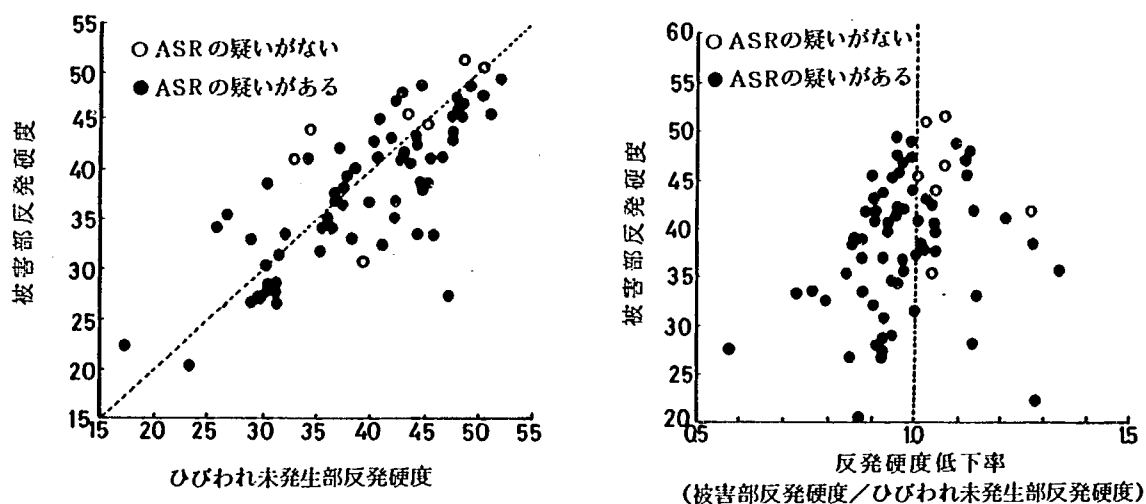


図-1.17 被害部とひびわれ未発生部のシュミットハンマー反発硬度の比較 (92構造物グループ)

(6) シュミットハンマー反発度試験

シュミットハンマー反発度試験は、被害部およびひびわれ未発生部について行った。

打撃はひびわれを避けて行った。その結果を図-1.16に示す。これによると26～50の反発硬度を示すものが多いが、被害部とひびわれ未発生部との比較 (図-1.17) では、被害部が若干反発硬度が小さい傾向を示す。

(7) 弾性波伝播速度

弾性波伝播速度は、被害部についてはひびわれ計測線沿いに、ひびわれ未発生部についてはひびわれ周辺の任意の位置において、測線長2 mを標準として実施した。一部の構造物については透過法も試みた。結果を図-1.18, 19に示す。図-1.19によるとひびわれ未発生部の方がやや大きい値を示す傾向がある。

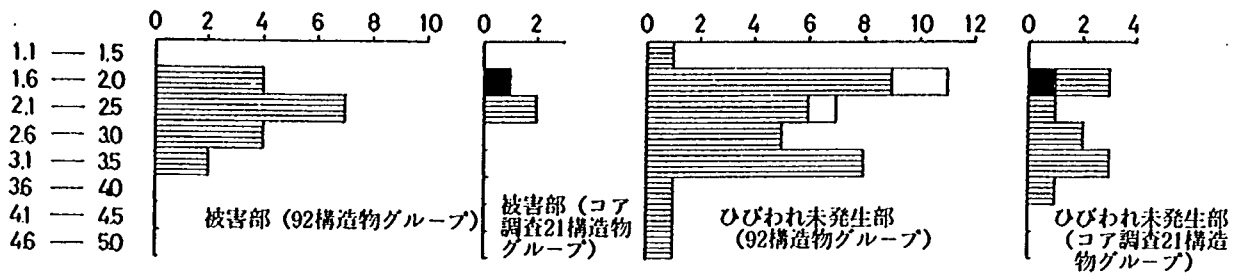


図-1.18 弾性波伝播速度 (km/sec)

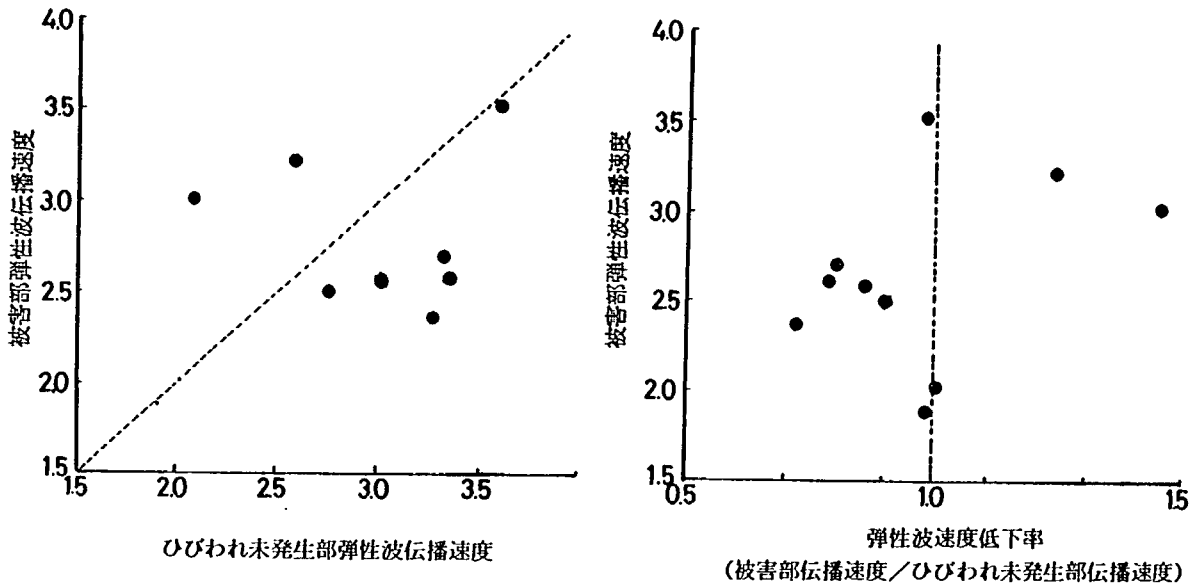


図-1.19 被害部とひびわれ未発生部の弾性波伝播速度 (km/sec) の比較
(92構造物グループでASRの疑いがあるもの)

4. ま と め

92構造物のうち、目視実態調査によるASRの疑いのある構造物は79であった。これらの特徴は次のとおりである。

- (1) 被害構造物は昭和40～50年完成のことが多い。
- (2) 被害構造物は橋台および橋脚が多い。
- (3) 砂利、碎石ともにASRの疑いありと判定されているものがある。
- (4) 粗骨材の岩種はチャート、頁岩、花崗岩類、安山岩、流紋岩、砂岩が多い。
- (5) 環境条件としては、日当たりが良く、降雨にさらされた乾湿の影響を強く受けるものが被害を受けやすい。
- (6) ひびわれの密度は2～6本/m程度で、幅は0～1.0mmのものがほとんどである。
- (7) ひびわれの方向性は格子状～亀甲状のものが多く、また著しい白色浸出物は必ずしもみられない。
- (8) 中性化深度は、0～5.0mmのものがほとんどである。
- (9) シュミットハンマー反発硬度は、被害部ではやや小さい傾向がある。
- (10) 弾性波伝播速度は、被害部ではやや小さい傾向がある。

第 2 部 代表的な構造物のコアによる調査

目 次

1. はじめに	21
2. 調査対象構造物	21
3. コアの調査・試験方法	22
3-1 構造物の完成年, コンクリートの配合	22
3-2 コア・粗骨材の記載	22
3-3 コアの化学・物理・力学試験	24
3-4 粗骨材・細骨材の分析	24
3-5 反応生成物の化学分析	25
3-6 反応促進試験	25
4. コアの調査・試験結果	26
4-1 構造物の完成年	26
4-2 構造物のコンクリートの配合	26
4-3 コアの状況	27
4-4 コアの化学・物理・力学量	28
1) コアの塩分量・アルカリ量	28
2) コアの物理量・力学量	36
4-5 粗骨材・細骨材	37
1) 粗骨材・細骨材の産状	37
2) 粗骨材の岩型	39
3) 粗骨材・細骨材の鉱物組成	40
4) 粗骨材・細骨材のアルカリ反応性	44
5) 粗骨材の全岩化学組成	46
6) 粗骨材の物理量	47
4-6 反応生成物の化学組成	47
4-7 反応促進試験の結果	51
1) ゲルバット法	51
2) コアの膨張量	51

5. アルカリシリカ反応の判定	57
5-1 アルカリシリカ反応の判定	57
5-2 アルカリシリカ反応の判定結果と反応の素因	59
1) 構造物の経過年数	59
2) コンクリートの配合	60
3) アルカリ量	60
4) 反応性骨材の量比	61
5) アルカリシリカ反応の素因	62
5-3 アルカリシリカ反応の判定結果とコンクリートの物理量・力学量	62
1) 物理量	62
2) 力学量	64
3) アルカリシリカ反応と物理量・力学量	64
6. まとめ	64

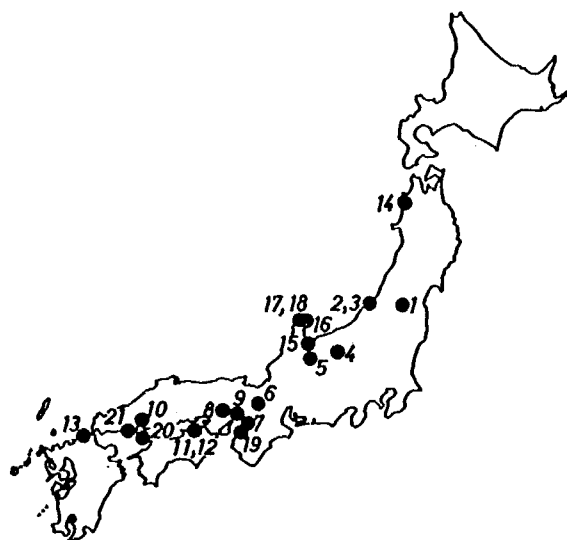
1. はじめに

構造物の劣化が、アルカリシリカ反応によるものであるのか否かを判断するには、現地調査に加えて、採取コアについて各種の試験を実施するのがより確実である。構造物の現地調査の結果については、「第1部 構造物目視実態調査」で述べたので、そちらを参照されたい。

コアの採取は、目視実態調査を行った92構造物の中から21構造物を選んで、それらから行った。ここでは、採取コアについて行った各種試験結果について報告する。

2. 調査対象構造物

目視実態調査を行った構造物から、劣化状況と地理的分布を考慮して、21構造物を調査対象として選定した。これらの構造物の一覧を表－2.1に、分布を図－2.1に示す。対象構造物のほとんどは橋梁関係の構造物である。



図－2.1 コア採取構造物の分布数字は構造物の番号である。

表－2.1 調査構造物一覧

№*	構造物所在地	構造物の種類	№	構造物所在地	構造物の種類
1	山形県	橋梁	12	香川県	橋梁
2	新潟県	堰	13	福岡県	高架橋
3	新潟県	橋梁	14	青森県	橋梁
4	長野県	水門	15	富山県	跨線橋
5	岐阜県	橋梁	16	石川県	橋梁
6	京都府	〃	17	石川県	〃
7	大阪府	高架橋	18	石川県	〃
8	兵庫県	〃	19	大阪府	跨線橋
9	兵庫県	流路工	20	山口県	防波堤
10	広島県	跨線橋	21	山口県	砂防ダム
11	香川県	高架橋	—	—	—

*本文および図表では、個々の構造物をここに示した№で表す。

表-2.2 採取コアの部位

部 位	ひびわれ	大 き さ	本数
劣 化 部	含 む	d 10 × ℓ 60cm	2 本
〃	含まない	〃	〃
非 劣 化 部		〃	〃

これらの構造物の劣化部（ひびわれのある部分）と非劣化部（ひびわれのない健全な部分）から、コアの採取を行った。劣化部のコア採取はひびわれを含むものと、含まないものについて行った（表-2.2）。

3. コアの調査・試験方法

採取コアの調査・試験方法の概略を以下に示す。試験は図-2.2のフローに示すように、コア・粗骨材の記載、コアの化学・物理・力学試験、反応促進試験および粗骨材・細骨材の分析から構成されている。なお、詳細は「アルカリシリカ反応の調査と対応に関する建設省暫定案」（成田ほか，1986）を参照されたい。

3-1 構造物の完成年、コンクリートの配合

これらは設計図書によって調査した。したがって、設計図書に記載がなかった場合は不明である。

3-2 コア・粗骨材の記載

1) スケッチ

コアのクラック、反応生成物の状況、骨材の岩種等を3段階のスケッチにより記載した。スケッチ時の観察により、反応に関与している骨材をおおまかに把握することができる。

(1) 初期スケッチ

各現場から送付されたコアのクラック・分割状況を1/2スケールでスケッチした。

(2) コア詳細スケッチ

長さ約20cmに切断したコアのうち、1構造物当りクラック部2本、健全部1本の計3本の側面・端面を電子複写し、粗骨材・クラック等についてトレースする。トレース図上に反応生成物の分布、粗骨材の岩種等を記載した。

(3) スライス断面詳細肉眼観察

薄片作製、ゲルパット法促進試験用に厚さを約2cmに切断されたコアの断面のスケッチを(2)と同様な方法で行った。

2) 写真撮影

上記各スケッチ時にそれぞれに対応した写真を撮影した。ただし、20cmコアの撮影はスケッチ

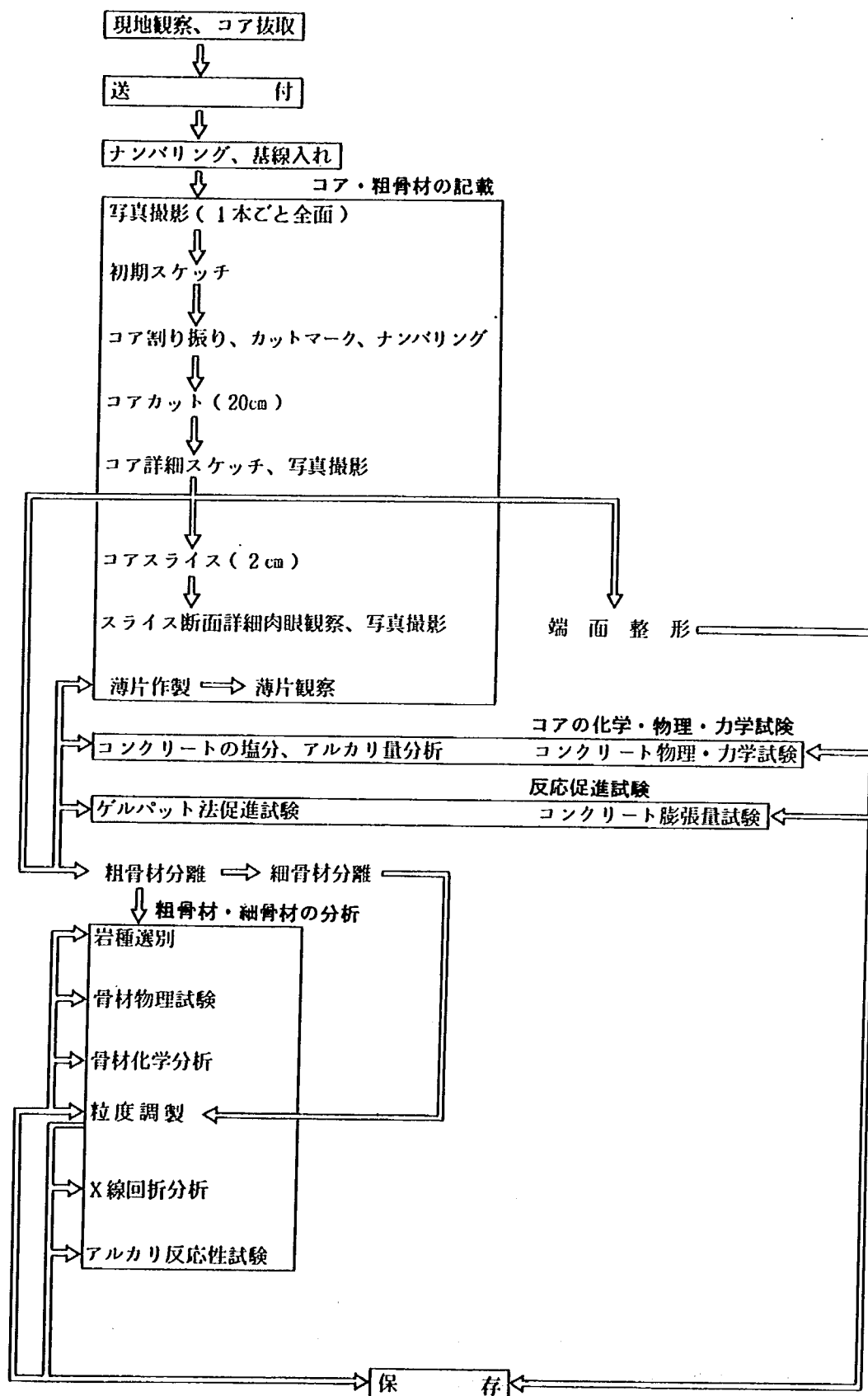


図-2.2 採取コアの試験のフロー

を実施した供試体だけでなく全数について行った。

3) 薄片観察

スライス片で反応に関与している骨材を選び、主にその骨材周辺の薄片を作製した。薄片を偏光顕微鏡で観察し、骨材の岩種・構成鉱物・組織および反応生成物等を記載する。

3-3 コアの化学・物理・力学試験

1) 塩分量の測定

コンクリートを 0.3 mm 以下に粉砕し、2 N-HNO₃ で塩分を抽出し、塩素イオン選択性電極を用いて AgNO₃ で自動測定を行い、コンクリート中に含まれている全塩分量を求める。

2) アルカリ量の測定

コンクリート中の水に可溶なアルカリ量を知るため、コンクリートを 0.3 mm 以下に粉砕し、60℃ 温水でコンクリート中の Na, K, 量を原子吸光、炎光法で測る。

3) ゲル分析

析出したゲルを塩酸に溶かし、原子吸光法で Na, K, Ca, Si 量を測る。

4) 吸水率、密度試験

110℃ で 48 hr 乾燥させたコア供試体 (φ10×20cm) を 24 hr 水中につけ、前後の重量差より吸水率を算出する。また水中重量を測定することにより、乾燥密度、湿潤密度を求める。

5) 強度試験

4) で用いた供試体の両端面をイオウキャッピングし、圧縮強度試験を行う。

3-4 粗骨材・細骨材の分析

1) 粗骨材・細骨材の分離と岩種選別

1 構造物当り約 60～100 cm 分のコアをハンマーにて粉砕し、粗骨材とモルタル部分とを分離する。その後それぞれを 6 N 塩酸に 1 時間浸し、水洗する。この操作によりセメントペーストと粗骨材・細骨材は完全に分離できる。

分離された粗骨材の岩種を肉眼観察により選別する。

2) 粗骨材の物理試験

1 構造物当り反応に関与している骨材を含めおよそ 5 岩種について、比重・吸水率の測定を行う。

3) 粒度調製

物理試験を行った粗骨材と細骨材について X 線分析、化学反応性試験に供する粉末試料を作製する。化学反応性試験用試料は骨材を鉄乳鉢にて粉砕後、297～149 μm の粒度に調製し、X 線分析用試料は 149 μm 以下のものをメノウ乳鉢ですりつぶして作製する。また、全岩化学分析用試料は、ステンレス乳鉢で粉砕後、メノウ乳鉢ですりつぶす。

4) X線分析

粗骨材・細骨材の構成鉱物を同定するためにX線分析を行う。顕微鏡下では粒度が小さく同定不可能であった鉱物もある程度含まれていれば同定ができる。

5) 全岩化学分析

$\text{SiO}_2 \cdot \text{TiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{FeO} \cdot \text{MnO} \cdot \text{MgO} \cdot \text{CaO} \cdot \text{Na}_2\text{O} \cdot \text{K}_2\text{O} \cdot \text{P}_2\text{O}_5 \cdot \text{H}_2\text{O}^{(1)} \cdot \text{H}_2\text{O}^{(2)} \cdot \text{CO}_2$ の分析を行った。

6) アルカリ反応性試験（化学法）

粒度調整した骨材25 g に1N- NaOH を25ml加え、80℃で24時間反応させ、ろ過後、アルカリ濃度減少量（Rc）と溶解シリカ量（Sc）を測る、判定図より有害、無害を判定する。

なお、2)、4)、6) はできるだけ同一骨材について実施した。

3-5 反応生成物の化学分析

コアから反応生成物を採取し、 $\text{SiO}_2 \cdot \text{Na}_2\text{O} \cdot \text{K}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ の各成分の分析を行った。

3-6 反応促進試験

1) ゲルパット法

厚さ2 cmのスライス片を $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 飽和溶液中に0.5 N- NaOH, KOH を加えた混液中に浸漬し、ゲルの発生状況を10日ごとに観察する。

2) 膨張量試験

φ10×20cmの供試体に図-2.3のようなステンレス製膨張量測定リングを固定する。これを20℃で24hr 水中に浸け、直後のリング間距離を基長として測定する。このコアを38℃、湿潤状態で養生し、2週、4週、2カ月、3カ月、6カ月の材令で長さ変化を測定する。

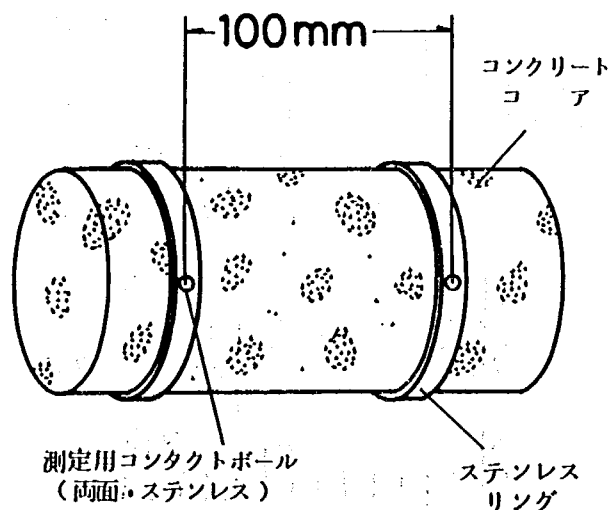


図-2.3 膨張量測定方法

4. コアの調査・試験結果

構造物ごとのコアの試験結果は付表に示した。

4-1 構造物の完成年

構造物の完成年は表-2.3に示すように20構造物について記載があった。この完成年からコア採取時までの経過年数を示したものが図-2.4である。最も短いもので6年、長いもので22年が経過しているが、ほとんどのものは10~20年の間にある。

4-2 構造物のコンクリートの配合

水セメント比は8構造物、セメント量は9構造物について記載があった(表-2.3)。水セメント比は50~60%のものが多く、セメント量は300kg/m³前後のものが多い(図-2.5)。

表-2.3 構造物の完成年とコンクリートの配合(設計図書による)

No	完成年月	セメント量 (kg/m ³)	水セメント比 (%)	No	完成年月	セメント量 (kg/m ³)	水セメント比 (%)
1	S 40. 7	—	—	12	S 48. 7	—	—
2	S 45. 12	242	52	13	S 44. 2	—	—
3	S 49. 12	284	51	14	S 37. 12	—	—
4	S 48. 3	330	43.3	15	S 41	—	—
5	S 44. 12	365	51	16	S 45	—	—
6	S 46. 12	312	—	17	S 48	—	—
7	S 49. 7	304	55	18	S 45	—	—
8	S 49. 11	305	56	19	—	—	—
9	S 54. 3	—	—	20	S 53	269	67
10	S 47.	—	—	21	S 53	—	—
11	S 50. 2	297	58				

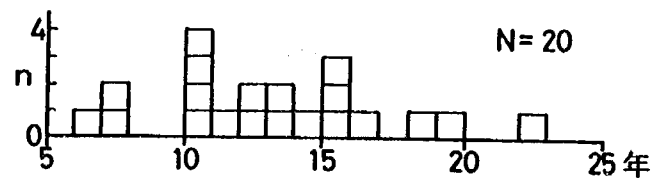


図-2.4 完成からコア採取までの経過年数

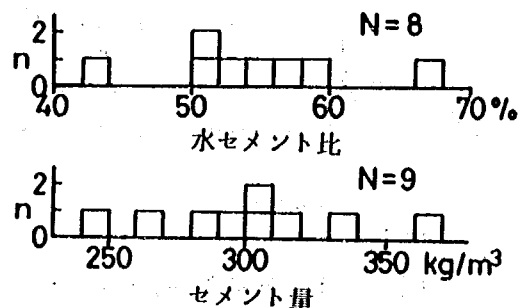


図-2.5 構造物のコンクリートの配合

4-3 コアの状況

搬入されたコアのほとんどのものに、表面にゾル状物質やゲル状物質などが付着しているのが認められた。ゾル状物質は一見コア表面が濡れたように見えるもので、無色透明の粘性の高い液体状物質である。これはかなり時間が経過をしても乾燥をしないことが特徴であるが、相当時間を経ると白色のゲル状物質に変化するものもある。コア表面上では粗骨材そのもの（主に粗骨材のひびわれ部）やその周辺、およびモルタル部などに不規則な形をして分布している。

ゲル状物質は、白色の固体状物質で前述のゾル状物質と同様な分布をしている。一部のものは、モルタル部にある空隙を充填して存在している。

これらのゾル・ゲル状物質のほとんどは、アルカリシリカ反応によって生成されたものと考えられる。ゲル状物質は遊離石灰と誤認しやすいが、遊離石灰は塩酸に可溶であるのに対し、ゲル状物質は不溶であることから区別ができる。その結果、ほとんどのものは遊離石灰ではないことがわかった。4 構造物のコアからは、化学分析が可能な量のゲル状物質が採取できたので、化学分析を実施した。結果は次節で述べる。

また、ゾル状物質は特定の骨材から浸出していることが多く、発生源となっている骨材の岩型を特定できることがある。これは特に搬入後のコアを電動カッターにより切断した切断面でよく観察できる。表-2.4 は、ゾル状物質の生成率を岩型別にみたものである。表では生成率をさらに後述するアルカリ反応性試験の結果別に示した。

表-2.4 コアスライス後に反応生成物が認められた割合

岩 石		ゾル状物質生成率(%)		
		有 害	潜在的有害	無 害
深半 成深 成岩 岩類	花 崗 岩 類	—	—	0
	輝 緑 岩 類	—	—	0
	ひ ん 岩 類	—	—	0
	花 崗 斑 岩 類	—	—	0
火 山 岩 類	安 山 岩 類	50	28	0
	サヌカイト質安山岩類	100	100	—
	石英安山岩類	0	—	—
	流 紋 岩 類	67	100	0
	凝 灰 岩 類	0	—	0
堆 積 岩 類	砂 岩 類	0	—	0
	頁 岩 類	14	—	0
	珪質頁岩類	0	—	—
	チャート類	0	—	—
そ の 他		—	—	0

—はその区分に属する骨材がなかったことを示す。

表のように反応性が無害のものからの発生は全く認められない。言い換えればゾル状物質の発生が認められた骨材の反応性は有害または潜在的有害であるといえる。また、ゾル状物質の発生率は、安山岩類・サヌカイト質安山岩類・流紋岩類などの火山岩類で高く、他の堆積岩類では低い（花崗岩類などの深成岩類については、反応性が有害のものがないので何ともいえない）。このように、構造物から採取をしたコアの表面（切断面）に、ゾル状物質が認められるか否かは、構造物がアルカリシリカ反応を起しているかどうかを知る一つの指標となりうる。

次にコアのひびわれの状況を表-2.5に示す。表に示したのは、コアの伸長方向（構造物の表面とほぼ直交する方向）に伸びたひびわれの最高深度である。表面から連続したひびわれは、おおよそ30cm以内の深さにあることがわかる。

4-4 コアの化学・物理・力学量

1) コアの塩分量・アルカリ量

図-2.6にコアのNaCl量、 Na^+ 量、 K^+ 量を示す。各量ともコンクリートに対する値である。

NaCl量は大半のものは0.12%以下であり、0.02%以下に集中している。塩害を起したコンクリート中のNaCl量と比較すると、0.07%以上のものには塩害による劣化の可能性も考えられる。

Na^+ 量は0.05%を中心に分布している。他方、 K^+ 量は0.03%付近に集中している。

表-2.5 ひびわれの最高深度

№	ひびわれ深度	№	ひびわれ深度
1	> 32 cm	12	4 cm
2	24 (>56)	13	なし
3	4	14	不明
4	12	15	なし
5	8	16	60
6	なし	17	60
7	8	18	不明
8	10	19	80
9	4	20	不明
10	24	21	不明
11	6 (40)	—	—

表面から連続しているひびわれの最高深度を示した。()内の値は、表面からは連続していないひびわれの深度を示す。不明とあるのは、コア採取時にコアが小分割しており、いずれが当初のひびわれであるのか推定できなかったものである。

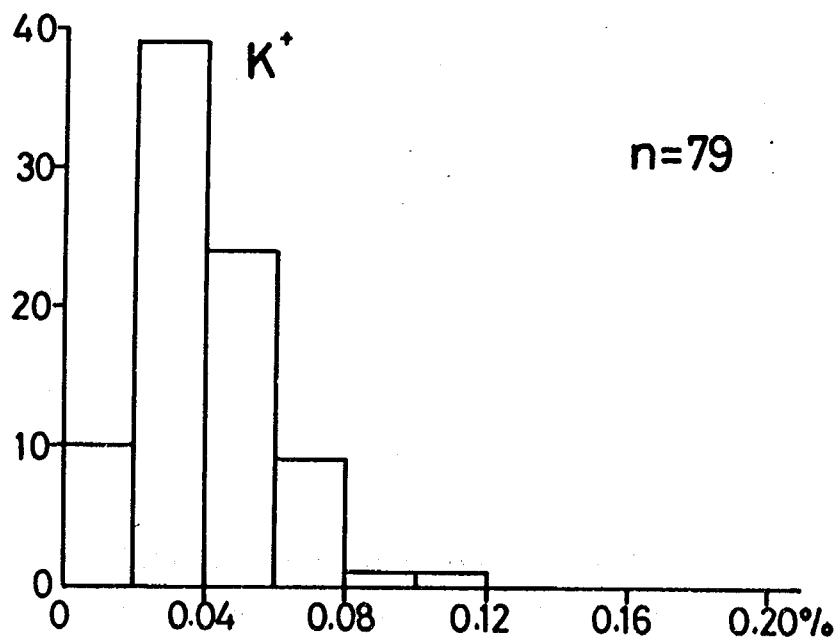
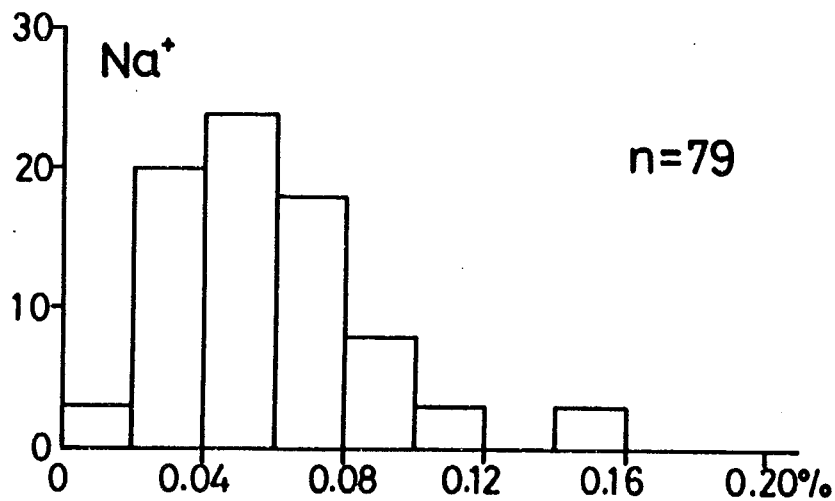
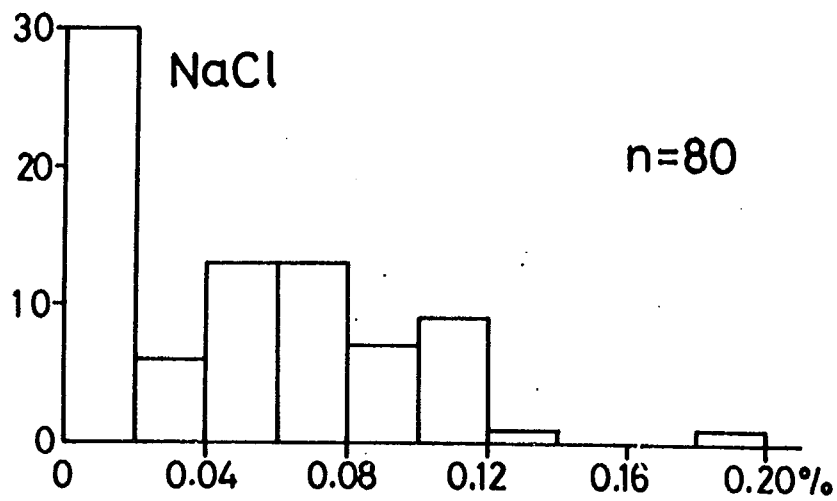


図-2.6 コアの塩分・アルカリ量 (コンクリート全体に対する値)

表-2.6 各構造物の海岸線からの距離

№	距 離	№	距 離	№	距 離
1	60 km	8	3.3 km	15	6.9 km
2	10 km	9	2.8 km	16	5.8 km
3	3.5 km	10	300 m	17	50 m
4	57 km	11	2.9 km	18	9 km
5	33.5 km	12	5.5 km	19	2 km
6	41 km	13	8 km	20	0 m
7	1.5 km	14	180 m	21	7 km

表-2.7 NaCl量の部位による比較

比較 部位	劣化部	非劣化部	比較 部位	浅 部	深 部
浅部>深部	16	8	劣化>非劣	7	7
浅部=深部	0	4	劣化=非劣	3	8
浅部<深部	2	4	劣化<非劣	6	4

数字は各カテゴリーに含まれる構造物数を示す。

次に各量を構造物別にみている。図-2.7はNaCl量を示したものである。構造物によってかなり差があることがわかる。海砂が使われたことが設計図書より明らかな構造構造物や、海岸線からの距離（表-2.6）が300m以内の構造物のNaCl量は全般的に高い。

NaCl量の部位による違いをまとめたものが表-2.7である。劣化部では深部（表面から14～68cm，多くは50～60cm）よりも浅部（表面から1～2cm）のNaCl量の方が多い構造物が圧倒的に多い。一方、非劣化部でもこのような傾向は認められるものの、それ程傾向は強くない。また、劣化部と非劣化部で浅部のNaCl量を比較すると、両者のどちらか一方に多いものはほぼ同数ずつあり、両者が等しいものも多少みられる。深部では、劣化部と非劣化部の値が等しいものが増えてくる。以上のことから、NaClは構造物の深部ではあまり移動をしておらず、劣化部の浅部に集中しているということがいえる。構造物№17、20の非劣化部浅部のNaClは飛来塩分によりもたらされたものと考えられる。

図-2.8はNa⁺量を構造物別にみたものである。NaCl量よりも構造物や分析部位による差が大きい。部位による違いを表-2.8にまとめて示した。劣化部では浅部のNa⁺量が深部よりも低い構造物が圧倒的に多い、非劣化部では浅部の値が深部よりも低い構造物と、その逆の構造物の数はほぼ同じである。これは、アルカリシリカ反応による劣化を生じていると思われる劣化部では、反応によって生じたアルカリシリカゲルが外部へ流出することにより浅部のNa⁺量が深部より減少したことを表していると考えられる。このことは、浅部の値を劣化部と非劣化部で比べ

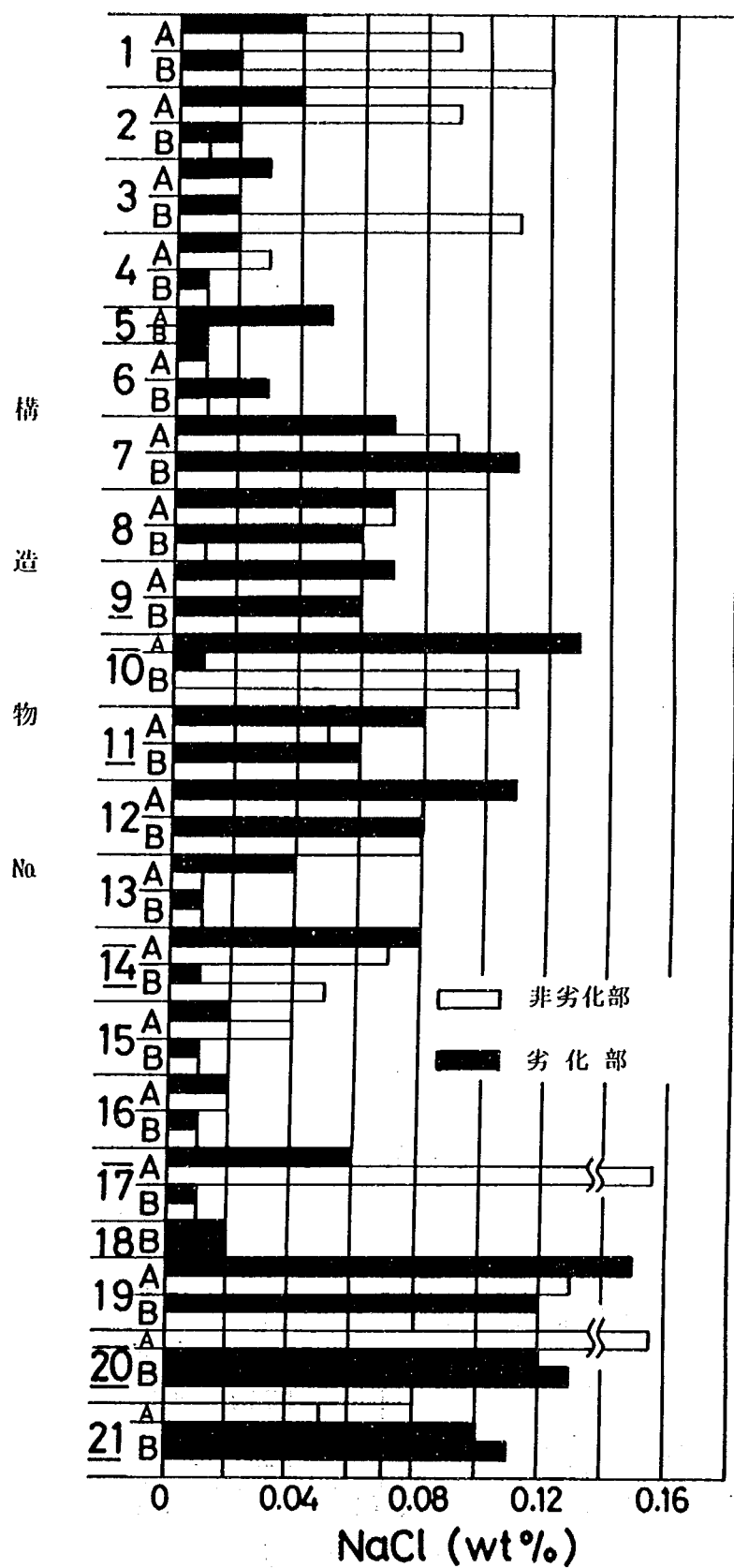


図-2.7 構造物別にみたNaCl量

Aは浅部（表面から1～2cm），Bは深部（14～68cm）を表す。
 構造物Naに下線がついているものは，設計図書により海砂を使用したことが明らかな構造物，上線がついているものは海岸線からの距離が300m以内の構造物を示す。

