

### 志津見大橋（複合トラス橋）の実橋載荷実験

オリエンタル建設(株) 正会員 工修 ○吉川 卓  
 国土交通省 中国地方整備局 藤原 浩幸  
 金沢大学大学院 工博 深田 幸史  
 オリエンタル建設(株) 正会員 工修 大木 太

#### 1. はじめに

志津見大橋は、島根県飯石郡飯南町に施工された橋長 280m の 5 径間連続複合トラス橋である。複合橋は、近年、波形鋼板ウェブ PC 橋を中心に数多く施工されているが、複合トラス橋については現在のところ施工数が少ない。そのため、複合トラス橋の耐震・耐風設計を行う際に重要となってくる動的特性について、木ノ川高架橋においての報告<sup>1)</sup>があるのみで十分把握できているとは言い難い。また、道路橋示方書における衝撃係数については複合トラス橋に関する規定はなく、道路橋示方書の衝撃係数に相当する実橋の動的増幅率について測定された事例はない。そこで、本研究では志津見大橋における動的特性（固有振動数，減衰定数，動的増幅率）を把握することを目的として、志津見大橋を対象に試験車両を用いた載荷実験を行った。

#### 2. 実験概要

本実験の概要を表-1に示す。実験は、試験車両(総重量 196kN 車)を使用して行った。本実験における計測位置を図-1に示す。計測断面は、施工時計測に使用した断面(トラス断面1~3, 箱桁断面)に加え、P1-P2 径間中間中央(トラス断面4)を設定した。各断面の上下床版には埋込型ひずみ計，鋼トラス材にはひずみゲージを設置し，荷重載荷時におけるひずみの状態を計測した。また，静的載荷実験では，レベルを使用して主桁のたわみを計測し，衝撃・車両走行実験では，地覆上に設置したサーボ型速度計により主桁の動的応答を計測した。なお，実験時のゴム支承の挙動を確認するために，各支承(全6箇所)に変位計を設置し支承の振動を計測した。また，P1 橋脚天端には加速度計を設置し橋脚天端の振動の計測を行った。

表-1 実験概要

実験	概要
静的載荷実験	試験車両による影響線載荷を行い，静的荷重載荷における解析モデルの妥当性を検証する。
衝撃加振実験	試験車両の前輪を高さ 10cm の台上より落下させたときの自由減衰振動の計測を行い，固有振動数，モード減衰定数を算出する。
車両走行実験	試験車両を一定速度で走行させ，動的応答の計測を行う。

