

第V部門

電磁パルス法によるRC床版内部の水平ひび割れ検出における鉄筋の腐食生成物の影響

大阪大学工学部 学生会員 ○小間 健右 大阪大学大学院工学研究科 学生会員 中尾 優文
 大阪大学大学院工学研究科 学生会員 中野 雄斗 大阪大学大学院工学研究科 鈴木 真
 大阪大学大学院工学研究科 正会員 寺澤 広基 大阪大学大学院工学研究科 正会員 鎌田 敏郎

1. はじめに

道路橋RC床版内部で疲労などにより発生する水平ひび割れは、外観目視で確認できない。この変状の検査手法の1つとして、電磁パルス法がある。この手法では受信波形の振幅の二乗和である波形エネルギーが、水平ひび割れが有る場合に健全より大きくなることから、この波形エネルギーを用いた評価手法が提案されている。一方、水平ひび割れがある場合でも波形エネルギーが小さくなる場合があった¹⁾。この原因の一つとして鉄筋の腐食生成物の影響を受けている可能性が考えられる。しかし、それに関する研究は未だ十分になされていない。

そのため本研究では、鉄筋の腐食生成物が受信波形および水平ひび割れ検出に与える影響について検討した。

2. 実験概要

本実験では、粗骨材の影響を無くすためにモルタルを用いて供試体を作製した。供試体の寸法は300mm×300mmとし、厚さは150mmとした。中央の鉄筋には長さ500mmのD16異形鉄筋を用いた。ここでは、水平ひび割れの無いものと水平ひび割れの有るものの2種類を作製した。水平ひび割れの模擬には、200mm×200mmのスチレンボード(厚さ1mm)を用いた。モルタルの練り混ぜの際は、鉄筋の腐食の促進のために食塩を練り混ぜた。モルタルの空気量を5%、水セメント比50%、セメントに対する砂の重量比(S/C)は2.0、水の単位量を300kg/m³とした。また、AE減水剤と食塩は両方とも2kg/m³とした。これらの供試体に対して、電磁パルス法による測定を行った後、鉄筋に電流を流して電食させた。その後、再度計測を行い、電食前と電食後の2つの供試体の受信波形の違いの変化を確認した。測定の様子について図-1に示す。励磁コイルの振動

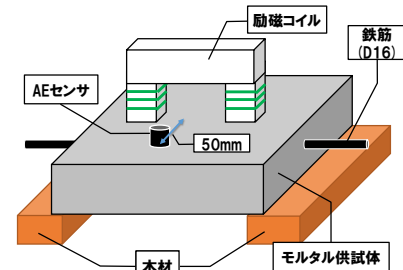
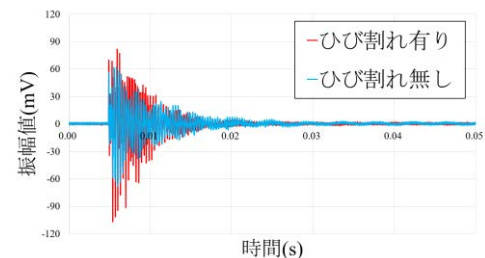
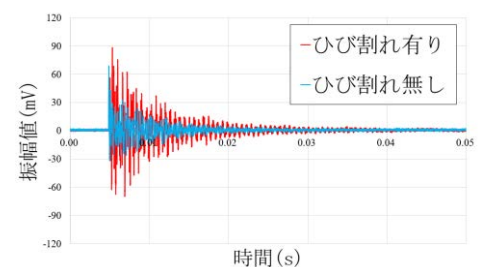


図-1 測定の様子



(a) 腐食無し



(b) 腐食有り

図-2 時刻歴応答波形

が受信波形に影響を与えないよう、励磁コイルとコンクリートとの間にスポンジを挟んだ。励磁コイルの巻き数は6ターンとし、電源装置の電圧は600Vとした。弾性波の受信にはAEセンサを用い、鉄筋直上から50mm離れた点に設置した。サンプリングレートは1000kS/s、サンプリング数は50000点とした。

3. 実験の結果と受信波形の分析結果及び考察

得られた時刻歴応答波形を図-2に示す。これらを以下の4つの評価指標を用いて分析した。

3.1 波形エネルギー

波形エネルギーを各時刻歴応答波形について算出したものを図-3に示す。これより、鉄筋の腐食によって波形エネルギーは低下することがわかった。そのため、ひび割れ有りでも波形エネルギーが大きくなることがある。したがって、腐食の程度が一樣でない場合、ひび割れの有無を波形エネルギーのみを用いて判定することは困難である可能性が示唆された。

