

論文

チャートおよび珪質粘板岩の アルカリシリカ反応に関する研究

岩 月 栄 治^{※)} 平 林 丈 明^{※※)}

1. はじめに

アルカリシリカ反応(以下、ASR)によるコンクリートの劣化は1983年に社会問題化し、既に26年が経過した。

1986年には当時の建設省から抑制対策が提示され¹⁾、一時的に沈静化した。しかし、対策以前に施工された劣化構造物は補修・補強が継続して行われており、さらに抑制対策後に施行された構造物であっても、ASRによるひび割れが発生している場合がある。さらに、2003年には、ASR膨張による鉄筋破断が報じられ、再度、社会問題化している。これらから、現在においてもコンクリート骨材の製造やコンクリートの施工において重要な課題となっている。

抑制対策後においても、この問題が解決されない原因は、反応が長期にわたって継続すること、骨材資源の枯渇から使用実績の無い骨材が使用されるようになったこと、コンクリート製造時に多種の骨材を混合して用いることによって、ASRが過大に反応する現象(ベシマム現象)が起こることなどが考えられる。

骨材の反応性は岩種によって異なり、さらに骨材に含まれる反応性鉱物の種類や量によって異なる。岩種は地域の地質状況によって異なり、さらに採取場の切り羽や採取場所が移動することによっても変動し²⁾、ASRの反応性も絶えず変化している。そのため、採取地の地質や岩種の変化毎に反応性の実態を把握することが重要である。

日本におけるASRを起こす骨材岩種は、主に火成岩の安山岩と、堆積岩のチャートであり、全国に分布している。このうち、中部地方の愛知県は、愛知県北部から岐阜県に分布する美濃帯の中・古生層の堆積岩の地層があり、主に砂岩、粘板岩、チャートからなる。愛知県の北部ではこの地層の砂岩を、砕石としてコンクリート用

骨材に用いている。また、愛知県東部の丘陵地帯(第三紀鮮新世の東海層群)には、中・古生層を起源とした堆積物があり、ここから山砂利を採取してコンクリート用骨材に使用している。この山砂利はほとんどチャートからなり、工学的な性質として、硬度が高く、吸水率は低く、球形であることからコンクリート用骨材に適している。しかし、ASRの判定試験のJIS A 1145化学法やJIS A 1146モルタルバー法では「無害でない」に判定される場合が多い³⁾。そのため、山砂利の使用にはASRの抑制対策を検討する必要がある。

ASRの抑制対策は、①コンクリートのアルカリ量を 3 kg/m^3 以下に抑えること、②抑制効果のある混和材や混合セメントなどの使用、③反応しない骨材を用いる、の3つがある。①及び②については、コンクリート製造者や施工者にその判断を委ねることになる。③について、骨材資源の有効利用の観点や、骨材運搬に関わる環境への配慮も考慮する必要があることから、対策としては①もしくは②の対策をとることが推奨されている。さらに、容易に抑制が可能な手法も検討する必要がある^{4, 5)}。この対策をするうえで、骨材のASRの特徴を把握することが必要であり、さらに劣化構造物の反応状況に関するデータも蓄積する必要がある。

本研究は、愛知県のASR劣化構造物の反応の特徴を整理し、さらに構造物に用いられていた岩種でモルタルやコンクリートを作製して、長期間の膨張特性を検討した。さらにモルタルの膨張と化学法の関連についても検討した。

2. 実験方法

2.1 ASR劣化構造物から採取したコアの観察と残存膨張及び強度の測定

ASR劣化構造物から採取したコアは、ひび割れや

※)正会員 愛知工業大学工学部 都市環境学科土木工学専攻 准教授

※※)愛知工業大学大学院 建設システム工学専攻

表1 モルタルおよびコンクリートに使用した骨材の化学法の結果

骨材	産地	JIS A1145の結果		Sc / Rc	判定
		Sc (mmol/l)	Rc (mmol/l)		
チャートYo	岐阜	391~329	88~130	4.44~2.53	無害でない
チャートSe	愛知	116~316	58~128	2.00~2.47	
チャートSa	愛知	169~338	82~175	2.07~1.93	
珪質粘板岩	岐阜	154~209	112~65	1.38~3.22	
珪砂	愛知	12	27	0.44	無害
川砂		44	102	0.43	

* チャートSa: 2008年度の実験に使用

* 珪砂および川砂はベシムム実験とコンクリート実験の細骨材として使用

骨材の反応状況を観察した後に残存膨張の測定を行った。残存膨張率の測定方法は、コアの上面と底面の中

のものもあり、状況に応じて適宜測定器と基長を作製して測定を行った。膨張率測定の前に乾燥収縮している場

心に膨張率測定用のステンレスビスをエポキシ樹脂で接着、もしくはドリルで孔を開けてステンレスビスをセメントペーストで固定し、JIS A 1146モルタルバー法と同様に1/1000ダイヤルゲージを用いて測定した。コアの長さは原則20cmとしたが、採取状況によっては20cm以下

