

アルカリ骨材反応によるひび割れのシミュレーション

香川大学大学院	学生会員	○岡 孝二
(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

既往の研究から反応生成物の膨張量は、コンクリート中のアルカリ量や反応性骨材量、水の供給が影響することがわかっている。膨張量を因子として数値解析を行うことで時間経過に伴うコンクリート構造物の損傷メカニズムを解明できると考えられる。アルカリ骨材反応によるひび割れはコンクリート内部の微小ひび割れの存在による局所的な損傷に影響される。数値解析では上述の不均質性を考慮せずに現象の挙動をシミュレーションすることができない。しかし、数値解析モデルとして局所的な違いをモデル化することは不可能である。

本研究は粗骨材の不均質性を考慮した数値解析モデルを構築し、実構造物の解析を行った。さらに、アルカリ骨材反応によって損傷を受けたコンクリート構造物の現場調査を行い、数値解析との比較検討を行った。

2. 数値解析モデル

数値解析で現実的なひび割れを求めるには、コンクリート特有の不均質性は無視できない。数値解析では微小ひび割れのモデル化、全骨材のモデル化による膨大な要素数の計算という問題が生じることから、以降に説明するモデルを提案する。アルカリ骨材反応ではコンクリート中に膨張する領域と膨張しない領域ができる。引張ひび割れの発生にはこの各

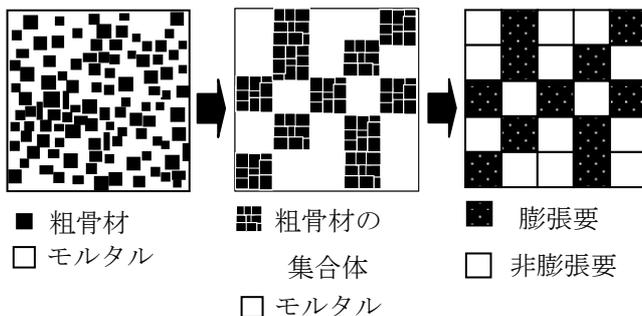


図-1 等価ひび割れ要素モデル

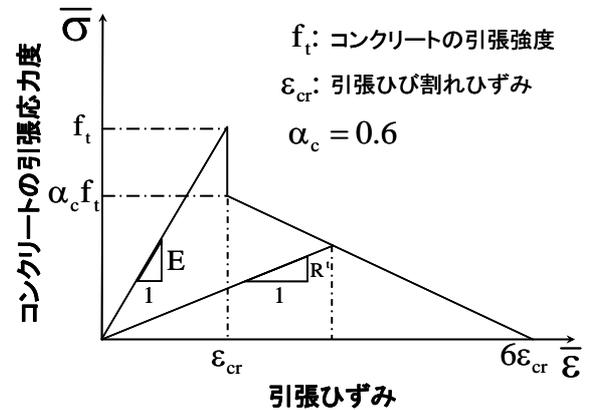


図-2 引張軟化曲線のモデル

領域の相互作用が影響する。提案するモデルでは、コンクリート中で膨張する領域に粗骨材を集中させ、残りの領域にモルタルが存在すると仮定した。提案モデルを図-1の中央に示す。本研究ではコンクリートを粗骨材の集合体とモルタルの2つで表した等価ひび割れ要素モデルを提案した。粗骨材の集合体を膨張要素に、モルタルを非膨張要素に置き換え、膨張要素と非膨張要素の相互作用からアルカリ骨材反応によるひび割れを求める。膨張要素は集中した粗骨材がモルタルで密着したものとした。膨張要素にひび割れが生じた場合は粗骨材を密着させるモルタルにひび割れが生じ、集合した粗骨材が分離していると考えられる。これはひび割れが粗骨材に沿って発生する現実の挙動に基づいている。膨張要素の強度がモルタルの強度に依存することと、非膨張要素がモルタル要素であることから全要素はモルタルの強度に依存する。モルタルの強度がコンクリートの強度に大きく影響することから、全要素にコンクリートの材料特性を持たせた。引張ひび割れは破壊力学に基づいた、図-2に示す引張軟化曲線を仮定した。全要素に占める膨張要素の割合は実配合を考慮し、全体積の40%に設定した。全要素内における膨張要素

キーワード アルカリ骨材反応, 数値解析, 等価ひび割れ要素, 現場計測

連絡先 〒761-0396 香川県高松市林町 2217-20 香川大学大学院工学研究科

の位置は乱数を用いて決定し、均一にばらつきをもつ粗骨材の配置を表現した。反応生成物の吸水膨張現象は膨張要素に膨張ひずみを与えることで表現した。膨張ひずみはモルタルバー法で有害とされる膨張量の0.10%を参考に、コンクリート構造物にとって有害と予測される0.20%に設定した。

3. 現場計測および数値解析

香川県内の橋脚に生じたアルカリ骨材反応によるひび割れを調査した。図-3は橋脚に生じたひび割れの写真とスケッチである。格子状のひび割れが卓越し、ひび割れから鉄筋の錆汁、白色ゲルの滲出も見られた。現場計測ではひび割れをスケッチし、格子で囲まれた部分の面積を求めた。これを等価な真円の面積とし、直径を等価直径と定義し、ひび割れ性状を評価した。大きさの全く異なる二つの橋脚について現場調査も含めた結果を図-4に示す。両橋脚ともデータの大半は25cm~35cmの範囲に収まり、平均値がおおの30cmと32cmとなり、2cmしか変わらない。このようにアルカリ骨材反応によるひび割れ性状は構造物の寸法に影響されないと考えられる。

