

上面増厚 RC 床版における剥離ひび割れが周波数スペクトルに与える影響に関する解析的検討

大阪大学工学部
西日本高速道路株式会社
大阪大学大学院工学研究科

学生会員 〇鶴田葵
正会員 福田泰樹
正会員 寺澤広基

大阪大学大学院工学研究科
西日本高速道路エンジニアリング関西(株)
大阪大学大学院工学研究科

学生会員 木原祥哉
非会員 鈴木真
フェロー会員 鎌田敏郎

1. はじめに

コンクリート内部の鉄筋を非接触で加振する電磁パルス法を模擬した衝撃応答解析を行い、上面増厚工法が適用された道路橋 RC 床版における上面増厚と既設床版の界面に生じた剥離（以下、剥離ひび割れ）を検出し、その範囲を推定する手法について検討した。

2. 解析概要

本検討で用いた解析モデルの概要を図-1 に、物性値を表-1 に示す。鉄筋は D16 を模擬し 125mm 間隔で一段配置とした。6 ターンの励磁コイルをモデル上面中央に配置した場合を模擬したパルス状荷重を 8 本の鉄筋のうち中央の 2 本の断面中央に作用させた。400mm×400mm×1mm, 500mm×500mm×1mm, 600mm×600mm×1mm, 700mm×700mm×1mm, 800mm×800mm×1mm, の 5 種類の空隙をモデル中央に設けて剥離ひび割れを模擬したものを剥離モデル、空隙の無いモデルを健全モデルとした。モデルの端部は増厚および既設床版部の上下を除いて弾性波の反射が無反射となるよう設定している。出力はモデルの増厚上面で 1.0μs の間隔で 10000 点の鉛直方向速度をサンプリングした。受信点の位置は図-2 に示す位置に設けている。各ひび割れの大きさごとに、受信点の直下に剥離ひび割れがある受信点、直下に剥離ひび割れの端部がある受信点、直下に剥離ひび割れがない受信点がそれぞれ得られるように設定した。図-2～図-6 に示す 400~800mm の数値は剥離ひび割れ一辺の大きさを表しており、剥離ひび割れの無いモデルは健全と表している。

3. 剥離ひび割れの有無が周波数分布に与える影響

中央受信点の受信波形を図-3 に、受信波形を高速フーリエ変換（以下、FFT）して得られた周波数分布を図-4 に示す。ひび割れの大きさによらず、ひび割れがある受信点はピークがあることが確認できる。従って、受信波形の周波数分布においてピークの有無を確認する



図-1 解析モデル概要

表-1 物性値

	密度 (g/cm ³)	弾性係数 (GPa)	ポアソン比
増厚コンクリート	2.7	47.5	0.2
鉄筋	7.85	200	0.3
既設コンクリート	2.3	30	0.2

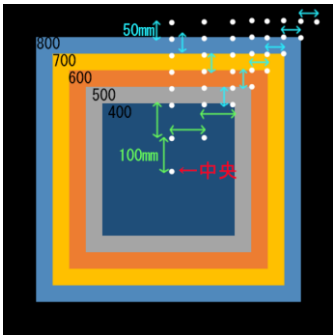


図-2 ひび割れの大きさと受信点の位置関係

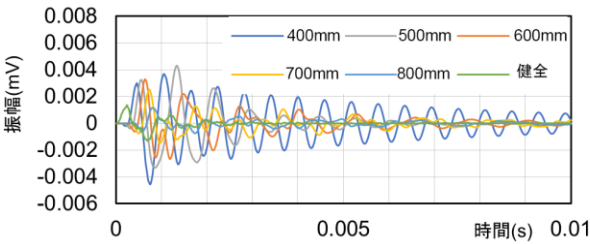


図-3 受信波形

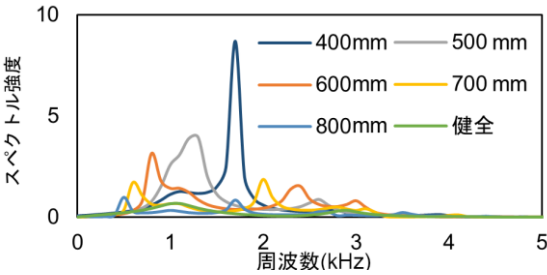


図-4 周波数分布

ことで、剥離ひび割れを検出できることが分かった。

4. 剥離ひび割れの大きさが周波数分布に与える影響

式(1)を用いて正規化した受信波形から FFT して算出した周波数分布を図-5 に示す。各グラフの右上の値はそれぞれ剥離ひび割れ一辺の大きさを示す。

$$\tilde{x}_i = \frac{x_i}{\sqrt{\sum_1^n x_i^2}} \quad (1)$$

ここで、 x_i : i 点目の振幅値、 $\tilde{x}_i$: 正規化した i 点目の振幅値、 n : サンプルング点数である。図-5 の各グラフから、受信点直下の剥離ひび割れの状況によって周波数分布においてそれぞれ特徴的な分布となっていることがわかる。そこで、前章より直下に剥離ひび割れがあることがわかっている中央受信点の周波数分布と各受信点の周波数分布の類似性を定量的に評価するため、以下の式(2)から非類似度 γ を算出し、各ひび割れの大きさおよび直下の剥離ひび割れの状況ごとに図-6 にプロットした。各ひび割れの大きさごとに非類似度がゼロとなっている点は、中央受信波形の周波数分布から得られた非類似度であり、同じ周波数分布同士から非類似度を算出しているためである。

