

I - 45

これまでの強震記録による
温根沼大橋（免震橋）の動的特性に関する考察

パシフィックコンサルタンツ F 会員 林 亜紀夫
 北海道開発局開発土木研究所 正会員 島田 武
 北海道開発局開発土木研究所 正会員 二宮 嘉朗
 中山組 正会員 小山田欣裕

1. 温根沼大橋の概要と強震記録

温根沼大橋は、4 径間連続鋼鈑桁の側径間に鉛プラグ入り積層ゴム支承を有する免震橋である¹⁾。設計初期には、免震装置による減衰性能効果を見込まず、A1 橋台 P4 橋脚の水平方向慣性力の分担を約 5% に、P1 ~ P3 橋脚の水平方向慣性力の分担を約 30% とする考え方が採られていたが、その後、文献2) が提案されたのを受け、設計を再度見直している。震度法による耐震設計では、免震装置の変位は 3.7cm、橋の固有周期は 0.92sec であり、地震時保有水平耐力法による耐震設計 (タイプ I) では、免震装置の変位は 15.0cm、橋の固有周期は 1.18sec である。免震支承の橋軸直角方向の動きはサイドブロックによって拘束されており、橋軸方向にのみ免震の効果が働く構造である。

本橋では、1994 年に北海道東方沖地震の 10 月 4 日の本震および 8 月 31 日の前震の測定記録が得られた³⁾。図-1 に橋梁各部と地盤の測定点位置、図-2 に橋梁各部の加速度測定値の最大値の分布を示す。本震は M 8.1 前震は M 6.4、震央はほぼ同位置で Δ 100Km、深さは本震が約 30Km、前震が約 90Km とされている。この地震は、本橋にとって L 1 地震動相当の影響を与える強度を有していたと考えられるが、本論文では、記録をもとに構造物の挙動の周期特性と伝達特性を分析し、震度法の設計の際に想定した程度の免震の効果が得られたか否かを考察する。

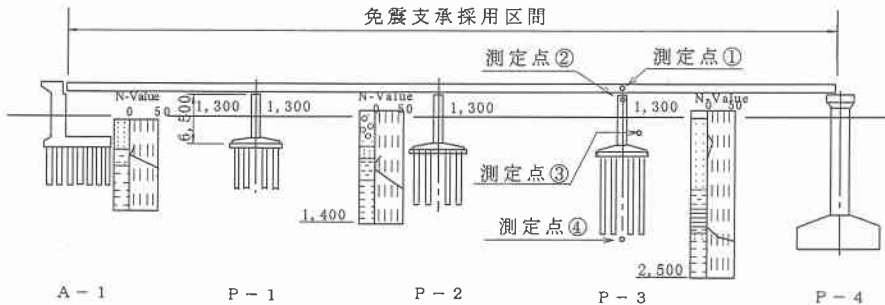


図-1 地震動測定時の橋梁形状および測定点位置



図-2 1994 年北海道東方沖地震による橋梁各部の加速度測定値の最大値の分布

A study on a behavior of seismic-isolated bridge using an observation record

by Takeshi SHIMA, Yoshio NINOMIYA, Yoshihiro OYAMADA, and Akio HAYASHI

2. 強震記録の分析

地盤 (-1.5m) の加速度時刻歴を基に計算した加速度応答スペクトル ($h=5\%$) を求め、図-3に示す。設計地震動と比較するために図-3には、震度法による耐震設計結果の照査に用いる標準加速度応答スペクトル S_0 と⁴⁾、震度法に用いる設計水平震度 kh_0 に重力の加速度を乗じた値を重ねて示してある。

