

第 I 部門 板材の振動計測に基づく支点反力推定に関する研究

京都大学工学部 学生員 ○金 翼晟 京都大学大学院 正会員 五井 良直
 京都大学大学院 学生員 渡部 慎也 京都大学大学院 正会員 北根 安雄
 京都大学大学院 正会員 杉浦 邦征

1. はじめに

橋梁の維持管理において、各支承の死荷重分担を確認することは施工上の品質を確保する上で重要である。狭隘な空間となりやすい支承部では局部腐食が起りやすくなっており、他にも経年劣化、地震や豪雨などの自然災害、上部構造や下部構造の移動など様々な要因により、死荷重分担の不均一が発生することが考えられる。ところが、現在支承部で実施されている定期点検方法¹⁾は、近接目視のみであり、既設橋梁で死荷重分担を計測する非破壊検査法は確立されていない。一方で、固有振動数を用いた斜張橋のケーブル張力推定法²⁾などが提案されている。

本論文では桁端部の各支承直上の部材で簡単な打撃試験を通して固有振動数を把握し、支点反力を計測する簡易検査法を開発することを目的とする。まず基礎的検討として、鋼板試験体を用いて、圧縮力と固有振動数の関係を検討する。

2. 圧縮力を加えた鋼板試験体の打撃試験

2.1 試験体寸法及び実験方法

試験体の寸法は図 1 に示すとおりである。試験体は H 形鋼であり、図 1 にひずみゲージの貼り付け位置と加速度ピックアップの設置位置も示している。ハンマーを用いて打撃を行うのだが、打撃面を表面とし、その逆を裏面とする。

() 内に示されているものは裏面に設置したもので、ひずみゲージと加速度ピックアップには図に示すように名付ける。加速度ピックアップは、2 種類使用しており、A8、A4 は、NP-2120 (小野測器)、B1 は PV-87 (RION) を利用している。

今回の実験では、万能試験機 (東京衡製機、最大荷重 1000kN) を使用して、フランジ上部から圧縮力を作用させる。240kN まで 10kN ピッチで載荷する。そして各載荷条件下で、ハンマーを用いて試験体ウェブの中心を 50 回ずつ打撃する。

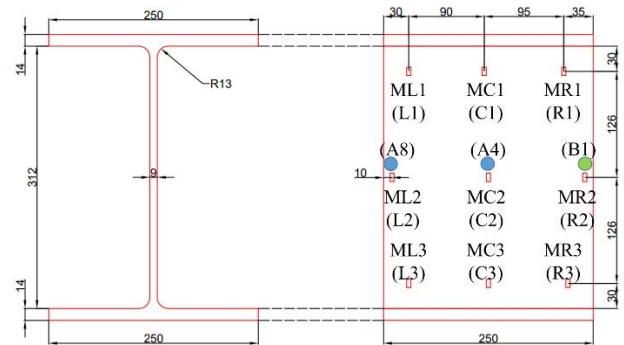


図 1 試験体寸法

2.2 実験結果及び考察

2.2.1 圧縮力と固有振動数の関係

ウェルチパワースペクトル密度推定法を用いて実験結果の解析を行う。対象とする時系列の範囲は各載荷条件で 50 回打撃をして得られたすべての加速度データで、ウィンドウの長さは 2¹⁵、ハミングウィンドウを使用、オーバーラップ率は 50% である。低振動数領域でより精度の高い PV-87 の結果を今回の実験では主に扱う。

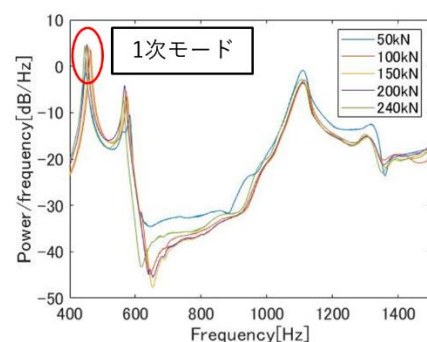


図 2 解析結果

各載荷条件下で得られた結果を解析し、それを重ね合わせたものの中から低周波領域に着目したものを図 2 に示す。図 2 に示すように、ピークが顕著に表れる振動数の中で最小のものを今回 1 次モードとする。1 次モードの振動数と載荷条件の関係を表したものが図 3 である。

