

ASR を生じた実構造物の圧縮強度劣化特性

九州工業大学 学生会員 三浦正嗣 九州工業大学 正会員 幸左賢二
 阪神高速道路株式会社 正会員 久利良夫 住友大阪セメント株式会社 正会員 川島恭志

1.はじめに

現在までの多機関の調査報告により、アルカリシリカ反応を生じたコンクリートは、長期的にその力学的特性が低下することが知られている。しかし、その力学的特性が低下していく推移や、鉄筋から拘束を受けている実構造物自体の耐荷性能に及ぼす影響は、未だ十分に解明されておらず検討の余地がある。したがって、本稿では適切な維持管理対策の評価の一指標を得ることを目的として、外観のひび割れ性状よりコア圧縮強度を推定する関係式の検討を行った。

2. 検討対象橋脚および調査概要

検討対象は、関西地区の ASR 橋脚 87 基のうち、損傷度が大きく、データが多くとられている橋脚 21 基を対象とした(表 - 1 参照)。橋脚の主な調査内容を表 - 2 に示す。いずれの橋脚も ASR が問題となった昭和 58 年以降より、継続的に ASR に対する調査・診断が行われている。今回の検討では、その調査データの中でも特にコア圧縮強度に焦点を当てて検討を行った。

3. 橋脚表面のひび割れ性状

図 - 1 に橋脚のひび割れ損傷例を示す。主なひび割れは梁天端および側面に主鉄筋方向に沿って発生しており、ASR によるひび割れの特徴が認められる。橋脚のひび割れ損傷度の評価を行うため、調査時に作製されるひび割れ損傷図を用いて、累積ひび割れ密度の算出(ひび割れ総延長÷対象面積)を行った。

図 - 2 に橋脚 21 基の累積ひび割れ密度の経年変化を示す。図 - 2 より、累積ひび割れ密度の突出した RC 橋脚 2 基は、竣工直後より急激にひび割れ密度が上昇しており、竣工後 8 年でひび割れ密度が 7m²/m² まで急激に増加している。また、その他の橋脚はほとんどが 3m²/m² 以下に分布していた。

4. コア圧縮強度

図 - 3 に継続的に 3 回以上行われている橋脚 6 基に着目したコア圧縮強度の経年変化を示す。コア圧縮強度の値は各調査年での平均値を用いている。図 - 3 より、竣工後 10 年までは圧縮強度の低下が著しいが、その後は低下勾配が緩やかになり、下限値は設計基準強度に対して 2 割低下点程で収束する傾向が得られた。また、図 - 3 において、竣工後 14 年時に採取されたコアで圧縮強度の顕著な低下を示すデータが存在する。当時の報告書を調査した結果、この調査年で採取された貫通コアは超音波伝播速度が 3000m/s 以下の比較的損傷が進展している箇所から採取されており、その影響で圧縮強度の低下が顕著であったと考えられる。

表 - 1 検討対象橋脚

	橋脚数	供用年数	f'ck(N/mm ²)
RC橋脚	7基	27~37年	27
PC梁橋脚	14基		35
合計	21基		

表 - 2 主な調査内容

調査項目	概要	
外観変状調査	接近目視、ひび割れ計測	
コア採取	一軸圧縮試験	JIS A 1108
	促進膨張試験	JCI-DD2法
	岩種判定	粉末X線回折、顕微鏡観察
骨材試験	化学法、モルタルバー法	
鉄筋変状調査	はつり調査、EPMAなど	
外部環境調査	塩分量、アルカリ量分析	

