



既設3径間連続トラス橋の動的非線形耐震補強検討

— 制震ダンパー、制震ストッパーを用いた効果的制震対策の適用 —

株式会社土木技研

概要

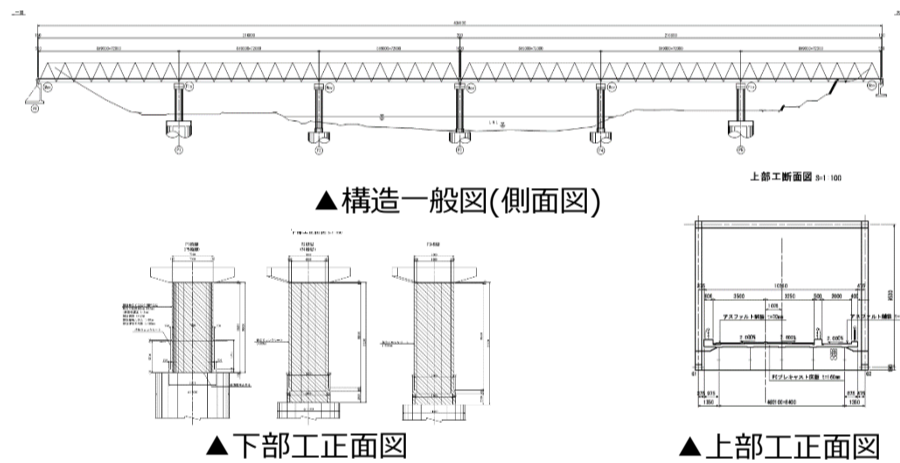
本橋は、供用後40年を経過した全長434.10mの3径間連続鋼下路式ワーレントラス橋2連である。近年の大型車交通量増加状況から、過年度にはH24道示に準じ、各橋脚は単柱としての耐震補強対策が行われている。本検討では、橋梁全体モデルでの3次元動的非線形解析を実行し、現況耐震性能照査、及び、制振ダンパー、制震ストッパーを採用しての効果的なL2地震時での耐震補強対策案の検討を行った。



▲現地写真

構造諸元

- 上部構造：3径間連続鋼下路式ワーレントラス橋2連（橋長434.10m、支間長72.00m×6支間）
- 下部構造：逆T式橋台、RC-T型単柱橋脚+并筒基礎(P1,P5)、ケーソン基礎(P2,P3,P4)
橋脚柱部はRC巻立補強済
- 幅員構成：10.250m
（有効幅員 車道6.75m、歩道2.00m）
- 耐震性能：耐震性能2
- 地盤種別：II種地盤
- 支承条件：固定・可動（固定：P1,P5橋脚）
- 耐震補強履歴：P1・P5：鋼板併用PPモルタル補強
P2・P3・P4：RC巻立補強



▲構造一般図(側面図)

