

ASR を抑制するための適切なリチウム注入量に関する研究

破壊診断工学研究室 大谷 智也

1. はじめに

近年、アルカリシリカ反応(以下、ASR)によるコンクリート構造物の劣化が問題となっている。ASR の劣化因子の1つである水に着目した表面被膜等の様々な補修工法があるが、水の供給を完全に遮断することは難しい。そこで、近年では ASR の補修工法の1つとして、亜硝酸リチウム(以下、リチウム)を構造物の内部に圧入することにより、膨張を抑制する ASR リチウム工法が注目されている¹⁾。

しかし、この工法も骨材の種類やアルカリ総量、劣化環境等により適切なリチウム圧入量が異なることが予想され、未解明な部分も存在する。本研究では、3種の反応性骨材を用いてペシマム試験を実施した後、供試体を作製し、それぞれの骨材での適切な圧入量や、圧入位置、膨張抑制挙動を検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

セメントに普通ポルトランドセメントを使用し、W/C は 57%とした。ペシマム試験を実施した後に、北海道産、雲仙産においては細骨材および粗骨材の両方に、大分産においては粗骨材のみに反応性骨材を用いた供試体を作製した。また、コンクリート中の等価アルカリ量が北海道産、大分産は 9kg/m^3 、雲仙産は 12kg/m^3 となるように NaCl を添加した。ASR 抑制剤として添加するリチウム化合物は、国内での使用実績の最も多い亜硝酸リチウムを使用し、コンクリート中への浸透性を阻害しない範囲で高濃度である 40%水溶液とした。

2.2 リチウム事前混合供試体の概要

ASR 抑制に必要なリチウム量を明らかにするために、供試体作製時にリチウムを事前混合する場合について検討した。Li/Na モル比を 0.2~0.8 の 4 段階に分けた円柱供試体 ($\phi 100 \times 200\text{mm}$) を作製し、打設翌日に脱型後、7日間湿布養生、その後 ASR 促進室(温度 $35 \sim 40^\circ\text{C}$ 、湿度 100%)に静置し、劣化促進させ、7日間おきに膨張量の

測定を行った。

2.3 リチウム圧入供試体の概要

$150 \times 200 \times 400\text{mm}$ の角柱供試体を北海道産反応性骨材を用いて作製し、削孔数の違う A 供試体、B 供試体の 2 種類とした。図-1 に供試体寸法と削孔位置を示す。これは、削孔数を増やすことで抑制効果が增大するかを検討するためである。事前混合供試体と同様に、養生、促進、膨張量測定を行った。促進 21 日目に若干のひび割れを確認し、リチウム圧入を行った。リチウム圧入量を表-1 に示す。

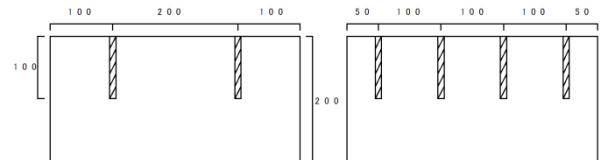


図-1 供試体概要 (mm)

表-1 リチウム圧入量

供試体番号	供試体種類	Li/Naモル比	圧入量(g)	圧入期間	
				0.2MPa	0.4MPa
①	A	無圧入	-	-	
②		0.4	184.63	7日間	-
③		0.6	277.00	12日間	20日間
④		0.8	369.25	12日間	20日間
⑤	B	0.4	184.63	7日間	-
⑥		0.6	277.00	12日間	20日間

2.4 亜硝酸リチウムの浸透状況の確認試験

リチウム圧入を行った供試体を、劣化促進開始から 72 日目にコンクリートカッターで切断した。切断面に呈色反応試薬 TDI (トルエン・ジ・イソシアナート) を噴霧した際の、茶褐色に変色した範囲を亜硝酸イオンの浸透範囲とみなすことができる¹⁾。

3. 試験結果

3.1 リチウム事前混合の効果

図-2、図-3 に膨張量の測定結果を示す。また、表-2 からも分かるように、北海道産、大分

産反応性骨材には、Li/Na モル比 0.2 の供試体が大きな膨張を示している。このことから、どちらの反応性骨材においても Li/Na モル比 0.4 で ASR 抑制効果があると言える。表-2 より、雲仙産反応性骨材においては、大きな膨張を示した供試体がないことから、Li/Na モル比 0.2 でも ASR 抑制効果があると言える。

