# 環境振動を用いた振動の光学的可視化によるコンクリートひび割れ検知

京都大学大学院 学生会員 〇宗岡拓弥 (株)島津製作所 正会員 島堀貴秀,田窪健二 京都大学 正会員 松本理佐,服部篤史,河野広隆

#### 1. はじめに

コンクリートのひび割れや剥離を早期に検知することが効率的な維持管理につながる.これを可能にする新しい検査手法の1つに光学的表面弾性波可視化技術りがあるが、接触媒質(ゲル)を用いて対象に超音波振動子を密着させるなどの作業が必要であった.本研究では超音波振動子を用いず、車両通過等による環境振動を励振源に用いる非同期計測手法を新たに提案し、ひび割れ検知への適用性を検討した.

#### 2. 実験概要

実験要因を表 1 に示す. 環境振動を用いる場合,対象構造物のたわみ振動等に起因するひび割れ箇所の相対変位の検知が重要であるため,以下のような長さ/厚み比を変えた複数の供試体を作製した.

表1 実験要因

実験要因		値など
形	長さ(mm)	400, 800
状	厚み(mm)	50, 100, 200
要	長さ/厚み比	2, 4, 8, 16
因	ひび割れ位置	中央,右 1/4
計	励振周波数(Hz)	10, 100, 1000
測要	励振源の位置	左 1/4,中央,右 1/4
因	計測手法	同期計測,非同期計測

#### 2.1 計測原理および計測概要

本研究で新たに提案する非同期計測手法の原理の概要を図1に示す.対象全体にわたる環境振動により生じるひび割れの変形に起因するひび割れ箇所の相対変位を,レーザー照明下でカメラ観察して画像化する.従来手法 "は振動に同期して観測した複数の位相時刻のスペックル像から,干渉成分の時間変化を算出して振動の振幅と位相を求めるのに対し,本研究の手法は,観測時刻とは無関係な周期,位相を持った振動により

干渉成分が低下する度合を振動の振幅の指標として求めている. 図 2 に示すように、計測では図 1 に示す面内変形を捉えるためにカメラを試験面に対して、斜め45°になるように配置した. 環境振動を模擬した低周波のたわみ振動を発生させるため、ボイスコイル型の振動機を用いた. 振動機は表 1 に示す励振周波数で、駆動電流(振幅に対応)を変化させた.

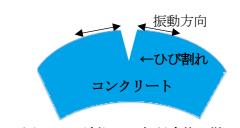


図1 ひび割れでの相対変位の様子

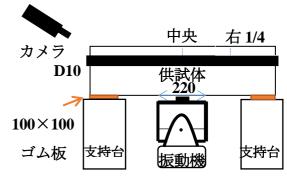
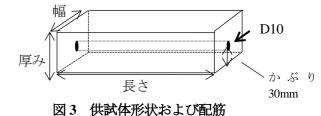


図2 非同期計測の概要 (単位:mm)

# 2.2 供試体

図 3 に示す形状で表 1 に示す各寸法の RC 角柱供試体を計 15 体作製した. 圧縮強度は平均 42.9N/mm<sup>2</sup> であった. 幅を 100 または 200mm とし, D10 をそれぞれ 1本または 2本, かぶり 30mm で配置した.

散水湿布養生 14 日後,スパン 300 又は 350mm の 1 点載荷を行い,中央又は右 1/4 位置に幅 0.05mm を目標に曲げひび割れを導入した.2.2 の計測時のひび割れ幅は 0.035~0.080mm であり深さは 30~150mm であった.



キーワード 環境振動,光学的振動可視化,鉄筋コンクリート,ひび割れ,非破壊試験 連絡先 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 C1-2-227 京都大学桂キャンパス 075-393-3321

## 3. 実験結果および考察

非同期計測によって得られた画像(以下,解析画像)では、対象表面の振動振幅の大小が図4で示すカラースケールで表示され、ひび割れ箇所の大きな相対変位は他部より濃い青で示される.本稿では表1に示した実験要因のうち、主に長さ/厚み比と計測手法の2つによる結果を示す.解析画像を示す際に各供試体のひび割れスケッチ図を示すが、赤の点線で囲まれた範囲が視野範囲である.

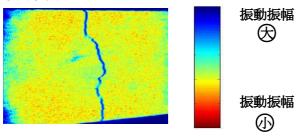


図4 解析画像の例とカラースケール

## 3.1 解析画像のパターン

解析画像は大きく分けて、4種類に分類することができ、以下の組み合わせ(a) $\times$ (b)で示された.

- (a)表面の振動振幅が(大きい 小さい)
- (b)ひび割れ箇所で相対変位(図 2)が(生じる 生じない)

## 3.2 長さ/厚み比の影響(励振周波数:10Hz)

図5および図6より、長さ/厚み比が小さいとき、表面全体の振動振幅が小さくなりひび割れでの相対変位が十分に生じず、ひび割れ検知が出来なかった.この場合、表面全体が黄色くなっていることから、励振エネルギーが不足していたことが考えられる.

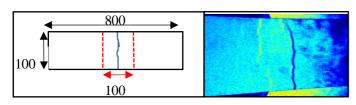


図5 長さ/厚み比=16(800L×50T×100W)の解析画像

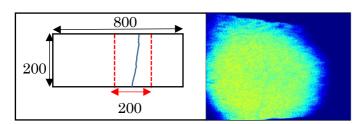


図 6 長さ/厚み比=4(800L×200T×200W)の解析画像

## 3.3 計測手法による比較

検査対象表面に複数のひび割れが存在する場合、密着させた超音波振動子により発生させる表面弾性波を用いる従来の同期計測では、表面弾性波の減衰(伝播阻害)により、励振源から遠い位置のひび割れが可視化しにくくなるという結果が報告されている<sup>2)</sup>. しかし、非同期計測では、図7に示すように励振源との位置に関係なくひび割れを可視化することが可能であった. これは、同期計測の場合よりも低周波の励振源を用いているため弾性波自体が減衰しにくいのに加えて、対象物全体のたわみ振動による面内変形を捉えているためであると考えられる. なお、図7の黒丸は励振源の位置を示す. (裏側に配置)

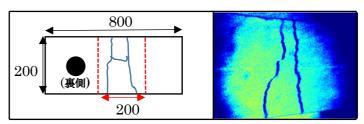


図 7 ひび割れが2つ発生した供試体の解析画像

#### 4. 結論

- 1) 長さ/厚み比および励振周波数によって,特に厚みの大きな供試体でひび割れ検知ができなかった. このことから,本手法は長さ/厚み比の大きい,棒または板状の構造物に適しているといえる.
- 2)従来の同期計測手法と異なり励振源から遠くにある ひび割れも可視化可能であったため、複数のひび割 れが存在する箇所の検査に有効的である.

#### 参考文献

- 1) 畠堀貴秀,長田侑也,田窪健二,服部篤史:光学的 表面弾性波可視化技術のコンクリート検査への適用, コンクリート工学年次論文集,Vol.38, No.1, 2016.7
- 2)山名晋平, 辻岡章雅, 畠堀貴秀, 松本理佐, 服部篤史, 河野広隆: 表面弾性波可視化技術による表面被覆下のコンクリートひび割れの検出, 土木学会全国大会第72回年次学術講演会 講演概要集, 第V部門, V-242, 2017.09.