

支点拘束を有する既設鋼鉄桁橋の簡易健全度評価手法の提案

岩手大学工学部 学生会員 上野 大介
 岩手大学工学部 正会員 岩崎 正二
 岩手大学工学部 正会員 出戸 秀明
 岩手大学工学部 ○齋藤 翔仁

1. まえがき

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、既設鋼鉄桁橋における静的・動的载荷試験の簡易計測結果と静的・動的梁理論及び2次元弾性論の解析結果を一致させる方法によって、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. 簡易健全度評価法

既設鋼鉄桁橋の健全度評価を行うためには、図-1に示すように加速度計とひずみ計を設置して20tfトラックによって静的・動的载荷試験を実施する。その結果から最初に水平支承反力を推定する必要がある。ここでは、静的载荷試験により生ずる支点近傍の下フランジの実測ひずみ値を用いて水平支承反力を逆算する手法について述べる。水平支承反力の推定法には梁理論と2次元弾性論を用いる二つの算定法を考えた。梁理論を用いる方法は、図-1に示す支点から $\ell/8$ 点(ℓ :支間長)の主桁下フランジの実測ひずみを梁理論式(1)に代入して水平支承反力を求める方法である。なお、ひずみ計測点は梁理論が成立する範囲内であれば、 $\ell/8$ 点以外でもかまわない。

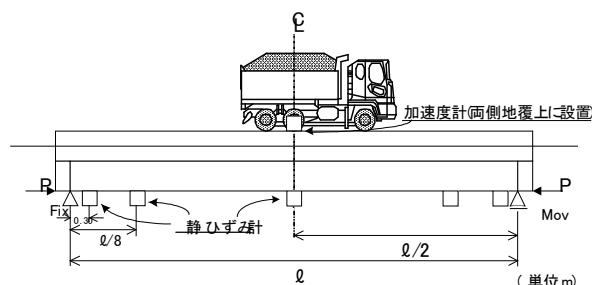


図-1 支点拘束を有する鋼鉄桁の水平支承反力

$$P = \frac{E_s I_v}{y^2 + r^2} \left(\frac{M y}{E_s I_v} - \varepsilon \right) \quad (1)$$

ここで、P:水平支承反力(KN), E_s :鋼桁のヤング係数(KN/m), I_v :合成鋼鉄桁の断面二次モーメント(KN・m) y :中立軸と桁下フランジ下面までの距離(m), r :断面二次半径(m), M :トラック支間中央载荷時の単純梁の $\ell/8$ 点の計算曲げモーメント(KN・m), ε : $\ell/8$ 点のひずみ実測値

もうひとつの水平支承反力推定法は、主桁下フランジの支点近傍実測ひずみを2次元弾性論から誘導した理論式(2)に代入して求める方法である。

$$P = a(x)\varepsilon(x) + b(x)R \quad (2)$$

ここで、 $\varepsilon(x)$:支点から x cm離れた点の下フランジの実測ひずみ, R :鉛直支承反力(KN), $a(x), b(x)$ については文献1)を参考にしてほしい。

既設鋼鉄桁において可動支点が完全に水平移動拘束された状態は、ピン・ピン支持の梁と考えることができる。そのとき、両支点に生じる水平支承反力 P_0 は次式ようになる。

$$P_0 = \frac{\int_0^l (M_x y / E_s I_v) dx}{k \int_0^l \{(y^2 + r^2) / E_s I_v\} dx} \quad (3)$$

ここで、 M_x :死荷重による曲げモーメント(KN・m), k :支点近傍の局部ひずみによる補正係数でおよそ1.03~1.07の値となる。

従って支点の拘束状態は、実測ひずみから推定した水平支承反力を P とすると P/P_0 で表すことができる。この P/P_0 を α と置いて支点拘束率とする。ただし、明らかに支承が錆びついて目視上固定とみなせる場合でも、橋脚等の下部構造が上部構造によって動く場合には、 $\alpha=1$ とならず支点拘束率は見かけ上減少する場合がある。

本研究で用いる解析手法は、梁理論より算出した基本固有振動数と実測基本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(主に床版コンクリートの剛性低下等)を同時に判定す

る方法である。支点拘束率 α を有する既設鋼鈑桁橋の曲げ一次固有振動数は次式のようになる²⁾。

$$f = f_0 \sqrt{\frac{1}{1 - 0.8\beta\alpha/k}} \quad (0 \leq \alpha \leq 1) \quad (4)$$

ここで、 f_0 : 単純支持等断面桁の、自重だけが作用した場合の曲げ一次固有振動数

$$f_0 = \frac{\pi}{2l^2} \sqrt{\frac{E_s I_g}{\omega}} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\left(\frac{5g}{384}\right) \frac{1}{\delta_0}} \quad \omega: \text{桁の死荷重(KN/m)}, \beta = y^2/(y^2 + r^2)$$

