

支承部の地震応答特性に関する一考察

ジェイアール東日本コンサルタンツ

正会員 ○岡山 歩美

正会員 野上 雄太

フェロー 石橋 忠良

正会員 棚村 史郎

1. はじめに

東日本大震災をはじめ、大規模地震が発生するたび支承部に損傷が生じている。例えば、壁式橋脚などではL2 地震時において橋脚の線路直角方向の応答震度が非常に大きくなる傾向にあるものの、それより小さな水平力で支承部が設計されていることが1つの要因であると思われる。しかし、このような鉄道構造物における支承部と橋脚の動的挙動は、十分に明らかにされていない。そこで本研究では、支承部の非線形挙動を考慮した地震応答解析を実施し、その結果を踏まえた上で、支承部の保有すべき性能を明らかにすることを目的とする。

2. 解析概要

図1(a)に示すようなストッパーを有する橋脚について、桁を質点、支承部をばね、橋脚を質点とばねにモデル化し、2 質点系振動モデルによる地震応答解析を行った。モデル図を図1(b)に示す。桁の重量 W_1 はコンクリート系の桁を想定して 7500kN、橋脚の重量 W_2 は一般的な壁式橋脚として 2500kN と仮定した。橋脚の履歴特性は修正武田型モデル、支承部の履歴特性は Bilinear 型モデルを用いた。また、図1(c)に示すように、支承部および橋脚の最大耐力 P_{hmax} はそれぞれの降伏耐力 P_{hy} と同等とし、桁の最大耐力は $W_1 \times$ 降伏震度 k_{hy} 、橋脚の最大耐力は $(W_1+W_2) \times$ 降伏震度 k_{hy} してモデル化した。橋脚諸元は線路方向を想定して、固有周期 $T=1.2$ 秒、降伏震度 $k_{hy}=0.4$ 、線路直角方向を想定して固有周期 $T=0.4$ 秒、降伏震度 $k_{hy}=0.8$ の2 ケースとしている。支承部の諸元は固有周期 T を 0.2 秒で固定とし、降伏震度 k_{hy} をパラメータとして 0.4~1.0 の範囲で変化させた。入力地震動は、鉄道構造物等設計標準¹⁾ による L2 地震動スペクトルⅡ適合波 (G3 地盤用) を用いた。

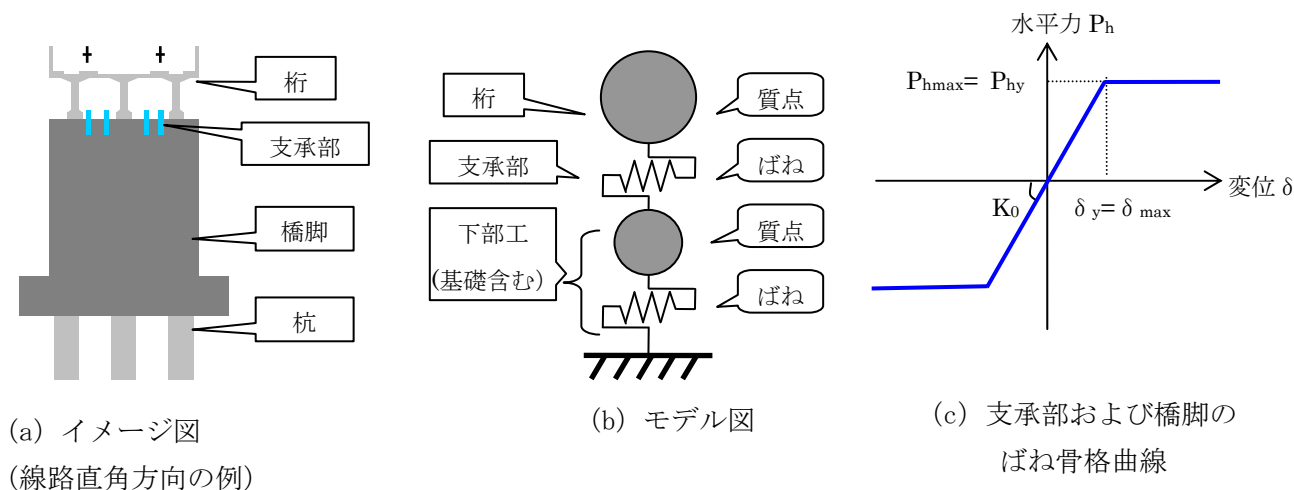


図1 モデル概要図

3. 解析結果・考察

解析結果の一例として、支承部 ($k_{hy}=0.4$ および 1.0) および橋脚 ($k_{hy}=0.4$, $T=1.2s$) の履歴曲線を図2に示す。図2の横軸は変位、縦軸はばねの復元力を示している。図2より、橋脚の最大耐力が 0.4 (W_1+W_2) と小さい場合には、橋脚が大きく塑性化することで地震エネルギーを吸収していることがわかる。そのため、橋脚から支承部に伝わる力は小さく、支承部はほとんど塑性化しないため、変位が小さくなっている。

キーワード 支承部, 地震応答解析, 非線形挙動

連絡先 〒171-0021 東京都豊島区西池袋 1-11-1 メトロポリタンプラザ 19F TEL 03-5396-7245

次に、図3に支承部 ($k_{hy}=0.4$ および 1.0) および橋脚 ($k_{hy}=0.8$, $T=0.4s$) の履歴曲線を示す。橋脚の最大耐力が大きいため、橋脚はほとんど塑性化していない。そのため、支承部には図2よりも大きな力が伝わる。この大きな力に対して、橋脚よりも支承部の最大耐力が小さい図3(a)では、支承部は塑性化して大きな変位を示し、支承部の最大耐力が橋脚の最大耐力と同程度以上の図3(b)では、支承部は力で抵抗できるため塑性化していない。

