強震記録を用いた免震橋の地震応答解析モデルに関する検討（その１）

大日本コンサルタント(株)　○正会員　吉 岡　勉　　土木研究所 寒地土木研究所　正会員　岡田　慎哉
土木研究所 寒地土木研究所　正会員　西　弘明　　土木研究所 寒地土木研究所　正会員　佐 藤　京
大日本コンサルタント(株)　正会員　原田　政彦

1．はじめに

平成 8 年度道路橋示方書改訂以降、免震支承を採用する橋梁が広く普及し、その耐震設計としては地震応答解析による動的照査法が用いられている。しかし、強震時の観測記録が得られる場合が少なく、実際の地震時における免震橋の挙動や性能を把握することは重要である。このような観点のもと、本検討では 1994 年北海道東方沖地震（M8.1）において橋梁桁上で橋軸方向に最大 354gal の強震記録が得られている温根沼大橋を対象に骨組みモデルによる地震応答解析の精度検証を行った。

2．温根沼大橋の概要

温根沼大橋は、主径間部のニールセンローゼ橋と側径間部の 4 径間連続鋼鈑桁橋で構成され、側径間部には免震支承 LRB が採用されている（**図-1**）。免震支承の作動方向は橋軸方向のみとされ、橋軸直角方向は片側 2mm のクリアランスでサイドブロックにより拘束されている。また、採用した免震支承は室内試験が行われ、振幅に応じた履歴曲線が得られている [1)]。P3 橋脚位置における上部構造、橋脚頂部、地盤-1.5m および地盤-17m の 4 点には強震計が設置されており、免震支承採用区間のみが竣工した時点で北海道東方沖地震が発生し、強震記録が得られている [1)]。

3．解析方法

検討に用いる解析モデルは、耐震設計の実務で一般的に用いられている 2 次元骨組みモデルとした（**図-2**）。橋脚は、同地震において損傷が見受けられなかったことを考慮して、全断面有効の弾性はり要素でモデル化し、免震支承はバイリニア型の履歴特性を有する非線形バネ要素とした。杭基礎～地盤系は、地盤の影響範囲を杭の特性値の逆数である 1／β の範囲内と仮定して算出した S-R バネモデルとした。このようなモデル化を基本に、**図-3** に示すように免震支承の履歴特性として道路橋支承便覧の式から設定した場合をケース A、載荷試験で得られた履歴曲線を基に設定した場合をケース B、

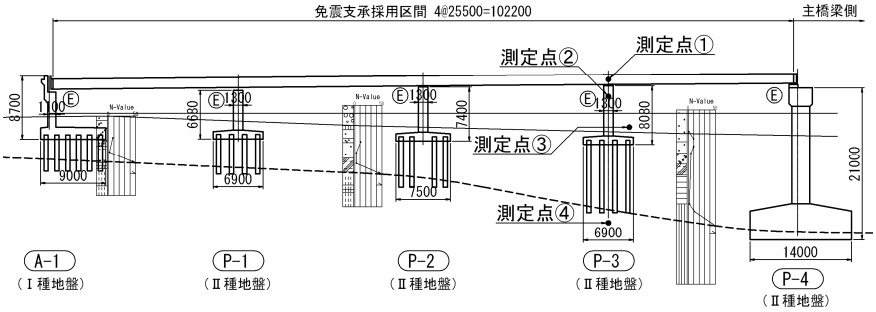


図-1　温根沼大橋一般図（側橋梁のみ表示）

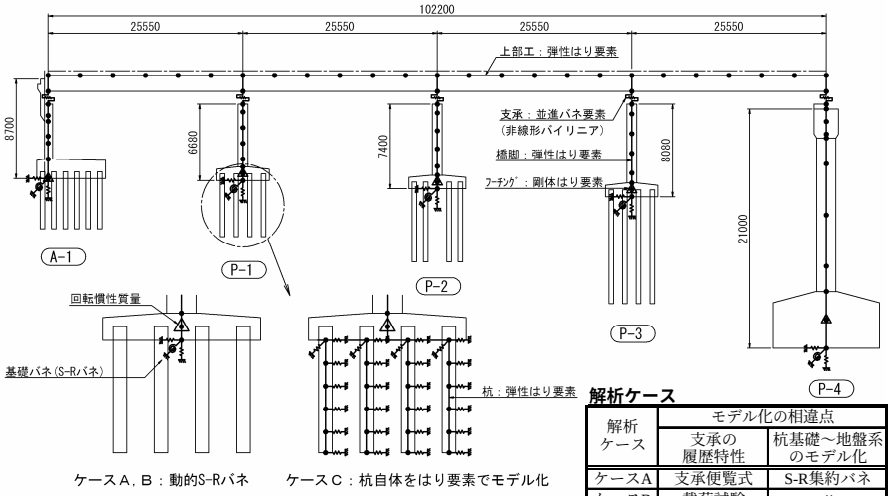


図-2　解析モデル

解析ケース

解析ケース	モデル化の相違点	
	支承の履歴特性	杭基礎～地盤系のモデル化
ケースA	支承便覧式	S-R集約バネ
ケースB	載荷試験	〃
ケースC	〃	杭はり要素

