

南海・東南海地震を想定した中規模橋梁の地震応答特性について

(株)日本海コンサルタント 正会員○ 竹田 周平

金沢市役所

坪田 英孝

金沢大学大学院

正会員 宮島 昌克

1. はじめに

1995年兵庫県南部地震以降、耐震基準が変遷しゴム支承により支持された中規模橋梁が増えつつある。これらは従来の鋼製支承を利用した固定・可動型構造と比較すると、ゴム支承の低剛性の影響から、卓越振動が長周期化する傾向がある。さて現在、南海や東南海地震の発生が注目されており、これらは①長周期成分が卓越する、②継続時間が長い特性を有している。これらを踏まえて、最近採用が増加しているゴム支承構造で、免震型と非免震型の比較的固有周期が長い、軟弱地盤上の中規模橋梁を対象として、南海と東南海地震を想定したシミュレーション波形を用いて地震応答特性の把握を目的とする検討を行った。

2. 検討対象となる中規模橋梁

対象橋は、道路橋示方書¹⁾を基に静的解析法と動的解析法により設計された、現在供用中の中規模橋梁である。橋長は $L=166.3\text{m}$ で、上部は3径間連続鋼箱桁(2主桁)、支承は鉛プラグ入り積層ゴム支承(LRB)、下部は逆T式橋台と円柱張出式橋脚、基礎は鋼管杭基礎、地盤特性は $T_G=0.6\text{s}$ 前後の軟弱な地盤である。また道路橋示方書¹⁾により与えられている設計地震動で検討した結果は、卓

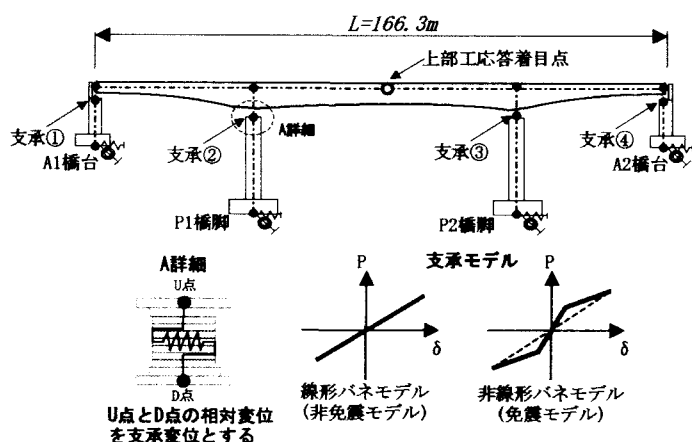


図1 解析モデル

越固有周期が $T=1.5\sim 1.6\text{s}$ 付近でることが判っている。本検討では、対象橋梁を長周期化させるため、支承のパラメータ(K_p, K_s, K_B)のみを変更して、卓越する1次モードが $T=3.0\text{s}$ 以上となるように修正を行っている。

3. 解析モデルと解析法

解析法は時刻歴応答解析法とし、積分法は Newmark β 法($\beta=0.25$)で積分時間を $\Delta t=0.002\text{s}$ とし、橋梁全体系を梁とバネ要素でモデル化した(図1)。非線形モデルは、免震支承はノーマルバイリニア型の $P-\delta$ モデル、橋脚の塑性ヒンジでは修正武田トリリニア型($\alpha=0.5$)の $M-\theta$ モデルとした。ここで用いる加速度波形は、鶴来ら²⁾³⁾によって試算されたシミュレーション地震波形を用いた(図2.3)。これらは、短周期成分の大地震動と、長周期成分の大地震動をそれぞれ求め、

