

水平 2 方向地震動を受ける多径間連続橋の弾塑性地震応答解析

名古屋大学 学生会員 ○坪井 久幸
名古屋大学 正会員 葛西 昭

1. はじめに

現行の道路橋示方書では、橋梁の設計を行う時には、水平 2 方向の慣性力を橋軸方向と橋軸直角方向に対して 1 方向ずつ独立に耐震検討するとしているが、これでは実際の地震時における鋼製橋脚の耐震性能を十分には評価していない。しかし、これまで橋梁全体系に対する水平 2 方向地震動を想定した設計法を念頭に置いた検討例は多くはなかった。その様な背景のもと、著者ら¹⁾は対象を連続橋とし、水平 2 方向地震動を想定した設計法の確立に向けた検討を行った。しかし、その検討では、橋梁モデルの支承部分が、連続橋で一般的に用いられるゴム支承ではなく、ピン支承を用いたものであった。そこで本研究では、支承部をゴム支承に変更し、弾塑性地震応答解析より得られる橋脚の応答変位と応答ひずみの観点から、新たな耐震設計法を論ずることを目標とした。

2. 対象橋梁

本研究で取り扱う対象橋梁は、図-1 に模式的に示される、支間長 40m の 4 径間連続高架橋をイメージしている。解析モデルは、図-2 に示すような橋軸方向および橋軸直角方向の変形を考慮した 3 次元モデルである。上部構造ははり要素を適用し、解析上は弾性部材としている。支承部分はゴム支承を想定し、後述する 3 次元ゴム支承モデルを導入する。桁両端は移動支承を想定し、鉛直方向および橋軸直角方向の変位を拘束しているが、回転は全方向において拘束しない。箱形断面を有する鋼製橋脚をはり要素でモデル化し、左側橋脚から順に P1, P2, P3 とする。その構造諸元を表-1 に示す。

なお、使用鋼材は SM490 とし、繰返し構成則には修正二曲面モデルを用いた。表-2 にその材料定数を示す。表中において E : 弾性係数, σ_y : 降伏応力ひずみ, ε_y : 降伏ひずみ, E_{st} : 初期硬化係数, ε_{st} : ひずみ硬化開始ひずみ, σ_u : 引張強度, ν : ポアソン比である。また、減衰定数は橋脚には 0.05, ゴム支承部には 0.02 を用い、Rayleigh 型の減衰マトリクスを規定した。

3. 支承部分

連続橋の橋軸方向および橋軸直角方向の変形を同時に考慮するためには、3 次元ゴム支承モデルが必要となる。そこで、宇佐美ら²⁾が提案しているゴム支承のモデル化の方法を 3 次元に拡張することを試みた。このモデルは、図-3 に示されるように、水平荷重 H および鉛直荷重 P

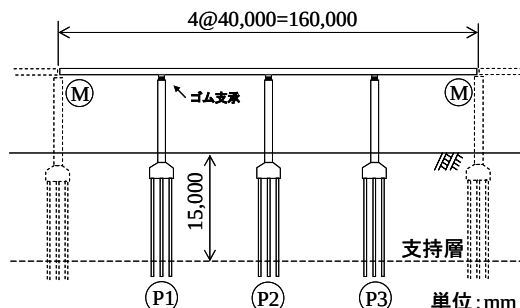


図-1 対象橋梁の模式図

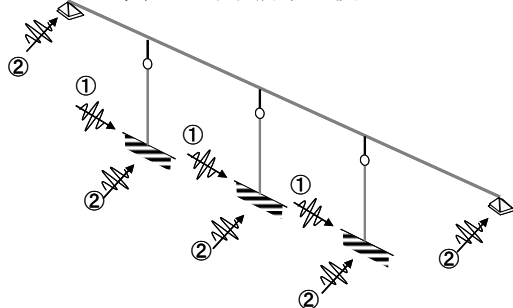


図-2 モデルと加速度入力方向

表-1 橋脚モデルの構造諸元

	R_f	$\bar{\lambda}$	l_d/b	t [mm]	b_s [mm]	t_s [mm]	h [m]
P1・P3	0.35	0.40	0.50	19	125	20	7.98
P2				19	122	20	7.83

表-2 解析モデルの材料定数

鋼種	E [GPa]	σ_y [MPa]	ε_y [%]	E_{st} [GPa]	ε_{st} [%]	ν	σ_u [MPa]
SM490	200	315	0.157	6.67	1.1	0.3	490

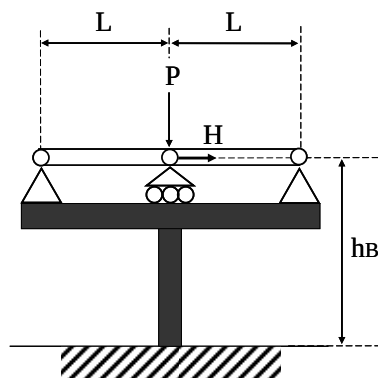


図-3 ゴム支承(2本トラス)モデル

の作用位置がゴム支承の高さ(h_B)だけ剛体要素でオフセットされたものである。これを 3 次元的に拡張して、連続橋モデルに組み込むことで、橋軸方向および橋軸直角方向に同時変形を考慮する 3 次元解析を行った。ゴム支承の剛性は、橋軸方向、橋軸直角方向ともに、橋脚頂部における水平剛性の 30%

