

第V部門 電磁パルス法によるRC床版の水平ひび割れ検出のための評価指標に関する検討

大阪大学工学部 学生会員 ○木原祥哉 大阪大学大学院工学研究科 学生会員 小間健右
 西日本高速道路エンジニアリング関西(株) 非会員 鈴木真 大阪大学大学院工学研究科 正会員 服部晋一
 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

本研究では、道路橋RC床版における水平ひび割れの検出方法として、電磁パルス法を適用する場合、「ひび割れ面積」および「鉄筋とかぶり部の接触状態」が弾性波の受信波形に与える影響について解析および実験により検討し、水平ひび割れの検出に資する評価指標を提案することを目的とした。

2. 解析概要

図-1に解析モデルの概要および力の作用位置を示す。ひび割れ一辺125mm~875mmまで62.5mmずつ拡大してモデルに反映し、ひび割れがないモデルを健全とした。鉄筋とかぶり部の接触がないモデルを接触無し、接触があるモデルを接触有りとして、それぞれ13パターン作成した。接触有りではかぶり下面に力を作用させ、接触無しでは鉄筋中心部に力を作用させた。出力点はモデル上面中央、サンプリング間隔は5(μs)、20000点の鉛直方向速度を出力した。また、記録した受信波形に対して高速フーリエ変換(FFT)を行い、周波数スペクトルを算出した。

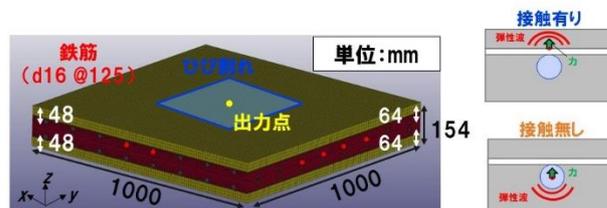


図-1 解析モデルと力の作用位置

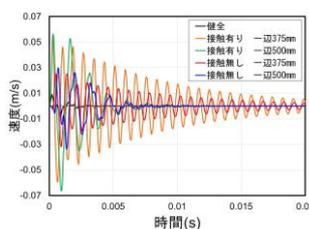


図-2 受信波形(解析)

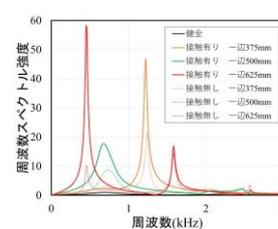


図-3 周波数分布(解析)

3. 解析結果および考察

受信波形を図-2に示す。ひび割れがある場合は振幅が大きかった。また、接触無しは接触有りと比較して、振幅が小さかった。周波数分布を図-3に示す。ひび割れがある場合はピークが見られ、面積が大きくなるとピークは低周波にシフトし、スペクトル強度は小さくなった。また、接触無しは接触有りと同程度の周波数でピークが確認された。このピークの周波数は、たわみ共振周波数の理論値と概ね一致したことから、たわみ共振が生じていると考えられる。たわみ共振周波数の算出式を式(1)に示す。

$$f = \frac{\lambda^2}{2\pi a^2} \sqrt{\frac{Eah^2}{12\rho(1-\nu^2)}} \quad (1)$$

ここで、 f : たわみ共振周波数(Hz), λ : 固有振動数

の固有値, E : ヤング率(N/m²), a : ひび割れ一辺の長さ(mm), h : ひび割れ深さ(mm), ρ : 密度(kg/m³), ν : ポアソン比である。 λ には、周辺完全固定の正方形板の固有値を代入した。最大振幅値を図-4に示す。ひび割れがある場合は健全と比較して最大振幅値が大きかった。また、接触有りは接触無しと比較して最大振幅値が大きかった。これは、接触部を介してかぶり部に力が直接作用したためと考えられる。

4. 実験概要

供試体の概要およびひび割れの再現状況を図-5に示す。接触有り: 一辺250mm, 375mm, 500mm, 625mm, 接触無し: 一辺375mm, 625mm, 875mmの計7種類の水平ひび割れを再現した。ひび割れの再現

には防水加工した厚さ 5mm の段ボールシートを使用し、段ボールシートが埋設されていない部分を健全部とした。各ひび割れの中央に AE センサを設置し受信波形を得た。

