

## 橋の体重計（支承鉛直反力計測システム）の開発

オムロン ソーシャルソリューションズ（株） 正会員○笠井 諭 正会員 高瀬和男 正会員 中野公太

### 1. はじめに

橋梁における劣化損傷箇所は、鋼橋であれば塗装の劣化、疲労損傷、床版の損傷、コンクリート橋では塩害、中性化などが列挙されるが、支承の損傷も損傷の割合において大きなウエイトを占めている。支承の損傷<sup>1)</sup>は、腐食、土砂の堆積、極端な変形などとともに支承本体の圧潰や支承モルタルや上部工支承部分のひび割れなどの現象も観察される。その原因としては過大な支承反力が挙げられる。

支承据え付け時の施工確認としては、現時点では据え付け高さの管理であり、実際の支承反力確認は行っていない。つまり、斜橋や曲線橋など一支承線上で反力バランスが異なる場合など適切な支承反力が導入されているかは不明である。さらに、施工後、支承反力に変化が生じる原因は、地山の動き、河床洗掘や地震動などにより橋台や橋脚の動きが生じた場合、支承反力に変化が生じる。また、橋梁の劣化損傷要因を評価する場合には、その重量の作用側の要因として活荷重を把握することが求められ、その計測の一つとして活荷重反力のモニタリングが挙げられる。

支承反力の計測方法としては、支承部材にひずみゲージを敷設し計測する方法や支承構造体にロードセルを設置する方法などが施行されているが、取り外しが簡易で精度が担保され、かつ長期計測が可能な方法が求められていた。筆者らは、上記のような状況を鑑み、簡単に死荷重および活荷重が計測できる装置を開発したので報告する。

### 2. 装置の特徴

開発した計測装置の概要を図-1に示す。基本的な計測の考え方は、死荷重や活荷重による反力が支承に加わった場合の上沓と下沓の間隔の変化（図-1 ΔX）を近接センサ<sup>2)</sup>により計測し、支承の変位荷重係数を乗じ、支承反力に換算する方法を採用している。ここで示す変位荷重係数とは上沓と下沓間の単位鉛直変位（mm）が生じる場合の鉛直反力量（kN）を示している。よって、対象とする荷重は死荷重および活荷重である。近接センサを図-2のように2台、または4台設置して、支承の橋軸または橋軸直角方向の支承の回転変形による鉛直変化のばらつきをキャンセルするようにしている。提案している近接センサは電磁誘導現象を利用した変位計測装置であり、センサ部分に腐食などの材料がなく、耐環境性に優れ、長期計測の実績がある。さらに、本近接センサには図-3、表-1に示すようにマイクロ単位の計測分解能があるため、反力評価としての十分な精度が算出できると考えられる。

本計測装置の最大の特徴は、計測機器が外付けであり、その着脱が容易である点である。それにより、数年に1回の支承反力を計測することで、構造設計と比較し構造物の安全性の評価や下部構造物の沈下や変動の評価

キーワード 反力計測, 近接センサ, BPB 支承

連絡先 〒108-0075 東京都港区港南 2-3-13 オムロン ソーシャルソリューションズ株式会社 TEL 03-6718-3741

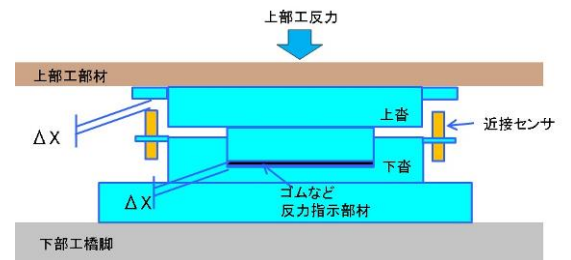


図-1 鉛直反力計測装置概要

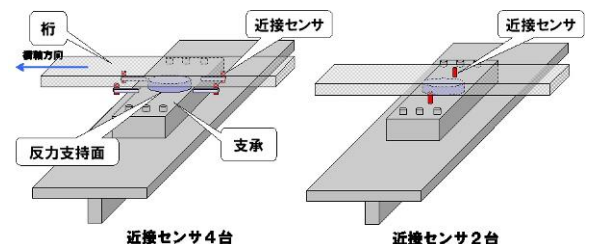


図-2 近接センサ設置概要



図-3 近接センサ写真

	形状	検出距離	分解能	形式
円柱形	φ 3 × 18mm	0.5mm	0.25 μm	形ZK-EDR5
	φ 5.4 × 18mm	1mm	0.4 μm	形ZK-ED01
	φ 8 × 22mm	2mm	0.8 μm	形ZK-ED02
	φ 10 × 22mm			形ZK-EM02
楕円形	φ 18 × 46.3mm	7mm	2.8 μm	形ZK-EM07M
フラット型	30 × 14 × 4.8mm	4mm	1.8 μm	形ZK-EV04

表-1 近接センサ性能表

価をすることなどが可能である。さらに、上記耐久性から常設型としての適用も可能である。ただし、計測対象とする支承形式は、ゴム支承、密閉ゴム支承板支承（BPB 支承）とし、高力黄銅支承板支承（BPA 支承）の反力が 2000kN 以下は鉛直変位  $\Delta X$  が小さく対象としていない。

