

旧式鋼鉄道橋の鋼製橋脚（ポスト橋脚）の耐力評価

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○青木 千里 正会員 和田 一範 正会員 池田 学
東日本旅客鉄道（株） 正会員 工藤 伸司 正会員 黒田 智也

1. 目的

形鋼部材を組合せた鋼製橋脚（ポスト橋脚）は、明治から昭和初期にかけて建設された旧式鋼鉄道橋（図 1）に多く用いられており、旧式鋼鉄道橋の耐震評価法と耐震補強方法（図 2）について、過去に提案を行ってきた¹⁾。しかし、耐震補強を行うと、柱の上下端がヒンジ構造の軸力部材として設計されているポスト橋脚に、曲げモーメントやせん断力が作用するという課題があった。そこで筆者らは、ポスト橋脚に曲げモーメントやせん断力が作用した場合の破壊形態の確認と耐力評価方法の確立を目的として、研究を行っている²⁾。今回、以前試験したのとは異なる断面諸元を有するポスト橋脚の水平交番载荷試験を実施して破壊形態を確認し、これまでの試験結果も踏まえてポスト橋脚の断面耐力の再評価を行ったので報告する。

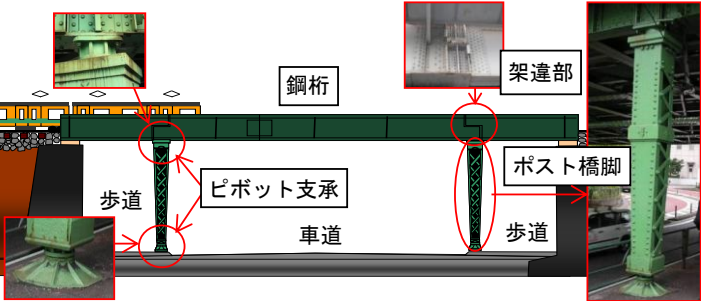


図 1 旧式鋼鉄道橋概念図



図 2 耐震補強の例

2. 試験概要

ポスト橋脚は、上側が等断面、下側が変断面構造となっている（図 3）。本試験では、実橋梁から撤去したポスト橋脚の上側と下側をそれぞれ試験体 No.3, No.4 として用いた。载荷概要と試験体諸元を図 4、表 1 に示す。载荷は、鉛直荷重を一定に保持した状態で水平荷重を降伏変位(10mm)の整数倍で正負交番载荷することとし、繰り返し回数は 1 回とした。鉛直荷重は財産図から読み取ったポスト橋脚の最大鉛直反力の 1400kN とし、载荷方向はレーシングバーが連結されている面と平行とした。なお、実際のポスト橋脚の向きは橋梁ごとに異なり、今回とは 90 度異なる方向に設置された橋梁も存在する。その場合を想定したポスト橋脚の水平交番载荷試験も行い、今回の载荷方向に比べて断面耐力が 2 倍程度高いことを確認しているが、今回の報告では省略する。

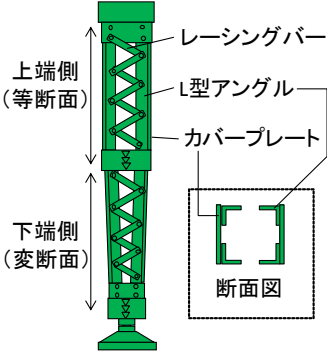


図 3 ポスト橋脚概念図

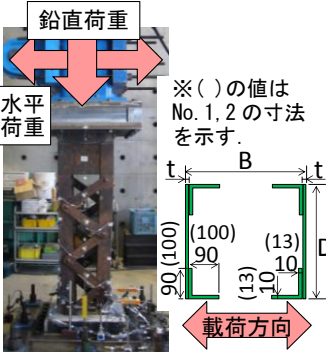


図 4 载荷概要図

表 1 試験体諸元

試験体	断面形状	鉛直荷重 [kN]	断面寸法 (柱基部) [mm]			幅厚比 D/t	断面積 [mm ²]
			B	D	t		
今回	No.3 等断面	1400	420	400	10	40	14800
	No.4 変断面	1400	356	336	10	33.6	13520
試験過去 ²⁾	No.1 変断面	500	345	322	14	23	18740
	No.2 変断面	1400	345	322	14	23	18740
せん断スパン (No.1～4共通) [mm]							1980

3. 試験結果

図 5 に荷重-変位関係、図 6 に载荷終了後の試験体の状況を示す。いずれの試験体も、カバープレートが降伏に達した後にレーシングバーがはらみ出し、最大荷重に到達した。その後、レーシングバーの座屈が徐々に進み、柱基部のカバープレートが座屈した付近から荷重の低下が大きくなり、破壊に至った。

