

ASR のひび割れが生じた構造物における塩化物イオンの移動

大成建設土木技術研究所 正会員○武田 均

日本道路公団九州支社佐賀管理事務所 正会員 田原 安文

シビルリニューアル フェロー会員 飯田 一彦

大成建設土木技術研究所 正会員 丸屋 剛

1. はじめに

ASR 初期には、外観上確認されるひび割れは、ひび割れ幅は小さいが不規則に多数発生するといった特徴がある。また、目視確認できないまでも、セメント硬化体組織の観点からは、微細なひび割れが生じていることも考えられる。以上のようなひび割れ性状を考えれば、塩化物イオンの移動は ASR により発生したひび割れにより助長されると考えられる。したがって、鉄筋位置における塩化物イオンの蓄積といった観点から、ASR は塩害を促進する要因と考えられる。本研究は、ASR が生じた構造物からコンクリートコアを採取して、コンクリート中への塩化物イオンの浸透に及ぼす ASR のひび割れの影響を ASR のひび割れが生じていない健全部との比較により検討したものである。

2. 調査概要

対象構造物は道路橋の下部工であり、竣工後約 20 年を経過している。コンクリートの示方配合を表-1 に示す。コンクリートコアは表-2 に示したような条件で採取位置を選定し、健全部および劣化部から各 1 本採取した。健全部とは、外観上 ASR のひび割れが観察されなかった部位であり、劣化部とは外観上 ASR のひび割れが観察された部位である。健全部、劣化部ともに桁端部からの漏水の影響があり、冬季には凍結防止剤に由来する塩化物イオンが供給されると考えられる。採取されたコアは、深度毎(0-20mm, 20~40mm, 40-60mm, 90-110mm)の円盤状に切断し、全粉碎して塩化物イオン濃度分布の測定を実施した。塩化物イオン濃度の分析手法は、JIS A 1154 に準拠した。劣化部に関しては、ひび割れの発生状況をひび割れ間隔、ひび割れ幅、ひび割れ密度といった指標で整理した¹⁾。本構造物は、局所的にひび割れ間隔が小さい箇所もあるが、ひび割れ幅は小さく、構造物の機能が損なわれるような劣化は生じていないと判断できる。ま

表-1 コンクリートの示方配合

設計基準強度 kgf/cm ²	セメント 種類	水セメント 比, %	単位量, kg/m ³				
			水	セメント	細骨材	粗骨材 4005	混和剤
240	高炉 B 種	53.3	160	300	715	1242	0.75

表-2 コア採取位置の外観の状況

記号	コア採取位置の外観の状況	ひび割れ 間隔 l , m	ひび割れ 幅, w_{max} , mm	ひび割れ密度 $d = w_{max}/l/1000$
CS	健全部 漏水の影響があり、ASR のひび割れが無い部分	—	—	—
CC	劣化部 漏水の影響があり、ASR のひび割れが有る部分	0.073	0.06	0.000822

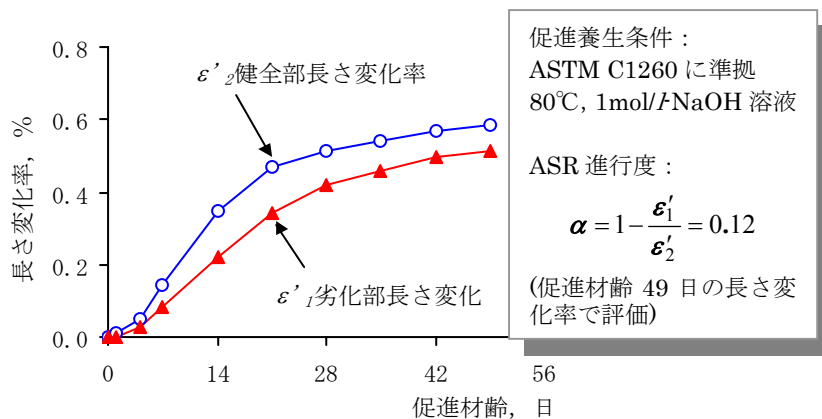


図-1 コア(φ50mm)の促進膨張試験結果

キーワード 塩害, ASR, ひび割れ, 拡散係数, 調査, 複合劣化

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株)技術センター TEL045-814-7228

た、健全部と劣化部から別途φ50mmのコアを採取して、ASTM C1260 に準拠してコアの残存膨張性を調査した。

3. 調査結果

(1) 残存膨張率

本構造物の ASR による残存膨張性を促進養生 (ASTM C1260) により確認した結果、図-1 に示したように大きな残存膨張性を示した。図に示した健全部および劣化部の長さ変化率によって評価された ASR 進行度¹⁾は 0.12 であった。したがって、本構造物においては潜在的に ASR が進行する可能性があるが、現状では 12% 程度の進行度であり、ASR 劣化の初期であると考えられる。

