

アルカリ骨材反応により劣化した構造物基礎の数値解析

香川大学大学院 学生会員 ○山本翔大
香川大学 フェロー会員 松島学

香川大学大学院 青木宏明
四国総合研究所 藤川真人

1. はじめに

近年、アルカリ骨材反応によるコンクリート構造物の劣化が社会問題となっている。アルカリ骨材反応によって構造物は安全性の低下が懸念される。適切な維持管理のためには、現在の劣化状態を把握することが重要である。本研究は、アルカリ骨材反応による劣化を生じた構造物基礎を対象とし、構造物の劣化の現状評価を行うために、アルカリ骨材反応を巨視的にモデル化した数値解析手法を提案する。

2. 対象の基礎体の現地調査

対象の基礎体は既往の調査により、ASR による劣化が確認されている。基礎体は、施工後 36 年経過しており、本基礎の残膨張試験でも、残存膨張量は 0.02% と小さい値を示し、反応は収束していると考えられる。

調査は基礎体の地上に露出している部位、掘削し地中に埋まっている基礎体上部側面、及び基礎体床板部の一部の劣化状況の観察を行った。対象の構造物基礎調査を写真 1 に示す。基礎体天端部は、鋼材支柱を中心に放射状のひび割れが発生し、それをつなぐ同心円状のひび割れがみられた。基礎体上部は主鉄筋の拘束のため縦方向のひび割れが卓越していた。天端部の平均ひび割れ幅は 0.83mm であり、柱体部のひび割れ幅の平均 0.61mm と比べて大きい。これは、基礎体天端部が外部に直接接しているため、コンクリートが乾燥収縮したものである。基礎体下部に向うほど平均ひび割れ幅は基礎体床板部の拘束により小さくなる。

3. 提案するアルカリ骨材反応の数値解析手法

本研究では、各粗骨材の膨張によるひび割れというミクロな挙動よりも、膨張するアルカリシリカゲルによるひび割れを含むコンクリートというマクロな挙動に着目した。そこで、各粗骨材やモルタルをモデル化するのではなく、図 1 のような、膨張する要素(膨張要素)と膨張しない要素(非膨張要素)を用いて、アルカリ骨材反応によって形成される巨視的な応力状態を再現する等価ひび割れ要素を提案する¹⁾。図 1 (a) のように、ASR によりコンクリート中に引張応力場と圧縮応力場が発生すると考える。本解析モデルでは、図 1 (b) のように、それぞれを膨張要素と非膨張要素として、その応力状態を巨視的に再現した。本解析モデルは、吸水膨張現象を模擬し、現実に近いひび割れを発生させる変形の局所化を再現可能なモデルであれば、必ずしも実際のコンクリートと同様の形状をする必要はな

いと考える。

解析モデルは、基礎体の対称性を考慮し、境界条件を考慮して 1/4 モデルとしている。本研究の数値解析では、基礎体全体に乱数を発生させる膨張要素を 3 次元的にランダムに配置した。膨張要素の割合は膨張要素を配置する領域、つまり基礎体全体の要素のうち 40% を膨張要素とした。コンクリートの含水率と ASR には相関があることに着目し、含水率の低いコンクリート表面と含水率の高い内部とで膨張ひずみに差を与えた。コンクリート表面の膨張要素の膨張係数を内部の膨張要素の 1/10 に設定する。鉄筋はトラス要素によりモデル化した。

図 2 は横軸に計算で導入した内部膨張要素の膨張ひずみ、縦軸に平均ひび割れ幅を示したものである。図 2 より、解析と実測の平均ひび割れ幅が最も近似する 2750 μ を現状の膨張ひずみとした。図 3 からわかるように、ひび割れ幅分布の実測データと解析結果の平均値及び標準偏差は近似しており、ともに 0.3mm にピークがある。

4. 実測値と解析値の比較

基礎体の劣化状態から 3 次元有限要素解析によってシミュレートしたひび割れと実測のひび割れの分布の比較を図 4 に示す。実構造物と解析の劣化性状は同様の傾向を示した。主鉄筋の拘束のため縦方向のひび割れが卓越していた。さらに、基礎体上部のひび割れが多く発生する傾向も一致した。

解析結果と実測のひび割れ幅分布を比較する場合、ひび割れ幅は測定者による誤差と乾燥収縮等の 2 次的要因による過度なひび割れを除外することを考え、0.2mm~1.0mm のひび割れで評価範囲とした。図 5 に示すように、深さ方向の平均ひび割れ幅を比較すると、解析値と実測値はほとんど等しい値をとり、ひび割れ幅の分布も近似した。数値解析によって求めた内部鉄筋に働く応力の分布を図 6 に示す。内部鉄筋はほとんどが降伏応力を超えていることがわかる。解析より得られた内部鉄筋の応力も ASR の影響を裏付ける値となった。

参考文献

- 1) 岡 孝二, 吉田 秀典, 松島 学, 横田 優: アルカリ骨材反応によるコンクリートのひび割れ発生モデルの構築と解析手法の提案, 土木学会論文集 A63 (4), 744-757, 2007

