

デジタル写真を用いた通信専用橋の残留変形計測

NTT アクセスサービスシステム研究所 正会員 ○馬場 進
 東洋大学 工学部 正会員 鈴木 崇伸
 大成基礎設計株式会社 柏井 善夫
 日本技術開発株式会社 正会員 森 敦

1. はじめに

新潟県中越地震による NTT 通信設備の被災は道路崩壊を伴う被災を除いては比較的軽微なものであった。専用橋にも通信支障に至る被災はなかったが、樺沢橋で過去に報告事例のない橋梁の主桁が座屈する被災が発生した。2005 年 11 月にデジタル写真計測を用いて被災による変形を定量化した結果、塑性範囲に至る変形であることが分かった。このため、設備の安全性を確保するため 2006 年 11 月に再度デジタル写真による計測を行った。本稿は 2 回のデジタル写真計測により判明した変形の進行を報告するものである。

2. 樺沢橋の緒元および被災状況

橋梁の緒元を表 2-1 に示す。溝型鋼 2 本を主桁とする通信ケーブル専用の橋である。当該橋梁について左岸側橋台の背面で沈下および橋台部の前面への移動の報告がある。設置位置は道路橋下流側であり、漂流物が当たる可能性は少ない。被災の発生メカニズムとしては地震時の慣性力または地盤の変状により左岸側橋台が前面に移動し、主桁に軸方向の圧縮力が作用した可能性が指摘できる。その結果、主桁中央部で最大 10.5 cm 程度の面外変形が発生したと想定される。NTT 専用橋の中でも圧延鋼桁橋は橋梁重量に対する支承（アンカーボルト）の耐力が大きい。落橋の危険性は少ない反面、主桁が損傷を受ける可能性は高いと言える。

表 2-1 樺沢橋 緒元

橋梁種別	圧延鋼桁橋
主 桁	200×80×7.5×11 溝型鋼(JIS3192) L=8400mm SS400
支承アンカー	丸鋼φ20 SS400 1本/1支承

3. デジタル写真の概要

今回の計測にデジタル写真計測を用いた理由の1つは3次元座標を算出できることである。バンドル法を用いて以下の共線条件により算出される。

- ①カメラ焦点、画像上のターゲット中心、実際のターゲット中心が直線状にある。
- ②ターゲットからの全ての光線がカメラの焦点に集まる。
- ③全てのカメラからの光線がターゲット中心に集まる。

測定対象物の大きさは長さを検定したスケールバーにより決定する。

もう1つの理由は現地での作業能率が高いことである。EOデバイスと呼ばれる既知の座標点を用いることで撮影位置を特定できるため、トランシット、レベル等の計測機器のような据付作業、位置の計測作業の必要がなく、カメラを手で持ち任意の位置で撮影することが可能である。

一般的にEOデバイスは既知の座標点を5点配置した器具を使用するが、今回は図 3-1 に示すように現地に座標点を設定した。この座標点は概略の撮影位置の分かった3枚以上の写真から算出することが可能であるため、厳密な計測は必要としない。

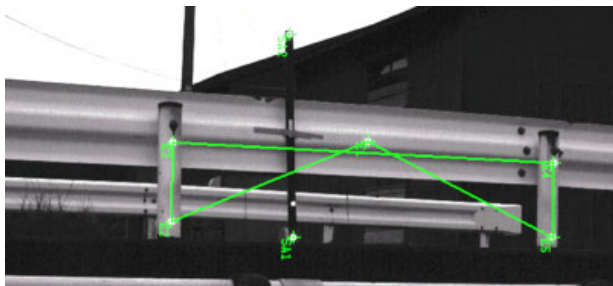


図 3-1 現地に設定した座標点

4. 変位計測

橋梁の変位を計測するための計測線は、上流側鋼桁上フランジに1本、2列並びの管路に各1本、下流側鋼桁上フランジに2本、下流側主桁ウェブ中央に1本の計6本を設定した。計測線の設定状況ならびに座標系を図 4-1 に示す。地震発生前は各計測線とも直線であったと仮定し、直線からの変位が地震による変位と考える。測定は計測線上に貼った反射ターゲットを単焦点レンズカメラで撮影し、ターゲットの中心座標を専用プログラムにより、解析的に求める。

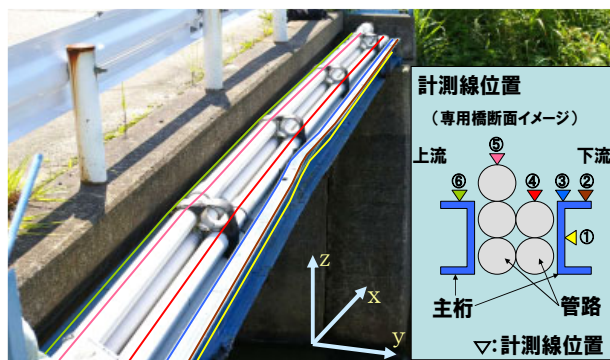


図 4-1 計測線の設定状況

5. 計測精度

ディジタル写真計測の精度を確認するため、図5-1に示すように2本のスケールバーを使用し測定誤差を求めた。解析結果を表5-1に示す。長さは2本のスケールバーの平均値としたため、この結果からmm単位の測定には十分な精度があることが検証された。

