

アルカリ骨材反応による劣化を受けたコンクリート橋脚の解析的研究

香川大学大学院	学生会員	○柴北 哲也
(株) 四国総合研究所	正会員	横田 優
香川大学工学部	正会員	吉田 秀典
香川大学工学部	正会員	松島 学

1. はじめに

本研究は、アルカリ骨材反応（以下 ASR）による劣化を受けた構造物の劣化予測を、有限要素法を用いた数値解析モデルにより行った。ASR のミクロな挙動まで再現すると、要素数が膨大になり、実務レベルで使用することが困難となる。本研究は、微視的なひび割れを含むコンクリート領域というマクロな挙動に着目した数値解析モデルを用い、ASR によるひび割れ性状をシミュレートし、せん断補強筋の端部に発生する応力を把握した。

2. FEM 解析手法

ASR によるひび割れ性状を表現するため、等価ひび割れ要素を用いた。等価ひび割れ要素とは、図 1-(a)に示すように粗骨材よりも大きな要素で、膨張する要素と膨張しない要素に分けることにより、図 1-(b)に示すようにコンクリート領域を圧縮領域と引張領域に分けることができ、巨視的な応力状態を再現する手法である。応力状態を再現し、図 1-(c)に示すように、ASR によるひび割れ性状を模擬できる。ASR による膨張は、コンクリートの含水率と関係がある。コンクリート表面からの距離と含水率との関係を図 2 中の●印で示す。コンクリート表面は乾燥しやすく、ASR による膨張が発生しにくいと考えられる。図 2 の破線のようなモデルを考え、外部の膨張係数を内部の 1/10 とした。設定した膨張要素を一般的なコンクリートの粗骨材率と同じ、40%の割合で三次元的にランダムに配置した。

3. 対象構造物

解析の対象とした構造物は、香川県にある某橋脚

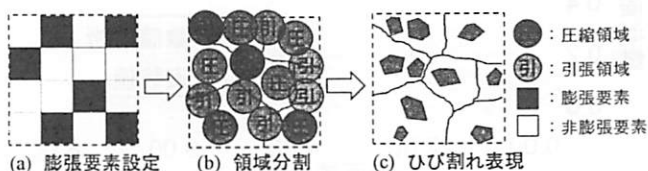


図1 等価ひび割れ要素

K である。橋脚 K は 1979 年に建設され、ASR による劣化が顕著に現れている。橋脚 K の写真を図 3 に示す。図中の円で示した梁部の解析を行った。

4. 解析モデル

橋脚 K の梁部のモデルを作成し、柱部との連結部を全方向で拘束した。コンクリート部材のモデルに、引張力によるひび割れを表現するソリッド要素を用いた。ソリッド要素にコンクリートの材料特性を設定し、コンクリート部材とした。コンクリートのモデルを図 4-(a)に示す。鉄筋部材のモデルは、軸力のみを考慮するトラス要素を用いた。図 4-(b)に示すように、トラス要素はソリッド要素の接点と接点を結ぶように配置した。図 5 にコンクリートの膨張要素を配置した解析モデルを示す。図 5-(a)が表面 10cm の要素を取り出した外部膨張要素、図 5-(b)が内部の膨張要素である。図中で、グレーの要素が膨張要素、白い要素が非膨張要素である。膨張要素に膨張ひずみを与え、解析を行った。

5. 解析結果

解析結果より得られたひび割れ性状を定量的に評価するため、コンクリート表面のひび割れ密度を求めた。解析結果のひび割れ密度は、膨張率が 0.1%以下のときは、ひび割れがほとんど発生しておらず、0.25%以上のときは、解析結果のひび割れが実構造物のひび割れ密度より大きい。0.125%から 0.225%の膨

