

超音波法の測定方法に着目した鉄筋腐食の劣化度評価に関する検討

徳島大学大学院 学生会員 ○福富隼人 徳島大学大学院 学生会員 西山航平
 徳島大学大学院 正会員 渡辺 健 徳島大学大学院 フェロー 橋本親典

1. はじめに

鉄筋腐食の進行は、ある一定の段階に達すると、加速的に鉄筋コンクリートの性能低下を招くことが言われているため、鉄筋腐食は劣化の早期段階で検出することが求められている。本研究では、超音波法を用いて鉄筋腐食を早期検出することを目的に研究を行っており、鉄筋周囲で腐食ひび割れが発生した際に伝搬速度やエネルギーといった指標が減少に転じる事が明らかとなっている。しかし、ひび割れ発生前の段階においては不明な点が多くかつ測定手法によっては結果がバラつくなど、いまだ検討は十分ではない。本稿では、鉄筋腐食を電食試験により模擬的に促進させ、4つの超音波測定手法にて、鉄筋腐食の進行を定期的にモニタリングし、超音波パラメータによる評価を行った。

2. 実験概要

供試体は $100 \times 100 \times 400\text{mm}$ の角柱型枠に D13 鉄筋を供試体底面からのかぶり 30mm の位置に配置し、W/C55%に設定したコンクリートを打ち込んだ。セメントには早強セメントを用い、強度増進が超音波測定結果に及ぼす影響を低減させた。供試体は 14 日間の湿布養生を行った後、コンクリートの含水状態が超音波測定に与える影響を除去するために、表面含水率が $10 \pm 1.0\%$ を満足するまで恒温室内の気中にて静置した。電食試験は、陽極を D13 鉄筋、陰極を銅板とし、供試体を底面からの厚さ 20mm の位置まで濃度 5% の NaCl 水溶液に浸漬させた状態で、電流密度 $2\text{A}/\text{m}^2$ の定電流を通電させた。

3. 測定方法

超音波法は、初期値測定後、通電 5 日間経過する毎に、表面含水率 $10 \pm 1.0\%$ を満足するまで乾燥させた後に実施した。測定は、送信子と受信子を同一面に配置する表面法および透過法を用い、測定方法は図-1 に示すように 4 パターン実施した。パターン 1 はセンサ間距離を 50mm ずつ延ばす方法、パターン 2 は探触子間距離 50mm 固定で計 6 点測定する方法、パターン 3 は探触子間距離 100mm 固定で計 3 点測定する方法、パターン 4 は供試体側面にて鉄筋位置およびかぶり位置を透過法にて測定する方法とした。また、測定条件は電圧 400V、入力周波数 200kHz で一定とした。

超音波法による評価は、表-1 に示す各測定方法における伝搬距離および算出範囲を推定し、測定して得られた波形データから、見かけの伝搬速度、波形エネルギーを算出した。今回、見かけの伝搬速度、波形エネルギーは、初期値を基準とし、測定毎に初期値から変動した割合を算出した。

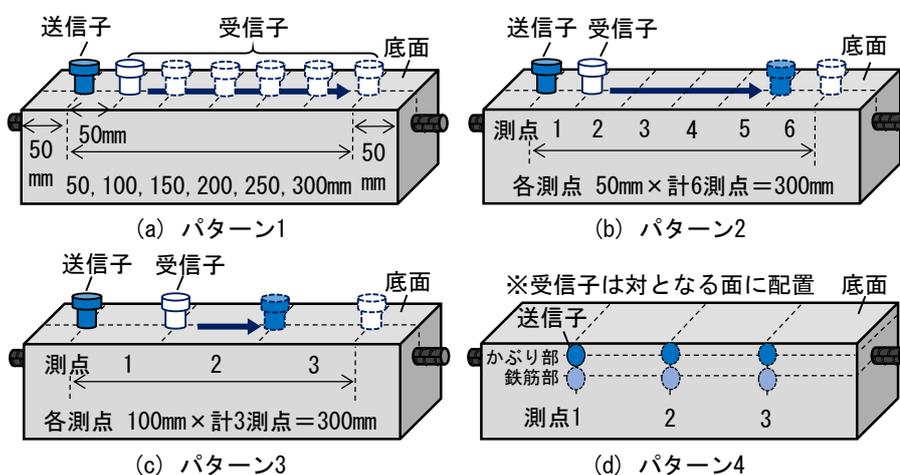


図-1 測定方法

表-1 推定伝搬距離・算出範囲

パターン1, 2, 3		
探触子 中心間距離 (mm)	推定 伝搬距離 (mm)	パラメータ 算出範囲 (μs)
50	81.23	10~50
100	131.23	20~60
150	181.23	30~70
200	231.23	40~80
250	281.23	50~90
300	331.23	60~100
パターン4		
伝搬距離	算出範囲	
100	20~60	

4. 実験結果

本供試体では通電 25 日目に測定面において腐食ひび割れが視認できた。また、超音波パラメータの結果は、パターン 1 は探触子間距離 250mm、パターン 2 は測点 4、パターン 3 およびパターン 4 は測点 2 の結果を抜粋した。

