

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

アルカリ骨材反応による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。

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、そのモデルを用いて橋台に生じるひび割れ幅を求めた。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ひび割れ幅を計測し、数値解析結果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性状を求めるには、コンクリート特有の粗骨材とモルタル成分の不均質性は無視できない。数値解析では微小ひびわれをモデル化できないこと、全骨材のモデル化で膨大となる要素数を計算できないことから以降に定義する等価ひび割れ要素モデルを導入する。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、各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。模式図を図-1の中央に示す。本研究はコンクリートを等価な集合要素とモルタル要素

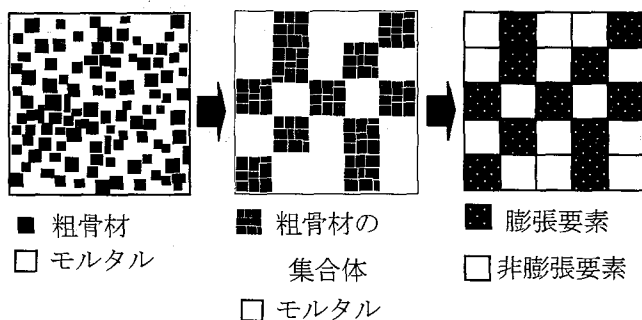


図-1 等価ひび割れ要素モデル

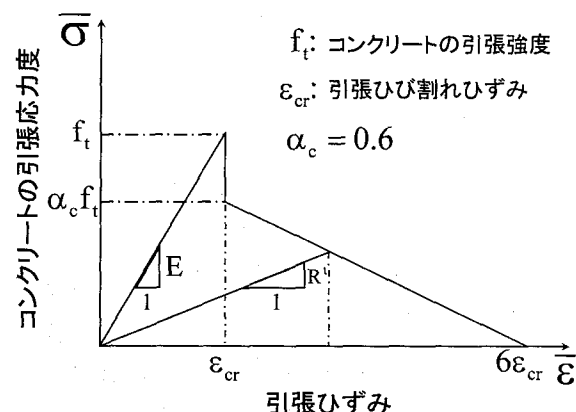


図-2 引張軟化曲線のモデル

に区分した等価ひび割れ要素モデルを提案した。粗骨材の集合体要素を膨張要素、モルタル成分を非膨張要素と定義した。これらの要素の導入により、各領域の相互作用によりアルカリ骨材反応によるひび割れをシミュレーションできるものと考えた。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ことを考慮し、全要素にコンクリートの材料特性を持たせた。引張ひび割れの発生は破壊力学に基づき、図-2に示す引張軟化曲線に従うものとする。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。

3. 等価ひび割れ要素モデルによる解析結果

等価ひび割れ要素モデルを用い、アルカリ骨材反応によって損傷を受けた橋台の数値解析を行った。対象構造物を写真-1に示す。橋台の背面は地盤に面し、

水の供給が絶えず行われている。ひび割れのスケッチを図-3に示す。Aのような格子状のひび割れが広がり、ひび割れからアルカリシリカゲルの滲出も確認できる。構造物下部は地面による拘束の影響を受け、Bのような水平方向のひび割れが卓越している。

橋台の数値解析モデルを図-4に示す。膨張要素と非膨張要素は、乱数を用いて3次的にランダムに配置した。アルカリシリカゲルの膨張がコンクリートの含水率に影響されると考え、膨張要素に与える膨張ひずみは次のように設定した。常に水を供給される背面と乾燥の影響が小さいコンクリート内部の含水率が高く、乾燥の影響を受けるコンクリート表面の含水率は低いと考える。コンクリート内部の膨張要素を内部膨張要素、表面の膨張要素を外部膨張要素と定義する。膨張の割合が含水率に比例すると考え、外部膨張要素は内部膨張要素に与える膨張ひずみの1割の膨張ひずみが発生するとした。構造物下面は地中の基礎を考慮して全自由度を拘束、背面は背面地盤を考慮して奥行方向の自由度のみを拘束した。数値解析で求めたコンクリート表面のひび割れ状況を図-5に示す。発生したひび割れが格子状に繋がり（図-5、A参照）、構造物地上部最下部には水平方向のひび割れ（図-5、B参照）が卓越している。数値解析で得られるひずみから橋台に生じるひび割れのひび割れ幅を求めた。ひび割れ幅は数値解析で得られるひずみにひび割れが影響を及ぼす有効長さを乗じることで求めた。数値解析と現場計測で得られたひび割れ幅の分布を比較したものを図-6に示す。ひび割れ幅は、実構造物で発生したかなり大きな値のひび割れ幅を除いて、数値解析と現場計測でほぼ同様の傾向を示している。