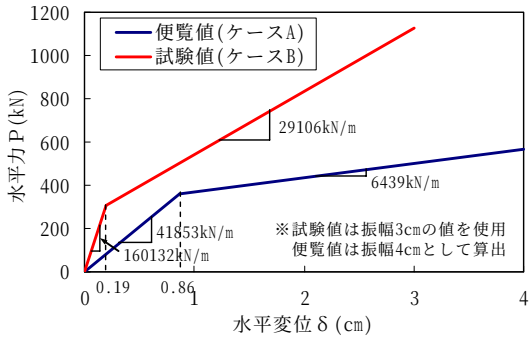


図-3　解析に用いる免震支承の骨格曲線

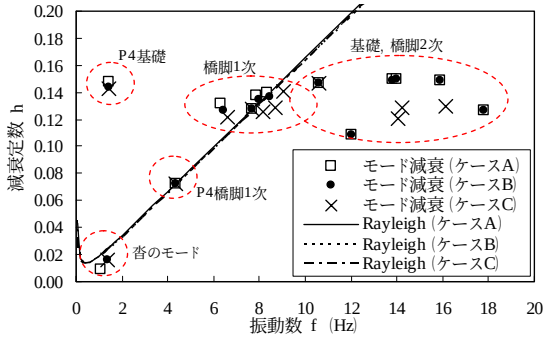


図-4　Rayleigh 減衰

キーワード　1994 年北海道東方沖地震，強震記録，地震応答解析，免震支承
連絡先：〒343-0851 埼玉県越谷市七左町 5-1 大日本コンサルタント(株)構造事業部　TEL 048-988-8113　FAX 048-988-8134

杭自体を弾性はり要素でモデル化して各節点に地盤バネを与えた場合をケース C として、3 ケースの解析を行った。入力地震波は地盤-1.5m で記録された橋軸方向の加速度波形とし、粘性減衰は Rayleigh 減衰を用いた（**図-4**）。

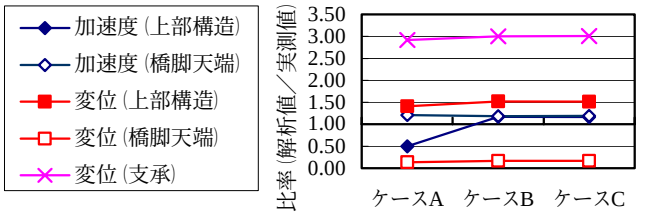
4．解析結果と強震記録との比較

実測と解析による最大応答値を比較した**表-1** より、上部構造の最大応答加速度はケース A よりケース B の方が実測値に近い値を示している。実測による免震支承の最大せん断ひずみは 7%と小さく、本地震による影響はレベル 1 地震動相当と推定されている[1)]が、この程度の規模の地震では、最大せん断ひずみ 35%以下の履歴特性を一律とする支承便覧からの値を用いると、エネルギー吸収が過大評価となり、上部構造の挙動を再現できない可能性が考えられる。また、杭基礎～地盤系のモデル化を S-R 集約バネとしたケース B と、杭自体を弾性はり要素でモデル化したケース C の各応答値はほぼ同値であり、地震による杭基礎～地盤系の変形は 1／β の範囲内が支配的であると言える。

ケース B の解析による応答波形や応答履歴と強震記録とを比較した**図-5** より、橋脚天端の周波数特性は、実測では上部構造と同じ 1.15Hz で顕著に卓越しているが、解析では 2.09Hz や 5.62Hz など比較的高周波領域が卓越しており、両者の傾向が異なる。また、橋脚天端の変位が解析では小さいことに対して実測では上部構造と同程度の変位を示しており、解析は橋脚天端の挙動が模擬できていない。これは、事後点検においてサイドブロックに約 1cm の擦過痕跡が残っていたとの報告があり、実際の挙動としてサイドブロックと免震支承本体との衝突に起因する橋軸方向の摩擦抵抗があったものと推察され、この点を解析モデルで考慮していないことが原因の一つと考えられる。

