

格点部を取り入れた実鋼トラス橋の解析モデルの妥当性について

早稲田大学 学生会員 ○関根 正之
 早稲田大学 正会員 笠野 英行
 早稲田大学 フェロー 依田 照彦
 首都大学東京 フェロー 野上 邦栄

(独) 土木研究所 正会員 村越 潤
 (独) 土木研究所 正会員 梁取 直樹
 (独) 土木研究所 正会員 前田 和裕
 (独) 土木研究所 正会員 澤田 守

1. 研究目的

近年、供用開始から長期間が経過した鋼トラス橋において、致命的な事故に至る寸前の重大損傷（主部材の腐食事例など）が相次いで報告されている。

2007年8月、米国ミネソタ州で発生した I-35W 橋崩落事故では、格点部の腐食欠損等が直接の原因ではないものの、それらに対する点検・健全度評価の重要性を改めて認識させられた¹⁾。

今後、老朽化した鋼トラス橋はさらに増加することが予想される。老朽化による一部の部材の損傷が橋梁全体の致命傷とならないように、構造的冗長性（リダンダンシー）の観点から橋梁の安全性の評価方法を検討する必要がある。

本研究ではその最初のステップとして、図 1.1 に示す実橋梁銚子大橋による载荷試験から得られた実測データと、本研究で作成した FEM モデルの解析結果との整合性について検証する。

2. 解析モデル

本研究では図 2.1 のような橋梁全体のモデルに図 2.2 に示す格点部の詳細なモデルを図 2.3 に示した位置 (P72d) に組み込んだモデルを使用した。主構部材にははり要素、床版部分・格点部の詳細なモデル部分にはシェル要素を用いた。主構部材のはり要素は格点において剛結合とし、P72d における格点部の詳細なモデルは剛なはり要素で主構部材に接合した。

