

防災・減災の強化に向けた更なる耐震補強報告（その2）

—鋼桁と連続するトラス橋の耐震補強対策—

(株)オリエンタルコンサルタンツ 正会員 ○熊坂徹也, 審良郁夫, 宮内 健
東日本高速道路(株) 舘岡真仁, 田中周治

1. はじめに

高速道路では、地震によって被災しても速やかな復旧により緊急輸送路として機能させることが求められており、東日本高速道路株式会社では「更なる耐震補強」（平成28年熊本地震以降に実施する既設橋の耐震補強）に取り組むことで防災・減災に向けた耐震補強を実施している。本稿では、「更なる耐震補強」対象橋梁のうち、地震時の挙動が複雑であり、鋼部材の健全度の評価が困難な特殊橋梁型式の鋼桁と連続するトラス橋の耐震補強対策について検討した結果を報告するものである。

2. 対象橋梁の諸元

対象橋梁の諸元を以下に示す。本橋は、鋼桁橋と鋼トラス橋が連続するP1橋脚1点固定の橋梁である。

- ・橋長：162.000m・全幅員：10.700m
- ・上部工形式：鋼トラス+鋼2径間連続桁橋
- ・下部工形式：逆T式橋台、壁式・柱式橋脚
- ・基礎工形式：深礎杭φ3000、直接基礎
- ・竣工年：平成11年（平成6年道路橋示方書）

3. 解析モデルと耐震性能照査

(1) 解析モデル

対象橋梁は特殊橋梁であり、地震時の応答や部材の塑性箇所を明確にするため、解析方法は3次元非線形動的解析とした。解析モデルは上部工、下部工共に非線形要素（上部工：ファイバー要素、下部工：M-φ要素）を用いた多質点系の立体骨組みモデルとした（表-1）。トラス橋は既往の研究成果等により、格点部が剛結合での挙動に近いことが報告されており、またピン結合と剛結合を比較した結果、部材端部の曲げモーメントの影響が無視できないため、すべての格点を剛結合としたモデルを基本とした。

(2) 目標とする耐震性能と部材の限界状態

対象橋梁は高速自動車道の橋梁であり緊急輸送路として指定されている重要路線の橋梁であるため、耐震性能は「耐震性能2」となる。なお、報告(その1)をふまえて、主部材、二次部材の限界状態は、損傷後の座屈挙動や初期不整が橋梁全体系に影響を及ぼさない「力学的特性が弾性域を超えない限界の状態」とした。

(3) 部材の材料構成則

鋼部材の応力ひずみ曲線は図-3に示すバイリニア型とし、引張側の2次勾配は一般的な構造用鋼材の $E_2=E/100$ とした。圧縮側は道示に示される基準耐荷力曲線による降伏応力の低減により初期不整の影響を考慮した(図-3)。