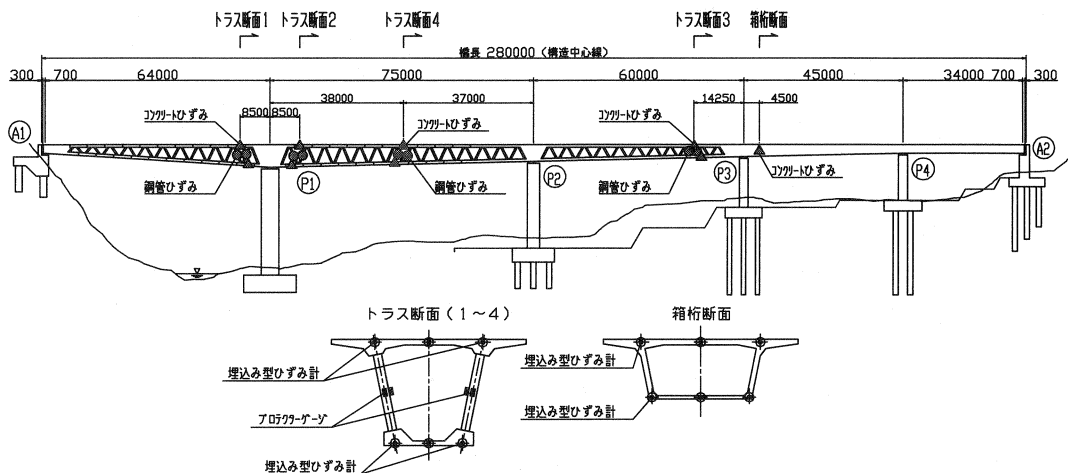


図-1 計測断面位置図

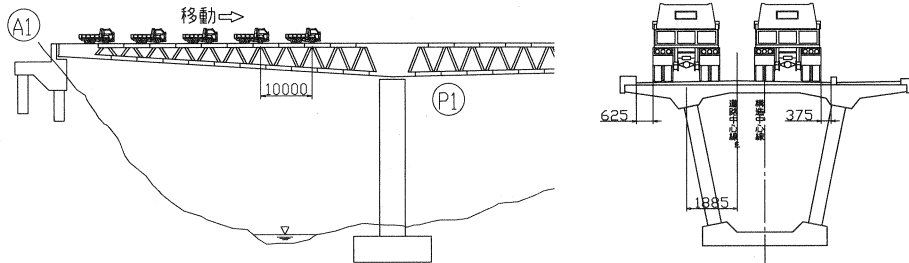


図-2 静的載荷実験載荷位置



写真-1 静的載荷実験状況

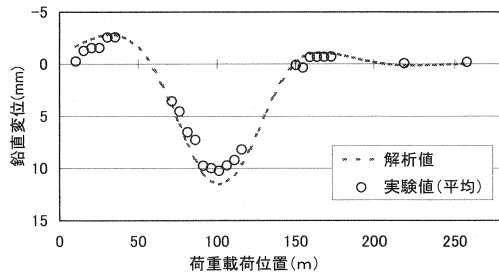


図-3 鉛直変位(トラス断面4)

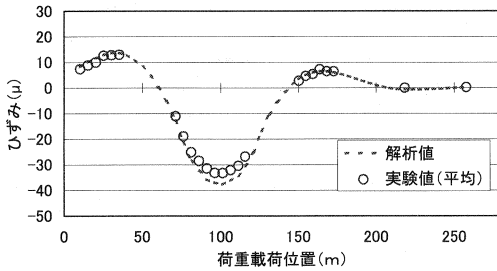


図-4 下床版ひずみ(トラス断面4)

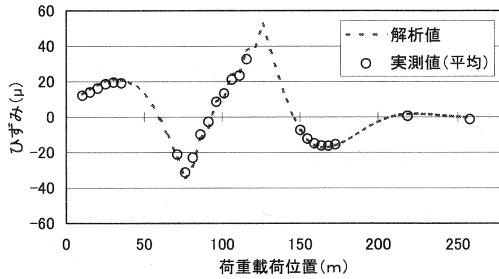


図-5 鋼トラス材ひずみ(トラス断面4)

### 3. 静的載荷実験

静的載荷実験における載荷位置を図-2に、実験状況を写真-1に示す。実験では、道路橋示方書のB活荷重を想定し試験車両を10台(2台並列)使用して影響線載荷を行った。荷重載荷位置は、車頭間隔を10mとし先頭車両の前輪がトラス格点位置となるよう設定した。図-3~5に実験結果として、トラス断面4における鉛直変位および下床版ひずみ、鋼トラス材ひずみを示す。ここで、図中の解析値は、設計計算で使用した骨組解析によるものである。また、実験値は2回行った載荷の平均値を示し、図中圧縮ひずみを正としている。いずれの結果も、解析値は実験値とほぼ一致しており、解析手法の妥当性が確認された。

### 4. 衝撃加振実験

衝撃加振実験では、車両前輪を高さ10cmの位置から落下させて橋梁に発生した振動を測定し、固有振動数およびモード減衰定数の算出を行った。荷重の載荷位置は、複合トラス断面については支間の1/4, 1/2, 3/4点とし、箱桁断面については支間の1/2点とした。各断面では、面内曲げモードに着目した構造中心線上での載荷、およびねじれモードに着目した偏心載荷を行った。図-6に載荷位置および速度計の設置位置を、図-7に断面における載荷位置を示す。また、実験状況を写真-2に示す。衝撃加振実験より得られた、各モードの固有振動数およびモード減衰定数を表-2に示す。表中には、FEMモデルを用いた固有値解析の結果を付記している。ここで、実験時のゴム支承のせん断変形は、微小であったことを考慮し(橋軸方向に0.1mm