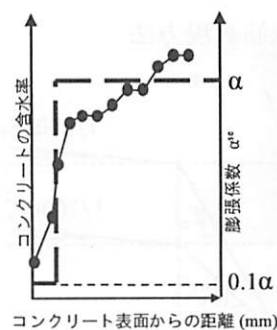


図2 コンクリートの含水率と膨張係数

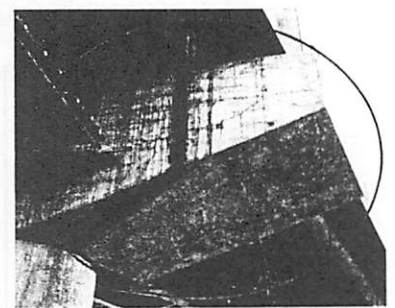


図3 実構造物の写真

張率を 0.025%ごとに比較した。ひび割れ密度と膨張率の関係を図 6 に示す。●印が解析モデル、実線が実構造物の結果である。解析モデルの膨張率が 0.175%のとき、実構造物に一番近い値を示した。膨張率 0.175%のときのひび割れ性状と実構造物のひび割れ性状の比較を図 7 に示す。梁の主鉄筋に沿ったひび割れなど、類似したひび割れ性状を示している。膨張率が 0.175%のときの実構造物と解析結果の分布を図 8 に示す。どちらも 0.3mm のひび割れ幅の頻度が一番多く、分布形状も似ている。ASR によるひび割れ性状をシミュレートすることができたので、鉄筋の応力状態の比較をした。鉄筋の軸ひずみの分布を図 9 に示す。図中に、鉄筋の軸ひずみデータを採取した曲げ加工部の箇所、A、B、C の位置を示す。現状の膨張率は、応力が最も発生している箇所でも、鉄筋ひずみが 200 μ 程度であり、膨張を促進させ膨張率 0.4%まで膨張させても、470 μ 程度であった。橋脚 K の鉄筋が将来とも降伏する可能性は低いものと推測される。

