

支承条件の違いが3径間連続橋の地震応答特性に与える影響

(株)リエンタルコンサルツ 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、これまで橋梁の支承として多く使用されてきた鋼製支承に代わり、ゴム支承の需要が高まっている。このような状況の中、本研究では、橋梁の支承条件の違いが橋梁の地震応答にどのような影響を与えるかを数値解析的に明らかにした。また、ゴム支承の剛性と橋梁の地震応答の関係についても検討を行った。

2. 解析概要¹⁾

本研究では、支承条件の違う4つの橋梁全体モデルに対する非線形動的解析を行い、その耐震性のレベルを検討した。具体的には、橋脚上の支承を可動支承および固定支承としたMODEL1、橋脚上の支承のみを反力分散支承としたMODEL2、橋脚および橋台上の支承を全て反力分散支承としたMODEL3、上部工と橋脚を剛接するいわゆるラーメン橋としたMODEL4を考え、その各モデルの耐震性を比較した。

図-1にモデル橋梁の一般図を示す。本モデル橋は、3径間の既設橋梁を参考として、新たに橋梁全体のモデルを作成し解析を行った。本モデル橋において、橋脚は両方とも等断面、等配筋とした。上部工についても等断面、等配筋とした。なお、上部工の総重量は875tfである。また、現行の道路橋示方書²⁾に従って、建設地点の地域区分はB、地盤種別はI種（洪積地盤）橋梁の重要度は1級と仮定した。

図-2に動的解析モデルを示す。但し、この図は橋脚および橋台上の支承を反力分散支承としたモデルを示している。この動的解析モデルにおいて、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、塑性回転パネの「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、減衰定数については、橋脚に2%、上部工に3%を与えた。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（ラーメン橋モデルの場合は橋脚天端の塑性ヒンジ部に生じる最大回転角も対象とした）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。

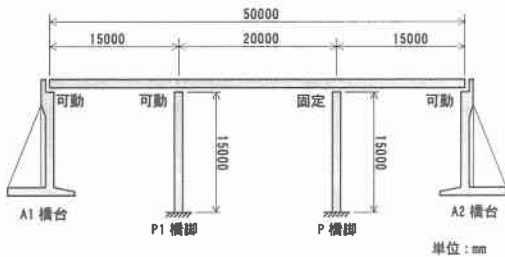


図-1 モデル橋梁の一般図

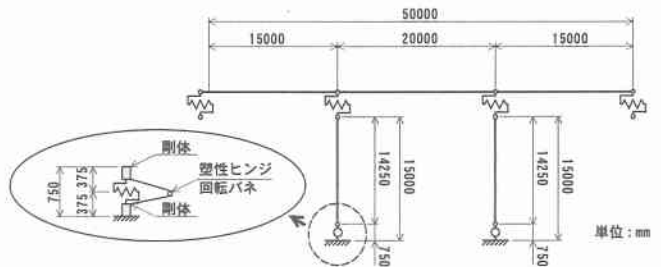


図-2 動的解析モデル

表-1に解析ケースを示す。橋脚上の支承のみを反力分散支承としたMODEL2では、橋脚上の反力分散支承の水平方向ばね定数を1000, 3000, 6000tf/mとする3ケースについて検討した。さらに、橋台上の支承をも反力分散支承としたMODEL3では橋脚上の反力分散支承の水平方向ばね定数を3000tf/mとし、橋台上の反力分散支承の水平方向ばね定数を500, 1000, 1500, 2000tf/mとする4ケースの検討を行った。なお、反力分散支承は線形パネでモデル化し、減衰定数については2%を与えた。また、入力地震波は、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TDAPⅢを使用し、Newmarkのβ法(β=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)	1000/3000/6000	1000/3000/6000
MODEL3	500/1000/1500/2000	3000	3000
MODEL4*	10E-9(可動)	10E9(固定)	10E9(固定)

* MODEL4のラーメン橋モデルでは回転方向も固定している。

3. 解析結果および考察

図-3 および図-4 に各モデルにおける橋脚の塑性ヒンジ部の最大回転角を比較した図を示す。図-3 は TYPE I の地震波に対する結果を示しており、図-4 は、TYPE II に対する結果を示している。なお、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とした MODEL2 および MODEL3 では、前述のように、水平方向ばね定数の値も種々変えたので、その中で最も応答の小さかったケースの結果を示した。