(2) 中性化深さ

健全部の中性化深さは 4.6mm、劣化部の中性化深さは 11.3 mm であった。中性化の違いは、漏水の影響を受けた期間の長短が影響していると考えられる。す

なわち、漏水の影響がある期間には、コンクリートの乾燥が進まなかったため、中性化が抑制されたと考えられる。冬季の漏水には凍結防止剤に由来する塩化物イオンが含有されると考えられ、それ以外の期間では、漏水は雨水に由来するため塩化物イオンは含有されないと考えられる。

(3) 塩化物イオン濃度分布

塩化物イオン濃度分布の測定結果を図-2 示す。図には全塩化物イオン濃度および温水抽出塩化物イオン濃度の測定結果をそれぞれ示した。全塩化物イオン濃度分布および温水抽出塩化物イオン濃度分布では、健全部、劣化部ともに最表面の濃度が第 2 層目の濃度よりも低い凸形分布をしている。これは、表層付近の雨水等による塩化物イオン濃度の洗い出しおよび中性化の影響によって中性化部と未中性化部の境界部で塩化物イオンが濃縮したためと考えられる。図に示したように、全塩化物イオンおよび温水抽出塩化物イオンともに、浸透量は劣化部(CC)の方が健全部(CS)と比較して多い。

4. 塩化物イオンの浸透性状に及ぼす ASR ひび割れの影響

図-3 には、塩化物イオンの供給される期間を 5.5 年として、フィックの拡散方程式の解を当てはめて得られた近似曲線を示した。このとき、表面塩化物イオン濃度は、健全部も劣化部も同じ塩化物イオン濃度 ($C_0 = 12.0 \text{ kg/m}^3$) とした。塩化物イオンの供給期間は、冬季の凍結防止剤散布期間を考慮して供用年数の 1/4 とした。以上の条件のもとに、健全部と劣化部の拡散係数 (D_c) を評価した結果、劣化部の拡散係数は健全部の拡散係数の約 2.4 倍程度と評価された。

参考文献 1) 武田 均, 奥田和浩, 仲 健一, 鮫島 力, 丸屋 剛: アルカリ骨材反応による構造物の変状の進行予測, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集, 第 4 巻, pp. 103-110, 2004. 10

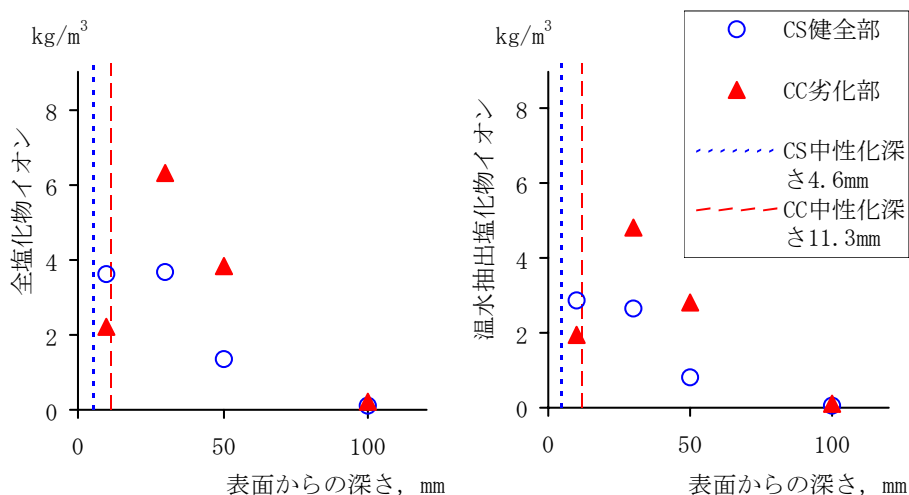


図-2 塩化物イオン濃度分布の調査結果

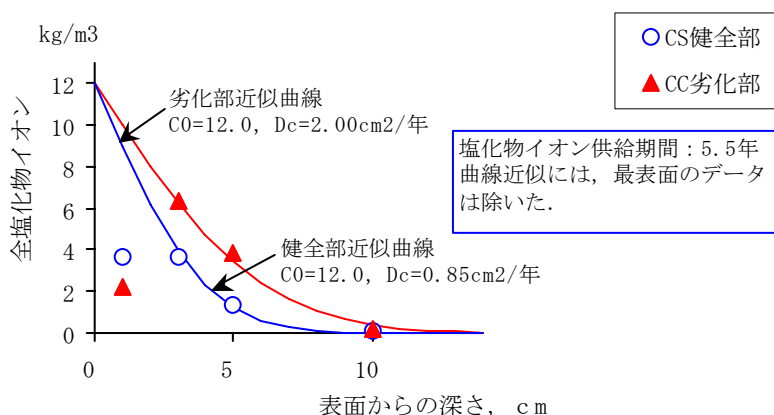


図-3 塩化物イオンの拡散係数の検討