$$D(x, y) = \sqrt{\sum_1^{n/2} (|\tilde{X}_f| - |\tilde{Y}_f|)^2} \quad (2)$$

ここで、 D : 非類似度、 $\tilde{X}_f, \tilde{Y}_f$: フーリエ変換、 n : サンプルング点数である。

図-6 より、400mm および 500mm は直下に剥離ひび割れがある受信点の非類似度が小さく、端部や剥離ひび割れがないと非類似度が大きくなっており、非類似度の大きさから各受信点の直下の剥離ひび割れの状況が推定できることが分かる。一方で剥離ひび割れの一辺が大きくなるほど直下に剥離ひび割れがある非類似度が大きくなっており、剥離ひび割れが無い非類似度と同程度の値を示しているため、剥離ひび割れの状況の推定が困難である。これは中央の受信点と距離が離れるほど周波数分布の類似性が低下したと考えられる。

まとめ

- 1) 剥離ひび割れは周波数分布のピークの有無を確認することで検出可能である。
- 2) 受信点の直下の剥離ひび割れの状況によって、周波数分布にそれぞれ特徴がみられる。また、周波数分布の非類似度から、受信点直下の剥離ひび割れの状況を推定することが可能である。

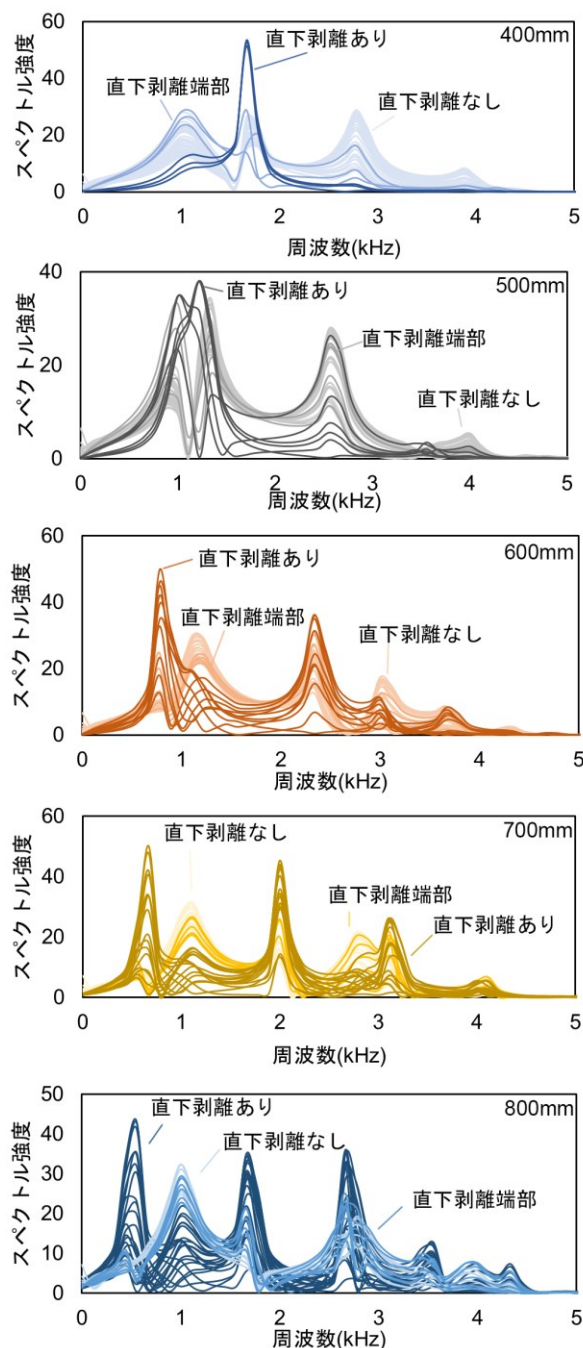


図-5 正規化周波数分布

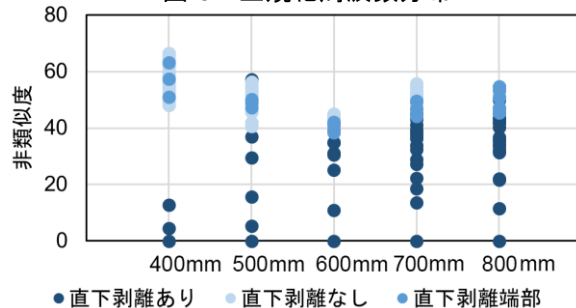


図-6 非類似度

参考文献

- 1) 小山克正, 宝珍輝尚, 中西秀哉, 小嶋護; 時系列データの周波数に基づく類似度について; 情報処理学会研究報告情報学基礎, 2006