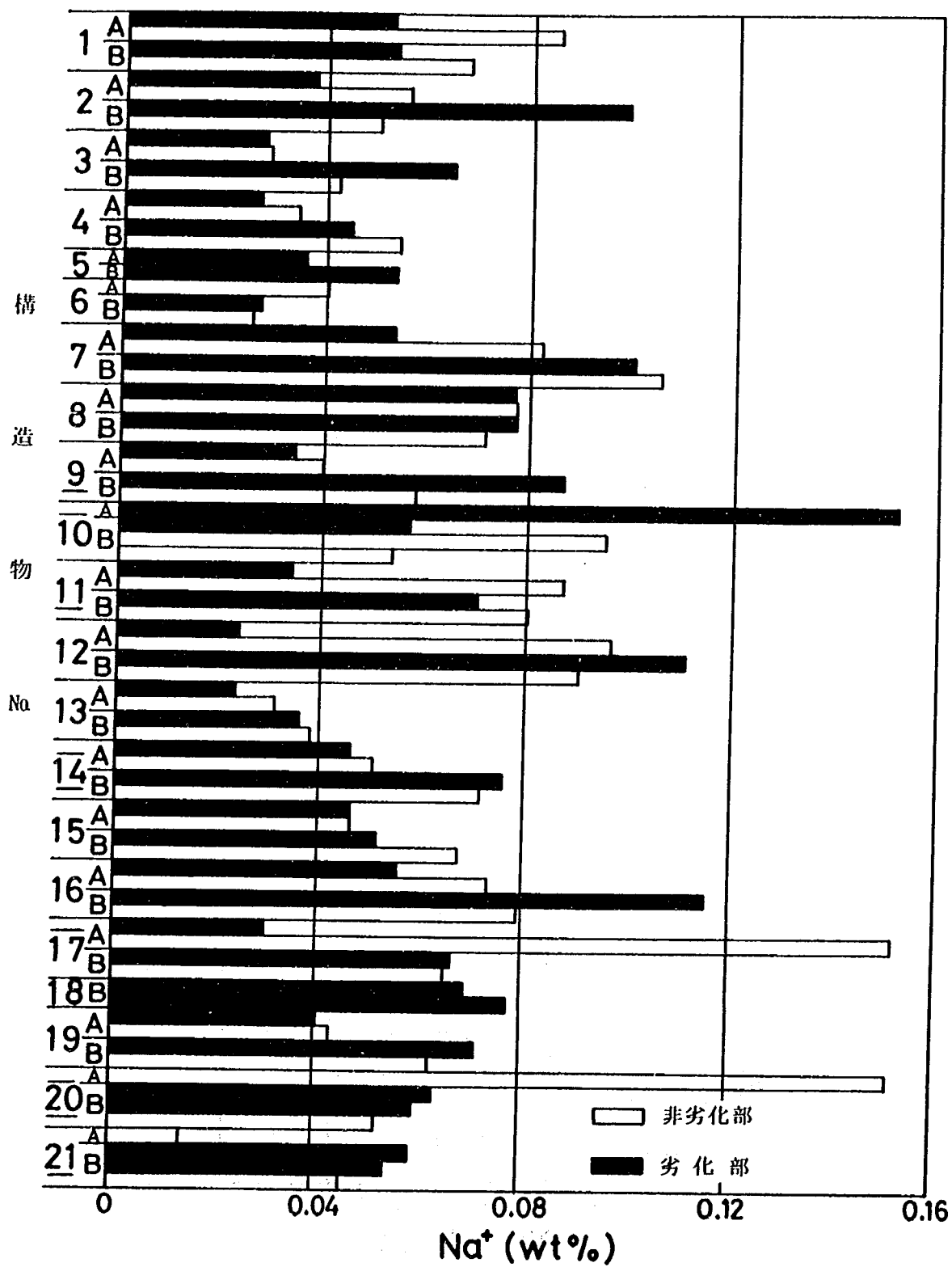


図-2.8 構造物別にみた Na⁺ 量

A, Bおよび構造物Noにつけた線の表示は図-2.7と同じである。

表一 28 Na^+ 量の部位による比較

比較 \ 部位	劣化部	非劣化部	比較 \ 部位	浅部	深部
浅部 > 深部	1	8	劣化 > 非劣	0	10
浅部 = 深部	2	0	劣化 = 非劣	3	3
浅部 < 深部	14	10	劣化 < 非劣	12	6

てもわかる。すなわち、浅部では劣化部の値が非劣化部よりも高い構造物はなく、ほとんどの構造物で劣化部の値は非劣化部よりも低い。深部での値は逆に劣化部の方が非劣化部よりも高い構造物が多い。深部では Na^+ の移動はなかったと仮定すると、劣化部の Na^+ 量は非劣化部よりも最初から多かったといえる。

K^+ 量の構造物や分析部位による差は、 NaCl や Na^+ に比べると小さい (図-2.9)。部位による違いをみると、表-2.9のように、劣化部と非劣化部であまり差はなく、どちらも浅部の値が深部よりも低い構造物が非常に多い。これは、浅部の K^+ が外部に流出したことを示しているものと考えられる。しかし、流出の原因は劣化部と非劣化部で同様な傾向を示していることから、アルカリシリカ反応によるものとは考えにくい。

以上のように、全般的に NaCl は劣化部の浅部に集中し、 Na^+ は劣化部の浅部で減少し、 K^+ は劣化部と非劣化部の浅部で減少している。このように各化学種の構造物内での挙動はそれぞれ異なっているものと考えられる。

各々のコアについて得られた Na^+ 、 K^+ 量から、コンクリート中のアルカリ総量およびセメント中の Na_2O 等価率を推定した (表-2.10)。方法は次の通りである。まず、各構造物の Na^+ 、 K^+ 量の最高ものの値を酸化物の値に換算し、それから、コンクリート中の Na_2O 等価率 (Na_2Oeq) を算出する。コンクリート中のアルカリ総量は、コンクリートの 1 m^3 の重量を $2,300\text{ kg}$ と仮定して下式より求めた。

$$\text{アルカリ総量 (kg/m}^3\text{)} = \text{Na}_2\text{Oeq (\%)} \times 2,300 \text{ (kg/m}^3\text{)} \times 1/100$$

また、セメント中の Na_2O 等価率 (Na_2Oeq^*) は次式により求めた。

$$\text{Na}_2\text{Oeq}^* (\%) = \text{アルカリ総量 (kg/m}^3\text{)} / \text{コンクリート中のセメント量 (kg/m}^3\text{)}$$

コンクリート中のセメント量は、設計図書に記載があったものはそれを用い、記載のないものについては、 $240 \sim 370\text{ kg/m}^3$ の範囲の値を用いた。このようにして求めた各値は、それぞれの構

表一 2.9 K^+ 量の部位による比較

比較 \ 部位	劣化部	非劣化部	比較 \ 部位	浅部	深部
浅部 > 深部	2	2	劣化 > 非劣	4	6
浅部 = 深部	1	2	劣化 = 非劣	7	7
浅部 < 深部	14	14	劣化 < 非劣	4	6

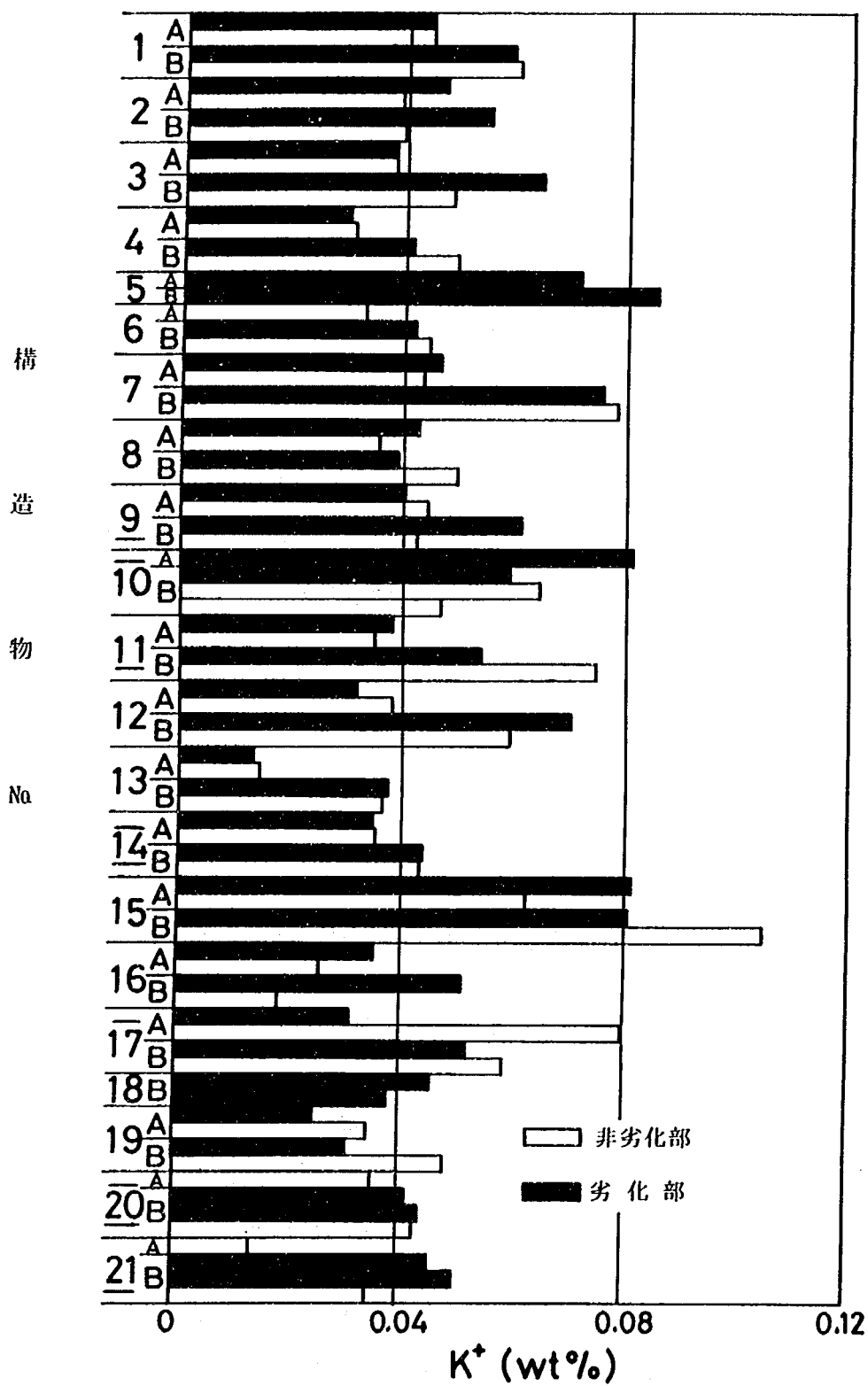


図- 2.9 構造物別にみた K^+ 量

A, B および構造物Noにつけた線の表示は図- 2.7 と同じである。

表 2.10 コンクリート中のアルカリ総量とセメント中の Na_2O 等価率

№	Max. Na^+ (%)	Max. K^+ (%)	$\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$ (%)	アルカリ総量 (kg/m^3)	セメント量 (kg/m^3)	$\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}^*$ (%)
1	0.0852	0.0600	0.1625	3.738	240 ~ 370	1.56 ~ 1.01
2	0.0990	0.0551	0.1773	4.078	242	1.69
3	0.0648	0.0647	0.1387	3.190	284	1.12
4	0.0540	0.0496	0.1122	2.581	330	0.78
5	0.0537	0.0855	0.1402	3.225	365	0.88
6	0.0401	0.0447	0.0895	2.059	312	0.66
7	0.1057	0.0754	0.2024	4.655	304	1.53
8	0.0776	0.0597	0.1521	3.498	305	1.15
9	0.0870	0.0612	0.1659	3.816	240 ~ 370	1.59 ~ 1.03
10	0.1526	0.0812	0.2703	6.217	240 ~ 370	2.59 ~ 1.68
11	0.0878	0.0746	0.1776	4.085	297	1.38
12	0.1117	0.0704	0.2066	4.752	240 ~ 370	1.98 ~ 1.28
13	0.0383	0.0374	0.0813	1.870	240 ~ 370	0.78 ~ 0.51
14	0.0762	0.0438	0.1376	3.165	240 ~ 370	1.32 ~ 0.86
15	0.0673	0.1050	0.1741	4.004	240 ~ 370	1.67 ~ 1.08
16	0.1159	0.0510	0.1969	4.529	240 ~ 370	1.89 ~ 1.22
17	0.1520	0.0798	0.2684	6.173	240 ~ 370	2.57 ~ 1.67
18	0.0777	0.0459	0.1413	3.250	240 ~ 370	1.35 ~ 0.88
19	0.0713	0.0482	0.1344	3.091	240 ~ 370	1.29 ~ 0.84
20	0.1516	0.0437	0.2393	5.504	269	2.05
21	0.0589	0.0500	0.1191	2.739	240 ~ 370	1.14 ~ 0.74

$\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}^*$ はセメント中の Na_2O 等価率を表す。その他の値はすべてコンクリート中の値である。

造物での Na^+ 量と K^+ 量の最高値の組合わせから求めたため、ほぼ上限を表しているものと考えられる*。

図 2.10 にコンクリート中のアルカリ総量とセメント中の Na_2O 等価率のヒストグラムを示す。アルカリ総量は 3 ~ 4 kg/m^3 前後のものが多く、 Na_2O 等価率は 1 % 以上のものが多い。

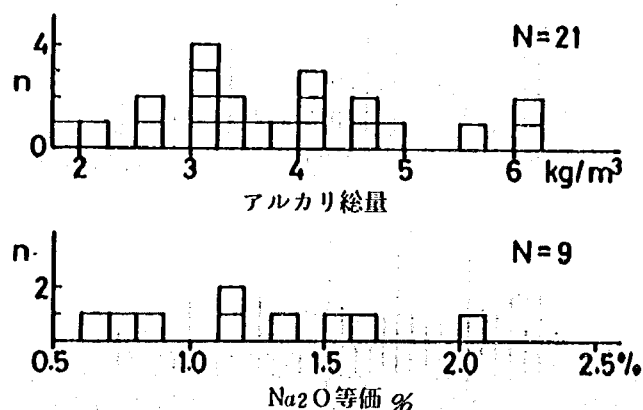


図 2.10 コンクリート中のアルカリ総量とセメント中の Na_2O 等価率

* Na^+ と K^+ の分析値から精度よくアルカリ総量を求めることには次のような理由から限界がある。(1)コンクリートからのアルカリの抽出法が完全なものではない。(2)コンクリート中には骨材が含まれており、分析に供したコンクリート片にどの程度の骨材が含まれていたかにより、分析値にはバラツキがある。

2) コアの物理量・力学量

図-2.11にコアの物理量・力学量のヒストグラムを示す。

表乾比重は2.45以下のものがほとんどで、2.35付近に集中している。吸水率はすべて8%以下にあり、3～4%に集中している。圧縮強度は400kgf/cm²以下で、250～350kgf/cm²付近に集中している。動弾性係数は25×10³kgf/cm²以下の値を示しているが、ある値での集中はみられない。これらの値を劣化部と非劣化部で比較しても、全体としては明瞭な差は認められない。

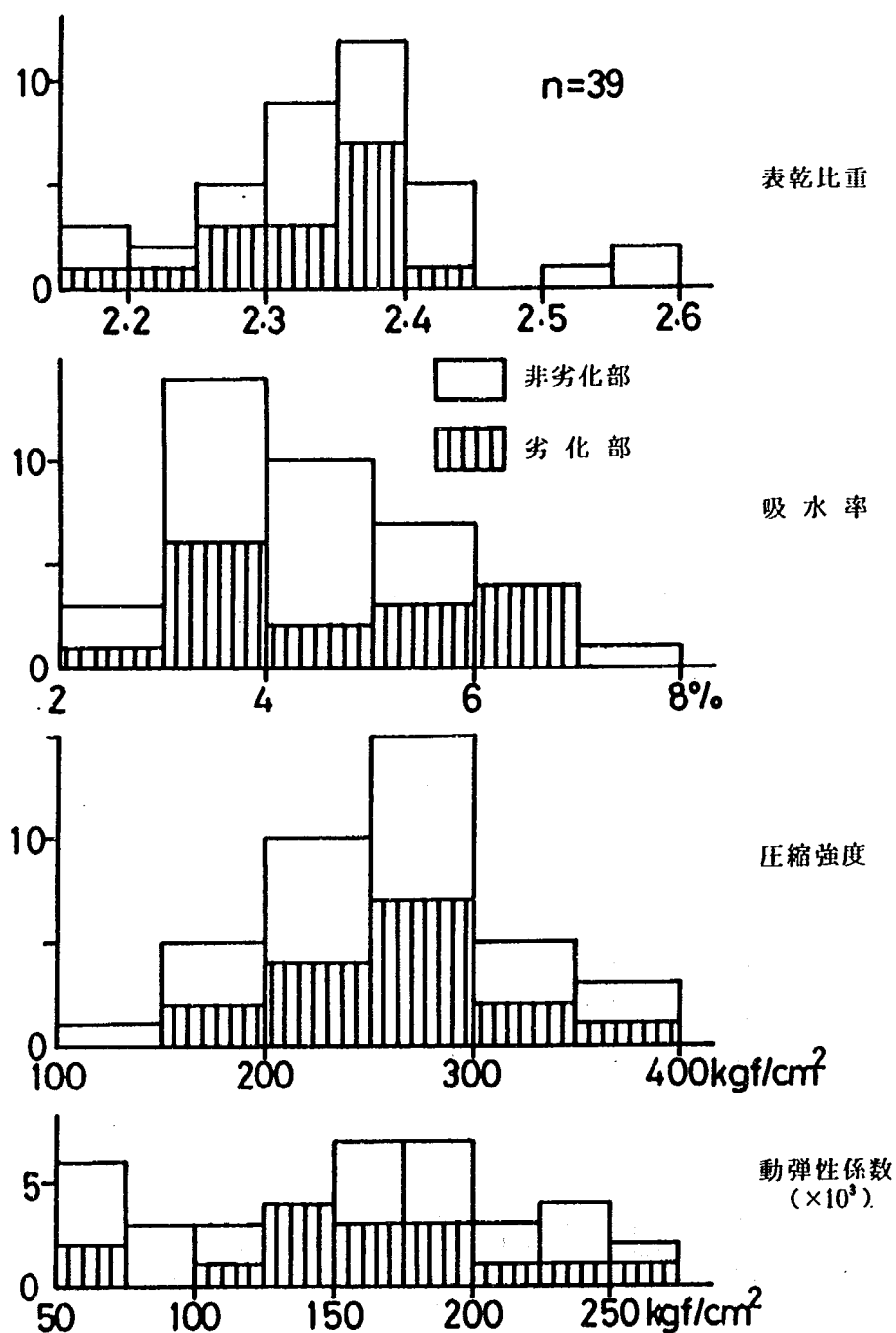


図- 2.11 コアの物理・力学量

表 2.11 物理量・力学量の部位による比較

比較 \ 項目	表 乾 比 重	吸 水 率	圧 縮 強 度	動 弾 性 係 数
劣化部*1 > 非劣化部	5 *2	5	5	4
劣化部 = 非劣化部	7	1	3	5
劣化部 < 非劣化部	2	8	6	5

* 1 劣化部の値が2つある場合はそれらの平均値をとった。

* 2 数字は各カテゴリーに含まれる構造物数を示す。

各物理量・力学量を構造物別に示したものが図 2.12～2.15である。表乾比重には構造物による差はあまりみられない。これに比べ吸水率は、構造物ごとにかなり異っている。同様に圧縮強度も構造物による差が大きい。動弾性係数は構造物No12の劣化部の値を除くと、圧縮強度ほど差は大きくない。

各量の劣化部と非劣化部との比較をまとめると表 2.11のようになる。表のように各量とも劣化部の値が非劣化部の値よりも高い構造物数と、その逆のもの数とは、ほぼ同数ずつある。このように、これらの各量には劣化部と非劣化部とで系統的な差はないようである。このように差が認められないことは、コアに鉄筋が含まれていたり、ひびわれが存在したりするために、これらの各量にバラツキが大きいことに帰因しているとも考えられる。

4-5 粗骨材・細骨材

1) 粗骨材・細骨材の産状

粗骨材・細骨材の産状を図 2.16に示す。

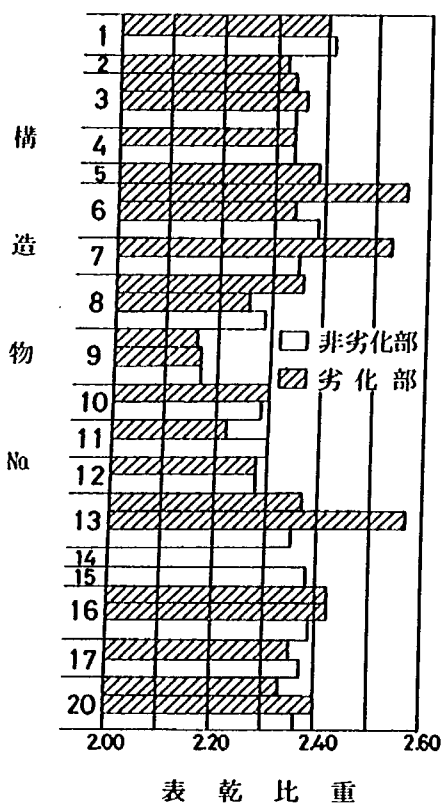
粗骨材は碎石と砂利が使用されているものが8構造物ずつある。両者が混合して用いられているものも5構造物ある。このように砂利は混合されているものも含めると、過半数の構造物で使われている。

細骨材の産状は設計図書の記載をもとに区分したので、不明なものがある。判明したものの中では、川砂と海砂がほぼ同数ずつある。

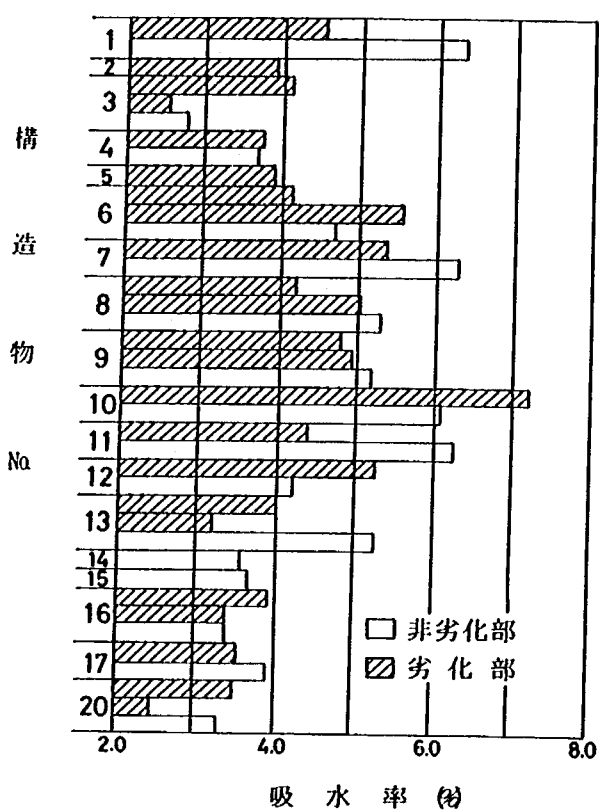
		n = 21		
粗骨材	砕 石 (8)	混 合 (5)	川 砂 利 (8)	
		川砂・山砂混合 n = 21		
細骨材	川 砂 (6)	海 砂 (5)	(1)	不 明 (9)

図 2.16 粗骨材・細骨材の産状

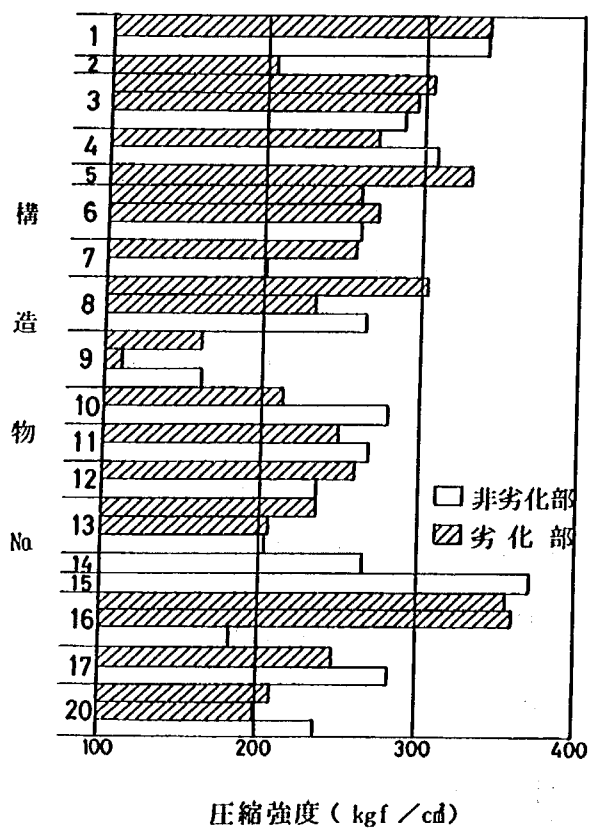
粗骨材の産状は肉眼観察により区分し、
細骨材は設計図書の記載により区分した。
数字は構造物数を示す。



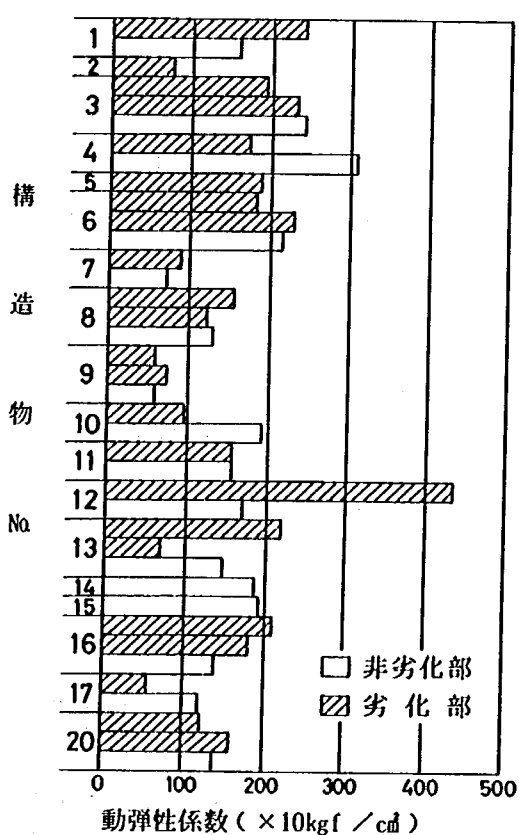
図一 2.12 構造物別にみた表乾比重



図一 2.13 構造物別にみた吸水率



図一 2.14 構造物別にみた圧縮強度



図一 2.15 構造物別にみた動弾性係数

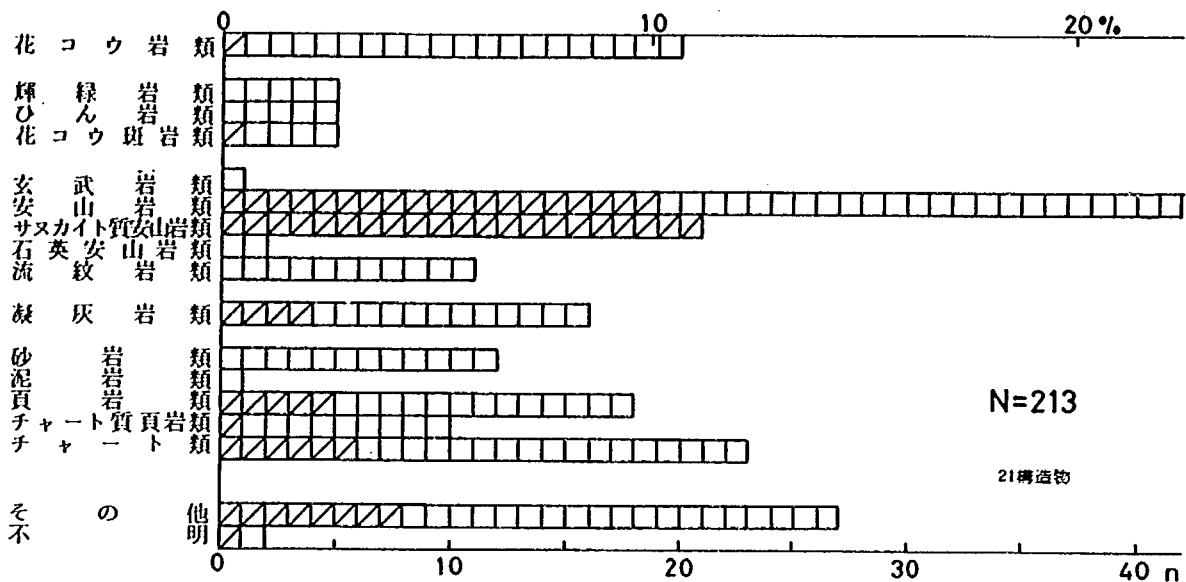


図-2.17 粗骨材の岩型

斜線は碎石，その他は砂利である。

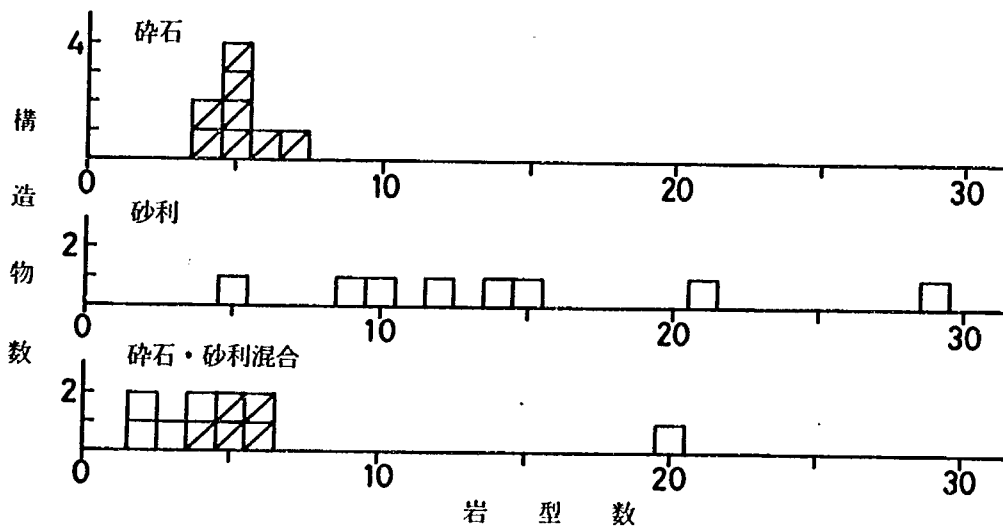


図- 2.18 産状別にみた粗骨材の構成岩型数

2) 粗骨材の岩型

コアから分離された粗骨材の岩型区分を肉眼観察および後述のX線回折分析により行った。結果を図- 2.17に示す。21構造物全体で区分された岩型数はのべ213である。図のように最も多いのは、安山岩類で、次いでチャート類、サヌカイト質安山岩類^{*}、花崗岩類、凝灰岩類、頁岩類などが多い。碎石、砂利に分けてみると、サヌカイト質安山岩類がすべて碎石であることを除くと、各岩型を占める碎石の割合は半分以下である。特に輝緑岩類、ひん岩類、玄武岩類、石英安山岩類、流紋岩類、砂岩類、泥岩類はすべて砂利である。

各構造物の粗骨材は何種類の岩型から構成されているかを、産状別に示したものが図- 2.18で

* サヌカイト質安山岩類は本来、安山岩類に属するものであるが、アルカリ反応性がすべて有害または潜在的有害となり特異的であるために、他の安山岩類と区別した。

ある。砕石のみでは5種類前後の構造物が多く、砂利は10種類以上含まれているものが多い。混合されている場合は、砕石はやはり5種類前後、砂利は数種類～20種類含まれている。

3) 粗骨材・細骨材の鉱物組成

粗骨材のうち各構造物中で比較的量比の多いものについて、主に粉末X線回折分析により鉱物組成を求めた。これらのうち、主要岩型の鉱物組成を表-2.12に示す。表には後述するアルカリ反応性試験の結果も便宜のため示した。また、表に示した鉱物のうち、クリストバライト、ガラスは従来よりアルカリシリカ反応を起こすといわれている鉱物^{*}である。

安山岩類は高温型斜長石または低温型斜長石、輝石、石英や粘土鉱物からなっている。また、一部のものにはクリストバライトまたはガラスが含まれている。

花崗岩類は石英、低温型斜長石、正長石または微斜長石、緑泥石、角閃石、イライトなどから構成されている。さらに薄片試料の顕微鏡観察ではほとんどのものに、黒雲母が認められた。

表-2.12 (1) 粗骨材の主要岩型の鉱物組成

安山岩類

No	石英	斜長石(高)	斜長石(低)	正長石	微斜長石	角閃石	輝石	緑泥石	白雲母	イライト	クリストバライト	ガラス	有害	潜在	無害
1		●						○			?			○	
2	◎		●	○			●	○		○			○		
3		●					○					○	○		
4	○	◎							○	○	○			○	
5	◎		●					○	○						○
6	◎		●					○	○						○
7	◎		○					○	○					?	
8	◎		○					○	○						○
9	◎		◎	○			○	○		○					○
10	◎		◎	○			○	○		○					○
11	◎	●				○		○		○			○		
12		◎					●			○		○	○		
13		◎					●			○		○	○		
14		◎						○		○		○		○	
15		◎					○			○	●			○	
16		◎					○			○	●			○	
17		◎					○					○		○	
18		◎										○	○		
19	?	◎												○	
20	◎?	◎								○		○	○		

緑泥石・白雲母・イライトは粘土鉱物である。

量比：多◎>●>○>○>?少

* ガラス（火山ガラス）は一定の化学式で表されないため、普通、鉱物ではなく岩石として分類されているが、本論では鉱物として扱う。

表- 2.12 (2) 粗骨材の主要岩型の鉱物組成

花崗岩類

No	石英	斜長石(高)	斜長石(低)	正長石	微斜長石	角閃石	輝石	緑泥石	白雲母	イライト	クリストバライト	ガラス	有害	潜在	無害
1	◎		●	●				○		○			?		
2	◎		●	●				○		○					○
3	◎		◎		◎	○		○		○					○
4	◎		◎	◎		○		○	●						○
5	◎		◎	●		○		○		○					○
6	◎		◎		◎	○		○		○					○
7	◎		●	○		○		○		○					○
8	◎		◎		●	○		○		○					○
9	◎		◎		◎	○		○		○					○
10	●		◎			◎		○		○					○
11	◎		○		●			○		○					○

サヌカイト質安山岩

No	石英	斜長石(高)	斜長石(低)	正長石	微斜長石	角閃石	輝石	緑泥石	白雲母	イライト	クリストバライト	ガラス	有害	潜在	無害
1		●					●					○	○		
2		●					○					○	○		
3		●					○					○	○		
4		●		?			○				?	○	○		
5		●		?			○					○	○		
6		◎					○					○	○		
7		◎		?			○			○		○		○	
8		●		?			○				○			○	
9	?	◎		○			○				○			○	
10		◎		?			○			○	○			○	
11	●	●					○	○			?		○		
12	○	●		?			○				○			○	

流紋岩類

No	石英	斜長石(高)	斜長石(低)	正長石	微斜長石	角閃石	輝石	緑泥石	白雲母	イライト	クリストバライト	ガラス	有害	潜在	無害
1	◎	○		○				○		○				○	
2	◎		●						○	○				○	
3	◎		●	○					○	○			無/有		
4	○	●		○						○	●		○		
5	○	●		○						○	●		○		
6	◎		●	○				○		○			○		
7	◎		●	●				○		○					○

表- 2.12(3) 粗骨材の主要岩型の鉱物組成

砂岩類

No	石英	斜長石(高)	斜長石(低)	正長石	微斜長石	角閃石	輝石	緑泥石	白雲母	イライト	クリストバライト	ガラス	有害	潜在	無害
1	◎		◎	○		○		○		○			?		
2	◎		◎		○	○		○	○				無/有		
3	◎		◎		◎			○	○				無/有		
4	◎		◎			○		○	○				?		
5	◎		◎	○				○		○					○
6	◎		◎	○				○		○					○
7	◎		◎		○	○		○		○			無/有		
8	◎		◎		○			○		○			?		
9	◎		◎	○				○		○					○

頁岩類

No	石英	斜長石(高)	斜長石(低)	正長石	微斜長石	角閃石	輝石	緑泥石	白雲母	イライト	クリストバライト	ガラス	有害	潜在	無害
1	◎		○					◎		○					○
2	◎		○					○	○				?		
3	◎		◎					○	◎				○		
4	◎		◎					○	◎				?		
5	◎		◎					○	○				○		
6	◎		◎					○	○						○
7	◎		○					○	○				○		
8	◎		◎					○	○				○		
9	◎		○					○	○				○		
10	◎		○					○	○				○		
11	◎		○					○		○			○		