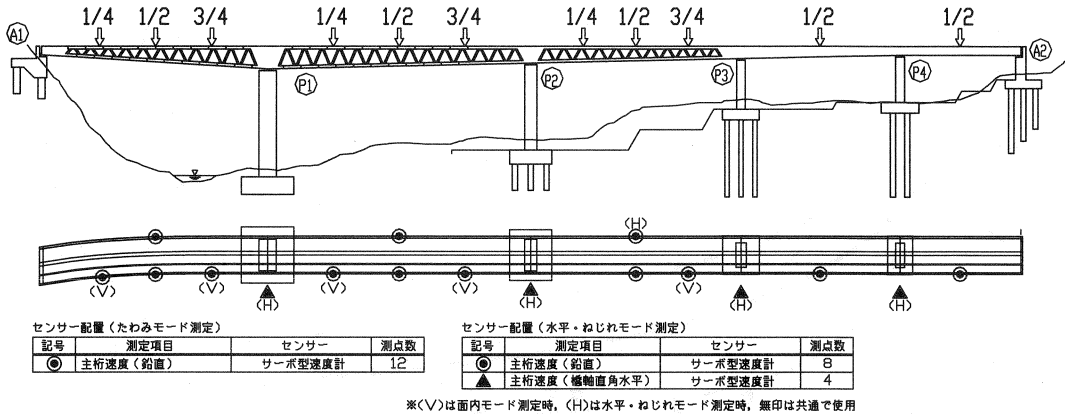


図-6 衝撃加振実験荷位置およびセンサー設置位置

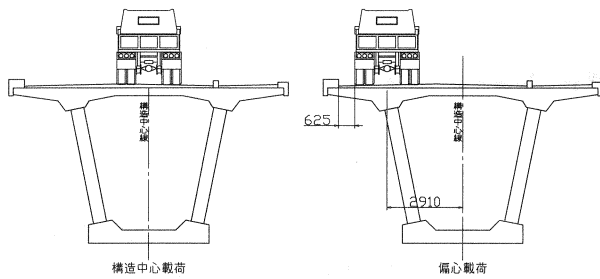


図-7 衝撃加振実験載荷断面図

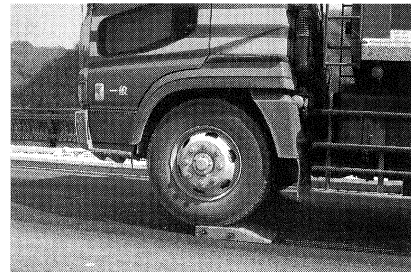


写真-2 衝撃加振実験状況

以下、FEM解析におけるゴム支承の剛性を設計計算に用いた剛性の10倍とした。

固有振動数は、ねじれモードに対して解析値が実験値より若干小さな値となっているが、面内モードに対しては解析値が実験値とほぼ一致していることから、FEM解析モデルにおける剛性評価は妥当なものであると判断される。一方、減衰定数については、面内1次モードに対して0.5%と既往のPC橋における実験結果<sup>2)</sup>の平均値(1.7%)と比較して小さな値となっている。一方、既往のPC連続桁橋の結果と比較すると、本橋の減衰定数はその下限値程度となっており、木ノ川高架橋の結果<sup>1)</sup>(0.54%)とほぼ等しい結果であった。このような結果が得られたのは、前述のようにゴム支承のせん断変形が微小であったことから、ゴム支承によるエネルギー吸収が小さかったこと、また地盤への逸散減衰の影響が小さかったためと考えられる。

表-2 固有振動数および減衰定数

振動モード		固有振動数(Hz)		減衰定数(%)	
		実験値	解析値		
面内	1次	たわみ1次	2.169	2.089	0.5
	2次	たわみ2次	2.748	2.801	0.5
	3次	たわみ3次	3.004	3.182	0.5
	4次	たわみ4次	5.530	5.933	0.2
ねじれ	1次	P1-P2間ねじれ1次	4.117	3.925	1.0
	2次	P1-P2間ねじれ2次	4.701	4.109	0.4
	3次	A1-P1間ねじれ1次	6.178	5.117	0.3
	4次	P2-P3間ねじれ1次	6.428	5.851	0.5

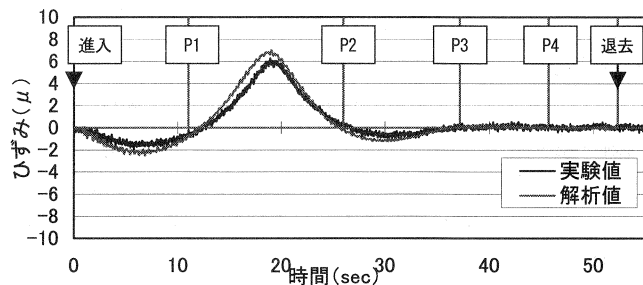


図-8 P1-P2支間中央下床版ひずみ波形(20km/h 1台走行)