以上を踏まえ、図4に支承部の降伏震度と変位の関係を示す。まず、橋脚の降伏震度 0.4 のケースは、支承部の最大耐力が橋脚の最大耐力と同程度以上の場合である。この場合、支承部の変位は 5 cm 以下となった。これは、支承部の降伏変位 δ_y の 10 倍以下である。次に、橋脚の降伏震度が 0.8 のケースに着目する。橋脚と支承部の最大耐力が同程度以上の場合には、支承部の変位は 5 cm 以下である。一方、橋脚の最大耐力よりも支承部の最大耐力が小さい場合には、支承部の最大変位は $15\sim 20\text{ cm}$ 程度で、支承部の降伏変位 δ_y の $25\sim 50$ 倍となる。これらの結果から、支承部の最大耐力が橋脚の最大耐力より小さい場合は、支承部の変形が非常に大きくなり、変形性能を確保できない可能性があると考えられる。

4. まとめ

本検討では、支承部と橋脚の最大耐力の大小関係に応じて支承部が保有すべき性能は異なり、支承部の最大耐力を橋脚の最大耐力よりも大きくするか、支承部の最大耐力が橋脚の最大耐力よりも小さい場合には、支承部のじん性を大きく確保する必要があることを確認した。これらの結果から、壁式橋脚などのようにL2地震時に橋脚の線路直角方向の応答震度が大きくなる場合には、現状では橋脚の線路方向の最大応答震度を支承部への作用として設計しているため、支承部が大きく損傷する可能性があると考えられる。今後は、このような場合の支承部の構造について更に検討を進める予定である。

参考文献

- 1) (財) 鉄道総合研究所編, 運輸省鉄道局監修: 鉄道構造物等設計標準同解説, 耐震設計, 丸善, 1999.

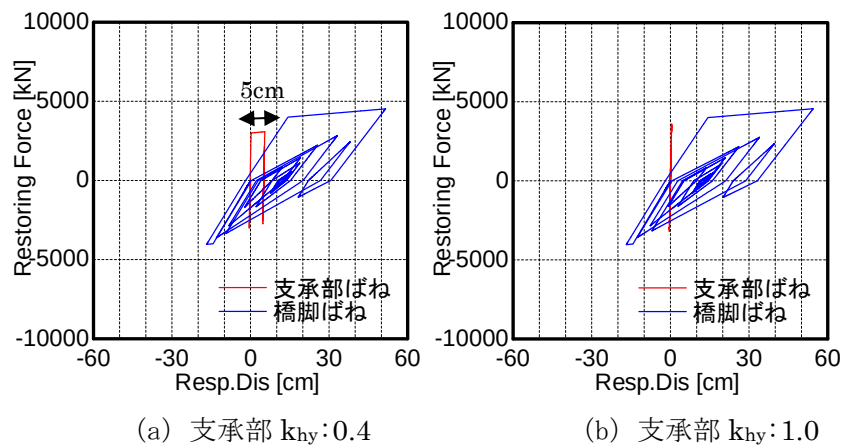


図2 支承部および橋脚の履歴曲線 (橋脚 $k_{hy}:0.8$, $T: 1.2s$)

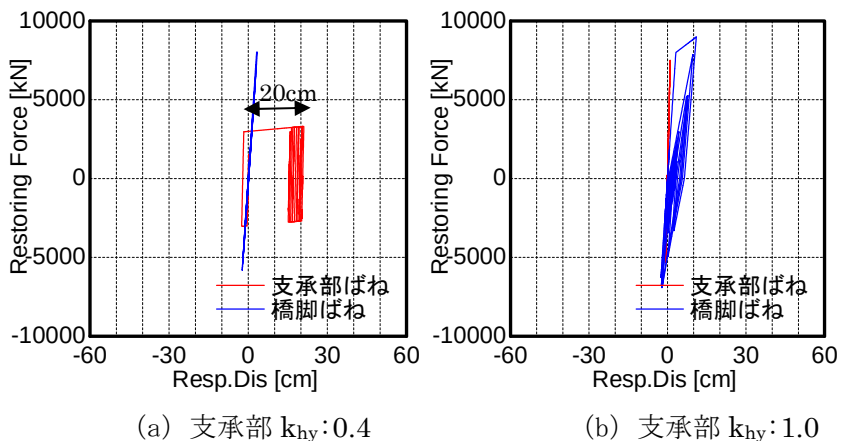


図3 支承部および橋脚の履歴曲線 (橋脚 $k_{hy}:0.8$, $T:0.4s$)

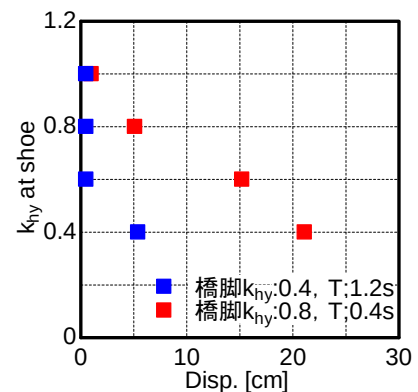


図4 支承部の降伏震度と変位の関係