

# [53] 防水材の ASR 抑制効果に関する研究

正会員 小野 紘一 (鴻池組土木技術部)  
 正会員 ○金好 昭彦 (鴻池組土木技術部)  
 南川洋士雄 (鴻池組技術研究所)  
 正会員 金光 真作 (鴻池組技術研究所)

## 1. まえがき

アルカリ骨材反応によって被害を受けているコンクリート構造物の損傷程度は、反応性骨材の特性や含有率、コンクリート中のアルカリ量、部材特性等によって異なるようであり、同一条件のコンクリート構造物であっても、曝露条件によって被害の程度は異なるようである。例えば、写真-1の橋脚は、片側車線しか供用されておらず上部工のあるところは直射日光や雨水がそれほど当たらないが、上部工のないところは直接、日光や雨水に晒される状態となっており、この部分に比較的多くひびわれが発生している。また、アルカリ骨材反応の研究によれば、反応が進むためにはコンクリート外部からの水の補給が必要とも言われている。

このような点から、反応が生じている構造物の被害を遅延させる一つの方法として、防水により水を遮断することが有効と考えられる。このような観点から、どのような防水材が反応遅延に有効であるかを模索するため、実験室レベルの供試体に各種防水材を塗布して反応の進行度を測定した。試験にはエポキシ、ポリウレタン、アクリルゴム系の全面シール型と、ポリマーセメントやシランモノマー系のコンクリート内部水は外部に出やすいが外部からの水の浸透が少ない通気型の防水材を用いた。

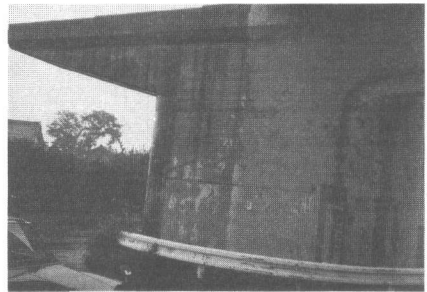


写真-1. アルカリ骨材反応による被害例

## 2. 実験概要

### 2-1. 供試体

供試体は促進試験用に角柱 (100×100×400)、自然曝露試験用に円柱 (φ150×300) を用いた。表-1は使用コンクリートの配合であり、使用した反応性骨材は表-2に示すような特徴を有している古銅輝石安山岩である。等価 Na<sub>2</sub>O量はNaClの添加によってセメント重量の2.0%に調整した。また、非反応性骨材としては化学法で無害の砂岩を用い、全粗骨材に対する反応性骨材の含有率 (G<sub>R</sub>/G) は、角柱供試体に対して40%、円柱供試体に対して20%を採用した。これらの混合割合による粗骨材は、化学法で潜在的有害領域または有害領域、モルタルバー法で有害となっ

表-1 配合表

供試体	セメント種類	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単 位 量 (kg/m <sup>3</sup> )					* 等価	
				セメント C	水 W	細骨材 S	粗骨材 G	AE剤	G <sub>R</sub> /G (%)	Na <sub>2</sub> O (%)
角柱	普通	55	41	345	191	745	1070	0.1	40	2.0
円柱	ポルトランドセメント								20	

\* 全粗骨材 (G) 中の反応性骨材 (G<sub>R</sub>) が占める割合

表-2 使用骨材の性質

分 類	細 骨 材	粗 骨 材					
		砂 岩	古 銅 輝 石	安 山 岩			
岩 種	(川砂)	砂岩	古銅輝石	安山岩			
G <sub>R</sub> /G (%)	-	0	100	40	20		
化 学 法	Sc *1	33	22	677	480	294	
	Rc *2	49	50	199	133	86	
	Sc/Rc	0.7	0.4	3.4	3.6	3.4	
	判 定	無 害	無害	潜在的有害	潜在的有害	有害	
モルタルバー法	等 価 Na <sub>2</sub> O (%)	-	-	1.2			
	膨 張 量 (%)	3ヶ月	-	-	0.0350	0.453	0.385
		6ヶ月	-	-	0.0450	0.516	0.442
	判 定 *3	-	-	無 害	有 害	有害	

\*1 Sc : 溶解シリカ量 (mmol/l)

\*2 Rc : アルカリ濃度減少量 (mmol/l)

