

V-19 アルカリ骨材反応のひび割れ発生モデル化に関する研究

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に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。膨張量をパラメーターとした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明らかに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。数値解析ではこの不均質性を考慮しなければ、現象の挙動を表すことができない。しかし、数値解析モデルとして微小ひび割れをモデル化することは不可能である。

本研究で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。微小ひび割れをモデル化できないこと、全骨材をモデル化した膨大な要素数を計算できない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。二つの領域の相互作用で引張ひび割れが発生する。コンクリー

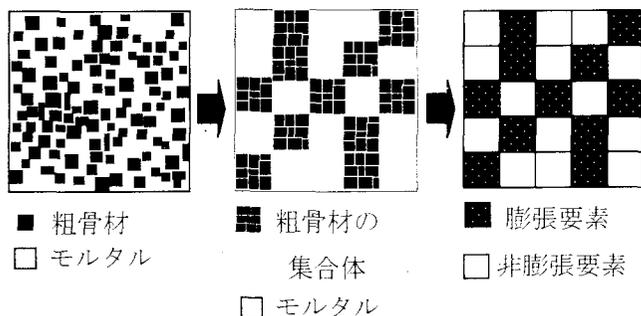


図-1 等価ひび割れ要素モデル

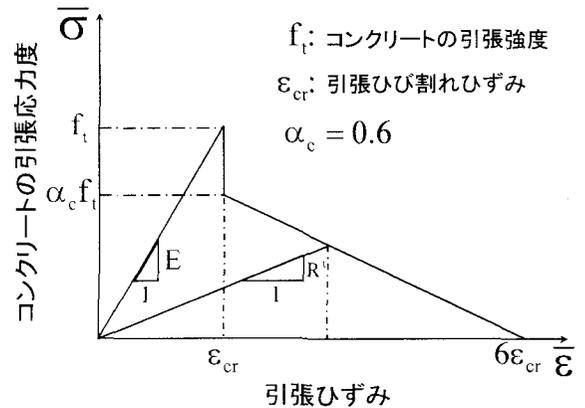


図-2 引張軟化曲線のモデル

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。図-1の中央がその状態である。これが本研究で提案する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である。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。膨張要素に生じるひび割れ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すると考える。これは実際にコンクリートのひび割れが粗骨材に沿って発生することに基づいている。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を決めることから、全要素にコンクリートの材料特性を持たせた。引張ひび割れは図-2に示す引張軟化曲線に従い、破壊力学に基づいて発生させた。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。乱数を用いて全要素内における膨張要素の位置を決定し、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、その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を行った結果を図-4に示す。各橋脚ともデータの大半が25cm~35cmの範囲に収まり、平均値は30cm、32cmと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。

提案する数値解析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モデルを示す。奥行90cmの本橋脚を数値解析モデルでは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の拘束で膨張量が縦横の方向に比べ微小であると考えた。縦横の方向はコンクリート内部の挙動に追従すると考え、異方性材料として扱った。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現実に近い値を示した。構造物下部ではCのような拘束を反映した水平方向のひび割れが卓越した。これも現実に近い挙動を表している。

