

コンクリートコアの促進膨張試験による ASR の進行予測と 梁部材を用いた促進試験による検証

大成建設(株)土木技術研究所 正会員○大脇 英司

正会員 宮原 茂禎

フェロー会員 丸屋 剛

(株)高速道路総合技術研究所 正会員 西田 宏司

中日本高速道路(株) 正会員 野島 昭二

1. はじめに

アルカリシリカ反応 (ASR) によるコンクリートの劣化について, 変状を確認した時点における ASR の進行評価と今後の進行予測が可能になると, 対策の検討を合理的に進めることができる. 著者らは対象構造物からコンクリートコアを採取して促進膨張試験を行い, ASR の進行評価と予測の方法を開発した¹⁾. ここでは, 反応性骨材を用いて ASR を生じさせた梁部材に適用し, 本方法の有用性を検証した結果を報告する.

2. ASR の進行評価と予測の方法 (シグモイド曲線法)

まず, 対象の構造物のうち, ひび割れやゲルの滲出などが確認される“劣化部”と変状が認められない“健全部”からコンクリートコアを採取する. コアについて, 促進膨張試験である CSA A23.2-25A と ASTM C1260 (カナダ法), あるいは JIS A1804 (JIS 迅速法) の促進条件を適用し (表 1), 残存膨張率を測定する. カナダ法や JIS 迅速法は骨材の反応性の判定試験であるが, コアの促進膨張に利用できることを確認している²⁾.

次に, 試験の結果 (残存膨張率) に基づき, コアを採取した時点の反応の進行率 (反応率) と膨張率 (供用中膨張率), 促進試験倍率を求める. 促進膨張試験の結果を模式的に図 1 に示す. 健全部 (図中, 一線) は試験前の反応率=0 であるが, 劣化部 (一線) は既に膨張反応が進んでいるとし, 促進試験において $\Delta time$ の先行を考慮することで健全部の膨張挙動と一致すると考えた (---線). ASR は化学反応であるから, 膨張曲線は“S 字関数 (Sigmoid Curve)”で表現できるとして, 健全部の結果には式 1 を適用し, 劣化部の場合には $time$ を $time + \Delta time$ と読み替えて式 1 を適用した.

$$\exp (\%) = f(time) = \frac{a-d}{1+\left(\frac{time}{c}\right)^b} + d \quad \text{式 1}$$

ここで, $\exp (\%)$: 残存膨張率, a : 終局膨張率, $b (< 0)$, $c, d (= 0)$: 定数, $time$: 促進膨張時間. また, $f(\Delta time)$: 供用中膨張率, 反応率($\%$)= $f(\Delta time) / a \times 100$, 促進試験倍率: $k = T / \Delta time$ である (T : 供用期間).

3. 梁部材を用いた ASR 促進劣化試験

梁部材は, 普通ポルトランドセメントを用いた水セメント比 60%の呼び強度 24 相当のコンクリートで作製した. 無害でないと判定されるものと無害のものを等量混合した粗骨材と, 無害の細骨材を用い, ASR を促進するため NaOH をセメントに対して Na_2O 換算で 2.5%添加した. D16 の鉄筋を配した 450×1250×350mm

表 1 促進膨張試験の概要

項 目	カナダ法	JIS 迅速法
試験体寸法	$\phi 50 \times 150 \text{mm}$ (各部位から 3 本)	
試験前養生	開放膨張 (20°C - RH95%, 約 2 週間)	
促進環境	80°C - 1mol/L NaOH soln.	20°C ⇄ 127°C (150kPa)
試験期間	約 8 週間	14 サイクル
測定項目	長さ測定 (コンタクトゲージ), 質量測定	

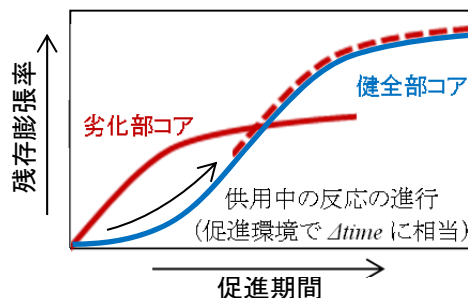


図 1 促進膨張試験の結果

キーワード コンクリート, アルカリシリカ反応, 促進試験, 劣化予測, 残存膨張量, 鉄筋ひずみ

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株)土木技術研究所 TEL 045-814-7231

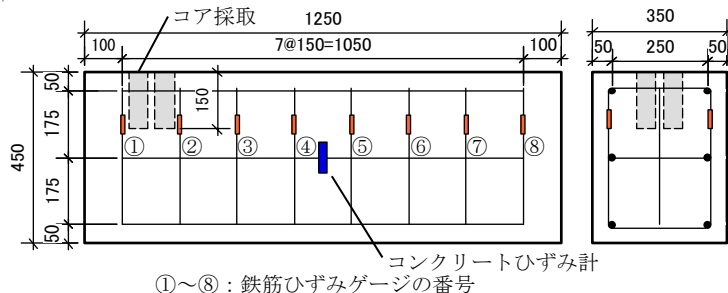


図2 部材の形状と配筋, ひずみ計の設置位置

とし, ひずみ計とひずみゲージを設置した(図2). 材齢7日まで湿潤養生し, 28日まで室温で養生した. その後, 40°C - $\text{RH} \geq 90\%$ で“部材促進養生”を行った. コンクリートおよび鉄筋のひずみが0(初期値), 300, 500, 1000 μ の時, $\phi 50 \times 150\text{mm}$ のコア, 各3本 $\times$ 2組を用いてカナダ法とJIS迅速法で残存膨張率を測定し, シグモイド曲線法を適用した. なお, ひずみが0のときを“健全部”, その他を“劣化部”として扱った.