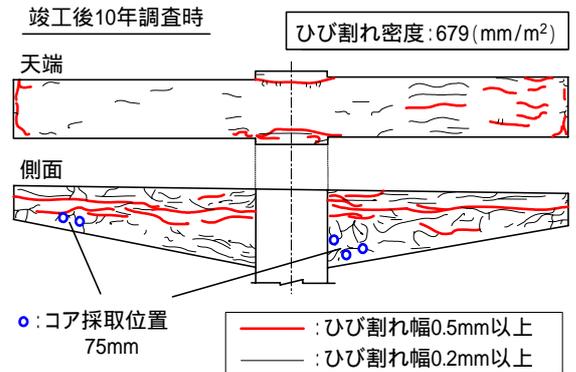


図 - 1 PC 梁橋脚のひび割れ損傷例

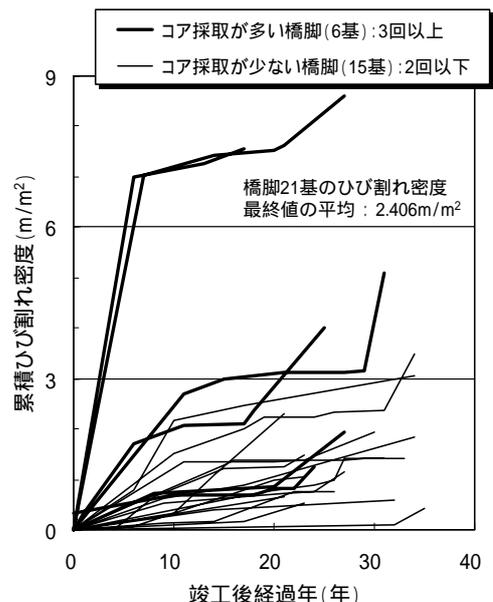


図 - 2 ひび割れ密度の経年変化

5. ひび割れ密度とコア圧縮強度の関係

図 - 3 において、時間軸による比較では橋脚によって ASR の膨張速度が異なり、損傷度に差がある橋脚を一律に比較ができないという問題がある。よって、損傷度評価のために算定したひび割れ密度を用いて比較を行った。

図 - 4 に橋脚 21 基の累積ひび割れ密度と圧縮強度比 (f'_c/f_{ck}) の関係を示す。図 - 4 より、圧縮強度比は累積ひび割れ密度が大きくなるに従って線形的に低下していく傾向が得られた。また、図中に圧縮強度低下の近似直線を平均式として示す。膨張前の時点でのコア圧縮強度は、設計基準強度に対して 1.14 倍程度の値を示しており、健全な力学的特性を有している。しかし、累積ひび割れ密度が $3\text{m}^2/\text{m}^2$ 以上になると、圧縮強度比は全て 1.0 以下となっており、 $6.5\text{m}^2/\text{m}^2$ 程度で 2 割低下まで達していることが読み取れる。

次に、過去の供試体実験のデータを用いて、同様にひび割れ密度と圧縮強度比の検討を行った。実験は、反応性のコンクリート供試体 ($300 \times 300 \times 500\text{mm}$) を促進膨張させ、供試体の状態が材令 2 週、膨張量 850μ 、 5000μ となる 3 水準でコア採取を行い、コア圧縮強度試験を実施している。図 - 5 に供試体実験におけるひび割れ密度と圧縮強度比の関係を示す。図 - 5 より、供試体実験においても圧縮強度は線形的に低下している傾向となっている。また、図中に同様の方法によって算定した圧縮強度低下の平均式を示す。この平均式を用いた場合、ひび割れ密度が $14\text{m}^2/\text{m}^2$ 程度に達した時点でコア圧縮強度比が 2 割低下することが読み取れる。

以上より、図 - 6 に図 - 4 と図 - 5 を照合して比較を行った。図 - 6 より、実構造物と供試体実験では平均式の低下勾配や膨張前の強度などに差が生じている。この原因としては、実構造物と供試体におけるひび割れの測定精度が考えられ、供試体実験の方が細かなひび割れを計測していることが一要因として考えられる。しかしながら、両平均式ともコア圧縮強度が線形的に低下している傾向は一致しており、その下限値が 2 割低下点程度と同じであったことから、ひび割れ密度を用いて、ASR の進展に伴うコア圧縮強度の低下率を推定できると考えられる。

