

I - B 228

既設橋の合理的耐震補強に関する一考察

(株)オリエタルコンサルツ 正員 ○井上 陽介 広島工業大学工学部 正員 中山 隆弘  
 (株)コンサルツ大地 正員 坂手 道明 広島工業大学大学院 学生員 長谷川賢路

1. はじめに

兵庫県南部地震以後、各地で既設橋梁の補強が行われているが、ほとんどの場合、橋脚の剛度を増す方法によって画一的に実施されているのが実態である。そこで、本研究ではひとつの方法として、支承部の支承条件を変更することによって、目標とする耐震性を経済的に実現する方法について検討した。

2. 解析概要<sup>1)</sup>

実在する既設橋梁を参考にして、解析モデルとしては、現状のように、橋脚上の支承を固定・可動とする MODEL1、橋脚上の支承のみを反力分散支承とする MODEL2、橋脚・橋台上の支承をいずれも反力分散支承とする MODEL3、橋脚・橋台上の支承をともに免震支承とする MODEL4 を考えた。

図-1 に、橋梁の一般図を示す。参考にした本橋梁は、河川を横架する 3 径間の鋼鉄桁橋で、昭和 43 年 3 月に改訂された「道路橋下部構造設計指針」に従って設計されたものである。

図-2 に動的解析モデルを示す。この図において、上部工は線形のはり要素でモデル化し、橋脚の復元力特性については、はり要素の「曲げモーメント-曲率関係」と、塑性回転バネの「曲げモーメント-回転角関係」をいずれも Tri-linear モデルで評価した。履歴モデルには武田モデルを用いた。また、減衰については、Rayleigh 型の減衰モデルを用い、橋脚に 2%、上部工に 3% を与えた<sup>2)</sup>。なお、耐震性については、今回は非線形動的解析によって算定される橋脚基部の塑性ヒンジ部に生じる最大回転角を評価指標とした。また、今回は橋軸方向の地震力に対する耐震性照査のみを検討の対象とした。

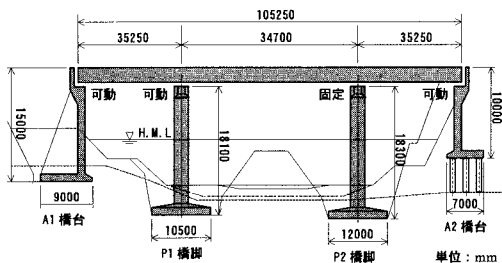


図-1 橋梁の一般図

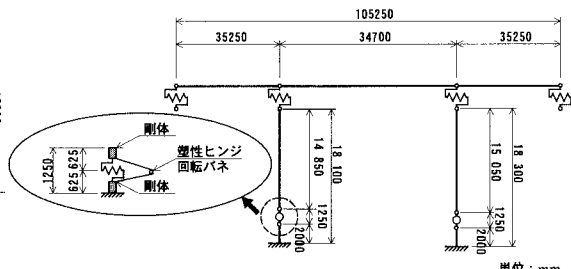


図-2 動的解析モデル

さて、今回検討を進めた耐震補強法の場合、橋脚あるいは橋台上の反力分散支承のばね定数の選択が極めて重要になる。したがって、まず予備計算を行い、橋脚上の支承の場合には 4,000~6,000tf/m の範囲のものであれば、施工面で現在の支承との置換が可能であることが分かった。このため、今回は表-1 に示すような反力分散支承の条件下で解析および検討を進めた。さらに、橋台上の支承をも反力分散支承に置換するケースについては、100~3,000 tf/m の範囲内で計 14 種類の支承を選び解析を行った。なお、反力分散支承は線形で評価し、減衰については 2% を与えた。さらに、免震支承については「水平力-変位関係」を Bi-linear モデルで評価し、減衰については、履歴モデルを用いた場合には減衰が自動的に解析に取り入れられるので 0% とした。また、入力地震波については、TYPE I、TYPE II に対して、各 3 波の標準加速度波形を用いた。なお、非線形動的解析には汎用 FEM プログラム TDAP III を使用し、Newmark の β 法 ( $\beta=1/4$ : 一定加速度法) による直接積分法により解析を行った。

表-1 解析ケース

	各支承の水平方向ばね定数(tf/m)		
	A1.2橋台	P1橋脚	P2橋脚
MODEL1	10E-9(可動)	10E-9(可動)	10E9(固定)
MODEL2	10E-9(可動)	4000/5000/6000	4000/5000/6000
MODEL3	100~3000(14種類)	5000	6000
MODEL4*	1次剛性	1779.93	3317.65
	2次剛性	273.84	510.41