表2 コアを採取した愛知県および岐阜県のASR劣化構造物

県および地域		No.	構造物	施工年	調査年	骨材の種類	骨材岩種および 構成比率の概略(%)	反応していた 骨材岩種	構造物のひ び割れ幅	貯蔵90日のコアの膨張率(%)			
										最大	最小	平均	
愛知県	尾 張	O-1	橋 台	1922	1985	砂利	チャート:74 砂 岩:17 珪質粘板岩:9	チャート	約10mm				
		O-2	橋 脚	1958	2003	砂利	珪質粘板岩及び頁岩:75 チャート:25	チャート 珪質粘板岩	約5mm	0.065	0.05	0.058	
		O-3	橋 脚 フーテング	1970	2002	碎石	チャート:67 珪質粘板岩:33	チャート 珪質粘板岩	約20mm	0.14	0.051	0.068	
		O-4	歩車道境界 ブロック	1971	1984	砂利	チャート:71 砂 岩:17 珪質粘板岩:12	チャート	約5mm				
		O-5	ボックス	—	2004	砂利	チャート:90 珪質粘板岩:10	チャート 珪質粘板岩	約5mm	0.059	0.0409	0.05	
		O-6	橋 脚	1969	2005	砂利	チャート:40 砂 岩:50 珪質粘板岩:10	チャート 珪質粘板岩	約2mm	0.026	0.007	0.017	
		O-7	擁 壁	1974	2005	砂利	チャート:90 砂 岩:10 一部 珪質粘板岩、黒雲母 花崗片麻岩	チャート 珪質粘板岩	約2mm	0.003	0.002	0.003	
		O-8	橋 脚	1980	2005	砂利・碎石	チャート:40 砂 岩:50 珪質粘板岩:10 一部 概覆岩	チャート 珪質粘板岩	約2mm	0.024	0.012	0.018	
	西三河	N-1	橋 脚	1968	2003	砂利・碎石	チャート:57 珪質粘板岩:27 砂 岩:10 花崗岩:6	チャート	約5mm	0.0618	0.0109	0.045	
		N-2	橋脚脇幅部	1969	1985	砂利	チャート:95 砂 岩:4 珪質粘板岩:1	チャート	約10mm	0.157	0.078	0.117	
		N-3	橋 脚	1973	2006	砂利(一部 碎石)	チャート:80 珪質粘板岩:20 一部 両雲母花崗片麻岩	チャート	約10mm	0.0135	0.0035	0.0085	
		N-4	擁 壁	1979	1998	砂利・碎石	チャート:44 砂 岩:20 片麻岩:36	チャート	約3mm	0.207	0.0689	0.1288	
		N-5	橋 台	—	2004	砂利	チャート:90 珪質粘板岩:10	チャート 珪質粘板岩	約5mm	0.1204	0.063	0.082	
		N-6	橋脚・橋台	—	2004	砂利	チャート:80 珪質粘板岩:20	チャート 珪質粘板岩	約5mm	0.0708	0.0448	0.0647	
		東三河	H-1	橋 台	1979	2007	砂利	輝緑岩:80 珪質粘板岩:20 極少量のチャートを含む	珪質粘板岩	約5mm	0.006	0.005	0.006
			H-2	橋台・横桁	—	2004	碎石・砂利	輝緑岩:80 珪質粘板岩:20 極少量のチャートを含む	珪質粘板岩	約5mm	0.133	0.0666	0.098
			H-3	ボックス	—	2004	碎石・砂利	輝緑岩:80 珪質粘板岩:20 極少量のチャートを含む	珪質粘板岩	約5mm	0.0329	0.0329	0.0329
岐阜県(愛知県県境)		G-1	水 路	1967	2002	碎石	珪質粘板岩:85 珪質細粒砂岩:15	珪質粘板岩	約5mm	0.0795	0.0819	0.0804	

合もあることから、測定ビスを装着後、20℃の水に6時間程度浸漬して十分に湿潤状態になっていることを確認してから20℃で膨張測定を行った。その後、膨張率が平衡状態（いわゆる開放膨張率の終了）になったら温度40℃、相対湿度95%以上の貯蔵に移した。

コアの強度試験では、圧縮強度の測定時に歪みゲージを貼り付けてヤング係数も測定した。

2.2 モルタル及びコンクリート供試体の膨張率測定

ASR劣化構造物に用いられていた反応性骨材と同じ岩種の骨材を用いてモルタル及びコンクリート供試体を作製して膨張率測定を行った。使用骨材を表1に示す。チャートYoは岐阜県養老郡の中・古生層の岩盤から採取した碎石であり、反応性が非常に高くASR実験用のサンプルとして用いた。チャートSe、Saは山砂利であり、愛知県東部の丘陵地の洪積世の地層に堆積しているもので、ほとんどチャート粒子からなる。この山砂利の起源は中・古生層のチャートである。珪質粘板岩は愛知～岐阜県境の中・古生層の岩盤から採取した碎石であり、過去にチャート質の山砂利に混合して用いられていたことが判っているものである。今回の骨材は1987年から2002年の間に数回採取しており、表1の化学法結果は採取毎の結果をまとめて範囲で示した。このように結果は変動する。

実験で作製したモルタルバーはJIS A 1146に従い、ベシマムを検討するために無害の川砂を質量比で20、40、60、80、100%を混入した。コンクリートは細骨材に無害の川砂を、粗骨材に反応性骨材を用いた。粗骨材はチャートYo、Se及び珪質粘板岩を単独で使用した他に、チャートYo、Seに珪質粘板岩を質量比で50%混合した供試体も作製した。コンクリートのアルカリはNaOHを添加して調整した。モルタル及びコンクリートの貯蔵は、温度40℃、相対湿度95%以上の湿潤状態とした。また、貯蔵10～14年の長期貯蔵は温度20～30℃の湿潤状態で貯蔵した^{6, 7)}。

