

# 鉛直荷重の変動を考慮したピボット支承の曲げ載荷試験

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 芝 寛 吉田 直人 池田 学  
東日本旅客鉄道(株) 正会員 高野 幸宏 齋藤 聡 工藤 伸司

## 1. はじめに

首都圏などの都市部における鋼鉄道橋には、明治から昭和初期にかけてポスト形式の橋脚とピボット支承を有する構造(図1)が多く用いられている<sup>1)</sup>。このような橋梁は、大規模地震時にピボット支承が弱点となると考えられることから、筆者らはこれまでにピボット支承の交番載荷試験を行って、復元力モデルを提案してきた<sup>2)</sup>。この復元力モデルは、ピボット支承の形状のほか、上沓と下沓のこがり摩擦の影響を考慮しており、鉛直荷重と曲げモーメントとの相関関係により定めている<sup>2)</sup>。

実橋梁では、地震時に鉛直荷重が変動するため、この復元力モデルがそのまま適用することができるか確認する必要がある。そこで、鉛直荷重一定下の曲げ載荷試験および鉛直荷重の変動を考慮した曲げ載荷試験を行い、ピボット支承の曲げ挙動や復元力特性を確認した。

## 2. 鉛直荷重一定下の曲げ載荷試験

試験状況を図2に、試験ケースを表1に示す。試験体は、実橋梁からの撤去品を用いており、標準的な構造のピボット支承である。載荷は、鉛直荷重を一定に保持した状態で水平荷重を作用させ、試験体に曲げを発生させる方法とした。鉛直荷重は、上部工反力相当の500kNのほか、50kN、1000kNとした。

図3に試験結果を示す。図3から、ピボット支承の曲げ挙動は、鉛直荷重の大きさと相関関係にあり、鉛直荷重が大きくなると曲げモーメントも大きくなることを確認した。例えば、鉛直荷重1000kNの曲げ耐力は鉛直荷重500kNの約2倍程度となっている。

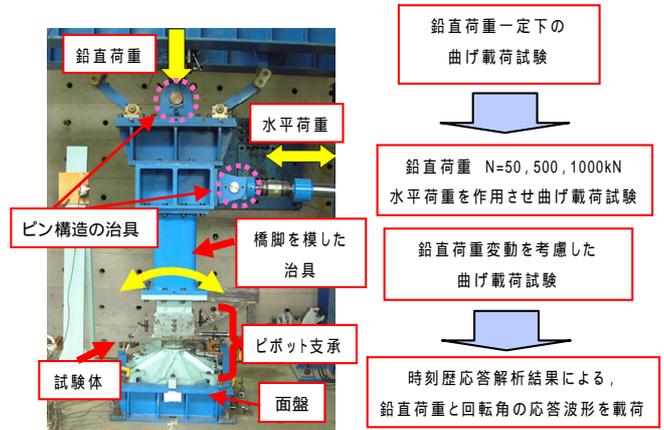


図2 載荷試験状況

表1 試験ケース一覧

試験体 No.	アンカーボルト	鉛直荷重一定曲げ載荷試験 鉛直荷重 (kN)	鉛直荷重変動曲げ載荷試験 時刻歴応答波形
1		50, 500, 1000	G1, G6
2	有り	50, 500, 1000	G1, G6

・時刻歴応答波形を表す記号は、図4による。

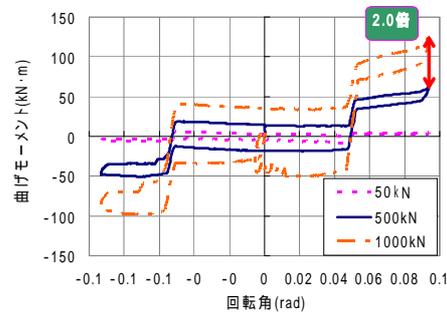


図3 各鉛直荷重の M-θ 関係(試験体 No.1)