解析ソフトは有限要素法の汎用プログラムである DIANA9.2 を用いた。

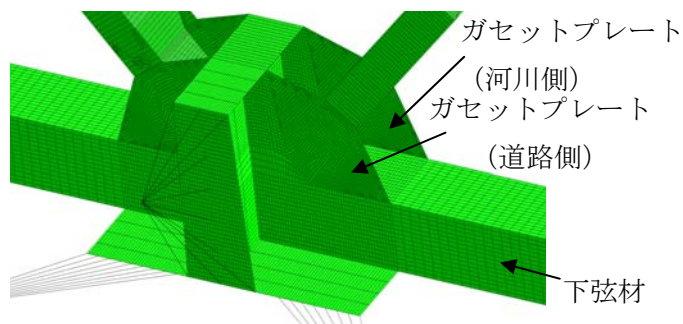


図 2.2 格点部(P72d)の詳細なモデル

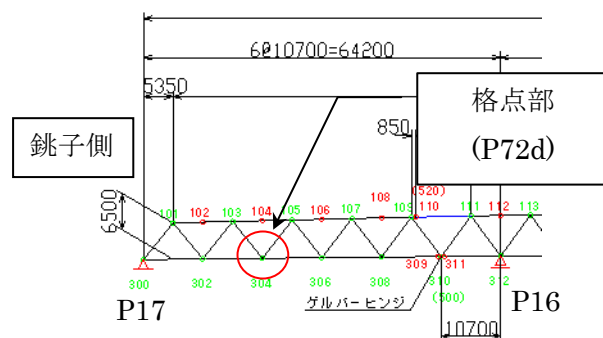


図 2.3 格点部モデルの組み込み位置

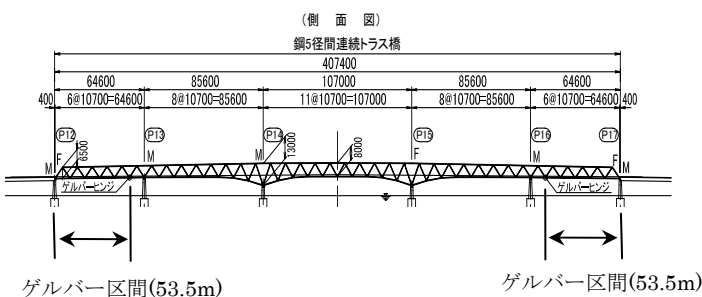


図 1.1 対象橋梁一般図

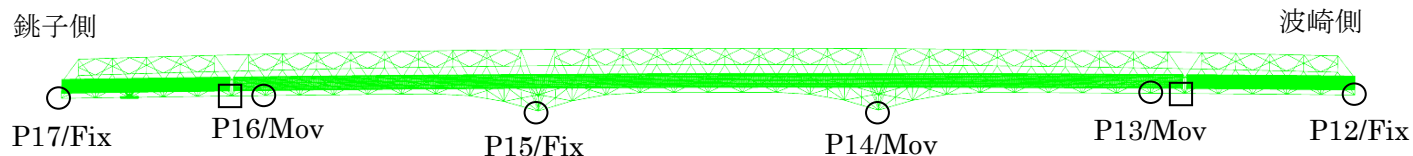


図 2.1 橋梁全体のモデル

○: 支承の位置 □: ゲルバーヒンジ

キーワード；鋼トラス橋，格点部，ガセットプレート，FEM解析，载荷試験

連絡先；〒169-8555 東京都新宿区大久保3-4-1

早稲田大学社会環境工学科 依田研究室

3. 解析条件

本研究では、実橋載荷試験と同条件の荷重を FEM 解析モデルに入力し、実橋梁との整合性を検証する。

3.1 荷重車格点載荷

(i) 橋梁全体のたわみ量

橋梁中央径間の中央部分に 1 台あたり約 20t（前軸 5.54t，後タンデム軸 14.42t）に調整した荷重車 2 台を直列に載荷した際のたわみ量を解析値と実測値とで比較する。

(ii) トラス部材の軸ひずみ

図 3.1 に示すように、トラス上弦材格点部（P71）直下およびトラス下弦材格点部（P72）上に 1 台あたり約 20t（前軸 5.54t，後タンデム軸 14.42t）に調整した荷重車 2 台を直列に載荷し、トラス部材の軸ひずみを解析値と実測値とで比較する。表 3.1 に各ケースの載荷条件について示す。表 3.1 中の中央および下流の載荷位置は図 3.2 に示すとおりである。

表 3.1 各ケースの載荷条件

	直列/並列	橋軸直角方向 載荷位置	橋軸方向 載荷位置
CASE1	直列	中央	P71 直下
CASE2	直列	下流	P71 直下
CASE3	直列	中央	P72 直上
CASE4	直列	下流	P72 直上

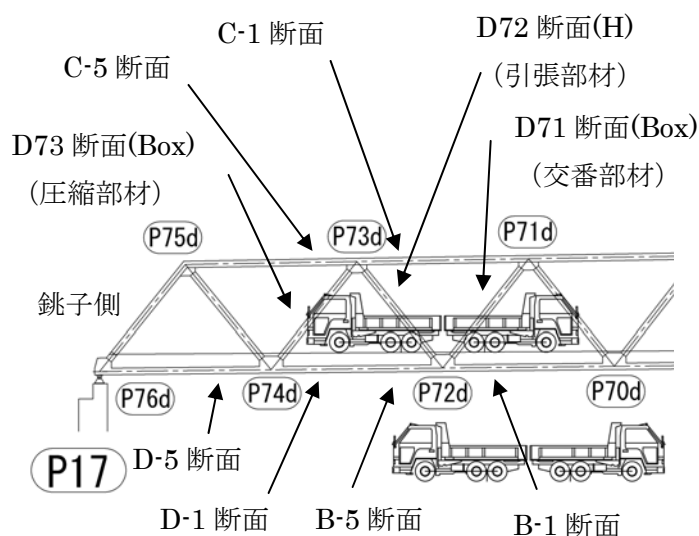
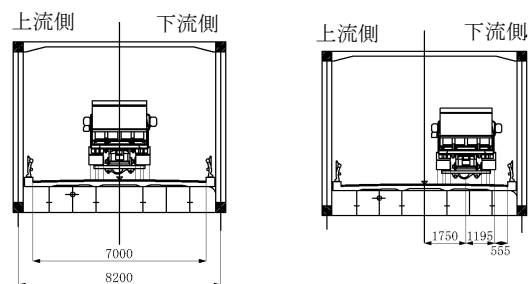