セメントはセメント協会のASR試験用セメントを使用し、10～14年の長期貯蔵のコンクリートは市販の普通ポルトランドセメント（Na₂O等量0.81%）を使用した。

2.3 化学法

JIS A 1145に従って化学法試験を行った。骨材はチャートYo、Se、Sa及び珪質粘板岩を使用し、モルタルの

膨張率との関連を検討するため、無害の川砂を質量比で20、40、60、80、100%混合した。なお、膨張率を測定するモルタルは前述の2.2で作製した供試体とは別に作製（2008年に作製）している。

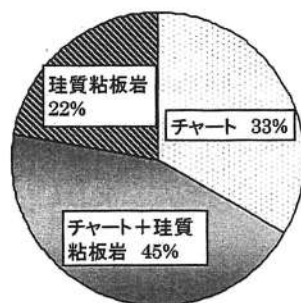
3. 結果および考察

3.1 愛知県のASR劣化構造物の特徴

3.1.1 ASR劣化構造物に使用されていた反応性骨材の特徴

愛知県18箇所と、岐阜県と愛知県の県境1箇所のコンクリート構造物から採取したコアの骨材岩種の調査結果を表2に示す。調査では骨材岩種とその構成比率を調べ、さらに目視観察、実体顕微鏡観察、薄片による偏光顕微鏡観察を行い、反応に関与している骨材を特定した。

劣化構造物に使用されていた骨材岩種は、愛知県の尾張地域はチャートと珪質粘板岩、西三河地域はチャート、珪質粘板岩、砂岩および片麻岩、東三河地域は輝緑岩、珪質粘板岩、チャートであった。このうちASRを起こしていた岩種は主としてチャートと粘板岩であり、地域による違いはみられなかった。このことが愛知県の反応性骨材の特徴といえる。愛知県18箇所の劣化構造物の反応性骨材の比率は図1に示すように、チャートのみが33%、チャートと珪質粘板岩の混合が45%、珪質粘板岩のみが22%であった。1990年頃までの愛知県のASR反応事例はチャートによるものがほとんどであったが、その後、調査を進めることによって珪質粘板岩の反応事例も明らかになった⁸⁾。また、東三河地域では片麻岩による劣化事例も報告されている⁹⁾。



ASR劣化構造物18カ所の反応性骨材の比率

図1 愛知県の18箇所のASR劣化構造物の反応性骨材の割合

調査時に判明した使用骨材の特徴としては、表2のNo.O-3構造物は施工時に骨材が不足したために愛知～岐阜県境で生産された珪質粘板岩碎石をチャート山砂利に混合していたことが判った。この構造物のひび割れ状況を図2に、コア破断面の反応状況を図3に、偏光顕微鏡写真を図4に示す。この構造物に混合されていた珪質粘板岩は、愛知県と岐阜県県境の劣化構造物No.G-1に使用されていた珪質粘板岩と同じ地層から採取されたものであり、構造物が異なっても反応している。また、西三河に位置するNo.N-3構造物は東三河の無害の両雲母花崗片麻岩の碎石をチャート質山砂利に混入していたことが判った。図5にこの構造物のひび割れ状況を示す。さらに東三河地域の特徴はNo.H-2構造物のように無害の輝緑岩に珪質粘板岩が混入していることが特徴といえる。



図2 No.O-3のASRによるひび割れ状況
(フーチング部分)

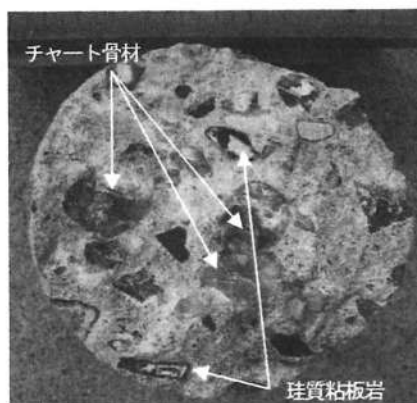


図3 No.O-3のコアの破断面

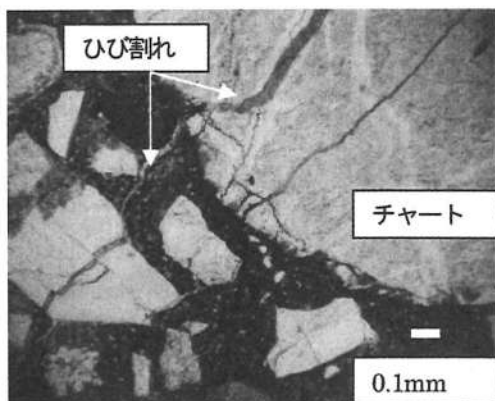


図4 No.O-3の偏光顕微鏡写真



図5 No.N-3のひび割れ状況

これらのことから、反応性骨材に注目した岩石学的調査は重要である。実に施工では周辺の骨材を混合して用いられる場合が多々あることから、骨材岩種の特定はASR調査には欠かせないものである。