## 3. 鉛直荷重変動を考慮した曲げ載荷試験

### (1). 載荷試験概要

鉛直荷重の変動を考慮した曲げ載荷試験を行い、鉛直荷重が変動する状況でのピボット支承の曲げ挙動を確認した。試験状況を図2に、試験ケースを表1に示す。載荷は、鉛直荷重と水平荷重を作用させ、試験体に曲げを発生させる方法とした。載荷荷重は、地震時応答解析<sup>2)</sup>より得られたピボット支承に発生する鉛直荷重と回転角の時刻歴応答波形を静的に入力することで、鉛直荷重の変動を考慮することとした。なお、入力する時刻歴応答波形は、耐震設計標準<sup>3)</sup>のL2地震動 spc G1 地盤および G6 地盤の地震

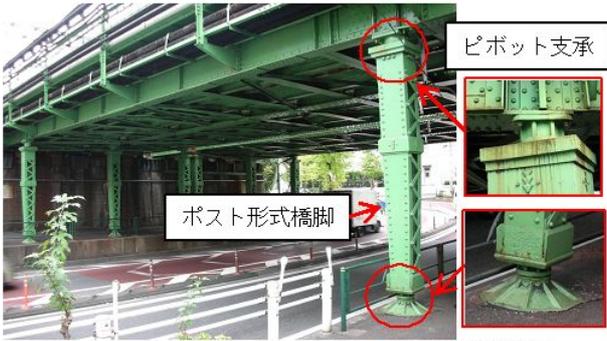


図1 ピボット支承とポスト形式橋脚を有する鋼鉄道橋の例

キーワード 鋼鉄道橋, ポスト形式の鋼橋脚, ピボット支承, 曲げ載荷試験

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 鋼・複合構造 TEL042-573-7280

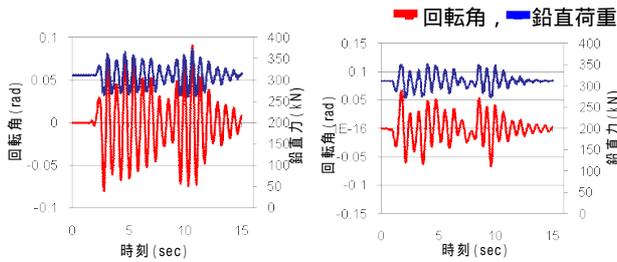


図4 時刻歴応答波形(L2spc (左:G1,右:G6))

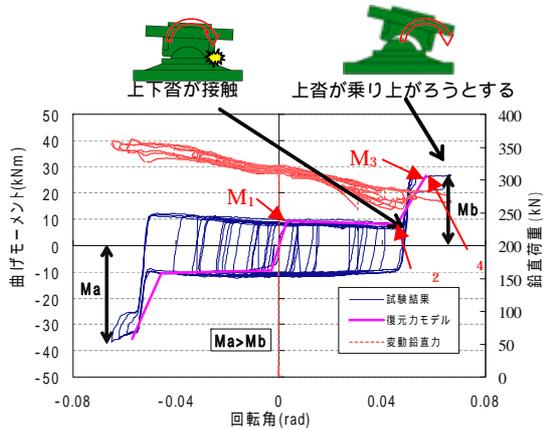


図5 実験結果と復元力モデルの比較(試験体 No.1)

動を用いて解析した時の、ピボット支承の時刻歴応答波形を用いており、振幅の大きさや波形の異なる2ケースとした。図4に、載荷試験で用いた鉛直荷重と回転角の入力波形を示す。