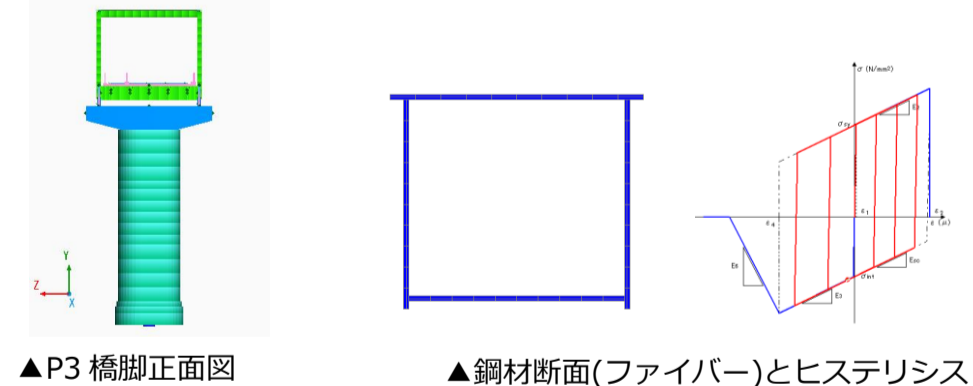
▲下部工正面図

▲上部工正面図

解析モデル

本橋は、P3橋脚を中心に左右の構造体が対称構造のため、解析はA1からP3径間を対象とした。主要部材は以下に示す要素を用いてモデル化を行った。

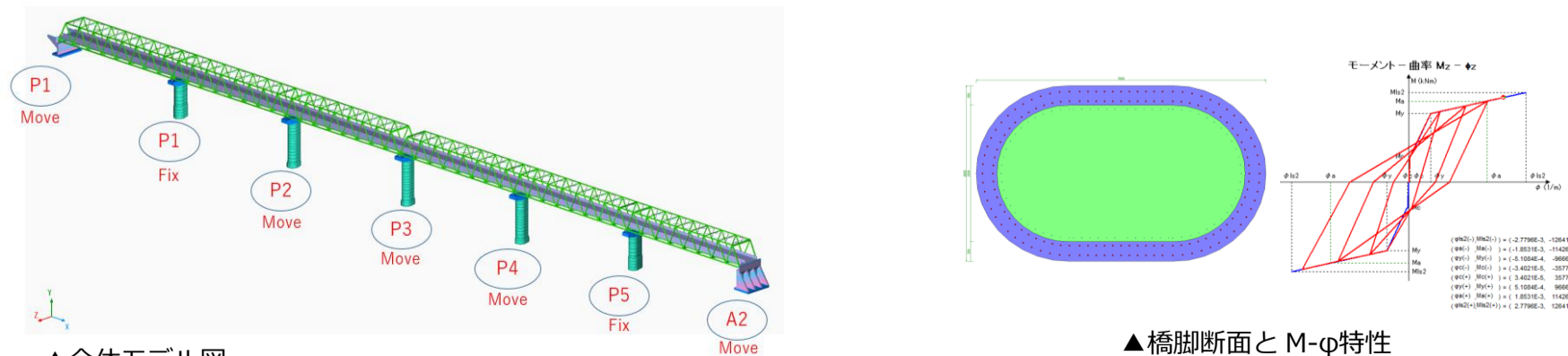
- 床版：弾性梁要素
- 上部工鋼部材：ファイバー要素
- 支承：ばね要素
- 橋台：弾性梁要素
- 橋脚：M-φ要素(RC巻立補強済)
- 基礎：基礎ばね



▲P3橋脚正面図

▲鋼材断面(ファイバー)とヒステリシス

以上の条件で動的非線形解析モデルを作成し、解析実行後の応答値を取得した。



▲全体モデル図

▲橋脚断面とM-φ特性

設計結果

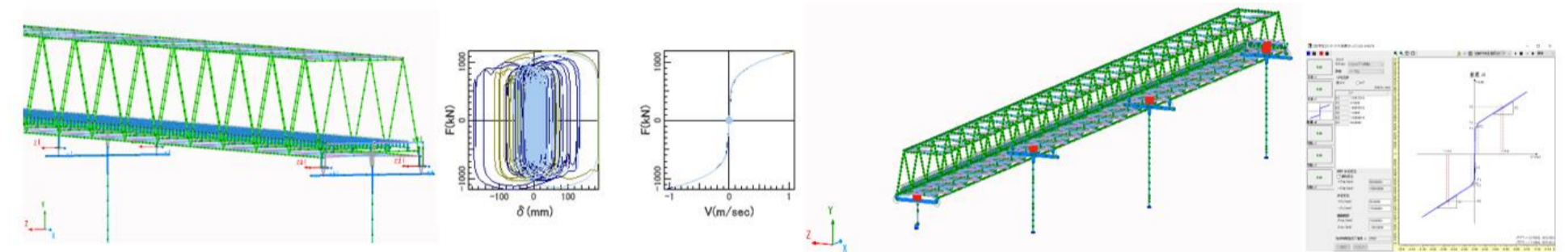
【現況照査結果】

降伏ひずみ照査では、支承条件が固定であるP1橋脚付近の下弦材や斜材の応答値が、降伏ひずみを超過する結果となった。また、曲げ耐力照査では、P1橋脚の基部付近で応答値が曲げ耐力を超過する結果となった。

【補強検討】

現況照査結果で確認された制限値超過対策のため、以下の方法を組み合わせて最適な種類と規格を検討した。

- 補強1：P2・P3橋脚橋軸方向側面に制震ダンパーを設置（橋軸方向対策）
- 補強2：各下部工橋座面位置に制震ストッパーを設置（直角方向対策）
- 補強3：上部鋼部材で降伏している部材に当て板を設置

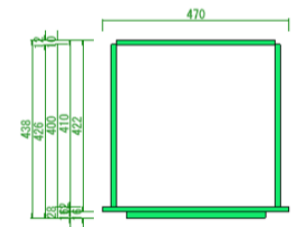


▲対策1:制震ダンパー設置位置と速度依存型ダンパーの結果

▲対策2:制震ストッパー設置位置とばね特性

【補強照査結果】

- 上部工主構造については、5年に1回の定期点検による維持管理状況かつ緊急時の交通環境確保の観点から、主構造である上・下弦材や橋門構、上横支材等は降伏に達していない事を確認し、桁下の2次部材は塑性を許容する方針とした。
- 下部構造についても、耐震性能が確保されていることを確認した。



