

鉄道橋の大地震による支承部損傷の解析的検討

岩手大学工学部	正会員	宮本 裕
岩手大学工学部	正会員	岩崎 正二
岩手大学工学部	正会員	出戸 秀明
鉄道総合技術研究所	正会員	杉館 政雄
岩手大学工学部		○幸田 壮史

1. はじめに

近年、構造物の動的応答照査において実地震動に対する応答を計算する非線形動的解析手法が多く用いられるようになってきた。このような状況の中で複雑な方向性を持つ実地震動に伴う構造物の3次元挙動を十分に反映する高精度な解析方法として、材料非線形履歴モデル(以下ファイバーモデル)を用いた3次元非線形動的解析手法による照査方法が検討されつつある。兵庫県南部地震によるJR新幹線の橋梁被害傾向は支承部に多く発生したことが分かっている。本論文ではこの原因を解明するために、JR新幹線の合成桁に着目し、実際の構造を可能な限り再現した下部工を含めた三次元の立体モデルを作成することにより、線形地震時応答解析及び非線形地震時応答解析を実施し比較検討する。また、橋脚高さ、斜角などをパラメーターとして計算を行い、それらのパラメーターが支承部に生ずる地震時力にどのような影響を与えるか解析的検討を行った。

2. 線形動的解析及びファイバー要素を用いた非線形動的解析

解析では、汎用プログラム「UC-Win/FRAM(3D)」を用いた。実際の橋梁の挙動を可能な限り再現するため図-1に示す三次元立体モデルを使用し、上部工の断面諸量として実在するJR新幹線の合成桁の値を用いた。上部工は上り線と下り線の分離構造であり、ともに2主桁の活荷重合成桁となっている。本研究では、橋脚高さと斜角をパラメーターとし、橋脚高さ5、10、15m、斜角0、30、45度を組み合わせた合計9個のモデルを作成した。支間長は30mとし、桁間の幅員は2.3mとした。主桁の面内剛度は、床版の有効幅を考慮した合成断面で計算した。また、面外剛度については、各主桁の床版を全幅有効とした断面で計算するとともに、床版のせん断剛性を評価するため、主桁間に床版のせん断剛度と等価になるようなトラス部材でモデル化した。また、床版自重等を考慮するために、桁上面にコンクリート床版、道床、軌道を想定した死荷重を作用させた。支承のタイプは線支承とし、骨組解析上、桁中立軸から支承中心まで剛な鉛直部材を設け、この部材上端を主桁部材に剛結、下端を表-1に示す境界条件とした。下部工構造は、矩形断面を有する鉄筋コンクリート門型ラーメンとし、非線形動的解析では、柱基部をファイバー要素でモデル化した。入力地震動は、道路示方書に規定されている地震波(兵庫県南部地震 道示 - - 1)を用いた。

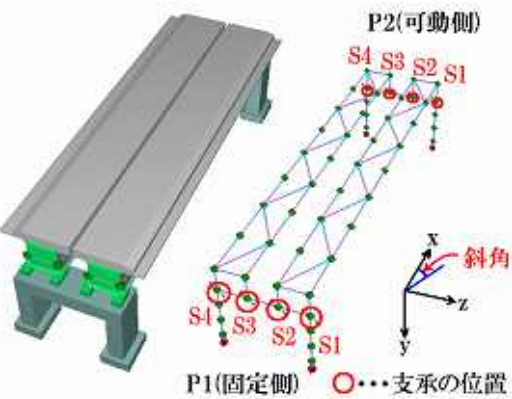


図-1 解析モデル例(直桁、橋脚高さ5m)と支承の位置

表-1 支承部境界条件

	P1(固定側)		P2(可動側)	
	S1・S4	S2・S3	S1・S4	S2・S3
X	拘束	拘束	フリー	フリー
Y	拘束	拘束	拘束	拘束
Z	拘束	フリー	拘束	フリー
θ_x	フリー	フリー	フリー	フリー
θ_y	フリー	フリー	フリー	フリー
θ_z	フリー	フリー	フリー	フリー

キーワード 非線形地震時応答解析 鉄道橋 支承部 ファイバー要素

連絡先 〒020-8551 岩手県盛岡市上田 4-3-5 岩手大学工学部 建設環境工学科 構造工学研究室

電話番号 019-621-6436

3. 解析結果と考察

動的解析法による解析モデルのケースごとの固有周期計算結果の比較を表- 2 に示す。橋脚高さが大きくなるにつれ固有周期は増加する傾向があり、特に直桁での増加率が大きいことが分かる。