これらの図をモデル別に比較すると、TYPE I の地震波に対しては、橋脚および橋台上の支承を反力分散支承とした MODEL3 の変形が最も小さく、TYPE II の地震波に対しては、橋脚上の支承を反力分散支承とした MODEL2 の変形が最も小さい。また、ラーメン橋とした MODEL4 は、TYPE I の地震波に対しては有効であるが TYPE II の地震波に対してはあまり有効でないことが明らかになった。さらに、既設橋梁で主に採用されている、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の慣性力が集中し大きな応答が生じていることが分かる。

図-5 は TYPE I の 3 波の地震波に対する、橋脚・橋台上の支承を反力分散支承とした MODEL3 の橋脚基部の塑性ヒンジ部に生じる最大回転角を示している。また、図-6 は TYPE II の 3 波の地震波に対する結果である。これらの結果より、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り、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、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

- MODEL1 の場合、当然のことではあるが、上部工の慣性力が固定支承を有する橋脚に集中し、ふたつの橋脚の応答にはかなり大きな差がある。
- MODEL2 の場合、上部工の慣性力が両橋脚に分散され、両橋脚が十分な耐震性を発揮する。
- MODEL3 の場合、TYPE I の地震波に対しては、橋台上の反力分散支承が上部工の変位を制御し橋脚の変形をかなり抑えることができ、橋台上の反力分散支承のばねが剛なほどその効果は大きい。しかし、TYPE II の地震波に対しては、加速度が極めて大きいため、橋台上の反力分散支承から地震動の加速度が伝わることとなり、応答の大きさに対しては効果が期待できない。しかし、応答が早く減衰するという効果が見られた。
- MODEL4 の場合、TYPE I の地震波に対しては有効であるが、TYPE II の地震波に対してはあまり有効でない。

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る。

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.

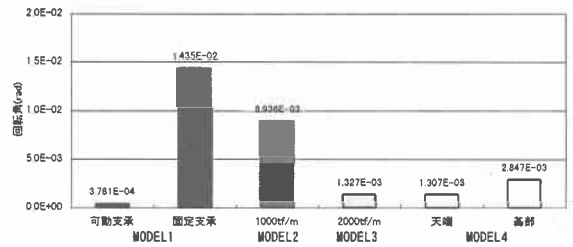


図-3 TYPE I の地震波による各橋梁モデルの最大回転角

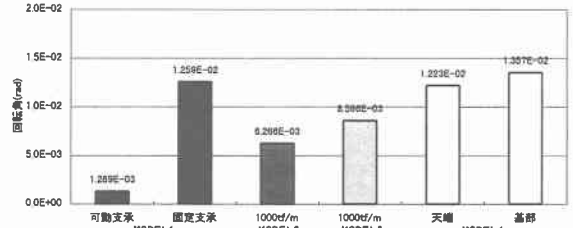


図-4 TYPE II の地震波による各橋梁モデルの最大回転角

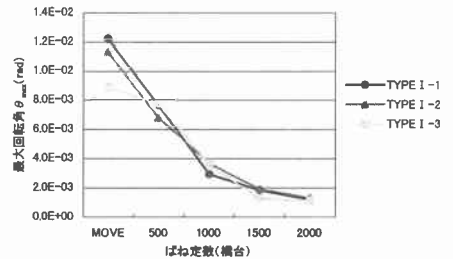


図-5 TYPE I の地震波による最大回転角

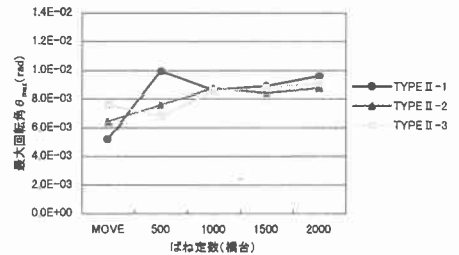


図-6 TYPE II の地震波による最大回転角