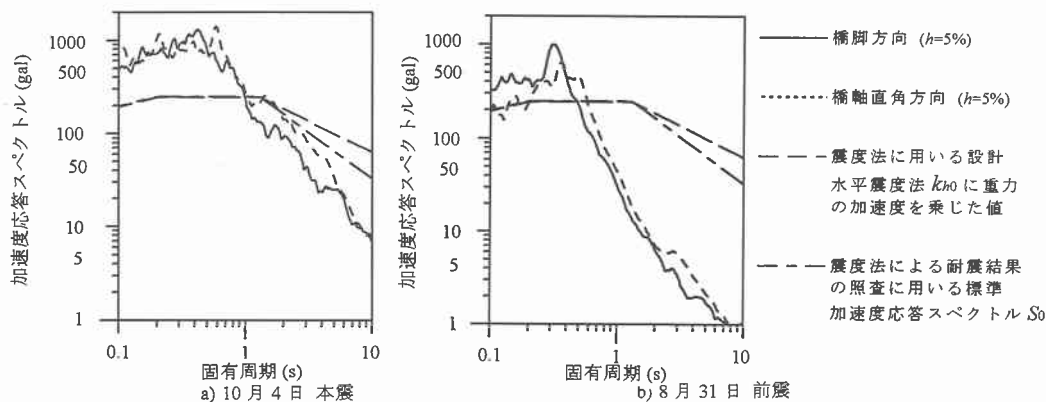


図-3 応答スペクトルの比較

地盤と橋梁構造各部で測定された加速度時刻歴のフーリエスペクトルを図-4および図-5に示す。図-4および図-5の a) に示した上部構造のフーリエスペクトルと、c) に示した地盤 (-1.5m) のフーリエスペクトルとの比を振動数毎に求め、伝達率として図-6に示す。

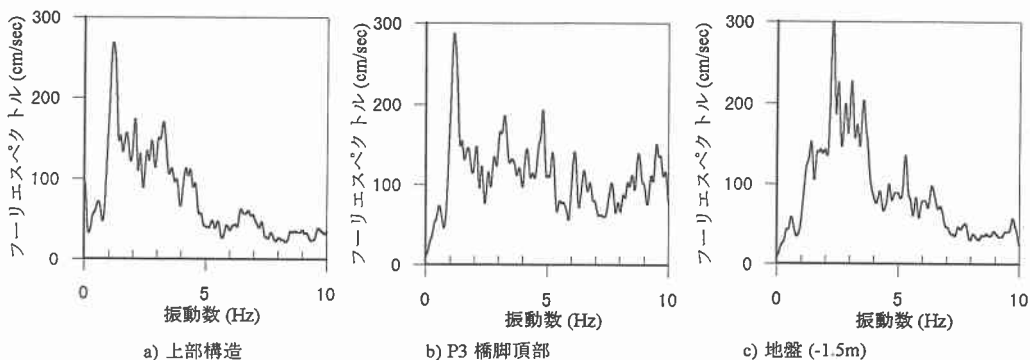


図-4 フーリエスペクトル(10月4日本震)

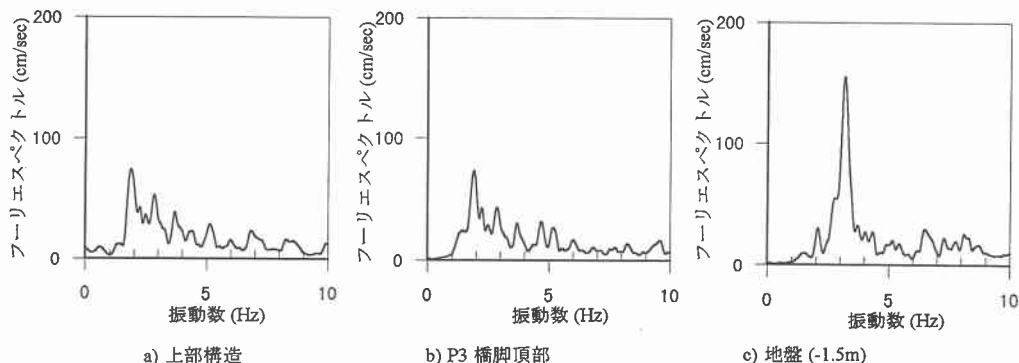
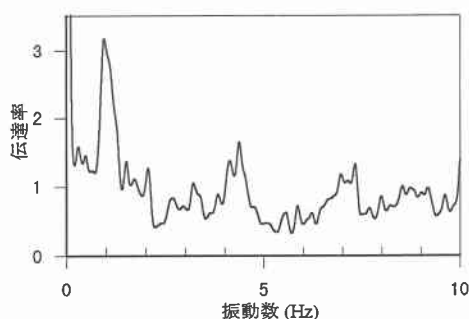
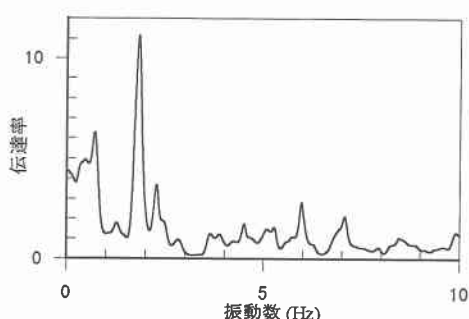