3.2 最大振幅値

各供試体の時刻歴波形の最大振幅値を図-4に示す。これより、電食の前後ともにひび割れ有りの方が大きい。腐食によってひび割れ有りの最大振幅値が小さくなり、ひび割れ無しとの差が小さくなった。したがって、腐食の進行によって、最大振幅値による水平ひび割れの検出が困難になる可能性が示唆された。

3.3 波形継続時間

振幅が最大となった時刻から、最大振幅値に一定の割合(以下、波形減衰率)を掛けた値を振幅が越える最後の時刻までの時間差を、本研究では波形継続時間と定義した。各供試体の波形継続時間を図-5に示す。これより、ひび割れ有りの供試体では鉄筋の腐食に伴い、波形継続時間が長くなった。これは鉄筋によるかぶりコンクリートの拘束が腐食によって弱まり、振動の減衰が弱まったためだと考えられる。

3.4 周波数分布

受信波形を高速フーリエ変換して得た周波数分布を図-6に示す。高速フーリエ変換は計測開始時刻から0.005秒以後の範囲を対象とした。

図-6より、ひび割れ有り供試体は複数のピークがみられ、15kHz以下の低周波成分が多いという特徴が、腐食の有無に関わらず共通して見られた。このことから、周波数分布は、腐食の有無によらず水平ひび割れ検出に利用できる可能性が示唆された。また、周波数分布は腐食の有無によって大きく変化しなかった。これは、モルタル供試体の形状・寸法に固有の周波数成分が卓越していることから、腐食の有無が周波数特性に与える影響は小さいためだと考えられる。

4. まとめ

- 1) 波形エネルギーは鉄筋の腐食によって小さくなるため、鉄筋の腐食が進行すると、波形エネルギーによる

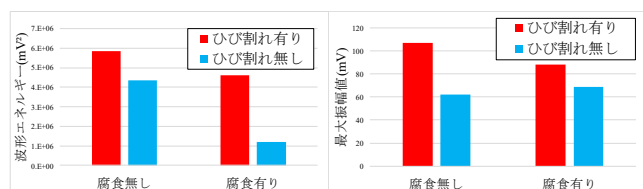


図-3 波形エネルギー

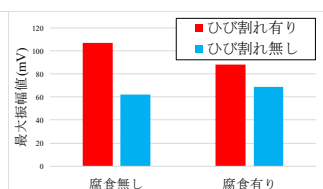
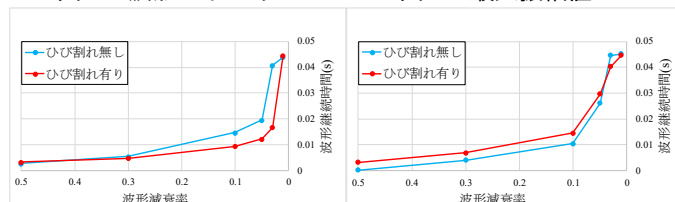


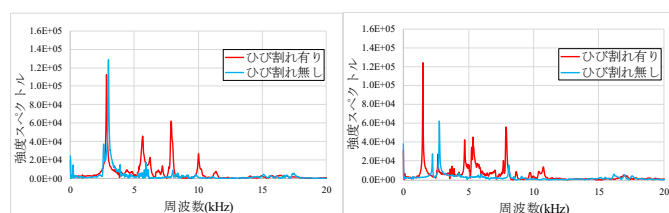
図-4 最大振幅値



(a)腐食無し

(b)腐食有り

図-5 波形継続時間



(a)腐食無し

(b)腐食有り

図-6 周波数分布

水平ひび割れの検出が困難となる可能性が示唆された。

- 2) 最大振幅値はひび割れが有る場合の方が大きい。無の場合との差が腐食により小さくなる。そのため、鉄筋の腐食がある場合、最大振幅値による水平ひび割れの検出は腐食によって困難になる可能性が示唆された。
- 3) ひび割れが有る場合は鉄筋の腐食によって波形継続時間が長くなるが、ひび割れが無い場合は変化が小さいことがわかった。
- 4) ひび割れが有る場合の周波数分布には、ひび割れが無い場合には見られない複数のピークが見られ、15kHz以下の低周波成分が多く見られた。この特徴は鉄筋の腐食による影響を受けないため、周波数分布が水平ひび割れ検出に利用できる可能性が示唆された。

5. 参考文献

- 1) 鈴木真, 安井和也, 寺澤広基, 内田慎哉, 鎌田敏郎: 上面増厚後に再劣化したRC床版の損傷状況の非破壊評価手法, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集, Vol.19, pp.641-646, 2019.10