3.1.2 ASR劣化構造物から採取したコアの残存膨張の特徴

チャートの反応によって劣化した構造物のNo.N-2とNo.N-3のコアの膨張挙動を図6と図7に、チャートと珪質粘板岩の反応によるNo.O-3の膨張挙動を図8に、珪質粘板岩の反応によるNo.G-1の膨張挙動を図9に示す。

チャートの反応によって劣化したNo.N-2は測定開始直後から急激に膨張し、40℃貯蔵に変更したのちの850日においても膨張が継続している。しかし、No.N-3は貯蔵150日においてもほとんど膨張していない。同

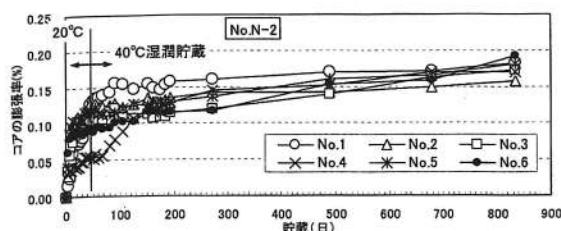


図6 No.N-2構造物のコアの残存膨張挙動

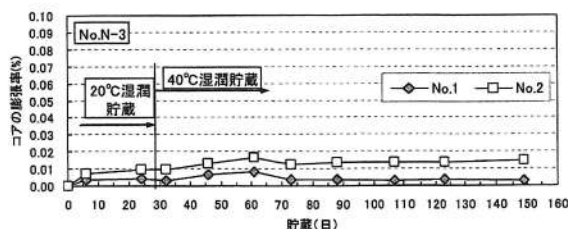


図7 No.N-3構造物のコアの残存膨張挙動

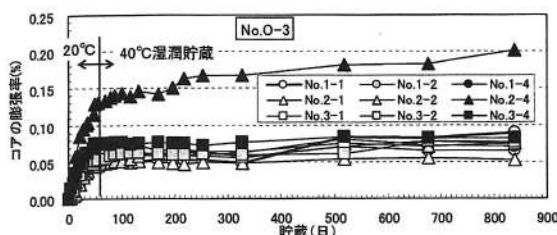


図8 No.O-3構造物のコアの残存膨張挙動

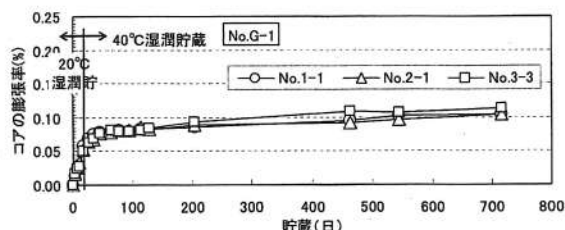


図9 No.G-1構造物のコアの残存膨張挙動

じチャートの反応であっても、構造物によって残存反応性が異なるようである。

チャートと珪質粘板岩による反応のNo.O-3は測定直後から膨張しており、9本のコアの内、1本は貯蔵840日で膨張率は0.2%であり、他は0.05～0.09%であることから、コアによって膨張率に差がある。No.G-1は珪質粘板岩の反応であるが、膨張率は貯蔵710日で0.10～0.11%であった。これらから、施工後30年以上経過していても、残存膨張を示していることから、長期にわたって反応が継続することがわかる。

3.1.3 ASR劣化構造物から採取したコアの強度性状

ASR劣化構造物から採取したコアの圧縮強度とヤング係数の関係を図10に示す。コンクリート標準示方書の圧縮強度とヤング係数の関係に対して、コアのヤング係数は1/2程度まで低下しており、ASRの劣化の典型的な特徴を示している。この中で、No.O-2は主に珪質粘板岩の反応によるもので、No.N-4はチャートによるものであるが、圧縮強度に対するヤング係数の低下はチャートのほうが大きいようである。

3.2 珪質堆積岩のASRの特徴

3.2.1 チャートおよび珪質粘板岩を用いたモルタルの膨張挙動

劣化構造物の反応岩種であるチャートと珪質粘板岩のASR反応性を検討するため、JIS A 1146モルタルバー法に準じて供試体を作製し、膨張挙動を検討した。

チャートYo、Se、珪質粘板岩を用いたモルタルの膨張挙動を図11、図12、図13に示す。また、各材齢の膨張率と反応性骨材混入率の関係を図14に示す。

チャートYoは図11に示すように、60%、80%、100%の膨張が先行し、20%、40%は若干遅れて膨張する。しかし40%は200日以降から100%の膨張率を越えている。この現象は図12のチャートSeでも同様である。図13の珪質粘板岩もチャートと同じように、60%、80%、100%の膨張が先行し、20%、40%は若干遅れて膨張し、40%は300日以降に100%の膨張率を超える。図13の珪質粘

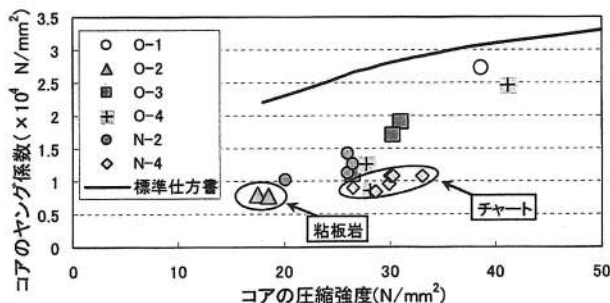


図10 コアのヤング係数と圧縮強度の関係

板岩は442日時点の最大膨張率は0.57%であり、長期ではチャートより反応性が高いことがわかる。

各骨材のベシマム（図14）は、176日ではチャートYoは混入率60～80%、Seは60～100%がベシマムである。さらに長期の442日ではYo、Seとも60%であり、ベシマムが変化している。珪質粘板岩は80%がベシマムであり、長期であっても変化はみられない。

