

共鳴振動試験によるコンクリートのひび割れ深さの推定

東北大学大学院 学生会員 ○林 弘

東北大学大学院 フェロー 鈴木基行

(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構 正会員 山洞晃一

(株)オリエンタルコンサルタンツ 正会員 古賀秀幸

東北大学大学院 正会員 内藤英樹

東北大学大学院 学生会員 齊木佑介

1. はじめに

社会基盤施設の一斉老朽化に対して、構造物の適切な点検と維持管理法の体系化が課題となっている。しかし、コンクリートの非破壊検査法の多くは局所的な損傷に着目したものが多く、構造物あるいは部材の使用性や安全性を即時に評価することができない。著者らは、小型加振機と加速度センサーを用いた共鳴振動試験によってコンクリート部材の健全度を評価できる手法の開発に取り組んでいる。本研究では、その基礎的研究として、ひび割れを導入した無筋コンクリート供試体を作製し、共鳴振動試験によるひび割れ深さの推定を試みた。

2. 共鳴振動試験

(1) 供試体緒元

供試体は 100mm×100mm×400mm の無筋コンクリート角柱供試体とする。図-1 に示すように、コンクリートの打設時にアルミ板によって表-1 の初期ひび割れを導入した。なお、表-1 の供試体は、著者ら^{1),2)}が水中凍結融解試験のために作製したものであり、配合や強度試験などの詳細は参考文献 1), 2) に示した。

(2) 共鳴振動試験による 1 次共鳴振動数

共鳴振動試験によって縦振動とたわみ振動の 1 次共鳴振動数を測定した³⁾。ここで、たわみ振動は図-1 の打設面に対して曲げが作用するように設置した。表-1 の供試体に対して、ひび割れ深さ d と 1 次共鳴振動数 f との関係を図-2 に示す。これらの図より、初期ひび割れ d の増加に伴って共鳴振動数 f が低下している。特に、たわみ振動は縦振動と比較してひび割れによる共鳴振動数の低下が著しい。

3. 共鳴振動数に着目したひび割れ深さ推定式

(1) FEM 解析による検討

等断面を有する棒部材の縦振動やたわみ振動の解³⁾は報告されているが、図-1 に示すようなひび割れが生じた場合には、振動方程式の解を陽に得ることができない。そこで、ひび割れ深さを 0~90mm の範囲で変化させたコンクリート供試体の 1 次共鳴振動数を FEM 解析によって求め、ひび割れ深さと共振振動数の関係を整理する。

FEM 解析によるひび割れ深さと 1 次共鳴振動数との関係を図-2 に併せて示す。FEM 解析の結果は、共鳴振動試験の結果と概ね対応した。さらに、解析結果を回帰することにより、ひび割れ深さ推定式 (1),(2) を得た。

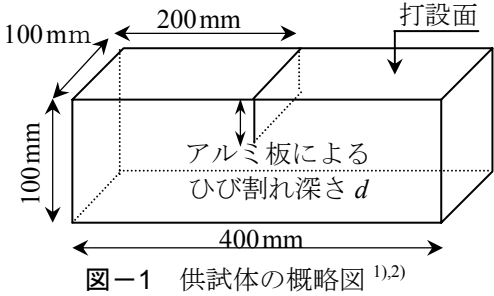
たわみ振動： $d = 100 - 89.55 \times (f/f_0)$ (1)

縦振動： $d = 100 - 97.161 \times (f/f_0)^{3.633}$ (2)

ここで、 d はひび割れ深さ(mm), f は 1 次共鳴振動数 (Hz), f_0 はひび割れがない場合の 1 次共鳴振動数 (Hz) である。

表-1 供試体の一覧^{1),2)}

		ひび割れ深さ d			
		10mm	30mm	50mm	75mm
ひび割れ幅	0.1mm	***	3 体	***	***
	0.3mm	3 体	37 体	3 体	2 体



(2) 提案式の精度検証

a) アルミ板による模擬ひび割れ

表-1 の供試体について、共鳴振動試験と式(1),(2)からひび割れ深さを推定した。提案式によるひび割れ深さの推定値を図-3に示す。これらの結果より、縦振動ではひび割れ深さ75mmに対しても妥当な結果が得られた。なお、たわみ振動はひび割れ深さ50mmまでは妥当な結果が得られたが、これよりもひび割れ深さが大きい場合には、共鳴振動試験の測定値が定まらず、信頼できる実験データが得られなかった。

b) 凍結融解作用に伴うひび割れ

著者ら^{1),2)}の水中凍結融解試験では、繰り返し凍結融解作用によって図-1のひび割れ深さが大きく進展することを報告した。そこで、凍結融解試験^{1),2)}の20サイクル毎に測定