ヤング係数比 n (鋼桁のヤング係数/床版のヤング係数)の値を仮定しながら固有振動数計算値が実測固有振動数に一致するように計算を繰り返していく。 $l/8$ 点や $l/2$ 点などの梁理論の成り立つ範囲内でのひずみ実測値を用いる場合は式(1),(3),(4)を、 支点近傍のひずみ実測値を用いる場合は式(2),(3),(4)の計算を繰り返す。すなわち式(4)によって求められた f と実測の固有振動数が一致するようにヤング係数比 n と支点拘束率 α を最適化する。

3. 解析結果

今回は、岩手県紫波町の下梅田橋(2連単純活荷重合成鋼鈑桁橋、支間長 27.74m、TL-14、架設年次：昭和 57 年)、久慈市の梨ノ木橋(2連単純活荷重鋼合成鈑桁橋、支間長 29.2m、TL-20、架設年次：昭和 55 年)、雫石町の正徳橋(2連単純活荷重合成桁、支間長 25.35m、TL-20、架設年次：昭和 45 年)の 3 橋の実験データを用いて解析を行った。下梅田橋では 20tf トラック、梨の木橋・正徳橋では 25tf トラック一台を支間中央中桁上に静的・動的载荷したケースを解析対象とする。図-2 は、ケース 1 におけるヤング係数比 n の変化に伴う支点拘束率 α の変化を示したものである。図中の実線は式(1)より求めた支点拘束率-ヤング係数比の関係であり、点線は式(4)より求めた支点拘束率-ヤング係数比の関係式である。両曲線が交わる点が対象橋梁の支点拘束率とヤング係数比となる。下梅田橋のそれぞれのケースにおける固有振動数の計算値は、 $n=11.0, (\alpha=0.637), n=11.7, (\alpha=0.664), n=11.0, (\alpha=0.612)$ の場合に実測固有振動数の値 4.54Hz とほぼ一致した。3 ケースの解析結果より下梅田橋の支点拘束率は $\alpha=0.61 \sim 0.66$ 、ヤング係数比は $n=11.0 \sim 11.7$ となった。正徳橋では、ケース 1 の場合支点拘束率 $\alpha=0.48$ 、ヤング係数比 $n=10.7$ となった。これらの値と実測固有振動数を用いて総合的に健全度を評価する。(なお、梨ノ木橋の結果については当日発表予定である)。

4. あとがき

本提案手法は、簡易計測により多数の橋梁を迅速・低廉で力学的に評価ができるため実用的である。また、計測機器の設置は現場条件等により表-2 の選定表により選定する。なお、本研究は、平成 18 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。

参考文献

1) 岩崎正二、出戸秀明、新銀武、兼子清、蘓武秀文：2次元弾性理論による既設合成鋼鈑桁橋の水平支承反力推定、土木学会構造工学論文集、Vol.50A、pp.685-696、2004.3

2) 出戸秀明、岩崎正二、宮本裕、兼子清、平洋文：支点状態を有する既設鋼鈑桁橋の簡易健全度評価手法、鋼構造年次論文報告集、第 14 巻、pp.233-240、2006.11

表-1 実測値と解析結果

下梅田橋	実測値	0.30,0.60,1.20m点の平均ひずみ値 $\varepsilon=72.8,44.2,28.2(\mu)$ $l/2$ 点の平均ひずみ値 $\varepsilon=64.3(\mu)$ $l/8$ 点の平均ひずみ値 $\varepsilon=0.85(\mu)$ 車両退出後の固有振動数 $f=4.54(\text{Hz})$
	ケース1 ひずみ計を $l/2$ 点に設置した場合	ヤング係数比 $n=11.0$ と仮定 式(1)より水平支承反力 $P=200.0(\text{KN})$ 支点拘束率 $\alpha=0.637$ 式(4)より固有振動数 $f=4.54(\text{Hz}), f_0=3.702$
	ケース2 ひずみ計を $l/8$ 点に設置した場合	ヤング係数比 $n=11.7$ と仮定 式(1)より水平支承反力 $P=209.2(\text{KN})$ 支点拘束率 $\alpha=0.664$ 式(4)より固有振動数 $f=4.54(\text{Hz}), f_0=3.671$
正徳橋	ケース3 ひずみ計を支点から0.30,0.60,1.20mに設置した場合	ヤング係数比 $n=11.0$ と仮定 式(2)より水平支承反力 $P=192.41(\text{KN})$ [3点のPがほぼ同値となるよう調整] 支点拘束率 $\alpha=0.612$ 式(4)より固有振動数 $f=4.54(\text{Hz}), f_0=3.702$
	実測値	$l/2$ 点の平均ひずみ値 $\varepsilon=60.3(\mu)$ 車両退出後の固有振動数 $f=4.80(\text{Hz})$
正徳橋	ケース1 ひずみ計を $l/2$ 点に設置した場合	ヤング係数比 $n=10.7$ と仮定 式(1)より水平支承反力 $P=188.6(\text{KN})$