▲対策3:当板補強

■(補強後)上部工部材降伏照査

| 上部工降伏照査 | 圧縮ひずみ照査 | | | | 引張ひずみ照査 | | | | 鋼材 |
|---------|----------|-------------|-------|-------|----------|-------------|-------|-------|--------|
| | ①ε最小値(μ) | ②圧縮降伏ひずみ(μ) | 比率①/② | 状態 | ④ε最大値(μ) | ⑤引張降伏ひずみ(μ) | 比率④/⑤ | 状態 | |
| 上弦材 | 橋軸タイプII | --- | --- | OK | --- | --- | --- | OK | SM490Y |
| 上横梁 | 橋軸タイプII | --- | --- | OK | --- | --- | --- | OK | SM480Y |
| 斜材 | 橋軸タイプII | -1090 | 1175 | 0.928 | OK | --- | --- | OK | SS400 |
| 下弦材 | 橋軸タイプII | -811 | 1175 | 0.690 | OK | 837 | 1175 | 0.712 | OK |
| 縦桁 | 橋軸タイプII | -1120 | 1175 | 0.953 | OK | 1080 | 1175 | 0.919 | OK |
| 横桁 | 橋軸タイプII | -1100 | 1175 | 0.936 | OK | 1180 | 1175 | 0.997 | OK |
| 橋脚 | 橋軸タイプII | -1100 | 1175 | 0.936 | OK | 821 | 1175 | 0.529 | OK |
| 橋脚 | 橋軸タイプII | -1100 | 1175 | 0.936 | OK | 821 | 1175 | 0.529 | OK |
| 橋脚 | 橋軸タイプII | -9650 | 1175 | 8.213 | 圧縮降伏 | 9370 | 1175 | 7.974 | 引張降伏 |
| 橋脚 | 橋軸タイプII | -5750 | 1175 | 4.894 | 圧縮降伏 | 5370 | 1175 | 4.570 | 引張降伏 |

■下部構造照査結果一覧

| L2地震時タイプ2 | | | P1 | | P2 | | P3 | | | |
|-----------|-----|----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------|
| | | | 橋軸方向 | 直角方向 | 橋軸方向 | 直角方向 | 橋軸方向 | 直角方向 | | |
| 曲率照査 | 段落部 | φy | 応答値 | 2.17E-04 | 1.31E-04 | 4.68E-04 | 3.03E-04 | 3.62E-04 | 3.30E-04 | |
| | | | 制限値 | 4.29E-04 | 2.60E-04 | 5.83E-04 | 3.61E-04 | 5.75E-04 | 3.56E-04 | |
| | | | 比率 | 0.51 | 0.50 | 0.80 | 0.84 | 0.63 | 0.93 | |
| | 柱基部 | φa | 応答値 | 5.46E-04 | 2.93E-04 | 9.66E-04 | 6.05E-04 | 4.72E-04 | 8.60E-04 | |
| 制限値 | | | 1.88E-03 | 1.19E-03 | 1.74E-03 | 1.69E-03 | 1.73E-03 | 1.68E-03 | | |
| せん断耐力照査 | | | Ps | 応答値 | 14560 | 18917 | 15867 | 18305 | 13740 | 17565 |
| | | | | 制限値 | 43211 | 68880 | 37234 | 52946 | 22885 | 31076 |
| | | | 比率 | 0.34 | 0.27 | 0.43 | 0.35 | 0.60 | 0.57 | |

まとめ

H24道示に準じ、単柱扱いとして補強対策済のRC下部構造を有する3径間連続鋼下路式ワーレントラス橋2連を、橋梁全体の3次元モデルとして動的非線形解析を行い、上・下部工に発生する応力度・耐力の状況を確認し、制限値超過対策のため、目的に応じた補強案を適用しての検討を行った。

- ① 支承形式や条件の変更、制震デバイスの適用を検討し最終案を決定した。
- ② 検討結果より、可動橋脚への応力分担を行い、橋脚耐力の制限値内、かつ、上部工の慣性力低減を図ることができた。
- ③ 上部工、支承等のL2地震時対応が図られ、橋梁全体としての耐震性能向上を実現することができた。