

京都大学工学部	正会員	○大山 佳則	京都大学大学院	フェロー	渡邊 英一
京都大学大学院	正会員	杉浦 邦征	京都大学大学院	正会員	永田 和寿
防衛大学校土木工学科	正会員	梶田 幸秀	京都大学大学院	学生員	津村 洋祐

1.研究目的

兵庫県南部地震では、橋脚の倒壊、橋桁の落下をはじめ、多数の高架橋で大きな被害を受けた。鋼製橋脚の座屈現象は実験などによって、あらかじめ予想されていたものの、史上初めての直下型地震による被害であった。従来、高架橋の解析は 1 次元もしくは 2 次元で行われていたが、本研究では高架橋を 3 次元的に解析することにより高架橋の地震時応答性状をより詳しく調べた。高架橋を 3 次元骨組構造としてモデル化し、立体骨組有限要素解析プログラムを用いて高架橋の動的非線形解析を行い、得られた時刻歴応答解析結果をもとに高架橋の地震時挙動を可視化することで高架橋の 3 次元応答性状を明らかにすることを目的とする。

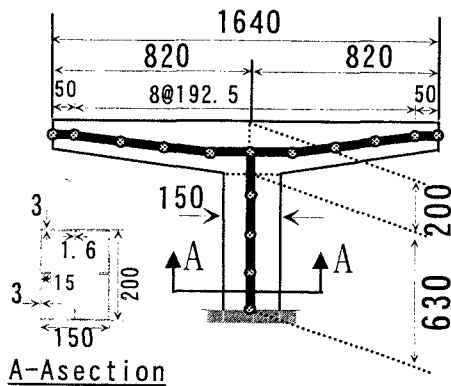


Fig.1 橋脚のモデル

2.解析方法

本研究では、三次元梁要素を用いた弾塑性有限変位解析を行った。材料の応力-ひずみ曲線は von Mises の降伏条件、関連流れ則及び等方硬化則に基づく塑性増分理論を用いた。幾何学的非線形解析においては、Total Lagrangian による定式化を用いた。質量マトリックスには集中マトリックスを、減衰マトリックスには比例減衰マトリックスを用い(減衰定数  $h=0.05$ )、数値積分には Newmark の  $\beta$  法を用いて時刻歴応答解析(時間増分  $\Delta t=0.01\text{sec}$ )を行った。また可視化

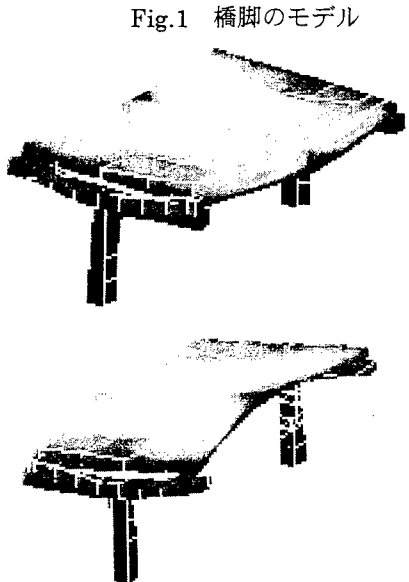


Fig.2 直橋の可視化  
(18 秒,18.5 秒後)

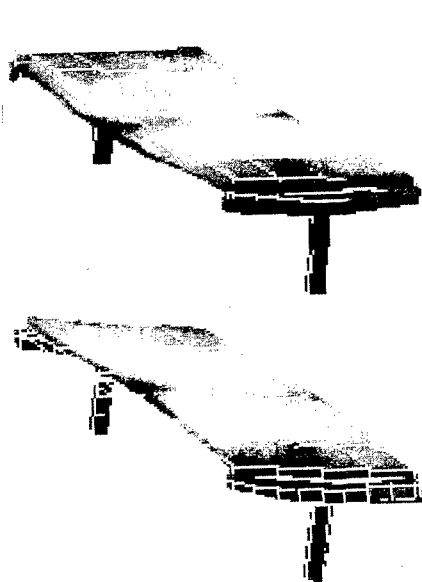


Fig.3 斜橋の可視化  
(18 秒,18.5 秒後)

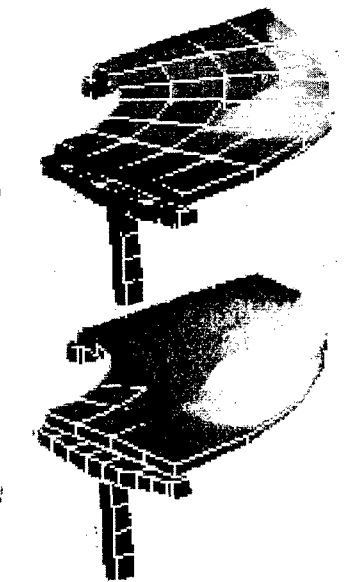


Fig.4 曲橋の可視化  
(18 秒,18.5 秒後)