図-5 フーリエスペクトル(8月31日前震)



a) 10月4日日本震



b) 8月31日前震

図-6 伝達率 (上部構造/地盤 (-1.5m))

3. 免震装置における震動の伝達

免震装置における震動の伝達を調べる目的で、地震を観測したP3橋脚に着目し、P3橋脚が水平方向慣性力を分担する範囲の上部構造質量と免震装置のばねを有する1質点1自由度モデルに、橋脚柱頂部の加速度時刻歴を入力する非線形動的解析を行った。免震装置のばねは、予め行った載荷試験⁵⁾を参考に図-7に示すバイリニア履歴曲線を設定した。観測値フーリエスペクトルと、計算値フーリエスペクトルとを対比し、伝達率とともに図-8および図-9に示す。

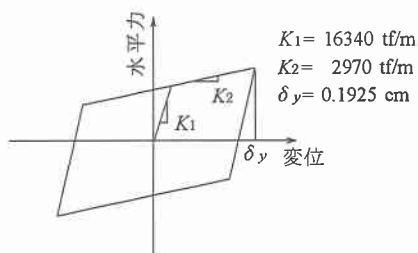


図-7 免震装置ばねの復元力特性

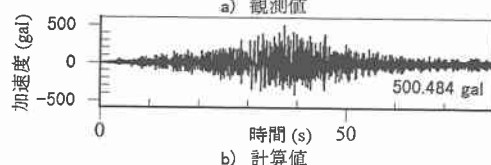
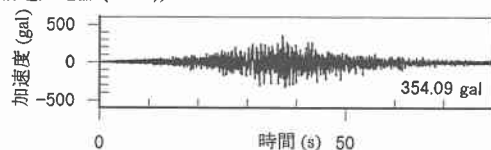


図-8 上部構造の応答加速度 (本震)

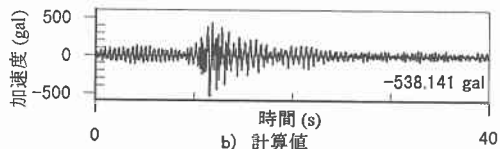
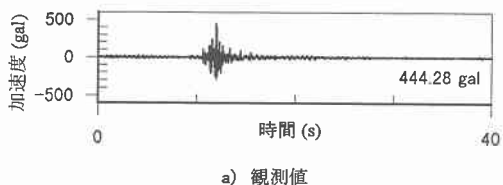
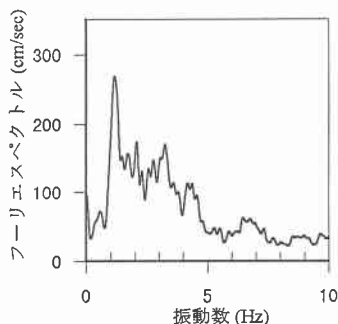
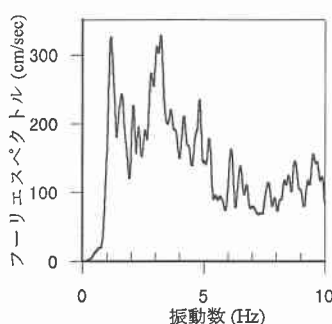


