

京都大学

学生会員 ○辻岡 章雅

京都大学 正会員

平野 裕一, 石川 敏之, 服部 篤史, 河野 広隆

1. はじめに

コンクリート構造物中の鉄筋の腐食膨張により引き起こされる表面コンクリートかぶり部の剥離を未然に防ぐためには、内部状態を把握したうえで適切な補修が必要となる。鉄筋腐食が外部から観察できないことから、内部状態を把握するための方法として、外部から計測できる表面ひび割れ幅から推定する方法が挙げられる。本研究では、実験で得られた表面ひび割れ幅と鉄筋腐食膨張率の関係式をベイズ更新で構築し、ベイズ更新による腐食量推定の適用性を検討した。

2. 実験概要

2.1 実験要因・供試体・実験方法

かぶりを 10,15,20mm の 3 種類、鉄筋膨張部分長さを 25,50mm の 2 種類とし、それぞれ 3 体ずつ作製した。供試体寸法は 10cm×10cm×40cm とした。鉄筋位置は空洞になるように打設し、図 1 に示した実験装置を用いて、図 2 のように押しこみ治具を上から押しこむことで、鉄筋膨張を模擬できるようにし、押しこみ変位から鉄筋膨張率を算出した。押しこみ変位 0.5mm ごとに、供試体表面の中央付近に発生した縦ひび割れ(写真 1)の幅をクラックスケールで計測した。供試体側面に縦ひび割れが確認できた時点までのデータをベイズ更新に用いた。

2.2 ベイズ更新による関係式構築方法

既往の研究や今回の実験結果から、鉄筋腐食膨張率 $x(\%)$ と表面ひび割れ幅 $y(\text{mm})$ の関係は指数関数で近似できると仮定し、 $y = ae^{bx}$ とした。今回の研究では、この 2 つの係数のうち、一方を固定し、もう一方を変数とし、変数とした係数の平均値分布にベイズ更新を適用した。変数とした係数の平均値分布と母集団分布はともに正規分布に従うと仮定し、固定した係数の値と両分布の平均値と分散は既往の研究結果から設定した。正規分布と正規分布の積は正規分布となることを活かし、今回の実験で得られた (x,y) データを 1 点ずつ尤度としてベイズ更新を繰り返し、変数とした係数の平均値を算出した。初期値については、今回の実験で得られた (x,y) の関係に近いものと遠いものの 2 種類準備し、初期値による差も考察した。

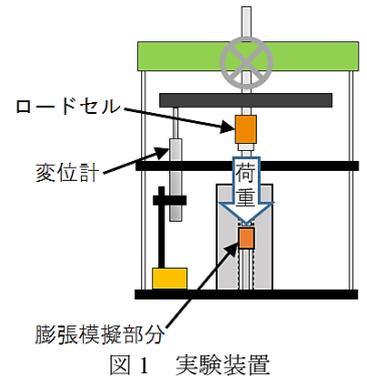


図 1 実験装置



写真 1 表面ひび割れ

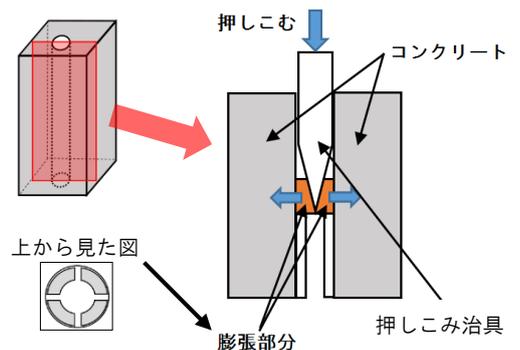


図 2 模擬膨張発生の機構



写真 2 膨張模擬¹⁾

押しこみ器具による内部膨張部分の変化を示す

3. 実験結果および考察

a を変数とした場合を「変数 a」、b を変数とした場合を「変数 b」と記す。

3.1 実験データが十分に確保できている場合

実験データを全てベイズ更新に組みこんだ結果を図 3,4 に示す。変数 a の場合、初期値と実験結果が近い場合は最小二乗法による曲線に近い曲線を得られたが、初期値と実験結果が遠い場合は大きな差があった。この差は観察された同じ表面ひび割れの値から見た時に鉄筋腐食膨張率を小さく見積もる可能性があり、危険側の判断をしてしまうおそれがある。一方で変数 b の場合、初期値と実験結果の近さにかかわらず最小二乗法による曲線と比較し、鉄筋腐食膨張率が 3%以下の範囲で鉄筋腐食膨張率を小さく見積もり、3%以上の範囲では大きく見積もることとなる。膨張部分長さが長くなるほど、差が大きくなる傾向にある。剥離が発生すると考えられる 3%以上の範囲では安全側の判断が可能になると考えられる。変数 a,b いずれの場合でもかぶりが大きくなるほど差が小さくなる傾向にあった。