表-1　最大応答値の比較（P3 橋脚）

着目項目			実測値	ケースA	ケースB	ケースC
加速度	上部構造	(gal)	354	177	414	413
		比率		(0.50)	(1.17)	(1.17)
	橋脚天端	(gal)	418	507	494	498
		比率		(1.21)	(1.18)	(1.19)
変位	上部構造	(cm)	3.3	4.7	5.0	5.0
		比率		(1.41)	(1.52)	(1.52)
	橋脚天端	(cm)	3.6	0.5	0.6	0.6
		比率		(0.13)	(0.17)	(0.17)
支承	水平変位	(cm)	1.5	4.4	4.5	4.5
		比率		(2.92)	(3.00)	(3.01)
	せん断ひずみ	(%)	7%	20%	21%	21%
	水平力	(kN)	---	643	1563	1564



※（ ）内は実測値に対する比率を示す.

【参考文献】

1) 小山田，谷本，佐藤，林：免震橋の地震時挙動について温根沼大橋における事例，免震・制震コロキウム講演論文集，第1巻，pp.39-46，1996.11

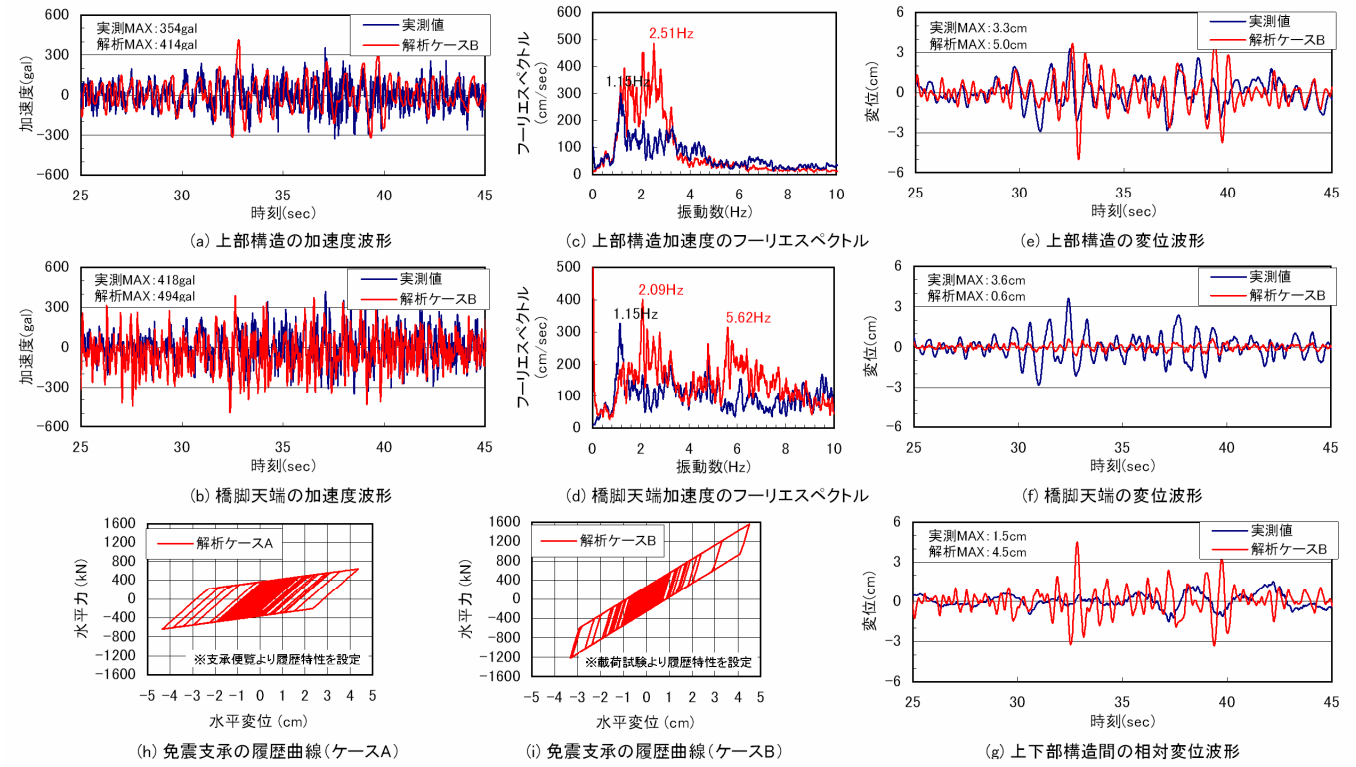


図-5　解析結果と強震記録との応答波形および応答履歴の比較（P3 橋脚）