した縦振動とたわみ振動の共鳴振動数 f を用いて式(1),(2)からひび割れ深さを推定し、両者の整合性を検討する。縦振動およびたわみ振動の共鳴振動試験から推定されるひび割れ深さの比較を図-4に示す。図-4より、ひび割れ深さ50mm程度までは、縦振動およびたわみ振動によるひび割れ深さの推定値が概ね一致しており、凍結融解作用に伴うひび割れの進展に対しても、提案式は妥当に評価できることが確認できた。しかし、ひび割れ深さがこれよりも大きくなると、前記のようにたわみ振動では信頼できる実験データを得ることが困難となり、たわみ振動による推定値は縦振動よりも小さな値を示したと考えられる。

4. まとめ

本研究は、100mm×100mm×400mmの無筋コンクリート角柱供試体を対象として、共鳴振動試験によるひび割れ深さの推定を試みた。ひび割れ深さと1次共鳴振動数に着目した検討では、共鳴振動試験とFEM解析の結果が概ね一致することを確認した。さらに、縦振動とたわみ振動の解析結果を回帰したひび割れ深さ推定式を提示し、共鳴振動試験によるコンクリートのひび割れ深さの推定が可能になることを示した。今後は、対象を鉄筋コンクリート部材にも拡張し、汎用性のある非破壊検査法へと発展させる。

参考文献

- 1) 内藤英樹, 山洞晃一, 古賀秀幸, 鈴木基行: 初期ひび割れを有するコンクリートの凍結融解抵抗性, コンクリート工学年次論文集, Vol.30, No.1, pp.915-920, 2008.
- 2) 内藤英樹, 山洞晃一, 古賀秀幸, 鈴木基行: 初期ひび割れを有する繊維補強コンクリートの凍結融解試験, コンクリート工学年次論文集, Vol.31, 2009.(投稿中)
- 3) 土木学会: コンクリート標準示方書 規準編, 2005.

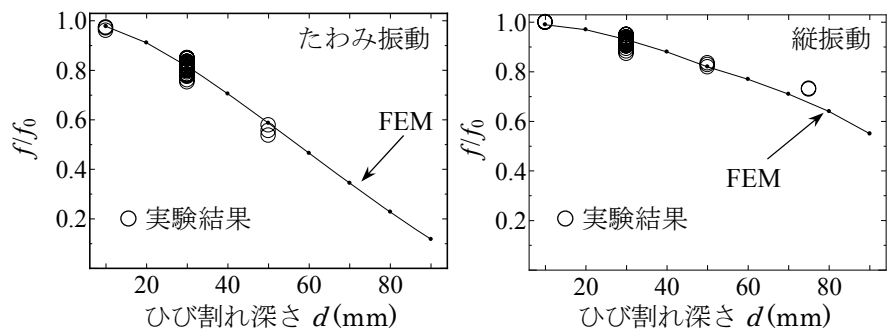


図-2 ひび割れ深さと共鳴振動数の関係

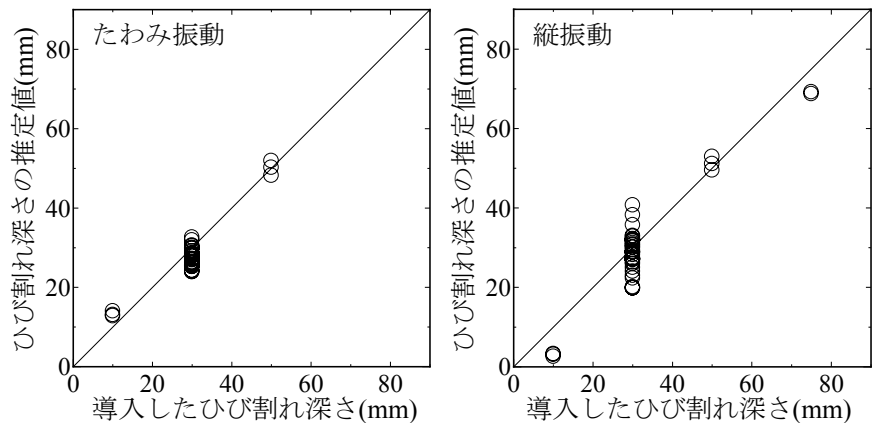


図-3 共鳴振動試験によるひび割れ深さの推定

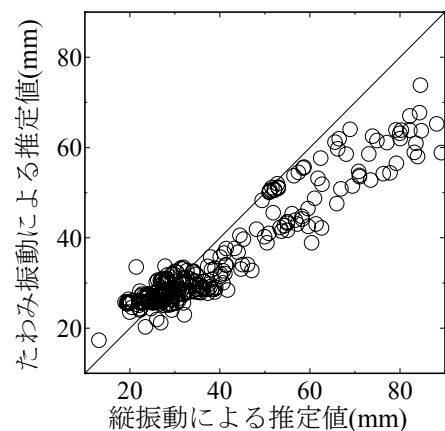


図-4 凍結融解作用に伴うひび割れ深さの推定