チャート質頁岩

No	石英	斜長石(高)	斜長石(低)	正長石	微斜長石	角閃石	輝石	緑泥石	白雲母	イライト	クリストバライト	ガラス	有害	潜在	無害
1	◎		○					○	○				○		
2	◎		○					○	○				○		
3	◎		○					○	○				○		
4	◎		○					○	○				○		

チャート類

No	石英	斜長石(高)	斜長石(低)	正長石	微斜長石	角閃石	輝石	緑泥石	白雲母	イライト	クリストバライト	ガラス	有害	潜在	無害
1	◎		○					○		○			○		
2	◎		○					○	○				○		
3	◎		○					○	○				○		
4	◎		○					○		○			○		
5	◎		○					○		○			○		
6	◎		○					○		○			○		
7	◎		○					○	○				○		
8	◎		○					○	○				○		
9	◎		○					○	○				○		

サヌカイト質安山岩類には、すべてのものに高温型斜長石、輝石、クリストバライトまたはガラスが含まれている。さらに一部のものには石英、正長石がみられる。

流紋岩類には、すべてのものに石英、イライト高温型斜長石または低温型斜長石、ほとんどのものに正長石が含まれている。一部のものには、これらの他、緑泥石、クリストバライトが含まれている。

砂岩類の鉱物組成は、花崗岩類の組成に非常に類似している。ただし花崗岩類に比べると正長石・微斜長石・緑泥石が少なくなっている。

頁岩類・チャート質頁岩類・チャート類の鉱物組成は量比を除くと同じである。これらには石英・低温型斜長石・緑泥石・白雲母・イライトが含まれている。頁岩類には低温型斜長石と粘土鉱物が多く含まれ、チャート類にはこれらはごく少量しかなく、ほとんど石英のみから構成されている。チャート質頁岩類は両者の中間の量比を有している。

以上のように、従来、反応性があるといわれているクリストバル石・ガラスを含んでいるのは、主要岩型の中では、サヌカイト質安山岩類の全部と安山岩類と流紋岩類の一部である。

細骨材の鉱物組成は表－2.13に示すとおりである。細骨材の組成は砂岩類の組成に類似している。砂岩類に比べ低温型斜長石および粘土鉱物類の量がやや少ない。構造物№8の細骨材にはクリストバライトがごく少量検出され、№14にはガラス質物（非晶質物質）が多く認められた。

表－2.13 細骨材の鉱物組成

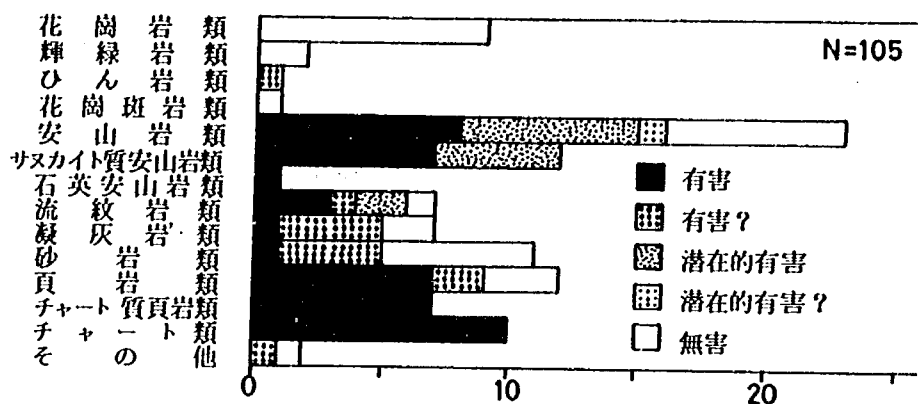
No	石英	斜長石(高)	斜長石(低)	正長石	微斜長石	角閃石	輝石	緑泥石	白雲母	イライト	クリストバライト	ガラス
1	◎		◎		○	○		○				
2	◎		◎	◎		○		○		○		
3	◎		◎	◎				○	○			
4	◎		◎	◎				○		○		
5	◎		◎	○		○		○		○		
6	◎		○	◎				?		○		
7	◎		◎	◎				?		○		
8	◎		◎	◎						○	?	
9	◎		◎	◎				?		○		
10	◎		◎	◎		○		?		○		
11	◎		◎	◎		○				○		
12	◎		◎	◎								
13	◎		◎	◎		○		?		○		
14	◎		◎	○								○
15	◎		◎	○		○		○		○		
16	◎		◎	◎				○		○		
17	◎		◎	◎		○		○		○		
18 ₁)	◎		◎	◎						○		
18 ₂)	◎		◎	◎						○		
19 ₁)	◎		◎			○		○	○			
19 ₂)	◎		◎	◎		○		○		○		
20	◎		◎	◎		○		○		○		
21	◎		◎	◎				○		○		

Noは構造物Noである。

量比：多◎>●>○>○少

18－1）は本体，18－2）は継ぎ足し部である。

19－1）劣化部，19－2）は非劣化部である。



図一 2.19 岩型別にみたアルカリ反応性試験の結果

4) 粗骨材・細骨材のアルカリ反応性

各構造物の粗骨材のうち、約 100 g 以上採取できたものについて、アルカリ反応性試験を実施した。試料数はのべ 105 である。図一 2.19 は結果を ASTM の判定図にプロットして判定した結果を岩型別に示したものである*。図のようにアルカリ反応性は岩型によってかなり異なっている。チャート質頁岩類・チャート類はすべて有害であり、頁岩類・安山岩類・サヌカイト質安山岩類は有害・潜在的有害のものの率が高い。このような岩型による違いは、各岩型を構成している鉱物組成などの違いに帰因しているものと考えられる。

図一 2.20 は主要岩型について溶解シリカ量 (Sc) とアルカリ濃度減少量 (Rc) を示したものである。

花崗岩類は境界線上にある 1 つを除くとすべて無害の領域にある。

安山岩類は鉱物組成に多様性があるために、Sc・Rc にもばらつきがある。特に Sc の変化は大きい。また、クリストバライト・ガラスを含む試料は、すべて有害または潜在的有害の領域にある。

サヌカイト質安山岩類には、既述のようにすべての試料にクリストバライトまたはガラスが含まれている。このため、Sc・Rc もすべて有害、潜在的有害の領域にある。

流紋岩類の Sc・Rc の分布は、安山岩類の分布と類似している。やはり、クリストバライト・ガラスを含む試料は有害の範囲にある。

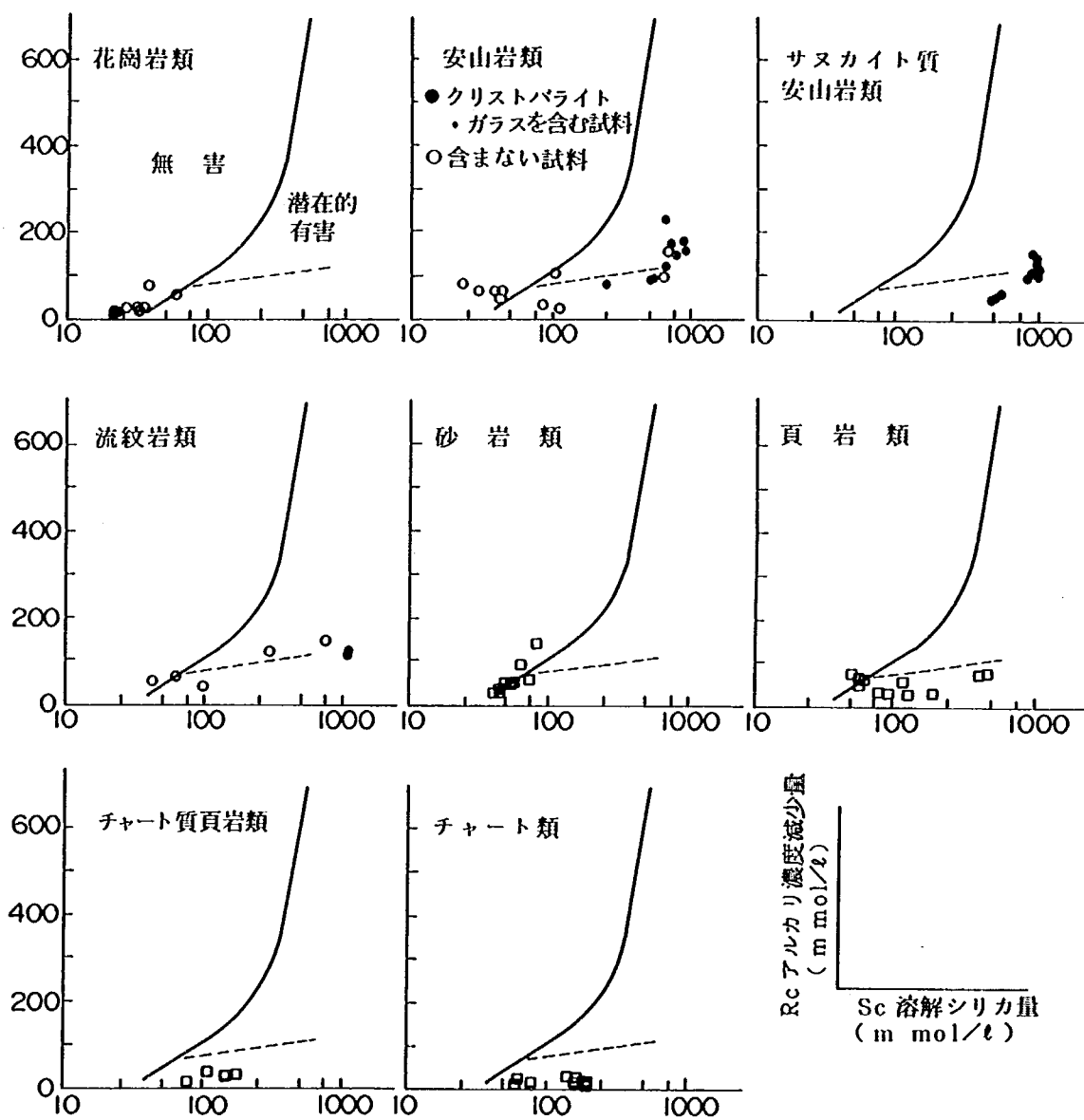
砂岩類の Sc・Rc の分布は、花崗岩類の分布と類似しているが、やや Sc が高い側にある。これは砂岩類の鉱物組成が花崗岩類とほぼ同じであるからである。

鉱物組成が類似している頁岩類・チャート質頁岩類・チャート類の Sc・Rc の分布は、やはり互いに類似している。3 岩型の中ではほとんど石英のみから構成されているチャート類の Rc が最

* 骨材の分離に (1+1) 塩酸を用いているために、Sc・Rc ともにやや高く出ている (成田ほか, 1986) ことに留意する必要がある。このため、「有害?」「潜在的有害?」は本来は無害の領域にあるものと考えられる。

も低く、チャート質頁岩類・頁岩類と粘土鉱物・低温型斜長石の含有量が増えるに従がい、 R_c は増加している。

以上のように、各岩型で $Sc \cdot R_c$ が特徴ある領域に分布しているのは、それぞれの鉱物組成を反映しているものと考えられる。



図一 2.20 主要岩型の Sc と R_c

次に細骨材の Sc と Rc を図-2.21 に示す。図のように細骨材はすべて有害の領域にある。鉱物組成からは、細骨材の組成は砂岩類の組成と類似しているため、Sc・Rc の分布も砂岩類の分布と類似していることが予想される。また、細骨材からのゾル・ゲル状物質の発生は、構造物 No 1・3・15 にみられるだけである。このような鉱物組成・反応状況からみると、本来、これらの細骨材のほとんどは、無害領域から有害領域にかかる範囲に分布していたものと推定される。図-2.21 に示すような領域に分布するようになった原因としては、モルタルから細骨材を分離するときに使用した (1+1) 塩酸の影響が考えられる。粗骨材に関しては、塩酸を使用すると Sc・Rc とともに値が大きくなることがわかっている (成田ほか, 1986)。細骨材は粗骨材よりも粒径が小さい上に、分離に塩酸を長時間使用したため、この影響がさらに強く出たものと考えられる。

このように、構造物中の細骨材の化学的なアルカリ反応性試験法は、モルタルからの分離法も含めて今後検討していく必要がある。

5) 粗骨材の全岩化学組成

粗骨材のうち、サヌカイト質安山岩類・安山岩類・流紋岩類・チャート類の一部について全岩化学分析を実施した。結果を表-2.14 に示す。

SiO₂ 含有量に着目すると、サヌカイト質安山岩類は酸性岩 (SiO₂ > 66 %, 火山岩類では流紋岩類に相当する) に分類される。安山岩・流紋岩類は、化学組成の上からもそれぞれ安山岩類

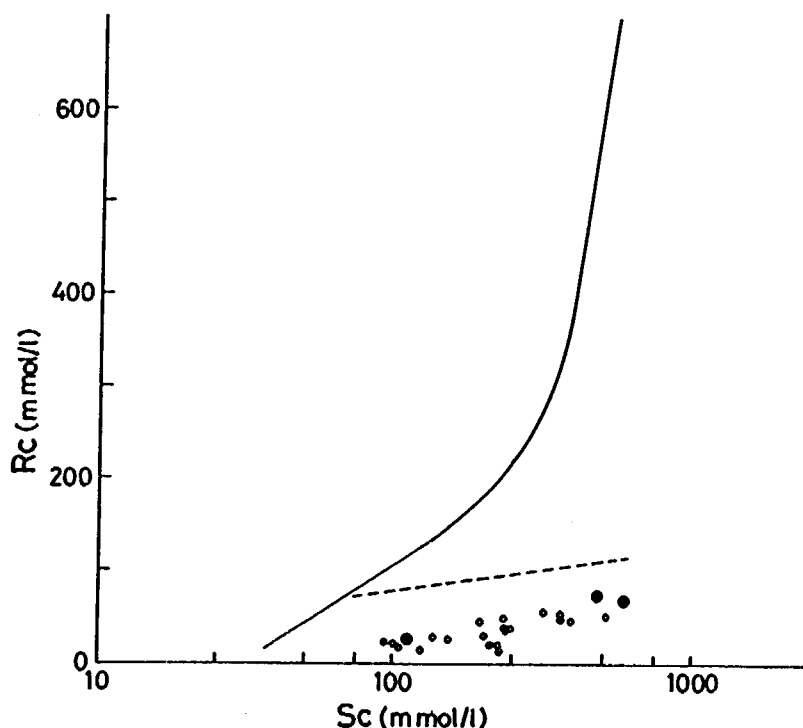


図-2.21 細骨材の Sc と Rc

本来はほとんどのものが無害領域にあったものと推定される (本文参照)。

黒丸はゾル・ゲル状物質の発生がみられたものを示す。

表一 2.14 主要粗骨材の全岩化学組成 (wt %)

岩 型	サヌカイト質安山岩類				安 山 岩 類									流 紋 岩 類				チャ ー ト 類				
	12	12	7	12	11	11	13	13	14	15	16	16	18-2	4	14	15	17	2	3	6	20	21
試料 No.	1	3	3	2	1	2	1	4	1	7	1	3	1	5	3	6	5	6	5	4	3	3
SiO ₂	67.8	65.8	68.0	67.8	61.0	62.4	61.0	59.5	61.6	60.6	61.4	59.1	58.3	75.6	77.2	75.7	74.7	88.1	91.0	93.0	95.4	95.3
TiO ₂	0.31	0.37	0.37	0.32	0.60	0.60	0.81	0.83	0.72	0.93	0.82	0.84	0.87	0.20	0.17	0.16	0.13	0.16	0.10	0.11	0.07	0.10
Al ₂ O ₃	15.7	16.8	16.4	16.2	17.7	17.3	17.0	17.8	18.4	18.2	17.8	19.1	22.6	13.1	13.5	14.3	16.3	6.34	2.61	3.45	2.02	2.01
Fe ₂ O ₃	0.15	1.39	1.43	0.52	0.97	2.12	3.89	2.19	3.43	1.69	1.07	2.20	1.60	0.64	0.64	0.63	0.46	0.14	0.06	0.40	0.25	<0.01
FeO	2.28	1.46	1.09	1.96	3.91	2.74	1.72	3.28	2.14	3.83	3.63	2.56	2.37	0.46	0.47	0.69	0.98	1.22	1.23	0.62	0.65	0.91
MnO	0.06	0.06	0.05	0.05	0.09	0.06	0.07	0.09	0.12	0.12	0.09	0.10	0.08	0.06	0.04	0.04	0.04	0.14	0.06	0.03	0.12	0.06
MgO	2.62	2.77	2.63	2.42	4.96	4.02	2.64	3.42	1.83	2.31	2.73	2.63	0.89	0.19	0.15	0.24	0.22	0.50	0.52	0.25	0.38	0.34
CaO	3.08	3.17	3.10	2.72	5.28	4.30	3.28	3.07	2.74	5.07	5.89	5.92	7.03	0.09	0.08	0.26	0.09	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02
Na ₂ O	3.75	3.95	3.61	3.82	3.01	3.25	2.33	1.55	4.32	3.40	3.58	3.46	3.33	3.14	3.70	3.25	3.00	1.45	0.27	0.70	0.25	0.22
K ₂ O	2.70	3.09	3.01	2.80	1.70	2.04	2.50	2.36	2.55	2.21	1.72	2.14	2.33	4.33	3.65	3.92	3.73	1.60	0.71	1.18	0.48	0.55
P ₂ O ₅	0.15	0.14	0.11	0.11	0.12	0.11	0.23	0.23	0.28	0.22	0.22	0.22	0.37	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.10	0.04	0.04	0.04
H ₂ O(+)	1.14	0.59	0.45	0.93	0.88	1.05	2.68	3.59	2.20	0.98	1.38	1.29	0.74	1.67	0.64	0.96	0.92	0.87	0.45	0.42	0.49	0.41
H ₂ O(-)	0.80	0.72	0.60	0.80	0.67	0.85	0.63	0.71	0.49	0.21	0.53	1.31	0.31	1.15	0.58	0.32	0.24	0.17	0.08	0.11	0.04	0.03
CO ₂	—	—	—	—	—	—	2.03	1.99	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
合 計	100.54	100.31	100.85	100.45	100.89	100.84	100.81	100.61	100.82	99.77	100.86	100.87	100.82	100.67	100.86	100.51	100.86	100.78	100.21	100.33	100.21	100.00
反 応 性	有害	潜在	有害	有害	有害	潜在	無害	無害	無害	有害	有害	潜在	有害	潜在	有害	有害	無害	有害	有害	有害	有害	有害

分析者：応用地質(株)

* 骨材Noは付表の「骨材の種類およびアルカリ反応性試験の結果」のNoに対応している

(SiO₂ : 52~62%)・流紋岩類に相当する。チャート類の SiO₂ 含有量は、1 試料を除いて95%前後ある。これは鉱物組成がほとんど石英のみであったことと一致している。

6) 粗骨材の物理量

アルカリシリカ反応を起した粗骨材の物理量は、反応によって変化している可能性がある。このことを確認するために、同一岩型で劣化部と非劣化部の吸水率の比較を行った(図-2.22)。

アルカリシリカ反応によって、粗骨材中のシリカ分が溶出すると、骨材は多孔質になると考えられる。このため反応に関与している骨材(有害または潜在的有害の骨材)吸水率は反応が起っている劣化部の値の方が、非劣化部の値よりも高いことが予想される。この観点で図をみると、安山岩類と流紋岩類にやや上記の傾向があることが認められる。他の岩型の劣化部と非劣化部との吸水率には、ほとんど差がみられない。吸水率のほかに、乾燥密度・湿潤密度についても同様な比較を行ったが、劣化部と非劣化部で有意な差は認められなかった。

以上のように、アルカリシリカ反応によって物理量は、あまり変化をしないものと考えられる。

4-6 反応生成物の化学組成

構造物No 2・7・8・10から白色のゲル状物質を採取し^{**}、化学分析を行った。その結果を表一 2.15に示す。

いずれの試料もシリカ成分(SiO₂)が最も多く含まれており、次いでカルシウム・ナトリウム・カリウムなどが含まれている。このような組成は、ゾル状物質がアルカリシリカゲルであることを示している。すなわちゾル状物質はアルカリシリカ反応によって生成されたものであるといえる。

* 石英の SiO₂ 含有量は、普通99%以上である。

** 他の構造物からは、定量分析をするのに必要な量が採取できなかった。

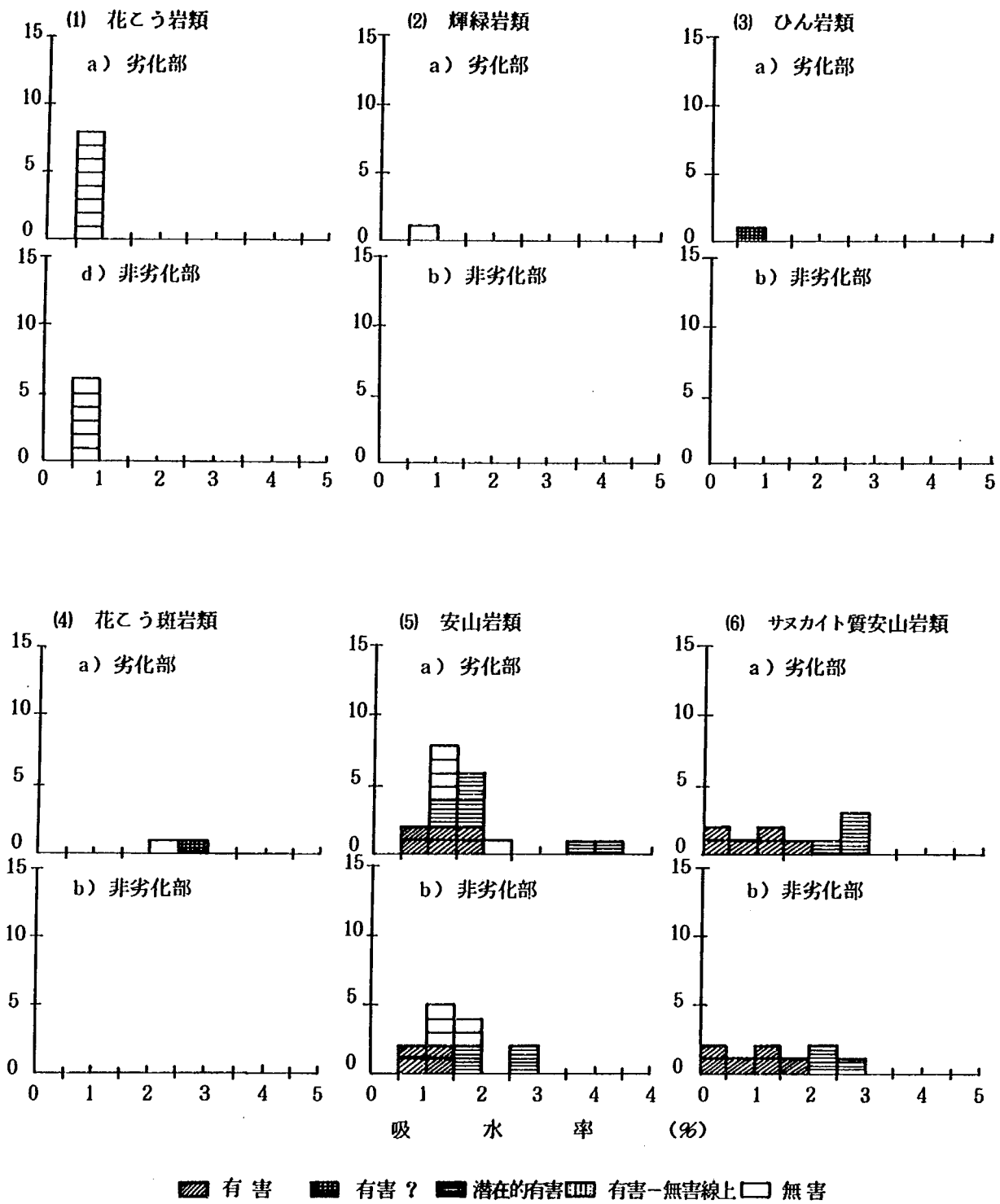
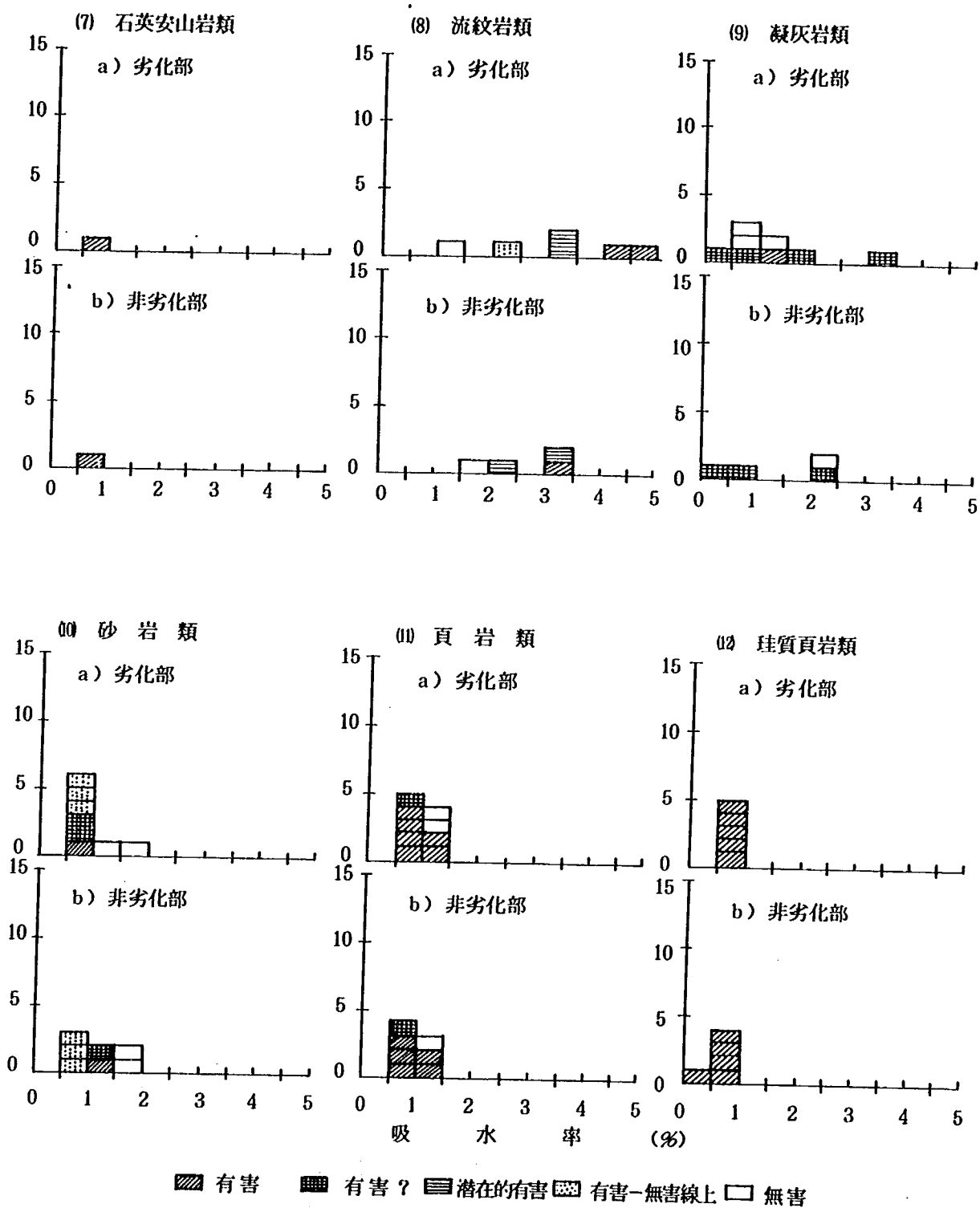
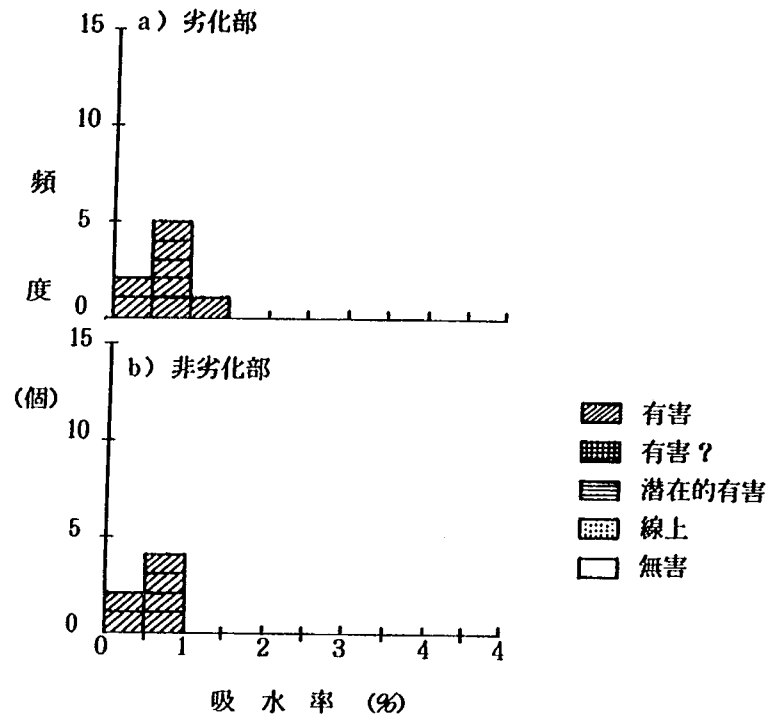


図- 2.22(1) 粗骨材の吸水率の劣化部と非劣化部との比較



図一 2.22(2) 粗骨材の吸水率の劣化部と非劣化部との比較

03 チャート類



図一 2.22(3) 粗骨材の吸水率の劣化部と非劣化部との比較

表一 2.15 反応生成物の化学組成

試料名*	試料質量 (mg)	含水比 (%)	SiO ₂ (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	CaO (%)	MgO (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Total (%)
2	134.83	10.09	44.1	4.79	2.72	17.15	0.041	3.10	68.8
7	38.07	19.46	37.9	6.88	6.67	9.58	0.039	0.685	61.1
8	47.77	17.23	68.6	9.48	4.40	5.03	0.024	—	87.5
10	235.28	11.14	51.1	6.20	4.71	20.45	0.050	0.112	82.5

* 試料名はゲル状物質を採取した構造Noを示す。

分析者：千野裕之

アルカリシリカゲルの組成は表のように一定していない。これは構造物によって、骨材中のシリカ成分の種類・組成やコンクリート中の細孔溶液の組成（特にNaOHやKOHなど）が異なっていることに帰因していると考えられる。

Totalは61.1～87.5%で、100%にかなり足りない。これはCO₃²⁻やSO₄²⁻などの陰イオンが定量されていないためである。また、CaOが5.03～20.45%含まれているが、これらのほとんどは、CaCO₃としてアルカリシリカゲルと共存しているものと考えられる。

4-7 反応促進試験の結果

1) ゲルバット法

本法は反応性を有している骨材を特定すること、新たに生じた反応生成物を採取することを目的に行った。

30日程度観察を行った結果は次のとおりである。

- i) 試験前からゾル・ゲル状物質がみられた骨材（表— 2.4 参照）に新たにゲル状物質の発生が観察された。
- ii) チャート類（アルカリ反応性試験の結果は有害であるが、試験前にはゾル・ゲル状物質の発生が骨材そのものからは認められなかった）からも、ゲル状物質が少量発生した。
- iii) ゲル状物質のほとんどは、骨材表面（多くは骨材中のひびわれ）に発生している。モルタル部に新たな発生はみられなかった。
- iv) ゲル状物質の発生量は、ごく少量である。

2) コアの膨張量

約20cmに切断したコアを38℃、約100% RHに養生した膨張量を測った。4週、3カ月、6カ月時における膨張量を図— 2.23に示す。NAシリーズ（反応性がないと考えられる骨材で作製されたコア）の膨張量と比べると、構造物No 7～12と20の膨張量は異常に大きい。ASTMのモルタルバー法（ASTM C 227）では3カ月時の膨張量が0.05%、または6カ月時の膨張量が0.1%を越えると、アルカリシリカ反応であると判定されている。上記構造物のコアの膨張量は、いずれも0.05%/3カ月を越えている。

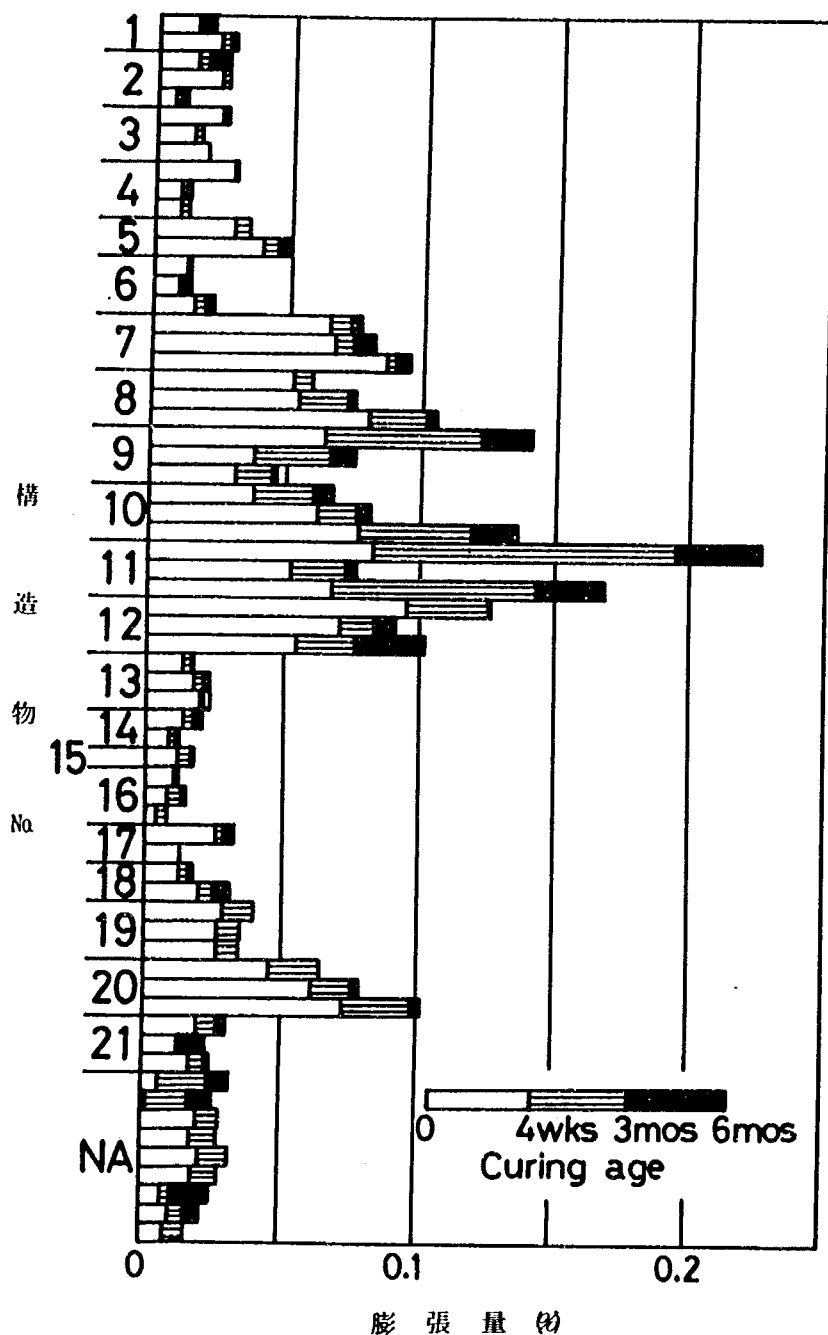
次に膨張量の経時変化をみてる。図— 2.24に経時変化を構造物別に示す。図のように、各材令の膨張量を線で結ぶと、ほとんどのものがほぼ滑らかな曲線で表される。多少の凹凸があるのは、測定誤差であると考えられる。これらの曲線のパターンは、おおまかに次に示す2タイプに区分できる。

- i) 4週位までに急激に膨張し、以降は膨張しないもの。このタイプの膨張量はあまり大きくない。
- ii) 4週以降（4カ月位まで）も膨張が進むもの。膨張量の大きなものにみられる。

以上のように、膨張量の経時変化は4週を境に膨張量の大きなものと、小さなもので異なっている。よって膨張量が大きなものと小さなものをより迅速に区別するには、材令2カ月までの経時変化曲線を比較すればよいと考えられる。

ここで測定した膨張量は、残存膨張量^{*}であると考えられる。このため、古い構造物ではアルカリシリカ反応が既に終了しており、採取コアを養生しても膨張しないことも考えられる。図— 2.25は構造物の完成からコア採取までの経過年数と、6カ月時における膨張量との関係を示したも

* ここでは残存膨張量を潜在的に膨張する可能性のある膨張量から、コア採取前に既に膨張した量を差し引いたものと定義する。



図一 2.23 コアの膨張量

NAは反応性がないと考えられる骨材で作製されたコアである。

のである。

図のように、膨張量はNAシリーズとほぼ同じグループとそれ以上のグループに分けられる。後者のグループのものが異常膨張をしていると考えられる。このグループは経過年数でみると、15年よりも新しいものに限られている。経過年数が15年以上の構造物が3件しかないので確実なことはいえないが、15年以上経過していると膨張が終了している可能性がある。また、15年以内のものでも反応速度が速かったものに既に膨張が終了していることも考えられる。

