

ASR による劣化を受けた分土工の数値解析的研究

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

1. はじめに

本研究は、アルカリ骨材反応（以下 ASR）により劣化した実構造物を解析結果と実構造物のひび割れ性状に着目し、非線形有限要素解析（以下 FEM 解析）によりシミュレーションを行った。

解析対象構造物を写真-1 に示す。解析対象構造物は、香川県下にある既存の分土工 A である。骨材に反応性骨材の一種である安山岩系の碎石が使用されており、静弾性係数は 6 割程度の低下、白色物質の生成など ASR 劣化の特徴がみられた。外観は写真-2 に示す通り上面には卓越した 1 本のひび割れが発生しており、側面には目視可能なひび割れは発生していないという特徴を示している。促進膨張試験の結果、残存膨張量は多大な値を呈しておらず、今後は著しい膨張は示さないと判断した。

2. 数値解析手法

ASRを起因としたひび割れをFEM解析で評価するため、等価ひび割れ要素¹⁾を導入した。等価ひび割れ要素とは、ASRの膨張挙動を簡易的に再現するものである。等価ひび割れ要素は、コンクリートを均一材料とし、膨張要素と非膨張要素でモデル化することで、コンクリート構造物表面に形成されるマクロなひび割れを表現し、解析規模の縮小を図っている。膨張する要素は粗骨材率と同率とし、粗骨材配置の不均一性を考慮するために乱数を用いて配置した。解析対象構造物である分土工Aは水中に設置され、側面を流水と接する環境下にある。そのため、両側面のコンクリート表面からアルカリ骨材反応により生成されたアルカリシリカゲル等のアルカリ成分が滲出していると想定できる。本研究では、上述の現象をモデル化するために、膨張要素の膨張量を図 1 に示すように、コンクリート内部では大きく、外に向かって小さくなるよ

うにモデル化した。対象構造物の解析モデルを図 2 に示す。図中で、a-a断面は中間の膨張要素の配置、b-b断面は内部の膨張要素の配置を表している。白い要素が非膨張要素、青い要素が膨張ひずみの比率 0.1



写真-1 解析対象構造物



写真-2 実構造物のひび割れ状況

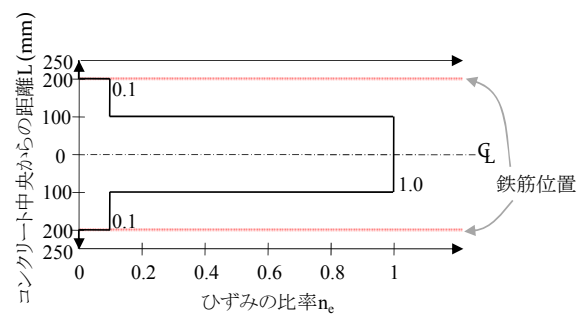


図 1 膨張量選定の分布モデル

キーワード アルカリ骨材反応, FEM 解析, 等価ひび割れ要素, ひび割れ性状

連絡先 〒761-0396 高松市林町 2217-20 香川大学工学部事務室 Tel:087-864-2000

とした中間膨張要素，赤い要素が膨張ひずみの比率 1.0 とした内部膨張要素である．この膨張要素に膨張ひずみを与えて解析を行った．

3. 解析結果

解析結果を実構造物のひび割れ性状を基に評価を行った．数値解析では，膨張要素の膨張量を徐々に大きくして，ひび割れ性状が等しくなった時を解析終了とした．内部膨張要素の膨張量が 840μ 時に，上面に部材に沿ったひび割れが大きく進展し，側面にはひび割れはまだ発生していない．この状況が現状の分土工 A の劣化と同程度のひび割れと判断した．解析により得られた分土工上面のひび割れ状況を図 3-(a) に，分土工 A のひび割れ状況を図 3-(b) に示す．上面に発生したひび割れ長さを足すと解析では 2m，実構造物の分土工 A でも同等のひび割れが発生しており，ひび割れ性状を概ね再現できている．ひび割れ性状を再現できたので，ひび割れ幅の評価を行った．ひび割れ幅分布の比較を図 4 に示す．青が現場より得たひび割れ幅，赤が解析より得たひび割れ幅である．縦軸は各ひび割れ幅のデータ数を総ひび割れ幅データ数で除した無次元量とした． $0.2\sim 1.0\text{mm}$ のひび割れ幅は，解析と実構造物を比較すると，本問題の現実性を考えると，同程度の傾向を示していると判断できる．しかし，実現象では， 1.0mm を越えるひび割れが多数発生している．これは，ASR 以外に，乾燥収縮などの複合的な影響を受けているためである．また， 0.2mm 以下のひび割れが現場では見られないのは，目視の限界である最小のひび割れ幅が 0.2mm であることに起因している．

