

アルカリ骨材反応により劣化したコンクリートのひび割れ発生に関する解析

中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋(株) 正会員 ○石川裕一, 正会員 有馬 直秀, 正会員 青山 實伸

1. 目的

アルカリ骨材反応 (ASR) により劣化したコンクリート構造物を適切に維持管理するため, ASR によるコンクリートの膨張量 (ASR 膨張) とコンクリート表面に生じるひび割れ (巨視ひび割れ) の発生, コンクリート部材内部に生じる巨視ひび割れを把握することが重要である¹⁾。本論文は ASR 膨張で鉄筋曲げ加工部が破断した T 型橋脚の梁部材を対象に, コンクリート切断面のひび割れ状況を調べ, ASR 膨張を考慮した有限要素解析 (FEA) と比較し, ASR 劣化した鉄筋コンクリート (RC) 構造物のひび割れ発生の特性を検討する。

2. ASR 劣化した鉄筋コンクリート構造物の調査概要

調査対象の ASR 事例は, 北陸自動車道で供用開始から 35 年経過した T 型 RC 橋脚で, RC 部材の隅角部でコンクリート表面に幅 3~4mm 程度の水平ひび割れが見られ鉄筋の破断が確認された。ASR 劣化した図 1 の部分を切断して部材交換を行った。コンクリート切断面を観察後²⁾に撤去部材の一部は, 名古屋大学内の橋梁保全研修用の施設に展示した。切断面の上段付近の

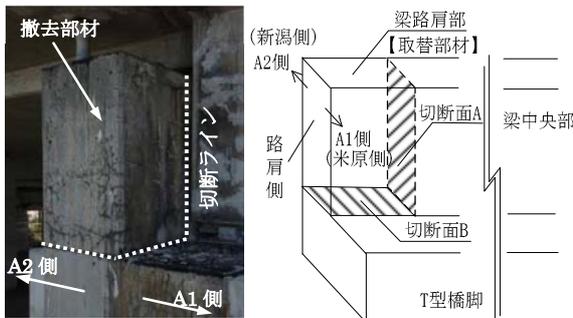


図 1 ASR 調査の概要

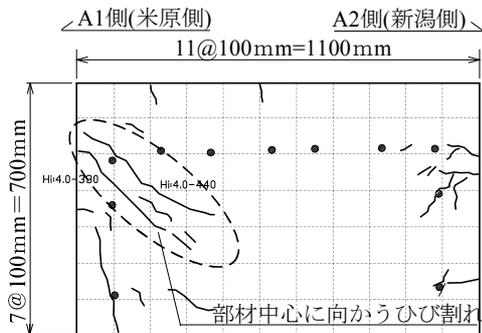


図 2 切断面のひび割れ発生状況

ひび割れスケッチ図を図 2 に示す。鉄筋破断部より, 部材中心に向かうひび割れが観察された。

3. ASR 劣化した鉄筋コンクリート構造物の FEA 概要

(1) 鉄筋破断前の ASR 膨張による影響把握

ASR 劣化したコンクリートは圧縮強度や弾性係数が低下する³⁾。ASR 膨張による弾性係数の低下を表 1 で変化させ, RC 橋脚の撤去部材について鉄筋の破断前のコンクリート最大主応力の分布を FEA で把握する。ASR 膨張を考慮するためコンクリートの膨張域には 0.01%の強制ひずみを与え, 図 3 のようにコンクリートをソリッド要素, 鉄筋をロッド要素でモデル化する。

(2) 鉄筋破断後の ASR 膨張による影響把握

ASR 劣化した RC 構造物の健全性評価を行う基礎資料として, 図 4 のように ASR 膨張により鉄筋に破断が生じた場合のコンクリート最大主応力の分布を FEA で把握する。なお ASR 劣化によりコンクリートと鉄筋の付着強度は変化するが⁴⁾, ここでは考慮しない。

表 1 材料の諸元

材料 (仕様)	弾性係数(kN/mm ²)		ポアソン比
鉄筋 (SD295)	200		0.3
コンクリート ($\sigma_{cd}=24 \text{ N/mm}^2$)	設計値	25	0.17
	実測値	16	

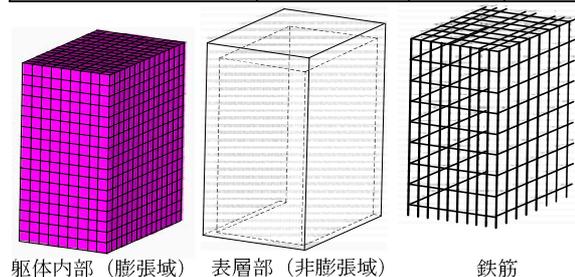


図 3 鉄筋破断前の FEA モデル

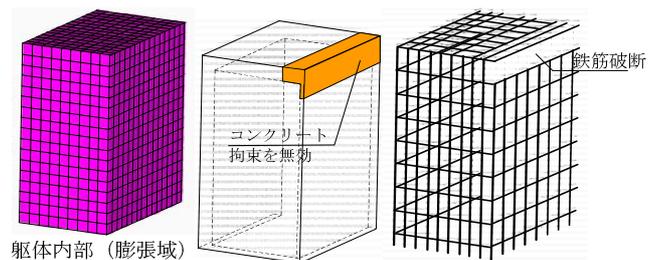


図 4 鉄筋破断後の FEA モデル

キーワード : アルカリ骨材反応, 鉄筋破断, 有限要素法

連絡先 : 〒920-0025 石川県金沢市駅西本町 3-7-1 電話 076-264-7872

4. ASR 劣化した RC 構造物の FEA 結果

(1) 鉄筋破断前のコンクリート最大主応力分布

図 5 は ASR 膨張 0.01% を作用させたコンクリート最大主応力度のコンタを示す。この図は部材を切断面 A 側から見ているが、ASR 膨張によりコンクリート内部は圧縮応力が生じ、表層は引張応力が生じる。図 6 は構造物天端から 0.4m 位置のコンクリートの最大主応力度の分布を示している。鉄筋破断前の解析結果では、ASR 膨張によりコンクリート弾性係数の低下が生じても、コンクリート表層のみに引張応力が生じており、ASR 膨張による巨視ひび割れはコンクリート表面のみ発生する結果となる。