\*3 モルタルバー法の判定は6ヶ月膨張量が0.1%を越える場合を有害とした。

た。また、細骨材は無害判定の川砂を使用した。

コンクリート打設後24時間で脱型し、角柱供試体は40℃、100%RHで貯蔵した。また、円柱供試体は屋内放置した。

### 2-2. 防水材と曝露条件

角柱供試体は1ヶ月後に膨張量が約 $1000 \times 10^{-6}$ になったが、この時点から供試体を3日間自然乾燥させ、その後防水処理を行なった。3日間の乾燥でコンクリートの含水率は6.1%から5.8%になった。なお、10日乾燥のコンクリートの含水率は5.6%と3日乾燥とほぼ同程度であった。写真-2は防水直前の角柱供試体で最大ひびわれ幅は0.15mmのところも見られたが、一般には0.1mm以下の微細なものであった。一方、円柱供試体は7日間屋内放置した後防水処理を行なった。防水時のコンクリート含水率は4.3%であった。

表-3は、使用した防水材を示したものである。角柱供試体のうちシール型防水材として、エポキシ系A、ポリウレタン系B、アクリルゴム系Cを施したものは外部からの水の補給遮断の効果を調べるため、防水処理後は再び40℃、100%RHで貯蔵した。また、通気型防水材として、ポリマーセメント系DおよびEを施したものは反応の促進と自然乾燥の効果を想定して40℃、100%RHを1週間、40℃、70%RHを3週間のくり返し曝露状態にした。なお、40℃、100%RHは促進養生室で達成し、40℃、70%RHは写真-3に示すようにポリ容器の底に臭化ナトリウムを5cm程度の厚さで敷詰め、上蓋をして上記の促進養生室に貯蔵した。湿度の値は、写真-4に示すように湿度計を容器内にセットし、透明アクリル窓からメーターを直読することによって確認した。

円柱供試体は、シール型のエポキシ系Fおよび通気型のシランモノマー系Gによって防水処理し、屋外に放置して1日2回5分間程度の散水をした。また、比較用に防水処理をしていない供試体をそれぞれの曝露状態に置いた。

### 3. 実験結果

図-1は、シール型防水材を施した角柱供試体の膨張量および重量変化を示したものである。アクリルゴム系Cを防水したものは1ヶ月以内で写真-5に示すように塗膜が水腫れが潰れたような状態となり、防水性を失なって無処理供試体と同様の膨張量や重量変化となった。またエポキシ

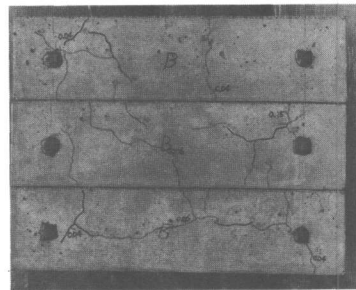


写真-2. 防水直前の角柱供試体

表-3 防水材

分類	塗 装 系	使 用 材 料	使用量 (kg/m <sup>2</sup> )	
室内試験 (角柱供試体)	シール型防水材	エポキシ系 A	エポキシプライマー 0.15×1層 エポキシパテ 0.4×1 エポキシ樹脂 0.3×2 ポリウレタン塗料 0.15×2	
		ポリウレタン系 B	エポキシ含浸材 0.15×1 エポキシパテ 0.4×1 ポリウレタン塗料 0.15×2	
			アクリルゴム系 C	エポキシ含浸材 0.1×1 アクリルゴム 0.5×2
	通気型防水材			ポリマーセメント系 D
		ポリマーセメント系 E	アクリルエマルジョン + 特殊セメント 0.5×2	
	自然曝露試験 (円柱供試体)	シール型防水材	エポキシ系 F	エポキシ樹脂 0.2×3
		通気型防水材	シランモノマー系 G	浸透性シランモノマー 0.2×2