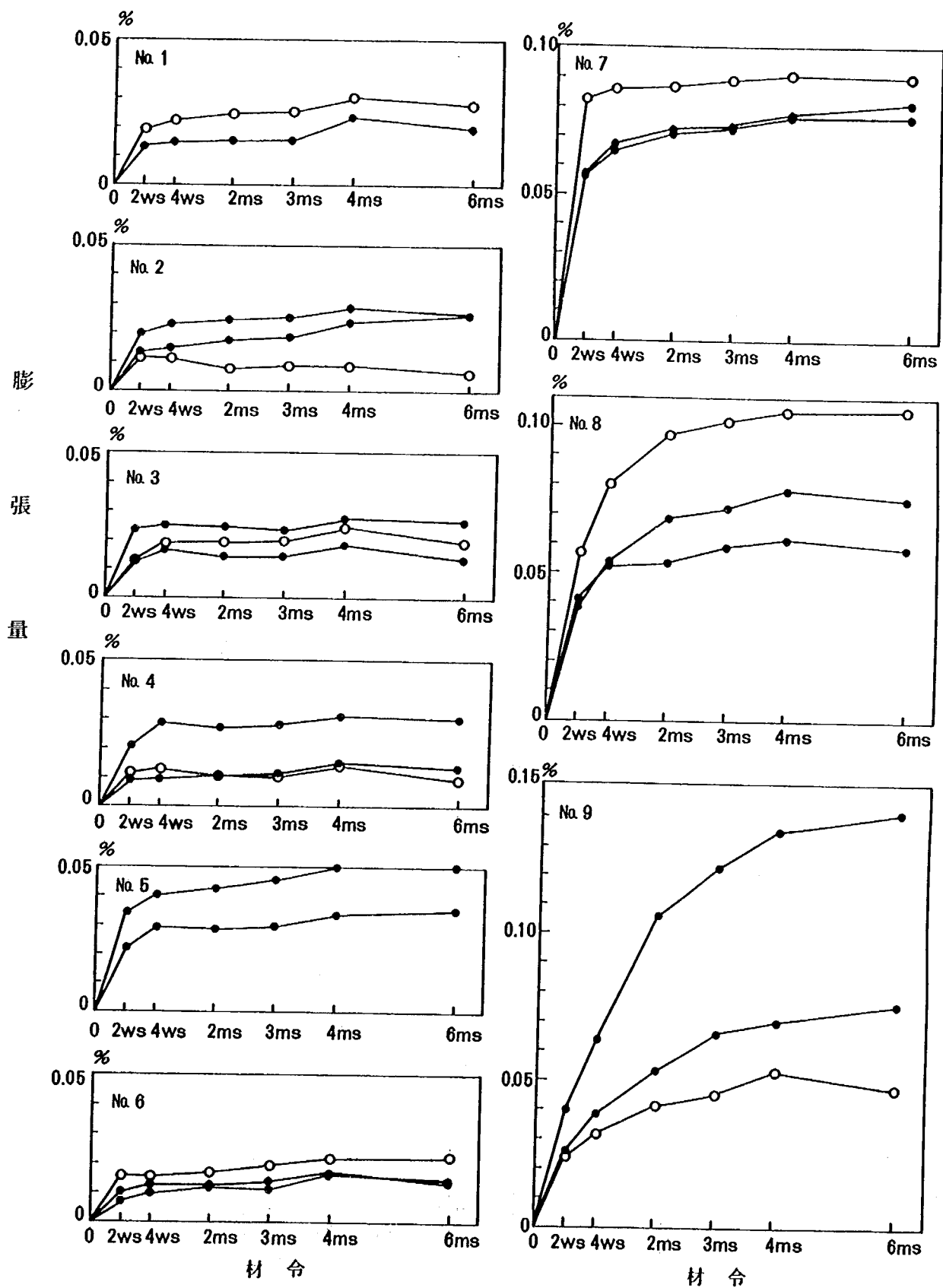


図- 2.24(1) コアの膨張量の経時変化

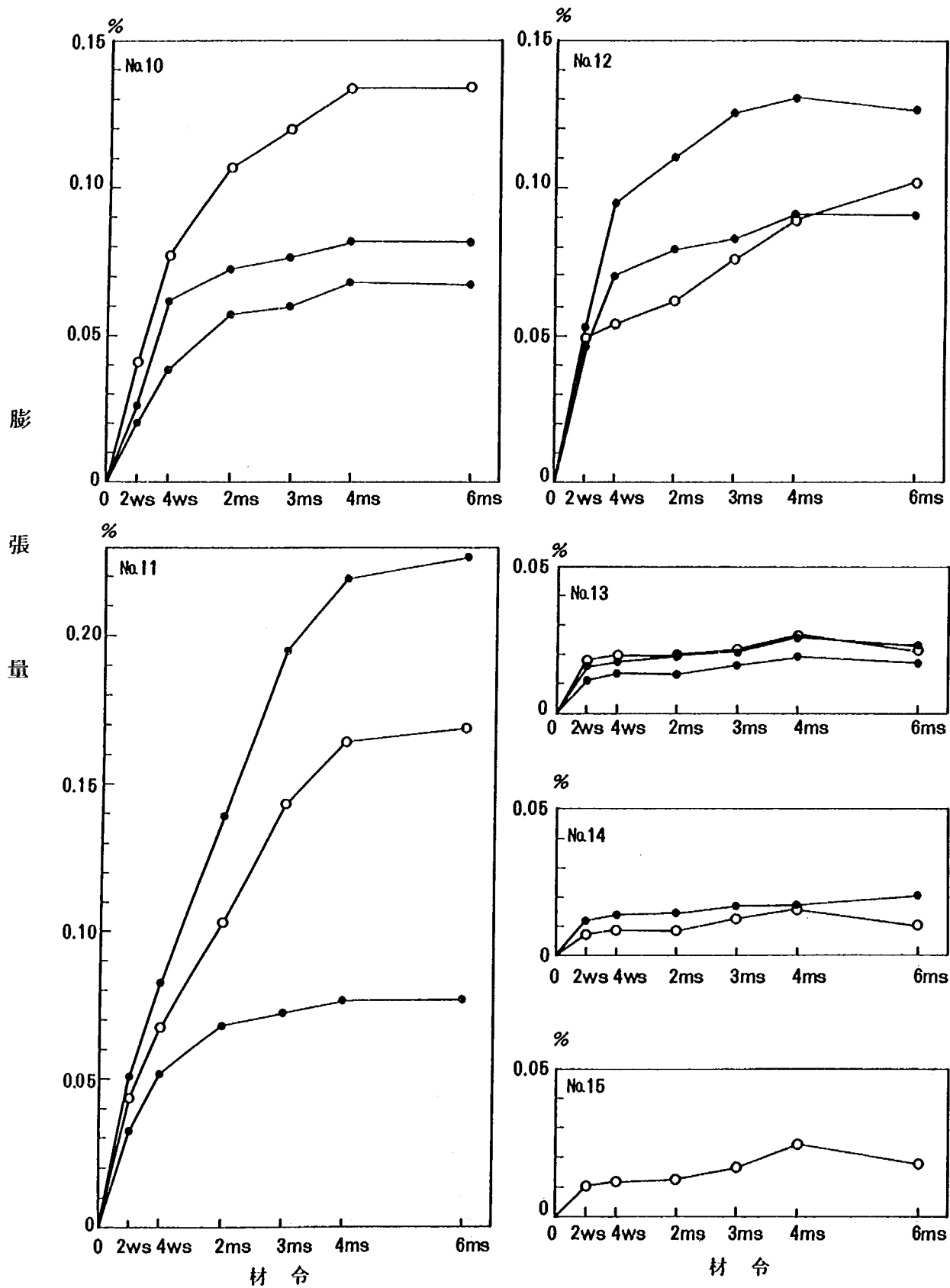


図- 2.24(2) コアの膨張量の経時変化

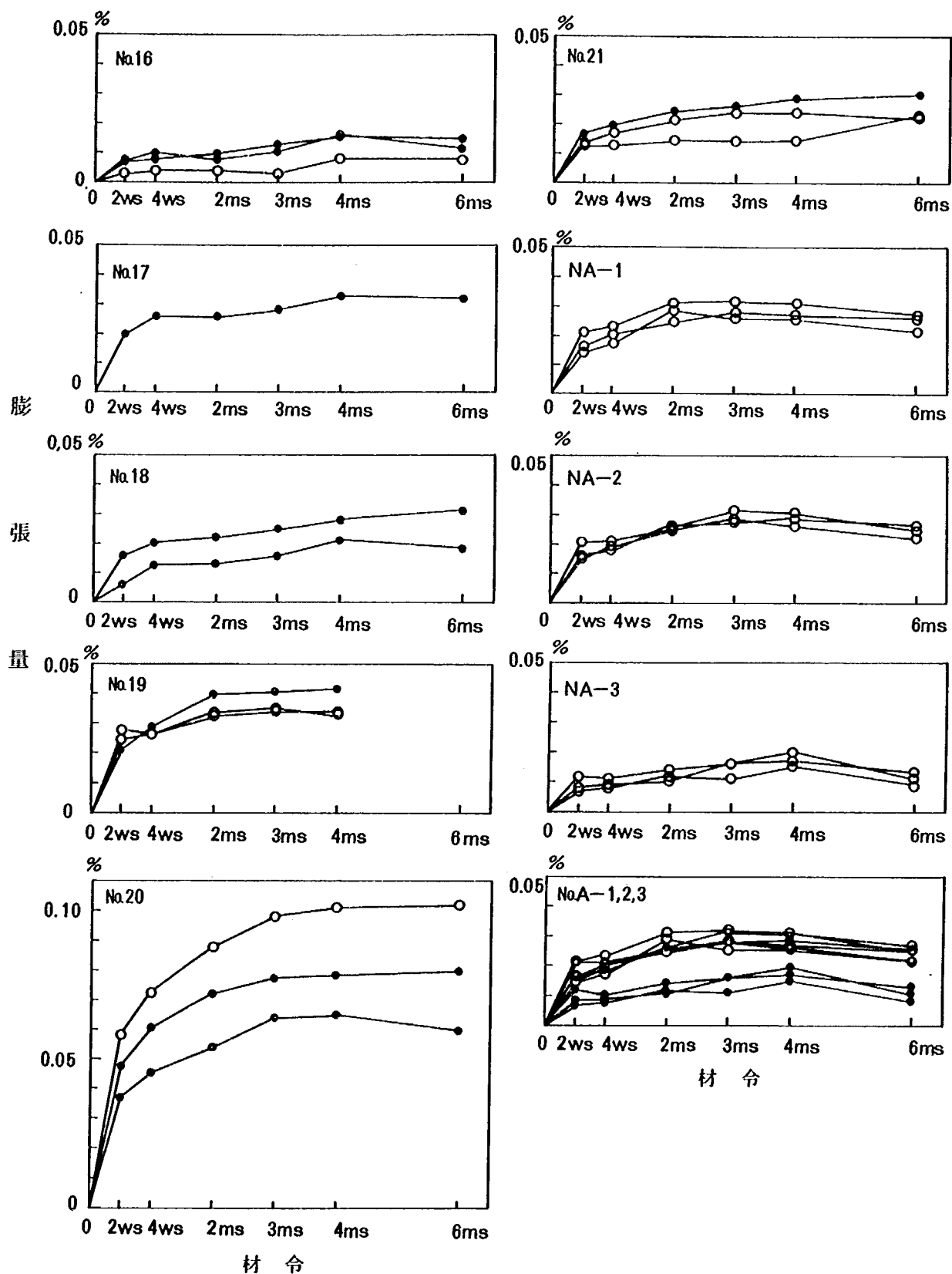
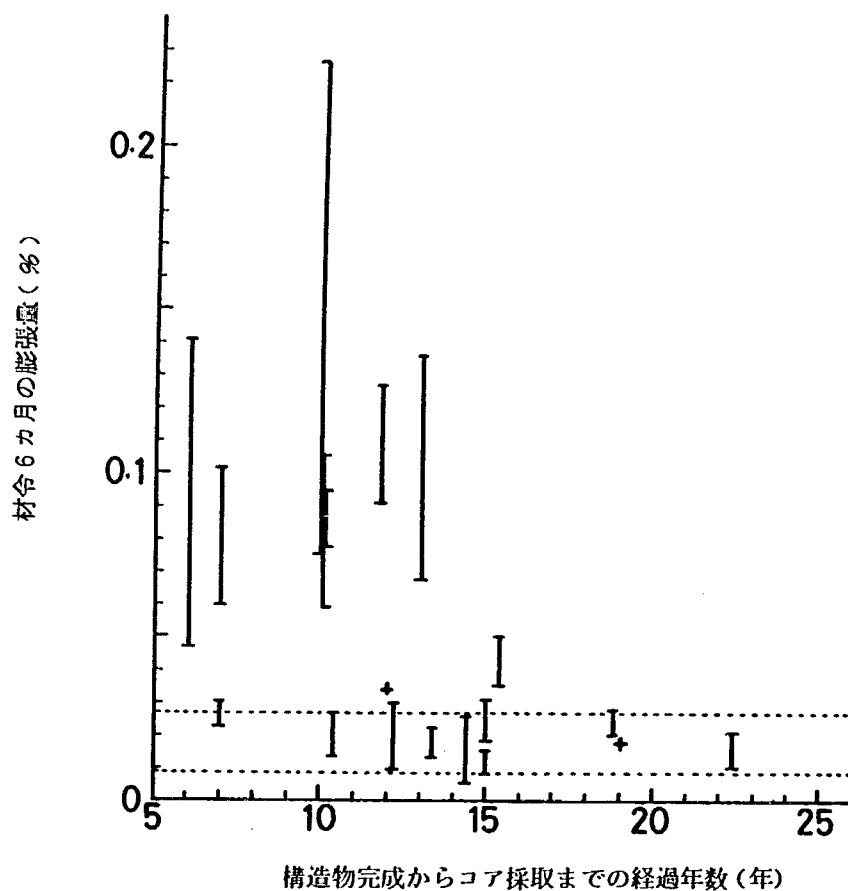


図- 2.24(3) コアの膨張量の経時変化

一方，異常膨張をしているものの個々の膨張量と経過年数との間には，相関関係はない。これは，それぞれの構造物を構成しているコンクリートの配合，骨材の種類，構造物周辺の環境等などにより，反応の程度が異なっているためと考えられる。



図－2.25 構造物完成からコア採取までの経過年数膨張量との関係

点線に囲まれた部分の膨張量はNAシリーズの値の範囲を示す。

5. アルカリシリカ反応の判定

5-1 アルカリシリカ反応の判定

今までに示した試験結果のうち、構造物がアルカリシリカ反応を起しているか否かを判定する指標となりうるのは、

- 1) ゾル・ゲル状物質の有無
- 2) ゾル・ゲル状物質の化学組成（アルカリシリカゲルであるか否か）
- 3) 骨材のアルカリ反応性（有害・潜在的有害骨材の有無）
- 4) コアの膨張量

である。これらの指標を用いて、表-2.16のような判定基準を作った。ここで、これらの判定基準には以下のような問題点があることを認識しておく必要がある。

- 1) 一般的にコア表面にみられる白色のゲル状物質は炭酸カルシウムなどのアルカリシリカゲル以外のものであることも考えられる（今回の試験では各コアのゲル状物質は塩酸に溶けない部分もあるので炭酸カルシウムではないことを確認済みである）。また、4) で述べる問題もある。
- 2) ゾル・ゲル状物質の生成量はわずかであるので、分析できる場合は限られている。また、ゾル状物質は液体状であるので、採取が困難である。
- 3) 構造物中にあった骨材にアルカリ反応性試験方法（化学法）とASTM判定基準が適応できるかどうか問題がある。試験方法と判定基準は、コンクリートに混入する前の原石に対するもので

表-2.16 アルカリシリカ反応の判定基準

1) 指標と点数

項 目	結 果	点 数
ゾル・ゲル状物質の有無	有	2
	無	0
ゾル・ゲル状物質の化学組成 ^{*1}	シリカ分有	3
	シリカ分無	0
骨材のアルカリ反応性	有害・潜在	2
	無 害	0
コアの膨張量	> 0.05% / 3 カ月	3
	< 0.05% / 3 カ月	0

2) 判 定

合計点数	判 定
6以上	ASR ^{*2} である
5～2	ASRの疑いがある
0	ASRではない

*1 ゾル・ゲル状物質の化学組成がわかっている時は、「ゾル・ゲル状物質の有無」の項の点数は加算しない。

*2 Alkali Silica Reaction : アルカリシリカ反応のこと

ある。しかし、今回試験を行った骨材は、長期間にわたってコンクリートのアルカリ条件下にあったために、原石と物理・化学的性質が異なっている。また、骨材をモルタルから分離する際に使用した塩酸の影響で、Sc・Rcともにやや大きい値を示すようになっている（成田ほか，1986）。このように、構造物中にあった骨材に化学法を実施し、ASTMの判定基準を用いることは厳密にはできない。特に判定図で無害 — 有害，無害 — 潜在的有害の境界線付近にあるものには，注意しなければならない。

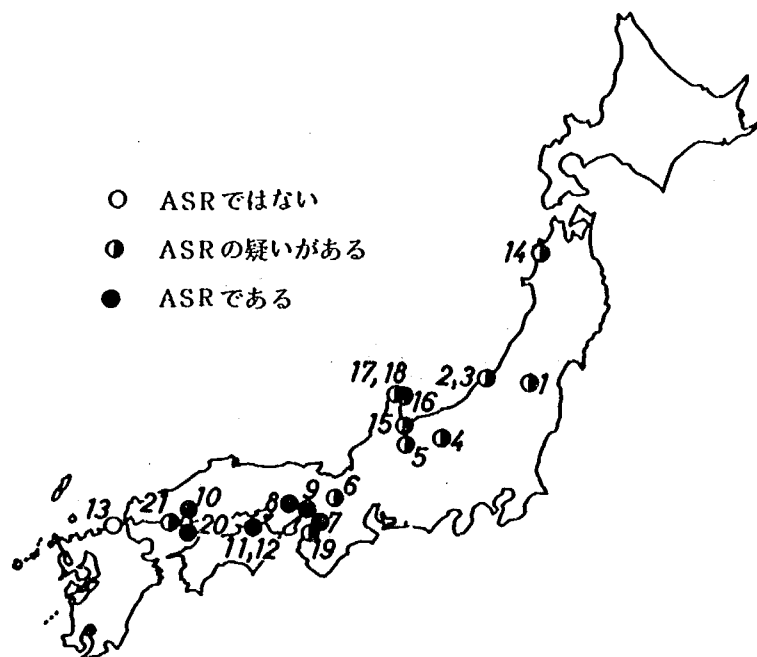
4) 構造物の経過年数，使用されているコンクリートの配合・有害骨材の種類，構造物周辺の環境条件の違いなどにより，アルカリシリカ反応の反応速度は異なっていると考えられる。このため，構造物によってコア採取時点での反応の程度は異なっている。これは同一構造物の異なった部位についてもいえる。それで構造物がアルカリシリカ反応を起していても，採取コアによって表されている反応の様子は異なっていると考えられる。以上のことは，各試験結果に影響を及ぼす。例えば，反応がすでに終了している構造物のコアからは，ゾル・ゲル状物質の発生はないであろう。また，残在膨張も示さないと考えられる（4-7,2）参照）。すなわち，膨張量が3カ月で0.05%を越すか否かの基準にも問題はある。

表－2.16の判定基準には，以上のような問題点が含まれているが，一応，これにしたがって判定した結果を表－2.17に示す。「アルカリシリカ反応である」と判定された構造物は，No 7～12とNo20の7構造物，「アルカリシリカ反応の疑いがある」と判定されたのは，No 1～6，No14～19とNo21の13構造物である。また，No13の1構造物のみが「アルカリシリカ反応ではない」と判定された。

表－2.17 各構造物のアルカリシリカ反応の判定

No	ゾル・ゲルの有無	ゾル・ゲルの化学組成	骨材のアルカリ反応性	コアの膨張量	合計点	判 定
1	ゾル (2)	———	有 害 ? (2)	<0.05%(0)	4	ASRの疑いがある
2	ゾル・ゲル(—)	シリカ分有 (3)	有 害 (2)	<0.05%(0)	5	ASRの疑いがある
3	ゾル (2)	———	有 害 (2)	<0.05%(0)	4	ASRの疑いがある
4	ゾル (2)	———	有 害 (2)	<0.05%(0)	4	ASRの疑いがある
5	ゾル (2)	———	有 害 (2)	<0.05%(0)	4	ASRの疑いがある
6	なし (0)	———	有 害 (2)	<0.05%(0)	2	ASRの疑いがある
7	ゾル・ゲル(—)	シリカ分有 (3)	有 害 (2)	>0.05%(3)	8	ASRである
8	ゾル・ゲル(—)	シリカ分有 (3)	有 害 (2)	>0.05%(3)	8	ASRである
9	ゾル・ゲル(2)	———	有 害 (2)	>0.05%(3)	7	ASRである
10	ゾル・ゲル(—)	シリカ分有 (3)	有 害 (2)	>0.05%(3)	8	ASRである
11	ゾル・ゲル(2)	———	有 害 (2)	>0.05%(3)	7	ASRである
12	ゾル・ゲル(2)	———	有 害 (2)	>0.05%(3)	7	ASRである
13	なし (0)	———	無 害 (0)	<0.05%(0)	0	ASRではない
14	ゾル・ゲル(2)	———	有 害 (2)	<0.05%(0)	4	ASRの疑いがある
15	ゾル・ゲル(2)	———	有 害 (2)	<0.05%(0)	4	ASRの疑いがある
16	ゾル (2)	———	有 害 (2)	<0.05%(0)	4	ASRの疑いがある
17	ゾル (2)	———	有 害 (2)	<0.05%(0)	4	ASRの疑いがある
18	ゾル・ゲル(2)	———	有 害 (2)	<0.05%(0)	4	ASRの疑いがある
19	ゾル・ゲル(2)	———	有 害 (2)	<0.05%(0)	4	ASRの疑いがある
20	ゾル (2)	———	有 害 (2)	>0.05%(3)	7	ASRである
21	ゾル (2)	———	有 害 (2)	<0.05%(0)	4	ASRの疑いがある

()の数字は各項目の点数を表す。



図－ 2.26 構造物の分布とアルカリシリカ反応の判定結果

「アルカリシリカ反応の疑いがある」と判定された構造物の合計点は、2～5点である。このようにこれらの中には、疑いの強いものから弱いものまでが含まれている。

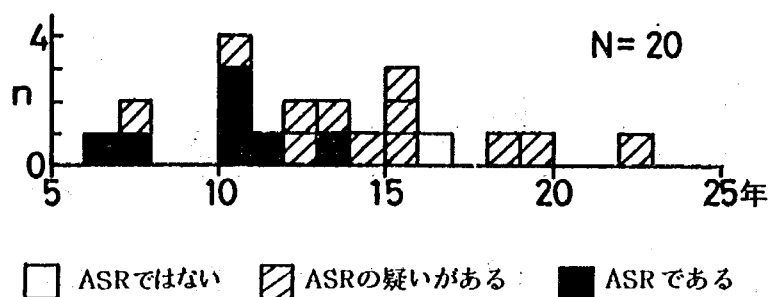
判定結果を構造物の地理的分布でみたものが図－ 2.26である。疑いのあるものまで含めると、構造物の分布はほぼ全国的である。

5－2 アルカリシリカ反応の判定結果と反応の素因

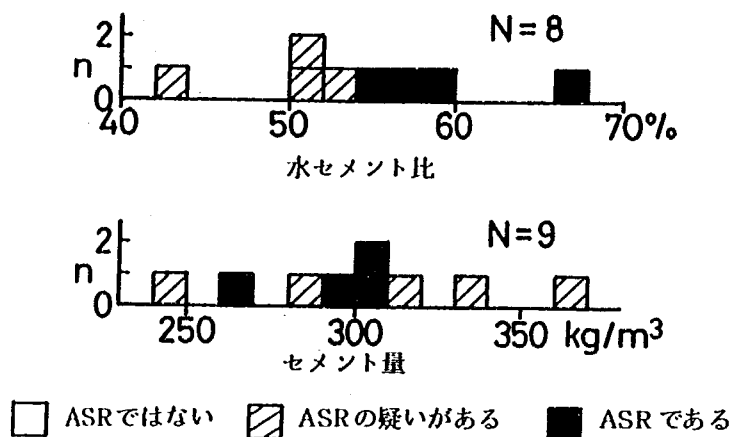
ここでは、前節のアルカリシリカ反応の判定結果とコンクリートや骨材の特性などの反応の素因との関係について考察する。

1) 構造物の経過年数

図－ 2.27に示すようにアルカリシリカ反応である構造物の経過年数は、すべて14年よりも新しい。これは、14年よりも古いものはかなり反応が進行しており、試験時点ではあまり反応性を示さないためとも考えられる。表－ 2.16の判定基準には、構造物の経過年数など時間のファクターを入れた方がよいのかもしれない。



図－ 2.27 アルカリシリカ反応の判定結果と構造物の経過年数



図－2.28 アルカリシリカ反応の判定結果とコンクリートの配合

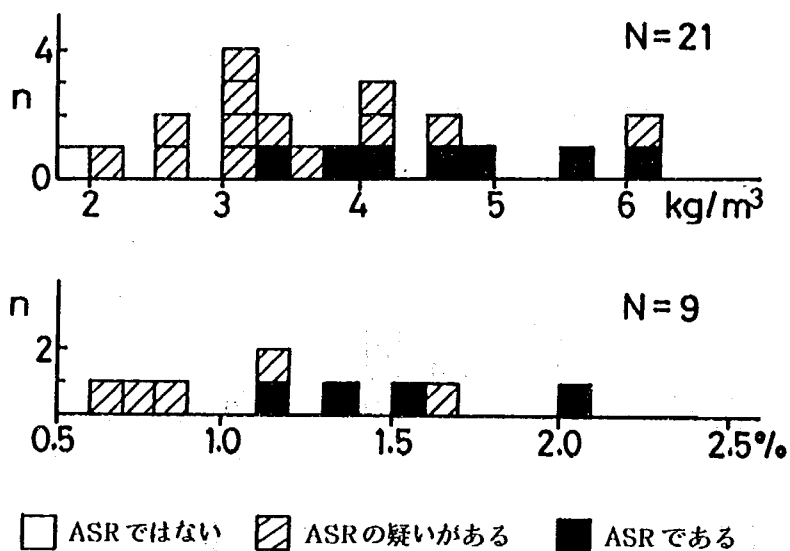
2) コンクリートの配合

判定結果とコンクリートの配合との関係を図－2.28に示す。水セメント比はアルカリシリカ反応であるものと、疑いがあるものとで二分されている。すなわち、アルカリシリカ反応である構造物では、すべて54%以上である。

一方、セメント量は水セメント比のように両者で区別がない。

3) アルカリ量

判定結果とアルカリ量との関係は、図－2.29に示すとおりである。アルカリシリカ反応であるとされた構造物では、コンクリート中のアルカリ総量、セメント中の Na_2O 等価率ともに高い値を示している。コンクリ中のアルカリ総量は $3.25\text{kg}/\text{m}^3$ 以上、セメント中の Na_2O 等価率は 1.1% 以上のものに限られている。また、アルカリ総量ではアルカリシリカ反応ではない $\text{Na}13$ の値が最も低いことが注目される。



図－2.29 アルカリシリカ反応の判定結果とアルカリ量

4) 反応性粗骨材の量比

次に反応性のある粗骨材がどの程度含まれていれば、構造物がアルカリシリカ反応であると判定されているかをみる。図-2.30は反応性があるとされた粗骨材（有害および潜在的有害の粗骨材）の量比を、堆積岩類が主体の構造物（No 2～4, 6, 10, 20, 21）と、火山岩類が主体の構造物（No 5, 7～9, 11～19）とに分けて示したものである。図ではさらに反応性骨材の量比を、有害、潜在的有害、有害+潜在的有害に三区分^{*}して示した。なお、ここに示した量比は、反応性試験を実施した骨材が100g以上収集できたものに限定されているため、反応性骨材の下限の量を示していると考えられる。

堆積岩類主体の構造物では、有害と潜在的有害の骨材がほぼ100%含まれていないと、アルカリシリカ反応であるとは判定されていない。一方、火山岩類では、有害と潜在的有害の骨材は60～100%含まれていれば、ほぼアルカリシリカ反応であると判定されている。事例が少ないので

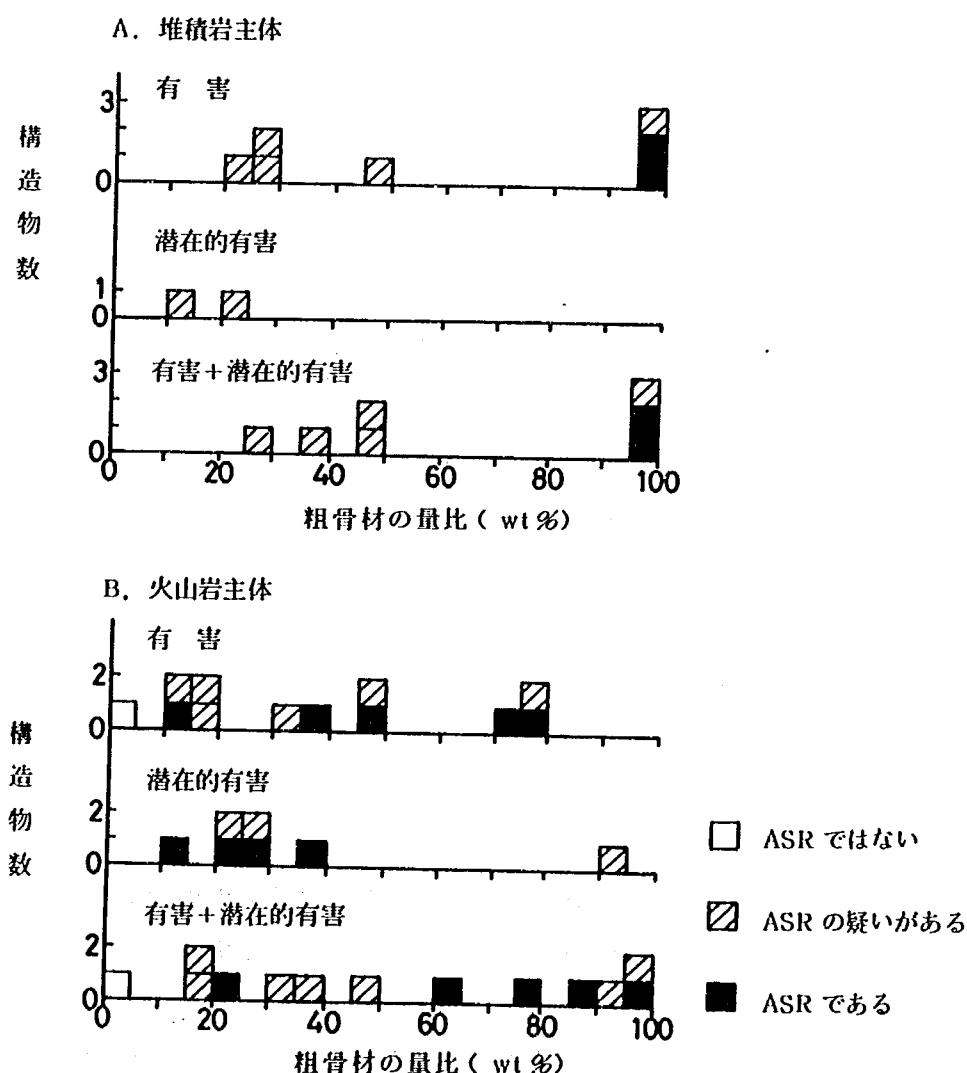


図-230 アルカリシリカ反応の判定結果と反応性骨材の量比

* 「有害?」の骨材は有害には含めていない。

表- 2.18 アルカリシリカ反応の素因と反応条件

素 因		条 件
水セメント比		54%以上
セメント量		相関なし
コンクリート中のアルカリ総量		3.25 kg / m ³
セメント中の Na ₂ O 等価%		1.1 %以上
反応性骨材 [*] の量比	堆積岩類	ほぼ 100%
	火山岩類	60%以上

*有害と潜在的有害骨材

確実ではないが、堆積岩類に比べ火山岩類で量比に幅があるのは、火山岩類の Sc の方が堆積岩類の Sc よりも値の範囲が広いからであると考えられる。また、潜在的有害の骨材量についてはベシマムを考えねばならないのかもしれない。

5) アルカリシリカ反応の素因

以上に示してきたような反応の素因のほかに、構造物周辺の環境条件などの誘因についても考慮する必要があるが、定量化が困難であるのでここでは取り上げない。

実際の反応は各種の素因や誘因が組合わせとなって起っていると考えられる。このため素因を考える場合はこの組合わせを考慮しなければならないが、複雑になるため、ここでは反応と各々の素因との関係についてまとめておく（表- 2.18）。表はアルカリシリカ反応であると判定された構造物のデータから作成したものであるので、表に示した値以下でも反応をする可能性があることを留意しなければならない。

5-3 アルカリシリカ反応の判定結果とコンクリートの物理量・力学量

アルカリシリカ反応によって、コンクリート（コア）の物理量・力学量がどのように変化しているかをみてみる。

1) 物理量

表乾比重は、Na 7と20の構造物を除くと、アルカリシリカ反応であると判定された構造物の値はやや低い（図- 2.31）。吸水率はNa20を除いて、アルカリシリカ反応であるものの値は、他よりも高い傾向にある（図- 2.32）。

このように、アルカリシリカ反応であると判定されたコンクリートは、反応の疑いのあるものなどに比べると、多孔質な状態にある。しかし、この状態が反応によってもたらされたものであるのか、もともと多孔質であって水分を通し易かったために、反応が起きたのかは不明である（同一構造物の劣化部と非劣化部の値に系統的な差は見出されていない。4-4 2) 参照）。

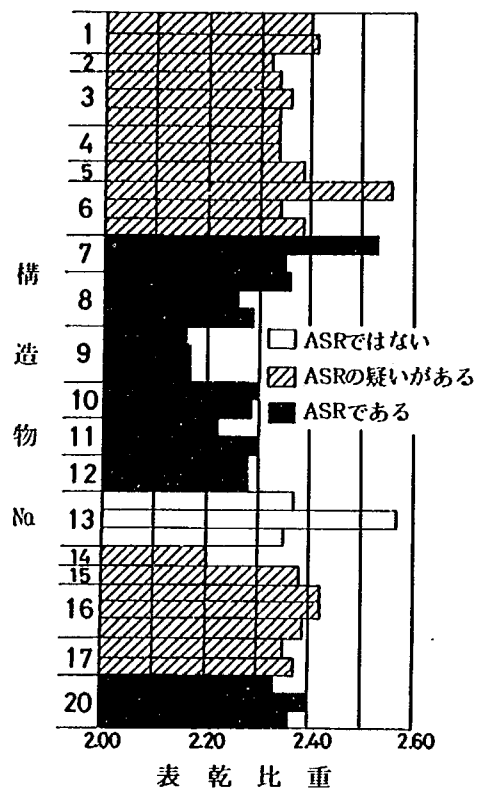


図-2.31 アルカリシリカ反応の判定結果と表乾比重

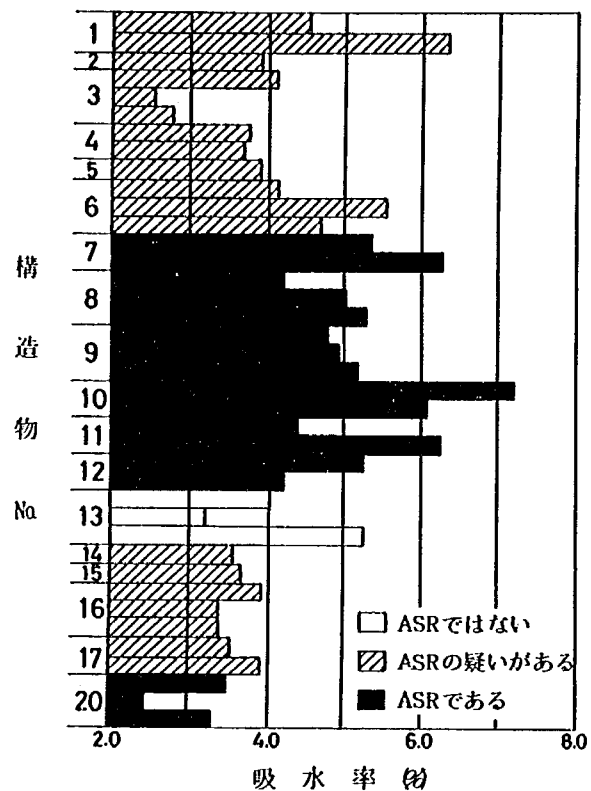


図-2.32 アルカリシリカ反応の判定結果と吸水率

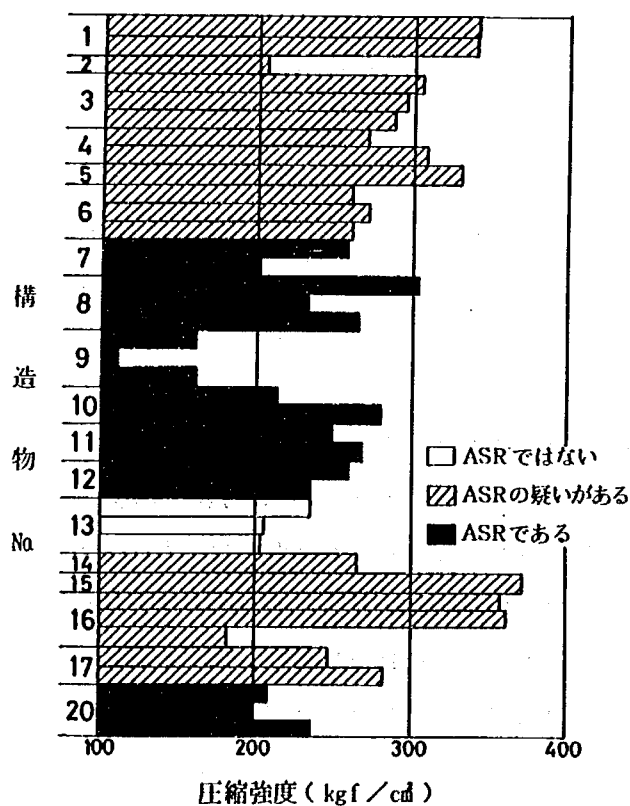


図-2.33 アルカリシリカ反応の判定結果と圧縮強度

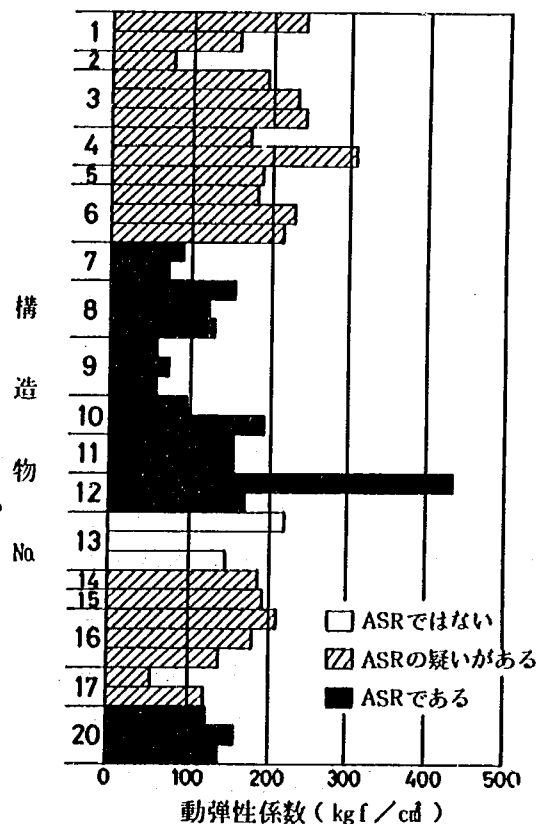


図-2.34 アルカリシリカ反応の判定結果と動弾性係数

2) 力学量

判定結果と圧縮強度の関係を図-2.33に、動弾性係数との関係を図-2.34に示す。

図のように力学量は両者とも、アルカリシリカ反応であると判定された構造物の値が、他よりも劣る傾向にある。

3) アルカリシリカ反応と物理量・力学量

以上のように、アルカリシリカ反応であると判定された構造物の物理量・力学量は、それ以外の構造物の値と比べると、どれも劣る傾向にある。しかしながら、物理量のところでも述べたように、これらの諸量がアルカリシリカ反応によって変化したのであるのかどうかは定かではない。

