

水平2方向地震動を受ける多径間連続高架橋に関する解析的研究

名古屋大学 正会員 坪井 久幸

名古屋大学 学生会員 ○井奈波 周一

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ものとしているが、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。地震動を水平2方向同時に受けることを想定した橋梁の研究は、橋脚単体については、文献1)など進められているものの、橋梁全体系に対する検討例は多くはない。そこで本研究では、検討対象を多径間連続橋とし、地震動を入力する方向をパラメトリックに変化させることで、水平2方向地震動を受ける連続橋の橋脚の応答変位の特性を探ることを目標とした。

2. 対象橋梁

本研究が対象とする橋梁は、図-1に模式的に示されるような支間長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、橋軸方向、橋軸直角方向ともに、橋脚の水平剛性の30%に相当する剛性を持つゴム支承を、宇佐美ら²⁾が紹介している簡易モデルを3次元に拡張したモデルを組み込むことで表現した。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, P4, P5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、繰り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、連続橋の応答特性を比較するために、図-3に示されるような等価単柱モデルも用意して同様な解析を行い、

連続橋モデルのP1, P4橋脚との応答変位の比較を行う。集中質量は連続橋モデルと等価になるように選ぶ。

いずれの場合も、減衰定数は橋脚には0.05、ゴム支承には0.02を用い、Rayleigh型の減衰マトリクスを規定した。

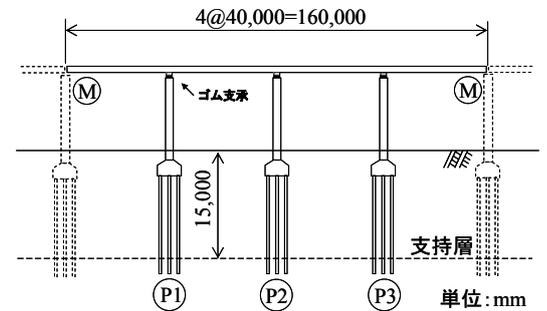


図-1 対象橋梁の模式図

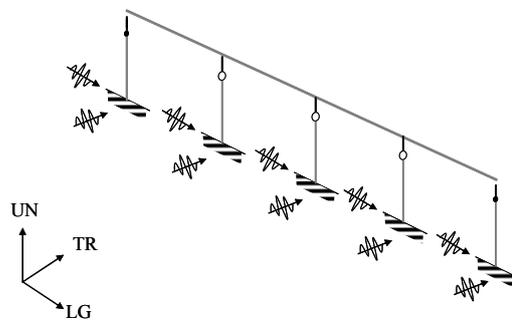


図-2 モデルと加速度入力方向

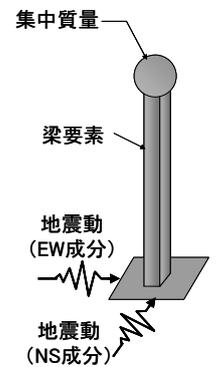


図-3 等価単柱モデル

表-1 橋脚モデルの構造諸元

		B [m]	t [mm]	b_s [mm]	t_s [mm]	h [m]
H800	P1・P3	1.31	19.2	125	20	7.98
	P2	1.28	19.0	122	20	7.83
H500	P1・P3	1.14	16.7	105	20	5.08
	P2	1.11	16.4	102	20	4.93
H350	P1・P3	1.01	14.9	90.8	20	3.45
	P2	0.98	14.5	87.7	20	3.34

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

キーワード：水平2方向地震動、連続高架橋、耐震設計法

連絡先 (〒464-8603 名古屋市千種区不老町・電話 052-789-3733・FAX 052-789-3734)

3. 入力地震動

地震応答解析のための入力地震動は、2方向同時入力に使用するため、EW成分、NS成分がはっきりしている、兵庫県南部地震の際にJR警報地震計で観測された地震動(以下 JR-TK)、神戸海洋気象台で観測された地震動(KOB-K)をもとにした。

地震応答解析を行うにあたって、地震加速度を連続橋モデルに入力することになるが、本研究においては、連続橋モデルに対する角度をパラメトリックに変化させて地震動を入力する。本研究では、その角度を地震動入力方向 α と呼称する。もとにする地震動のEW成分を橋軸方向に、NS成分を橋軸直角方向に入力することを基準(すなわち $\alpha=0^\circ$)として、その基準から連続橋モデルに入力する地震動の角度を変化させ、地震動の入力する角度が連続橋モデルの応答値に与える影響を検討する。今回の解析では、地震動入力角度 α として、 0° 、 30° 、 60° 、 90° 、 120° 、 150° の各値を用いた。