### 3. 支承の変位荷重係数の算出方法

新設橋梁や支承取り換えの橋梁などのように、新たに支承を工場製作している場合は、製作段階で変位荷重係数を計測しておき、現場施工時に適用する。しかし、すでに現場設置されている支承の場合、ジャッキアップを行い、その変位とジャッキ反力から変位荷重係数を評価することができる。

### 4. 社内室内試験結果

荷重載荷試験により死荷重および活荷重を模した反力を想定し、変位荷重係数の評価および反力値の妥当性を検討した。400kN の BPB 支承により載荷試験を行った。支承を写真-1 に示す。試験は支承中心に鉛直に反力を加える場合と温度変化で上沓が移動した場合の試験を行った。

また、試験は 3 日間同じ試験を行ったが、紙面の関係から代表的な死荷重（0～260kN までの荷重載荷）および活荷重（260～400kN までの荷重状態の 10 回繰り返し載荷）状態の変位荷重係数を図-4、図-5 に示す。図-4 に示す死荷重状態の試験では、反力は小さい部分で若干の非線形性を確認したが 100kN 以上ではほぼ線形性が見られる。図-5 の活荷重状態では活荷重繰り返し状態での再現性を確認できた。試験体は、試験期間載荷試験機に存置したのではなく、各試験日に新たに設置を行ったが、3 日間、死荷重、活荷重ともにほぼ同等変位荷重の傾き値を示した。このことから、変位荷重係数の再現性について、確認されたと考えられる。また、支承中心に載荷した場合と上沓を偏心させた場合でも同等な値であったことから上沓が温度変化で橋軸方向に動いても変位荷重係数に再現性があることがわかった。また、図-6 に支承最大反力までの変位荷重係数を示す。曲線は若干下に凸の形になっている。これは、BPB 支承のゴム体の持つ粘弾性によるものであり、変位荷重曲線は載荷時と除荷時では一致しない。

図-4 死荷重状態の変位荷重係数

図-5 活荷重状態の変位荷重係数

図-6 支承全荷重載荷時の変位荷重係数

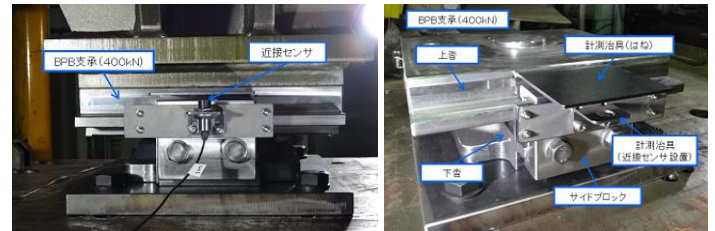


写真-1 近接センサ設置状況

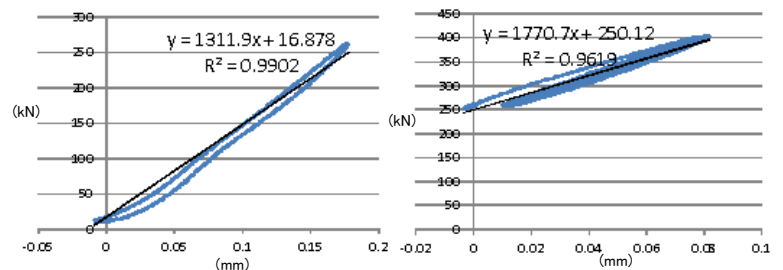


図-4 死荷重状態の変位荷重係数

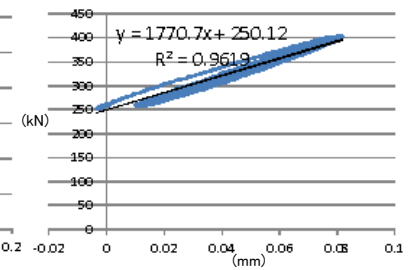


図-5 活荷重状態の変位荷重係数

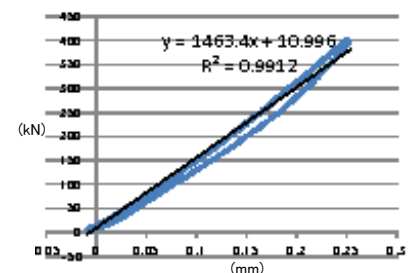


図-6 支承全荷重載荷時の  
変位荷重係数

### 5. 最後に

本報告はシステムの社内試験の報告である。現場適用に当たっては、施工時の目的（計測対象：支承取り換え時の死荷重計測、道路活荷重の計測など）に応じて、施工の簡便性、計測表示性などが必要であると認識している。また、現場の交通騒音などに伴うノイズの処理なども課題となる。次回適切な現場計測結果について報告する。最後に本近接センサを使った反力計測方法については、NEXCO 西日本コンサルタンツ株式会社様と共同で特許を出願している。また、本方法案の構築に対しては西日本高速道路株式会社様の大城壮司氏にご助言をいただいた。さらに、社内試験は、日本鑄造株式会社様に試験機をお借りするとともに多くのご指導をいただいた。紙面を持って感謝の意を示すものである。

### 参考文献

- 1) 玉越隆史ら：道路橋の定期点検に関する参考資料（2013 年度版），国土技術政策総合研究所資料 No. 748，2013. 7
- 2) オムロン HP：http://www.fa.omron.co.jp/products/family/1457/feature.html