6. ま と め

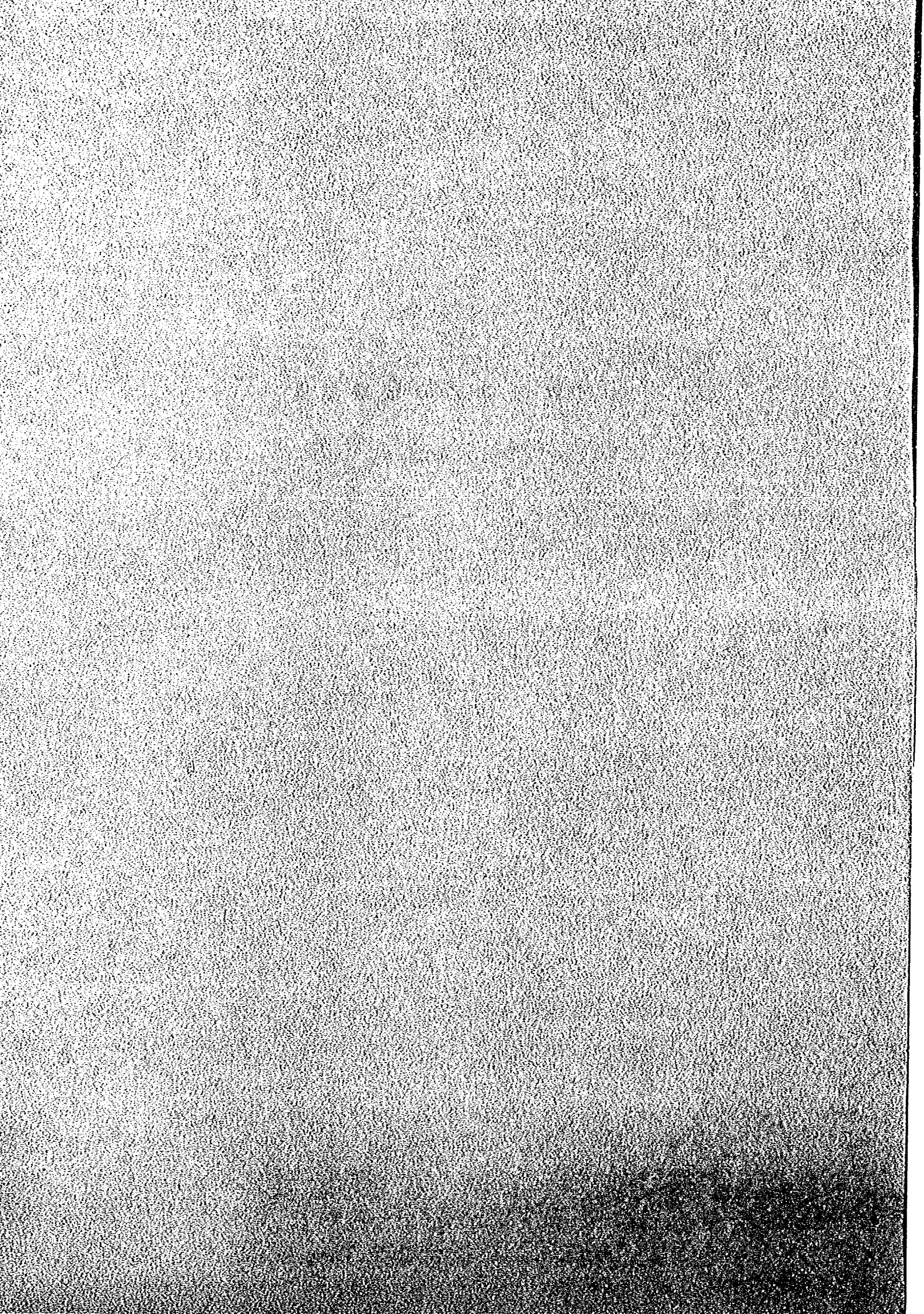
原因不明のひびわれを生じている構造物の劣化の原因が、アルカリシリカ反応であるのか否かを確認するため各種調査試験を行った結果、次のことがわかった。

- 1) ほとんどの構造物の表面に、ゾル・ゲル状の物質が観察された。これらの一部は特定の骨材から浸出しているのが認められた。構造物No 2, 7, 8, 10から採取したゲル状物質は化学分析の結果、アルカリシリカゲルであることがわかった。
- 2) コアの塩分量は、劣化部の浅部で含有量が高い。 Na^+ 含有量は劣化部の浅部で低く、 K^+ 含有量は劣化部と非劣化部の浅部で低くなっている。
- 3) コアの表乾比重・吸水率・圧縮強度・動弾性係数には、劣化部と非劣化部で系統的な差は認められない。
- 4) 使用されている粗骨材は、構造物ごとにみると、碎石・砂利・両者の混合がほぼ同数ずつあった。
- 5) 粗骨材のアルカリ反応性は岩型によって異なる。有害・潜在的有害となる率が高いのは、チャート質頁岩類・チャート類・頁岩類・安山岩類・サヌカイト質安山岩類などである。安山岩類・サヌカイト質安山岩類および流紋岩類の一部には、従来反応性があるといわれているクリストバライト・火山ガラスが認められた。
- 6) コアの膨張量は、構造物No 7～12と20で異常に大きな値を示した。
- 7) 構造物の劣化がアルカリシリカ反応によるものかどうかを、ゾル・ゲル状物質の有無、有害・潜在的有害骨材の有無、コアの膨張量（3カ月時の値が0.05%以上か）を基準に行った。その結果、「アルカリシリカ反応である」と判定された構造物は、No 7～12と20、「アルカリシリカ反応の疑いがある」とされたのは、No 1～6, 14～19と21、「アルカリシリカ反応ではない」とされたのは、No 13である。反応の疑いのある構造物まで含めると、アルカリシリカ反応による劣化を生じている構造物は、ほぼ全国的に分布しているといえる。
- 8) 上記判定結果に基づいた確実な反応の条件は、水セメント比：54%以上、コンクリート中のアルカリ総量：3.25kg/m³、セメント中の Na_2O 等価%：1.1%以上、反応性骨材の含有量（堆積岩類）

：ほぼ100%,(火山岩類)：60%以上である。

9) アルカリシリカ反応であると判定された構造物のコアの物理量・力学量は、他に比べるとやや劣る傾向にある。

付 表 コ ア の 試 験 結 果



凡 例

1. コアNo

コアNoのうち、A・Bは劣化部、Cは非劣化部のコアであることを表す。

2. 深 度

深度はコア表面から分析片を採取した位置までの深さを表している。

3. アルカリ反応性試験の結果

Sc： 溶解シリカ量， Rc： アルカリ濃度減少量

4. X線回折分析の結果

鉱物名 Qtz：石英， Or：正長石， Mic：微斜長石， HA：高温型斜長石， LA：低温型斜長石， Hb：角閃石， En：輝石， Mus：白雲母， Chl：緑泥石， Ill：イライト，
Cr：クリストバライト， Gl：火山ガラス， Cal：方解石， Cp：黄銅鉱，
Py：黄鉄鉱， Ilm：イルメナイト， Mont：モンモリロナイト

量 比 多◎>⊙>○>○>?少

構造物No.1

1. コンクリートの膨張量

コ ア No	2 週	4 週	2 カ月	3 カ月	4 カ月	6 カ月
B ₁ -1-a	0.0130	0.0145	0.0155	0.0155	0.0235	0.0200
C ₂ -1-a'	0.0195	0.0225	0.0245	0.0255	0.0305	0.0280

2. コンクリートの物理量

コ ア No	表乾比重	吸水率(%)	圧縮強度 (kg f / cm ²)	動弾性係数(×10 ³ kgf / cm ²)	
				縦 振 動	たわみ振動
B ₁ -1-a	2.40	4.52	340	242	236
C ₁ -1-a	2.41	6.34	338	159	155
—	—	—	—	—	—

3. コンクリート中のNaCl・Na⁺、K⁺量(wt%)

劣 化 部					非 劣 化 部				
コ ア No	深 度	NaCl	Na ⁺	K ⁺	コ ア No	深 度	NaCl	Na ⁺	K ⁺
A ₁ -1-a	2 cm	0.04	0.0523	0.0447	C ₁ -1-a	1 cm	0.09	0.0852	0.0447
A ₁ -1-b	22 cm	0.02	0.0530	0.0590	C ₁ -1-b	23 cm	0.12	0.0673	0.0600

4. 骨材の種類およびアルカリ反応性試験の結果

No	岩 石 名	重量比 (%)	産状	初期状態の ゾル・ゲル	スライス後の ゾル・ゲル	A S T M 化学法結果		
						Sc mmol/l	Rc mmol/l	判 定
1	優白質花崗岩	41.2	砕石	全体にゾル があり、岩 石は特定で きない。	無	60.8	55.6	有害?
2	淡緑色斑岩	24.3	"		"	38.4	78.2	無 害
3	カククラサイト	15.5	"		"	66.6	57.7	有害?
4	頁 岩	10.3	"		"	52.1	78.5	無 害
5	安 山 岩	5.6	"		"	22.0	88.7	無 害
6	そ の 他	3.1	"		"	—	—	—
7	細 骨 材	—	—		ゾル・ゲル	475	74.8	有 害

5. X線回折分析の結果

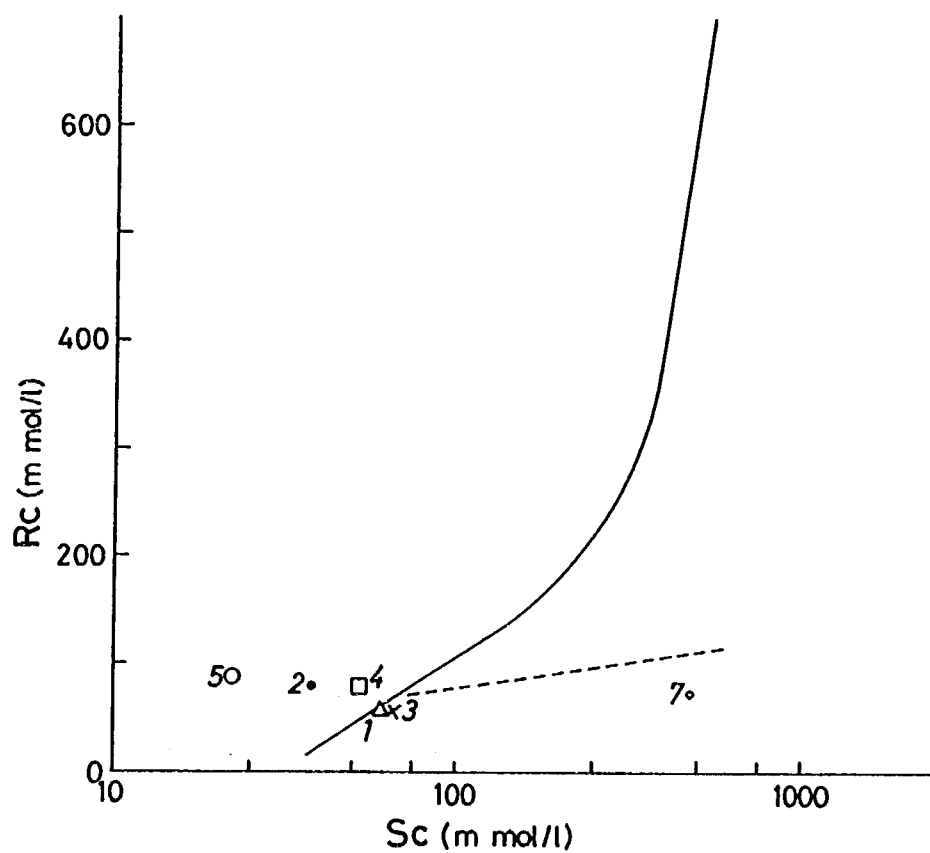
No	岩 石 名	Qtz	Or	Mic	HA	LA	Hb	En	Mus	Chl	Ill	Cr	Gl	その他
1	優白質花崗岩	◎	●			●				○	○			
2	淡緑色斑岩	◎	●			●				○	○			
3	カククラサイト	◎				◎				●	○			
4	頁 岩	◎				○				●	○			
5	安 山 岩	◎				●				○				
7	細 骨 材	◎		○		●	○			○				

6. 骨材の物理量

№	1		2	3	4
岩石名	優白色花崗斑岩		淡緑色斑岩	カタクラサイト	頁岩
コア №	A	B	A	A	A
自然空中重量(g)	52.4	52.0	48.4	54.2	51.3
乾燥空中重量(g)	52.27	52.22	49.10	53.92	51.16
湿潤空中重量(g)	53.56	53.63	50.09	55.64	51.91
湿潤水中重量(g)	32.46	32.40	30.72	34.08	32.73
乾燥密度(g/cm ³)	2.477	2.460	2.535	2.501	2.667
吸水率(%)	2.468	2.700	2.016	3.190	1.466
湿潤密度(g/cm ³)	2.538	2.526	2.586	2.581	2.707

7. 判定

1. ASRである。 ②. ASRの疑いがある。 3. ASRでない。



構造物No 2

1. コンクリートの膨張量

コ ア No	2 週	3 週	2 カ月	3 カ月	4 カ月	6 カ月
B ₂ -1-a	0.0130	0.0145	0.0175	0.0185	0.0235	0.0260
B ₂ -2-c	0.0195	0.0230	0.0245	0.0255	0.0285	0.0260
C ₂ -1-c	0.0115	0.0110	0.0075	0.0085	0.0085	0.0060

2. コンクリートの物理量

コ ア No	表乾比重	吸水率(%)	圧縮強度 (kgf/cm ²)	動弾性係数(×10 ³ kgf/cm ²)	
				縦 振 動	たわみ振動
B ₁ -1-a	2.32	3.92	204	77	149
—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—

3. コンクリート中のNaCl, Na⁺, K⁺ 量 (wt %)

劣 化 部					非 劣 化 部				
コ ア No	深 度	NaCl	Na ⁺	K ⁺	コ ア No	深 度	NaCl	Na ⁺	K ⁺
A ₁ -1-a	2cm	0.04	0.0373	0.0469	C ₁ -1-a'	4cm	0.09	0.0556	0.0390
A ₁ -2-c	46cm	0.02	0.0990	0.0551	C ₁ -2-c	46cm	0.01	0.0498	0.0395

4. 骨材の種類およびアルカリ反応性試験の結果

No	岩 石 名	重量比 (%)	産状	初期状態の ゾル・ゲル	スライス 後の ゾル・ゲル	A S T M 化学法 結果		
						Sc mmol/l	Rc mmol/l	判 定
1	砂 岩	19.4	砂利	全体的にゾ ルがごく少 量認められ るのみ	無	58.0	46.3	有害?
2	花崗岩	17.5	"		"	26.8	28.2	無 害
3	黒色頁岩	14.1	"		"	64.0	58.2	有害?
4	流紋岩	12.0	"		ゾル	301	122	潜在的有害
5	チャート質頁岩	11.8	"		無	72.7	36.7	有 害
6	チャート	8.7	"		"	78.9	15.7	有 害
7	安山岩(ガラス質; 褐灰色)	4.1	"		"	405	59.5	有 害
8	石英安山岩	2.4	"		"	—	—	—
9	その他	10.0	"		"	—	—	—
10	細骨材	—	—		"	360	49.5	有 害

5. X線回折分析の結果

No	岩 石 名	Qtz	Or	Mic	HA	LA	Hb	En	Mus	Chl	Ill	Cr	Gl	その他
1	砂 岩	◎	○			◎	○			○	○			
2	花崗岩	◎		◎		◎	○			○	○			
3	黒色頁岩	◎				○			○	○				
4	流紋岩	◎	○		○					○	○			
5	チャート質頁岩	◎				○				○	○			
6	チャート	◎				○				○	○			
7	安山岩(ガラス質; 褐灰色)	◎	○			○				○	○			
8	石英安山岩	○				◎	○	○	○	○				
10	細骨材	◎	◎			◎	○			○	○			

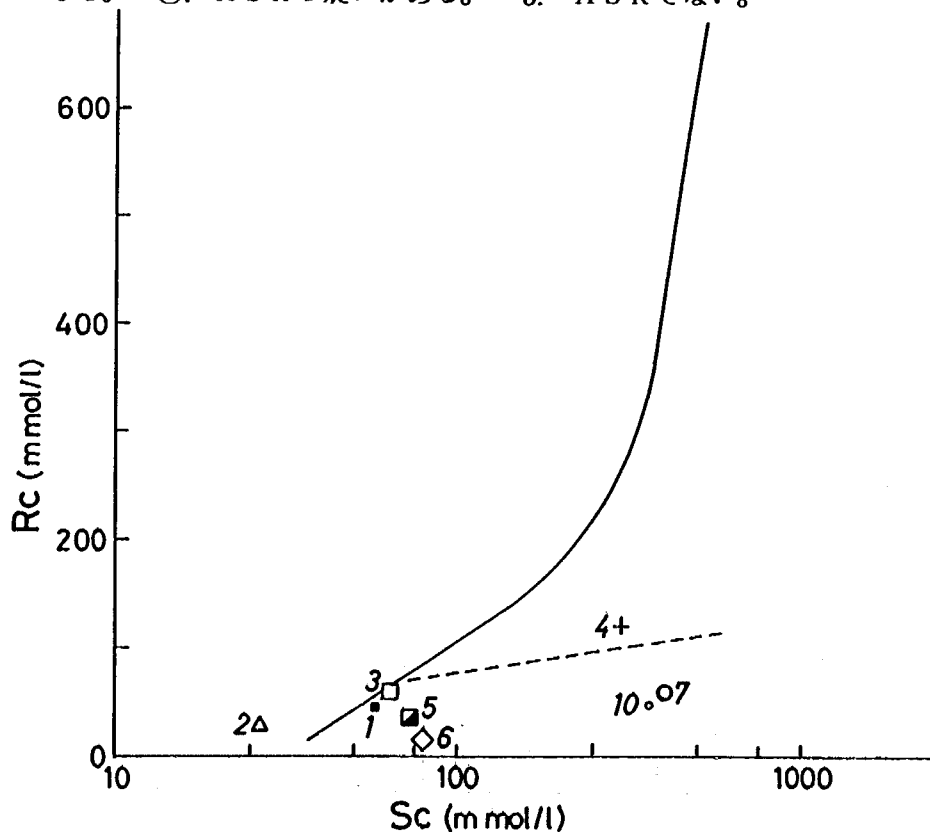
6. 骨材の物理量

Na	1			2			3		
岩石名	砂 岩			花 崗 岩			黒 色 頁 岩		
コア Na	A	B	C	A	B	C	A	B	C
自然空中重量(g)	57.0	56.5	57.9	55.7	51.4	53.5	55.3	56.2	54.8
乾燥空中重量(g)	56.74	54.62	57.48	55.79	51.25	53.41	54.92	55.76	54.62
湿潤空中重量(g)	57.22	55.19	58.32	56.33	51.71	53.85	55.43	56.31	54.93
湿潤水中重量(g)	35.54	34.21	35.90	34.83	31.89	33.21	34.85	35.33	34.63
乾燥密度(g/cm ³)	2.617	2.603	2.564	2.595	2.586	2.586	2.669	2.658	2.691
吸水率(%)	0.846	1.044	1.461	0.968	0.898	0.824	0.929	0.986	0.568
湿潤密度(g/cm ³)	2.639	2.601	2.601	2.620	2.609	2.609	2.693	2.684	2.706

Na	4			5			6			7
岩石名	流 紋 岩			チャート質頁岩			チャ ー ト			安山岩
コア Na	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A
自然空中重量(g)	55.0	55.5	54.4	55.6	55.9	52.3	52.0	48.4	50.0	55.4
乾燥空中重量(g)	54.12	54.78	53.73	55.41	55.66	52.13	51.89	48.31	49.83	54.94
湿潤空中重量(g)	56.36	56.33	55.55	55.68	56.07	52.49	52.07	48.52	50.14	55.92
湿潤水中重量(g)	33.18	33.86	33.01	35.03	35.01	32.93	32.35	30.13	31.18	34.12
乾燥密度(g/cm ³)	2.335	2.438	2.384	2.683	2.643	2.665	2.636	2.627	2.628	2.520
吸水率(%)	4.139	2.829	3.387	0.487	0.737	0.691	0.173	0.435	0.622	1.784
湿潤密度(g/cm ³)	2.431	2.507	2.465	2.696	2.662	2.684	2.640	2.638	2.645	2.565

7. 判 定

1. ASRである。 ②. ASRの疑いがある。 3. ASRでない。



構造物No 3

1. コンクリートの膨張量

コ ア No	2 週	4 週	2 カ月	3 カ月	4 カ月	6 カ月
B ₁ -1-c	0.0235	0.0250	0.0245	0.0235	0.0275	0.0265
B ₂ -1-a	0.0120	0.0170	0.0140	0.0140	0.0185	0.0135
C ₂ -1-c	0.0130	0.0190	0.0190	0.0195	0.0245	0.0195

2. コンクリートの物理量

コ ア No	表乾比重	吸水率(%)	圧縮強度 (kgf/cm ²)	動弾性係数(×10 ³ kgf/cm ²)	
				縦 振 動	たわみ振動
B ₁ -1-a	2.34	4.10	305	194	196
B ₂ -1-c	2.36	2.53	295	233	202
C ₁ -1-c	2.34	2.79	288	242	230

3. コンクリート中のNaCl, Na⁺, K⁺ (wt %)

劣 化 部					非 劣 化 部				
コ ア No	深 度	NaCl	Na ⁺	K ⁺	コ ア No	深 度	NaCl	Na ⁺	K ⁺
A ₁ -1-a	3 cm	0.03	0.0278	0.0380	C ₁ -1-a	2 cm	0.02	0.0288	0.0380
A ₁ -1-c'	63cm	0.02	0.0648	0.0647	C ₁ -1-c'	63cm	0.11	0.0421	0.0484

4. 骨材の種類およびアルカリ反応性試験の結果

No	岩 石 名	重量比 (%)	産状	初期状態の ゾル・ゲル	スライス後の ゾル・ゲル	A S T M 化学法 結果		
						Sc mmol/l	Rc mmol/l	判 定
1	砂 岩	25.8	砂利	無	無	41.5	25.9	無害-有害
2	黒色頁岩	23.5	〃	〃	ゾル	99.9	32.6	有 害
3	チャート質頁岩	9.3	〃	〃	無	78.0	13.1	有 害
4	泥質～砂質チャート	8.5	〃	〃	〃	62.6	13.6	有 害
5	チャート類	5.6	〃	〃	〃	65.6	21.5	有 害
6	砂質頁岩	5.2	〃	〃	〃	60.6	50.1	有害?
7	安山岩	4.8	〃	〃	〃	—	—	—
8	花崗岩	4.3	〃	〃	〃	—	—	—
9	黒雲母片岩	0.2	〃	〃	〃	—	—	—
10	その他	12.8	〃	〃	〃	—	—	—
11	細骨材	—	—	〃	ゾル	112	25.3	有 害

5. X線回折分析の結果

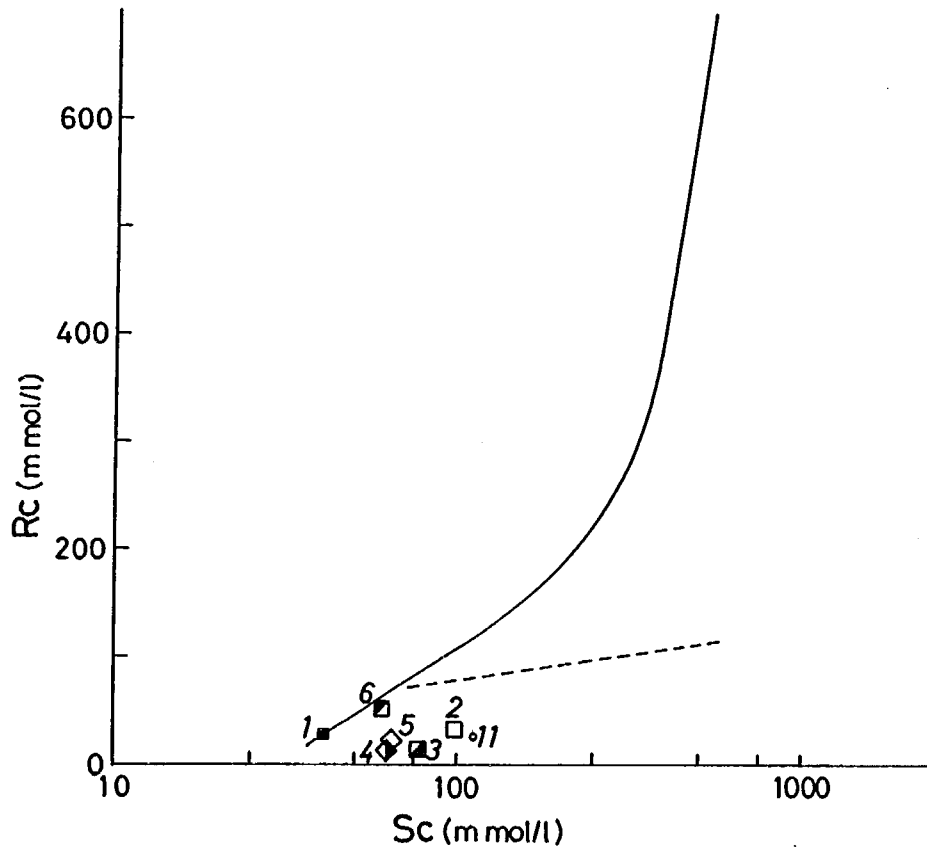
No	岩 石 名	Qtz	Or	Mic	HA	LA	Hb	En	Mus	Chl	Ill	Cr	Gl	その他
1	砂 岩	◎		○		●	○		○	○				
2	黒色頁岩	◎				●			●	○				
3	チャート質頁岩	◎				○			○	○				
4	泥質～砂質チャート	◎				○			○	○				
5	チャート類	◎				○			○	○				
6	砂質頁岩	◎				●			●	○				
11	細骨材	◎	●			●			○	○				

6. 骨材の物理量

No	1			2			3		4	
岩石名	砂 岩			黒 色 頁 岩			チャート質頁岩		泥質～砂質チャート	
コ ア No	A	B	C	A	B	C	B	C	B	C
自然空中重量(g)	50.5	52.9	54.0	60.3	49.6	90.5	53.9	51.8	53.8	41.3
乾燥空中重量(g)	50.22	52.71	53.79	60.08	49.51	90.63	53.73	51.86	53.83	41.22
湿潤空中重量(g)	50.75	53.18	54.14	60.57	49.83	91.43	54.19	52.31	54.13	41.43
湿潤水中重量(g)	31.60	33.12	33.88	38.13	31.37	57.63	33.60	32.59	33.73	25.78
乾燥密度(g/cm ³)	2.623	2.628	2.655	2.677	2.682	2.681	2.610	2.630		
吸水率(%)	1.055	0.892	0.651	0.816	0.646	0.883	0.856	0.868	0.557	0.510
湿潤密度(g/cm ³)	2.650	2.651	2.672	2.699	2.699	2.705	2.632	2.653	2.653	2.647

7. 判 定

1. ASRである。 ② ASRの疑いがある。 3. ASRでない。



構造物No 4

1. コンクリートの膨張量

コ ア No	2 週	4 週	2 カ月	3 カ月	4 カ月	6 カ月
B ₂ -1-a	0.0210	0.0285	0.0270	0.0280	0.0310	0.0300
B ₂ -1-c	0.0090	0.0095	0.0105	0.0115	0.0150	0.0135
C ₂ -1-c	0.0115	0.0130	0.0105	0.0110	0.0145	0.0090

2. コンクリートの物理量

コ ア No	表乾比重	吸水率(%)	圧縮強度 (kg f / cm ²)	動弾性係数(×10 ³ kgf/cm ²)	
				縦 振 動	たわみ振動
B ₁ -2-b	2.34	3.77	271	172	170
C ₁ -1-c	2.34	3.69	307	309	207
—	—	—	—	—	—

3. コンクリート中のNaCl, Na⁺, K⁺ 量 (wt %)

劣 化 部					非 劣 化 部				
コ ア No	深 度	NaCl	Na ⁺	K ⁺	コ ア No	深 度	NaCl	Na ⁺	K ⁺
A ₁ -1-a	2 cm	0.02	0.0270	0.0299	C ₁ -1-a	2 cm	0.03	0.0343	0.0309
A ₁ -2-c	50 cm	0.01	0.0447	0.0416	C ₁ -1-c'	54 cm	0.01	0.0540	0.0496

4. 骨材の種類およびアルカリ反応性試験の結果

No	岩 石 名	重量比 (%)	産状	初期状態の ゾル・ゲル	スライス後の ゾル・ゲル	A S T M 化学法 結果		
						Sc mmol/l	Rc mmol/l	判 定
1	砂 岩	35.7	砂利	若干濡れた 部分はある が、ゾル部 は不明瞭	無	45.4	35.8	無害-有害
2	黒色頁岩	15.1	"		"	82.7	36.4	有 害
3	チャート~チャート質頁岩	13.7	"		"	145	25.8	有 害
4	安山岩	12.3	"		"	787	141	潜在的有害
5	流紋岩	7.7	"		ゾル	751	142	潜在的有害
6	花崗岩	7.4	"		無	—	—	—
7	ひん岩	5.1	"		"	—	—	—
8	赤褐色安山岩	1.6	"		ゾル	—	—	—
9	輝緑岩	0.4	"		無	—	—	—
10	シャールスタイン	0.2	"		"	—	—	—
11	石英斑岩?	0.1	"		"	—	—	—
12	その他	0.6	"		"	—	—	—
13	細骨材	—	—		"	239	35.0	有 害

5. X線回折分析の結果

No	岩 石 名	Qtz	Or	Mic	HA	LA	Hb	En	Mus	Chl	Ill	Cr	Gl	その他
1	砂 岩	◎		●		◎			○	○				
2	黒色頁岩	◎				●			○	○				
3	チャート~チャート質頁岩	◎				○			○	○				
4	安山岩				●					○		?		
5	流紋岩	◎				●	○		○	○				
8	赤褐色安山岩				◎							?		
13	細骨材	◎	●			●				○	○			

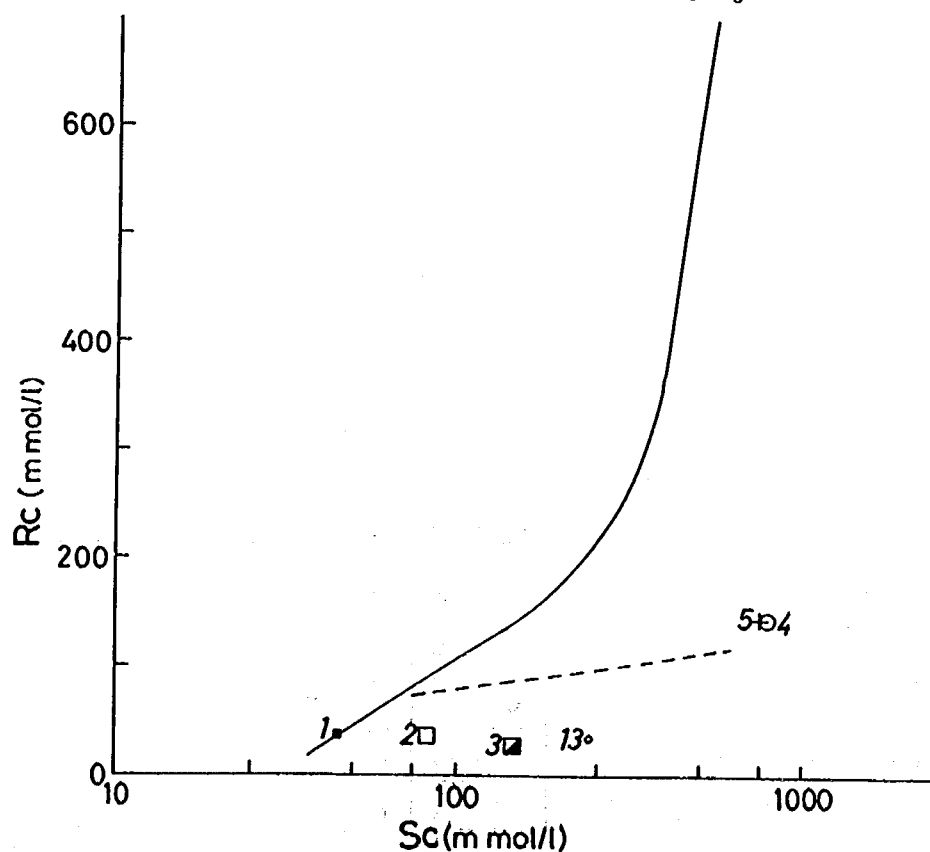
6. 骨材の物理量

No	1			2			3		
岩石名	砂 岩			黒 色 頁 岩			チャート~チャート質頁岩		
コア No	A	B	C	A	B	C	A	B	C
自然空中重量(g)	55.7	54.6	53.0	53.6	53.6	51.6	53.6	52.3	51.4
乾燥空中重量(g)	55.78	54.58	53.04	53.44	53.35	51.38	53.48	52.15	51.32
湿潤空中重量(g)	56.26	55.08	53.36	53.85	53.75	51.66	53.72	52.40	51.51
湿潤水中重量(g)	34.86	34.16	33.18	33.86	33.74	32.53	33.32	32.61	32.02
乾燥密度(g/cm ³)	2.607	2.609	2.628	2.673	2.666	2.686	2.622	2.635	2.633
吸水率(%)	0.861	0.916	0.603	0.767	0.750	0.545	0.449	0.479	0.370
湿潤密度(g/cm ³)	2.629	2.633	2.644	2.694	2.686	2.700	2.633	2.648	2.643

No	4			5		
岩石名	安 山 岩			流 紋 岩		
コア No	A	B	C	A	B	C
自然空中重量(g)	51.6	53.1	52.0	51.0	49.1	44.7
乾燥空中重量(g)	51.27	52.76	51.47	50.05	48.60	44.25
湿潤空中重量(g)	52.14	53.47	52.33	52.00	49.91	45.27
湿潤水中重量(g)	32.73	33.49	32.96	30.41	29.90	27.30
乾燥密度(g/cm ³)	2.641	2.641	2.657	2.318	2.429	2.462
吸水率(%)	1.697	1.346	1.671	3.896	2.695	2.305
湿潤密度(g/cm ³)	2.686	2.676	2.702	2.409	2.494	2.519

7. 判 定

1. ASRである。 ② ASRの疑いがある。 3. ASRでない。



構造物No.5

1. コンクリートの膨張量

コア No	2 週	4 週	2 カ月	3 カ月	4 カ月	6 カ月
B ₁ -1-c	0.0220	0.0290	0.0285	0.0295	0.0335	0.0350
B ₂ -2-c	0.0340	0.0400	0.0425	0.0455	0.0500	0.0500

2. コンクリートの物理量

コア No	表乾比重	吸水率(%)	圧縮強度 (kgf/cm ²)	動弾性係数(×10 ³ kgf/cm ²) 縦 振 動	たわみ振動
B ₁ -1-a	2.39	3.92	331	187	170
—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—

3. コンクリート中の NaCl, Na⁺, K⁺量(wt%)

劣 化 部					非 劣 化 部				
コア No	深 度	NaCl	Na ⁺	K ⁺	コア No	深 度	NaCl	Na ⁺	K ⁺
A ₁ -1-a	2 cm	0.05	0.0359	0.0716	—	—	—	—	—
A ₁ -1-c	51 cm	0.01	0.0537	0.0855	—	—	—	—	—

4. 骨材の種類およびアルカリ反応性試験の結果

No	岩 石 名	重量比 (%)	産状	初期状態の ゾル・ゲル	スライス後の ゾル・ゲル	A S T M 化学法結果		
						Sc mmol/l	Rc mmol/l	判 定
1	花崗岩	11.9	砂利	無	無	32.8	23.0	無 害
2	安山岩 I		〃	〃				
3	安山岩 II		〃	〃				
4	安山岩 III	11.4	〃	〃		118	23.6	有 害
5	安山岩 IV		〃	〃				
6	安山岩 V		〃	〃				
7	安山岩 VI		〃	〃				
8	流紋岩質凝灰岩	11.0	〃	〃	無	137	43.8	有 害
9	優白色チャート	8.8	〃	〃	〃	93.1	25.3	有 害
10	花崗閃緑岩	8.3	〃	〃	〃	35.4	30.5	無 害
11	ひん岩	8.2	〃	〃	〃	59.9	25.6	有害?
12	輝緑岩	8.0	〃	〃	〃	19.9	21.6	無 害
13	シャルスタイン	6.6	〃	〃	〃	22.4	42.9	無 害
14	頁 岩	5.0	〃	〃	〃	—	—	—
15	流紋岩	4.2	〃	〃	〃	61.6	64.9	無害 有害
16	チャート質頁岩～砂岩	3.3	〃	〃	〃	—	—	—
17	砂 岩	2.9	〃	〃	〃	59.1	50.6	有害?
18	蛇紋岩	2.8	〃	〃	〃	—	—	—
19	石英斑岩	2.4	〃	〃	〃	—	—	—
20	玄武岩	0.6	〃	〃	〃	—	—	—
21	優黒色チャート	0.6	〃	〃	〃	—	—	—
22	溶結凝灰岩?	0.4	〃	〃	〃	—	—	—
23	安山岩質凝灰岩	0.3	〃	〃	〃	—	—	—
24	多孔質安山岩	0.3	〃	〃	〃	—	—	—
25	赤褐～茶褐色チャート	0.2	〃	〃	〃	—	—	—
26	凝灰岩?	0.2	〃	〃	〃	—	—	—
27	火山角礫岩	0.1	〃	〃	〃	—	—	—
28	凝灰質泥岩	0.04	〃	〃	〃	—	—	—
29	そ の 他	2.6	〃	〃	〃	—	—	—
30	細 骨 材	—	—	〃	〃	517	51.6	有 害