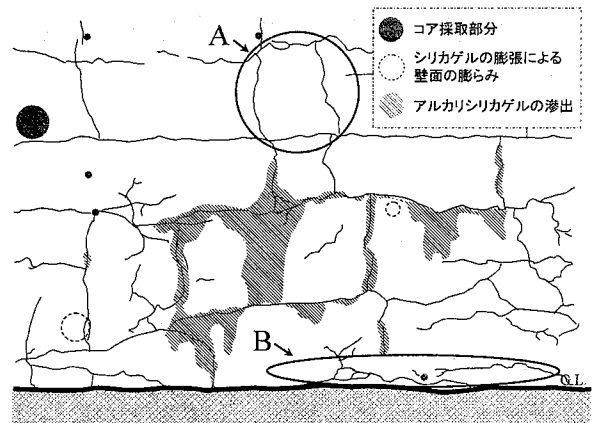


図-3 橋台のひび割れのスケッチ

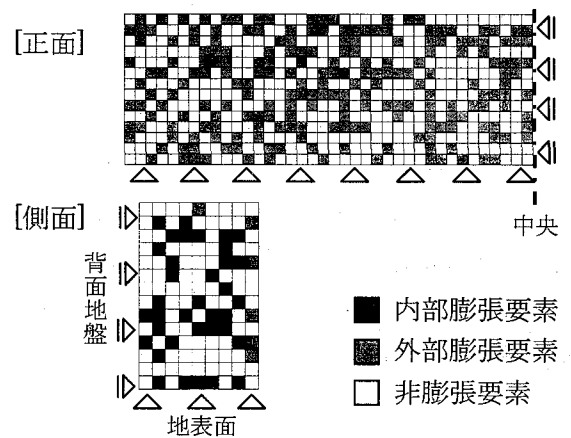


図-4 橋台の数値解析モデル

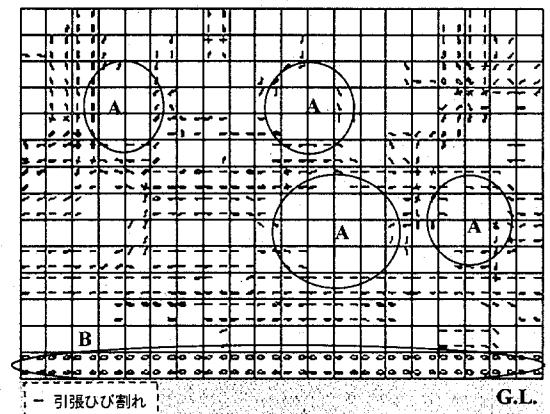


図-5 コンクリート表面のひび割れ状況（数値解析）

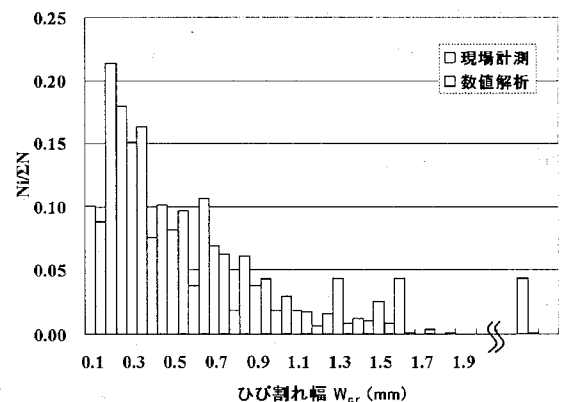


図-6 コンクリート表面のひび割れ幅分布

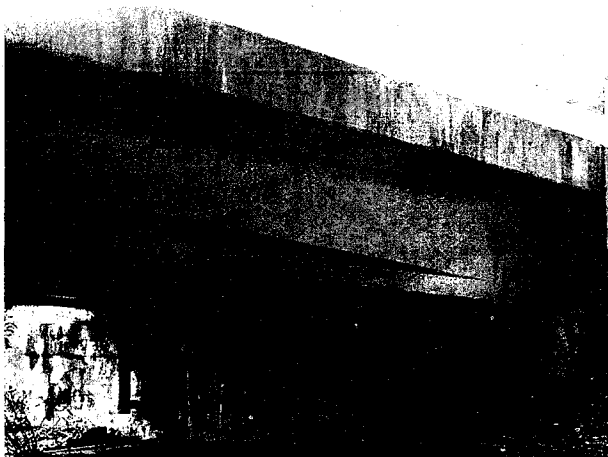


写真-1 アルカリ骨材反応によって損傷を受けた橋台