

水平ひび割れを有する RC 床版における鉄筋表層部近傍の脆弱層が
電磁パルス法による振動挙動に与える影響に関する基礎的研究

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 学生会員 中尾 優文
大阪大学大学院工学研究科 正会員 鎌田 敏郎

大阪大学大学院工学研究科 非会員 鈴木 真
大阪大学大学院工学研究科 正会員 寺澤 広基

1. はじめに

近年、高度経済成長期に建設された道路構造物の老朽化が懸念されている。特に、塩害等により道路橋 RC 床版に発生する水平ひび割れは、第三者被害に直結する深刻な損傷と言える。水平ひび割れを非破壊で評価する手法として、励磁コイルと RC 床版内部にある磁性体（鉄筋）との間に作用する電磁力により鉄筋を振動させ、それに伴い発生する弾性波を振動センサにより受信する電磁パルス法がある。

既往の研究¹⁾において、RC 床版に電磁パルス法を適用した場合、鉄筋から上縁部にたわみ共振が発生することが確認されている。しかし、水平ひび割れの幅が、たわみ共振を含めた RC 床版の振動特性にどのような影響を与えるか明確にされていない。また、塩害等に起因する鉄筋腐食により水平ひび割れが発生した場合、鉄筋周辺のコンクリートが膨張圧により脆弱化し、腐食生成物の堆積により、鉄筋とコンクリートの付着が阻害されている可能性が指摘されている。

そこで、筆者らは、水平ひび割れの幅および鉄筋表層部近傍の脆弱層による影響を把握することを目的として、水平ひび割れが発生した RC 床版を模擬した解析モデルによる検討を行った。解析モデルは、水平ひび割れ幅をパラメータとした解析モデル、および鉄筋表層部近傍の脆弱層を再現するために弾性係数をパラメータとした解析モデルを作成し、衝撃応答解析による振動特性について検討を行った。

2. 解析概要

解析モデルを図-1 に示す。解析モデルはコンクリート板を再現し、大きさは1000mm×1000mm×150mmとし、直径 16mm の鉄筋を上縁からかぶり 80mm および間隔 125mm となるように合計 8 本を配置した。解析モデルの

キーワード 電磁パルス法、RC 床版、水平ひび割れ、脆弱層、振動特性

連絡先 〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1 大阪大学大学院工学研究科 TEL06-6879-7618

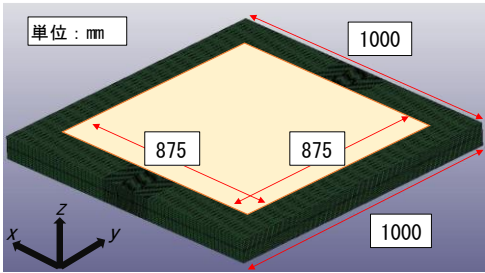
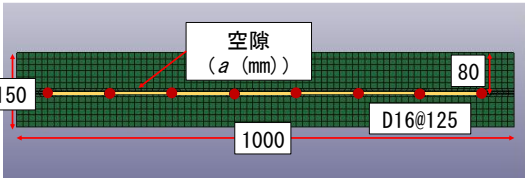
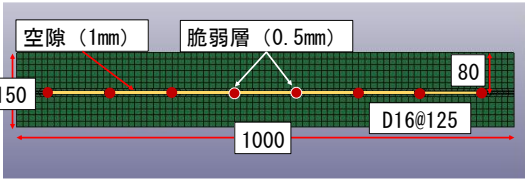


図-1 解析モデル（全体）



(a) 解析モデル A



(b) 解析モデル B

図-2 解析モデル（断面図）

表-1 物性値

	密度 (g/cm ³)	弾性係数 (GPa)	ポアソン比
コンクリート	2.3	30	0.2
鋼	7.85	200	0.3

断面図を図-2 に示す。図-2 (a) に示すように、解析モデル A は、水平ひび割れを模擬した 875mm×875mm の空隙層の中心を、コンクリート板の中心と一致するように鉄筋の位置に設定した。水平ひび割れ幅 a は、 $a=1\text{mm}$, 2mm , 6mm の 3 通りとした。

次に、解析モデル B は、図-2 (b) に示すように、空隙幅を 1mm に固定し、中央部に配置した 2 本の鉄筋の表層にあるコンクリート部に厚さ 0.5mm の層を設定した。当該層の弾性係数を低下させることにより、脆弱層を再現した。弾性係数 E のパラメータは、鉄筋（鋼）の弾性係数

200GPaを基準に1/10倍ずつ低下させ、0.002、0.02、0.2、2、20(GPa)の5通りとした。密度およびポアソン比は、表-1の鋼と同じ値とした。なお、水平ひび割れを設定しない解析モデル(健全モデル)も合わせて作成した。

