

ピン支承の動的履歴特性に関する検討

(財) 電力中央研究所 正会員 ○佐藤 雄亮
 同 上 正会員 酒井 理哉
 同 上 正会員 大友 敬三

1. はじめに

1995年兵庫県南部地震等の既往地震における橋梁被災事例を見ると、ピンの破断に代表される鋼製支承の損傷により上部構造の移動や脱落が生じた事例が数多く見られる。鋼製支承を使用している橋梁は、現在もなお多数存在しており、これら鋼製支承を使用している橋梁に対しては、鋼製支承の挙動を反映した上で橋梁全体系地震応答に与える影響を評価しておく必要がある。しかし、現状において標準的な鋼製支承のモデル化方法は提案されていない。そこで、筆者らは、支承部を実験部、上部構造と橋脚を数値解析部としたハイブリッド実験に基づいて、支承部の挙動が橋梁全体系地震時応答に与える影響について検討してきている。今回、このハイブリッド実験で得られた結果のうち、特に支承の履歴特性に着目してその結果を報告する。

2. ハイブリッド実験

本検討では図-1に示すとおり、橋梁全体系を2質点2自由度でモデル化した。本件で採用したハイブリッド実験は、数値解析モデルによる応答計算と鋼製支承の復元力フィードバックを実時間上で実行するリアルタイムハイブリッド実験である。

実験対象として用いた鋼製支承は支圧支持型のピン支承である。実験に使用したピン支承の寸法を図-2に示す。実験対象をピン支承としたのは、固定支承として一般的に広く使用されており、既往地震被災事例において支承本体の損傷事例も多く見られるため、損傷が集中することが予想されるからである。

ハイブリッド実験用数値解析部として用いた2質点2自由度モデルの諸元を表-1に示す。これらの諸元は、図-3に示す一般的な3径間連続橋を

3次元骨組構造でFEMモデル化したものからの縮約により求めた。橋梁の3次元FEMモデルの諸元は文献1)を参考とした。縮約の際には、3次元FEMモデルと2質点2自由度モデルにおける動的解析結果を利用した。具体的には、それぞれの橋脚頂部での最大応答変位を比較し、この値が等しくなるように、2質点2自由度モデルの橋脚剛性、橋脚質量、上部構造質量を決定した。この時、支承部は、一般的に行われるように、上部構造と橋脚を一体化させる形でモデル化を行った。動的解析の入力波は1995年兵庫県南部地震でのJR西日本鷹取駅観測波のEW成分である。なお、

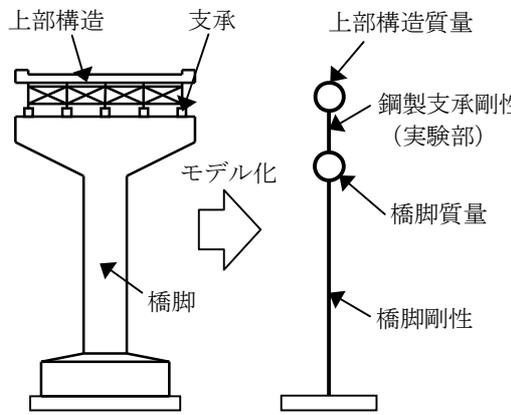


図-1 ハイブリッド実験数値解析用2質点2自由度モデル

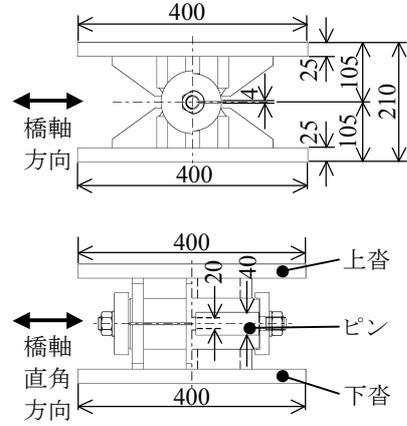


図-2 ピン支承の寸法 (単位: mm)

表-1 2質点2自由度モデル諸元

	橋軸方向	橋軸直角方向
上部構造質量(t)	15.728	7.478
橋脚質量(t)	1.187	
橋脚剛性(kN/m)	1.46×10^5	9.29×10^4
減衰比	0.2086	0.2825

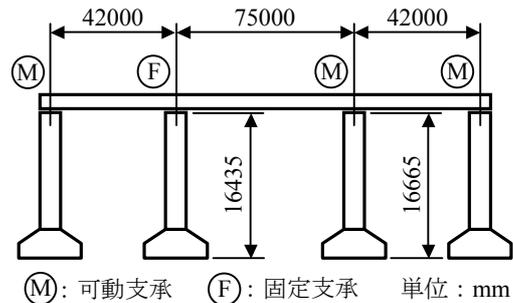


図-3 対象橋梁

キーワード：ピン支承，ハイブリッド実験，耐震，履歴特性，動的応答

連絡先：〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646 TEL:04-7182-1181 FAX:04-7183-2962 E-mail:satoy@criepi.denken.or.jp

橋脚の剛性は実験制御上の制約により線形とするため、等価線形化法を用いて等価剛性と等価粘性減衰を算出している。また、ハイブリッド実験用数値解析モデルの諸元は、橋脚上に存在するピン支承の数や、実験供試体と実物との縮尺を考慮に入れた相似比に基づいて決定した。

