

仮橋脚の耐震性能に関する一考察

(株) 復建エンジニアリング 第二技術部 正会員 ○吉村 剛
正会員 井口 光雄

1. はじめに

都市鉄道の立体交差工事を行う際に、現在線を工事桁に移設することが必要になる。このときに工事桁を支持する構造物として、仮設の橋脚や橋台が計画される。仮設構造物の設計では、近年、本設構造物と同様に鉄道事業者が耐震性能を定め、部材の非線形特性を考慮するケースも見られるが、従来と同様に許容応力度設計法を用いるケースが大半を占めている。

今回、これらの設計事例を整理し、部材の非線形特性を考慮した仮橋脚の簡易な耐震設計の提案を行った。

2. 設計事例の比較

鉄道構造物の設計では、仮橋脚の設計に考慮する地震の影響を、本設構造物の設計水平震度の 1/2 程度¹⁾として考慮してきたが、兵庫県南部地震以降、設計基準の改定により、現在では本設構造物の耐震性能の 1/2 を確保することとしている。²⁾

次に、設計実務の一例を表-1 にまとめる。表-1 から分かるように、近年においても、設計手法は許容応力度設計法、耐震性能は設計水平震度 0.2 程度を考慮した構造物が多いのが実情である。

3. 仮橋脚の耐震性能の検討

仮橋脚を構成する部材は主に、H型鋼、等辺山形鋼および溝型鋼が使用されるが、これらの非線形特性は明確に定義されていない。一方で、部材の塑性ヒンジを解析モデルの結合条件を代える等により、表現する手法が提案されている。⁴⁾しかしながら、繰り返し解析を行う等、煩雑な計算が必要になる。今回はこの解析方法と、解析モデルを一質点モデルとし、非線形特性を定義した解析結果の比較検討を試みた。

表-1 設計事例による仮橋脚の設計手法

設計事例	設計方法	要求される耐震性能	備 考
A	許容応力度法	$K_h=0.2$	震度法
B	限界状態設計法	L1地震動に対して耐震性能Ⅰ L2地震動に対して耐震性能Ⅱ	柱部材に鋼管を使用 ³⁾
C	許容応力度法	$K_h=0.2$	震度法
D	限界状態設計法	L1地震動に対して耐震性能Ⅱ	柱部材に鋼管を使用 ³⁾
E	許容応力度法	$K_h=0.21$	修正震度法
F	許容応力度法	$K_h=0.2$	震度法
G	許容応力度法	破壊安全度の照査： $K_h=0.29$ 列車走行性の照査： $K_h=0.20$	本設構造物の最大水平震度の1/2

表-2 仮橋脚の部材諸元

検討ケース	部材諸元（材質は全てSS400材）		
	柱部材	水平材	斜材（細長比）
CASE1	H-350×350×12×19	[-200×80×7.5×11	L-100×100×10 (130)
CASE2	H-428×407×20×35	[-300×90×10×15.5	[-300×90×10×15.5 (160)
CASE3	H-428×407×20×35	[-300×90×10×15.5	[-300×90×10×15.5 (210)

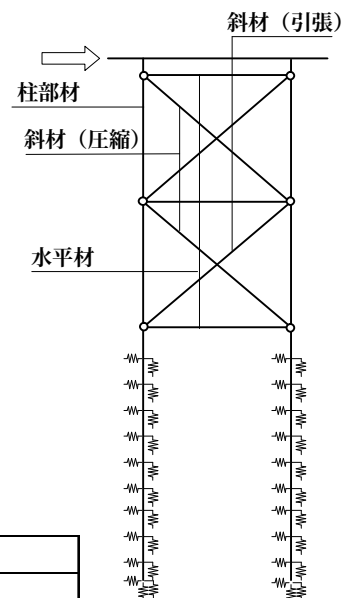


図-1 解析モデル

キーワード 仮橋脚、耐震性能、非線形特性

連絡先 〒103-0012 東京都中央区日本橋堀留町 1-11-12 TK 堀留ビル (株) 復建エンジニアリング 第二技術部

T E L03-5652-8561 E-mail : yoshimura@fke.co.jp

3-1 検討ケース①

今回の検討に用いた解析モデルを図-1、部材諸元を表-2に示す。部材の塑性化は、水平材と斜材の圧縮部材については許容座屈応力度、引張部材については許容応力度に達した時点で当該部材を取り外すことによって表現した。このような操作を繰り返し、構造系が不安定になるまで解析を行った。今回は、構造系が不安定になる時点を、降伏荷重を維持する最大変位と定義した。