ひび割れ性状を再現できたので，内部の鉄筋の応力

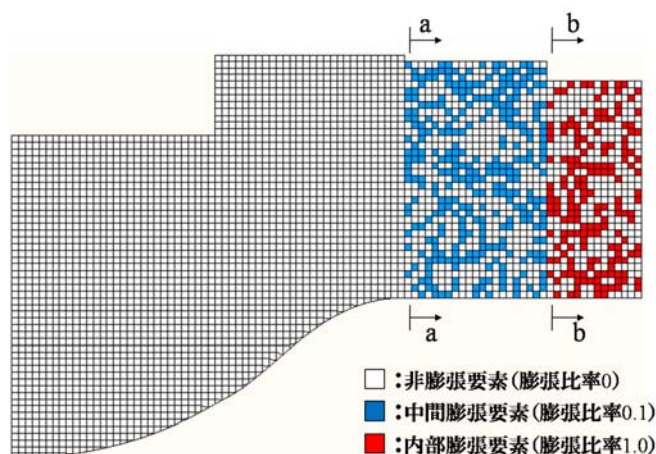


図 2 解析モデルの膨張要素配置

の検討を行った．膨張要素の膨張に伴って発生した鉄筋の軸応力と内部膨張要素の膨張の関係を図 5 に示す．軸応力の採取箇所は，図中左上に示す 4 箇所である．最大応力発生箇所でも 18N/mm^2 未満であり，鉄筋が降伏に至る 350N/mm^2 には及ばない．分土工 A の残存膨張量は低い値を呈しており，今後著しい膨張は示さないと判断できる．従って，将来とも分土工 A の鉄筋が降伏する可能性は低いと考えられる．



(a) 解析により得られたひび割れ性状
(内部膨張要素 840μ 時)



(b) 分土工 A のひび割れ性状
図 3 上面のひび割れ性状

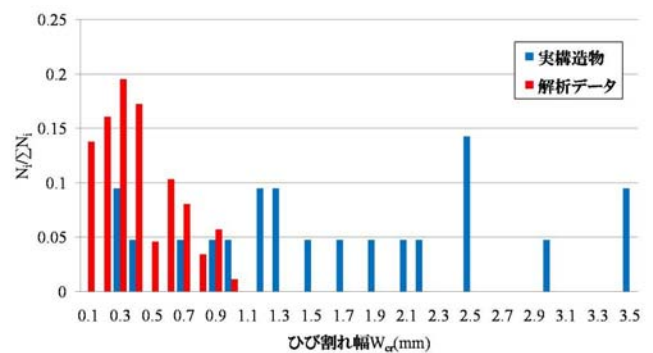


図 4 ひび割れ幅分布の比較

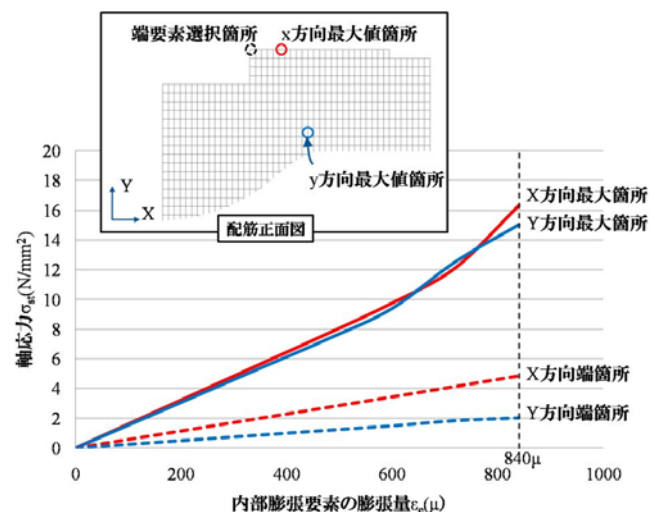


図 5 鉄筋応力-内部膨張要素の膨張量曲線

参考文献

- 1) 松島学，横田優，吉田秀典，岡孝二：アルカリ骨材反応によるコンクリートのひび割れ幅の数値解析モデル，コンクリート工学年次論文報告集，pp.785～790，Vol.28，No.1.2006.