上路式鋼４径間連続トラス橋の耐震補強設計

－最適な補強方法を見つけるためのパラメトリック解析－

株式会社千代田コンサルタント

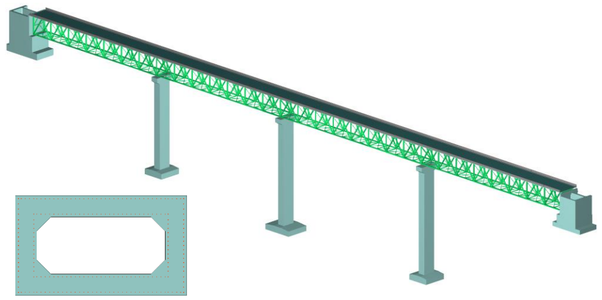
概要

本橋は、上路式の鋼４径間連続トラス橋である。端支点は両側とも橋台で支持され、中間支点は中空断面を持った高さ 40m を超えるＲＣフレキシブル橋脚で支持されている。40m を超える高橋脚によって揺れやすい構造となっており、さらに橋脚上にはヒンジ支承が設置されていることから、現況照査において上部工鋼部材に多くの降伏部材が発生する結果となった。さらに橋脚についても一部にせん断耐力を超過する箇所が発生することを確認した。

そこで、降伏部材に対し鋼板を貼り付ける当て板補強、座屈拘束ブレースを用いた制震補強、支承を免震支承に交換する免震補強など様々な補強案を用意し、最適な補強方法を見つけるためのパラメトリック解析を実施し、結果を比較した。

構造諸元

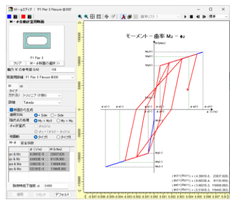
上部工：上路式鋼４径間連続トラス橋
下部工：橋台・・・箱式橋台
　　橋脚・・・フレキシブル中空橋脚
基礎工：直接基礎、場所打ち杭基礎
地盤種別：Ⅰ種地盤
耐震性能：耐震性能２
解析手法：L2 地震時・・・動的非線形解析
準拠基準：道路橋示方書･同解説



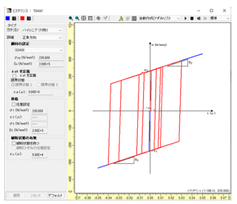
構造全体図および橋脚断面図

解析モデル

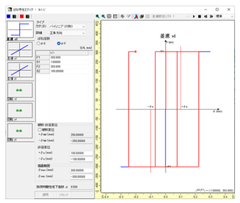
床版：弾性梁要素
上部工鋼部材：ファイバー要素
支承：ばね要素(可動支承摩擦考慮)
橋台：弾性梁要素
橋脚：Ｍ－φ要素
基礎：基礎ばね



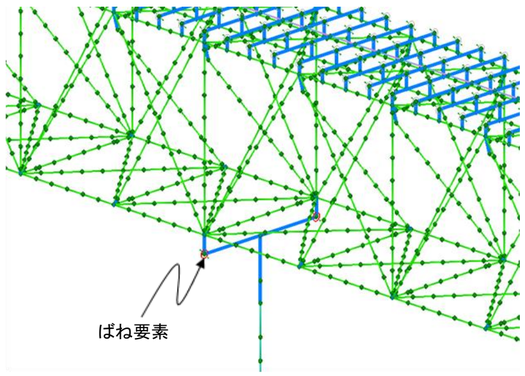
橋脚のＭ－φ特性



鋼材のヒステリシス



摩擦を考慮した支承ばね

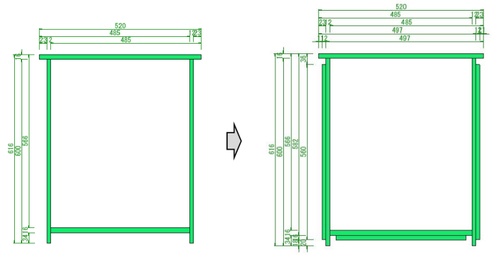


支承部のモデル化

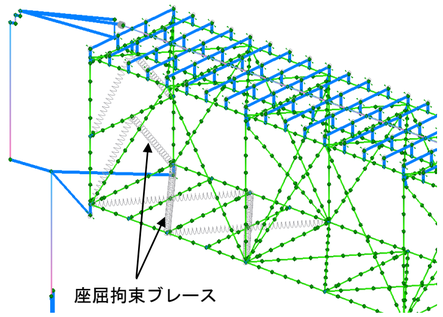
補強検討

【補強案】

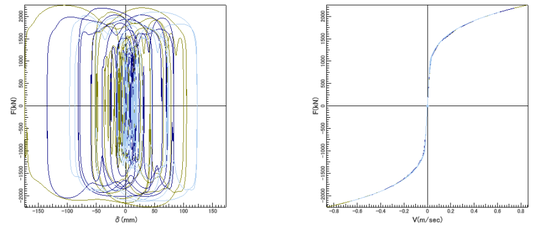
案１：対傾構および横構を座屈拘束ブレースに交換
案２：降伏している部材に当て板を設置
案３：支承を免震支承（LRB）に交換
案４：支承を免震支承（HDR）に交換
案５：免震支承（HDR）に加え、桁端にダンパー設置



当て板補強



座屈拘束ブレースの設置



速度依存型ダンパーの結果

【検討結果】

現況および各補強案における上部工鋼部材の降伏箇所数を下表に示す。

部材	材料	橋軸方向加震時						橋軸直角方向加震時					
		現況	補強案1	補強案2	補強案3	補強案4	補強案5	現況	補強案1	補強案2	補強案3	補強案4	補強案5
上弦材	SS400	2	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	SM490Y	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
上横構	SS400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
下弦材	SS400	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0
	SM490Y	6	6	8	0	0	2	0	0	0	0	0	0
下支材	SS400	4	0	0	0	0	0	23	16	4	6	0	0
下横構	SS400	2	2	8	0	0	0	1	1	0	2	0	0
内縦桁	SS400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SM490Y	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
垂直材	SS400	8	6	6	6	0	4	20	11	3	5	0	1
対傾構	SS400	2	0	4	0	0	0	20	0	4	21	2	2
斜材	SS400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SM490Y	6	6	6	2	0	4	1	0	0	0	0	0
横桁	SS400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

※上表によると補強案４が降伏箇所が一番少なくなるが、桁端部での支承移動量が大きいため桁遊間が不足する。そのため補強案５を採用し、降伏部材については当て板補強を行うものとする。

まとめ

現況照査にて降伏部材が多数存在する上路式鋼４径間連続トラス橋について、最適な補強方法を見つけるために複数の補強案を解析し、上部工が降伏する部材数を比較した。本橋においては免震支承（HDR）に加え、桁端部にダンパーを設置する案が最適との結論となった。

パラメトリック解析を行うことで検討における手間は増加するが、合理的な補強が可能になると考える。