以上から、チャートと珪質粘板岩では、長期では珪質粘板岩のほうが膨張率が高く、反応性が高いといえる。またチャートのベシマムは、長期になるにつれて40～60%の混入率にシフトしている。JIS A 1146モルタルバー法の試験では反応性骨材100%使用で供試体を作製して180日で判定をしているが、骨材の反応性の特徴を把握するにはベシマムを把握できる供試体を作製し、長期間の測定が必要であることがわかる。

3.2.2 チャートを用いたコンクリートの長期間の膨張挙動

チャートYo、Seを用いたコンクリートの11～14年の膨張挙動を図15に示す（配合は表3）。チャートYoは反応性が高いため長期になるとアルカリ量が 2.4kg/m^3 であっても0.1%以上の膨張を示している。また、Seは一般の山砂利であるが、アルカリ量 3kg/m^3 であっても貯蔵10年で膨張率が0.1%を越えている。供試体の目視観察ではひび割れもみられ、また、内部も偏光顕微鏡観察では図16、図17に示すようにひび割れがみられる。これらから、アルカリ量が 3kg/m^3 であっても十数年という長期では有害な膨張を示し、ひび割れが発生する。実構造物においてもコンクリートのアルカリ量が低いにもかかわらず、ASRによるひび割れがみられる場合があるとされており、このことを供試体でも確認したことになる。

3.2.3 チャートと珪質粘板岩を混合したモルタル及びコンクリートの膨張挙動

チャート質山砂利と珪質粘板岩を混合したASR劣化

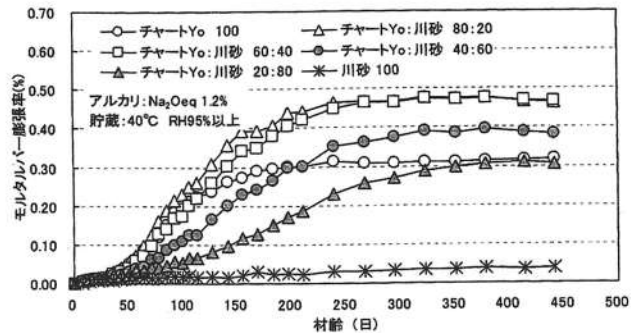


図11 チャートYoを用いたモルタルの膨張挙動

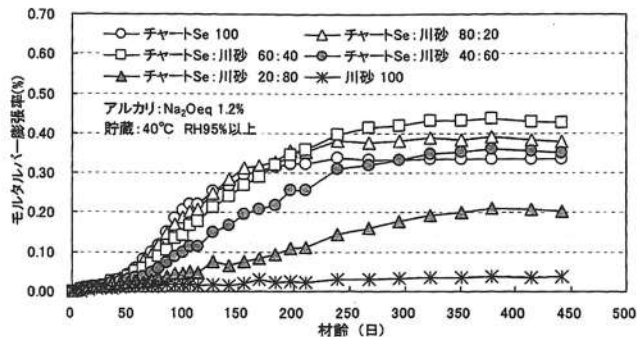


図12 チャートSeを用いたモルタルの膨張挙動

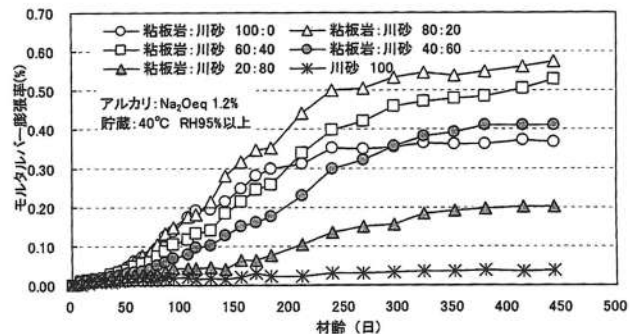


図13 珪質粘板岩を用いたモルタルの膨張挙動

構造物（表2のNo.0～3）のひび割れは著しいことから、実験室でチャートと珪質粘板岩を混合してモルタルとコンクリートを作製した。

チャートYo、Seに珪質粘板岩を混入したモルタルの膨張挙動を図18、図19に、その膨張率と混合割合の関係を図20に示す。チャートYoと珪質粘板岩を混合したモルタルの貯蔵428日の膨張率は0.32～0.47%であり、同様にSeと珪質粘板岩を混合したモルタルの膨張率は0.34～0.53%である。珪質粘板岩と川砂を混入したモルタル

