

鳥取大学大学院 学生会員 ○ 呉 啓帆
鳥取大学大学院 正会員 谷口 朋代
鳥取大学大学院 正会員 小野 祐輔

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物の代表的な劣化現象の一つに、鉄筋腐食の進行によるコンクリートのひび割れがある。近年、図1に示すようなRC床版内部の鉄筋上部に沿った水平クラックの存在が確認されている。

この問題に対して、簡単かつ確実なコンクリート構造物の内部水平クラックの検出、さらにその形状を把握する方法の開発が求められている。

そこで、本研究ではコンクリート構造物の内部水平クラックを模擬したビニールまたはゴムシートを含むコンクリート供試体を作製し、その表面を加振器で加振することによって、水平クラックを検出する方法について検討する。

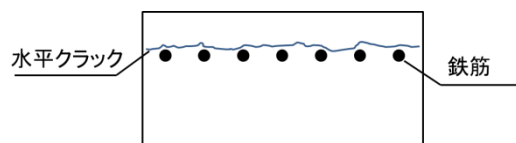


図1 内部水平クラック概略図

2. 供試体の概要

今回の実験は供試体表面からクラックまでの深さや模擬水平クラックの材質が異なる3つの供試体を用いた。供試体の概要図を図1、各供試体内の水平クラックの条件を表1に示す。

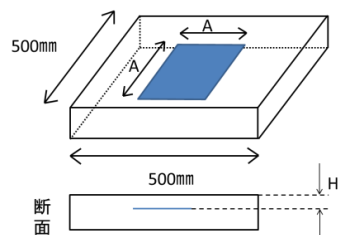


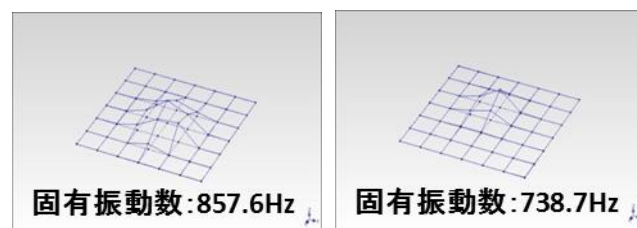
図2 供試体の概要図

表1 各供試体内の水平クラックの条件

供試体	クラック寸法 A (cm)	表面からクラックまでの深さ H (cm)	模擬クラックの材質
1	30×30	2	ポリ袋2枚重ね
2	30×30	2	ゴムシート(1mm)
3	30×30	5	ビニールシート(1mm)

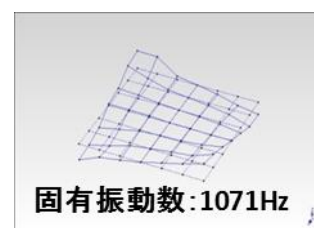
3. 加振器を用いた固有振動数の計測

供試体表面を縦横に7分割し、49か所の観測点を設けた。加速度計を観測点に貼り付け、応答加速度を計測した。一方、加振器側には力センサーを取り付け、加振器側から入力される力を測定した。供試体表面に貼り付けた加速度計から得られた加速度の時刻歴と加振器側に取り付けられた力センサーから得られた力の時刻歴を高速フーリエ変換(FFT)でそれぞれ時間領域から周波数領域に変換し、入力と出力のフーリエスペクトルの比である周波数応答関数を求めた。3種類のクラックの1次の振動モードをそれぞれ図3に示す。



(1) 供試体 1

(2) 供試体 2



(3) 供試体 3

図3 1次の振動モード

4. 実験的な方法による平板の固有振動数の算定

4.1 波動論に基づく平板の固有振動数の算定

コンクリート上面に形成される平板の周辺支持条件はまだ明らかになっていないため、平板の固有振動数は周辺単純支持の場合と周辺固定支持の場合に対応する平板の1次モード固有振動数の理論式を用いた。

キーワード コンクリート内部水平クラック、周波数応答関数、FFT、固有振動数

連絡先 〒680-8552 鳥取市湖山町南4丁目101 鳥取大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻土木工学講座
TEL 0857-31-528

① 周辺単純支持の場合

境界条件は周辺単純支持の場合の1次モード固有振動数の理論式は次式のように表される。

$$f_s = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{D}{\mu}} \left[\left(\frac{1}{a} \right)^2 + \left(\frac{1}{b} \right)^2 \right] \quad (1)$$

