

## レーザードップラー計による補修効果の定量評価法に関するモデル実験

大分高専 学生会員 井上 裕之, 正会員 一宮 一夫, 非会員 永松 幸  
長崎大学 正会員 松田 浩, 正会員 森田 千尋

### 1. はじめに

現在, 補修・補強効果の定量評価は, 載荷試験によるたわみ量や加速度計による固有振動数により行われている。しかし, いずれもコストや経年劣化のモニタリングのしやすさの点で課題が残る。それに対し, レーザードップラー計で固有振動数を測定する方法は, 非接触であるため, 特にモニタリングの点で有利である。本研究は, 固有振動数でコンクリート構造物の補修効果を評価する際の問題点の抽出を目的に, 長方形断面を有する木材にひび割れに見立てた切欠きを入れ, その位置や補修の有無がレーザードップラー計で測定される固有振動数に与える影響について検討した。

### 2. レーザードップラー計による固有振動数の測定原理

ある速度で移動している物体にレーザーを当てると, 物体の持つ速度に比例して振動数が変化する。この時, 物体が近づいてくる場合は放射波よりも反射波の振動数が高く, 物体が遠ざかる場合はその逆となる。レーザードップラー計はこの原理を利用したものである。そのためレーザー照射方向は測定対象に垂直であることが望ましい。

### 3. モデル供試体による評価実験

#### (1) 測定値の妥当性の確認 (実験 1)

図 1 にレーザードップラー計による計測の様子を, 図 2 に計測結果の一例を示す。供試体には, 長方形断面を有する鋼材 (幅 31.8mm × 高さ 12.1mm × 長さ 1100mm) と木材 (幅 45.0mm × 高さ 30.0mm × 長さ 1000mm) を用いた。はりの支持条件は片持ちとし, 万能試験機で 3kN の荷重をかけて固定した。部材長さは 100mm から 900mm の間で変化させた。この際, 木材は部材長さに固定部 100mm を加えた位置で切断して用いたが, 鋼材は切断せずに用いた。供試体先端の側面にはレーザー反射用シールを貼付し, 水平方向からレーザーを照射した。供試体先端部の上面を直径 10mm, 長さ 150mm の鋼棒で軽く叩いて上下振動を与え, その時の固有振動数を測定した。

測定結果の妥当性は, 計算値ならびに加速度計による測定値との比較で判定した。計算値は土木学会構造力学公式集に示されている式(1)で算出した<sup>1)</sup>。加速度計は, 容量 100G でそれ自体の重量がはりの振動に与える影響を少なくするために小型のもの (一辺 15mm 程度) を使用し, はり先端部の上面に固定した。

$$f = \frac{1}{2\pi^2} \sqrt{\frac{3EI \cdot g}{\rho A (\mu + 0.23)}} \quad (1)$$

ただし,  $l$ : 部材長さ(m),  $E$ : 部材のヤング係数(kN/m<sup>2</sup>),  $I$ : 部材の断面二次モーメント(m<sup>4</sup>),  $A$ : 部材の断面積(m<sup>2</sup>),  $g$ : 重力加速度(m/s<sup>2</sup>),  $\rho$ : 部材の単位容積質量(kN/m<sup>3</sup>),  $\mu (=m\rho A l)$ ,  $m$ : 集中質量(kN)

図 3 に断面高さ  $h$  に対する部材長さ  $l$  の比( $l/h$ )と固有振動数の関係を示す。なお,  $l/h = 8.3$  の鋼材の測定値 (○で表示) は控え長さに対し部材長さが極端に大きく, その影響が無視できないと判断し, 回帰曲線のデ

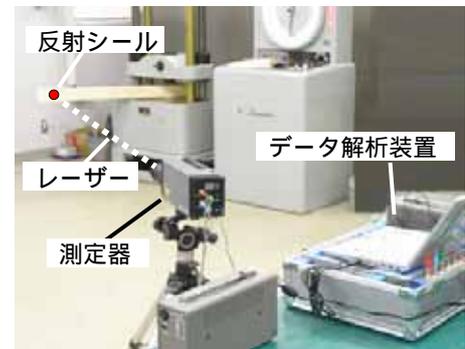


図 1 レーザードップラー計による測定風景

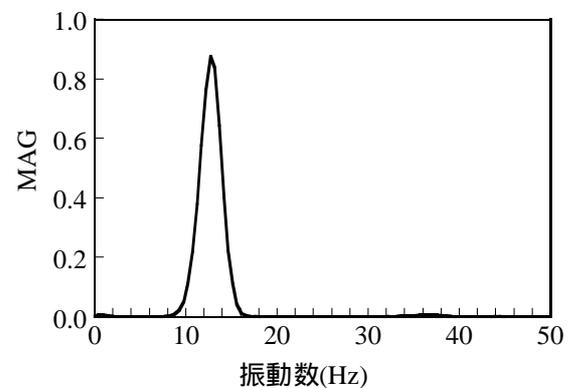


図 2 パワースペクトルの例

一タの対象から除いた。図のように、鋼と木材のいずれの場合も、測定値は計算値とほぼ一致する。このことから、本実験のほりは、一次の振動モードであること、ならびにベルヌイ・オイラーばりの仮定に従い、はりの変形は曲げモーメントのみにより起こり、せん断変形は無視できる状態と判断できる。