キーワード: アルカリ骨材反応(ASR), 数値解析, 現地調査, ひび割れ解析

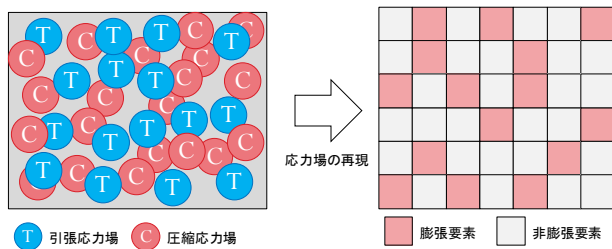
連絡先 (住所: 〒761-0396 香川県高松市林町 2217-20, TEL: 087-864-2000, FAX: 087-864-2032)



(a) 基礎体天端部

(b) 基礎体上部

写真 1 対象基礎構造物



(a) コンクリートの応力場

(b) 解析による再現

図 1 コンクリート表面の応力状態のモデル化

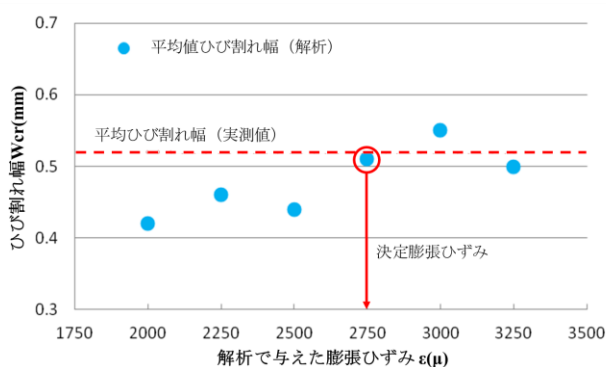


図 2 膨張ひずみと基礎体天端の平均ひび割れ幅の関係

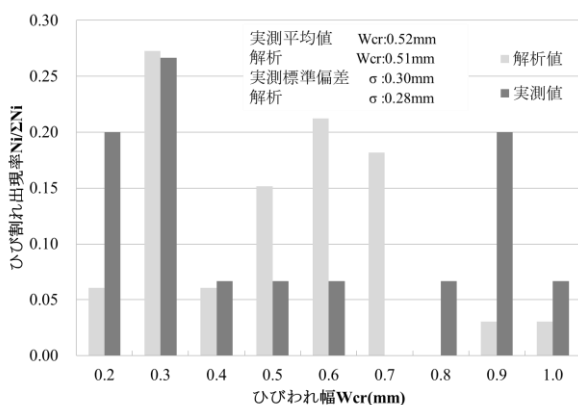
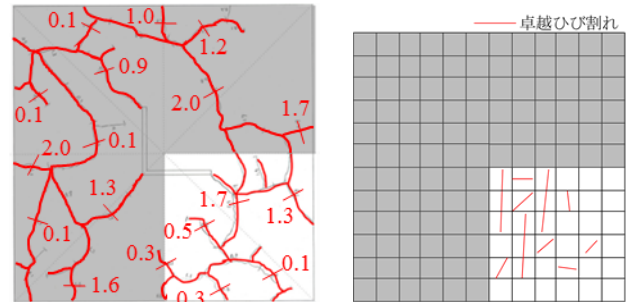
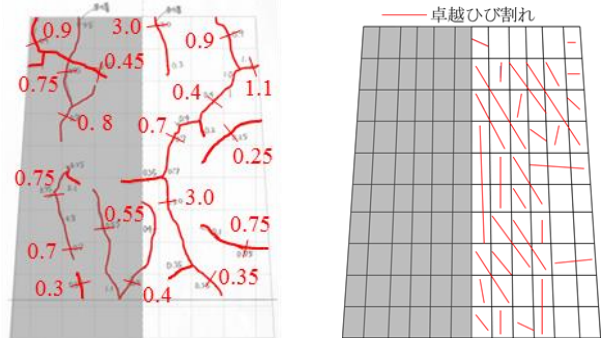


図 3 基礎体天端部の解析と実測のひび割れ幅分布の比較



(a) 基礎体天端部現地調査

(b) 基礎体天端部数値解析



(c) 基礎体上部現地調査

(d) 基礎体上部数値解析

図 4 基礎体天端部と基礎体上部のひび割れ分布の比較

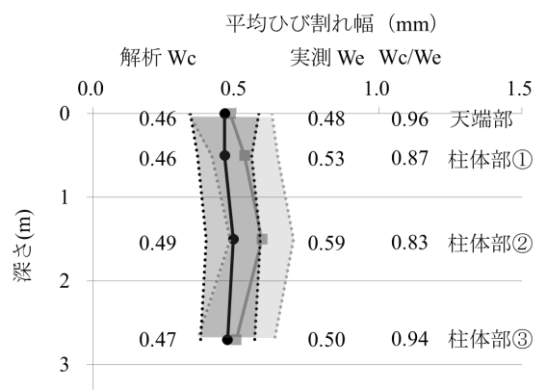


図 5 実測と解析のひび割れ幅

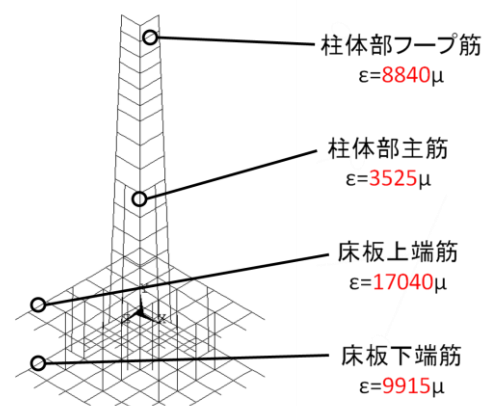


図 6 鉄筋全体に生じる軸応力と最大軸応力