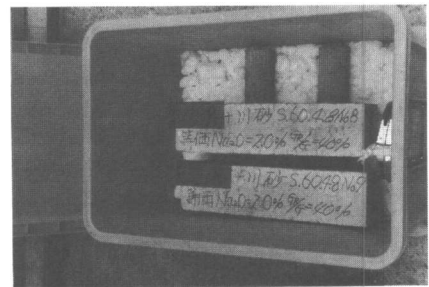


写真-3. 供試体設置状態



写真-4. 湿度計状況

シ系Aやポリウレタン系Bを施した供試体も1ヶ月程度で写真-6や7のようにひびわれが発生し、防水機能を失って結果的には無処理供試体と同様の膨張量になった。

図-2は、通気型防水材を施した角柱供試体の膨張量および重量変化を示したものである。いずれの供試体も湿度の増減に伴ない、膨張量や重量も増減しているが、無処理のものが8ヶ月で $3000 \times 10^{-6}$ にも達しているにもかかわらず、ポリマーセメント系Eを施したものはむしろ収縮の傾向で反応が抑制されている。ポリマーセメント系Dを施したものは、2ヶ月程度でひびわれが確認され、無処理供試体と比べ膨張は遅いが、8ヶ月程度で $1000 \times 10^{-6}$ 程度に達し、今後さらに膨張する傾向にある。写真-8はポリマーセメントDを塗布した供試体の8ヶ月後のひびわれ状況を示したものであるが、ひびわれパターンはほぼ無処理供試体と同様になった。一方、写真-9はポリマーセメント系Eを塗布した供試体であり、8ヶ月後現在でも未だひびわれは発生していない。