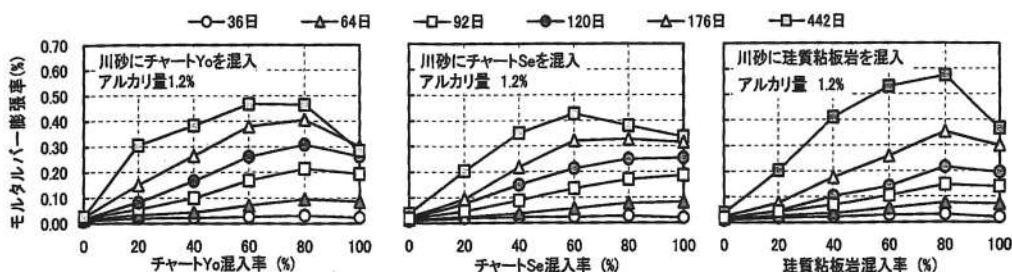


図14 各材齢のモルタル膨張率と反応性骨材混入率の関係

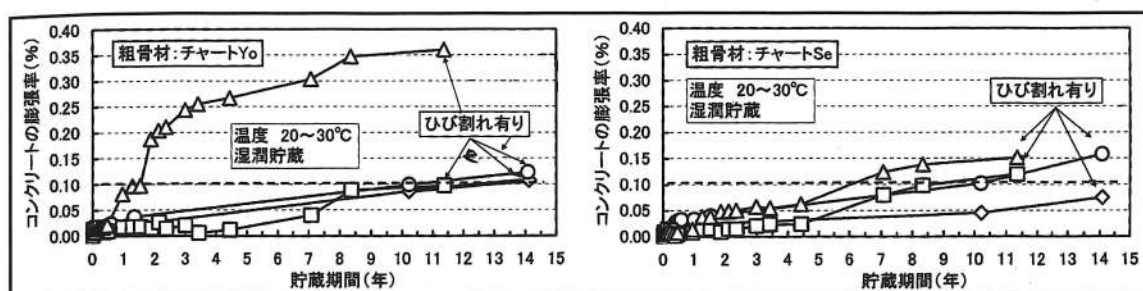


図15 チャートYo、Seを用いたコンクリートの11～14年の膨張挙動

表3 コンクリートの配合 (図15の供試体)

コンクリート角柱に 使用した細・粗骨材		粗骨材の 最大寸法 (mm)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				
粗骨材	細骨材				水	セメント	細骨材	粗骨材	混和剤
チャートYo、 Se	珪砂	20 (Yoは15mm)	58.4	42.0	181	310	745	1053	—

アルカリ量 ◇:2.4kg/m³、○:3.0kg/m³、□:3.6kg/m³、△:6.0kg/m³

の膨張率は0.20～0.57%であるので、チャートと珪質粘板岩の混合による膨張率の差は小さくなる。また、珪質粘板岩と川砂の混合 (図13) との比較では、チャートと珪質粘板岩の混合では、珪質粘板岩と川砂の場合よりも膨張率は低くなっている。さらに珪質粘板岩と川砂の混合は300日以後でも膨張率が若干増加傾向であるのに対して、珪質粘板岩とチャートを混合すると250日以後の膨張率は横ばい状態である。これは、反応性鉱物に対するアルカリが少ないために膨張が継続しなかったからであると思われる。さらに、珪質粘板岩に混入するチャートYoとSeの違いでは、反応性の低いSeと反応性の高いYoと比べてSeの膨張率が若干高くなっている。ベシマムは図20に示すようにチャートYoの場合は珪質粘板岩を40%、Seの場合は40～80%混合した状態で最大膨張

を示している。No.0-3はチャート67%、珪質粘板岩33%であったことから、モルタルバーのベシマムとほぼ同じである。

また、コンクリートの膨張率測定結果を図21に示す (配合は表4)。粗骨材に珪質粘板岩とチャートを50%ずつ混合すると、チャート100%と比べて膨張率は高くなり、モルタルの結果と一致している。これらから、チャートと珪質粘板岩を混合使用することによってASR膨張が大きくなる。同様の現象が実構造物においても起きていると考えられる。

3.2.4 チャート及び珪質粘板岩のモルタル膨張率と化学法の関係

骨材のASRの判定は、一般にJIS A 1145化学法を行い、結果が「無害でない」場合には、JIS A 1146モルタルバ



図16 チャートYoを用いたコンクリート供試体の偏光顕微鏡写真

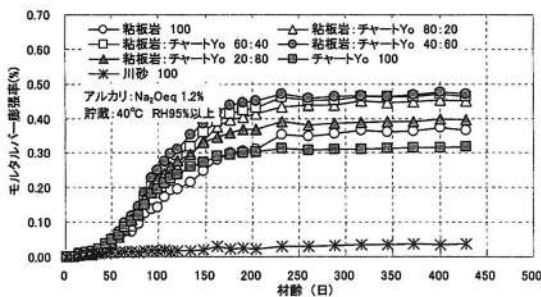


図18 チャートYoと珪質粘板岩を混合したモルタルの膨張挙動

表4 コンクリートの配合 (図21の供試体)

コンクリート供試体に使用した細・粗骨材		粗骨材の最大寸法 (mm)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)
粗骨材	細骨材			
チャート及び珪質粘板岩	川砂	20	51.3	41
単位量 (kg/m³)				
水	セメント	細骨材	粗骨材	混和剤
154	300	741~761	1025~1137	—