3.2 リチウム圧入の効果

リチウム事前混合では Li/Na モル比 0.4 以上では ASR 抑制効果があったが、図-4 によると、リチウム圧入では圧入量、削孔数によって ASR 抑制効果に影響はあったが、完全に膨張を止めることはできなかった。

3.3 圧入した亜硝酸リチウムの浸透状況

呈色反応試薬 TDI を噴霧したところ、亜硝酸イオンの存在を示す茶褐色の呈色反応が見られた。茶褐色に変色した面積が最も小さいのは②の供試体、最も大きいのは⑤の供試体であった。写真-1 に⑤の供試体を示す。写真-1 に示すようにどの供試体においても削孔した供試体上側は、リチウムイオンが浸透しているが、削孔位置から遠い供試体下側はリチウムイオンが浸透していなかった。無圧入供試体と比較して、リチウム圧入では、どの供試体においても膨張が完全に抑制されなかったのは、供試体下側の膨張により供試体上側が引っ張られたためと考えられる。

今回の検討では、劣化初期での対策を想定して、ひび割れの極めて少ない段階でリチウム圧入を行ったが、その場合、ひび割れのネットワークを通じたリチウムの移動がないため、十分なリチウムの拡散が生じなかったものと考えられる。

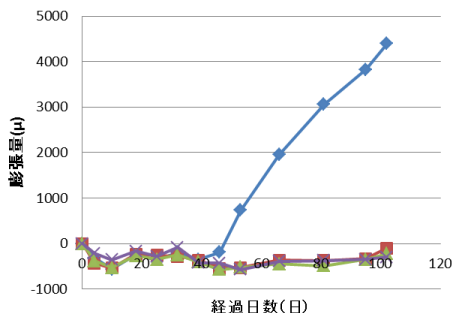


図-2 北海道産事前混合 膨張量の経時変化

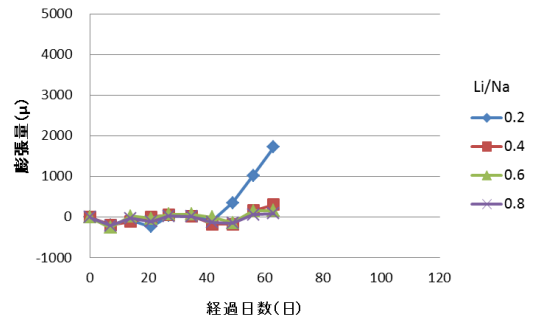


図-3 大分産事前混合 膨張量の経時変化

表-2 リチウム事前混合膨張量最終測定結果

供試体名	Li/Naモル比	膨張量(μ)	促進日数
北海道産 事前混合	0.2	4392	102日間
	0.4	-100	
	0.6	-228	
	0.8	-302	
雲仙産 事前混合	0.2	100	102日間
	0.4	122	
	0.6	147	
	0.8	173	
大分産 事前混合	0.2	1720	63日間
	0.4	310	
	0.6	162	
	0.8	92	

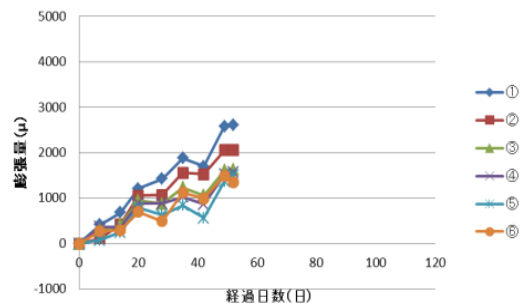


図-4 圧入供試体 膨張量の経時変化

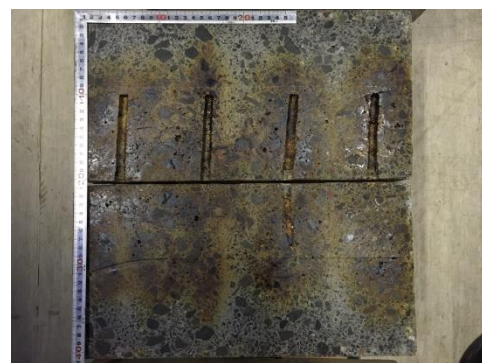


写真-1 圧入した亜硝酸リチウムの浸透状況

参考文献

- 1) 江良和徳：リチウムイオン内部圧入による ASR 抑制効果に関する研究，京都大学大学院社会基盤工学専攻博士後期課程 博士論文，2010.3