4.1 見かけの伝搬速度

図-2 に見かけの伝搬速度の結果を示す。見かけの伝搬速度は測定手法によらず、通電 10～15 日目まで 3% 程度の増加傾向を示し、通電 15 日目以降で減少傾向に転じた。この増加は現段階では、腐食生成物の生成過程を、減少は内部ひび割れ発生により生じていると考えている。減少率は測定方法によって異なるが、パターン 1 やパターン 4 鉄筋位置の手法はひび割れが視認できた通電 25 日目において初期値よりも大きい値を示していることが確認できる。これは、超音波が鉄筋部を伝搬することで鉄筋自体の伝搬速度の影響を受けると言われており、ひび割れ部での波の迂回による伝搬時間の遅れの影響が小さくなったためではないかと考えられる。

4.2 波形エネルギー

図-3 に波形エネルギーの結果を示す。波形エネルギーも見かけの伝搬速度同様に増加傾向は確認できたが、パターン 2 において、減少傾向は確認できず、ひび割れ顕在化以降も増加した。これは、探触子直下の骨材の分布状況の違いなどが影響していると考えており、実際に各測定手法で測点によっては結果が異なることが確認できている。これらの影響について、算出範囲を変更することで除去できないかと考え、再度検討を行った。

パターン 1、パターン 2 で算出範囲を変更して再検討した結果を図-4 に示す。パターン 1 は 10～30 μs で算出、パターン 2 は初動～初動+90 μs で算出した。結果を見ると、ひび割れ顕在化以降に増加し続ける結果はなく、増加後減少するといった一定の傾向が確認できた。そのため、各測定方法によって、適切な算出範囲を設ける必要があることが確認できた。

5. まとめ

鉄筋腐食の進行を超音波法による測定方法 4 パターンにてモニタリングした結果、見かけの伝搬速度では、測定方法によらず、速度が増加後、減少する傾向が確認できた。一方、波形エネルギーでは、測定方法ごとで適当な算出範囲を設定した上で評価する必要があることが確認できた。

謝辞

本研究は基盤研究(C)15K06166 の助成を受け、実施いたしました。ここに感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 尼崎省二ら：コンクリートの弾性波速度に及ぼす鉄筋の影響および表面法による弾性波速度の測定、コンクリート工学論文集、第 18 巻第 2 号、pp.95-102、2007

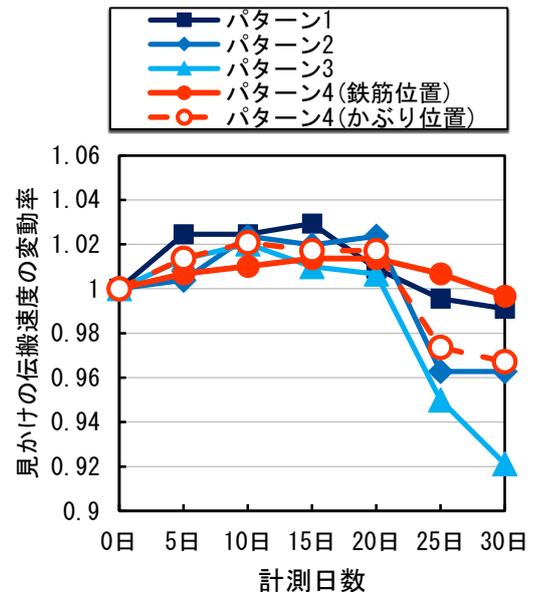


図-2 見かけの伝搬速度

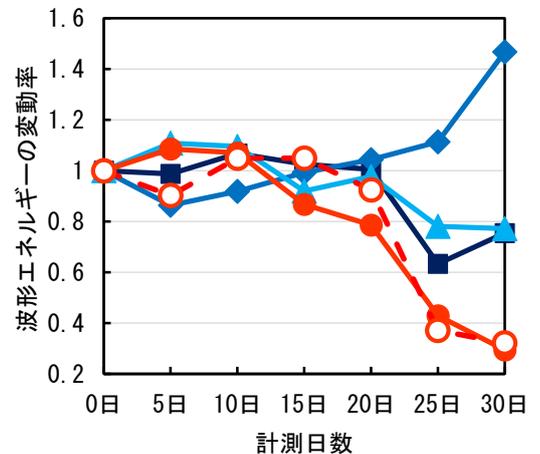


図-3 波形エネルギー

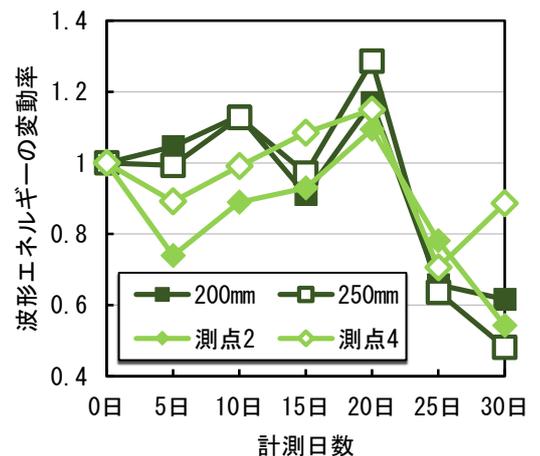


図-4 算出範囲検討後の
波形エネルギー