既設道路橋鋼３径間連続トラス橋の免震化による耐震補強設計

（株）構造技術センター　正会員　○原　利弘　正会員　緒方　秀行
西日本高速道路（株）沖縄管理事務所　非会員　石塚　純　正会員　山戸　隆秀

１．はじめに

既設道路橋の耐震補強設計は，主に橋脚の耐震性能に着目して行われてきた．鋼トラス橋のように骨組構造を有する上部構造の耐震補強設計は，その設計方法が明確ではなく見送られてきたのが実情である．ここでは，既設橋のトラス部材に着目した橋梁全体系の動的解析を実施し，耐震性向上策として採用した免震ゴム支承による耐震補強設計について概要を示す．

２．対象橋梁と検討概要

対象の橋梁は，昭和 50 年竣工の鋼 3 径間連続トラス橋であり，橋梁諸元は橋長 228.7m，最大支間長 97.2m，有効幅員 9.0m であり，桁高は 9.0m である．支承構造は，A1 橋台と約 30m 前後の高さの橋脚 2 基が固定構造のフレキシブル構造であり，A2 橋台が可動支承である．この橋梁に対して，主に下部構造に着目した耐震補強設計が実施されており，A1 橋台の支承条件を固定から可動に変更した上で制震ダンパーを設置し，橋脚に対してはせん断補強を目的とした RC 巻立てが計画されていた（図-1）．しかし，上部構造に着目した検討がなされていなかったため，上部構造の耐震性能照査を行うとともに，ゴム支承による分散化および免震化の適用性を検討した．

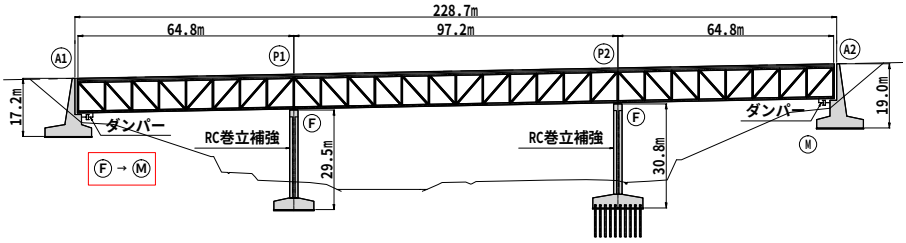


図-1　橋梁側面図

３．解析モデル

トラス構造のモデル化は 3 次元で行い，部材の曲げを考慮するためにトラスの格点は剛結合とし，床版は荷重だけではなく全断面有効の剛性を考慮した．各構造要素は，橋脚は既設柱断面での非線形はり要素，基礎は弾性バネ要素によりモデル化した．トラス部材については弾性はり要素によりモデル化したが，応答値に対して道路橋示方書[1)]に基づいて照査を行い，降伏する部材については非線形要素に変更するものとした．

また，入力地震波は，道路橋示方書に基づいたレベル２地震動とし，Ⅰ種地盤用のタイプⅠおよびタイプⅡの標準波形を地域別補正係数（c_Z＝0.7）で振幅調整した波を使用した．減衰定数は，上下部構造の部材減衰を 2%，基礎を 10～20%とし，レーリー減衰を仮定して解析を行った．

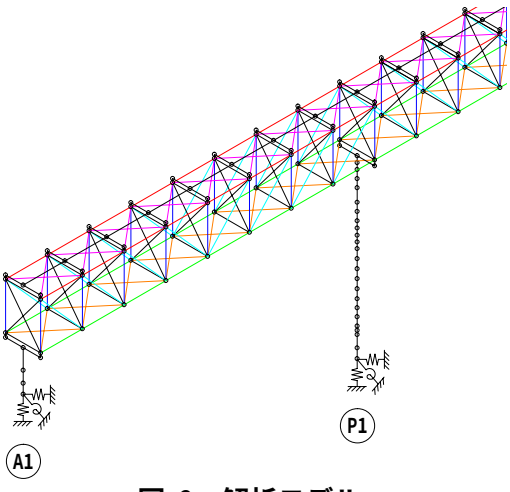


図-2　解析モデル

４．検討結果

現況および支承構造を変更したケースについて，応答値が大きいタイプⅡ地震動の検討結果を表-2 に P1 橋脚の断面力図を図-3 に示す．現況の橋台固定とした構造では，上部構造の応答値が大きく，橋軸方向・橋軸直角方向ともにトラスの主構造部材が降伏する．橋脚は，橋軸方向にフレキシブル構造の応答となるが，既設断

キーワード　既設道路橋，連続トラス橋，耐震補強，免震構造
連絡先　〒812-0011　福岡市博多区博多駅前 3-5-7　（株）構造技術センター　ＴＥＬ092-471-1655　ＦＡＸ092-471-4099