6. まとめ

- 1) ASR を生じたコア圧縮強度は、経年的に漸減していく傾向にあり、損傷が大きい構造物でもその下限値は設計基準強度の 2 割低下点ほどで収束するものが多い。
- 2) コアの圧縮強度はひび割れ密度の進展に伴って線形的に低下する傾向にあり、実構造物の調査データから累積ひび割れ密度が $6.5\text{m}^2/\text{m}^2$ 程度になるとコア圧縮強度比は 2 割低下点に達することが推定できる。

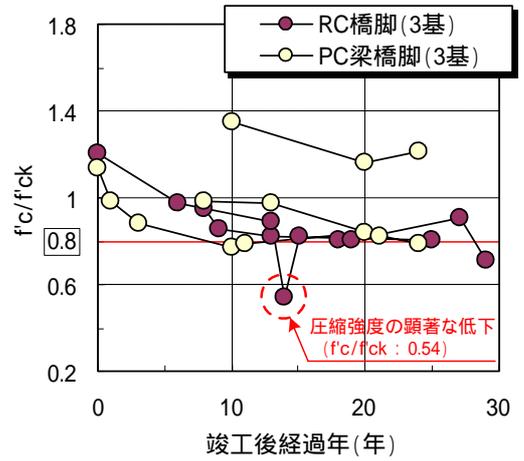


図 - 3 コア圧縮強度比の経年変化

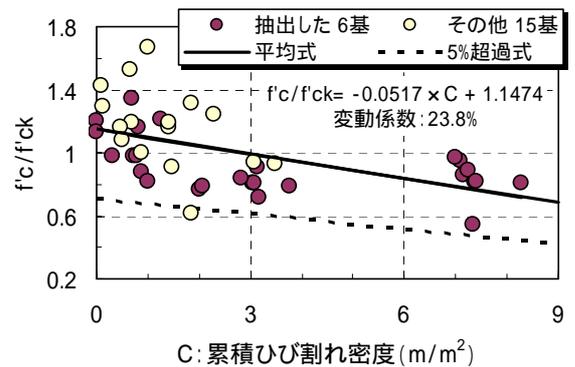


図 - 4 ひび割れ密度と圧縮強度の関係 (実構造物データ)

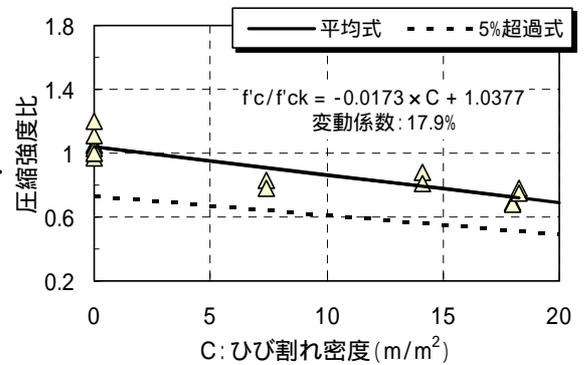


図 - 5 ひび割れ密度と圧縮強度比の関係 (供試体実験データ)

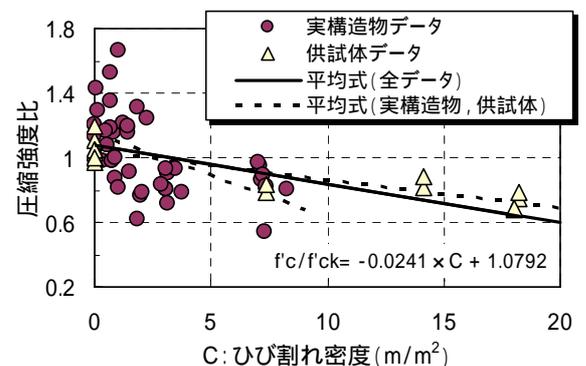


図 - 6 実構造物と供試体データの比較