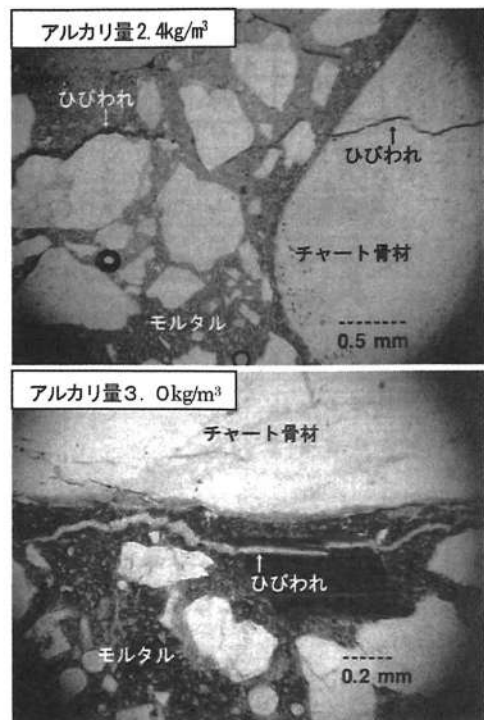


図17 チャートSeを用いたコンクリート供試体の偏光顕微鏡写真

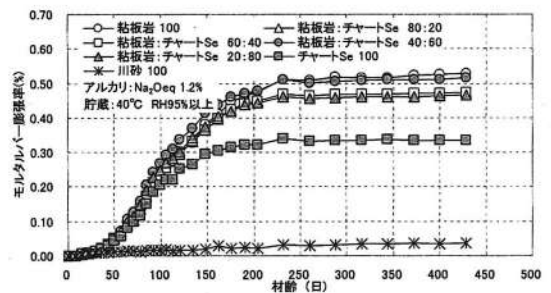


図19 チャートSeと珪質粘板岩を混合したモルタルの膨張挙動

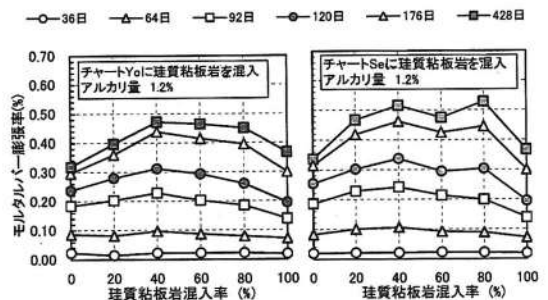


図20 チャートと珪質粘板岩を混合したモルタルの各材齢毎のベシマム膨張率

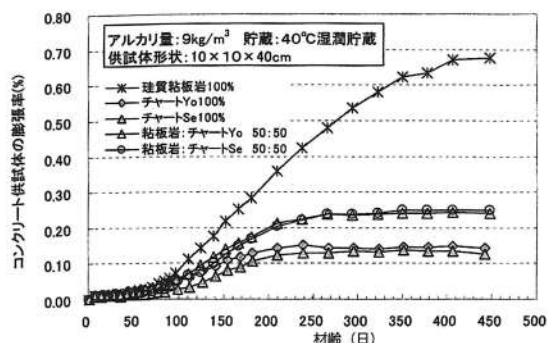


図21 粗骨材にチャートと珪質粘板岩を混合使用したコンクリートの膨張挙動

一法を実施する。化学法とモルタルバー膨張率の関係は明確でなく、化学法で「無害でない」となっても、モルタルバーでは有害な膨張を示さない場合がある。これは、化学法が骨材を80℃のNaOH溶液に24時間浸漬したときのシリカの溶出量と、それに費したアルカリ量との関係から判定しているのに対し、モルタルバー法はアルカリ量1.2%のセメント中における180日間の40℃湿潤環境下の反応を測定しているため、根本的にメカニズムが異なる。さらにモルタルの膨張はペシマムの影響もある。ここでは、チャートYo、Se、Sa、珪質粘板岩に非反応性の川砂を0、20、40、60、80、100%混合して、化学法とモルタルバー法を行い、その関係を検討した(2008年に実施した実験なので前述のモルタルバー膨張結果と

は若干異なる)。

図22にモルタルの貯蔵3ヶ月の膨張率、図23に化学法結果とモルタルの膨張率の関係を示す。ペシマムの特徴が現れない3ヶ月の膨張率と化学法結果(Sc/Rc)には指数関数的な関係があることがわかる。また、化学法の溶解シリカ量(Sc)と膨張率の関係は図24に示すようであり、同様な関係がみられる(なお、アルカリ濃度減少量(Rc)と膨張率にはこのような関係はみられなかった)。これから貯蔵3ヶ月のモルタルの膨張率を化学法で推定することが可能になるかもしれない。

4. 結論

本研究は、愛知県のASR劣化構造物からコアを採取し、ASRの原因となっている骨材の特徴や強度性状を調べて、その特徴をまとめた。さらに、劣化構造物に用いられていた同じ岩種のチャートと珪質粘板岩を用いて、