面では曲げおよびせん断ともに補強が必要である．

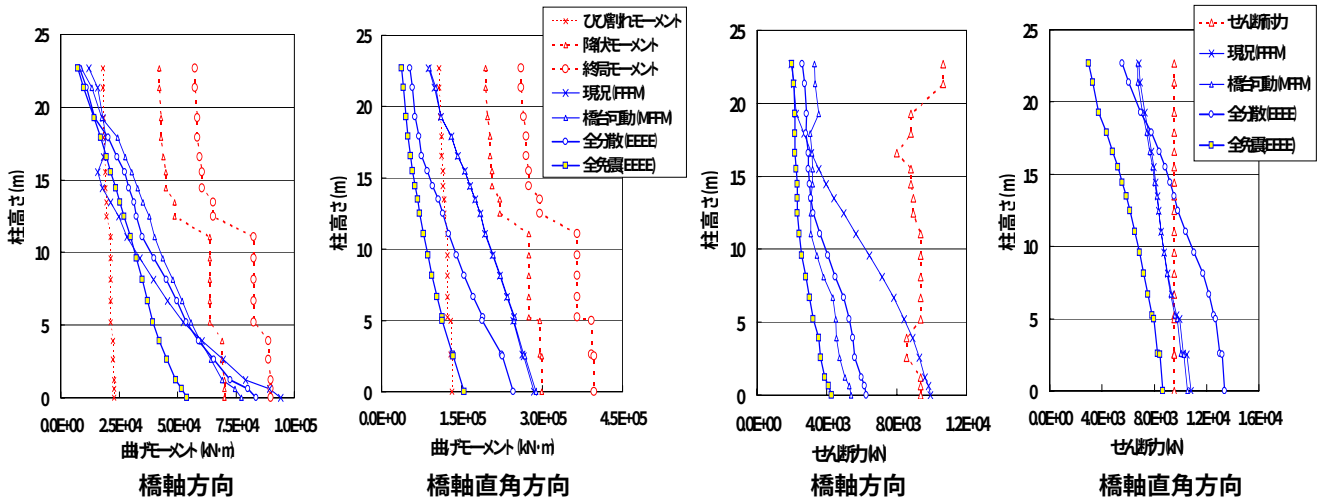
A1 橋台を可動とした場合は，橋軸方向には長周期化と橋脚の降伏により応答が低減されるため上部構造は降伏しないが，けた遊間が不足するため制震ダンパーを併用する必要がある．直角方向には支承条件が固定であり，現況と同じでほとんど変わらず，橋脚についてもせん断補強が必要となる．

ゴム支承による反力分散構造とした場合は，橋軸方向には長周期化により応答が低減されるため上部構造は降伏しないが，けた遊間が不足するため制震ダンパーを併用する必要がある．直角方向には上部構造の応答はA1 橋台を可動とした場合と同程度であるが，橋脚が揺れやすくなるため橋脚の応答値が増加し，橋脚のせん断補強が必要となるためメリットはない．

全支承を免震支承とした場合は，免震効果で上・下部構造ともに応答値が低減され，上部構造については降伏せず，下部構造についてもせん断補強が不要となった．また，けた遊間についても現況の遊間量で満足するため，その他のデバイスを併用する必要はない結果となった．

表－２　検討結果

検討ケース		現況（FFFM）		橋台可動（MFFM）		全分散（EEEE）		全免震（EEEE）		備考
照査方向		橋軸	直角	橋軸	直角	橋軸	直角	橋軸	直角	
固有周期１次(s)		0.57	0.80	1.37	0.80	1.69	1.70	1.59	1.60	
上部構造応答加速度(gal)		1786	1241	289	1163	461	734	281	460	P1 支点上
上部構造降伏判定	上弦材	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK は弾性応答を示す
	下弦材	降伏	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
	斜　材	降伏	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
	鉛直材	降伏	降伏	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
	対傾構	降伏	降伏	OK	降伏	OK	降伏	OK	OK	
	上横構	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
	下横構	降伏	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
橋軸方向遊間照査(mm)		—		188＞175		225＞175		148≦175		
P1 橋脚耐力判定		NG	NG	OK	NG	OK	NG	OK	OK	
耐震対策コスト比率		—		1.2		1.4		1.0		



図－２　橋脚の検討結果

５．まとめ

既設の鋼３径間連続トラス橋について，橋全体系の動的解析により大規模地震時の耐震検討を行った．その結果，現況のフレキシブル構造を全支承とも免震ゴム支承に取り替えることで，橋の長周期化に加えて減衰効果による応答値の低減が見込まれ，上部構造および下部構造ともに補強が不要となった．それにより，上部構造や橋脚を部材補強するよりもコスト的にもメリットがあることが確認できた．

参考文献

1)　日本道路協会：道路橋示方書・同解説，2002.3