② 周辺固定支持の場合

境界条件が周辺固定支持、かつ $a/b=1$ (正方形) である場合、1次モードの固有振動数は次式のように表される。

$$f_F \cong \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{35.98}{a^2} \sqrt{\frac{D}{\mu}} \quad (2)$$

4.2 数値解析による固有振動数の算定

数値解析は非線形時刻歴応答解析プログラム TDAP III を用いて行った。また、解析モデルにはシェル要素を用いた。その解析結果を図4に示す。

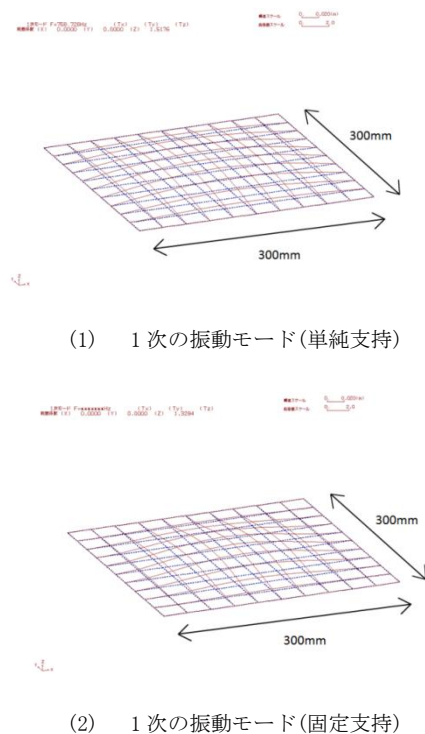


図4 TDAP IIIによる1次の振動モード

4.3 波動論と数値解析の結果と実験の結果の比較

表2 実験と解析の結果

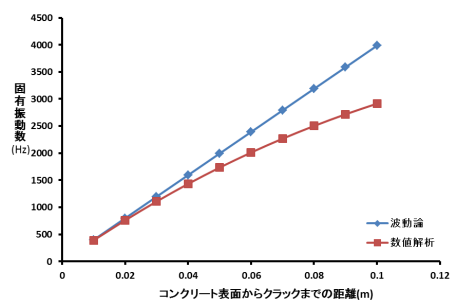
供試体	板厚(m)	実験結果(Hz)	波動論結果(Hz)		数値解析結果(Hz)	
			単純支持	固定支持	単純支持	固定支持
1	0.02	857.8	797	1453	758.18	1403.3
2	0.02	738.7	797	1453	758.18	1403.3
3	0.05	1071	1992	3892	1732.5	2980

シェル要素による数値解析は正しく RC 床版の内部水平クラックの1次振動モードを検出できるかどうかを検証するために、波動論と数値解析の結果を1次振動モードが確認できた実験結果と比較した。表2により、波動論も数値解析も近い結果が得られた。

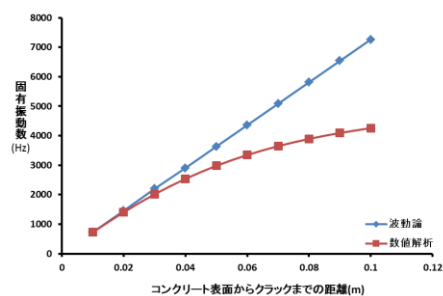
水平クラック上面のコンクリートで形成される平板の板厚が2cmである場合には、波動論と数値解析の結果はほぼ一致したが、平板の板厚が5cmの場合には、図3の(3)より、観測出来たのは全体モードばかりで、水平クラック上面のコンクリートで形成される平板の固有振動数を確認することができなかった。

30cm×30cmの平板の板厚を1cmから10cmまで変化した場合の平板の固有振動数を図5に示す。

図5より、板厚が厚くなると、波動論と数値解析の結果がずれていくと確認できる。



(1) 周辺単純支持の場合



(3) 周辺固定支持の場合

図5 波動論と数値解析の結果の比較

5. まとめ

今回の検討においては、平板の板厚が薄い場合では、波動論と数値解析の結果はほぼ一致したが、図5により、水平クラック上のコンクリートで形成される平板の板厚が厚くなると、シェル要素による数値解析では正確に平板の固有振動数を算出できないと考えられる。そこで、今後はソリッド要素などを用いて、コンクリートで形成される平板および供試体全体をモデル化し、数値解析を行いたいと考えている。

参考文献

- 1) 和田野晋悟：RC 床版表面からの掃引打撃による内部水平クラックの検出精度に関する実験的研究、2014
- 2) Arthur W.Leissa, Vibration of plates, NASA SP-160, pp.1-15, pp.41-60, 1969