3.2 実験データが十分に確保できていない場合

実験データをあまり得られていない段階を想定し、最初の 3 点のデータをベイズ更新に組みこんだ結果を図 5,6 に示す。3.1 の場合と比較して、特に変数 b で初期値と実験結果が遠い場合において最小二乗法による曲線との差が大きくなった。この差は観察された同じ表面ひび割れ幅の値から見た時に鉄筋腐食膨張率を小さく見積もる可能性があり危険側の判断をしてしまうおそれがある。かぶりが大きくなると差が大きくなる傾向にある。それ以外の要因のグラフは、3.1 の場合と大差なく、実験データが少ない場合でも実験データが十分に確保できている場合のようなグラフを構築できていた。

4. 結論

1) 実験データが十分に確保できている場合、初期値と実験結果が近い時は変数 a,b いずれの場合でも、観察された同じ表面ひび割れ幅の値から見た時に剥離が発生すると考えられる鉄筋腐食膨張率が大きい範囲では安全側の判断が可能である。変数 b の場合なら初期値が遠くても同様の結果となったが、変数 a の場合は初期値が遠くなると、危険側の判断をするおそれがある結果となった。

2) 実験データが十分に確保できていない場合、初期値が近い時には 1) と同じような曲線が得られた。初期値が遠い時は、変数 a では 1) と曲線に差が見られなかったが、変数 b では 1) よりも危険側の判断をするおそれが大きくなる曲線となった。

参考文献

- 1) 平野裕一：コンクリート構造物中の鉄筋膨張模擬装置の技術開発，平成 26 年度北海道大学総合技術研究会報告集，10-01，2014.9

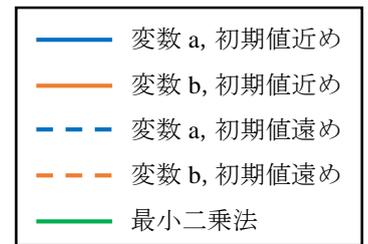


図 3~6 の凡例

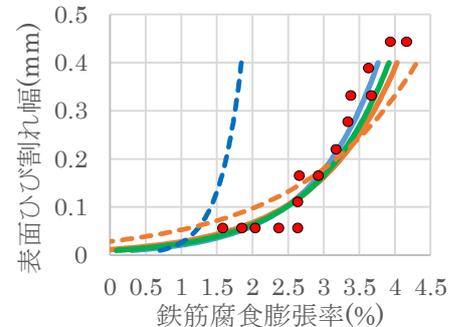


図 3 かぶり 15mm, 膨張部分長さ 25mm

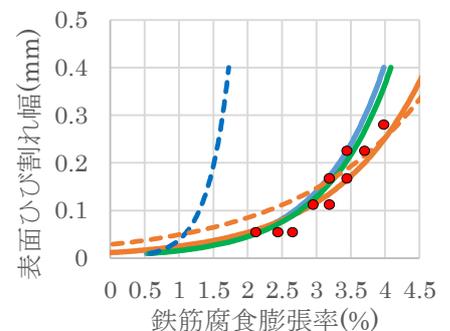


図 4 かぶり 15mm, 膨張部分長さ 50mm

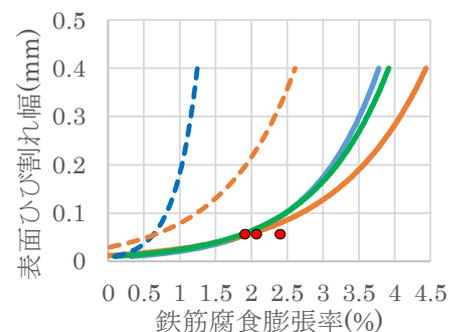


図 5 かぶり 15mm, 膨張部分長さ 25mm

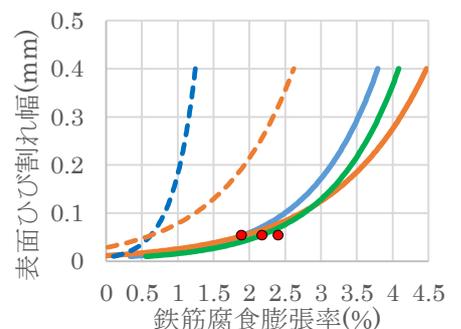


図 6 かぶり 15mm, 膨張部分長さ 50mm