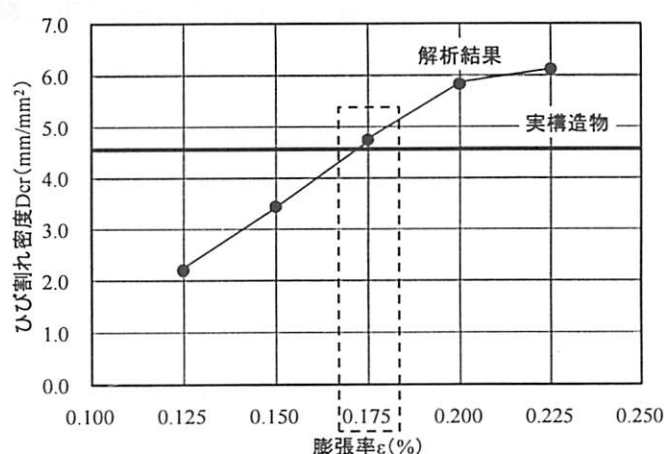


図 6 ひび割れ密度比較

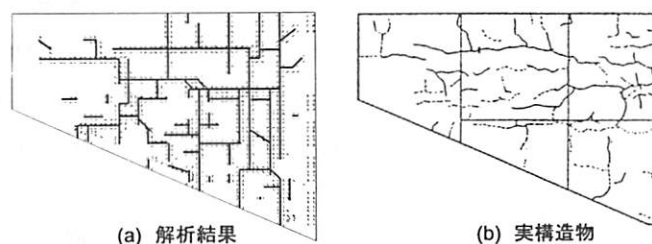


図 7 ひび割れ性状比較

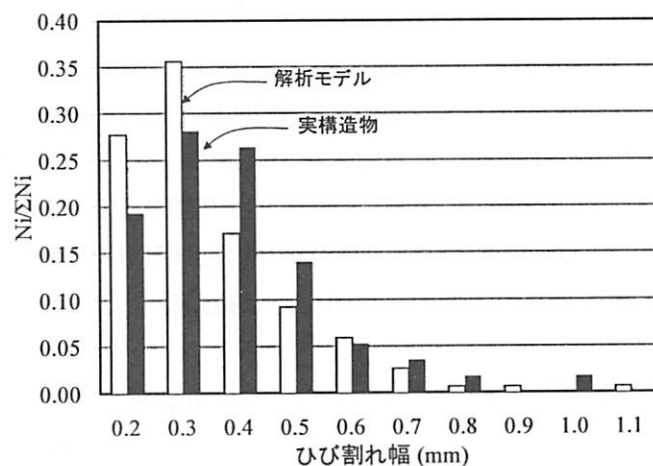


図 8 ひび割れ幅分布

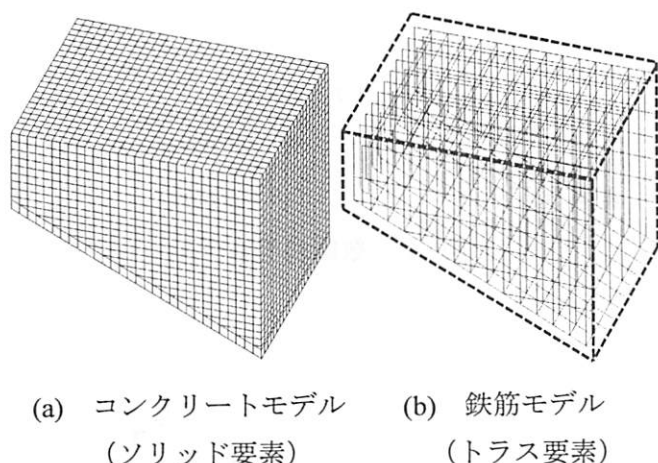


図 4 モデル図

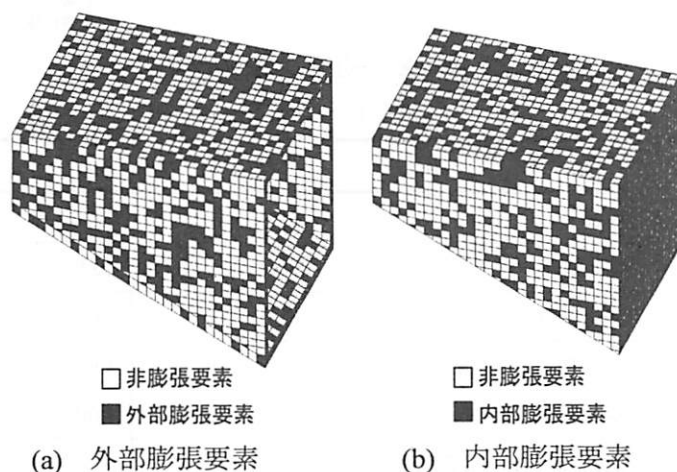


図 5 膨張要素配置

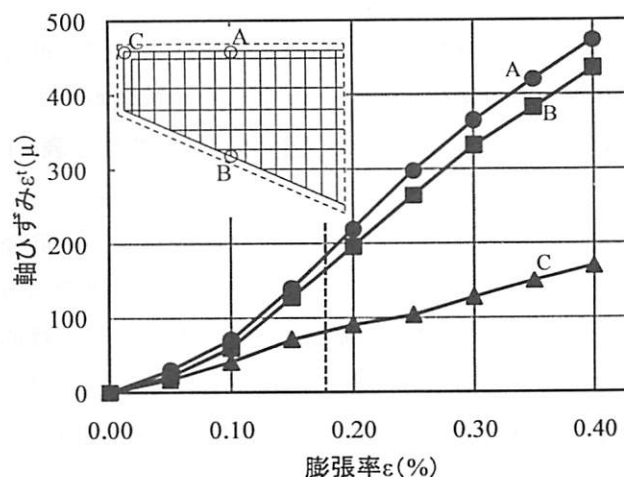


図 9 鉄筋の軸応力