5. 実験結果および考察

受信波形を図-6 に示す。接触有りは一辺 375mm, 500mm で波形の変化がほとんどなかったため、面積による影響が小さかったと言える。図-6 より、接触無しは接触有りと比較して振幅が小さかった。これは、解析結果と同様であった。図-7 に周波数分布を示す。ひび割れがある場合は健全である場合と比較して複数のピークが顕著に見られた。また、接触無しは接触有りと比較してピークが低周波に確認された。これは、解析結果と異なる結果を示した。図-8 に最大振幅値を示す。接触有りは接触無しと比較して最大振幅値が大きくなることが確認された。この要因として、接触部を介してかぶり部に力が直接作用したためと考えられる。これは、解析と同様であった。

6. 周波数分布特性および最大振幅値を活用したひび割れ評価

本研究では、周波数分布特性と最大振幅値を活用し、ひび割れの有無および鉄筋とかぶり部の接触の有無を定量的に評価することを試みた。本研究では、周波数分布における周波数スペクトル強度の最大値を G_{max} とし、 $G_{max}/2$ となる周波数の差分を Δf とした。 Δf が小さいほど、複数のピークが顕著に見られると言える。本研究における実験データに Δf および最大振幅値を適用した結果を図-9 に示す。健全の場合にはひび割れがある場合と比較して Δf が大きかった。また、接触無しは接触有りと比較して、最大振幅値が小さかった。以上より、 Δf と最大振幅値を活用することで水平ひび割れの有無および鉄筋とかぶり部の接触の有無を定量的に評価できる可能性が示唆された。

7. まとめ

電磁パルス法による RC 床版における水平ひび割れの非破壊評価に関して本研究で得られた結論を示す。

- 1) 解析結果より、水平ひび割れの面積は、周波数分布の形状に影響を与えることが分かった。
- 2) 鉄筋とかぶり部の接触状態は、最大振幅値に影響を与える。
- 3) 周波数分布の形状および最大振幅値を活用すること

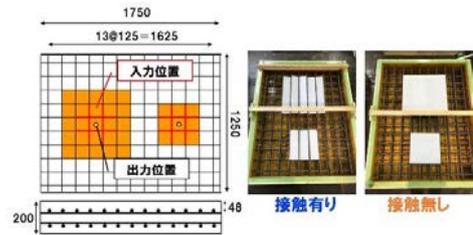


図-5 供試体概要およびひび割れの再現状況

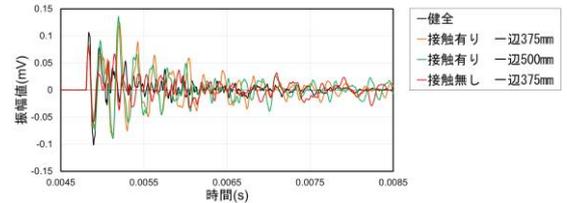


図-6 受信波形(実験)

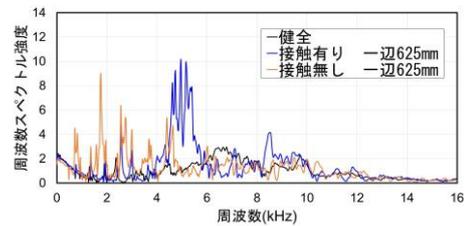


図-7 周波数分布(実験)

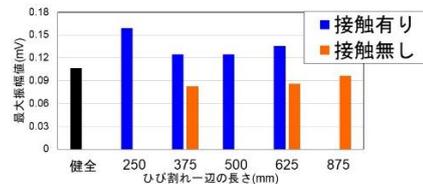


図-8 最大振幅値(実験)

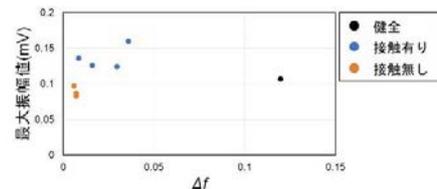


図-9 実験データに Δf および最大振幅値を適用した結果

で、水平ひび割れの有無および鉄筋とかぶり部の接触の有無を定量的に評価できる可能性が示唆された。

謝辞

本研究は、NEXCO 西日本高速道路共同研究講座の共同研究の一環として行ったものである。記して謝意を表す。

参考文献

鈴木真：上面増厚を施した道路橋 RC 床版における非破壊検査による損傷評価とその活用に関する研究，博士論文，大阪大学，2019