

I-17 支点拘束を有する既設鋼鉄桁橋の梁理論を用いた固有振動解析

岩手大学工学部 学生会員 ○秋元 学
東亜技研(株) 兼子 清
岩手大学工学部 正会員 出戸 秀明

1. はじめに

経済の長期低迷による国、地方財政の予算縮小のため、既設橋梁の新規更新は難しくなり、適切な維持管理によっていかにその延命化を図るかが問題となっている。そのためには、今ある橋梁の健全度評価が必要であり、そのための簡易調査技術の確立が急がれている。本論文では、簡易計測より求めた実測固有振動数と、梁理論を用いた固有振動解析結果と一致させる方法によって、既設鋼鉄桁橋の支点拘束ならびに経年劣化の状態を同時に診断する手法について提案する。

2. 解析理論

本研究で用いる解析手法は、「架設後年数が経過した既設鋼鉄桁橋は、可動支承の水平移動機能が低下し、設計時よりも支点が拘束されている」という前提のもとに、梁理論より算出した固有振動数と実測固有振動数とを一致させることにより、可動支点部の支点拘束率と鋼鉄桁橋の経年劣化の状態を同時に判定する方法である。

まず単純支持梁（ピン・ローラー支持）の、梁の自重だけが作用した場合の曲げ一次固有振動数は、死荷重のたわみの公式を用いて次式のように表せる。

$$f_0 = \frac{\pi}{2L^2} \sqrt{\frac{EIg}{\omega}} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\left(\frac{5g}{384}\right) \frac{1}{\delta_0}} \quad (1)$$

ここで、 L ：支間長（m）、 E ：ヤング率（ KN/m^2 ）、 I ：断面二次モーメント（ m^4 ）、 g ：重力加速度、

ω ：梁の死荷重（ KN/m ）、 δ_0 ：死荷重による梁中央のたわみ

次に、支点拘束を有する梁（ピン・ピン支持）の曲げ一次固有振動数は、式(1)中の δ_0 のかわりに支点拘束を有する梁の中央たわみ δ を代入することで求められると仮定する。支点拘束を有する梁の中央たわみは、単純支持梁の死荷重による中央たわみ δ_0 から、図-1に示す支点拘束によって生じる水平反力 P による上向きの中央たわみ δ_p を差引くことによって求めることができる。すなわち、

$$\delta = \delta_0 - \delta_p = \delta_0 (1 - 0.8\beta) \quad (2)$$

ここで、 $\beta = y^2 / (y^2 + r^2)$ 、

y ：中立軸から桁下端までの距離(m)、 r ：断面二次半径(m)

従って支点拘束を有する梁（ピン・ピン支持）の固有振動数は次式のようになる。

$$f_p = f_0 \sqrt{\frac{1}{1 - 0.8\beta}} \quad (3)$$

なお、式(3)中の 0.8β は支点拘束によって生じる水平反力 P による δ_p のたわみ δ_0 に対する割合である。これに支点拘束率 α を乗ずると α に応じたたわみの割合が求められ、支点拘束率 α のときの曲げ一次固有振動数 f が求められる。よって、支点拘束率 α を有する既設鋼鉄桁橋の曲げ一次固有振動数は次式のようになる。

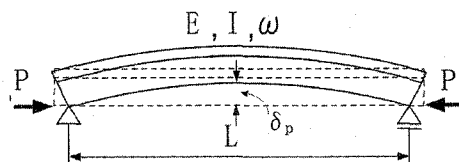


図-1 支点拘束を有する単純支持梁

$$f = f_0 \sqrt{\frac{1}{1 - C\beta\alpha}} \quad (0 \leq \alpha \leq 1) \quad (4)$$

ここで、式中の C は荷重形状による係数であり、等分布荷重が載荷した場合は 0.8、活荷重が載荷した場合は、1 点集中荷重で 0.75、ダンブ 1 台載荷時で 0.76、ダンブ 2 台載荷時で 0.77 を用いることとする。