(2). 試験結果

図5に、試験体 No.1 (図4のG6地盤) の荷重-変位関係(M- 関係)と載荷した鉛直荷重の変動を示す。また、ピボット支承の復元力モデル(表2)を合わせて示す。図5から、変動鉛直荷重が大きくなると、発生している曲げモーメントも大きくなることわかる。これは、図3に示した試験結果と同様の現象である。また、実験結果と復元力モデルを比較すると、復元力モデルは曲げ耐力を評価できており、ピボット支承の全体的な曲げ挙動も再現できている。なお、上下沓が接触する回転角で1割程度の差異があるが、これはこれまで行った載荷実験により試験体の上沓と下沓の接触面の形状が変形したためと考えられる。

図6には、鉛直荷重変動時における、アンカーボルトの有無によるピボット支承の挙動の違いを示す。昭和初期以降のピボット支承は、アンカーボルトが設置された構造が一般的である。

図6から、アンカーボルトがあることによって、ピボット支承の曲げ耐力が1.6~2.9倍程度になっている。なお、負側の挙動で曲げ耐力が大きくなっているのは、アンカーボルトがボルト孔に対して偏心

表2 復元力モデル算定式<sup>2)</sup>

回転角の範囲	支承の挙動	骨格曲線
0 < 1	- すべり始め	$K_0 = 10N$ $M_1 = \mu N$ (kN·m) ( $\mu = 0.03$ )
1 < 2	すべり始め ~ 上下沓の接触	$K_1 = 0$ 上下沓幅と初期遊間量から算定
2 < 3	上下沓の接触 ~ 折れ点	$K_2 = K_0$ $M_2 = 0.10N$ (kN·m)
3 < 4	折れ点 ~ 終局 (逸脱手前)	$K_3 = 0.01K_0$ $\theta_4 = 0.06$ (rad)

Nは鉛直荷重を表す。また、今回の実験結果をもとに算定式を一部見直した。

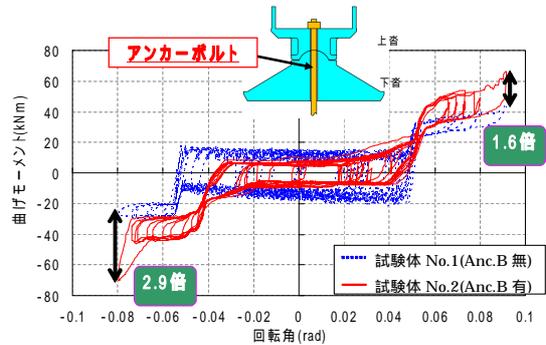


図6 アンカーボルト有無の比較

して配置されていた影響と考えられる。鉛直荷重が変動する場合においても、アンカーボルトが曲げモーメントに抵抗するため、鉛直荷重一定時<sup>2)</sup>と同様にアンカーボルトによる曲げ耐力が向上することを確認した。

4.まとめ

本検討から以下の知見が得られた。

- 1) 鉛直荷重一定時の、鉛直荷重とピボット支承の曲げ挙動の相関関係を実験的に確認した。
- 2) 鉛直荷重が変動する場合においても、提案した復元力モデルは、ピボット支承の曲げ挙動を再現できており、曲げ耐力を評価することができる。
- 3) アンカーボルトがある構造は、鉛直荷重が変動する場合においても、鉛直荷重一定時と同様にピボット支承の曲げ耐力が向上する。

今後、鉛直変動を考慮した時刻歴応答解析を行い、鉛直荷重の変動が構造物全体の挙動へ与える影響を確認する必要があると考えられる。

参考文献

1) 黒田智也, 池田学, 杉館政雄, 齋藤聡, 工藤伸司, 高瀬誠司, 土屋尚登: ポスト形式鋼製橋脚を有する鉄道橋の分布状況と耐震性評価. 第60回土木学会年次学術講演会, 2008.9. 2) 芝寛, 吉田直人, 池田学, 高野幸宏, 齋藤聡, 工藤伸司: ポスト形式橋脚のピボット支承の復元力モデルと簡易補強法, 構造工学論文集Vol.57A, 2011.3. 3) 鉄道総合技術研究所編: 鉄道構造物等設計標準・同解説(耐震設計), 1999.10.