5. X線回折分析の結果

No	岩 石 名	Qtz	Or	Mic	HA	LA	Hb	En	Mus	Shl	Ill	Cr	Gl	その他
1	花崗岩	◎	◎			◎	○		◎	○				
2-7	安山岩 I～VI	◎	○			◎	○			○	○			
8	流紋岩質凝灰岩	◎	◎			◎				○	○			
9	優白色チャート	◎	○			◎				○	○			
10	花崗閃緑岩	◎	◎			◎	○			○	○			
11	ひん岩	◎			◎		○	?		○	○			
12	輝緑岩				○		○	○		○	○			
13	シャルスタイン	○				○	○	○	○	○				
15	流紋岩	◎	○			◎			○	○				
17	砂 岩	◎				◎	○		○	○				
30	細骨材	◎	○			◎	○			○	○			

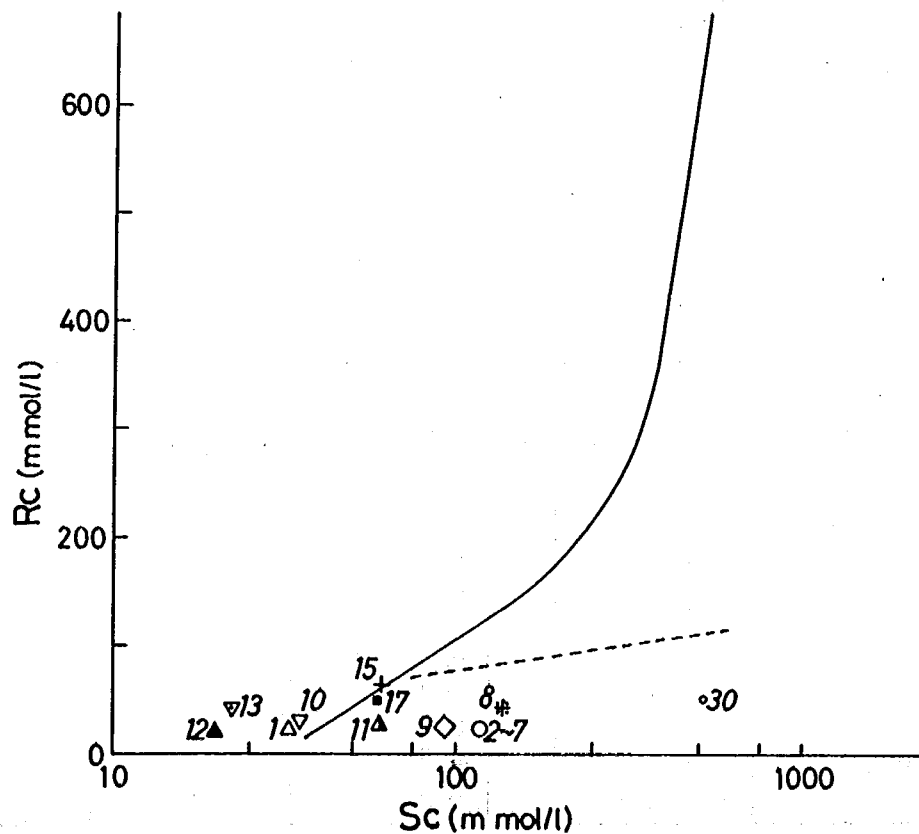
6. 骨材の物理量

No	1		8		9		10		11	
岩石名	花崗岩		流紋岩質凝灰岩		優白色チャート		花崗閃緑岩		ひん岩	
コア No	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
自然空中重量(g)	56.2		54.6		56.1		54.9		53.7	
乾燥空中重量(g)	56.01		54.30		55.94		54.70		53.58	
湿潤空中重量(g)	56.35		54.93		56.26		55.03		53.90	
湿潤水中重量(g)	35.07		33.77		34.75		34.87		33.90	
乾燥密度 (g/cm ³)	2.632		2.566		2.601		2.713		2.679	
吸水率(%)	0.607		1.160		0.572		0.603		0.597	
湿潤密度 (g/cm ³)	2.648		2.596		2.616		2.730		2.695	

No	12		13		15		17	
岩石名	輝緑岩		シャルスタイン		流紋岩		砂岩	
コア No	A	B	A	B	A	B	A	B
自然空中重量(g)	53.6		52.6		44.2		55.0	
乾燥空中重量(g)	53.42		52.30		43.97		54.86	
湿潤空中重量(g)	53.73		52.82		44.91		55.21	
湿潤水中重量(g)	35.27		34.37		27.23		34.53	
乾燥密度 (g/cm ³)	2.894		2.835		2.487		2.653	
吸水率(%)	0.580		0.994		2.138		0.638	
湿潤密度 (g/cm ³)	2.911		2.695		2.540		2.670	

7. 判定

1. ASRである。 ② ASRの疑いがある。 3. ASRでない。



構造物No 6

1. コンクリートの膨張量(%)

コ ア No	2 週	4 週	2 カ月	3 カ月	4 カ月	6 カ月
B ₂ -2-b	0.0100	0.0125	0.0125	0.0140	0.0170	0.0135
B ₂ -2-c	0.0070	0.0095	0.0115	0.0115	0.0165	0.0140
C ₂ -1-c	0.0155	0.0155	0.0170	0.0195	0.0220	0.0225

2. コンクリートの物理量

コ ア No	表乾比重	吸水率(%)	圧縮強度 (kgf/cd)	動弾性係数(×10 ³ kgf/cd)	
				縦 振 動	たわみ振動
B ₁ -1-a	2.56	4.11	261	182	209
B ₁ -1-c	2.34	5.55	272	229	231
C ₁ -1-c	2.39	4.69	261	215	236

3. コンクリート中のNaCl, Na⁺, K⁺ 量 (wt %)

劣 化 部					非 劣 化 部				
コ ア No	深 度	NaCl	Na ⁺	K ⁺	コ ア No	深 度	NaCl	Na ⁺	K ⁺
A ₁ -1-a	2 cm	0.01	—	—	C ₁ -1-a	2 cm	0.01	0.0401	0.0329
A ₁ -1-c'	61cm	0.003	0.0270	0.0419	C ₁ -1-c'	59.5 cm	0.01	0.0253	0.0447

4. 骨材の種類およびアルカリ反応性試験の結果

No	岩 石 名	重量比 (%)	産状	初期状態の ゾル・ゲル	スライス後の ゾル・ゲル	A S T M 化学法 結果		
						Sc mmol/l	Rc mmol/l	判 定
1	砂 岩	20.2	砂利	無	無	51.6	51.5	無 害
2	緑灰色砂岩~砂質頁岩	19.0	"	"	"	41.1	58.8	無 害
3	頁 岩	17.9	"	"	"	61.3	68.9	無 害
4	チャート	14.1	"	"	"	143	31.0	有 害
5	チャート質頁岩	12.9	"	"	"	108	36.0	有 害
6	花崗岩	4.6	"	"	"	—	—	—
7	シャルスタイン	3.0	"	"	"	—	—	—
8	輝緑岩	2.6	"	"	"	—	—	—
9	流紋岩	2.3	"	"	"	—	—	—
10	安山岩	0.6	"	"	"	—	—	—
11	片麻岩	0.5	"	"	"	—	—	—
12	安山岩? (淡緑灰色)	0.5	"	"	"	—	—	—
13	赤褐色安山岩	0.4	"	"	"	—	—	—
14	その他	1.4	"	"	"	—	—	—
15	細骨材	—	—	"	"	155	26.4	有 害

5. X線回折分析の結果

No	岩 石 名	Otz	Or	Mic	HA	LA	Hb	En	Mus	Chl	Ill	Cr	Gl	その他
1	砂 岩	◎	○			◎				○	○			Cal
2	緑灰色砂岩~砂質頁岩	◎				◎				○	○			Cal or Cp
3	頁 岩	◎				◎			○	○				
4	チャート	◎				○				○	○			
5	チャート質頁岩	◎				○			○	○				
7	シャルスタイン	◎				◎	○			○	○			
8	輝緑岩					○	◎			○	○			
9	流紋岩	◎	○			◎				○	○			
13	赤褐色安山岩	◎				◎				?	○			
15	細骨材	◎	◎			○				?	○			

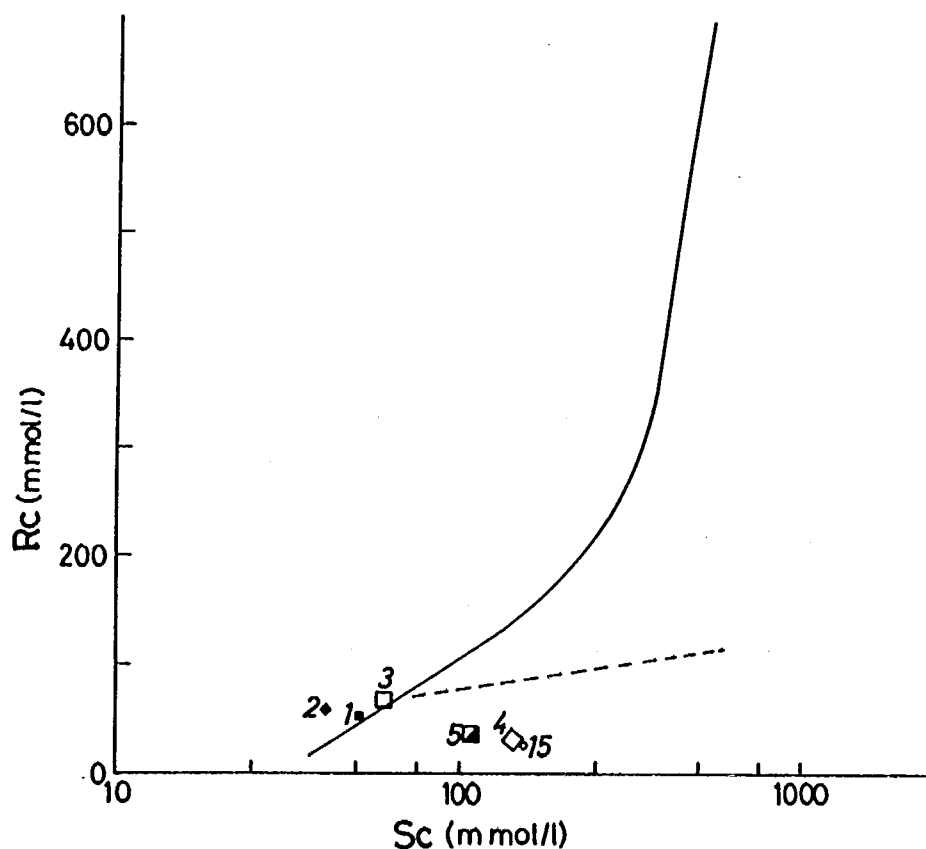
6. 骨材の物理量

No	1			2			3		
岩石名	砂 岩			緑灰色砂岩～砂質頁岩			頁 岩		
コ ア No	A	B	C	A	B	C	A	B	C
自然空中重量(g)	56.1	52.2	55.0	56.0	48.7	53.7	54.4	55.8	56.5
乾燥空中重量(g)	55.76	51.93	54.63	55.76	48.37	53.33	54.02	55.39	56.04
湿潤空中重量(g)	56.41	52.45	55.49	56.67	49.05	54.16	54.71	55.96	56.74
湿潤水中重量(g)	35.00	32.56	34.23	35.20	30.61	33.87	34.33	35.23	35.71
乾燥密度(g/cm ³)	2.604	2.611	2.570	2.597	2.623	2.628	2.651	2.672	2.665
吸水率(%)	1.166	1.001	1.574	1.632	1.406	1.556	1.277	1.029	1.249
湿潤密度(g/cm ³)	2.635	2.637	2.610	2.639	2.660	2.669	2.684	2.699	2.698

No	4			5		
岩石名	チャート			チャート質頁岩		
コ ア No	A	B	C	A	B	C
自然空中重量(g)	55.9	52.8	50.7	43.3	50.3	46.5
乾燥空中重量(g)	55.70	52.60	50.59	43.11	50.11	46.33
湿潤空中重量(g)	56.06	52.98	50.87	43.54	50.59	46.76
湿潤水中重量(g)	34.75	32.83	31.58	26.99	31.55	29.07
乾燥密度(g/cm ³)	2.614	2.610	2.623	2.605	2.632	2.619
吸水率(%)	0.646	0.722	0.553	0.997	0.958	0.928
湿潤密度(g/cm ³)	2.631	2.629	2.637	2.631	2.657	2.643

7. 判 定

1. ASRである。 ②. ASRの疑いがある。 3. ASRでない。



構造物No.7

1. コンクリート
膨張量

コ ア No	2 週	4 週	2 カ月	3 カ月	4 カ月	6 カ月
B ₁ -3-c	0.0565	0.0650	0.0710	0.0730	0.0770	0.0770
B ₂ -2-c	0.0575	0.0670	0.0730	0.0740	0.0775	0.0815
C ₁ -2-c	0.0825	0.0860	0.0870	0.0895	0.0915	0.0950

2. コンクリートの物理量

コ ア No	表乾比重	吸水率(%)	圧縮強度 (kgf/cm ²)	動弾性係数(×10 ³ kgf/cm ²)	
				縦 振 動	たわみ振動
B ₂ -1-a	2.53	5.36	257	90	109
C ₂ -1-b	2.35	6.30	201	73	79
—	—	—	—	—	—

3. コンクリート中のNaCl, Na⁺, K⁺ 量 (wt%)

劣 化 部					非 劣 化 部				
コ ア No	深 度	NaCl	Na ⁺	K ⁺	コ ア No	深 度	NaCl	Na ⁺	K ⁺
A ₁ -1-a	2 cm	0.07	0.0533	0.0468	C ₁ -1-a	2 cm	0.09	0.0823	0.0436
A ₁ -3-c	61 cm	0.11	0.1008	0.0754	C ₁ -2-c'	51 cm	0.10	0.1057	0.0771

4. 骨材の種類およびアルカリ反応性試験の結果

No	岩 石 名	重量比 (%)	産状	初期状態の ゾル・ゲル	スライス後の ゾル・ゲル	A S T M 化学法 結果		
						Sc mmol/l	Rc mmol/l	判 定
1	細粒砂岩	27.2	砂利	無	無	86.0	59.0	有 害
2	黒色サヌカイト質安山岩	22.4	碎石	ゾル・ゲル	ゾル・ゲル	565	58.9	有 害
3	灰色サヌカイト質安山岩	18.9	〃	〃	〃	912	110	有 害
4	多孔質安山岩	15.3	〃	無	無	12.4	66.9	無 害
5	黒-茶混合サヌカイト質安山岩	7.2	〃	ゾル・ゲル	ゾル・ゲル	—	—	—
6	茶色サヌカイト質安山岩	1.5	〃	〃	〃	—	—	—
7	その他	7.5	砂利	無	無	—	—	—
8	細骨材	—	—	〃	〃	234	49.4	有 害

5. X線回折分析の結果

No	岩 石 名	Qtz	Or	Mic	HA	LA	Hb	En	Mus	Chl	Ill	Cr	Gl	その他
1	細粒砂岩	◎	○			◎				○	○			
2	黒色サヌカイト質安山岩				●			●					○	
3	灰色サヌカイト質安山岩	●			●			○		○		?		
4	多孔質安山岩													
8	細骨材	◎	●			●				?	○			

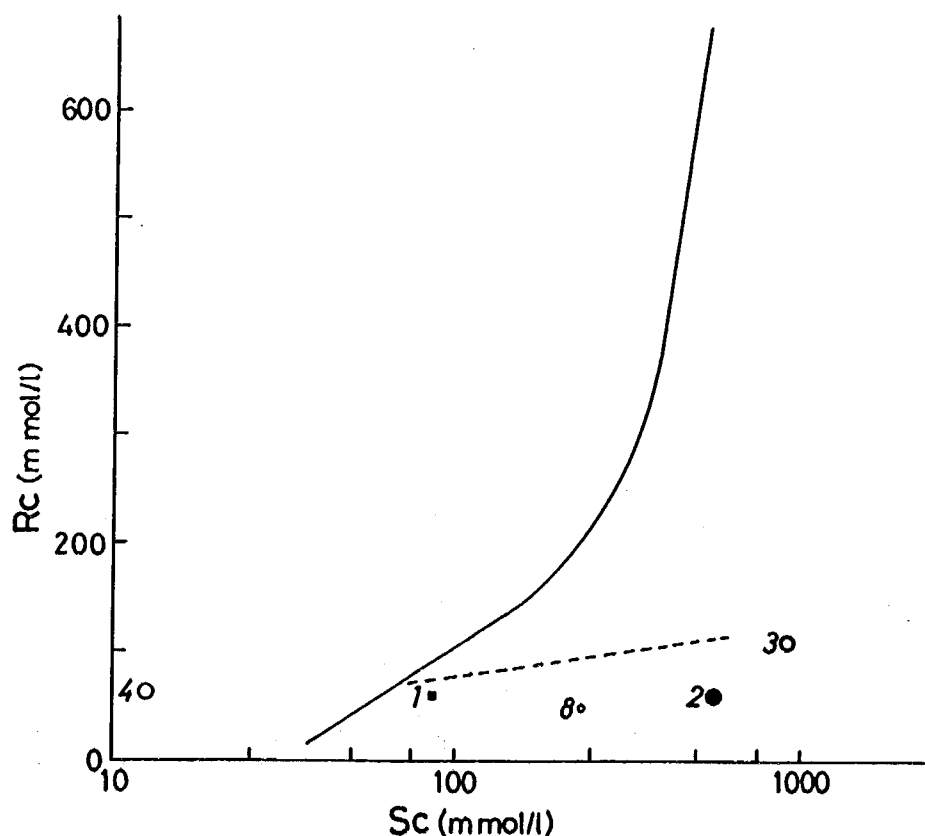
6. 骨材の物理量

No	1			2			3		
岩石名	細粒砂岩			黒色サヌカイト質安山岩			灰色サヌカイト質安山岩		
コア No	A	B	C	A	B	C	A	B	C
自然空中重量(g)	53.6	51.5	56.2	54.4	54.4	54.5	18.8	14.3	22.0
乾燥空中重量(g)	53.31	51.25	55.92	54.28	54.12	54.26	54.23		
湿潤空中重量(g)	53.78	51.77	56.68	54.81	54.60	54.56	56.08		
湿潤水中重量(g)	33.31	31.95	34.85	33.13	33.02	33.14	33.75		
乾燥密度 (g/cm ³)	2.604	2.586	2.562	2.504	2.508	2.533	2.429		
吸水率(%)	0.882	1.015	1.359	0.976	0.887	0.553	3.411		
湿潤密度 (g/cm ³)	2.627	2.612	2.596	2.528	2.530	2.547	2.511		

No	4		
岩石名	多孔質安山岩		
コア No	A	B	C
自然空中重量(g)	10.2	18.2	17.4
乾燥空中重量(g)	45.48		
湿潤空中重量(g)	46.48		
湿潤水中重量(g)	29.01		
乾燥密度 (g/cm ³)	2.603		
吸水率(%)	2.199		
湿潤密度 (g/cm ³)	2.661		

7. 判定

① ASRである。 2. ASRの疑いがある。 3. ASRでない。



構造物No.8

1. コンクリートの膨張量

コ ア No.	2 週	4 週	2 カ月	3 カ月	4 カ月	6 カ月
B ₁ -1-a	0.0410	0.0520	0.0535	0.0590	0.0615	0.0585
B ₁ -1-c	0.0380	0.0540	0.0685	0.0720	0.0780	0.0750
C ₁ -1-c	0.0565	0.0800	0.0970	0.1015	0.1050	0.1055

2. コンクリートの物理量

コ ア No.	表乾比重	吸水率(%)	圧縮強度 (kgf/cm ²)	動弾性係数(×10 ³ kgf/cm ²)	
				縦 振 動	たわみ振動
B ₁ -1-a	2.36	4.21	303	155	146
B ₁ -1-c	2.26	5.01	233	122	109
C ₁ -2-c	2.29	5.29	266	129	113

3. コンクリート中のNaCl, Na⁺, K⁺ 量 (wt %)

劣 化 部					非 劣 化 部				
コ ア No.	深 度	NaCl	Na ⁺	K ⁺	コ ア No.	深 度	NaCl	Na ⁺	K ⁺
A ₁ -1-a	2 cm	0.07	0.0772	0.0427	C ₁ -1-a	2 cm	0.07	0.0776	0.0356
A ₁ -2-c'	66 cm	0.06	0.0776	0.0491	C ₁ -2-c'	65 cm	0.01	0.0713	0.0597

4. 骨材の種類およびアルカリ反応性試験の結果

No	岩 石 名	重量比 (%)	産状	初期状態の ゾル・ゲル	スライス後の ゾル・ゲル	A S T M 化学法結果		
						Sc mmol/l	Rc mmol/l	判 定
1	流紋岩質凝灰岩(風化部)	50.1	碎石	全体的にゾ ル・ゲルが 生成してお り、骨材は 特定できな い。	無	62.2	58.2	有害?
2	流紋岩質凝灰岩(新鮮部)	23.8	"		"	65.4	36.0	有害?
3	茶色サヌカイト質安山岩	10.5	"		ゾル・ゲル	1010	134	潜在的有害
4	黒-茶混合サヌカイト質安山岩	6.8	"		"	1060	113	有 害
5	灰色サヌカイト質安山岩	4.4	"		"	—	—	—
6	黒色サヌカイト質安山岩	3.1	"		"	—	—	—
7	そ の 他	1.2	"		無	—	—	—
8	細 骨 材	—	—		"	318	55.0	有 害

5. X線回折分析の結果

No	岩 石 名	Qtz	Or	Mic	HA	LA	Hb	En	Mus	Chl	Ill	Cr	Gl	その他
1	流紋岩質凝灰岩(風化部)	◎	●			●				○	○			Cal
2	流紋岩質凝灰岩(新鮮部)	◎	●			●				○	○			Cal
3	茶色サヌカイト質安山岩		?		●			○				○		
4	黒-茶混合サヌカイト質安山岩		?		●			○				?	○	
8	細 骨 材	◎	●			●					○	?		

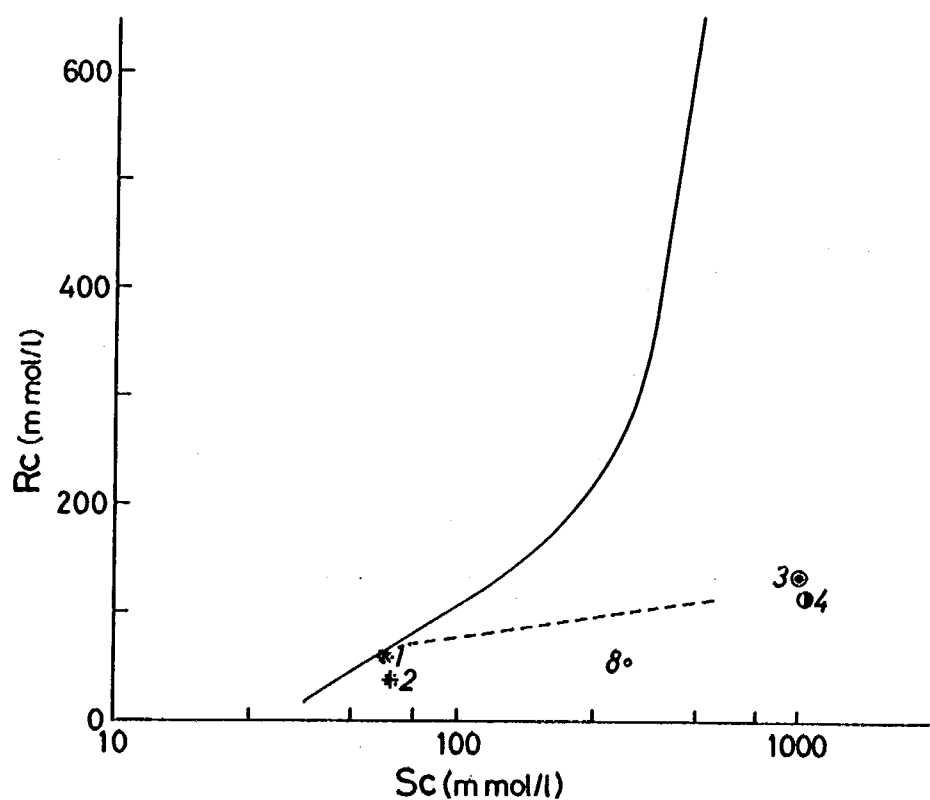
6. 骨材の物理量

№	1			2			3		
岩石名	流紋岩質凝灰岩(風化部)			流紋岩質凝灰岩(新鮮部)			茶色サヌカイト質安山岩		
コア №	A	B	C	A	B	C	A	B	C
自然空中重量(g)	55.4	56.4	54.3	54.9	56.5	54.9	40.3	34.7	52.5
乾燥空中重量(g)	55.53	56.90	53.98	55.27	56.39	54.32	40.30		51.93
湿潤空中重量(g)	56.54	57.78	55.08	55.52	56.67	54.65	41.15		53.06
湿潤水中重量(g)	34.64	35.46	33.71	34.47	35.23	33.94	24.86		32.09
乾燥密度(g/cm ³)	2.536	2.549	2.526	2.626	2.630	2.623	2.474		2.476
吸水率(%)	1.819	1.547	2.038	0.452	0.497	0.608	2.109		2.176
湿潤密度(g/cm ³)	2.582	2.589	2.577	2.638	2.643	2.639	2.526		2.530

№	4		
岩石名	黒-茶混合サヌカイト質安山岩		
コア №	A	B	C
自然空中重量(g)	45.7	35.1	53.7
乾燥空中重量(g)	45.61		53.36
湿潤空中重量(g)	46.29		54.10
湿潤水中重量(g)	27.73		32.51
乾燥密度(g/cm ³)	1.491		1.387
吸水率(%)	2.457		2.472
湿潤密度(g/cm ³)	2.494		2.506

7. 判定

① ASRである。 2. ASRの疑いがある。 3. ASRでない。



構造物No 9

1. コンクリートの膨張量

コ ア No	2 週	4 週	2 カ月	3 カ月	4 カ月	6 カ月
B ₂ -1-a	0.0400	0.0640	0.1060	0.1225	0.1350	0.1410
B ₂ -2-c	0.0260	0.0385	0.0530	0.0660	0.0700	0.0755
C ₂ -2-c	0.0235	0.0315	0.0410	0.0450	0.0530	0.0470

2. コンクリートの物理量

コ ア No	表 乾 比 重	吸 水 率 (%)	圧 縮 強 度 (kgf/cm ²)	動弾性係数 (×10 ³ kgf/cm)	
				縦 振 動	たわみ振動
B ₁ -1-a	2.16	4.86	161	59	56
B ₁ -2-c	2.17	4.95	111	74	68
C ₂ -2-c	2.17	5.16	162	59	51

3. コンクリート中 NaCl, Na⁺, K⁺量 (wt%)

劣 化 部					非 劣 化 部				
コ ア No	深 度	NaCl	Na ⁺	K ⁺	コ ア No	深 度	NaCl	Na ⁺	K ⁺
A ₁ -1-a	2 cm	0.07	0.0342	0.0402	C ₁ -1-a	2 cm	0.05	0.0399	0.0447
A ₁ -2-c	58 cm	0.05	0.0870	0.0612	C ₁ -1-c'	55 cm	0.05	0.0578	0.0423

4. 骨材の種類およびアルカリ反応性試験の結果

No	岩 石 名	重量比 (%)	産 状	初 期 状態の ゾル・ ゲル	スライ ス後の ゾル・ ゲル	A S T M 化学法結果		
						Sc mmol/l	Rc mmol/l	判 定
1	黒-茶混合サヌカイト質安山岩	23.4	碎石	ゾルは	ゾル・ゲル	864	97.1	有害
2	茶色サヌカイト質安山岩	21.0	"	全面に	"	955	153	潜在的有害
3	流紋岩質凝灰岩 (新鮮部)	17.6	"	みられ	無	51.1	16.6	有害?
4	流紋岩質凝灰岩 (風化部)	13.0	"	る。	"	54.0	45.1	有害?
5	黒色サヌカイト質安山岩	11.8	"		ゾル・ゲル	499	48.2	有害
6	灰色サヌカイト質安山岩	5.8	"		"	986	136	潜在的有害
7	花崗閃緑石	1.2	砂利		無	-	-	-
8	その他	6.1	"		"	-	-	-
9	細骨材	-	-		"	198	44.4	有害

5. X線回折分析の結果

No	岩 石 名	Qtz	Or	Mic	HA	LA	Hb	En	Mus	Chl	Ill	Cr	Gl	その他
1	黒-茶混合サヌカイト質安山岩		?		◎			○					○	
2	茶色サヌカイト質安山岩	?	○		◎			○				○		
3	流紋岩質凝灰岩 (新鮮部)	◎	◎			◎			○	○				
4	流紋岩質凝灰岩 (風化部)	◎	◎			◎			○	○				
5	黒色サヌカイト質安山岩				◎			○					○	
6	灰色サヌカイト質安山岩	○	?		◎			○				○		
9	細骨材	◎	◎			◎				?	○			

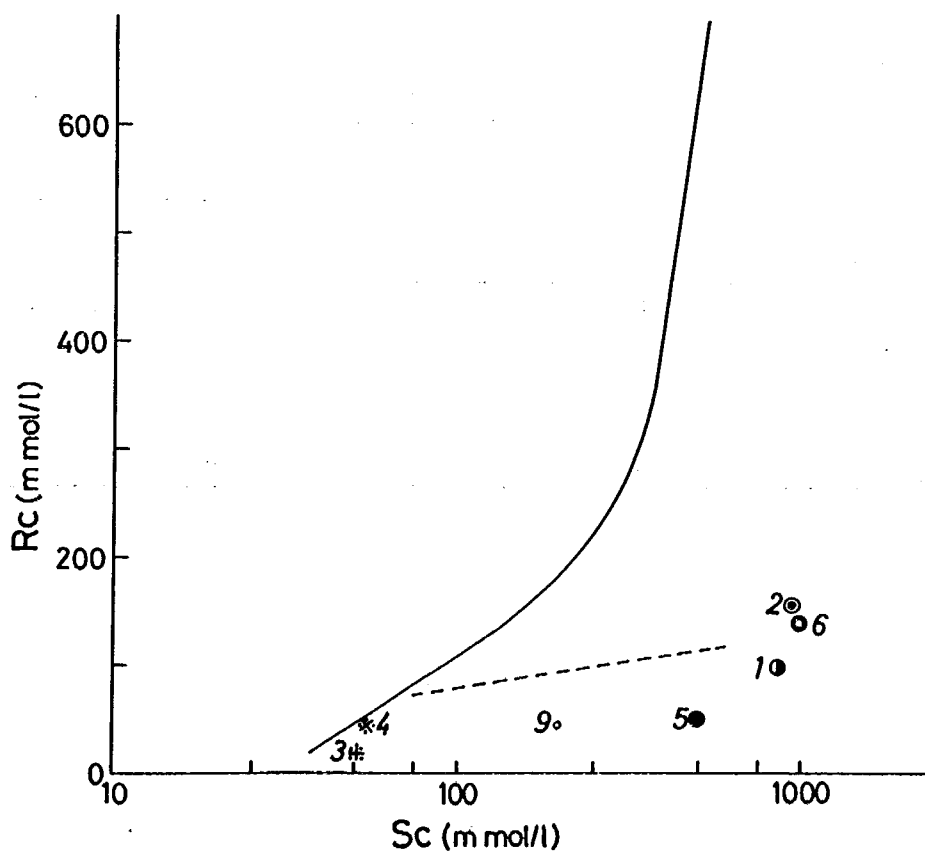
6. 骨材の物理量

Na	1			2			3		
岩石名	黒-茶混合サヌカイト質安山岩			茶色サヌカイト質安山岩			流紋岩質凝灰岩(新鮮部)		
コア Na	A	B	C	A	B	C	A	B	C
自然空中重量 (g)	53.2	51.2	51.8	52.8	53.0	51.8	49.3	52.6	54.5
乾燥空中重量 (g)	52.92	50.75	51.61	52.19	52.18	51.16	49.35	52.96	54.20
湿潤空中重量 (g)	53.65	51.45	52.13	53.55	53.47	52.38	49.69	53.18	54.39
湿潤水中重量 (g)	32.23	30.96	31.32	32.39	32.37	31.73	30.71	33.00	33.83
乾燥密度 (g/cm ³)	2.471	2.477	2.480	2.466	2.473	2.478	2.600	2.624	2.636
吸水率 (%)	1.379	1.379	1.008	2.606	2.472	2.385	0.689	0.415	0.351
湿潤密度 (g/cm ³)	2.505	2.511	2.505	2.531	2.534	2.537	2.618	2.635	2.645

Na	4			5		6		
岩石名	流紋岩質凝灰岩(風化部)			黒色サヌカイト質安山岩		灰色サヌカイト質安山岩		
コア Na	A	B	C	B	C	A	B	C
自然空中重量 (g)	35.3	55.5	51.0	53.4	50.2	17.2	26.4	16.5
乾燥空中重量 (g)		55.17	50.89	53.18	50.16	56.03		
湿潤空中重量 (g)		55.82	51.94	53.40	50.41	57.53		
湿潤水中重量 (g)		34.22	31.68	32.47	30.63	34.80		
乾燥密度 (g/cm ³)		2.554	2.512	2.551	2.549	2.465		
吸水率 (%)		1.178	2.063	0.414	0.498	2.677		
湿潤密度 (g/cm ³)		2.584	2.564	2.541	2.536	2.531		

7. 判定

① ASRである。 2. ASRの疑いがある。 3. ASRでない。



構造物No10

1. コンクリートの膨張量

コ ア №	2 週	4 週	2 カ月	3 カ月	4 カ月	6 カ月
B ₁ -2-c	0.0200	0.0385	0.0570	0.0600	0.0680	0.0675
B ₂ -2-b	0.0260	0.0615	0.0720	0.0765	0.0815	0.0815
C ₂ -2-b	0.0410	0.0770	0.1065	0.1195	0.1335	0.1360

2. コンクリートの物理量

コ ア №	表乾比重	吸水率(%)	圧縮強度 (kgf/cm ²)	動弾性係数(×10 ³ kgf/cm ²)	
				縦振動	たわみ振動
B ₁ -2-a	2.30	7.21	214	96	99
C ₁ -2-b	2.29	6.08	282	192	168
-	-	-	-	-	-

3. コンクリート中のNaCl, Na⁺, K⁺量 (wt%)

劣 化 部					非 劣 化 部				
コ ア №	深 度	NaCl	Na ⁺	K ⁺	コ ア №	深 度	NaCl	Na ⁺	K ⁺
A ₁ -1-a	2 cm	0.13	0.1526	0.0812	C ₁ -2-a'	16 cm	0.11	0.0946	0.0647
A ₁ -4-c'''	61 cm	0.01	0.0571	0.0592	C ₁ -2-c	41.5	0.11	0.0535	0.0469

4. 骨材の種類およびアルカリ反応性試験の結果

№	岩 石 名	重 量 比 (%)	産 状	初期状態の ゾル・ゲル	スライス後の ゾル・ゲル	A S T M 化学法結果		
						Sc mmol/l	Rc mmol/l	判 定
1	優黒色～灰色チャート	70.0	碎石	ゾル・ゲル を発生して いる骨材は 特定できな い。		205	12.4	有 害
2	優白色～灰色チャート	19.5	"			202	7.1	有 害
3	黒色頁岩	10.2	"			195	31.7	有 害
4	その他	0.3	"			-	-	-
5	細骨材	-	-			137	28.4	有 害

5. X線回折分析の結果

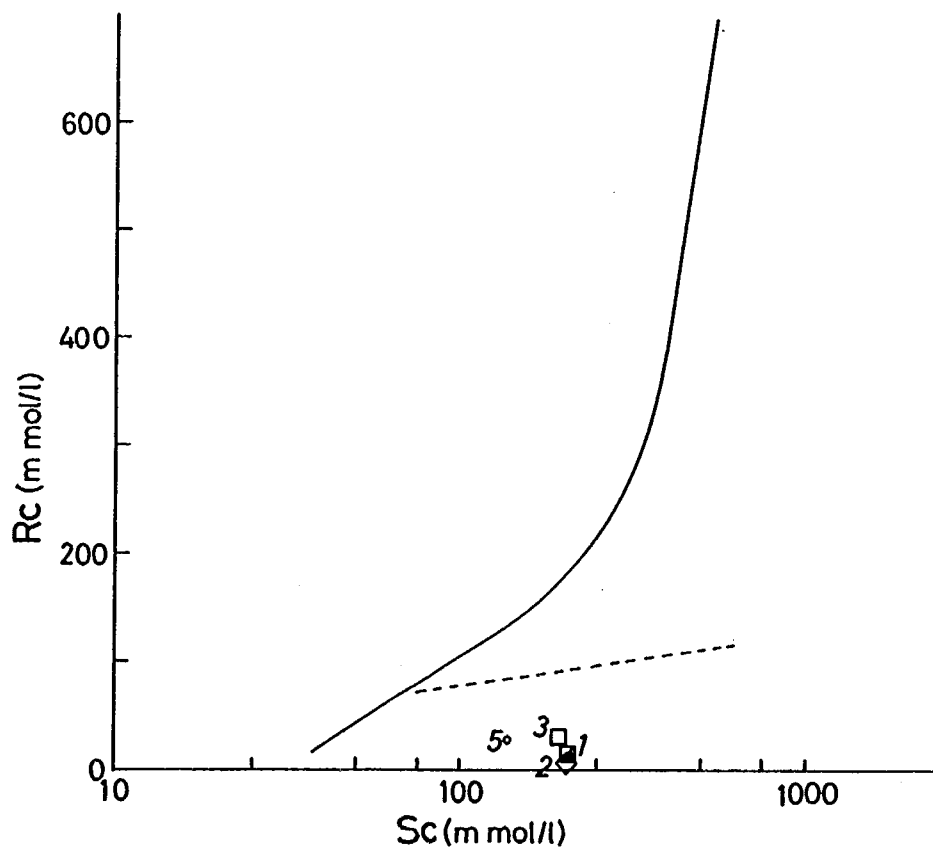
№	岩 石 名	Qtz	Or	Mic	HA	LA	Hb	En	Mus	Chl	Ill	Cr	Gl	そ の 他
1	優黒色～灰色チャート	◎				○				○	○			
2	優白色～灰色チャート	◎				○				○	○			
3	黒色頁岩	◎				○			○	○				
5	細骨材	◎	◎			◎	○			?	○			