キーワード トラス橋, 耐震補強, 非線形動的解析, ファイバーモデル, 免震化, 初期不整

連絡先 980-0811 仙台市青葉区一番町4丁目6-1 (株)オリエンタルコンサルタンツ東北支店 TEL022-215-5625

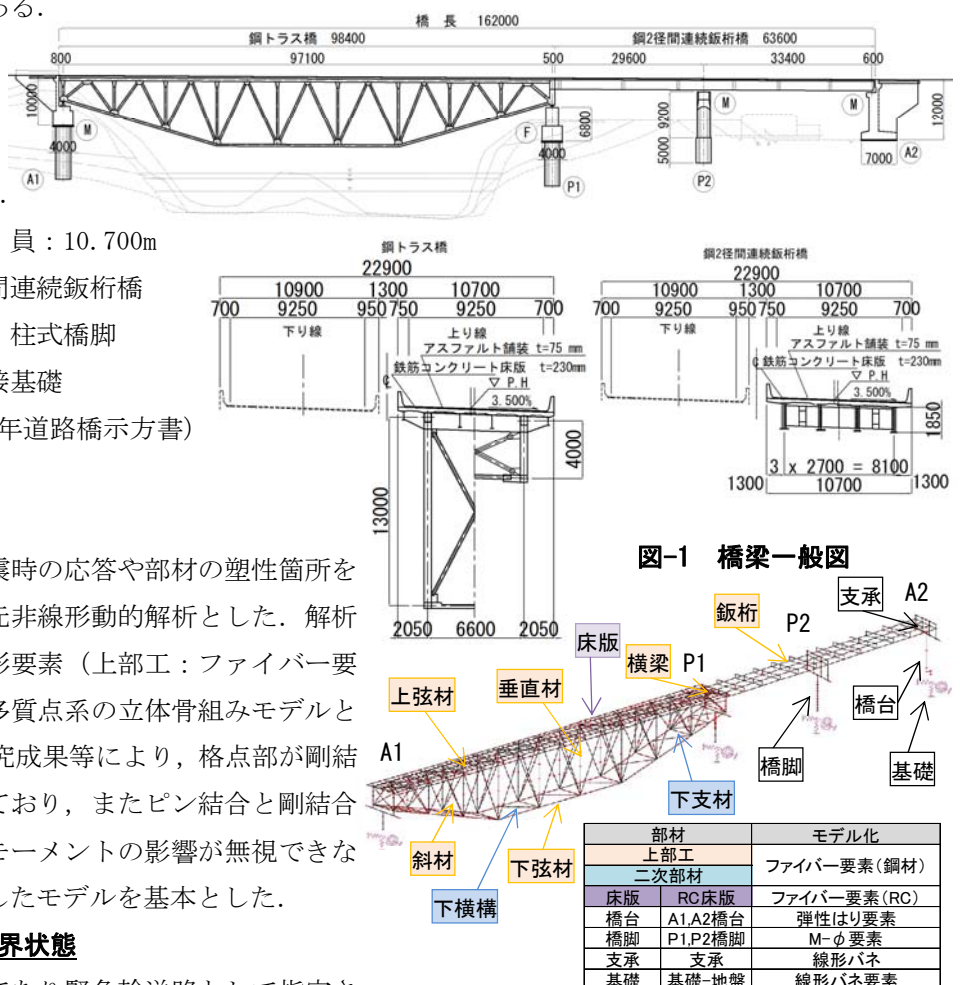


図-1 橋梁一般図

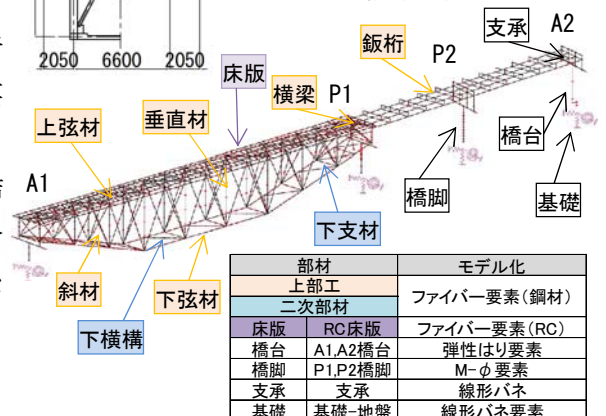


図-2 モデル図

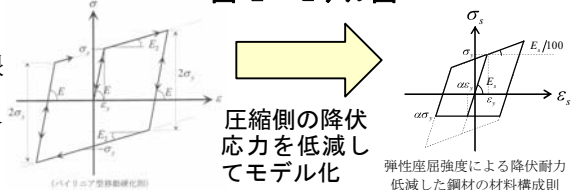


図-3 部材の材料構成則

(4) 現況の耐震性能照査結果

動的解析によるレベル2地震時の損傷状況を図-4に示す。橋軸方向は、P1橋脚1点固定のため、上部構造の全質量がP1橋脚に集中し、支承部周辺の下弦材、斜材等で塑性化が見られた。橋軸直角方向は、全支点固定のためA1、P1付近において支承拘束の影響により上下弦材、垂直材や二次部材等で塑性化が見られた。また、上部工に弓状の変形が生じ、支承部の回転によるアップリフトが生じた(図-4)。

4. 耐震補強工法の検討

(1) 耐震対策検討ケース

現況照査結果より、A1、P1付近で塑性化した部材の発生断面力低減を図るため、耐震補強工法として「①座屈拘束ブレースの設置」、「②せん断パネル型ダンパーの設置」、「③全方向免震支承への交換」の3案(図-5)を比較検討し、塑性化した部材数の低減、支承部のアップリフト低減を図る対策の検討を行った。

(2) 補強工法の選定結果

各補強ケースについて検討を行った結果、「①座屈拘束ブレース」や「②せん断パネル型ダンパー」の設置は、塑性化する部材は減少したが、二次部材等に塑性化が生じ、支承のアップリフトは解消されなかった。「③免震支承への交換」では、長周期化を図ることで加速度が約0.5倍に低減し、塑性化した多くの部材が弾性域に収まり、塑性化部材がA1支点付近の4部材となった。また、橋軸直角方向は支承交換により移動可能となったことで、支承部の回転が生じにくい構造となり、アップリフトが解消された。よって、本設計は「③免震支承への交換」を対策として採用した。

表-1 耐震対策検討結果(橋軸直角方向)

検討ケース	損傷部材	アップリフト
ケース①: 現況照査	65部材	有
ケース②: 座屈拘束ブレース	27部材	有
ケース③: せん断パネル型ダンパー	48部材	有
ケース④: 支承交換(免震支承)	4部材	無