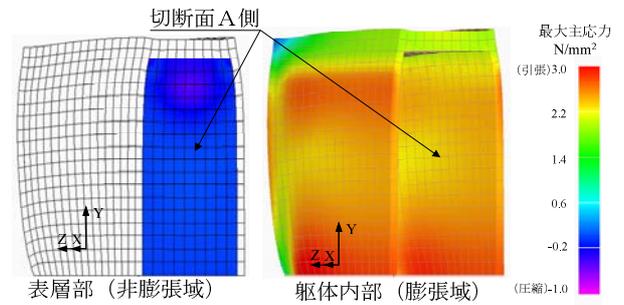


図 5 鉄筋破断前の ASR 膨張のコンクリート最大主応力

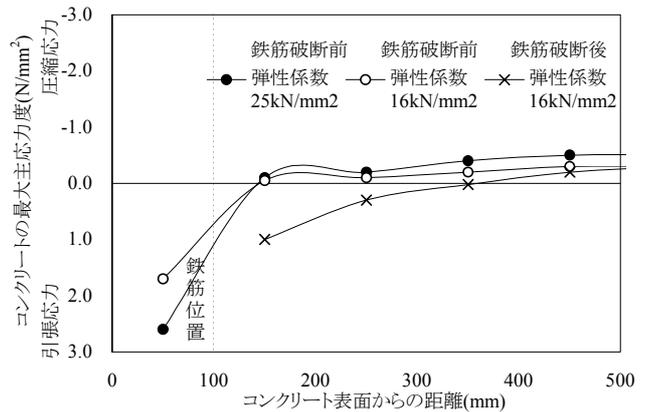


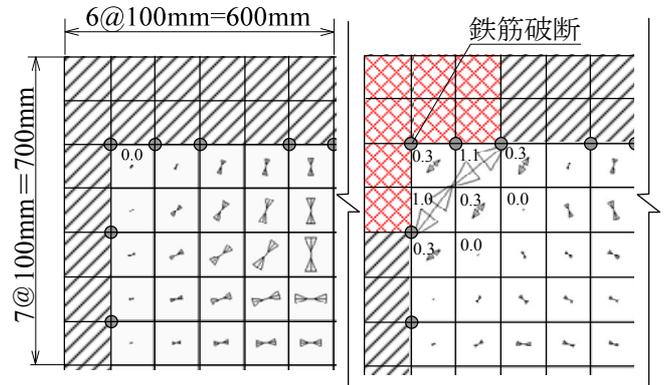
図 6 ASR 膨張によるコンクリート最大主応力分布

(2) 鉄筋破断によるコンクリートの最大主応力の影響

ASR 膨張による鉄筋の破断がコンクリートの最大主応力度に与える影響を把握する。図 6 から ASR 膨張 0.01% により鉄筋破断が生じる場合は、コンクリートの最大主応力の引張域の領域はコンクリート内部に進展し、コンクリート表面から 350mm の位置まで引張応力が生じる結果となる。

(3) 鉄筋破断によるコンクリートのひび割れの影響

図 7 は ASR 膨張 0.01% の鉄筋破断前後における破断周辺箇所のコンクリートの最大主応力ベクトルを示している。図よりコンクリート表層部に鉄筋の拘束がある場合は、最大主応力ベクトルは圧縮応力が作用しているが、鉄筋の拘束効果が一部無くなった場合、コンクリート内部の最大主応力ベクトルは斜め 45° の引張となっている。斜めひび割れの範囲は、コンクリート表面から 300 mm 程度であり、切断面のひび割れスケッチ図と概ね一致している。このひび割れは、部材のせん断抵抗や曲げに抵抗する有効幅が減少し構造物の耐荷力を低下させると推察される。鉄筋破断箇所は、ひび割れ深さを把握することが主要となる。



(a) 拘束効果あり(破断あり) (b) 拘束効果なし(破断なし)

※引張応力が生じた要素のみ数値を表示する。

※格子部分：コンクリート拘束を無視、斜線部分：表層部

図 7 鉄筋の拘束効果の有無による解析結果

5. まとめ

- 1) 鉄筋に破断がない場合、ASR 膨張によりコンクリート表面のみ引張張力が生じ、このためコンクリート表層にひび割れが生じると考えた。
- 2) ASR 膨張により鉄筋破断が生じると、部材内部に向かってひび割れが進展することで、構造物の耐荷力を低下させると考えた。
- 3) ASR 劣化部材の点検は鉄筋破断の有無だけでなく、鉄筋破断位置からの部材の中心に向かうひび割れ状況や深さを把握することが必要と考える。

参考文献

- 1) 川村：現場技術者のための ASR 対策ノート，中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋(株)，2010.9
- 2) 有馬他：実際の ASR 劣化部材におけるひび割れ発生過程，コンクリート工学，Vol.35, 2013
- 3) 小林他：アルカリ骨材反応の診断，森北出版(株)，2004.11
- 4) 山本他：ASR 膨張ひび割れを模擬したコンクリートと鉄筋の付着性，コンクリート工学，Vol.29, No.1,2007