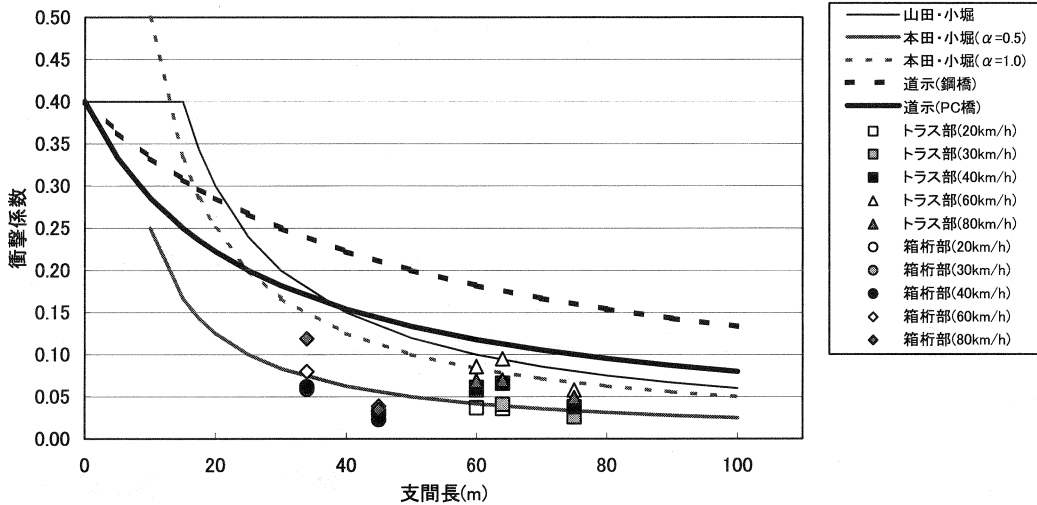


図-9 支間長と衝撃係数の関係

5. 車両走行実験

車両走行実験では、橋面上に設置した速度計および床版内に埋め込まれたひずみ計、鋼トラスに設置したひずみゲージを用いて、車両走行時の動的応答の計測を行った。車両の走行ケースは、速度を 20km/h, 30km/h, 40km/h の 3 ケースとし、連行する車両台数を 1 台, 2 台, 4 台の 3 パターン設定した。また、走行方向は A1 → A2 および A2 → A1 の 2 ケースとした。なお、試験車両走行時の車頭間隔は 20m に設定した。

実験結果の一例として、速度 20km/h, 1 台走行時の P1-P2 支間中央下床版のひずみ波形と、前述の FEM 解析モデルを用いた車両走行解析によるひずみ波形を図-8 に示す。ここで、車両走行解析における減衰マトリクスは Rayleigh 減衰で仮定し、たわみ 1 次およびたわみ 2 次の振動数に対して実験で得られた減衰定数 0.5% を設定した。図より、解析値と実験値の波形はほぼ一致していることから、本解析により算出される車両走行時の動的応答値は実橋の値を精度良く評価しているものと判断される。

6. 衝撃係数に関する検討

一般に、動的増幅率は、走行車両数が増加するほど減少する傾向にあることが知られており、本実験より算出された動的増幅率を直接、設計の衝撃係数と比較するのは適切ではない。しかし、設計荷重に相当する車両数の走行実験を行うことは容易ではないため、本検討では設計荷重相当 (車両 14 台 : 2 台並列) の車両走行解析によって衝撃係数を算出することとした。図-9 に、支間長と車両走行解析より算出した床版の衝撃係数 (動的増幅率 - 1) を示す。図中、既往の研究<sup>3, 4)</sup> による衝撃係数と、道路橋示方書の衝撃係数を比較して示している。道路橋示方書で衝撃係数は、支間長の増加に伴い小さくなる式で規定されており、本橋の衝撃係数は支間 45m (箱桁部) を除くと、ほぼその傾向が見られる。支間長 45m の値が他の径間より小さく示されていることや、車両速度の増加に伴い必ずしも衝撃係数が増加していないのは、支間長や走行車両の固有振動特性の影響によるものと考えられる。本橋の衝撃係数は、山田・小堀式<sup>3)</sup> と本田・小堀式<sup>4)</sup> の側径間のスパン比  $\alpha=0.5$  ( $\alpha$  : 中央支間長に対する側径間長の比) の間の値となった。また、いずれの値も道路橋示方書の衝撃係数 (PC 橋) を下回っており、設計に用いた衝撃係数が安全側であったことが確認できた。

参考文献

- 1) 河野, 鈴木, 山野辺, 南 : 鋼・コンクリート複合トラス橋 (木ノ川高架橋) の振動特性, 第 12 回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム, pp285-288, 2003. 10.
- 2) 角谷, 青木, 山野辺, 吉川, 立神 : 波形鋼板ウェブ PC 橋の振動特性 その 2 - 振動解析 -, プレストレストコンクリート, Vol. 45, No. 3, pp35-43, 2003. 3.
- 3) 山田, 小堀 : 活荷重に対する道路橋の動的応答 - 衝撃係数 - に関する考察, 土木学会論文集, No. 148, pp40-50, 1967. 12.
- 4) 本田, 小堀 : 走行自動車による 3 径間連続桁橋の動的応答と衝撃係数, 土木学会論文報告集, No. 313, pp13-22, 1981. 9.