6. 骨材の物理量

Na	1			2
岩石名	優黒色～灰色チャート			優白色～灰色チャート
コア Na	A	B	C	A
自然空中重量 (g)	50.6	45.3	40.5	56.9
乾燥空中重量 (g)	50.51	45.08	39.55	56.72
湿潤空中重量 (g)	50.80	45.40	39.71	57.36
湿潤水中重量 (g)	31.59	28.22	24.67	35.43
乾燥密度 (g/cm^3)	2.629	2.624	2.630	2.586
吸水率 (%)	0.574	0.710	0.405	1.128
湿潤密度 (g/cm^3)	2.645	2.643	2.640	2.616

7. 判定

① ASRである。 2. ASRの疑いがある。 3. ASRでない。



構造物No11

1. コンクリートの膨張量

コ ア №	2 週	4 週	2 カ月	3 カ月	4 カ月	6 カ月
B ₁ -1-c	0.0510	0.0825	0.1390	0.1950	0.2190	0.2265
B ₂ -3-c	0.0325	0.0620	0.0680	0.0725	0.0765	0.0765
C ₂ -3-c	0.0435	0.0675	0.1030	0.1430	0.1640	0.1685

2. コンクリートの物理量

コ ア №	表乾比重	吸水率(%)	圧縮強度 (kgf/cm ²)	動弾性係数(×10 ³ kgf/cm ²)	
				縦 振 動	たわみ振動
B ₁ -1-a	2.22	4.39	250	155	148
C ₁ -1-c	2.30	6.26	268	155	153
-	-	-	-	-	-

3. コンクリート中のNaCl, Na⁺, K⁺ 量 (wt %)

劣 化 部					非 劣 化 部				
コ ア №	深 度	NaCl	Na ⁺	K ⁺	コ ア №	深 度	NaCl	Na ⁺	K ⁺
A ₁ -1-a	2 cm	0.08	0.0341	0.0386	C ₁ -1-a	2 cm	0.05	0.0878	0.0350
A ₁ -1-c	58	0.06	0.0703	0.0539	C ₁ -1-c'	59.5	0.06	0.0806	0.0746

4. 骨材の種類およびアルカリ反応性試験の結果

№	岩 石 名	重量比 (%)	産状	初 期 状態の ゾル・ゲル	スライス後 の ゾル・ゲル	A S T M 化学法結果		
						Sc mmol/l	Rc mmol/l	判 定
1	安山岩 (黒色)	47.8	碎石	無	ゾル・ゲル	643	98.4	有 害
2	安山岩 (褐色)	38.3	"	"	無	908	154	潜在的有害
3	砂岩	8.6	砂利	"	"	65.2	92.5	無 害
4	黒雲母安山岩	1.1	碎石	"	"	-	-	-
5	安山岩 (黄褐色)	0.9	"	"	"	-	-	-
6	黒一茶混合サヌカイト質安山岩	0.2	"	"	"	-	-	-
7	頁岩	3.1	砂利	"	"	-	-	-
8	アブライト		"	"	"	-	-	-
9	チャート		"	"	"	-	-	-
10	細骨材	-	-	"	"	237	37.5	有 害

5. X線回折分析の結果

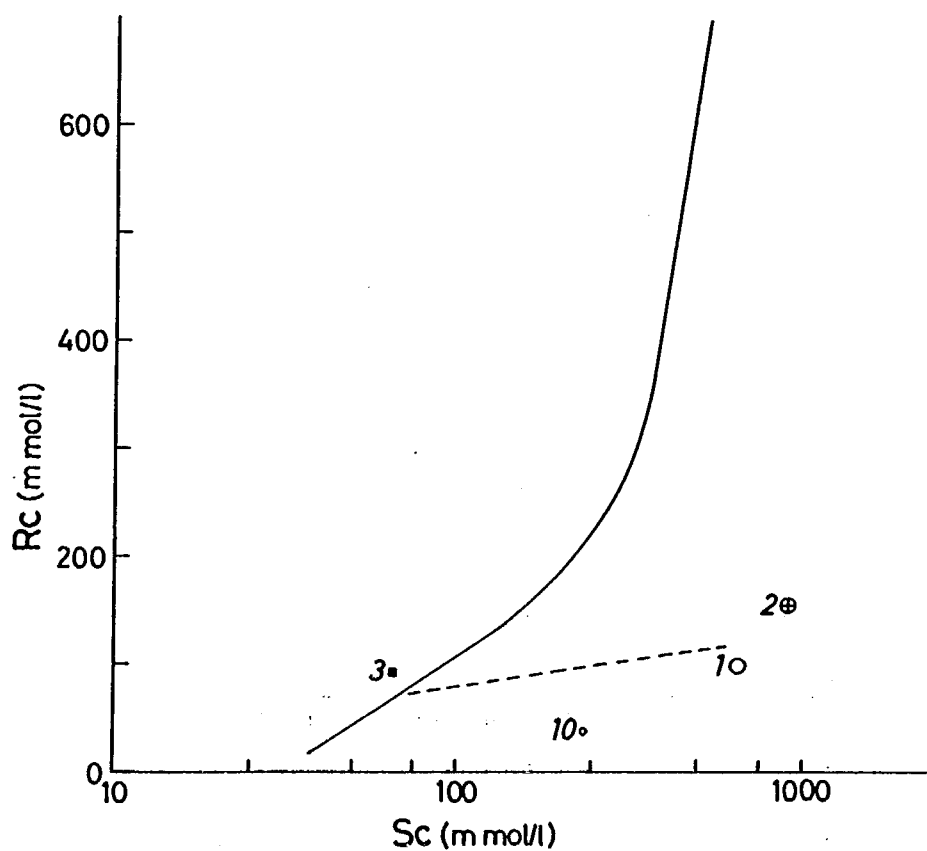
№	岩 石 名	Qtz	Or	Mic	HA	LA	Hb	En	Mus	Chl	Ill	Cr	Gl	そ の 他
1	安山岩 (黒色)				⊙			○					○	
2	安山岩 (褐色)	○			⊙				○		○	○		
3	砂 岩	⊙	○			⊙				○	○			
10	細骨材	⊙	⊙			⊙	○				○			

6. 骨材の物理量

Na	1			2			3		
岩 石 名	安山岩(黒色)			安山岩(褐色)			砂 岩		
コ ア Na	A	B	C	A	B	C	A	B	C
自然空中重量 (g)	55.6	58.1	55.4	51.4	59.4	58.9	59.1		
乾燥空中重量 (g)	55.37	57.78	55.10	50.82	58.84	58.23	59.04		
湿潤空中重量 (g)	55.87	58.19	55.58	51.95	59.86	59.16	59.93		
湿潤水中重量 (g)	34.81	36.47	34.73	32.11	37.19	36.91	36.61		
乾 燥 密 度 (g/cm^3)	2.629	2.660	2.643	2.561	2.596	2.617	2.532		
吸 水 率 (%)	0.903	0.710	0.871	2.224	1.734	1.597	1.508		
湿 潤 密 度 (g/cm^3)	2.653	2.679	2.666	2.618	2.640	2.659	2.570		

7. 判 定

1. ASRである。 ② ASRの疑いがある。 3. ASRでない。



構造物No12

1. コンクリートの膨張量

コ ア №	2 週	4 週	2 カ月	3 カ月	4 カ月	6 カ月
B ₂ -1-a	0.0530	0.0950	0.1105	0.1255	0.1305	0.1265
B ₂ -2-c	0.0465	0.0705	0.0795	0.0830	0.0910	0.0910
C ₂ -1-b	0.0490	0.0540	0.0620	0.0760	0.0895	0.1020

2. コンクリートの物理量

コ ア №	表乾比重	吸水率(%)	圧縮強度 (kgf/cm ²)	動弾性係数(×10 ³ kgf/cm ²)	
				縦 振 動	たわみ振動
B ₁ -1-a	2.28	5.25	260	435	92
C ₁ -1-b	2.28	4.20	235	168	151
-	-	-	-	-	-

3. コンクリート中のNaCl, Na⁺, K⁺量 (wt %)

劣 化 部					非 劣 化 部				
コ ア №	深 度	NaCl	Na ⁺	K ⁺	コ ア №	深 度	NaCl	Na ⁺	K ⁺
A ₁ -1-a	2 cm	0.11	0.0239	0.0318	C ₁ -1-a	2 cm	0.08	0.0970	0.0384
A ₁ -1-c	57 cm	0.08	0.1117	0.0704	C ₁ -2-c	55 cm	0.08	0.0908	0.0596

4. 骨材の種類およびアルカリ反応性試験の結果

№	岩 石 名	重量比 (%)	産状	初期状態 の ゾル・ゲル	スライス 後 の ゾル・ゲル	A S T M 化学法結果		
						Sc mmol/l	Rc mmol/l	判 定
1	黒色サヌカイト質安山岩	43.9	碎石	ゾル	ゾル・ゲル	526	63.3	有 害
2	黒-茶混合サヌカイト質安山岩	29.9	"	"	"	1020	113	有 害
3	茶色サヌカイト質安山岩	23.5	"	"	"	1010	150	潜在的有害
4	灰色サヌカイト質安山岩	0.9	"	"	"	-	-	-
5	その他	2.7	"	無	無	-	-	-
6	細骨材	-	-	"	"	203	30.5	有 害

5. X線回折分析の結果

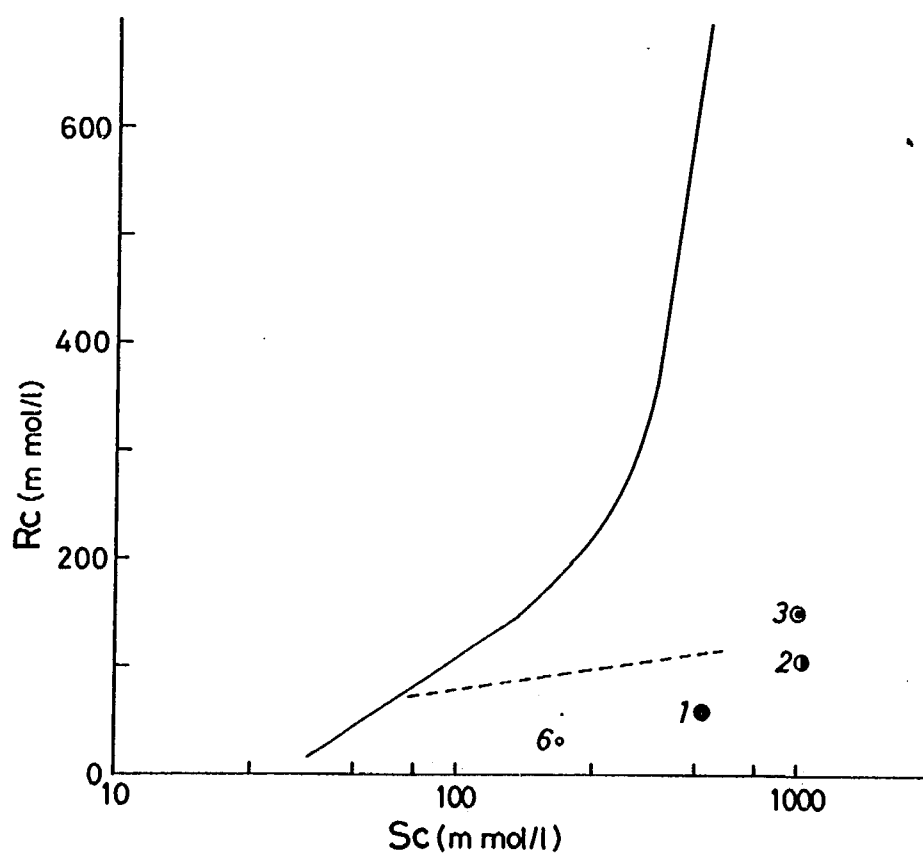
№	岩 石 名	Qtz	Or	Mic	HA	LA	Hb	En	Mus	Chl	Ill	Cr	Gl	その他
1	黒色サヌカイト質安山岩				⊙			○					○	
2	黒-茶混合サヌカイト質安山岩				⊙			○					○	
3	茶色サヌカイト質安山岩		?		⊙			○			○	○		
6	細骨材	⊙	⊙			⊙								

6. 骨材の物理量

Na	1			2			3		
岩石名	黒色サスカイト質安山岩			黒-茶混合サスカイト質安山岩			茶色サスカイト質安山岩		
コ ア Na	A	B	C	A	B	C	A	B	C
自然空中重量 (g)	47.6	53.0	50.1	52.8	50.4	51.8	51.1	51.8	50.6
乾燥空中重量 (g)	47.40	52.84	50.40	52.60	49.96	51.18	50.60	51.14	49.89
湿潤空中重量 (g)	47.66	53.05	50.58	53.76	50.85	52.11	52.04	52.52	51.20
湿潤水中重量 (g)	28.99	32.25	30.67	32.30	30.52	31.31	31.31	31.79	30.91
乾燥密度 (g/cm ³)	2.539	2.540	2.531	2.451	2.458	2.461	2.441	2.467	2.459
吸水率 (%)	0.549	0.397	0.357	2.205	1.781	1.817	2.846	2.699	2.626
湿潤密度 (g/cm ³)	2.553	2.551	2.540	2.505	2.501	2.505	2.510	2.534	2.523

7. 判定

- ① ASRである。 2. ASRの疑いがある。 3. ASRでない。



構造物No.13

1. コンクリートの膨張量

コ ア №	2 週	4 週	2 カ月	3 カ月	4 カ月	6 カ月
B ₁ -1-a	0.0110	0.0135	0.0135	0.0165	0.0195	0.0175
B ₂ -1-c	0.0160	0.0175	0.0195	0.0205	0.0260	0.0235
C ₂ -1-c	0.0175	0.0195	0.0195	0.0210	0.0265	0.0235

2. コンクリートの物理量

コ ア №	表乾比重	吸水率(%)	圧縮強度 (kgf/cm ²)	動弾性係数(×10 ³ kgf/cm)	
				縦 振 動	たわみ振動
B ₁ -1-c	2.37	4.00	235	219	206
B ₂ -1-a	2.57	3.18	205	69	68
C ₁ -2-c	2.35	5.24	203	147	149

3. コンクリート中のNaCl, Na⁺, K⁺ 量 (wt %)

劣 化 部					非 劣 化 部				
コ ア №	深 度	NaCl	Na ⁺	K ⁺	コ ア №	深 度	NaCl	Na ⁺	K ⁺
A ₁ -1-a	2 cm	0.04	0.0235	0.0133	C ₁ -1-a	2 cm	0.01	0.0312	0.0144
A ₁ -3-c	59	0.01	0.0362	0.0374	C ₁ -2-c'	60	0.01	0.0383	0.0368

4. 骨材の種類およびアルカリ反応性試験の結果

№	岩 石 名	重量比 (%)	産状	初期状態の ゾル・ゲル	スライス後の ゾル・ゲル	A S T M 化学法結果		
						Sc mmol/l	Rc mmol/l	判 定
1	安山岩 (帯緑色)	53.0	碎石	無	無	23.5	77.6	無 害
2	安山岩 (赤褐色斑状)	18.1	"	"	"	30.7	63.6	無 害
3	無斑晶質安山岩	14.1	"	"	"	104	102	潜在的有害?
4	緑色安山岩	14.0	"	"	"	41.5	66.6	無 害
5	その他	0.8	"	"	"	-	-	-
6	細骨材	-	-	"	"	94.5	23.3	有 害

5. X線回折分析の結果

№	岩 石 名	Qtz	Or	Mic	HA	LA	Hb	En	Mus	Chl	Ill	Cr	Gl	そ の 他
1	安山岩 (帯緑色)	◎				◎			○	○				Cal, Py
2	安山岩 (赤褐色斑状)	◎				◎			○	○				Cal, Py
3	無斑晶質安山岩	◎				○			○	○				Cal, Py
4	緑色安山岩	◎				○			○	○				Cal
6	細骨材	◎	◎			◎	○			?	○			

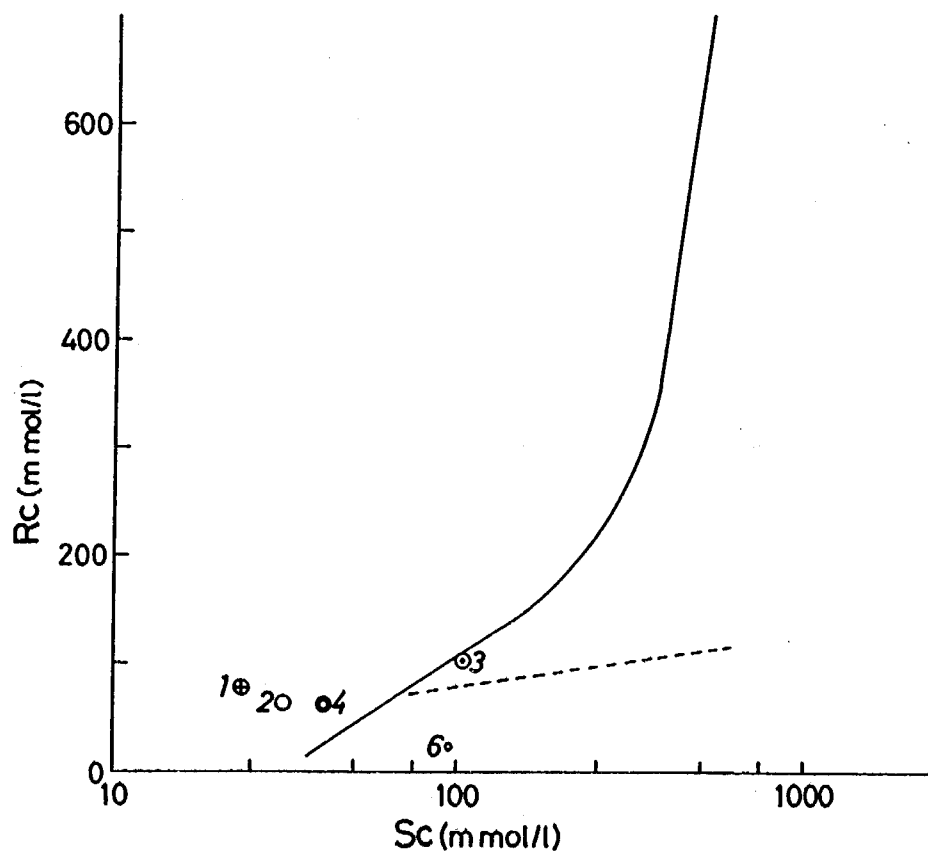
6. 骨材の物理量

N _a	1			2			3		
岩 石 名	安山岩 (帯緑色)			安山岩 (赤褐色斑状)			無斑晶質安山岩		
コ ア N _a	A	B	C	A	B	C	A	B	C
自然空中重量 (g)	52.5	53.8	70.2	51.7	79.6	51.6	53.4	51.0	50.3
乾燥空中重量 (g)	52.27	53.49	69.56	51.30	79.14	51.24	52.98	50.71	49.84
湿潤空中重量 (g)	52.84	54.14	70.58	52.07	80.14	51.98	53.60	51.25	51.11
湿潤水中重量 (g)	33.27	34.06	44.07	32.65	50.28	32.77	33.91	32.47	31.69
乾 燥 密 度 (g/cm ³)	2.671	2.664	2.624	2.642	2.650	2.667	2.691	2.700	2.566
吸 水 率 (%)	1.091	1.215	1.466	1.501	1.263	1.444	1.170	1.065	2.548
湿 潤 密 度 (g/cm ³)	2.700	2.696	2.662	2.681	2.684	2.706	2.722	2.729	2.632

N _a	4		
岩 石 名	緑 色 安 山 岩		
コ ア N _a	A	B	C
自然空中重量 (g)	52.6	51.0	64.1
乾燥空中重量 (g)	52.22	50.79	63.63
湿潤空中重量 (g)	52.85	51.62	64.49
湿潤水中重量 (g)	33.29	32.07	40.63
乾 燥 密 度 (g/cm ³)	2.670	2.598	2.667
吸 水 率 (%)	1.206	1.634	1.352
湿 潤 密 度 (g/cm ³)	2.702	2.640	2.703

7. 判 定

1. ASRである。 2. ASRの疑いがある。 ③ ASRでない



構造物No14

1. コンクリートの膨張量

コ ア №	2 週	4 週	2 カ月	3 カ月	4 カ月	6 カ月
B ₂ -1-a	0.0115	0.0140	0.0145	0.0170	0.0175	0.0210
C ₂ -2-c	0.0070	0.0085	0.0085	0.0125	0.0160	0.0105

2. コンクリートの物理量

コ ア №	表乾比重	吸水率(%)	圧縮強度 (kgf/cm ²)	動弾性係数(×10 ³ kgf/cm ²)	
				縦 振 動	たわみ振動
C ₁ -1-b	2.20	3.54	266	186	157
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-

3. コンクリート中のNaCl, Na⁺, K⁺量 (wt%)

劣 化 部						非 劣 化 部					
コ ア №	深 度	NaCl	Na ⁺	K ⁺		コ ア №	深 度	NaCl	Na ⁺	K ⁺	
A ₂ -1-a	2 cm	0.08	0.0465	0.0348		C ₁ -1-a	2 cm	0.07	0.0504	0.0352	
A ₂ -3-c	45 cm	0.01	0.0762	0.0438		C ₁ -2-c'	60 cm	0.05	0.0715	0.0431	

4. 骨材の種類およびアルカリ反応性試験の結果

№	岩 石 名	重 量 比 (%)	産 状	初期状態の ゾル・ゲル	スライス後の ゾル・ゲル	A S T M 化学法結果		
						Sc mmol/l	Rc mmol/l	判 定
1	安山岩	64.7	砂利	ゲルは少量 あるが、発 生骨材は不 明	無	46.1	41.6	無 害
2	緑色安山岩	20.0	"		"	46.1	65.6	無 害
3	流紋岩	14.2	"		ゾ ル	1100	125	有 害
4	流紋岩 (黄褐色)	5.3	"		"	1080	114	有 害
5	その他	1.1	"		無	-	-	-
6	細骨材	-	-		"	392	46.9	有 害

5. X線回折分析の結果

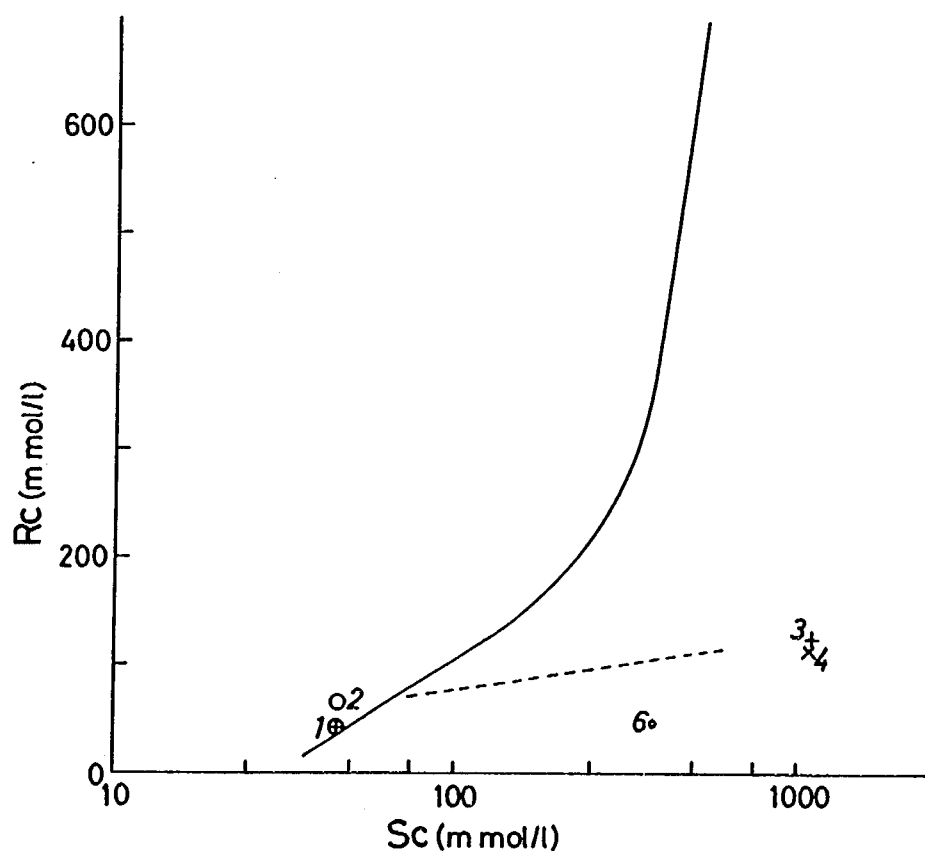
№	岩 石 名	Qtz	Or	Mic	HA	LA	Hb	En	Mus	Chl	Ill	Cr	Gl	そ の 他
1	安山岩	◎	○			◎		○		○	○			
2	緑色安山岩	◎	○			◎		○		○	○			
3	流紋岩	○	○		◎						○	◎		Ilm ?
4	流紋岩 (黄褐色)	○	○		◎						○	◎		Ilm ?
6	細骨材	◎	○			◎							○	

6. 骨材の物理量

N _a	1			2			3		
岩 石 名	安 山 岩			緑 色 安 山 岩			流 紋 岩		
コ ア N _a	A	B	C	A	B	C	A	B	C
自然空中重量 (g)	55.0	106.8	69.5	58.7	61.3	51.8	55.8	28.9	59.3
乾燥空中重量 (g)	54.63	105.52	69.02	58.38	60.89	51.49	55.17		58.59
湿潤空中重量 (g)	55.65	107.96	70.06	59.18	61.69	52.28	57.40		60.38
湿潤水中重量 (g)	34.16	65.54	43.00	36.70	38.76	32.46	32.39		34.52
乾 燥 密 度 (g/cm ³)	2.542	2.488	2.551	2.597	2.656	2.598	2.206		2.266
吸 水 率 (%)	1.867	2.312	1.507	1.370	1.314	1.534	4.042		3.055
湿 潤 密 度 (g/cm ³)	2.590	2.545	2.589	2.633	2.690	2.630	2.295		2.335

7. 判 定

1. ASRである。 ② ASRの疑いがある。 3.ASRでない。



構造物No.15

1. コンクリートの膨張量

コ ア №	2 週	4 週	2 カ月	3 カ月	4 カ月	6 カ月
C ₂ -1-a'	0.0100	0.0115	0.0125	0.0165	0.0245	0.0180

2. コンクリートの物理量

コ ア №	表乾比重	吸水率(%)	圧縮強度 (kgf/cm ²)	動弾性係数(×10 ³ kgf/cm ²)	
				縦振動	たわみ振動
C ₁ -2-c	2.38	3.63	372	192	177
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-

3. コンクリート中のNaCl, Na⁺, K⁺量 (wt%)

劣 化 部						非 劣 化 部					
コ ア №	深 度	NaCl	Na ⁺	K ⁺		コ ア №	深 度	NaCl	Na ⁺	K ⁺	
A ₁ -1-a	2 cm	0.02	0.0465	0.0813		C ₁ -1-a	2 cm	0.04	0.0466	0.0622	
A ₁ -2-c'	59 cm	0.01	0.0513	0.0808		C ₁ -2-c'	59 cm	0.01	0.0673	0.1050	

4. 骨材の種類およびアルカリ反応性試験の結果

№	岩 石 名	重量比 (%)	産状	初期状態の ゾル・ゲル	スライス後の ゾル・ゲル	A S T M 化学法結果		
						Sc mmol/l	Rc mmol/l	判 定
1	流紋岩	17.2	砂利	ゾル・ゲルの発生骨材は特定できない。	無	66.3	28.9	有 害
2	石英安山岩	15.6	"		"	70.3	28.4	有 害
3	花崗岩	13.3	"		"	32.9	24.3	無 害
4	砂岩	9.9	"		"	48.1	39.7	無害-有害
5	優黒色花崗質岩	9.4	"		"	32.6	29.2	無 害
6	流紋岩~石英安山岩	8.5	"		"	96.6	40.3	有 害
7	安山岩	7.3	"		"	89.9	30.2	有 害
8	ひん岩~安山岩	2.7	"		"	-	-	-
9	輝緑岩	2.5	"		"	-	-	-
10	優黒色チャート	2.4	"		"	-	-	-
11	安山岩(黒色)	2.4	"		"	-	-	-
12	石英斑岩	2.2	"		"	-	-	-
13	流紋岩?	1.9	"		"	-	-	-
14	シャルスタイン	1.8	"		"	-	-	-
15	褐色チャート	0.6	"		"	-	-	-
16	蛇紋岩	0.6	"		"	-	-	-
17	多孔質安山岩	0.6	"		"	-	-	-
18	片麻岩	0.5	"		"	-	-	-
19	頁岩	0.3	"		"	-	-	-
20	片岩	0.3	"		"	-	-	-
21	その他		"		"	-	-	-
22	細骨材	-	-		ゾル	594	68.7	有 害

5. X線回折分析の結果

№	岩 石 名	Qtz	Or	Mic	HA	LA	Hb	En	Mus	Chl	Ill	Cr	Gl	そ の 他
1	流紋岩	◎		◎		◎				○	○			
2	石英安山岩	◎	◎			◎	○			○	○			
3	花崗岩	◎		◎		◎	○			○	○			
4	砂岩	◎		○		◎	○			○	○			
5	優黒色花崗質岩	◎	○			◎	○			○	○			
6	流紋岩~石英安山岩	◎	○			◎				○	○			
7	安山岩	◎			◎		○			○	○			
22	細骨材	◎	○			◎	○			○	○			

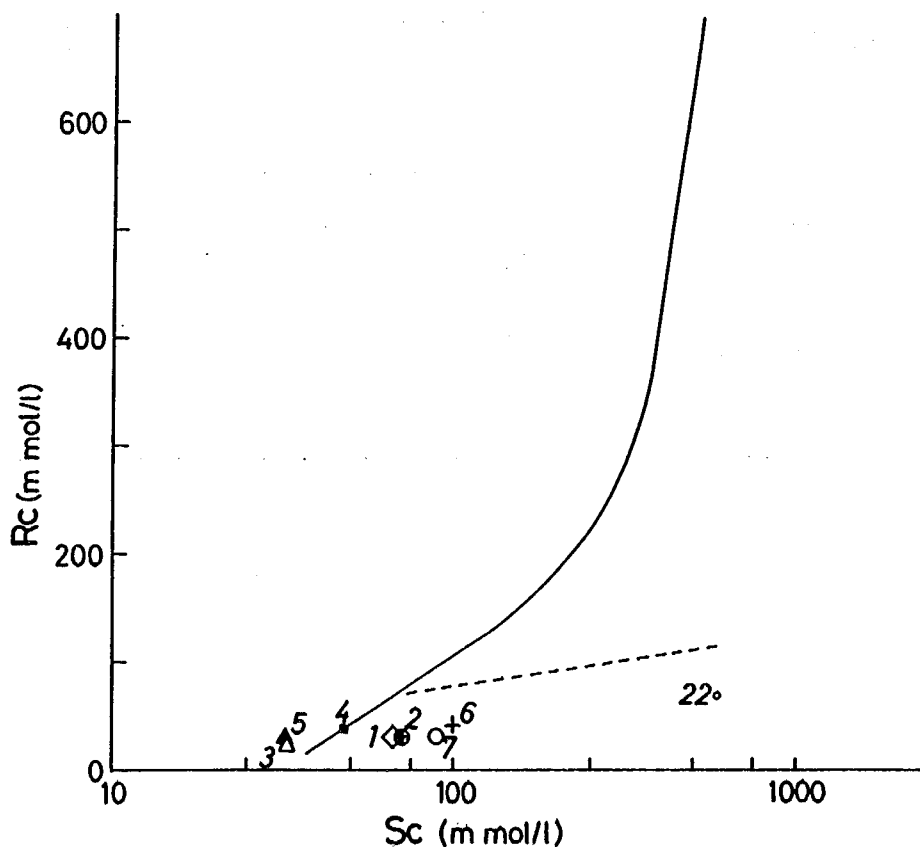
6. 骨材の物理量

№	1		2		3		4	
岩石名	流紋岩		石英安山岩		花崗岩		砂岩	
コ ア №	A	C	A	C	A	C	A	C
自然空中重量 (g)	86.2	65.2	57.7	51.6	54.3	81.3	61.5	53.3
乾燥空中重量 (g)	85.86	65.16	57.57	51.52	54.16	81.06	61.18	53.09
湿潤空中重量 (g)	86.53	65.67	57.92	51.83	54.59	81.65	61.69	53.59
湿潤水中重量 (g)	53.08	40.37	35.96	32.03	33.88	50.91	38.60	33.19
乾燥密度 (g/cm^3)	2.567	2.576	2.622	2.602	2.615	2.637	2.650	2.602
吸水率 (%)	0.780	0.783	0.608	0.602	0.794	0.728	0.834	0.942
湿潤密度 (g/cm^3)	2.587	2.596	2.638	2.618	2.636	2.656	2.672	2.627

№	5	
岩石名	優黒色花崗質岩	
コ ア №	A	C
自然空中重量 (g)	51.7	78.9
乾燥空中重量 (g)	51.54	78.65
湿潤空中重量 (g)	51.88	79.17
湿潤水中重量 (g)	33.00	50.61
乾燥密度 (g/cm^3)	2.730	2.754
吸水率 (%)	0.660	0.661
湿潤密度 (g/cm^3)	2.748	2.772

7. 判定

1. ASRである。 ② ASRの疑いがある。 3. ASRでない。



構造物No16

1. コンクリートの膨張量

コ ア №	2 週	4 週	2 カ月	3 カ月	4 カ月	6 カ月
B ₂ -1-a'	0.0075	0.0100	0.0080	0.0105	0.0165	0.0120
B ₂ -1-c	0.0070	0.0080	0.0095	0.0130	0.0160	0.0155
C ₂ -1-c	0.0030	0.0040	0.0040	0.0030	0.0085	0.0080

2. コンクリートの物理量

コ ア №	表乾比重	吸水率(%)	圧縮強度 (kgf/cm ²)	動弾性係数(×10 ³ kgf/cm ²)	
				縦 振 動	たわみ振動
B ₁ -1-a	2.42	3.90	357	211	225
B ₁ -1-b	2.42	3.38	360	180	166
C ₁ -1-b	2.39	3.38	181	138	160

3. コンクリート中のNaCl, Na⁺, K⁺ 量 (wt%)

劣 化 部					非 劣 化 部				
コ ア №	深 度	NaCl	Na ⁺	K ⁺	コ ア №	深 度	NaCl	Na ⁺	K ⁺
A ₁ -1-a	2 cm	0.02	0.0558	0.0351	C ₁ -1-a	5 cm	0.02	0.0734	0.0256
A ₁ -1-c	45 cm	0.01	0.1159	0.0510	C ₁ -1-c	51 cm	0.01	0.0792	0.0180

4. 骨材の種類およびアルカリ反応性試験の結果

№	岩 石 名	重量比 (%)	産状	初期状態の ゾル・ゲル	スライス後の ゾル・ゲル	A S T M 化学法結果		
						Sc mmol/l	Rc mmol/l	判 定
1	安山岩	40.1	碎石	不明瞭なゾ ルがあるが、 骨材は特定 できない。	ゾ ル	539	90.6	有 害
2	安山岩 (弱風化)	34.9	"		"	653	119	有 害
3	安山岩 (風化進行)	24.6	"		無	673	227	潜在的有害
4	優白色～灰色チャート	0.4	"		"	—	—	—
5	岩種不明		"		"	—	—	—
6	細骨材	—	—		"	360	53.9	有 害

5. X線回折分析の結果

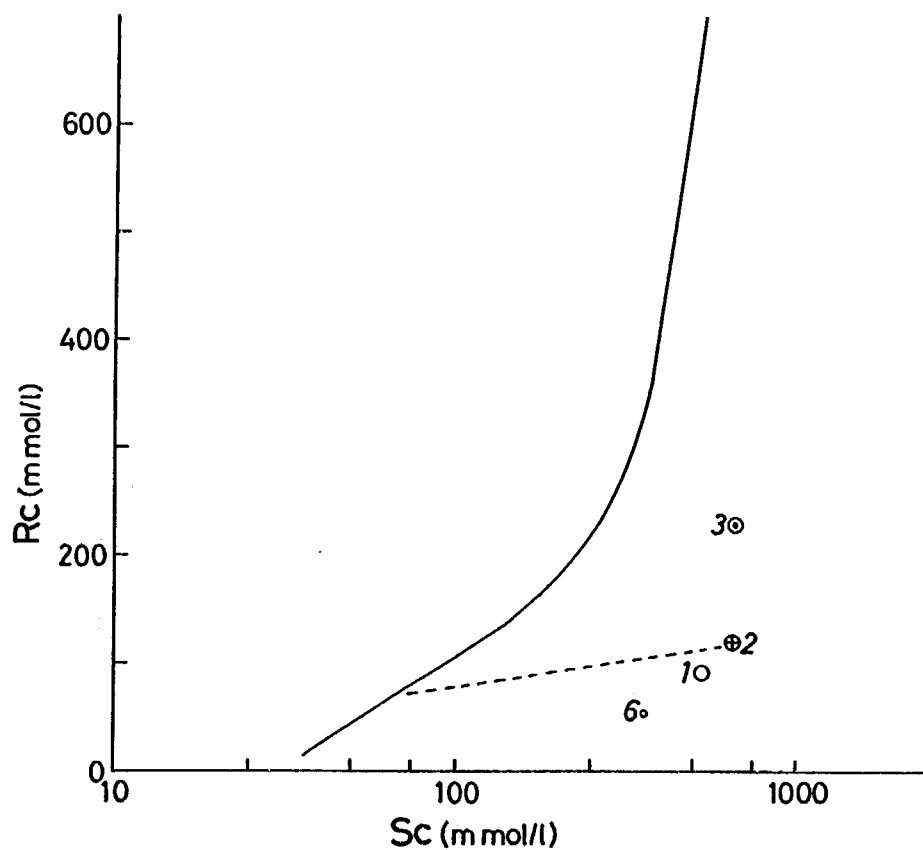
№	岩 石 名	Qtz	Or	Mic	HA	LA	Hb	En	Mus	Chl	Ill	Cr	Gl	そ の 他
1	安山岩				◎			◎			○		○	
2	安山岩 (弱風化)				◎			◎			○		○	Mont
3	安山岩 (風化進行)				◎			◎		○	○		○	Mont
6	細骨材	◎	◎			◎				○	○			