4. 適用例

部材促進養生中の梁の膨張を図3に示す. コンクリートと帯鉄筋のひずみはいずれの部位でも概ね等しく, 均等に約1000 μ まで膨張した. 部材のひずみと, シグモイド曲線法で求めた供用中膨張率または反応率(図4)を比較した. 拘束などの力学環境や, 水分やアルカリの供給などの化学環境が異なるため部材のひずみと値を比較することはできないが, 部材のひずみと供用中膨張率または反応率は良い相関を示した. シグモイド曲線法による供用中膨張率あるいは反応率を用いて構造物のASRの進行を評価できることが確認できた.

反応率と部材のひずみの関係(図4)と, シグモイド曲線法による膨張曲線と促進試験倍率を用いて, 部材促進養生における梁部材の膨張を予測した(図5, 6). カナダ法では部材に800 μ , JIS迅速法で500 μ のひずみが生じていると比較的精度よく予測できる. 換言するとカナダ法では反応率が10%, JIS迅速法では20%を超えると有効な予測ができる. 著者らの調査では, ASRによる劣化の補修を検討する構造物はほとんどの場合, 鉄筋のひずみが500 μ を越えており³⁾, シグモイド曲線法による進行予測は実用に堪えるものと判断される. また, 本法は膨張をやや速く予測する傾向にあり, 維持管理の上では安全側の判断が与えられる.

5. おわりに

反応性骨材を使用して 40°C - $\text{RH} \geq 90\%$ で促進養生してASRを梁部材に惹起させ, シグモイド曲線法によるASRの進行評価と予測の方法を検証した. 有効な評価のためには10~20%程度ASRが進行している必要があったが, 構造物の維持管理の局面においては十分な性能を持ち, 実用に適する水準にあることが確認できた.

参考文献

- 1) 東日本高速道路ほか:コンクリートの膨張予測方法, 特許 5336909 号, 2013.
- 2) 大脇英司ほか:促進膨張試験によるコンクリートコアのアルカリ骨材反応性の検討, 土木学会第58回年次学術講演会, V-069, pp.137-138, 2003.
- 3) 野島昭二ほか:アルカリシリカ反応を生じた構造物の外観変状と鉄筋ひずみ, 土木学会第64回年次学術講演会, V-126, pp.249-250, 2009.

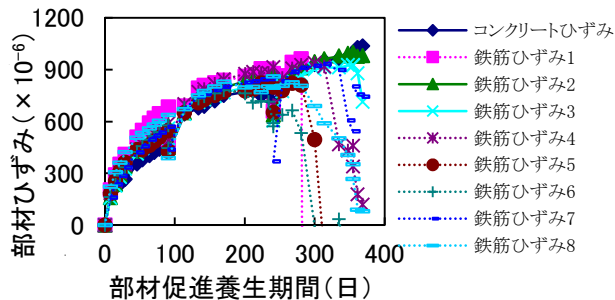


図3 梁部材の膨張

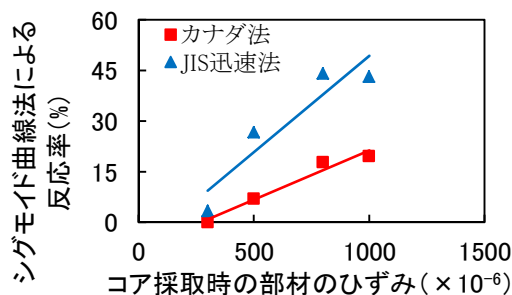


図4 部材のひずみとASRの反応率

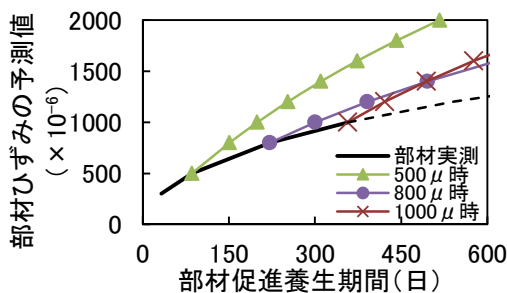


図5 カナダ法の膨張曲線を用いた予測

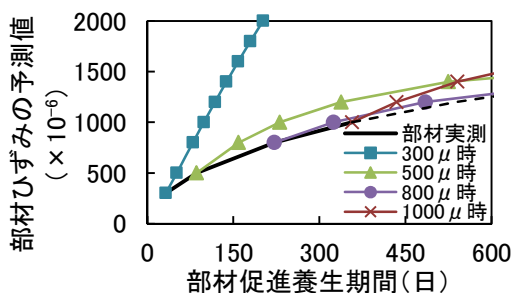


図6 JIS迅速法の膨張曲線を用いた予測