\* MODEL4では支承を免震支承としたため1次剛性および2次剛性を表示した。

キーワード：橋梁，耐震補強，反力分散支承，免震支承

〒731-5143 広島市佐伯区三宅 2 丁目 1-1 広島工業大学工学部建設工学科 TEL (082)921-3121

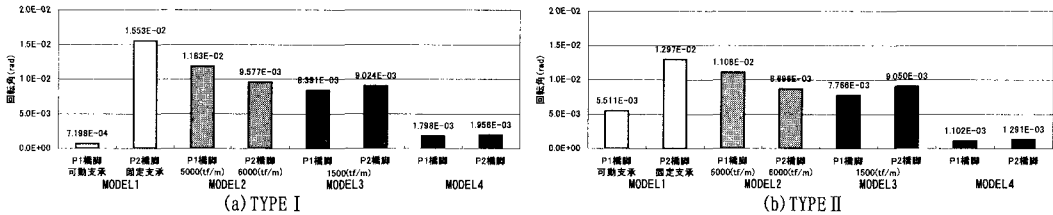


図-3 各地震波による各橋梁モデルの最大回転角

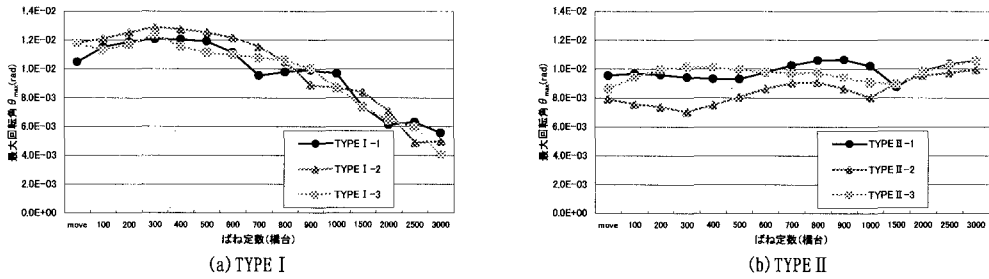


図-4 各地震波による最大回転角(橋脚・橋台上支承反力分散支承)

### 3. 解析結果および考察

図-3に各モデルにおける橋脚基部の塑性ヒンジ部の最大回転角を比較した図を示す。これらの図は、いずれも3波に対する応答の中の最大値で与えている。また、橋脚上および橋脚・橋台上を反力分散支承に置換したMODEL2およびMODEL3では、水平方向ばね定数の値も種々変えたので、その中で比較的耐震性の高かったケースを選択し示してある。これらの図をモデル別に比較すると、地震波の特性に関係なく免震支承を有するMODEL4の変形が最も小さいことが分る。また、可動支承および固定支承を有するMODEL1は、当然ではあるが、固定支承を有する橋脚に上部工による慣性力が集中し大きな応答が生じていることが定量的に理解できる。

図-4は各地震波に対する橋脚・橋台上の支承を反力分散支承としたMODEL3の橋脚塑性ヒンジ部に生じる最大回転角を示している。まず、図(a)に示すように、TYPE Iの地震波に対しては橋台上に反力分散支承を用いることによって橋脚の変形をかなり抑えることが可能である。また、その効果は橋台上の反力分散支承のばねが剛なほど著しいことが分かる。しかし、図(b)に示すように、TYPE IIの地震波に対しては橋台上に反力分散支承を用いても橋脚の変形を抑える効果は期待できない。

### 4. まとめ

- 1) 既存橋梁を構成するふたつの橋脚の耐震性レベルにはかなり大きな差がある。
- 2) せん断破壊型ではなく、各橋脚がある程度の保有水平耐力を有している場合には、現状の支承構造を変更して地震力を複数の橋脚および橋台で分担させれば、各橋脚が比較的バランスのとれた耐震性を発揮する。
- 3) 橋台上の支承は可動支承のままでも、橋脚のみの支承を施工可能な4,000t/mから6,000t/mの反力分散支承にすることで、補強前の固定支承を有する橋脚の負担を軽減させ、橋脚の変形をかなり抑えることができる。
- 4) TYPE Iの地震波に対しては、橋台上の支承を適切な剛度を有する反力分散支承とすることにより、橋脚の負担を軽減させることができる。しかし、TYPE IIの地震波のように加速度が極めて大きい地震波の場合には、十分な効果が期待できない。
- 5) 橋脚および橋台上の支承を免震支承にすることで、かなり橋脚の変形を低減できる。その理由として、免震支承が降伏すると、上部工による慣性力が小さくなると同時に、その力が橋脚にほとんど伝わらなくなるためと考えられる。

なお、本研究は文部省私立大学ハイテク・リサーチ・センター整備事業の一環として実施されたものであり、関係各位に本紙面を借りてお礼を申し上げます。

### 参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋の耐震設計に関する資料，1998.1. 2) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V耐震設計編，1996年12月。