次に解析結果から得られた荷重～変位曲線と破壊履歴を図-2に示す。

この結果を基に、エネルギー一定則による換算弾性水平震度を算出した結果を表-3に示す。本設構造物の換算弾性水平震度は、地盤種別、構造物の等価固有周期を算定し、応答スペクトル⁴⁾を用いて求めた。

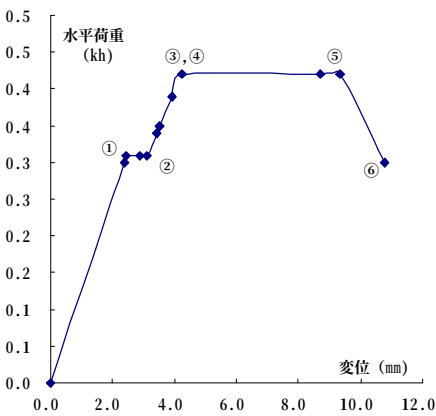


図-2 荷重～変位曲線(CASE1)

破壊履歴の説明

- ①：下段の斜材が許容座屈応力度に達した
- ②：上段の斜材が許容座屈応力度に達した
- ③：下段の斜材が許容応力度に達した
- ④：中段の水平部材が許容座屈応力度に達した
- ⑤：上段の水平部材が許容応力度に達した
- ⑥：柱部材が許容座屈応力度に達した

表-3 仮橋脚の耐震性能

検討ケース		初降伏した部材	降伏震度	換算弾性水平震度	設計水平震度の1/2	結果
CASE1	橋直方向	斜材 (圧縮)	0.31	0.96	0.83	OK
CASE2	橋直方向	斜材 (圧縮)	0.20	0.81	0.83	NG
CASE3	橋軸方向	斜材 (圧縮)	0.40	0.87	0.83	OK

3-2 検討ケース②

次に図-3に示すような簡易モデルとして、一質点モデルに置き換えた場合の検討を行った。棒部材は仮橋脚の柱部材2本分(2-H-350)と等価な剛性とし、基部に曲げモーメントと曲率の関係で非線形特性を定義した。このM- ϕ 関係は棒部材が降伏した時点のモーメント(M_y)、曲率は降伏モーメントを棒部材の曲げ剛性で除した値(M_y/EI)で表現されるバイリニアモデルとした。

この一質点系モデルから得られた荷重～変位曲線と、検討ケース①で得られた荷重～変位曲線の比較を図-4に示す。図-4より、検討ケース①の降伏点までは双方とも一致しているが、検討ケース①が第二剛性に入った時点が異なっている。原因としては、水平材や斜材の降伏(座屈)の考慮の有無が考えられる。

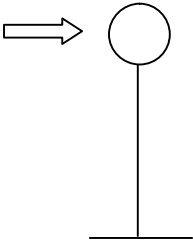


図-3 一質点モデル

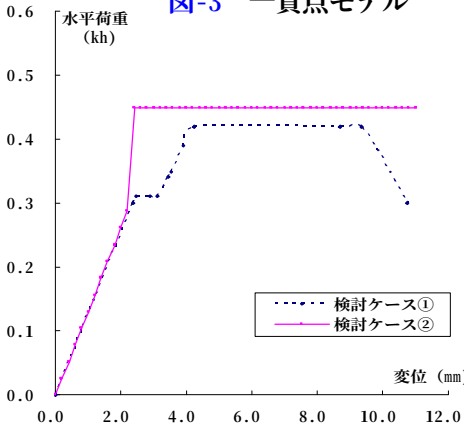


図-4 荷重～変位曲線の比較

4. 結論

仮橋脚の耐震性能について、部材の非線形特性を二つの手法を用いて検討を行った。結果として、斜材や水平材などの降伏(座屈)を考慮した方が、構造系の耐震性能を精度良く評価できるが、煩雑な計算が必要になる。一方、簡便化した一質点モデルでも、安全係数を設定すれば計算結果に大きな差異を生じずに、仮橋脚の耐震性能を評価できるため、設計費のコスト縮減に繋がると考える。

今後は、検討事例を増すことで、最適な安全係数や制限値を提案したいと考えている。

参考文献

- 1) 仮設構造物の設計 昭和62年4月 (財)鉄道総合技術研究所
- 2) 線路上空構造物架設計画の手引き(案) 平成11年5月 東日本旅客鉄道(株)
- 3) 鉄道構造物等設計標準・解説 耐震設計 平成11年10月 (財)鉄道総合技術研究所
- 4) 新設構造物の耐震設計参考資料 平成8年8月 東日本旅客鉄道(株)