

鋼製支承を介し逆L形鋼製橋脚で支持された高架橋システム の橋軸方向復元力特性と地震時終局挙動

名古屋工業大学 (正) リ ショソン、(正) 後藤芳顯、岐阜高専 (正) 奥村徹

1. まえがき：逆L型橋脚を持つ高架橋が橋軸方向地震力を受ける場合、その非対称性により、橋脚頂部に水平力とともにねじりモーメントが作用すると考え、このような作用力に対して単一逆L橋脚の復元力特性が検討されている¹⁾。しかしながら、上部桁構造が逆L型橋脚の横ばりに設置されている複数個の鋼製支承により支持されている場合、上部桁構造の剛性が非常に大きいことを考えると、地震時の上部桁構造の橋軸方向への移動に対しても逆L型橋脚のねじれはかなり拘束される可能性がある。このような逆L型橋脚の挙動を正確に把握するには上部構造を含めた高架橋システムとしての検討が必要になる。ここでは、鋼製支承で支持された逆L型橋脚をもつ高架橋システムを対象に、上部桁構造の橋軸方向変位に対するの復元力特性、ならびに橋軸方向地震動を受ける場合の動特性を材料非線形性と幾何学非線形性を考慮した3次元数値解析²⁾により検討する。

2. 逆L型鋼製橋脚を持つ連続高架橋システムの解析モデル：対象とする逆L型鋼製橋脚を持つ連続高架橋システムのモデル（ModelWL）を座標系とともに図1に示す。このモデルは実在の逆L型鋼製橋脚を持つ3スパン連続高架橋をもとにしたものである。上部構造と橋脚間の支承は各橋脚の橋軸直角方向の横ばり上に2点設置されている。支承の橋軸方向は中間橋脚PL19のみ固定ヒンジ支承とし、他は可動ヒンジ支承とする。橋軸直角方向はすべて固定ヒンジ支承である。これより、橋軸方向水平荷重はPL19がすべて負担する。逆L型橋脚の偏心量を $e = L_1 + \Delta L / 2$ とし、偏心率 e/H で定義する。この定義に従えば、PL19の偏心率は $e/H = 0.41$ になる。逆L型鋼製橋脚を持つ連続高架橋と比較するため、橋脚の諸元を変えず $e/H = 0$ としたT型鋼製橋脚を持つ連続高架橋モデル（ModelWT）を設定する。現行の設計法と同じ考え方に基づく逆L型橋脚PL19とT型橋脚PT19の単一橋脚モデルとして、それぞれ図2に示すPLS19とPTS19を設定する。

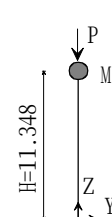


図-2 単一橋脚モデル

3. 橋軸方向水平荷重による復元力特性：まず、高架橋システム全体系モデルModel1WL、Model1WTの橋軸方向(X軸方向)の復元力特性と単一橋脚モデルPLS19とPTS19の復元力特性について検討する。復元力特性として、PL19のC点の水平変位と基部水平反力の関係を図3に示す。このとき、逆L型単一橋脚モデル(PLS19)についてはC点のZ軸方向のねじり角 θ_{zc} を自由(free)とした従来のモデル¹⁾の他、上部構造からの拘束を考慮して θ_{zc} を固定(fixed)した場合についても図示している。図3から、逆L型単一橋脚モデルで θ_{zc} =freeの復元力特性は全体系モデル(Model1WL)と較べかなり強度剛性が低下することがわかる。一方、 θ_{zc} =fixedとした結果は全体系モデルとほぼ同じである。なお、T形全体系モデル(Model1WT)とT型単一橋脚モデル(PTS19)の水平変位と基部水平反力の関係はほぼ完全に一致する。さらに、偏心率を $e/H=0.25$ 、 0.70 と変化させた場合の全体系モデルと単一橋脚モデルにおける復元力特性を図4と図5に示す。この図より、逆L型単一橋脚モデルで θ_{zc} =fixedの場合、 $e/H \leq 0.7$ の範囲で全体系モデルModel1WLの復元力特性とほぼ一致する。一方、 θ_{zc} =freeの場合は、強度・剛性を過小評価することになる。むしろ、偏心率が $e/H \leq 0.41$ の場合、単一T型橋脚モデル(PTS19)の精度がよい。

e/h=0.41場合の逆L形橋脚頂部ねじり回転角と基部ねじりモーメントの関係を図6に、C点の橋軸方向水平変位と支承A、Bの水平反力の関係を図7に示す。この図から、逆L形橋脚全体モデルでは支承A、B点の橋軸方向水平反力は逆方向で、橋脚のねじりモーメントが非常に小さくなることが解る。この結果は単一橋脚モデル(PLS19)で $\theta_{zc}=\text{fixed}$ の場合とほぼ一致する。単一橋脚モデルで $\theta_{zc}=\text{free}$ の場合は、A、B点の水平反力値はほとんど同じであり、値は逆L形橋脚全体モデルの最大値に較べ半分程度である。その結果、橋脚基部ねじりモーメントは頂

キーワード：逆L形橋脚、静的解析、動的解析、耐震

部ねじり回転角と共に単調に増加し、全体モデルとは全く異なった挙動を示す。

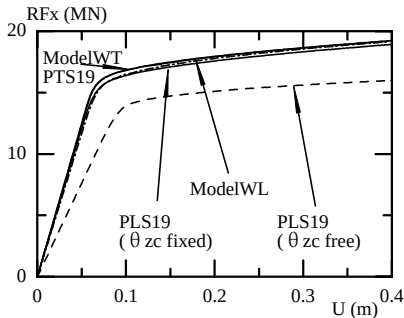


図-3 C点橋軸方向水平変位と基部水平反力の関係 ($e/H=0.41$)

