

単純支持の支点到ゴム板を介在させた鉄筋コンクリート梁の振動特性の変化

愛媛大学 学生会員 ○三浦 夢乃

愛媛大学 フェロー 森 伸一郎

愛媛大学 学生会員 江見 和泰

1. はじめに

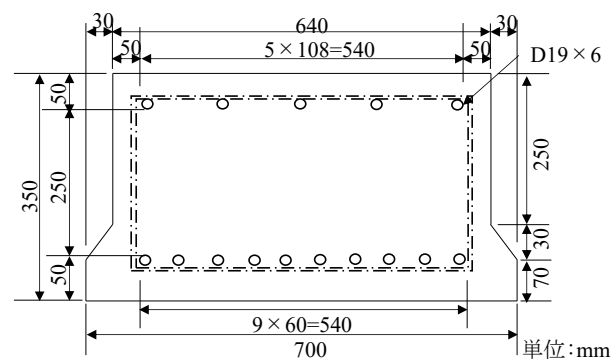
過去に載荷試験を行った供試体のコンクリート梁供試体に対して支承条件を変えたときの振動特性の変化について振動測定と FEM による解析を行い、比較検討を行った。

2. 対象コンクリート梁の概要

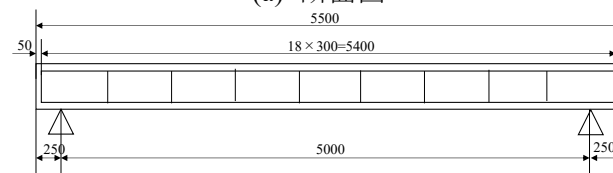
図-1 に供試体の側面図と断面図を示す。支承は H 鋼上に鉄板を敷いた。今回は H 鋼下にゴム板の有無による 2 パターンで振動測定を行った。対象とした供試体の RC 梁の長さは 5.5 m、単純梁としての支間長は 5 m である。供試体は過去に曲げ載荷を行っており、側面や底面に曲げクラックが入っている。図-2 に 2020 年 12 月 26 日でのひび割れ状況を示す。中心部にかけて複数のクラックが確認されており、曲げクラックが確認された。

3. 打撃振動測定

図-4 に速度計位置、打撃位置を示す。梁中心に C 測線、軸方向に M (支間中央)、Q (支間 1/4 位置)、TQ (支間 3/4 位置) 測線を設け、それぞれの交点を QC, MC, TQC とし、それぞれにセンサーと打撃点を配置した。測定ではかけやによる打撃を行い励起し梁振動を発生させた。X 軸を橋軸方向、Y 軸を橋軸直角方向に合わせ、風の影響を受けないように風よけを被せた上におもりをおいた。測定には 3 成分 (水平 2 成分、鉛直 1 成分) の感震器と AD 変換器が内蔵された固有振動数 4.5 Hz をもち、0.5~20 Hz で平坦な利得の動コイル型速度計 CR4.5-2S (ANET 社製) を用いた。計測ステーション GEODAS-15D-24ch-USB (同社製) で 5 台 15 成分を同時計測した。測定条件は、AD 周波数 200 Hz、ゲイン 0 db、ハイカットフィルター 0 Hz、LCF5 s とした。測定データは打撃 3 秒前から 20.48 秒間 (データ数 4096) を抽出して高速フーリエ解析を行い、フーリエスペクトルを求めた。図-4 に MC 打撃のセンサー MC 応答の速度時刻歴波形を示す。図-5 に MC 打撃のセンサー MC 応答のゴム板の有無によるフーリエスペクトルを示す。図-6 に QC 打撃のセンサー QC 応答のゴム板の有無によるフーリエスペクトルを示す。支承下にゴムがないとき、MC 打撃時、QC 打撃時に 1 次に 21.0 Hz にピークが表れており、支承下にゴムがあるとき、MC 打撃時、QC 打撃



(a) 断面図



(b) 側面図

図-1 供試体の断面図と側面図

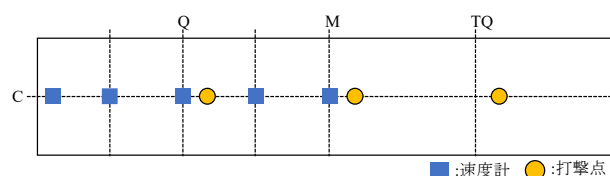


図-2 速度計配置と打撃点

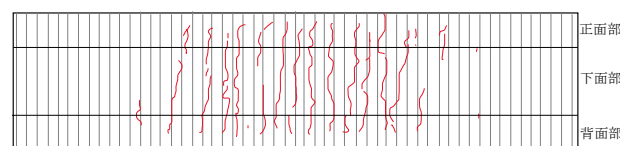


図-3 供試体 M のクラック位置

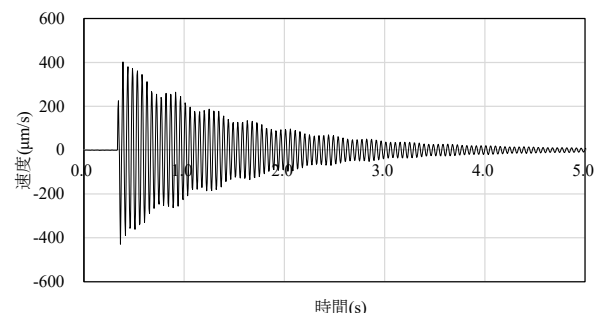


図-4 速度時刻歴 (MC 打撃)

