

3次元非線形動的解析による斜橋の動的挙動の解明

九州大学工学部
大日本コンサルタント

学生員 ○山本 智弘 フェロー 大塚 久哲
正会員 川神 雅秀 正会員 吉澤 努

1. はじめに

地震の際、支承部のけた移動拘束機能が破損すると、斜橋は、上部構造の幾何学的特性によって、鉛直軸まわりに回転を生じる可能性がある。そのため、上部構造の回転挙動に対しても、落橋しないようにけたかかり長を算出しなければならない。本研究では、地震時の斜橋の回転挙動に関するメカニズムを、3次元解析により解析を行い、上部構造のみの解析¹⁾と比較した。

2. 解析対象橋梁

解析の対象とした橋および解析モデルを図-1に示す。斜角は40度、橋長は34mで、このモデルは桁の回転可能条件式を満たす²⁾。下部構造はRCラーメン橋脚(3柱式)、基礎は杭基礎である。諸元を表-1に示す。本解析では上部構造の回転挙動に着目し、支承部が破損した後の状態のシミュレーション解析を行った。そこで、上部構造と杵座部間を摩擦抵抗バネでモデル化した。すなわち、支承線方向の摩擦抵抗バネは、圧縮、引張両方向ともに限界摩擦抵抗力 P_y で移動するようなバイリニア形復元力特性でモデル化した。支承線直角方向については、隣接桁は動かないものと仮定し、引張方向については限界摩擦抵抗力 P_y で移動し、圧縮方向は隣接桁にぶつかると移動を拘束するようにモデル化した。ここで限界摩擦抵抗力 P_y は、死荷重反力に摩擦係数を乗じた値とする。摩擦係数は0.5とした。図-2に摩擦バネの概念図を示す。入力地震動としては、兵庫県南部地震において観測されたJR西日本鷹取駅波形を、橋軸方向にEW成分、橋軸直角方向にNS成分を同時入力し、10秒間解析を行った。鉛直地震動は考慮していない。解析手法としてはNewmarkの β 法($\beta=1/4$)を用いた。積分時間間隔は0.001秒とした。解析プログラムはResp-3T/Bを使用した。

3. 解析結果

図-3に上部構造のみでモデル化したケース(以下case1)と全体系でモデル化したケース(以下case2)の5秒および10秒の時点の桁の挙動図を示している。この図から、桁が鋭角側から落橋するように回転することが確認できる。また、 $t=5.0$ 秒ではcase1とcase2の回転量はほぼ同じであるが、 $t=10.0$ 秒になると、case1の方がcase2よりも回転している

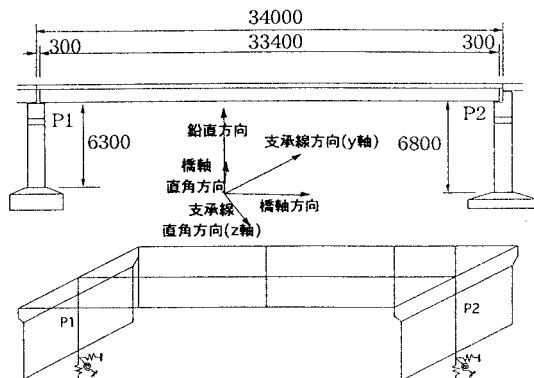


図-1 解析対象橋梁およびモデル図

表-1 モデルの諸元

	断面積 A(m ²)	断面2次モーメント I _y (m ⁴)	ねじりモーメントJ(m ⁴)
P1橋脚柱	1.56	0.22	0.187
P2橋脚柱	1.56	0.22	0.187

並進バネ(tf/m)		鉛直バネ	回転バネ(tf・m/rad)(^{10⁻⁵})			
y軸(^{10³})	z軸(^{10⁵})	(tf/m)(^{10⁵})	y軸回り	z軸回り	鉛直軸回り	
P1橋脚	2.84	2.84	11.2	2.60	26.7	7.40
P2橋脚	2.40	2.40	1.88	0.743	5.63	7.30

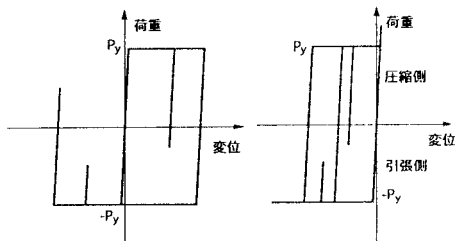


図-2 摩擦バネの概念図(左図: 支承線方向バネ, 右図: 支承線直角方向バネ)

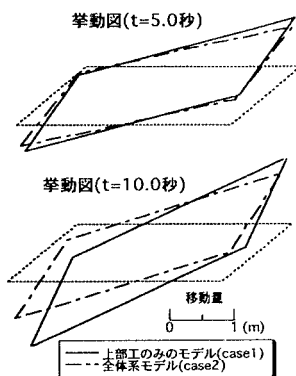


図-3 モデル化の違いによる桁の挙動の比較

ことが分かる。このことは、図-4に示す両モデルの桁の回転角の時刻歴図からも分かる。 $t=4.0$ 秒くらいまでは両モデルの回転角にあまり差はないが、5.0秒を過ぎるとcase2はそれほど回転していないのに対してcase1は8秒くらいまで回転している。

