

上部工と剛結されたラーメン鋼脚の耐震性能照査

西日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○北 健志
関西設計(KDC)株式会社 正会員 石田 悠樹

1. はじめに

既設の鉄道構造物のうちピボット支承を用いた鋼製橋脚は、幹線道路上や鉄道線路と交差する重要な箇所によく用いられており、災害発生時に落橋等の被害が生じると社会的影響が大きいため、落橋防止工等の設置や大規模地震に対する耐震性能照査が行われている。

文献 1) に示す研究成果等においては、標準的な鋼製橋脚に対して、耐震性能の評価方法や簡易な補強方法が提案されている。一方、上部工と剛結されたラーメン鋼脚に対しては、耐震性能照査に関する既往研究が少ない。

そこで本報告では、このようなラーメン鋼脚に対して地震応答解析により耐震性能を照査した内容を紹介する。

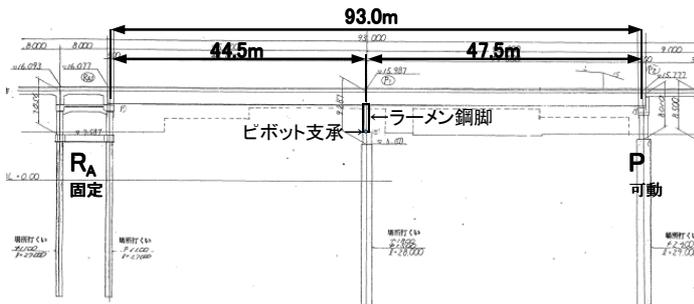


図-1 ラーメン鋼脚の概要



写真-1 上部工と剛結されたラーメン鋼脚

2. ラーメン鋼脚の構造大要

今回対象としたラーメン鋼脚の構造概要を図-1、写真-1 に示す。本橋梁は、上部工の両端をラーメン橋台と矩形橋脚 (1 柱 1 基礎) によって支持され、中間橋脚がラーメン鋼脚となっている。上部工は、橋長 93.0m (44.5+47.5 m) の 2 径間連続の鋼床版形式の単線箱桁構造である。また、上部工とラーメン鋼脚の上梁とは剛結構造となっている。ラーメン鋼脚の下端は、浮上り防止機能を有するピボット支承であり、上部工両端の支承は、BP シューである。また、本橋梁は、1989 年しゅん功で当時の設計基準により、基準水平震度 $k_0=0.2$ で設計されている。

3. 解析モデル

解析橋梁の全体系解析モデルを図-2 に示す。解析ツールには T-DAP III ver3.05 を使用し、上部工と鋼製橋脚を梁要素とする 3 次元骨組みモデルを用いた。上部工は線形部材の梁要素でモデル化し、梁の設定位置は軌道中心線に一致させた。減衰特性のモデル化は、レーリー型減衰モデルを用い、粘性減衰率は道路橋示方書 V 耐震設計編を参考とし、線形部材の上部工は 2%、非線形部材のラーメン鋼脚は 1% とした。なお、設計地震動は、耐震設計標準の L2 地震動スペクトル II (以下、「L2spc II」) を、橋軸方向と橋軸直角方向から作用させて、各部材の耐震性能照査を行った。

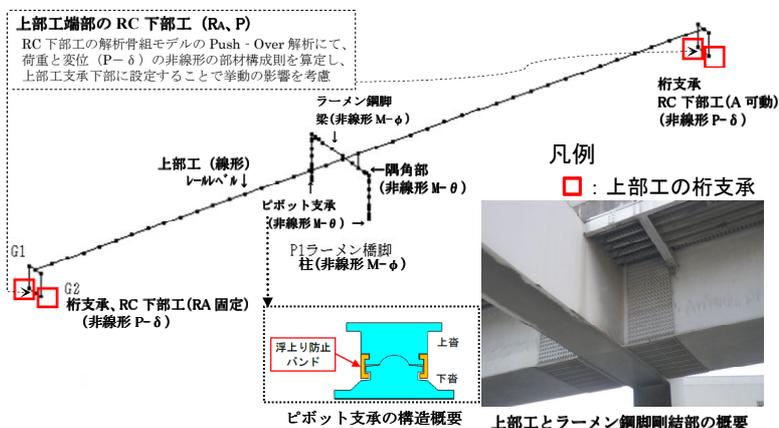


図-2 全体系解析モデル

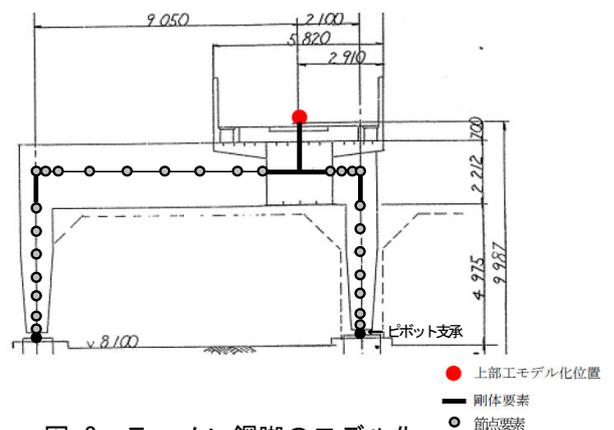


図-3 ラーメン鋼脚のモデル化

キーワード ラーメン鋼脚、上部工と剛結、地震応答解析、耐震性能照査
連絡先 〒532-0011 大阪市淀川区西中島 5-4-20 中央ビル 2F TEL: 06-6305-6958