本研究では、経年劣化の度合いを把握するために、ヤング係数比 n を変化させたときの支点拘束率の変化を以下の 3 式を用いてそれぞれ算出する。なお式(5)、(6)における計算点と計測点は同じ地点とし、梁理論の成立する範囲から選択する。

$$\alpha = \frac{\varepsilon_0 - \varepsilon}{\varepsilon_p} \quad (5)$$

$$\alpha = \frac{\delta_0 - \delta}{\delta_p} \quad (6)$$

$$\alpha = \frac{f^2 - f_0^2}{C\beta f^2} \quad (7)$$

ε_0 : ピン・ローラー支持時の
計算ひずみ

ε_p : ピン・ピン支持時の水平反力
による計算ひずみ

ε : ひずみ計測値

δ_0 : ピン・ローラー支持時の
計算たわみ

δ_p : ピン・ピン時の水平反力
による計算たわみ

δ : たわみ計測値

f_0 : ピン・ローラー支持時の
固有振動数計算値

f : 実測固有振動数

C : 荷重形状による係数

ヤング係数比を変化させることで繰り返し計算を行い、上記した 3 通り(2 通りでもよい)の支点拘束率が一致するヤング係数比を求める。そのときのヤング係数比が最適値であり、同時に支点拘束率の最適値も求まる。そしてこれらの値を式(4)に代入することで梁理論による固有振動数を求めることができ、実測固有振動数と比較することで、その精度を検証することができる。

3. 解析結果と考察

平成 17 年 11 月に岩手県紫波町の下梅田橋(単純活荷重合成鋼鉄桁橋、支間長 27.74m、TL-14、架設年次：昭和 57 年)で実施した静的載荷試験から図-2 に示す 20tf トラック一台を支間中央中桁に載荷したケースを解析対象とする。式(5)、(6)、(7)を用いて支点拘束率を算出した。ヤング係数比を変化させ計算した結果を図-3 に示す。ひずみ、たわみの両実測値は、梁理論が精度良く成り立つ支間中央点のものを採用した。なお、支点から $L/8$ 点を用いて計算してもほぼ同様の結果が得られた。図-3 より、最適値はヤング係数比は 10.5、支点拘束率は 0.52 となった。設計時のヤング係数比が 7 であるのに対し、現状は 10.5 であるので、下梅田橋の経年劣化が確認された。また、得られた支点拘束率を用いて式(4)から梁理論による固有振動数を求めると 4.5(Hz)となり、実測値に近い値が得られた。このことから、梁理論を用いた本解析手法により、既設鋼鉄桁橋の経年劣化と可動支点部の支点拘束状況を同時に把握できることが分かった。

謝辞

本研究は、平成 17 年度科学研究費補助金(基盤研究(C)、代表：岩崎正二)から援助を受けました。ここに記して謝意を表します。

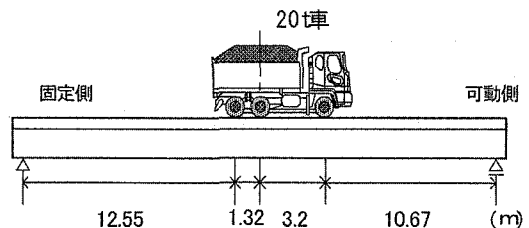


図-2 静的載荷試験荷重ケース

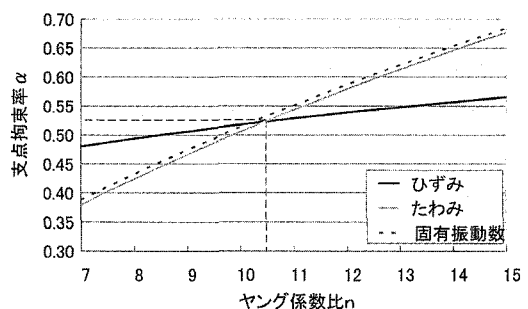


図-3 ヤング係数比の変化に伴う支点拘束率の変化