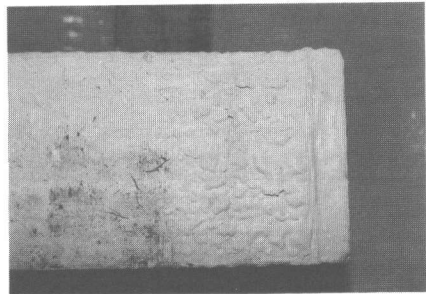


写真-5. アクリルゴム系C

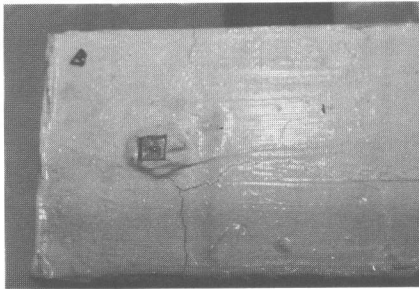


写真-6. エポキシ系A

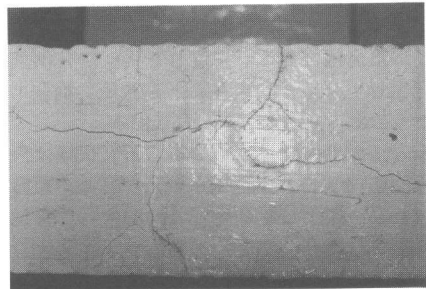


写真-7. ポリウレタン系B

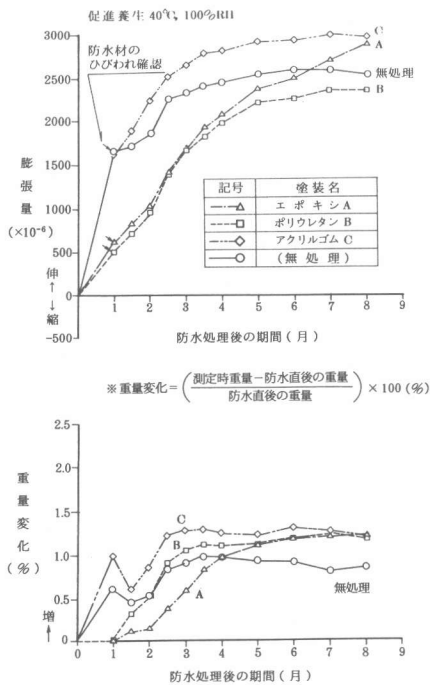


図-1 シール型防水処理供試体の膨張量および重量変化

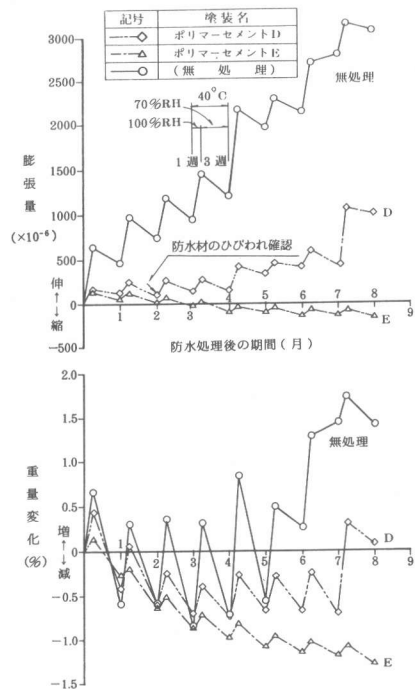


図-2 通気型防水処理供試体の膨張量および重量変化

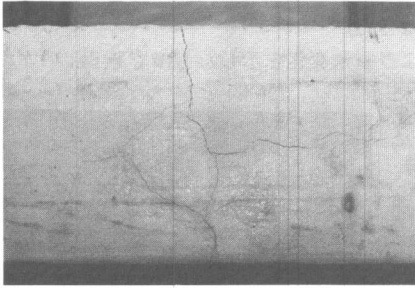


写真-8. ポリマーセメント系D

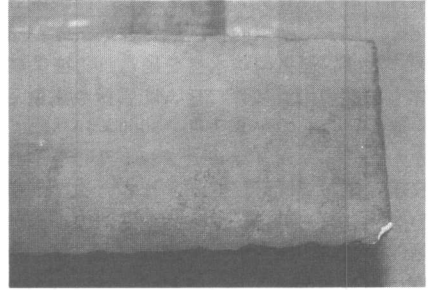


写真-9. ポリマーセメント系E

図-3(a)はエポキシ系Fとシランモノマー系Gを塗布し自然曝露した円柱供試体の膨張量と重量変化を示したものである。なお、同図には外気温をも併記した。これらの結果によると、シランモノマー系Gを塗布した供試体は9ヶ月経た後もほとんど膨張も収縮もしておらず、重量も1%減少した後はほとんど安定した状態で、供試体にひびわれも発生しておらず、現在のところ反応抑制の効果が見られるようである。

一方、エポキシ系Fを塗布した供試体は、3ヶ月程度までは反応抑制の効果が見られたが、その後は重量変化はないものの、膨張して9ヶ月で $1000 \times 10^{-6}$ を越える程度と無処理供試体の半分程度にも達した。エポキシ系Fや無処理供試体が2~3ヶ月後から急激に膨張し始めているのは外気温の上昇と関係があるかとも思われる。

#### 4. あとがき

今回の試験結果は実験室レベルのオーダーであるがアルカリ骨材反応を防水によって抑制する場合には、コンクリート内部の水が外部に浸出できる、いわゆる通気型のポリマーセメント系Eやシランモノマー系Gが効果を発揮することがわかった。

今回の実験は、無処理供試体の $40^{\circ}\text{C}$ 、100%RHの9ヶ月膨張量が $4000 \times 10^{-6}$ にも達する過酷な条件で実施したため、実際の適用に当って、シール型やポリマーセメント系Dが直ちに、不適と判断するには早計であろう。

この種の試験は、無処理供試体の膨張性状、供試体の寸法、防水の時期、曝露の方法や期間等が絡み合い複雑であるが、今後の研究の積み重ねが必要と思われる。また、実験室レベルで効果が確認された防水材の実構造物での検証も重要な課題であると思われる。

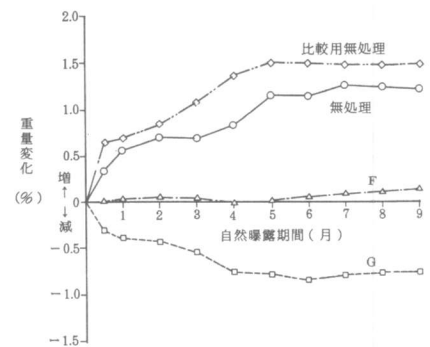
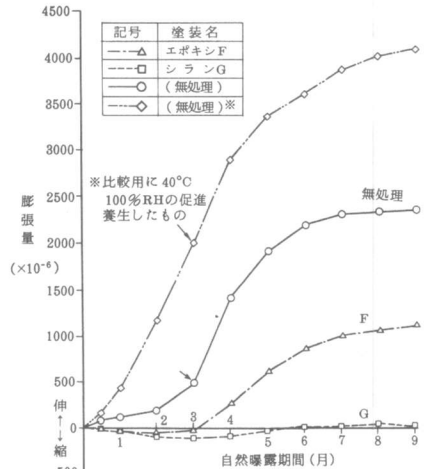


図-3(a)自然曝露用供試体の膨張量および重量変化

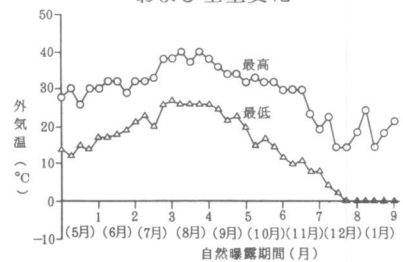


図-3(b)自然曝露養生時の週間最高・最低気温