次に、両モデルの桁の回転挙動の違いをみるため、移動量の差が大きかった桁のP1橋脚側鋭角部節点に着目し、支承線直角方向の応答変位および支点応答反力を図-5に示す。これによると、両モデルとも限界摩擦抵抗力 P_y を超えるまでは、変位がでていないことが確認できる。また、case1では5秒から6秒にかけて、摩擦抵抗力 P_y を常に超えており変位が大きく生じている。一方case2では、4秒以降に一度、支承線に近づく方向に変位がでている。その後逆方向に変位がでているものの、 P_y を超えている時間がcase1よりも短く、その分case1よりも変位が小さくなっている。

次にcase2について、下部構造の影響をみるため、橋脚頂部の橋軸方向の応答変位時刻歴を図-6に示す。4秒および5秒過ぎにP2橋脚とP1橋脚の変位の差が大きくなっており、その後も変位の差が生じている。このことが、桁のP2橋脚側の相対変位が大きくなっていることの原因の一つと考えられる。

図-7に桁の支承線直角方向の最大変位を示す。今回の解析対象橋梁は、支承線直角方向に約46cm変位が生じると、下部構造から逸脱することになる。桁端幅員中央部がこの値を超えたときに落橋すると仮定すると図-7よりどちらのモデルも落橋することが確認できるが、その時間はそれぞれ約5、6.9秒と異なっていた。

4. おわりに

斜橋を全体系でモデル化した場合と、上部構造のみでモデル化した場合では、ともに回転現象が見られたが、その回転挙動は異なっていた。本解析モデルでは、上部構造のみでモデル化した方が全体系でモデル化した場合よりも変位が大きかったが、下部構造の変位が大きくなる場合、あるいは他の下部構造形式でも同様の現象が起こるとは限らず、既存橋梁等の回転現象の確認には全体系でモデル化した方がよいといえる。今後は、回転現象における下部構造の影響を分析していく予定である。

参考文献

- 1) 大塚久哲, 神田昌幸, 鈴木基行, 川神雅秀: 斜橋の水平地震動による回転挙動解析, 土木学会論文集, I-40, pp.315-324, 1997.7
- 2) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 v 耐震設計編, 1996

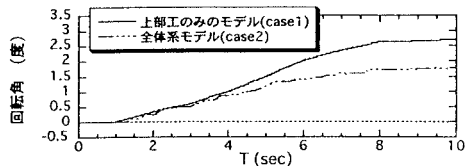


図-4 モデル化の違いによる桁の回転角の比較

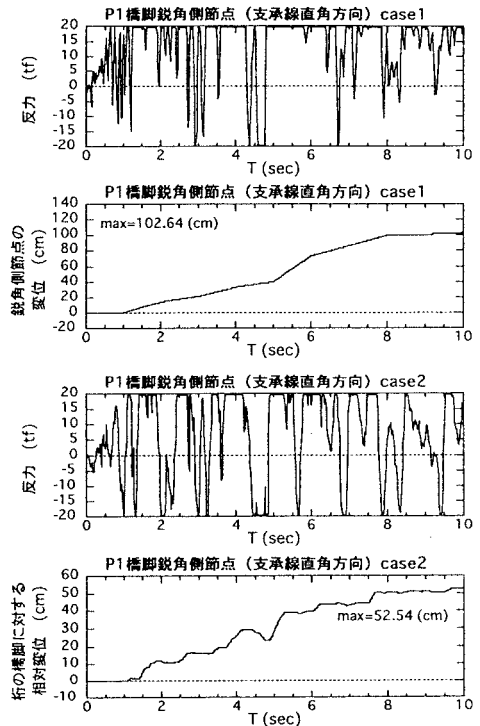


図-5 桁の支承線直角方向変位および反力
(上2図: case1, 下2図: case2)

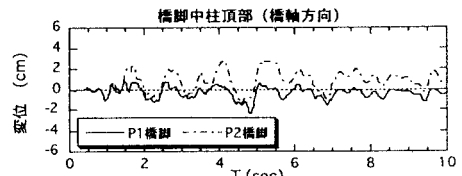


図-6 橋脚頂部の橋軸方向変位

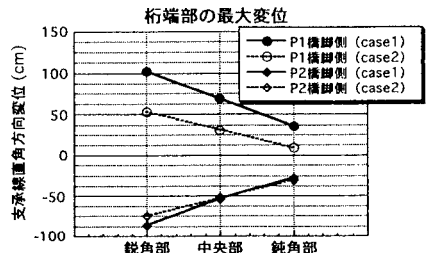


図-7 桁中央部の支承線直角方向変位