6. 骨材の物理量

Na	1		2			3		
岩石名	安山岩		安山岩(弱風化)			安山岩(風化進行)		
コ ア Na	B	C	A	B	C	A	B	C
自然空中重量(g)	55.7	53.2	52.9	51.5	52.3	60.1	56.0	61.5
乾燥空中重量(g)	56.16	52.97	52.96	51.49	52.22	58.30	54.37	60.07
湿潤空中重量(g)	56.73	53.45	53.93	52.46	52.97	60.70	56.37	61.79
湿潤水中重量(g)	35.16	33.20	33.27	32.38	32.80	36.86	34.36	37.55
乾燥密度(g/cm ³)	1.015	0.906	2.563	2.564	2.589	2.446	2.470	2.478
吸水率(%)	2.604	2.616	1.832	1.884	1.436	4.117	3.679	2.863
湿潤密度(g/cm ³)	2.630	2.640	2.610	2.613	2.626	2.546	2.561	2.549

7. 判定

1. ASRである。 ② ASRの疑いがある。 3. ASRでない。



構造物No.17

1. コンクリートの膨張量

コ ア №	2 週	4 週	2 カ月	3 カ月	4 カ月	6 カ月
B ₂ -2-c	0.0200	0.0260	0.0260	0.0285	0.0330	0.0340
C ₂ -1-c	-0.0115	-0.0155	-0.0705	-0.0685	-0.0655	-0.0610

2. コンクリートの物理量

コ ア №	表乾比重	吸水率(%)	圧縮強度 (kgf/cm ²)	動弾性係数(×10 ⁴ kgf/cm ²)	
				縦 振 動	たわみ振動
B ₁ -1-a	2.35	3.51	247	54	53
C ₁ -1-b	2.37	3.89	284	119	220
—	—	—	—	—	—

3. コンクリート中のNaCl, Na⁺, K⁺量 (wt%)

劣 化 部					非 劣 化 部				
コ ア №	深 度	NaCl	Na ⁺	K ⁺	コ ア №	深 度	NaCl	Na ⁺	K ⁺
A ₁ -1-a	2 cm	0.06	0.0298	0.0310	C ₁ -1-a	2 cm	0.20	0.1520	0.0798
A ₁ -2-c	53 cm	0.01	0.0661	0.0520	C ₁ -2-c''	51 cm	0.01	0.0650	0.0582

4. 骨材の種類およびアルカリ反応性試験の結果

№	岩 石 名	重量比 (%)	産状	初期状態の ゾル・ゲル	スライス後の ゾル・ゲル	A S T M 化学法結果		
						Sc mmol/l	Rc mmol/l	判 定
1	花崗岩Pl	23.8	砂利	全体にゾル がごく少量 認められる のみ。	無	23.2	19.1	無害
2	花崗岩Kf		"		"	22.1	23.8	無害
3	黒色安山岩	15.1	"		"	503	86.9	有害
4	花崗閃緑岩	14.2	"		"	22.1	16.6	無害
5	流紋岩	7.1	"		ゾ ル	54.4	42.1	有害?
6	片麻岩	5.4	"		無	29.9	27.7	無害
7	シャルスタイン	4.9	"		"	23.8	30.2	無害
8	砂岩	4.1	"		"	56.3	29.7	有害?
9	輝緑岩	3.5	"		"	21.6	32.2	無害
10	チャート	3.0	"		"	55.1	15.4	有害
11	暗褐色安山岩	2.6	"		"	—	—	—
12	ひん岩	2.6	"		"	—	—	—
13	頁岩	1.5	"		"	—	—	—
14	安山岩	0.6	"		ゾ ル	—	—	—
15	その他	11.5	"		無	—	—	—
16	細骨材	—	—		"	127	12.7	有害

5. X線回折分析の結果

№	岩 石 名	Qtz	Or	Mic	HA	LA	Hb	En	Mus	Chl	Ill	Cr	Gl	その他
1	花崗岩Pl	◎		◎		◎	○			○	○			
2	花崗岩Kf	◎		◎		◎	○			○	○			
3	黒色安山岩	◎?			◎						○		○	
4	花崗閃緑岩	◎				◎	◎			○	○			
5	流紋岩	◎	◎			◎				○	○			
6	片麻岩	◎	◎			○	○			○	○			
7	シャルスタイン	○				◎	○			○	○			
8	砂岩	◎				◎	○			○	○			
9	輝緑岩	◎				◎	○			○	◎			
10	チャート	◎	◎			◎			○	○				
11	暗褐色安山岩	◎				◎				○	○			
12	ひん岩	◎				◎	○		○	○				
16	細骨材	◎	◎			◎	○			○	○			

6. 骨材の物理量

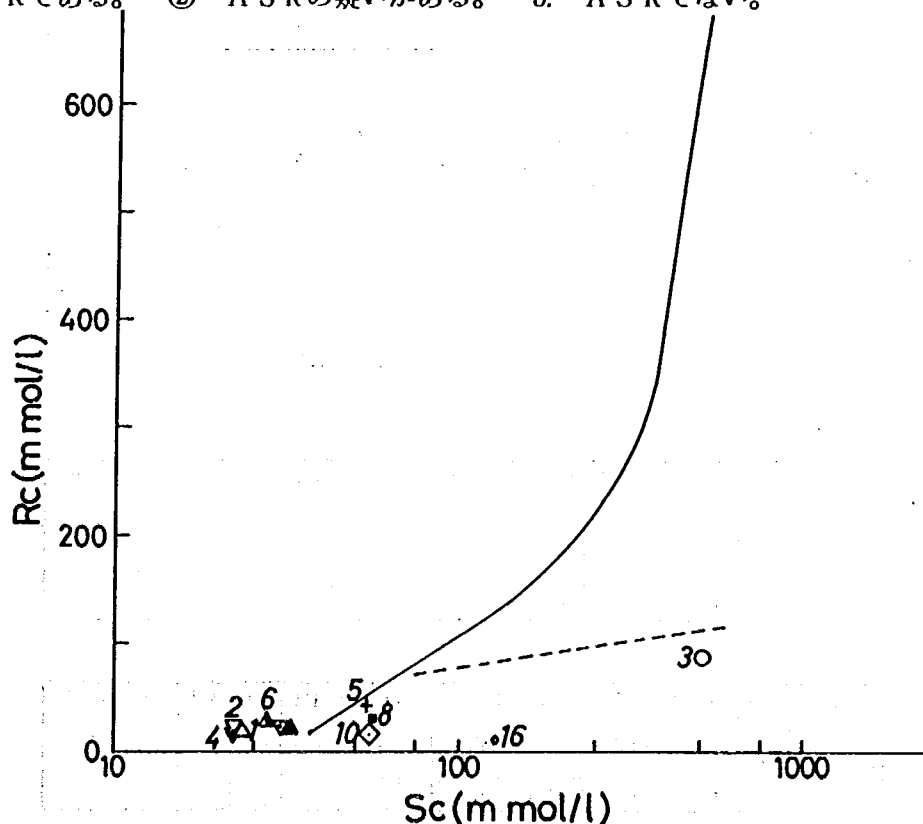
N ₀	1			2			3		
岩石名	花崗岩 Pl			花崗岩 Kf			黒色安山岩		
コ ア N ₀	A	B	C	A	B	C	A	B	C
自然空中重量 (g)	53.8	60.0	53.8	44.1	54.9	48.3	52.3	52.7	54.2
乾燥空中重量 (g)	53.61	59.90	53.62	44.00	54.71	48.18	51.94	52.34	53.59
湿潤空中重量 (g)	53.99	60.29	53.99	44.26	55.08	48.51	52.53	52.81	54.13
湿潤水中重量 (g)	33.55	37.51	33.72	27.33	34.02	29.97	32.49	32.88	33.54
乾燥密度 (g/cm ³)	2.623	2.629	2.645	2.599	2.598	2.599	2.592	2.626	2.603
吸水率 (%)	0.709	0.651	0.690	0.591	0.676	0.685	1.136	0.898	1.008
湿潤密度 (g/cm ³)	2.641	2.647	2.664	2.614	2.615	2.617	2.621	2.650	2.629

N ₀	4			5			6		7
岩石名	花崗閃緑岩			流紋岩			片麻岩		シトール スライム
コ ア N ₀	A	B	C	A	B	C	B	C	B
自然空中重量 (g)	51.3	55.2	52.6	47.9	46.4	47.4	52.7	50.8	51.1
乾燥空中重量 (g)	51.13	55.02	52.48	47.54	46.23	47.17	52.38	50.55	50.89
湿潤空中重量 (g)	51.43	55.29	52.76	48.25	46.74	47.93	52.67	50.93	51.33
湿潤水中重量 (g)	33.16	35.72	34.19	29.68	28.65	29.30	33.29	31.58	33.51
乾燥密度 (g/cm ³)	2.799	2.811	2.826	2.560	2.556	2.532	2.703	2.612	2.856
吸水率 (%)	0.587	0.491	0.534	1.493	1.103	1.611	0.554	0.752	0.865
湿潤密度 (g/cm ³)	2.815	2.815	2.841	2.598	2.584	2.573	2.718	2.632	2.880

N ₀	8	9			10
岩石名	砂岩	輝緑岩			チャート
コ ア N ₀	B	A	B	C	B
自然空中重量 (g)	49.5	11.5	16.7	29.0	32.0
乾燥空中重量 (g)	49.41	56.90			43.81
湿潤空中重量 (g)	49.77	57.23			44.07
湿潤水中重量 (g)	31.31	36.91			27.40
乾燥密度 (g/cm ³)	2.677	2.800			2.628
吸水率 (%)	0.729	0.580			0.593
湿潤密度 (g/cm ³)	2.696	2.816			2.644

7. 判定

1. ASRである。 ② ASRの疑いがある。 3. ASRでない。



構造物No.18

1. コンクリートの膨張量

コ ア №	2 週	4 週	2 カ月	3 カ月	4 カ月	6 カ月
B ₁ -2-c	0.0060	0.0125	0.0130	0.0155	0.0210	0.0180
B ₂ -2-b	0.0160	0.0200	0.0220	0.0250	0.0280	0.0310

2. コンクリートの物理量

コ ア №	表乾比重	吸水率(%)	圧縮強度 (kgf/cm ²)	動弾性係数(×10 ³ kgf/cm ²)	
				縦振動	たわみ振動
—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—

3. コンクリート中のNaCl, Na⁺, K⁺量 (wt%)

劣 化 部					非 劣 化 部				
コ ア №	深 度	NaCl	Na ⁺	K ⁺	コ ア №	深 度	NaCl	Na ⁺	K ⁺
A ₁ -3-a'''	18 cm	0.02	0.0689	0.0459	—	—	—	—	—
A ₁ -4-c	48 cm	0.02	0.0777	0.0378	—	—	—	—	—

4. 骨材の種類およびアルカリ反応性試験の結果

1) 本 体

№	岩 石 名	重量比 (%)	産状	初期状態 の ゾル・ゲル	スライス 後 の ゾル・ゲル	A S T M 化学法結果		
						Sc mmol/l	Rc mmol/l	判 定
1	淡赤褐色安山岩	48.0	砕石	表面部に	無	716	170	潜在的有害
2	灰色安山岩	38.4	"	はゾル・	"	747	149	潜在的有害
3	多孔質安山岩	4.3	"	ゲルはほ	ゲル	887	178	潜在的有害
4	花崗岩類(花崗岩, 花崗閃緑岩)	2.4	砂利	とんだ	無	—	—	—
5	赤褐色安山岩	1.7	砕石	い。	"	—	—	—
6	その他	5.2	砂利		"	—	—	—
7	細骨材	—	—		"	227	21.1	有 害

2) 継ぎ足し部

№	岩 石 名	重量比 (%)	産状	初期状態 の ゾル・ゲル	スライス 後 の ゾル・ゲル	A S T M 化学法結果		
						Sc mmol/l	Rc mmol/l	判 定
1	黒色安山岩	44.0	砕石	無	無	244	77.8	有 害
2	斑状灰色安山岩	37.5	"	"	"	684	154	潜在的有害
3	その他	18.5	砂利	"	"	—	—	—
4	細骨材	—	—	"	"	213	21.1	有 害

5. X線回折分析の結果

1) 本 体

№	岩 石 名	Qtz	Or	Mic	HA	LA	Hb	En	Mus	Chl	Ill	Cr	Gl	そ の 他
1	淡赤褐色安山岩				◎			○			○	◎		Mont
2	灰色安山岩				◎			○			○	◎		Mont
3	多孔質安山岩				◎			○					○	
7	細骨材	◎	◎			◎					○			

2) 継ぎ足し部

№	岩 石 名	Qtz	Or	Mic	HA	LA	Hb	En	Mus	Chl	Ill	Cr	Gl	そ の 他
1	黒色安山岩				◎								○	
2	斑状灰色安山岩	?			◎									
4	細骨材	◎	◎			◎					○			

6. 骨材の物理量

1) 本 体

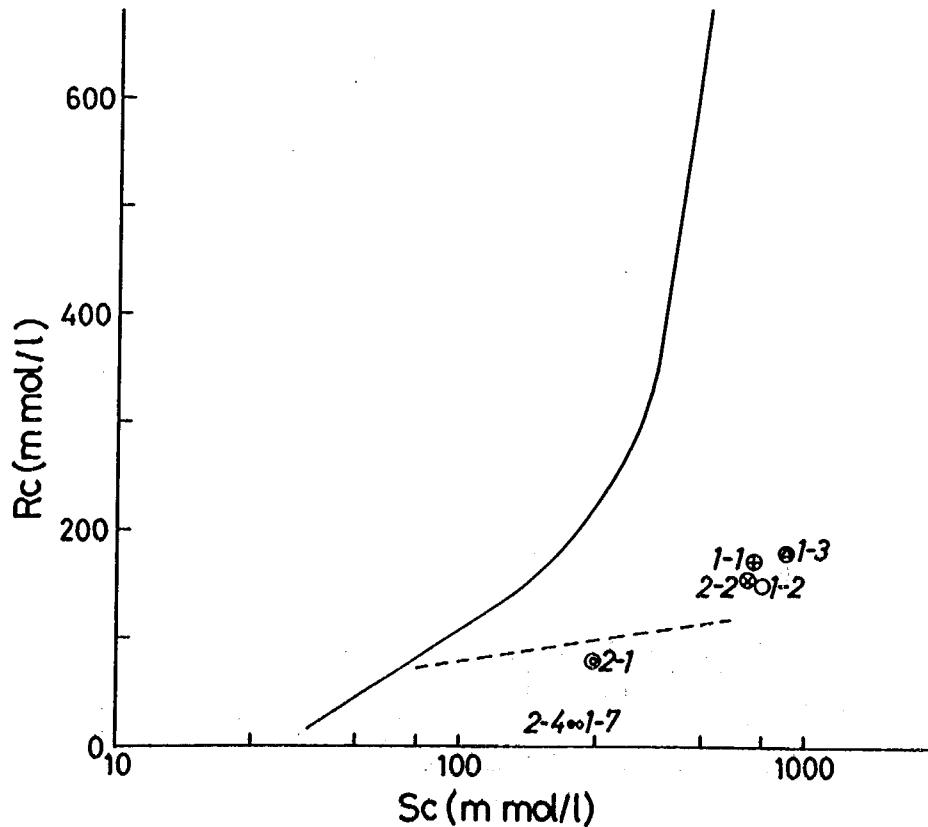
№	1		2		3	
岩 石 名	淡赤褐色安山岩		灰 色 安 山 岩		多孔質安山岩	
コ ア №	A	B	A	B	A	B
自然空中重量 (g)	57.6	56.7	57.9	59.3	41.9	42.0
乾燥空中重量 (g)	56.84	55.86	57.01	58.60	41.24	41.27
湿潤空中重量 (g)	57.88	56.93	58.05	59.64	42.86	42.98
湿潤水中重量 (g)	35.98	35.62	36.17	37.21	24.85	24.81
乾 燥 密 度 (g/cm^3)	2.595	2.621	2.606	2.613	2.290	2.271
吸 水 率 (%)	1.830	1.916	1.824	1.775	3.928	4.143
湿 潤 密 度 (g/cm^3)	2.643	2.672	2.653	2.659	2.380	2.365

2) 継ぎ足し部

№	1	2
岩 石 名	黒色安山岩	斑状灰色安山岩
コ ア №	A	A
自然空中重量 (g)	56.0	57.8
乾燥空中重量 (g)	55.79	57.50
湿潤空中重量 (g)	56.15	58.31
湿潤水中重量 (g)	34.88	36.23
乾 燥 密 度 (g/cm^3)	2.623	2.604
吸 水 率 (%)	0.645	1.409
湿 潤 密 度 (g/cm^3)	2.640	2.641

7. 判 定

1. ASRである。 ② ASRの疑いがある。 3. ASRでない。



構造物No.19

1. コンクリートの膨張量

コ ア No	2 週	4 週	2 カ月	3 カ月	4 カ月	6 カ月
A ₁₃ -1-a	0.0210	0.0285	0.0395	0.0400	0.0410	0.0380
C ₁ -1-c	0.0275	0.0265	0.0335	0.0350	0.0330	0.0325
C ₂ -1-c	0.0245	0.0265	0.0325	0.0345	0.0335	0.0315

2. コンクリートの物理量

コ ア No	表 乾 比 重	吸 水 率 (%)	圧 縮 強 度 (kgf/cm ²)	動 弾 性 係 数 (×10 ³ kgf/cm ²)	
				縦 振 動	た わ み 振 動

3. コンクリート中のNaCl, Na⁺, K⁺ 量 (wt%)

劣 化 部					非 劣 化 部				
コ ア No	深 度	NaCl	Na ⁺	K ⁺	コ ア No	深 度	NaCl	Na ⁺	K ⁺
A ₄ -1-a	2 cm	0.15	0.0404	0.0244	C ₁ -1-a	2 cm	0.13	0.0431	0.0343
A ₄ -1-a	17 cm	0.12	0.0713	0.0303	C ₁ -1-c'	50 cm	0.08	0.0621	0.0482

4. 骨材の種類およびアルカリ反応性試験の結果

1) 劣化部

No	岩 石 名	重 量 比 (%)	産 状	初期状態の ゾル・ゲル	スライス後の ゾル・ゲル	ASTM化学法結果		
						Sc mmol/l	Rc mmol/l	判 定
1	砂岩	52.1	砂利	全面にゾル・ゲルあり。	無	73.0	56.7	有害?
2	黒-茶混合サスカイト質安山岩	24.2	砕石		ゾル・ゲル	937	150	潜在的有害
3	頁岩	11.2	砂利		無	146	76.8	有 害
4	流紋岩	2.8	"		"	-	-	-
5	黒色サスカイト質安山岩	2.6	砕石		ゾル・ゲル	-	-	-
6	花崗岩質岩	2.0	砂利		無	-	-	-
7	チャート	0.8	"		"	-	-	-
8	灰色サスカイト質安山岩	0.6	砕石		ゾル・ゲル	-	-	-
9	チャート質頁岩	0.6	砂利		無	-	-	-
10	茶色サスカイト質安山岩	0.3	砕石		ゾル・ゲル	-	-	-
11	流紋岩質凝灰岩	0.3	砂利		無	-	-	-
12	その他	2.4	"		"	-	-	-
13	細骨材	-	-		"	249	38.3	有 害

2) 非劣化部

No	岩 石 名	重 量 比 (%)	産 状	初期状態の ゾル・ゲル	スライス後の ゾル・ゲル	ASTM化学法結果		
						Sc mmol/l	Rc mmol/l	判 定
1	砂岩	57.1	砂利	無	無	144	79.6	有害?
2	灰色チャート	9.0	"	"	"	-	-	-
3	緑灰色チャート	5.1	"	"	"	-	-	-
4	褐色チャート	2.6	"	"	"	-	-	-
5	チャート類	2.6	"	"	"	-	-	-
6	花崗岩質岩	2.4	"	"	"	-	-	-
7	頁岩~チャート質頁岩	1.9	"	"	"	-	-	-
8	安山岩	1.4	"	"	"	-	-	-
9	花崗岩質岩	1.3	"	"	"	-	-	-
10	流紋岩質凝灰岩	0.9	"	"	"	-	-	-
11	結晶片岩	0.5	"	"	"	-	-	-
12	その他	15.2	"	"	"	-	-	-
13	細骨材	-	-	"	"	103	18.8	有 害

5. X線回折分析の結果

1) 劣化部

No	岩 石 名	Qtz	Or	Mic	HA	LA	Hb	En	Mus	Chl	Ill	Cr	Gl	その他
1	砂岩	◎		○		◎				○	○			
2	黒-茶混合サスカイト質安山岩		?		◎			○			○		○	
3	頁岩	◎				◎			○	○				
13	細骨材	◎				◎	○		○	○				

2) 非劣化部

№	岩 石 名	Qtz	Or	Mic	HA	LA	Hb	En	Mus	Chl	Ill	Cr	Gl	その他
1	砂岩	◎	○			◎				○	○			
13	細骨材	◎	◎			◎	○			○	○			

6. 骨材の物理量

1) 劣化部

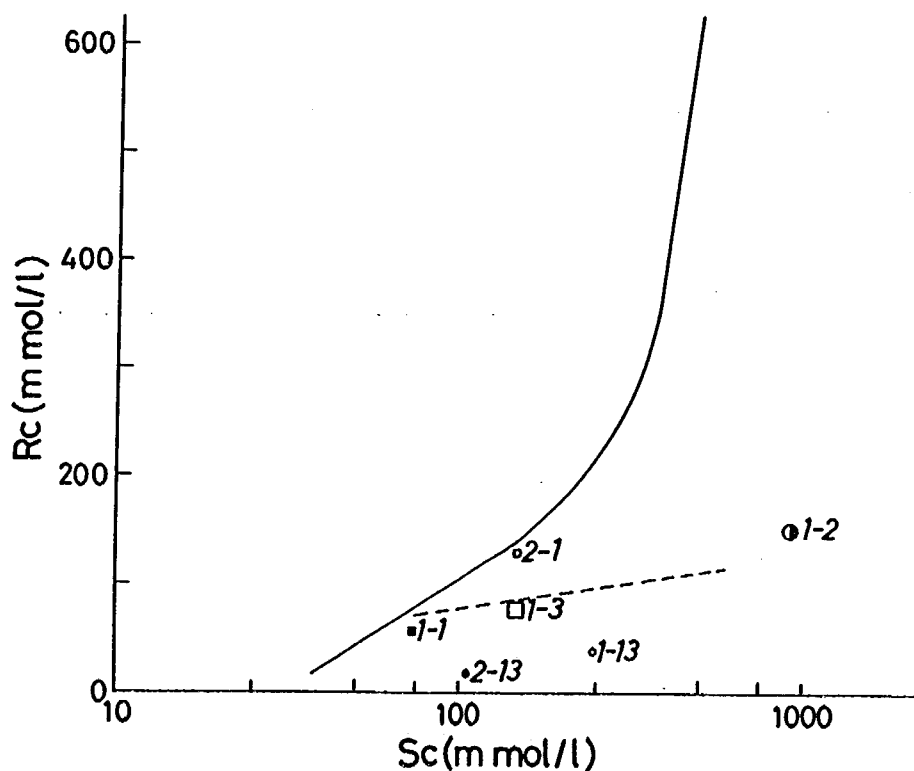
№	1	2	3
岩 石 名	砂 岩	黒一茶混合サヌカイト質安山岩	頁 岩
コ ア №	A	A	A
自然空中重量 (g)	55.2	55.4	53.5
乾燥空中重量 (g)	55.68	55.06	53.52
湿潤空中重量 (g)	56.33	56.64	53.97
湿潤水中重量 (g)	34.64	33.20	33.49
乾 燥 密 度 (g/cm ³)	2.567	2.349	2.613
吸 水 率 (%)	1.167	2.870	0.841
湿 潤 密 度 (g/cm ³)	2.597	2.416	2.635

2) 非劣化部

№	1
岩 石 名	砂 岩
コ ア №	C
自然空中重量 (g)	56.3
乾燥空中重量 (g)	56.67
湿潤空中重量 (g)	57.45
湿潤水中重量 (g)	35.37
乾 燥 密 度 (g/cm ³)	2.567
吸 水 率 (%)	1.376
湿 潤 密 度 (g/cm ³)	2.602

7. 判 定

1. ASRである。 ② ASRの疑いがある。 3. ASRでない。



構造物No.20

1. コンクリートの膨張量

コ ア №	2 週	4 週	2 カ月	3 カ月	4 カ月	6 カ月
B ₁ -2-c	0.0370	0.0455	0.0540	0.0640	0.0650	0.0595
B ₂ -3-c'	0.0475	0.0605	0.0720	0.0775	0.0785	0.0795
C ₂ -1-c	0.0580	0.0725	0.0880	0.0980	0.1010	0.1015

2. コンクリートの物理量

コ ア №	表乾比重	吸水率(%)	圧縮強度 (kgf/cm ²)	動弾性係数(×10 ³ kgf/cm ²)	
				縦 振 動	たわみ振動
B ₁ -1-a	2.33	3.49	208	122	115
B ₂ -1-a	2.40	2.44	198	158	145
C ₁ -1-b	2.36	3.29	236	138	130

3. コンクリート中のNaCl, Na⁺, K⁺ 量 (wt %)

劣 化 部					非 劣 化 部				
コ ア №	深 度	NaCl	Na ⁺	K ⁺	コ ア №	深 度	NaCl	Na ⁺	K ⁺
A ₁ -1-a'	14 cm	0.12	0.0632	0.0413	C ₂ -1-a	2 cm	0.59	0.1516	0.0349
A ₁ -2-c'	68 cm	0.13	0.0594	0.0437	C ₂ -1-c'	60 cm	0.08	0.0520	0.0429

4. 骨材の種類およびアルカリ反応性試験の結果

№	岩 石 名	重量比 (%)	産状	初期状態の ゾル・ゲル	スライス後の ゾル・ゲル	A S T M 化学法結果		
						Sc mmol/l	Rc mmol/l	判 定
1	頁岩	32.1	碎石	ごく少量の ゾル・ゲル あり。	無	121	58.8	有 害
2	チャート質頁岩	28.9	"		"	177	28.4	有 害
3	チャート	25.1	"		"	170	30.9	有 害
4	頁岩 (風化)	13.9	"		"	429	77.3	有 害
5	その他	—	"		"	—	—	—
6	細骨材	—	—		"	123	14.6	有 害

5. X線回折分析の結果

№	岩 石 名	Qtz	Or	Mic	HA	LA	Hb	En	Mus	Chl	Ill	Cr	Gl	そ の 他
1	頁岩	◎				○			○	○				
2	チャート質頁岩	◎				○			○	○				
3	チャート	◎				○			○	○				
4	頁岩 (風化)	◎				○			○	○				
6	細骨材	◎	◎			◎	○			○	○			

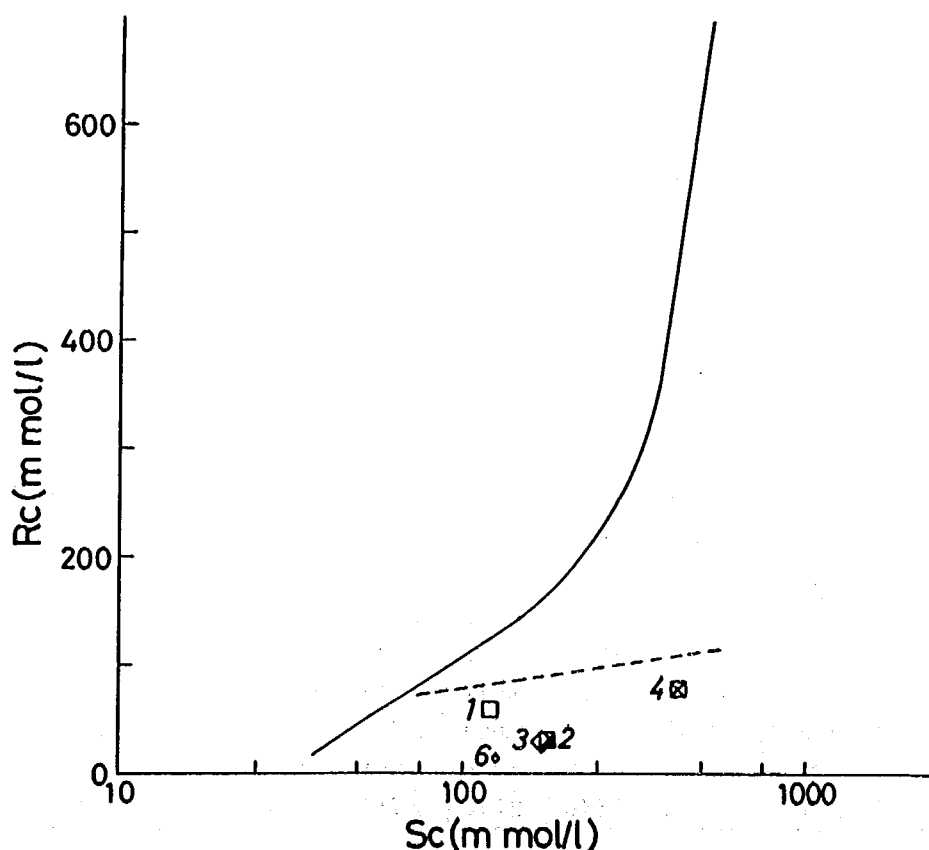
6. 骨材の物理量

N _h	1			2			3		
岩石名	頁岩			チャート質頁岩			チャート		
コ ア N _h	A	B	C	A	B	C	A	B	C
自然空中重量 (g)	52.9	53.6	54.7	54.1	53.0	52.7	55.1	54.7	51.4
乾燥空中重量 (g)	53.33	52.93	54.50	54.20	53.27	53.45	55.37	53.05	53.34
湿潤空中重量 (g)	53.95	53.46	55.22	54.48	53.55	53.73	55.65	53.39	53.53
湿潤水中重量 (g)	33.68	33.53	34.73	34.00	33.34	33.40	34.47	33.09	33.30
乾燥密度 (g/cm ³)	2.631	2.656	2.660	2.647	2.636	2.629	2.614	2.613	2.637
吸水率 (%)	1.163	1.001	1.321	0.517	0.526	0.524	0.506	0.641	0.356
湿潤密度 (g/cm ³)	2.662	2.682	2.695	2.660	2.650	2.643	2.628	2.630	2.646

N _h	4		
岩石名	頁岩(風化)		
コ ア N _h	A	B	C
自然空中重量 (g)	54.8	51.6	51.3
乾燥空中重量 (g)	54.47	51.92	51.72
湿潤空中重量 (g)	55.36	52.57	52.31
湿潤水中重量 (g)	34.46	32.81	32.75
乾燥密度 (g/cm ³)	2.606	2.660	2.674
吸水率 (%)	1.634	1.252	1.141
湿潤密度 (g/cm ³)	2.649	2.660	2.674

7. 判定

① ASRである。 2. ASRの疑いがある。 3. ASRでない。



構造物No21

1. コンクリートの膨張量

コ ア №	2 週	4 週	2 カ月	3 カ月	4 カ月	6 カ月
B ₂ -3-c	0.0165	0.0195	0.0245	0.0265	0.0285	0.0300
C ₁ -2-c'	0.0125	0.0125	0.0145	0.0145	0.0145	0.0230
C ₂ -1-a'	0.0135	0.0170	0.0215	0.0240	0.0240	0.0225

2. コンクリートの物理量

コ ア №	表乾比重	吸水率(%)	圧縮強度 (kgf/cm ²)	動弾性係数(×10 ³ kgf/cm ²)	
				縦 振 動	たわみ振動
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-

3. コンクリート中のNaCl, Na⁺, K⁺量 (wt %)

劣 化 部					非 劣 化 部				
コ ア №	深 度	NaCl	Na ⁺	K ⁺	コ ア №	深 度	NaCl	Na ⁺	K ⁺
A ₁ -2-b'	38 cm	0.10	0.0589	0.0453	C ₁ -1-a'	3 cm	0.05	0.0138	0.0135
A ₁ -2-c	57 cm	0.11	0.0539	0.0500	C ₁ -2-c'	64 cm	0.07	0.0457	0.0341

4. 骨材の種類およびアルカリ反応性試験の結果

№	岩 石 名	重量比 (%)	産状	初期状態の ゾル・ゲル	スライス後の ゾル・ゲル	A S T M 化学法結果		
						Sc mmol/l	Rc mmol/l	判 定
1	優黒色チャート	60.3	砕石	ゾ ル	無	188	13.9	有 害
2	黒色頁岩	20.4	"	無	"	133	31.7	有 害
3	優白色チャート	17.8	"	ゾ ル	"	167	14.5	有 害
4	その他	1.5	"	無	"	-	-	-
5	細骨材	-	-	"	"	101	21.0	有 害

5. X線回折分析の結果

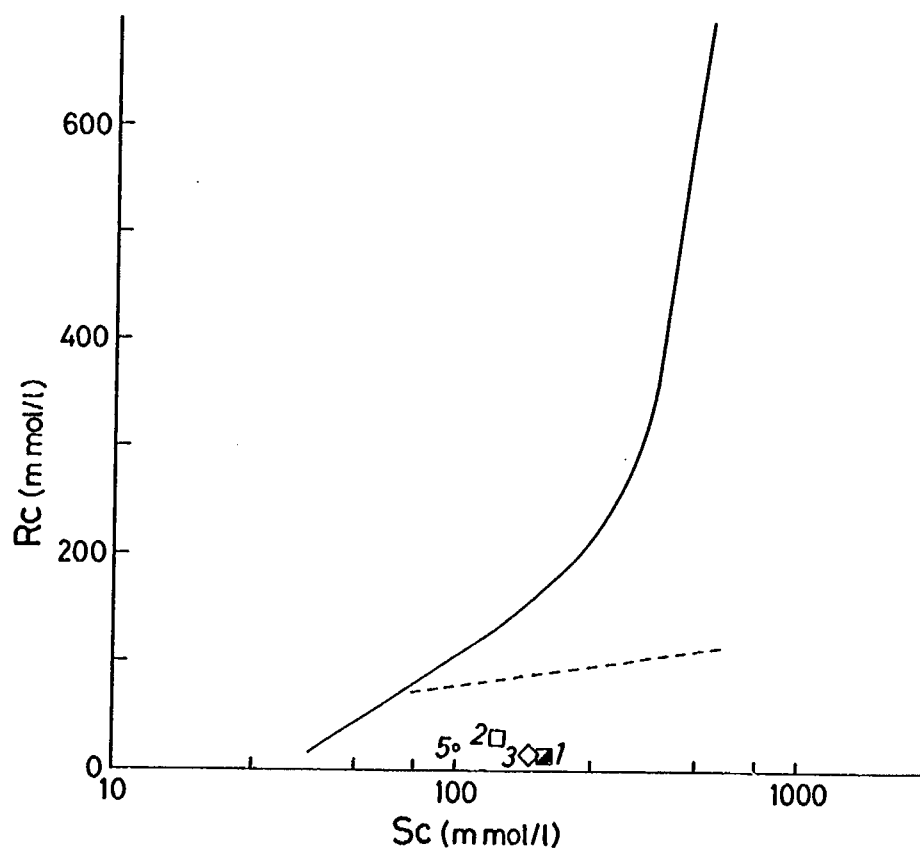
№	岩 石 名	Qtz	Or	Mic	HA	LA	Hb	En	Mus	Chl	Ill	Cr	Gl	その他
1	優黒色チャート	◎				○			○	○				
2	黒色頁岩	◎				○				○	○			
3	優白色チャート	◎				○			○	○				
5	細骨材	◎	◎			◎				○	○			

6. 骨材の物理量

№	岩 石 名	1			2			3		
		優黒色チャート			黒 色 頁 岩			優白色チャート		
コ ア №		A	B	C	A	B	C	A	B	C
自然空中重量 (g)		51.8	53.5	53.0	52.7	54.7	53.1	55.0	53.1	54.3
乾燥空中重量 (g)		52.44	53.92	53.34	52.68	54.71	53.36	55.89	53.79	54.99
湿潤空中重量 (g)		52.63	54.30	53.54	53.03	55.21	53.71	56.21	54.17	55.24
湿潤水中重量 (g)		32.80	33.79	33.49	33.49	34.74	33.64	34.94	33.57	34.31
乾 燥 密 度 (g/cm ³)		2.645	2.629	2.660	2.696	2.673	2.659	2.628	2.611	2.627
吸 水 率 (%)		0.362	0.705	0.375	0.664	0.914	0.656	0.573	0.707	0.455
湿 潤 密 度 (g/cm ³)		2.654	2.648	2.670	2.714	2.697	2.676	2.643	2.630	2.639

7. 判 定

1. ASRである。 ② ASRの疑いがある。 3. ASRでない。



桑原啓三・平野 勇・脇坂安彦・阿部昌彦・長沢政和
守屋 進・西崎 到・小野金造・河野広隆・窪田洋司

要 旨

日本各地で原因不明のひびわれを生じている構造物について、目視実態調査、コアの採取、採取コアの調査を行った。その結果、阪神地区以外にもアルカリシリカ反応によってひびわれを生じている構造物が存在することがわかった。

キーワード：アルカリシリカ反応・骨材・膨張量・ASTM化学法・
コンクリート構造物・ひびわれ

郵便はがき

40円切手
をはって
下さい。

3 0 5 - □ □

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地
建設省土木研究所
地質研究室
行

No.

1

No.

配布先氏名

配布先住所

○



土木研究所資料第 2369 号 部

上記のとおり受領しました。

所 属（住所）

氏 名