図 3.1 荷重車載荷位置と計測断面位置



(a)中央

(b)下流

図 3.2 荷重車載荷位置

(iii) 格点部(P72d)のひずみ

トラス下弦材格点部（P72）下流側に 1 台あたり約 20t（前軸 5.54t，後タンデム軸 14.42t）に調整した荷重車 2 台を直列に載荷し、下流側の格点部（P72d）のひずみを解析値と実測値とで比較する。

3.2 影響線載荷

図 3.3 に示すように、約 20t（前軸 5.54t，後タンデム軸 14.42t）に調整した荷重車 1 台を各載荷位置に静的に載荷させる。上流側と下流側に偏心載荷する。

- ・荷重車載荷区間：ゲルバー区間(53.5m)
- ・荷重車の移動方向：P76 から P66

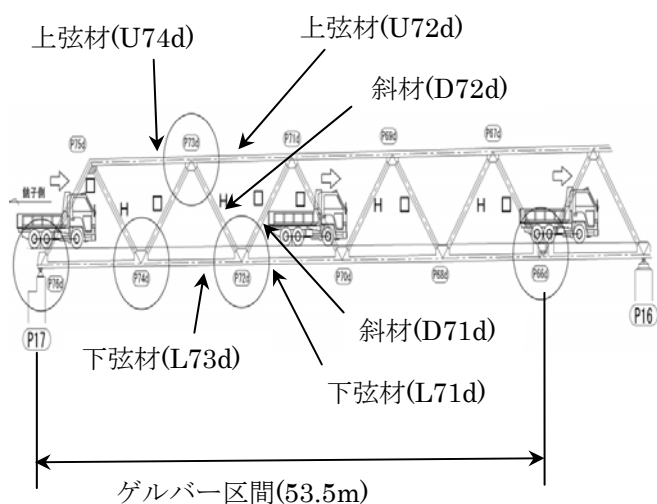


図 3.3 計測断面位置

4. 解析結果

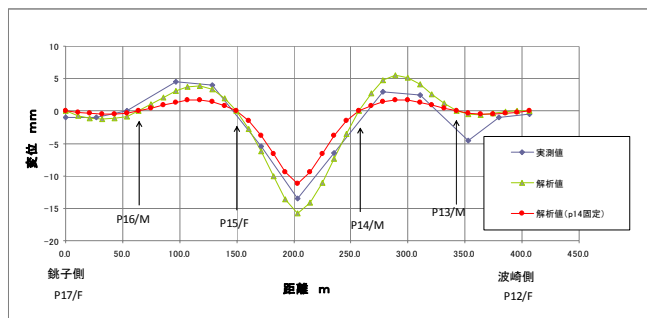
以下に、解析結果と実測値との比較を示す。

4.1 荷重車格点載荷

(i) 橋梁全体のたわみ量

図 4.1 に示すように、荷重位置での実測値に対する解析値の誤差は、中央径間の中央部では 17%, P14 を固定支承（橋軸方向の水平移動を固定）とした場合は-17%であった（たわみ量が増える方向の誤差が正）。

ここで、P14 を固定して解析したのは、実測値の変位量が解析値の変位量に対して全体的に小さくなっている点に注目し、実橋梁において支承の可動性能が低下している場合を想定したためである。



※支承番号/固定条件 F：固定，M：可動

図 4.1 中央径間 40t 荷重時のたわみ量

(ii) トラス部材の軸ひずみ

図 4.2 に CASE1 の結果を示す。トラス部材の軸ひずみに関して、解析値と実測値は概ね一致していることが分かる。CASE2～ CASE4 に関しても同様のことが確認できた。