ソフト AVS(Advanced Visual Systems)を用いることにより高架橋の地震時挙動の可視化を行った。なお入力地震波は神戸海洋気象台における観測波 (KOBE\_NS、KOBE\_EW、KOBE\_UD) を使用した。

## 2.解析モデル

モデル化については、高架橋の構造形式の差異が地震時応答性状に及ぼす影響を明らかにするために、桁形状や径間数を変えた高架橋のモデル化を行った。ここで、桁の形状は、直線桁、斜桁および曲線桁を対象とし、径間数は単径間と3径間とした。橋脚に関しては阪神高速道路3号神戸線 P352 を参考にし、Fig.1 に示すモデル化を行った。

## 4.解析結果

単径間高架橋において桁の線形による違いを比較するため AVS による可視化を行った。この可視化により高架橋全体の地震時挙動を時刻歴で直感的に捉えることが可能となった。この結果を直線橋、斜橋、曲線橋それぞれについて Fig.2~4 に示す。また橋脚の梁部と柱部の連結部での x 方向の応答結果を Fig.5 に示す。この結果からみると橋脚に関してはあまり大きな差異は見られないが、最大応答変位に着目すると直線橋が地震に対し最も有利な構造であるといえる。また単径間高架橋について x,y,z 方向にを単独で与えた場合のそれぞれの応答の和で各方向の地震波を同時に与えたときの応答を表現することが可能か、つまり x,y,z 方向について独立であるかどうかを調べた結果、地震波を同時に与えたときの応答が大きく、その差の最大値は x 方向について約 4cm となり約 50% ものの違いが生じていた、また y 方向には約 33.4% ほどの違いが生じた。したがって高架橋の地震時挙動を正確に捉えるには3次元解析によって評価する必要がある。これらの結果のまとめを Fig.6 に示す。次に3径間連続高架橋と単径間高架橋の比較を行った。単径間高架橋を3径間連続高架橋にすることにより直橋、斜橋、曲橋のいずれの場合についても応答変位が抑えられることがわかった。

## 5.結論

今回の解析により高架橋の地震時挙動を正確に捉えるには3次元解析によって評価する必要があることが分かった。その際に高架橋全体としての地震時挙動を捉えるには可視化が有効な手段であると思われる。また径間数を変化させ単径間高架橋を3径間連続高架橋にすることによって耐震性が向上したと考えられる。なお、本研究では地盤、基礎などの影響を無視しているため橋全体系としての地震時挙動を正確に表現できていない。よって今後振動台等を用いることにより、実際にこのような現象が生じるか追試する必要がある。

## 参考文献

(社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説V耐震設計編、丸善、1996.12

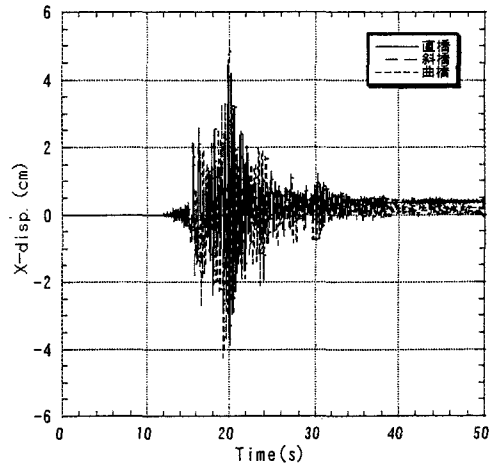


Fig.5 X方向変位の比較

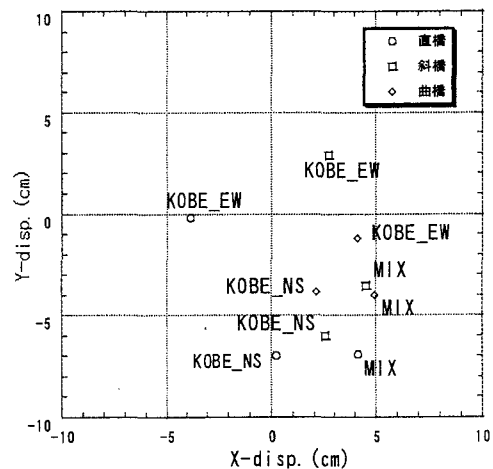


Fig.6 最大応答変位