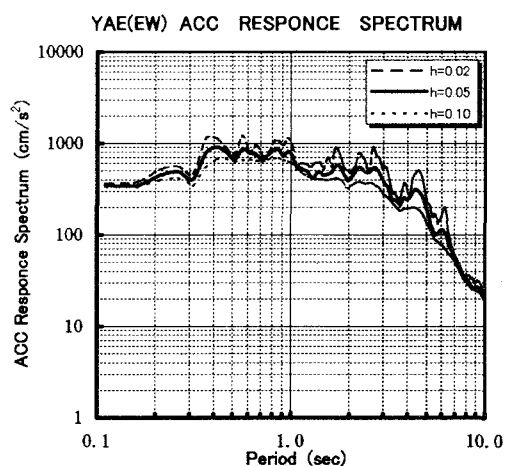


図2 弥栄 EW 加速度応答スペクトル

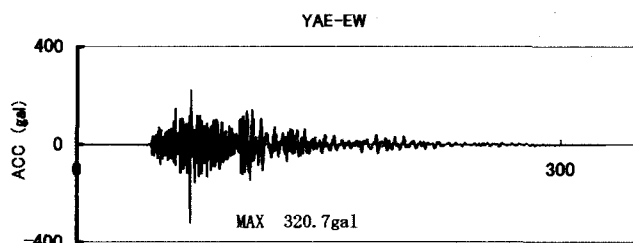


図3 弥栄 EW 時刻歴地震波形

時間軸上で足し合わせたハイブリッド法により試算されている。減衰モデルは、免震支承の剛性変化に伴い減衰マトリックス C を逐次変更する、瞬間剛性型 *Rayleigh* 減衰(式 1)とし、固有値解析の結果より求められた振動数と、これらのモードに仮定した減衰定数(表 1)を与え、モード解析法により計算されたモード減衰値により α と β を決定した。また固有値解析では、免震支承の等価バネ K_B は動的解析で求められた有効変位(最大変位量の 70%)と原点を結ぶ剛性とし、これらの誤差が 10% 以内となるように繰り返し計算を行って、免震支承のパラメータ K_B を設定した。

$$C = \alpha M + \beta K \quad (1)$$

4. 解析結果

上部の応答変位を(図 5)に示す。非免震構造は免震構造に比較して大きく変位していることが確認できる。最大応答変位の最大値は、免震構造は $\delta = 389.3\text{mm}$ に対し非免震構造は $\delta = 910.5\text{mm}$ で約 2.34 倍の大きな応答となった。各免震支承の応答相対変位を(表 2)に示すが、上部変位と同様に相対変位も非免震構造が大きいと確認された。(図 5)の 50s~150s の免震構造と非免震構造の重ね合わせ図では、70s 付近以降に変位が増幅し始めるが、その後免震構造は減衰して小さい振幅になるものの、非免震構造は更に増幅して最大変位に達すると緩やかに減衰していくことが確認できる。このように、非免震構造が免震構造に比較して大きな応答になった要因は、ゴム支承本体の等価減衰定数は $h=0.04$ であることに対して、免震構造では非線形性による履歴減衰が付与されたため、応答が低減されたと考えられる。

表 1 各構造要素の減衰定数

	鋼	コンクリート	基礎	ゴム支承
免震	2.0%	2.0%	20.0%	4.0%
非免震	2.0%	2.0%	20.0%	0.0%

表 2 支承部の応答変位量

	支承①	支承②	支承③	支承④
免震	387.9	384.4	384.5	387.5
非免震	906.6	897.2	897.5	905.4
比率	2.34	2.33	2.33	2.34

比率は、非免震/免震を表す。単位: mm

また、下部工の塑性ヒンジ部材は、共に弾性域の応答であり損傷は発生しなかったことから、主たる塑性部材は支承であることが確認できた。すなわち、軟弱地盤上でも免震効果が発揮されたと考えられる。

5. まとめ

南海・東南海地震を想定したシミュレーション波形を用いて、軟弱地盤上の固有周期特性が $T=3.0\text{sec}$ 程度のゴム支承に支持された橋梁の応答特性を検討した。この結果、免震構造はこのような軟弱地盤上の条件でも効果を発揮し、非免震型よりも高い耐震性能であることが確認された。しかしながら、採用した弥栄 EW の 1 地震波形による解析結果であり、南海・東南海地震の全てに対して想定した結果ではない。最後に、(財) 地域地盤環境研究所の鶴来雅人氏には、南海・東南海地震のシミュレーション波形を提供して頂き、また波形作成手法についてご指導頂いた。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 V 平成 8 年 12 月
- 2) 趙伯明・鶴来雅人・香川敬生: 大阪盆地を対象とした東海・東南海地震の地震動シミュレーション(1), 土木学会地震工学論文集 Vol.27, 2003
- 3) 鶴来雅人・趙伯明・香川敬生: 大阪盆地を対象とした東海・東南海地震の地震動シミュレーション(2), 土木学会地震工学論文集 Vol.27, 2003

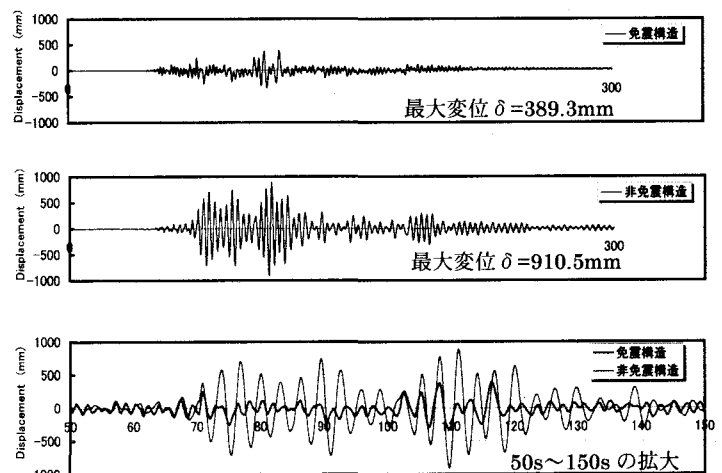


図 5 時刻歴変位図(上部工応答)