キーワード 旧式鋼鉄道橋, ポスト橋脚, レーシングバー, 耐震補強

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 構造物技術研究部 TEL042-573-7280

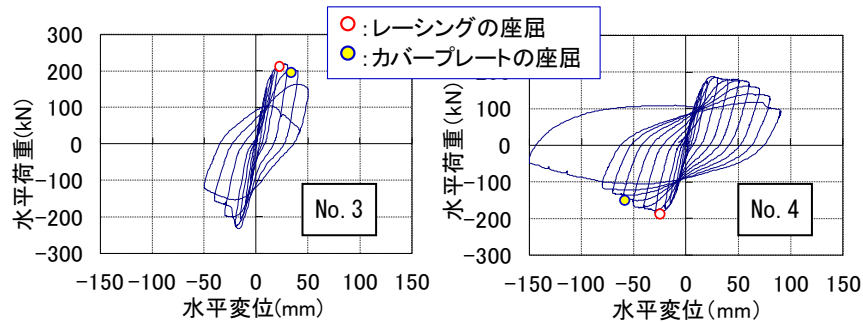


図5 荷重-変位関係 (左: No. 3 右: No. 4)

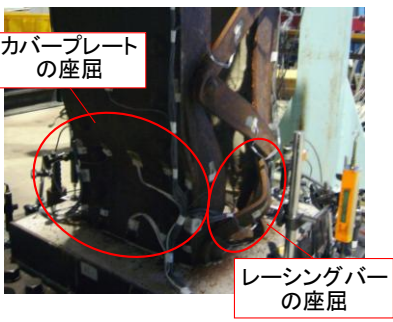


図6 載荷終了後の状況

4. 破壊形態に関する考察

4.1 No. 3 と No. 4 の比較

図5において最大荷重を比較すると、No.3の方が大きい。これは、等断面構造であるNo.3の方が、変断面構造のNo.4よりも柱基部の断面が大きいと考えられる。一方、No.3は最大荷重後の荷重低下が早く、変形量もNo.4の約半分である。No.3とNo.4の部材の板厚は同一であるためNo.3のカバープレートの幅厚比はNo.4より大きく、座屈しやすい上にその進行も早いと考えられる。また、レーシングバーも長く、座屈進行が早いと考えられる。以上から、No.3はNo.4よりも最大荷重が大きい一方、カバープレートの座屈発生が早く各部材の座屈進行も早かったため、荷重低下が早かったと考えられる。

4.2 これまでの試験体 (No. 1, No. 2)²⁾ との比較

以前試験を行ったNo.1,2²⁾と今回(No.3,4)は、表2の通り、異なる破壊形態を示した。No.1,2とNo.3,4はそれぞれ同一橋梁からの撤去品であり、両試験体の材料試験の結果、No.3,4のレーシングバーはカバープレート等と同様、ねばりのある「低炭素鋼」であるのに対し、No.1,2のレーシングバーは高強度で脆い「高炭素鋼」であることがわかった(表3)。レーシングバーの材質の違いが、破壊形態の違いの主要因になっていると考えられる。

5. 断面耐力の評価

これまでの試験結果²⁾と今回の試験結果を基に、ポスト橋脚の耐力評価の検討を行った。ポスト橋脚の最大耐力 P_L はレーシングバーの軸力がオイラー座屈荷重に達する時とし、以下の算定式から求めることとした(bとdは図7参照)。

$$P_L = \frac{Ncr}{m} \frac{d}{b} \quad \text{ここで、座屈荷重 } Ncr = k \frac{\pi^2 EI}{d^2}$$

レーシングバー両面の軸力分担率 m や座屈係数 k は、実験結果

より定めた。図8に各試験の最大荷重と計算値との比較を示す。計算値は実験値と同等もしくは安全側となり、破壊形態に関わらず、レーシングバー座屈時の断面耐力でポスト橋脚の耐力評価が可能なのことが確認できた。

6. おわりに

実橋梁から撤去したポスト橋脚について、破壊形態の確認と、これまでの試験結果と併せてポスト橋脚の断面耐力の評価を行い、レーシングバー座屈時の断面耐力で評価可能なことを確認した。ポスト橋脚の断面耐力の適切な評価ができたことで、今後、旧式鋼鉄道橋の耐震補強の有無の判断が可能になると考えられる。

参考文献 1)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, 2011.3, 2)吉田直人, 和田一範, 池田学, 工藤伸司, 齋藤聡: 旧式鋼鉄道橋の鋼製橋脚(ポスト橋脚)の水平交番載荷試験, 第67回土木学会年次講演会, 2012.9

表2 試験体の破壊形態

	破壊形態
No.3,4	レーシングバーの座屈の後、柱基部のカバープレートも座屈→構造全体として損傷
No.1,2 ²⁾	レーシングバーの座屈、破断→レーシングバーのみ損傷

表3 材料試験結果

	カバープレート			レーシングバー		
	降伏強度	引張強度	伸び	降伏強度	引張強度	伸び
	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(%)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(%)
No.3,4	283.3	456.3	40.7	264.7	401.7	41.0
	低炭素鋼			低炭素鋼		
No.1,2 ²⁾	303.4	478.0	35.3	—	973.9	5.8
	低炭素鋼			高炭素鋼		

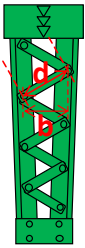


図7 bとdの取り方

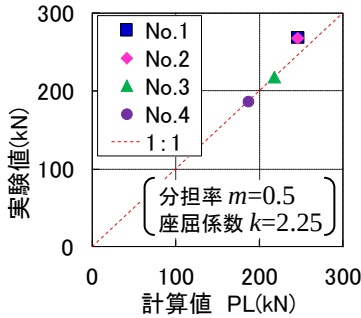


図8 実験値と計算値の比較