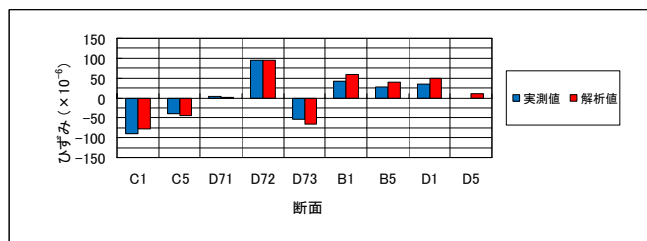


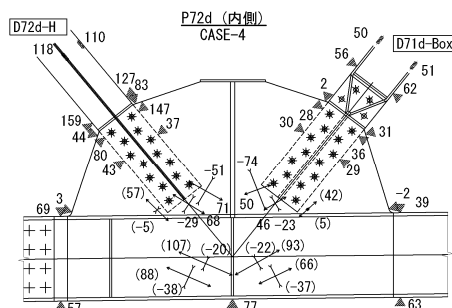
図 4.2 CASE1_直列/中央/P71 上荷荷

(iii) 格点部(P72d)のひずみ

内側（道路側）のガセットプレート表面のひずみについて、実測値を図 4.3 に、解析による最大・最小主ひずみの分布図を図 4.4 に示す。図 4.4 中の黒矢印はひずみ実測位置における最大主ひずみの方向を、黒線は最小主ひずみの方向を表している。

図 4.4(a)を見るとガセットプレートの斜材(72d-H)の先端部分に大きな最大主ひずみが発生していることが分かる。

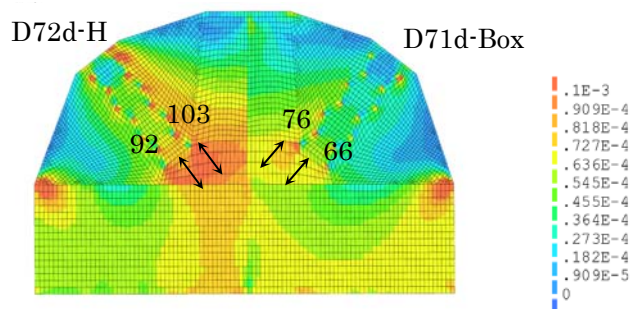
図 4.5(a)に見られるように、最大主ひずみに関しては多少の誤差はあるものの、数値・分布形状ともに解析値と実測値とで差が少ない。一方、図 4.5(b)の最小主ひずみの分布形状については、解析値と実測値とで差異が見られる。