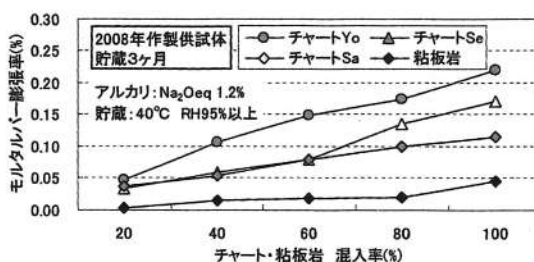


図22 貯蔵3ヶ月のモルタル膨張率と反応性骨材の関係

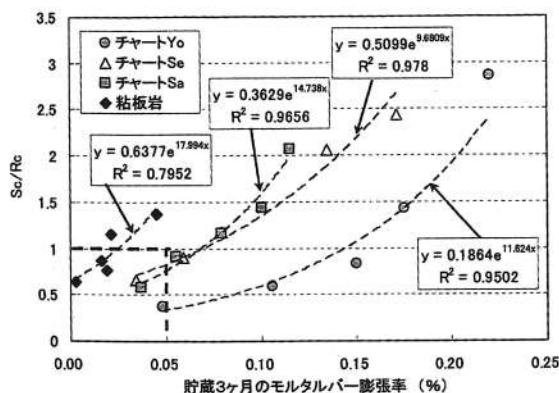


図23 化学法結果と貯蔵3ヶ月のモルタル膨張率の関係

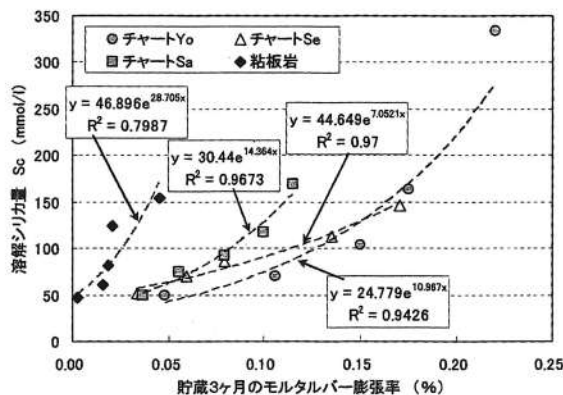


図24 化学法の溶解シリカ量と貯蔵3ヶ月のモルタル膨張率の関係

モルタルやコンクリートを作製して、長期間の膨張の特徴を検討した。さらに、JISの判定試験法である化学法と膨張率の関係について調べた。これらから得られた結果を以下にまとめる。

- (1) 愛知県のASR劣化構造物は県全域に分布しており、反応性骨材は堆積岩のチャートと珪質粘板岩であり、チャートや珪質粘板岩の単体の場合や、チャートと珪質粘板岩が混合している場合があった。
- (2) ASR劣化構造物から採取したコアの残存膨張は、施工後30年を経過していても膨張を示すものがあり、反応が長期間継続している。
- (3) チャートと珪質粘板岩を混合使用するとチャート単体使用より膨張率が高くなる現象が確認され、ASRによる劣化が著しい構造物の骨材構成と同様であった。
- (4) チャートを使用したコンクリートにおいて、アルカリ量が 3 kg/m^3 であっても、十数年の長期貯蔵ではASRの膨張率が0.1%に達し、ひび割れが発生した。
- (5) 珪質粘板岩とチャートを混合したモルタルでは長期間になるほど混合比率にかかわらず膨張し、ベシマムの範囲が広がる。
- (6) 反応性の高いチャートと珪質粘板岩の貯蔵3ヶ月のモルタル膨張率と化学法結果には明瞭な相関関係が認められた。

謝 辞

本研究のうち、ASR劣化構造物の調査においては矢作建設工業(株)の服部啓二氏、野村敬之氏、桐山和也氏、渡辺義規氏に協力いただいた。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 建設省：アルカリ骨材反応抑制対策について、建

設省技調発第370号、1986. 7

- 2) 岩月栄治、森野奎二：採取時期が異なるASR反応性骨材のモルタルバー膨張挙動、土木学会中部支部平成20年度研究発表会講演概要集、第V部、pp.467-468、2009. 3
- 3) 森野奎二、柴田国久、岩月栄治：チャート質岩のアルカリ骨材反応性、粘土科学、第27巻、第4号、pp.199-210、1987
- 4) 岩月栄治、森野奎二、多賀玄治：プロピオン酸カルシウムのASR抑制効果に関する基礎的研究、セメント・コンクリート論文集No.61、pp.318-323、2008. 3
- 5) 森野奎二、岩月栄治：各種混和材料によるアルカリシリカ反応の抑制対策について、資源・素材学会、企画発表講演資料、2009(札幌)、pp.267-270、2009. 9
- 6) 岩月栄治、森野奎二：長期間貯蔵した反応性骨材混入コンクリートの膨張と強度性状、日本コンクリート工学会、コンクリート工学年次論文集、Vol.22、No. 2、pp.277-282(2000. 6)
- 7) 岩月栄治、森野奎二：長期間貯蔵したASRコンクリート供試体の微細構造、日本コンクリート工学会、コンクリート工学年次論文集、Vol.23、No. 2、pp.37-42(2001. 6)
- 8) 岩月栄治、森野奎二：チャート骨材使用劣化コンクリート構造物から採取したコアのアルカリシリカ反応性、コンクリート工学年次論文集、Vol.26、No. 1、pp.957-962、2004. 6
- 9) Tetsuya Katayama, Yoshinori Sarai, Yoshimi Higashi, Akihiko Honma.: Late-Expnsive Alkali-Silica Reaction in The OHNYU and FURIKUSA Headwork Stractuers, Central Japan, Proceeding of the 12th International Conference on Alkali-Aggregate Reaction in Concrete, pp.1086-1994, Sept.2004

A Study on Alkali Silica Reaction of Chert and Siliceous Slate

Eiji IWATSUKI, Takeaki HIRABAYASHI