線形時刻歴応答解析結果から固定支承部における最大せん断力を抽出し、各ケースを比較した棒グラフを図- 2 に示す。ちなみに、ここでの支承部の応答値は、支承につながる剛な鉛直部材の下端における応答値を用いている。従って、最大せん断力とは、実質は支承部に作用する水平反力を意味する。図- 2 より、各支承部における最大せん断力は異なる値をとり、橋脚高さが大きくなるにつれ、増加する傾向があることが分かる。また、斜角の変化による影響は橋脚高さが大きくなるほど顕著である。図- 3 は、非線形時刻歴応答解析結果から支承部における最大せん断力を抽出し、各ケースを比較した棒グラフである。図-4 より、各橋脚高さにおいて斜角が大きくなるにつれて少しずつ最大せん断力が大きくなる傾向が見られるが、S 4 支承でその傾向が強いようである。また、橋脚高さ 15mの斜角 30 度と 45 度のケースだけ全体の中で著しく最大せん断力が増加していることが分かる。

表- 3 に線形解析結果に対する非線形解析結果の支承 P1：S4 における最大せん断力の増加率を示す。表- 3 から、斜角 45 度での増加率が非常に大きくなっていることが分かる。また、橋脚高さ 5mでは、すべてのケースで増加率がプラスになっており、橋脚高さ 10m、15mでは直桁のケースでマイナスの増加率が出ており、非線形解析結果は線形解析結果に比べて必ずしも増加するとは限らないようである。

4. まとめ

線形及び非線形地震時応答解析では、橋脚高さが大きくなるにつれて応答値も大きくなる傾向があることが分かった。柱基部にファイバー要素を用いた非線形地震時応答解析では、橋脚高さと斜角が大きくなるにつれ徐々に応答値が大きくなるのに加え、橋脚高さ 15mで斜角 30 度と 45 度の両ケースでは特に大きい応答値を示した。線形解析ではこのような傾向が認められなかったため、これらのケースでは、橋脚基部のファイバー要素の塑性化が進み、支承部の応答に影響を及ぼしたものと考えられる。大地震時における非線形解析の重要性が示された。

表- 2 動的解析による固有周期の比較(単位：sec)

		橋脚高さ		
		5m	10m	15m
斜角	0度	0.264	0.396	0.608
	30度	0.261	0.314	0.438
	45度	0.262	0.304	0.442

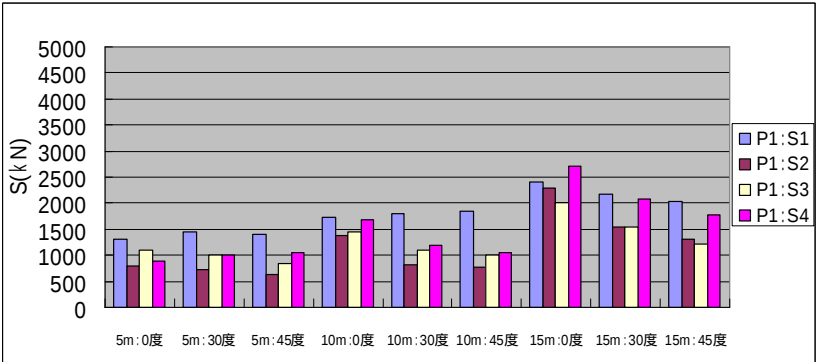


図- 2 線形地震時応答解析での支承部における最大せん断力の比較(単位：k N)

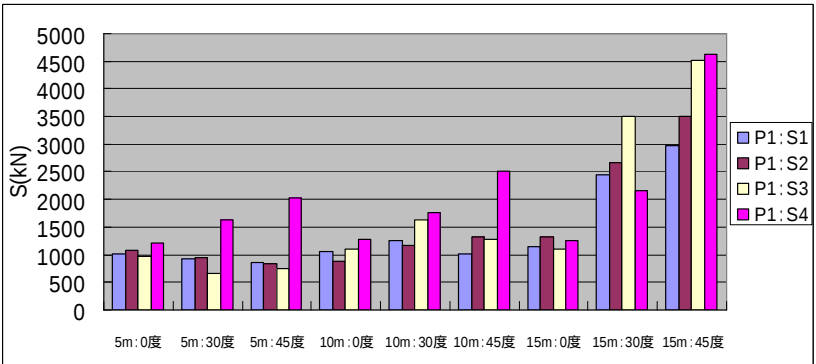


図- 3 非線形地震時応答解析での支承部における最大せん断力の比較(単位：k N)

表- 3 最大せん断力の増加率(単位：％)

	増加率(%)
5m:0度	38.9
5m:30度	62.6
5m:45度	93.4
10m:0度	-23.9
10m:30度	49.6
10m:45度	140.4
15m:0度	-53.3
15m:30度	4.2
15m:45度	160.6