5. まとめ

本設計において現況照査では、端支点の拘束により多くの部材が塑性化する結果となったが、免震支承への交換により二次部材を含む多くの部材が弾性域内に収めることができ、支承部のアップリフトも解消することができた。今後、二次部材の塑性化を許容する設計を行う際は、塑性化後の挙動を正確に表現可能なモデル化を行い、耐震性能照査を実施する必要があると考える。

謝辞: 本耐震検討を進めるにあたり、東北大学運上教授、東北学院大学中澤工学部長からは多大な助言を賜りました。厚く御礼を申し上げ、感謝の意を表します。

- 【参考文献】 1) 日本道路協会: 道路橋示方向書・同解説, V 耐震設計編, 平成24年3月
 2) 土木学会: 鋼・合成構造標準示方書, 2018年5月
 3) 土木学会: 座屈設計ガイドライン, 平成17年9月

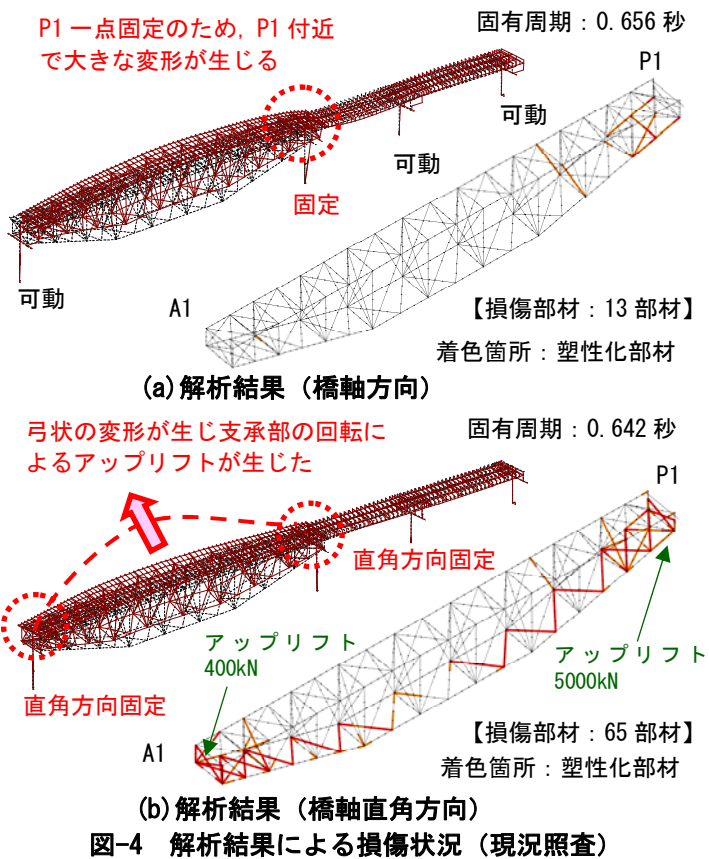
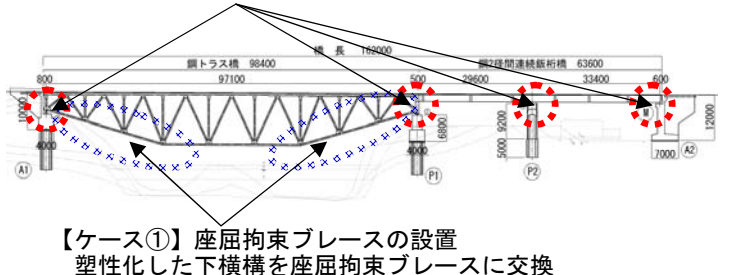


図-4 解析結果による損傷状況(現況照査)

- 【ケース②】せん断パネル型ダンパー設置
 【ケース③】支承交換(免震支承)
 各支承部にせん断パネル型ダンパー設置または支承交換



**【ケース①】座屈拘束ブレースの設置
 塑性化した下横構を座屈拘束ブレースに交換**

図-5 耐震対策検討ケース

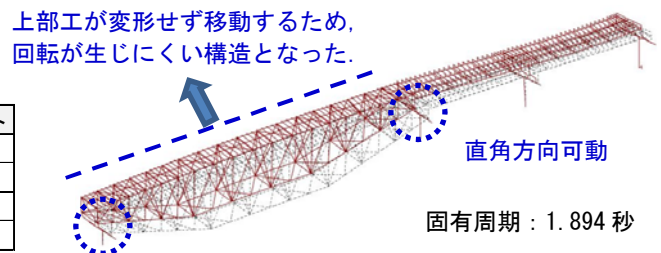


図-6 免震支承変形図(橋軸直角方向)