表 5-1 スケールバーによる解析誤差

名称	検定値(mm)	解析値(mm)	誤差(mm)
SA	959.18	985.10	0.08
SB	958.15	958.23	-0.08

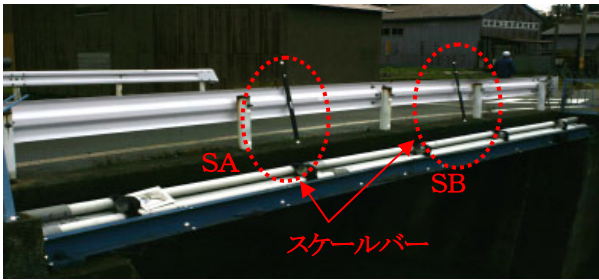


図 5-1 スケールバーの設置状況

6. 計測結果と残留変形の増加

2005 年の計測により局所的な変形が発生した下流側主桁（計測線②）のひずみは 1.2%と算出されている。このひずみは限界強さには至らないが、弾性限度を超え塑性範囲に入っているため、変位の増加が懸念されていた。

図6-1はx y座標系（水平方向）について2005年と2006年の計測結果を比較した。着目していた計測線②の変位には変化が見られず、上流側主桁（計測線⑥）の橋軸方向距離1000mm付近で最大5.9mmの変化が生じた。ただし変位は減少する方向に変化している。

図6-2はx z座標系（鉛直方向）について2005年と2006年の計測結果を比較した。鉛直方向の変位も水平方向と同様に計測線②には変化が見られず、計測線⑥に変化が生じている。変位は最大で14.9mm増加した。

主桁の変位を増加させる外力として、a. 橋台の移動による圧縮力の作用、b. 積雪荷重 が考えられる。主桁が橋軸方向の圧縮力を受けた場合には水平、鉛直方向とも既存の変位が増加すると考えられる。積雪荷重による曲げモーメントを受けた場合には鉛直方向へ変位が増加すると考えられ、計測された変位の増加状況と合致する。変位が増加した原因を積雪荷重と仮定し、表6-1の条件で積雪時の発生応力を算出すると86N/mm²となる。塑性変形とねじれ変形の発生により許容応力度86 N/mm²以下となっている可能性がある。

表 6-1 積雪時の応力算定条件

桁 幅	0.5m	橋桁荷重	500N/m
支 間	8.4m	管路・ケーブル荷重	300N/m
断面係数	195cm ³ × 2	積雪荷重*	3000N/m

*：積雪深さ1cm当たり1m²について30N/m²、積雪を2mと仮定し、30N/m²・cm × 200cm × 0.5m = 3000N/m

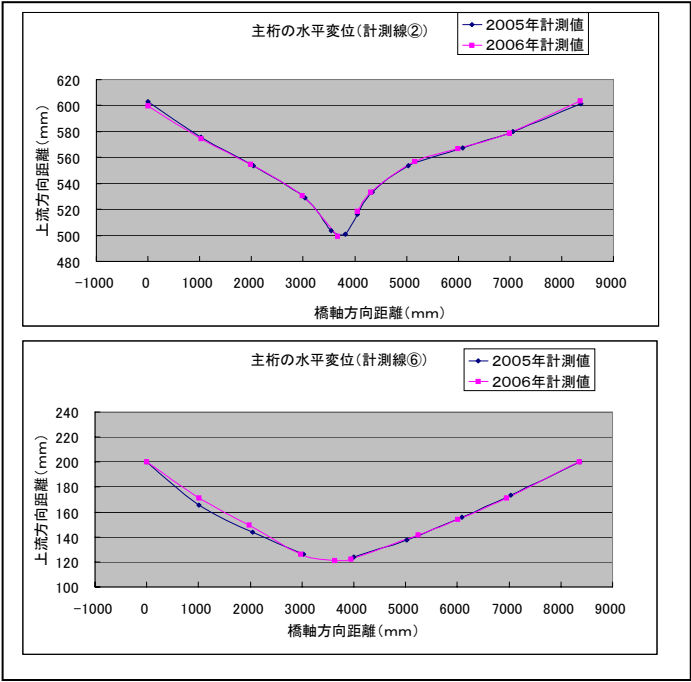


図 6-1 水平方向の変位比較

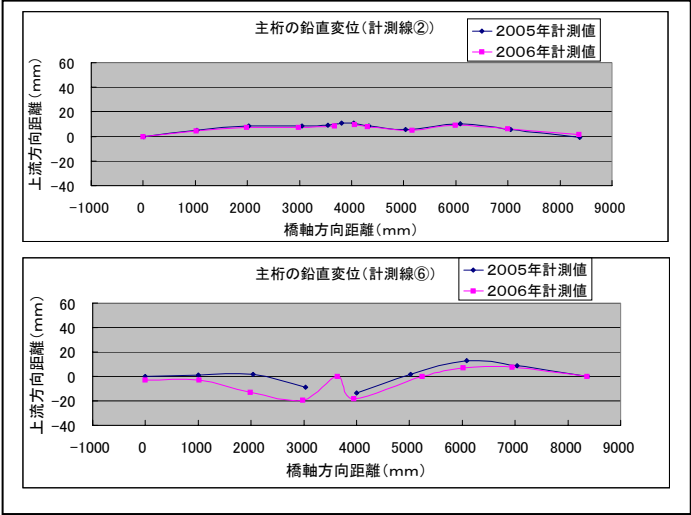


図 6-2 鉛直方向の変位比較

7. まとめ

2005 年の計測では被災した専用橋に塑性領域に入る変形が発生していること、ねじれ変形により荷重を受ける断面形状が崩れていることを定量化した。さらに1年後に計測することにより変位が増加していることを定量的に把握した。今後も変位は増加して行くことが予想され、通信設備の信頼性を維持するために橋梁の架け替えが検討されている。また同時に同様の被災を防止するために部材の調査を行う予定である。

【参考文献】

- ・馬場、鈴木、柏井、森：第12回日本地震工学シンポジウム論文集 新潟県中越地震における通信専用橋の座屈被害の分析pp. 1506-1509
- ・馬場、鈴木、柏井、森：土木学会第59回年次学術講演概要集 写真計測を用いた被災した通信専用橋の健全性評価