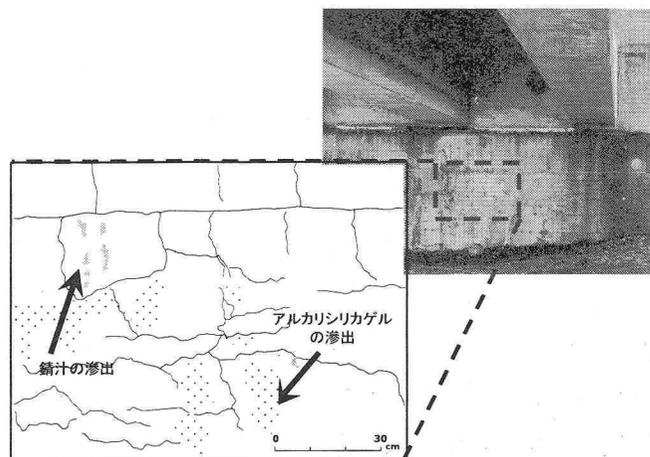


図-3 ひび割れのスケッチ

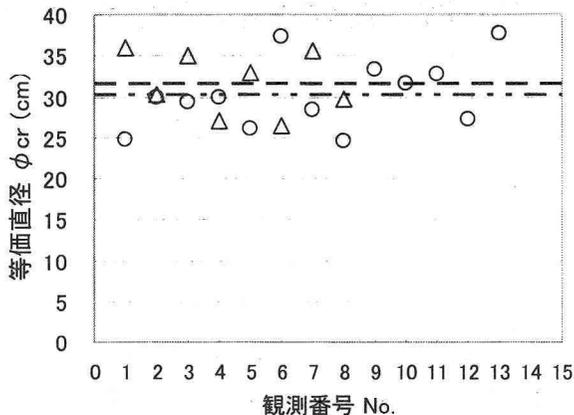


図-4 観測データ

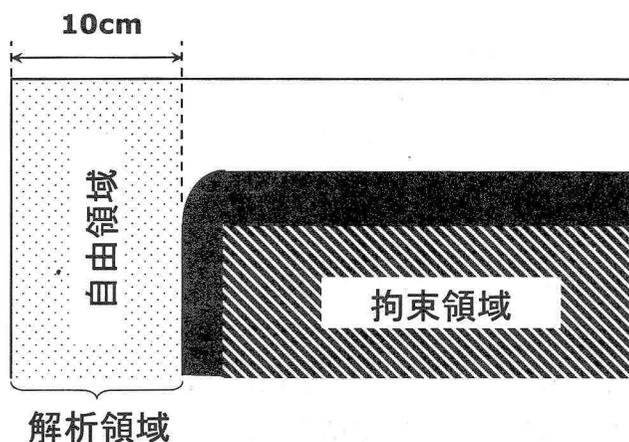


図-5 かぶり部のモデル化

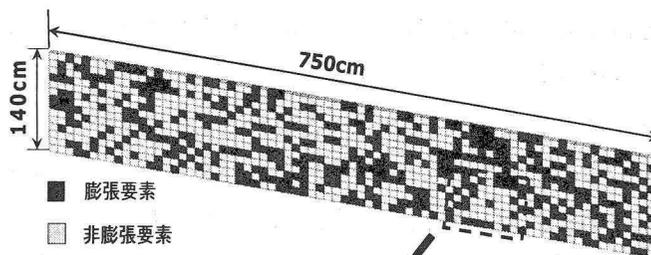


図-6 数値解析モデル

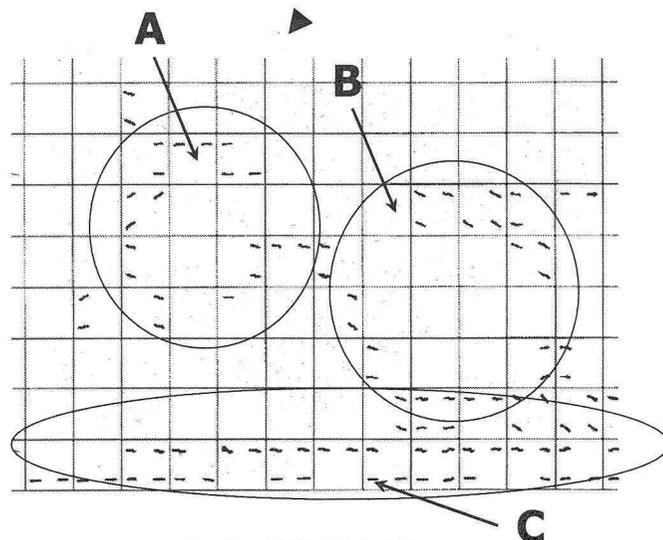


図-7 数値解析結果