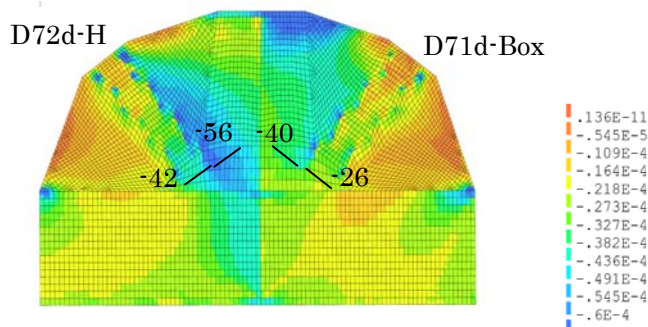
※単位： $\times 10^{-6}$

※ () 内の数値はガセット裏面のひずみ

図 4.3 内側（道路側）ガセット表面のひずみ（実測値）

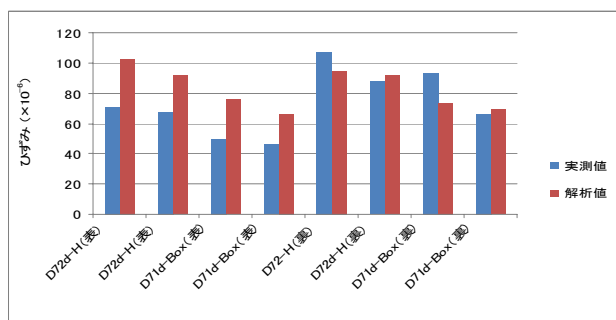


(a)最大主ひずみ

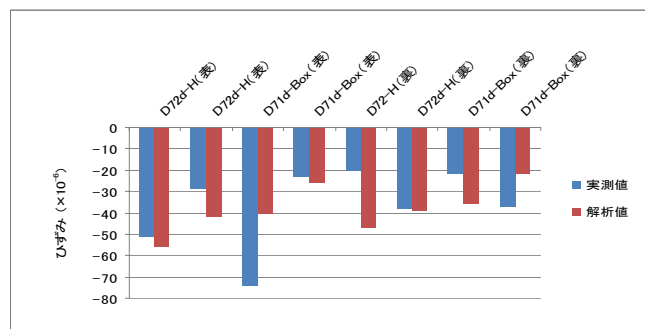


(b)最小主ひずみ

図 4.4 内側（道路側）ガセット表面の主ひずみ分布



(a)最大主ひずみ



(b)最小主ひずみ

図 4.5 内側（道路側）のひずみ量
の実測値と解析値の比較

4.2 影響線載荷

図 4.6, 図 4.7 より上弦材および下弦材の影響線に関して上流側・下流側ともに解析値と実測値は概ね一致している。

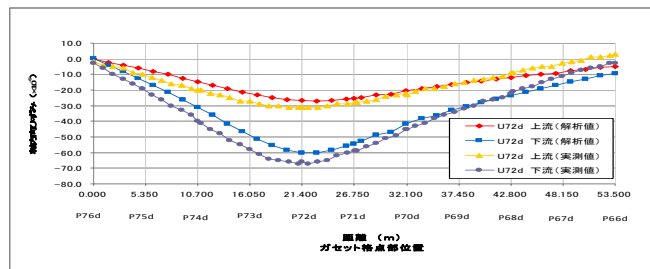


図 4.6 上弦材影響線(U72d)

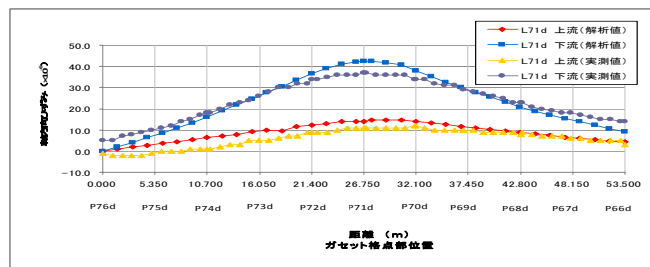


図 4.7 下弦材影響線(L71d)

5. 考察

5.1 橋梁全体のモデルについて

4.1 の(i)(ii)および 4.2 の解析結果より橋梁全体の FEMモデルは実橋梁の載荷試験における挙動を比較的正確に再現しているといえる。

4.1の(i)の解析結果より本橋の場合 P14 の可動支承は水平方向成分の抵抗が全く無い状態ではなく、摩擦など水平方向の力の影響を受けているために、実測値の絶対値は解析値よりも小さくなっていることも考えられる。

5.2 格点部の詳細なモデルについて

4.1 の(iii) の解析結果より、ガセットプレートに発生する主ひずみのベクトルは解析値と実測値とで概ね一致している。

図 4.5 より、解析値では表面・裏面の主ひずみの分布形状は比較的一致していることから面内力が支配的であると思われるが、実測値では最小主ひずみにおいて表面と裏面でひずみの分布形状が異なっている。この原因として、ひずみの絶対値が非常に小さいことによる計測誤差あるいはモデル化における誤差が考えられる。

5.3 まとめ

5.1 および 5.2 から橋梁全体のモデル、格点部の詳細なモデルともに載荷試験による実橋梁の挙動を比較的正確に再現できているといえる。つまり、実橋梁における格点部 P72d の挙動を橋梁全体のモデルに組み込んだ格点部の詳細なモデルによって再現できたと考えられる。

今後は、実橋梁から切り出した格点部 P72d を用いた載荷試験を行い、試験結果と本研究の格点部の詳細なモデルを用いた解析結果と比較することにより、格点部の残存耐荷性能の評価方法を検討する予定である。

謝辞

本研究は、3 者 ((独)土木研究所、首都大学東京、早稲田大学) による、腐食劣化の生じた橋梁部材の耐荷性能の評価手法に関する共同研究の一環として行っており、平成 21 年度建設技術研究開発助成を受けて実施されたものである。研究を進めるにあたり、千葉県銚子整備事務所の方々には多大なるご協力を頂いた。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 米国ミネアポリス橋梁崩落事故に関する技術調査団;米国ミネアポリス橋梁崩落事故に関する技術調査報告, 2007 年.

URL:http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha07/06/061023_2/01.pdf