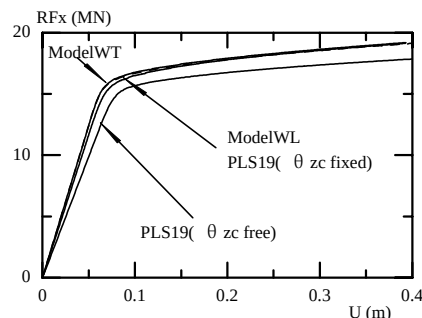


図-4 C点橋軸方向水平変位と基部水平反力の関係 ($e/H=0.25$)

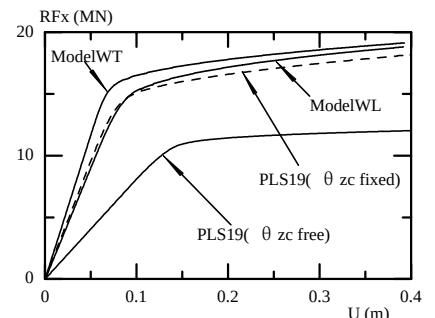


図-5 C点橋軸方向水平変位と基部水平反力の関係 ($e/H=0.70$)

4. 橋軸方向の地震力を受ける場合の動的応答特性：三種類の地震波に対し、逆L形橋脚の偏心率を $e/H=0.25\sim0.70$ と変化させた場合のC点の橋軸方向最大応答水平変位に関して、T形全体系モデル (ModelWT) と逆L形全体系モデル (ModelWL) の比を図8に逆L形単一橋脚モデル (PLS19) と逆L形全体系モデル (ModelWL) の比を図9に示す。図8より、静的解析と同様、偏心率 $e/H<0.41$ の時はC点の最大応答水平変位に関するT

形全体系モデルと逆L形全体系モデルの差は小さい。図9 (a) から、最大応答水平変位に関する $\theta_{zc}=\text{fixed}$ とした逆L形単一橋脚モデルと全体系モデル (ModelWL) の比は、偏心率 $e/H\leq0.6$ において、 $1.01\sim0.8$ である、それ以降、 e/H の増加に伴い差が若干広がる。一方、 $\theta_{zc}=\text{free}$ の場合の逆L形単一橋脚モデルでは、図9 (b) に示すように、神戸海洋気象台の地震波での $e/H>0.41$ の場合を除いて、最大応答変位は偏心率 e/H の増加とともに、全体系モデルに比べ非常に大きくなり、全体系の挙動を正しく表していない。

5. まとめ： 鋼製支承を持つ逆L形鋼製橋脚では剛性が非常に大きい上部桁構造により横ばりの水平面内での回転 θ_{zc} が拘束される。したがって、橋軸方向に地震力を受ける逆L形単一橋脚モデルとしては、 θ_{zc} を固定したモデルが最も全体系モデルの挙動をよく表すこと、また、この拘束により、支承には従来算定された値に比べ非常に大きな橋軸方向水平反力が生ずること等が判明した。なお、ゴム査などの場合については拘束度が低いため、逆L形鋼製橋脚の挙動はさらに複雑になると考えられる。

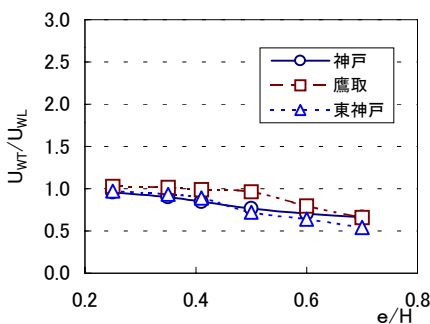
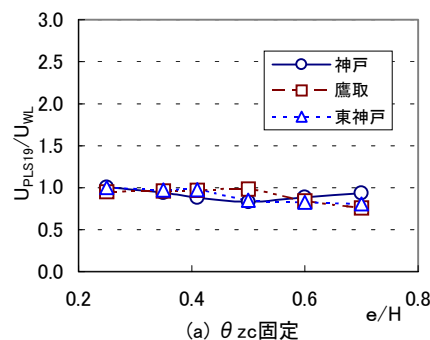
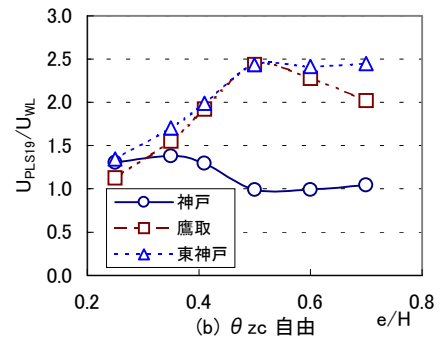


図8 C点の最大水平応答変位に関するT形全体系モデルと逆L形全体系モデルの比



(a) θ_{zc} 固定



(b) θ_{zc} 自由

図9 C点の最大水平応答変位に関する逆L形単一橋脚モデルと逆L形全体系モデルの比

参考文献：

- 1) 高聖彬、葛漢彬、宇佐美勉：逆L形鋼製橋脚の繰り返し弾塑性解析、第2回鋼構造物の非線形解析と耐震設計への応用に関する論文集、pp165-172.
- 2) Li, X.S. and Goto, Y.: A Three-Dimensional Nonlinear Seismic Analysis of Frames Considering Panel Zone Deformation, 土木学会論文集、No.605/I-45、 pp.1-13、 1998.