提案するモデルを用いて本橋脚の解析を行った。

図-6に本橋脚の数値解析のモデルを示す。数値解析のモデルでは、本橋脚のコンクリート表面から鉄筋までの自由領域をモデル化し、奥行きを10cmとした。図-5に示すように奥行き方向は鉄筋に拘束されている。ひび割れは最も応力の集中しやすい鉄筋に沿った面で発生し、自由領域内ではほぼ発生しないと考えた。そこで、奥行方向の膨張量を高さ、幅の方向に比べ微小であるとして扱う異方性材料とした。下面は地中の基礎を考慮し、自由度を完全拘束した。

解析の結果、図-7のA、Bに示すような格子状のひび割れが発生し、各等価直径の平均値も比較的现实に近い値を示した。

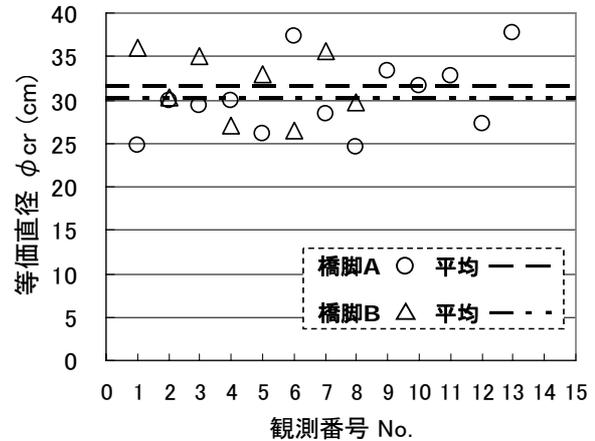


図-4 観測データ

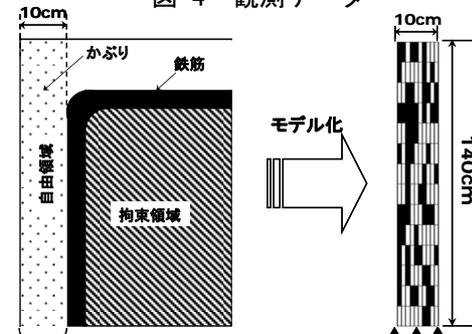


図-5 かぶり部のモデル化

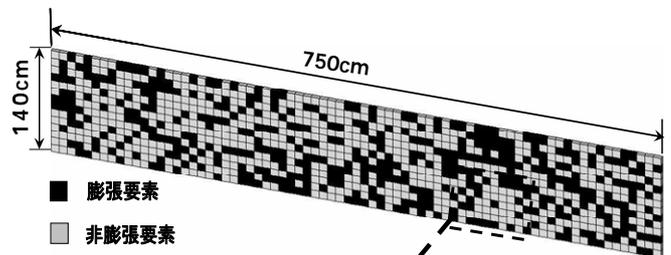


図-6 数値解析モデル

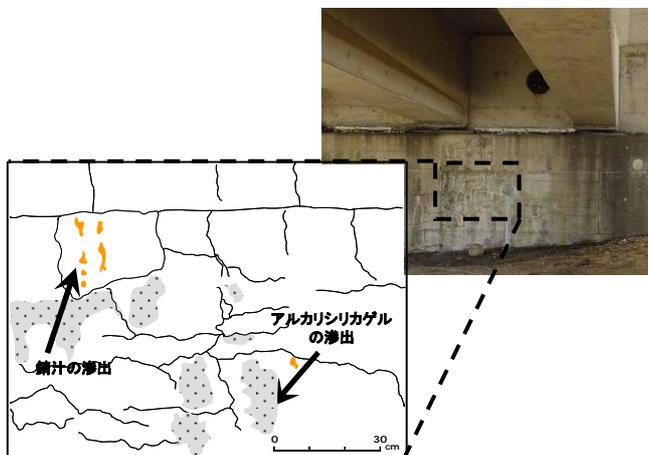


図-3 ひび割れのスケッチ

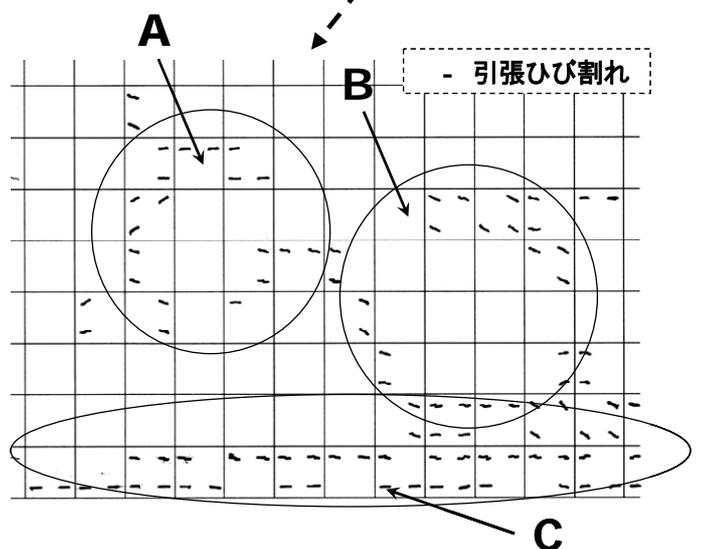


図-7 数値解析結果