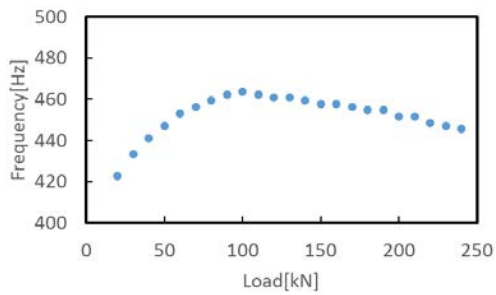


図 3 1次モード

図 3 より、100kN 荷重まで固有振動数が増加し、それ以降で減少傾向に移行することが確認できる。

2.2.2 実験値と理論値の関係及び考察

今回使用した試験体の 1 次モードのモード形状は図 4 のようになる。

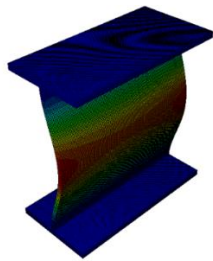


図 4 H 形鋼 1 次モード

これより、鋼板試験体をごく短い両端固定梁と仮定し、理論値を求める。上下方向から圧縮力 P が加わると、

$$f = f_0 \sqrt{1 - \frac{P}{P_{cr}}} \quad (1)$$

f : 振動数 f_0 : 振動数 ($P = 0$)

P_{cr} : オイラーの座屈荷重 P : 軸力

式(1)で表される振動数は両端支持梁を仮定し得た振動数である。そこに今回、両端固定と仮定した場合の f_0 と P_{cr} を代入し、それを理論値とする。理論値と実験値を比較すると、

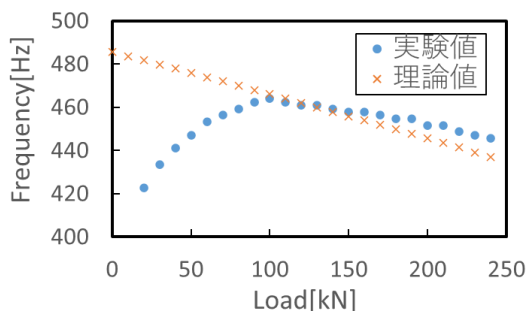


図 5 実験値-理論値比較

図 5 のようになり、振動数の増加傾向にある 0~100kN 荷重領域では理論値との振動数誤差が約 2.3%~12.3% 存在する。減少傾向にある 100~240kN 荷重領域については、誤差の小

さい点では約 0.2%、大きい点でも 2% 未満に抑えられており 100kN 荷重以降では理論値とほとんど一致しており、100kN 以上荷重されている場合、固有振動数から圧縮力を推定できることがわかる。

荷重荷重の小さい範囲で、固有振動数が増加する原因として、初期不整が考えられる。

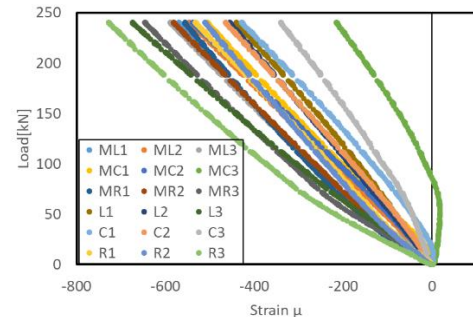


図 6 圧縮力-ひずみ関係

図 6 に示す通り、荷重荷重が小さい範囲でひずみが線形的に増加しないことがわかる。ほかに、荷重荷重の小さい範囲で支持条件が両端固定となっていないことが原因であると考えられる。片端固定-他端単純支持の場合、軸力がかからない条件で固有振動数が 335Hz となり、二つの支持条件の間に実験値が収まっており、荷重荷重が増加するにつれ両端固定条件に漸近することと推察される。

3. まとめ

本論文では圧縮力を加えた鋼板試験体の打撃試験を通して、圧縮力と固有振動数の関係を調べた。また、理論値との比較を行い結果の妥当性を確認した。その結果、圧縮力を加えた鋼板試験体において圧縮力の小さい範囲で固有振動数の増加傾向が存在し、ある荷重荷重以降、減少傾向があることが確認できた。増加傾向については初期不整や支持条件などが原因であると考えられ、減少傾向については理論通りであることが分かった。

このことから、100kN 荷重以降では固有振動数を把握することで圧縮力を推定することが可能であることが明らかとなった。課題として、荷重荷重の小さい領域で固有振動数が増加する原因を明らかにする必要がある。

参考文献

- 1) 国土交通省 道路局：道路定期点検要領，2019.2.
- 2) 新家徹，広中邦汎，頭井洋，西村春久：振動法によるケーブル張力の实用算定式について，土木学会論文報告集，第 294 号，pp25-32，1980.2.