(1) ラーメン鋼脚のモデル化

上部工とラーメン鋼脚の剛結部は、図-3 に示す剛体要素の範囲を剛体とし、ラーメン隅角部は、文献 2) を参考に、Beedle の降伏モーメントを用いた M-θ 関係をバネモデルとし、図-4 に示す部材構成則を設定した。

ラーメン鋼脚の柱の部材構成則は、文献 1) を参考に、初期軸力(死荷重および列車荷重)作用下における非線形部材(M-N 軸力相関考慮)として、M-φ 関係でモデル化し、梁の部材構成則も M-φ 関係でモデル化した。なお、解析ソフトの制約により、Mx-My 相関は考慮していない。

柱と梁の要素分割は、曲げモーメントが最大となる柱上下端部や梁両端部付近は、要素長を短く(D/10 程度、D:梁高さ)し、当該要素の応力レベルを考慮した要素サイズとした。

(2) 支承のモデル化

上部工両端の桁支承やラーメン鋼脚下端のピボット支承の部材構成則は、交番載荷試験の結果¹⁾ から、曲げモーメントと変形量(回転角)の関係を用いることとし、上部工の支承(SCW410)やピボット支承(SCMn1A)の種類に応じて図-5 に示す部材構成則を設定した。

3. 解析結果

入力地震波 L2spc II 作用時における部材損傷レベルの照査指標と解析結果を以下に示す。

(1) 部材損傷レベルの照査指標

鋼部材や支承の部材損傷レベルの照査指標は、鉄道構造物等設計標準・同解説(耐震設計標準)に従い、表-1、表-2 の通り設定した。

耐震設計標準では、各耐震性能レベルに応じて、新設構造物を対象とした各部材の損傷レベルの設計限界値が示されている。今回の鋼製橋脚の耐震性能照査においては、ラーメン鋼脚や支承部の部材損傷レベルを3、上部工は部材損傷レベルを1以下とすることとした。

(2) 耐震性能照査結果

本橋の耐震性能照査の結果を表-3 に示す。

L2spc II 地震動(表中、「L 方向」)に対する橋軸方向照査の結果、上部工の支承が損傷レベル3、ラーメン鋼脚の柱の一部が損傷レベル2となった。また、L2spc II 地震動(表中、「C 方向」)に対する橋軸直角方向照査の結果、上部工の支承とラーメン鋼脚の柱が損傷レベル2となり、地震時に桁支承が弱点となる可能性があることが分かった。

上部工桁支承は損傷により160mm程度橋軸方向へ変位するが、ソールプレートが支承上にある状態であり、逸脱していないため比較的容易に復旧が可能と考えられる。また、ラーメン鋼脚の梁や隅角部、ピボット支承は損傷レベル1で無損傷であったことから、L2spc II 地震動に対して所要の耐震性能を有しているといえる。

おわりに

本報告では、上部工とラーメン鋼脚が剛結された橋梁に対する耐震性能照査を実施し、L2spc II 地震動における弱点部位を示すとともに各部材の耐震性能照査の方法を紹介した。本検討において、同種の構造物では、上部工の両端の支承(ソールプレートおよびサイドブロック)が弱点になり得ることを示した。

参考文献

- 1) 池田 学_他: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
- 2) 安原真人:鋼製橋脚を有する既設鉄道橋の耐震性能評価、2006

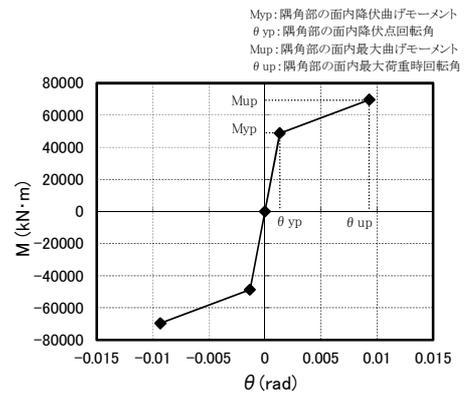


図-4 ラーメン隅角部の部材構成則

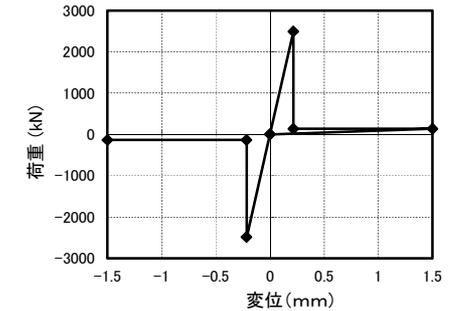


図-5 上部工の支承(固定)の部材構成則

表-1 鋼部材の損傷レベルの照査指標

部材の状態(鋼部材)	
損傷レベル1	無損傷
損傷レベル2	場合によっては補修が必要な損傷
損傷レベル3	補修が必要な損傷
損傷レベル4	補修が必要な損傷で、場合によっては部材の取替えが必要な損傷

表-2 支承の損傷レベルの照査指標

部材の状態(支承部)	
損傷レベル1	無損傷
損傷レベル2	桁ずれの少ない比較的軽微な損傷
損傷レベル3	桁ずれや一部の装置の破壊を含む損傷*であるが、落橋はしない

* 沓は破壊するが、上部工が沓から逸脱しない

表-3 耐震性能照査の結果

解析ケース	L2spc II		
	C 方向	L 方向	
評価結果	上部工(桁)	1	1
	上部工の支承	2	3
	ラーメン鋼脚(柱)	2	2
	---(梁、隅角部)	1	1
	ピボット支承	1	1
	上部工の変位量	15mm	161mm