4. 解析結果

本研究においては、解析結果の指標として最大応変位 r と卓越方向 θ を用いて連続橋と単柱の応変位の比較を行った。

図-4は、単柱モデルと連続橋モデルの橋脚の最大応変位の比を、地震動ごとに表したものである。縦軸に連続橋モデルでの最大応変位を、同じ条件の単柱モデルでの最大応変位で除した値をとり、横軸には地震動入力方向 α をとった。図-4(a)、(b)のP1、P4橋脚では、共に入力角度 α によって値に大きなばらつきが見られた。

また図-5は、連続橋モデルと連続橋モデルの橋脚の変位応答の卓越方向 θ の違いを、地震動ごとに表したものである。縦軸に連続橋モデルの変位応答履歴曲線の卓越方向の角度を、横軸に単柱モデルの変位応答履歴曲線の卓越方向の角度をとった。プロットした点が $x=y$ の 45° 直線上にあれば連続橋モデルと単柱モデルで卓越方向が一致しているということになり、 45° 直線上からずれば連続橋モデルと単柱モデルで卓越方向が一致していないことを示している。図-5(a)、(b)のP1、P4橋脚では、地震動入力方向 α によって 45° 直線上に近いケースと、大きく異なっているケースとが存在する。また、 45° 直線上からずれる場合でも特定の方向に集中している傾向は見受けられない。

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、連続橋モデルに地震動の角度を変えて2次的に入力する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応答の特性の検討を行った。その結果、地震動を入力する角度によって、応変位が大きく異なることが分かった。このことは、連続橋の動的解析を行う際には地震動を2方向同時入力することが必須であり、しかもその入力する方向性も考慮しなくてはならないことを示している。

参考文献

- 1) 坪井久幸・鳥居純子・葛西昭・宇佐美勉(2007): 水平2方向地震動を受けるパイプ断面鋼製橋脚の耐震設計法, 土木学会地震工学論文集, Vol.29, pp.529-538.
- 2) 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.

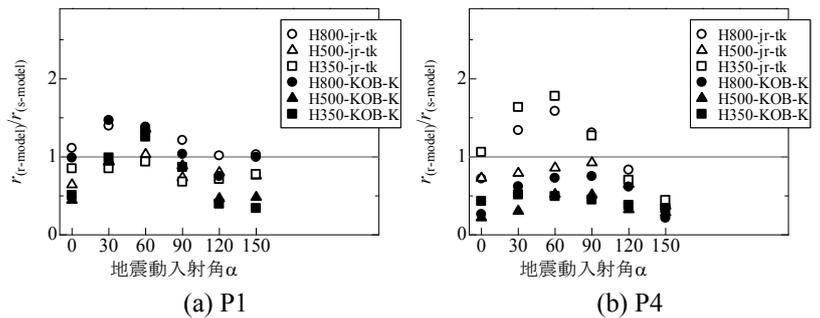


図-4 単柱モデルと連続橋モデルの最大応変位の比

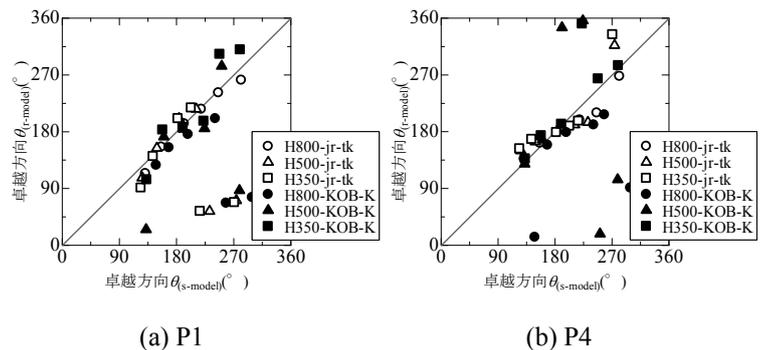


図-5 単柱モデルと連続橋モデルの卓越方向の差