時に 1 次で 23.1 Hz にピークが表れている。ゴム板の介在の有無によらずそれぞれの 1 次卓越振動数はばらつきが少なく、常にほぼ一定であり、明確なスペクトルピークとして応答することから、システム特有の固有値であると言える。つまり 1 次卓越振動数の振動モードは、単純梁としての 1 次曲げ固有振動モードであると推測できる。同じ供試体であるのにも関わらず、支承したのゴム板の有無によって 1 次振動数が 2 Hz 程度で 10% の差が生じるという結果になった。ゴム板による支承部の弾性の違いにより、その差が生じたと考えられる。

4. FEM 解析

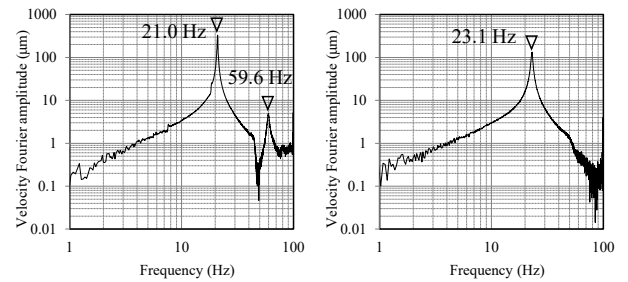
梁供試体の低次の固有振動数と振動モードを確認することを目的に 3D 汎用有限用法 (FEM) ソフト ABAQUS¹⁾を用いて固有値解析した。さらに梁の曲げ固有振動数の理論式を用い、理論解を求めた。使用した物性は、質量密度 $2,400 \text{ kg/m}^3$ 、ポアソン比 0.2、ヤング係数 $4.5 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$ とした。ヤング係数は超音波測定 of 伝播速度 4470 m/s の結果より求めた。モデル化は支間中央の断面で行いこのときコンクリート全断面を有効とし、内部の配筋は無視した。境界条件は梁支承線上の全節点に節点当たり 3 軸の並進と回転の 6 自由度の境界条件を与え、ピン支点 (軸直角方向周り回転のみ許容) とピンローラー支点 (軸直角方向周り回転と軸方向並進を許容) とした。6 面体のソリッド要素として節点数 179219、要素数 163944 で解析を行った。図-7 に解析モデルと振動モード (1 次~3 次) を示す。表-1 に梁の曲げ固有振動数の理論値と FEM 解析結果を示す。実測ではゴム板がない場合、1 次で 21.0 Hz にピークが表れている。数値解析結果、理論値と実測値を比較すると、約 22 % 差が生じており、実測値の固有振動数のほうが小さくなっている。数値解析と理論値は、すべての場所で同一のヤング係数を用い、損傷状態を均質として解析を行ったため、損傷状態が場所によって異なる実測値と差が生じたと考えられる。

5. 結論

1) 支承下のゴムの有無により固有振動数が異なり、ゴムを敷いたときでは、ゴムがないときに比べ 2 Hz 大きくなっており、振動特性の変化が確認された。

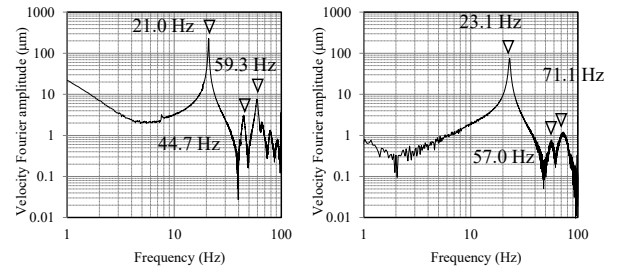
参考文献

1) ABAQUS:Dassaultsystems,<https://www.3ds.com/ja/products-services/simulia/products/abaqus/>



(a) ゴム板なし (b) ゴム板あり

図-5 MC 打撃時のフーリエスペクトル



(a) ゴム板なし (b) ゴム板あり

図-6 QC 打撃時のフーリエスペクトル

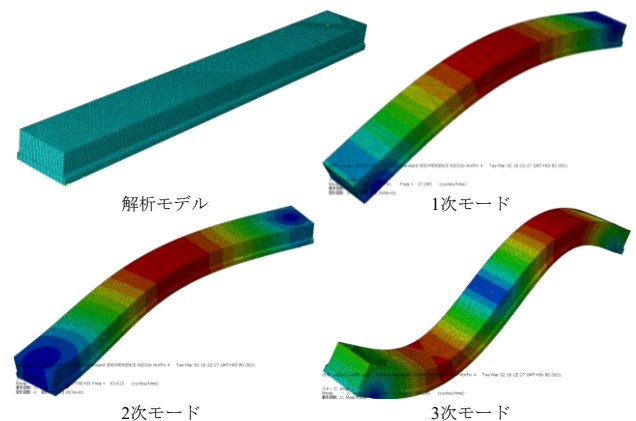


図-7 FEM モデルと振動モード

表-1 FEM と梁理論値

振動モード	FEM解析値 (Hz)	梁理論値 (Hz)
1次鉛直曲げ	27.0	27.6
2次鉛直曲げ	99.3	110.5
3次鉛直曲げ	244.1	248.6