図-4に示すように、加振機により水平方向と鉛直方向からピン支承へ载荷を行った。水平方向には上部構造と橋脚の相対変位入力用に最大容量500kNの加振機を用い、入力波はJR西日本鷹取駅観測波のEW成分を用いた。鉛直方向は最大容量1000kNの加振機を用いて、3次元FEMモデルの自重解析により求めた上部構造死荷重分担250kNを载荷した。加振ケースは橋軸方向と橋軸直角方向のそれぞれについて一方向水平加振を行った。

3. 実験結果と考察

図-5に荷重-水平変位関係を橋軸方向、橋軸直角方向とに分けてそれぞれ示す。同図より、両方向ともにスリップ型の履歴特性を示していることがわかる。従来、支承部のモデル化として用いられることの多かった、バイリニア型の履歴曲線とは大きく異なる結果となった。以下では、スリップの発生要因についての考察を行う。

橋軸方向でのスリップの発生は、ピン周りに生じる上沓の回転によるものである。スリップ後の剛性回復は、以下の考察によりピンと沓座がかみ合ったことにより生じたものと考えた。ピン周辺部には設計上、図-6に示すように隙間が存在する。このため、実験時に計測された水平方向変位は、上沓がピン回りに回転することによって生じる変位と、上沓が隙間を移動することなどにより生じる水平方向への平行移動とに分けることができる。計測データから算出した、上沓の平行移動による水平変位を用いた荷重-水平変位関係を図-7に示す。同図より、平行移動による水平変位では、スリップ幅が0.5mmとなっている。実験で用いたピン支承ではピン周辺の隙間はピンの両側合計で0.5mmとなっており、実験結果のスリップ幅と一致している。以上のことから、スリップ後の剛性回復は、ピンと沓座とのかみ合いにより生じたものと判断した。

橋軸直角方向でのスリップ発生は、図-8に示すピン中央のかみ合わせ部周辺に存在する遊間での移動によるものである。剛性回復は、再度ピンと沓座がかみ合うことにより生じる。橋軸直角方向では、荷重の繰り返しの伴い、ピンくびれ部での塑性化が進行し、ピンくびれ部の長さが増加するため、スリップ長が増加する特徴も見られた。

4. まとめ

ピン支承を実験部としたリアルタイムハイブリッド実験の結果を利用し、ピン支承の履歴特性について考察を行った。得られた知見は以下の通りである。(1)支承部の履歴特性は、橋軸方向、橋軸直角方向ともにスリップ型となる。(2)スリップの発生はピン周辺に存在する遊間の影響により生じる。

謝辞：本研究は、(独)防災科学技術研究所が進める「実大三次元震動破壊実験施設（E-ディフェンス）を活用した国内外共同モデル研究」の橋梁耐震実験研究の援助にて実施しました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

1) 家村浩和, 宮本文穂, 高橋良和: 鋼製支承の破損が橋梁の地震時損傷モードに与える影響, 構造工学論文集, Vol.44A, pp. 659-666, 1998.

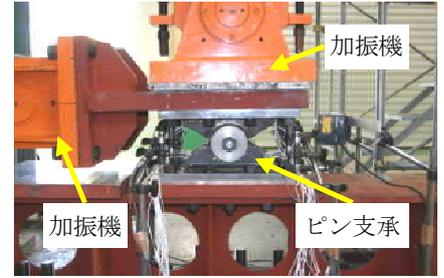


図-4 载荷状況（橋軸方向载荷時）

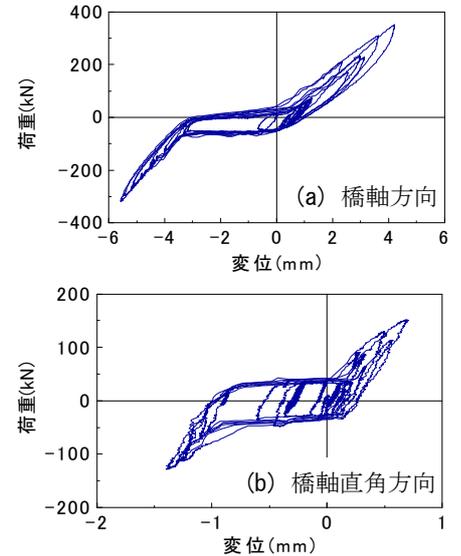


図-5 支承部の荷重-水平変位関係

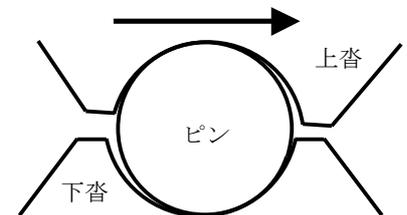


図-6 ピン周辺の隙間移動

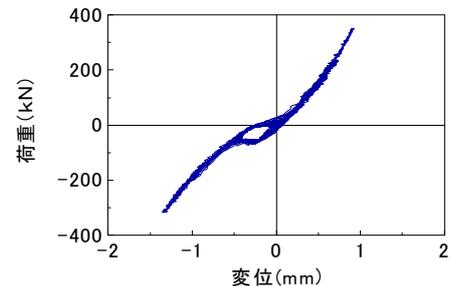


図-7 平行移動による変位を用いた荷重-変位関係（橋軸方向）

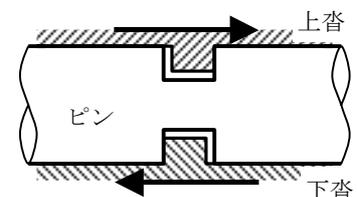


図-8 ピンかみ合わせ部における遊間移動