電磁パルス法により作用する力の波形はパルス幅1.0ms(励磁コイルの巻き数20T相当)のパルス波形とし、鉄筋の中心から床版の鉛直上方向に作用させた。荷重の大きさは、電磁パルス法を用いた実験において、鉄筋表面上で計測した磁束密度の大きさを基に決定した。出力点はRC床版上面の中央部(x, y, z)=(500, 500, 150)(mm)とした。出力波形は速度とし、出力間隔5 μ s、出力点数4000点とした。解析に入力した物性値を表-1に示す。モデルはいずれも8節点6面体ソリッドで構成されており、要素の最大寸法は10mmとした。

3. 解析結果および考察

解析モデルAに対する解析結果(時刻歴波形)を図-3に示す。図-3より、水平ひび割れ幅を変化させても、中心位置における振動は健全モデルとほとんど同じであることがわかる。この要因は、水平ひび割れを挟んで上下のコンクリートおよび鉄筋の境界面に付着を考慮したためである。既往の研究⁹⁾において、健全および水平ひび割れを模擬した供試体による実験によると、両者には明らかな振幅の差が見られた。よって、コンクリートおよび鉄筋の間には、付着が低下していることが推測される。

次に、解析モデルBに対する解析結果として、RC床版中央部における時刻歴波形を図-4、周波数スペクトルを図-5に示す。図-4より、脆弱層の弾性係数が低下するに従い、振幅値および継続時間が大きくなることがわかる。また、図-5より、健全および脆弱層の弾性係数が大きい場合と同様の周波数スペクトルを示している。上記より、水平ひび割れが発生したRC床版において、鉄筋とコンクリートの付着が低下していることが、電磁パルス法による計測において、鉄筋上縁側のコンクリート部材における振動特性の差を発生させる要因であることがわかった。言い換えると、付着が低下することにより、鉄筋上縁側のコンクリート部材が振動しやすくなり、電磁パルス法の適用性が高まると言えることができる。なお、脆弱層の状態は、RC床版の損傷状態によって異なると考えられるため、脆弱層の設定方法については、今後の課題とした。

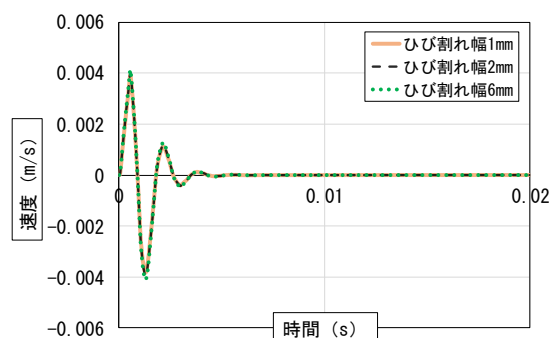


図-3 各ひび割れ幅 a における時刻歴波形

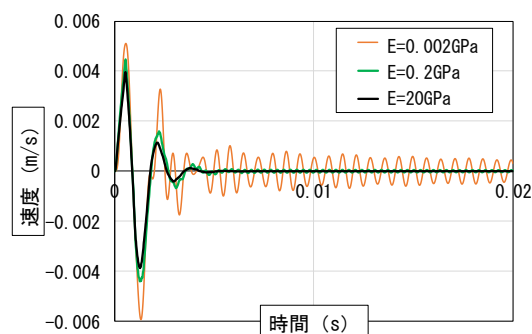


図-4 各弾性係数 E における時刻歴波形

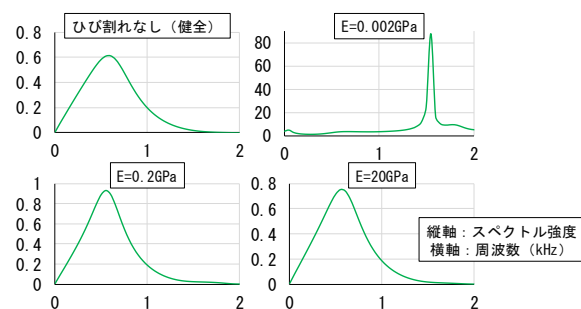


図-5 各弾性係数 E における周波数スペクトル

4. まとめ

本解析条件で得られた結果を以下に示す。

- 1) 水平ひび割れ幅を変動させても、コンクリートおよび鉄筋の付着を考慮すると、RC床版の振動特性に差は見られなかった。
- 2) 鉄筋表層部近傍の弾性係数(鉄筋およびコンクリート間の付着)の低下に伴い、たわみ共振が生じることで、振幅値が大きくなるとともに、減衰しにくくなる。

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