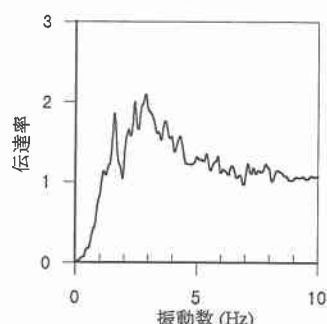
図-9 上部構造の応答加速度 (前震)



a) 観測値のフーリエスペクトル



b) 計算値のフーリエスペクトル



c) 計算値の伝達率

図-10 伝達率 (上部構造/橋脚柱頂部) 本震

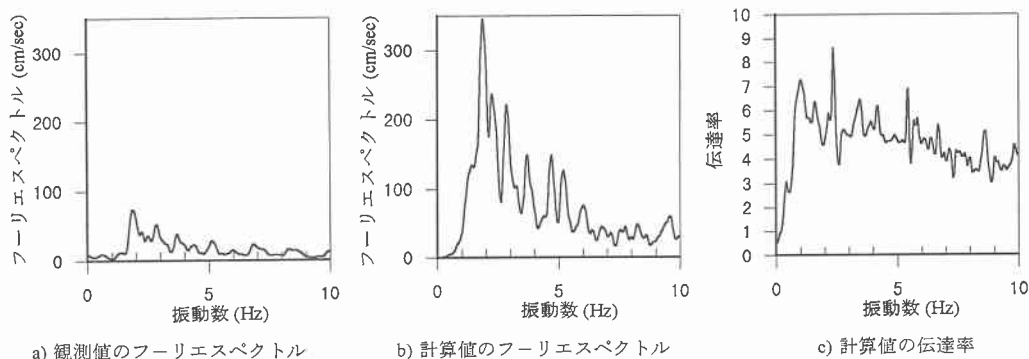


図-11 伝達率（上部構造／橋脚柱頂部）前震

4. 考察

図-3に示した北海道東方沖地震の免震方向（橋軸方向）の応答スペクトル($k=5\%$)を見ると、図-6で伝達率が大きかった本震の1.0sec付近、および前震の0.56sec付近で応答スペクトル値と設計震度は略々一致している。このことから、北海道東方沖地震による本地点の地震動が本橋の免震方向挙動に与える影響は、震度法による設計において想定している地震動と、ほぼ同じ強さであったと評価できる。

本震の1.0sec付近、前震の0.56sec付近では、文献4)による設計地震動のスペクトルは水平であり、長周期化による慣性力低減が得られない範囲であるが、北海道東方沖地震による本地点の地震動の応答スペクトル形状は右下がりの傾向を示している。このことから、北海道東方沖地震による本橋の免震方向（橋軸方向）挙動に関しては長周期化による慣性力低減があったと考えられる。また、本橋の橋脚柱が小判型断面であることから、橋軸方向の剛性が橋軸直角方向の剛性に較べて低いことも長周期化に影響を与えている。

また、図-2で加速度最大値を見ると、本震では免震効果が働く橋軸方向の値が橋軸直角方向の値より低く、わずかではあるが前震においてもその傾向が見られ、免震の効果と考えることができる。

地震を観測したP3橋脚のみを独立にモデル化した動的解析結果は、本震については、上部構造の加速度波形および伝達率（上部構造／橋脚柱頂部）とも観測値と近似しているが、前震についてはかなりの隔りがある。このことの原因としては、前震時における免震装置の復元力特性が本論文で用いた特性値よりさらに硬かった可能性があること、また、A1橋台と床版端部を結合している伸縮装置の摩擦が影響を与えていることなどが考えられる。この点については、今後の検討課題としたい。

参考文献

- 1) 小山田欣裕，谷本俊充，佐藤昌志，林亜紀夫：免震橋の地震時挙動について温根沼大橋における事例，土木学会第1回免震・制震コロキウム講演論文集，PP.39～46，1996年11月。
- 2) (財)国土開発技術研究センター：道路橋の免震設計法ガイドライン（案），1991年3月。
- 3) 北海道開発局開発土木研究所：平成6年北海道東方沖地震速報，1994年11月。
- 4) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V耐震設計編，1996。
- 5) 小山田欣裕，佐藤昌志，谷本俊充，林亜紀夫：低温域における橋梁免震装置の実験的研究，土木学会構造工学論文集，Vol.42A- II，pp.707～714，1996年3月。