になるように設定した。また、ゴム支承による特性を比較するために、図

-4 にイメージされるような、ピン支承を用いたモデルも用意し、その応答の差異を比較した。

4. 動的解析

ゴム支承モデルを用いた連続橋の地震応答特性を調べる為に、3 次元連続橋モデルに地震動を平面的に入力し、動的解析を行い橋脚の応答を求めた。解析に用いた地震波は、道路橋示方書に推奨されている地震波で、EW 成分と NS 成分がはっきりしている Level II, Type2 の 3 つの地震波である。

これを橋軸方向に EW 成分を(図 - 2 中の①)、橋軸直角方向に NS 成分を入力して(図 - 2 中の②)動的解析を行った。また逆に橋軸方向に NS 成分を、橋軸直角方向に EW 成分を入力する動的解析も行った。

そこで得られた橋脚の橋軸方向の変位を横軸に、橋軸直角方向の変位を縦軸にとると、図-5 に示すような応答変位履歴曲線が得られる。それをゴム支承モデル、ピン支承モデルでそれぞれ算出し、両者の比較を行った。また、応答ひずみも同様に、図-6(a)に示すようなゴム支承を用いたモデルの橋脚のひずみ履歴と、図-6(b)に示すようなピン支承を用いたモデルのひずみ履歴とで比較を行った。

その結果をまとめたものが表-3 である。

橋軸方向と橋軸直角方向の最大変位、最大圧縮ひずみの値をそれぞれ 2 つのモデルで値を記した。これによると、変位も

ひずみもゴム支承モデルの方がピン支承モデルより、応答値が大きな値となる傾向が見受けられた。また、ピン支承モデルの方は橋軸方向に変位が卓越する傾向が見られるのに対し、ゴム支承モデルの方は逆に橋軸直角方向に卓越する傾向が見られた。

5. まとめと今後の課題

本研究は、橋梁の全体系に対する水平 2 方向地震動を想定した耐震設計基準の確立に向けた基礎的検討として、2 種類の支承を用いた連続橋モデルの橋軸方向と橋軸直角方向に同時に地震波を入力した動的解析を行うことで、橋梁に対して 2 方向地震動を入力した場合の特性の検討を行った。その結果、ゴム支承モデルの方がピン支承モデルより、応答値が大きくなる傾向が見受けられた。なお、ゴム支承の水平剛性に関するパラメトリックスタディについては、当日発表することとする。

参考文献

- 坪井久幸, 葛西昭(2007): 水平 2 方向地震動を受ける多径間連続橋の弾塑性地震応答解析における一考察, 土木学会第 62 回 年次学術講演会概要集, I-005, pp.855-856.
- 宇佐美勉, 清川省吾, 金田一智章(2005): P-Δ効果を考慮した免震鋼製橋脚の弾塑性地震応答の簡易推定法, 構造工学論文集, VOL.46A, pp.879-886.

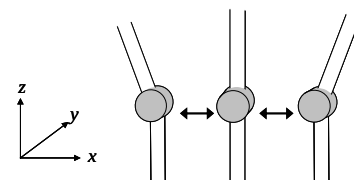
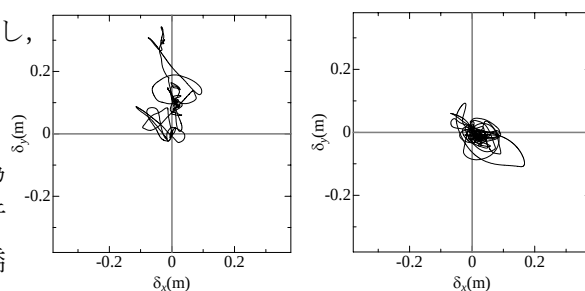
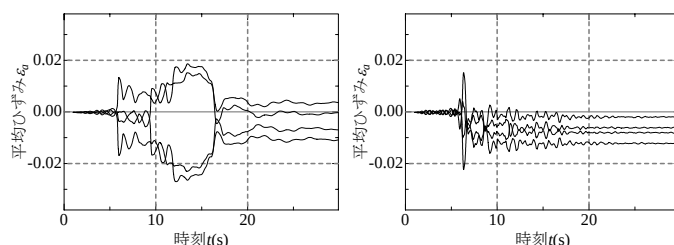


図-4 ピン支承(イメージ図)



(a) ゴム支承モデル (b) ピン支承モデル

図-5 橋脚の応答変位履歴曲線(地震動 jma)



(a) ゴム支承モデル (b) ピン支承モデル

図-6 橋脚の平均応答ひずみの比較(地震動 jma)

表-3 動的解析結果

地震波			JMA		JRT		PIS	
橋軸方向に入射する成分			EW	NS	EW	NS	EW	NS
最大変位 (m)	ゴム支承 モデル	橋軸方向	0.114	0.098	0.446	0.368	0.493	0.307
		橋軸直角	0.343	0.284	0.708	0.617	0.487	0.656
	ピン支承 モデル	橋軸方向	0.167	0.205	0.274	0.471	0.424	0.439
		橋軸直角	0.109	0.097	0.255	0.160	0.248	0.186
最大圧縮 ひずみ	連続橋モデル		0.0270	0.0233	0.0762	0.0665	0.0740	0.0615
	単柱モデル		0.0224	0.0207	0.0350	0.0432	0.0432	0.0433