また、同時に計測した加速度計で得られた固有振動数は、レーザードップラー計の測定結果とほぼ同じであった。はりの上下振動に対してレーザは水平方向から照射したにも係わらず、はりの振動を正確に評価できることから、レーザードップラー計の適用範囲の広さを確認した。

(2)切欠き位置と固有振動数の関係 (実験 2)

全長 900mm の木材を部材長さが 800mm となるように万能試験機に固定した。断面寸法ならびに固定条件は実験 1 と同じである。切欠き (深さ 15mm) は、固定端の手前 (以下、a 点とする) から 100mm 間隔でノコギリを用いて入れた。固有振動数は、切欠きを入れる度に測定した。

図 4 に実験結果ならびに切欠き位置を示す。切欠きなしの固有振動数 31Hz に対して、固定端手前の a 点に切欠きを入れた場合の固有振動数は 23Hz で、およそ 3/4 になった。その後、切欠きの増加とともに固有振動数は漸減するが、部材長さの 1/4 の c 点以降ではひび割れの影響は表れない。

(3)補修にともなう固有振動数の回復 (実験 3)

実験 2 で使用した木材の切欠きに厚さ 1mm の薄木片を挿入し、さらにそれと母材を接着剤で一体化させて固有振動数の変化を調べた。切欠きの補修は a 点から逐次行った。

測定結果を図 5 に示す。図中の無補修は図 4 の h に相当し、a~d 区間までは補修により固有振動数は回復するが、e 点以降は頭打ちとなる。

図 4 と図 5 の比較より、固有振動数が変化する区間と一定の区間がほぼ一致している。つまり、ひび割れによってはその存在や補修の効果が固有振動数の変化に反映されないものがあり、事前に該当する位置を把握しておく必要がある。その簡易推定法として、木材に切欠きを入れる本手法は効果的と言える。

4. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

- (1) レーザードップラー計で測定される固有振動数で、ひび割れによる剛性低下や補修の効果を定量評価できる。
- (2) 固有振動数でコンクリート構造物の補修効果を評価する際には、対象のひび割れが構造体の固有振動数に影響することを事前に確認しておく必要があり、その方法として木材に切欠きを入れたモデル供試体を用いる方法は有効である。

謝辞： 本研究を遂行するにあたり、長崎大学の川林大祥氏、橋本憩太氏ならびに大分高専の山本康之氏にご協力いただきました。紙面を借り深謝いたします。

参考文献： 1) (社)土木学会：構造力学公式集

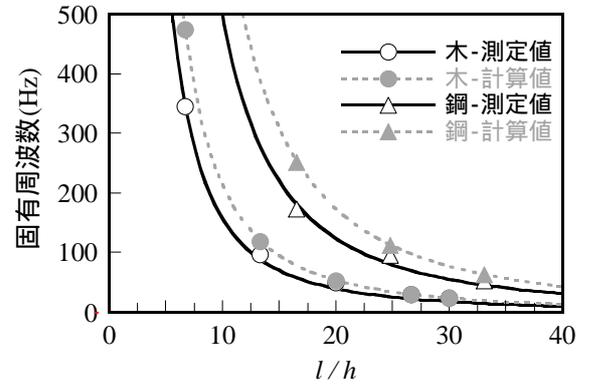


図 3 測定値と計算値の比較

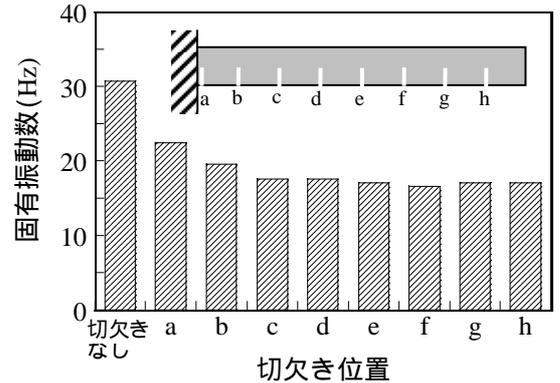


図 4 切欠き位置と固有振動数の関係

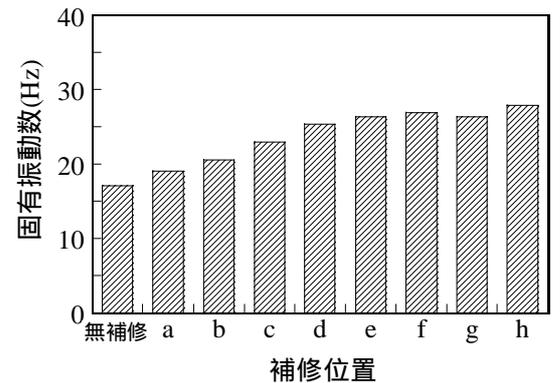


図 5 切欠き補修条件と固有振動数の関係