

地震時に鋼鉄道橋の鋼製支承に作用する上揚力の影響因子

(株) ジェイアール総研エンジニアリング 正会員 ○堂内 悠吾
 (公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 仁平 達也
 (公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 斉藤 雅充

1. 背景および目的

支承には、地震時に図1に示すような鉛直地震動、水平地震動による上揚力が作用する。鋼鉄道橋の設計上では、地震時に支承に作用する上揚力を橋脚の設計水平震度の1/2とする方法が用いられており、橋脚の振動が支承に及ぼす影響は考慮されているが、桁の振動が支承に及ぼす影響は考慮されていない。本検討では、桁の振動の影響を把握するため、鋼桁や合成桁の応答性状を踏まえた解析モデルを提案し、これを用いた時刻歴応答解析により、鉛直地震動および水平地震動による上揚力に対する影響因子を把握した。

2. 解析モデルの提案

近年、鉄道構造物で用いられる合成桁で、一般的な形状である支間80mの複線1主箱形合成桁(図2)に対し、3タイプのモデル化手法を比較した。図3に解析モデルを示す。タイプ1は、桁の振動および桁の支承周辺の局所的な変形を考慮できる。タイプ2は、平面保持を仮定した桁の振動を考慮できる。設計で一般に用いられるタイプ3は、桁の質量はあるが桁の振動は考慮できない。支承のモデル化は、橋軸直角方向および鉛直方向に固定とした。下部構造物のモデル化は、鉛直方向に固定とし、橋軸直角方向には固有周期が0.45s、震度0.5で塑性化するばねとした。減衰は、固有値解析により、桁の鉛直1次モードおよび水平1次モードで減衰比が1%となるレイリー減衰とした。

入力地震動は、兵庫県南部地震神戸海洋気象台観測波(1995)(以下、神戸波)とし、鉛直地震動の単一入力および橋軸直角方向の水平地震動の単一入力を行った。図4に1支承あたりの時刻歴反力を示す。タイプ1およびタイプ2は、上揚力には大きな差がみられない。すなわち、上揚力の検討では、支承周辺の局所的な変形の影響は小さいものと考えられる。タイプ3の応答はタイプ1およびタイプ2と比較し小さい。これは、桁の振動を考慮していないためである。

以上より、本検討ではタイプ2のモデル化手法により、桁の諸元を変化させた解析を行い、支承に作用する上揚力に対する影響因子を把握することとした。

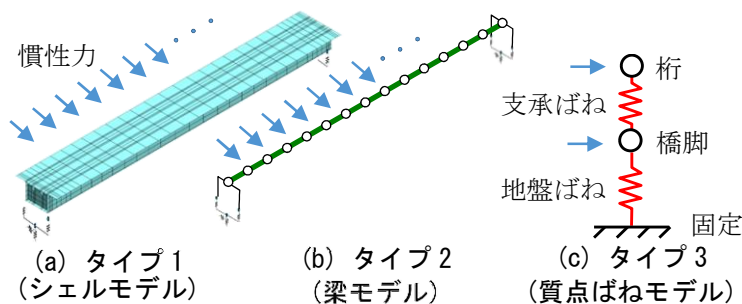


図3 解析モデル

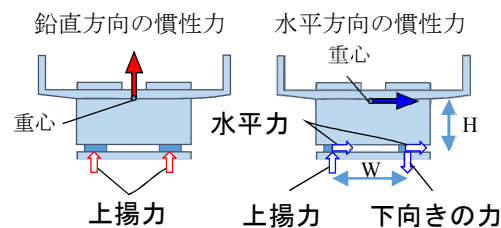


図1 支承に作用する上揚力

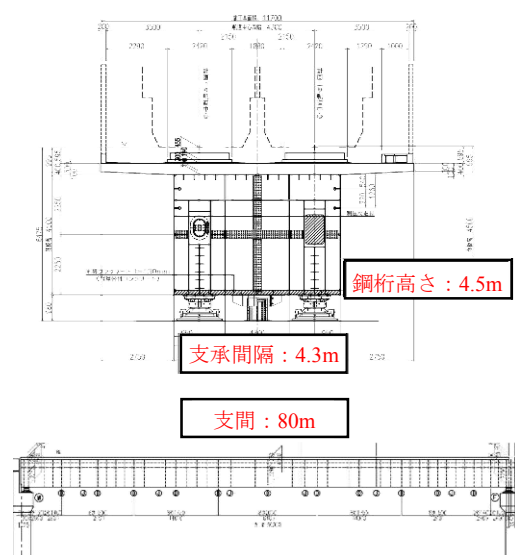


図2 一般図

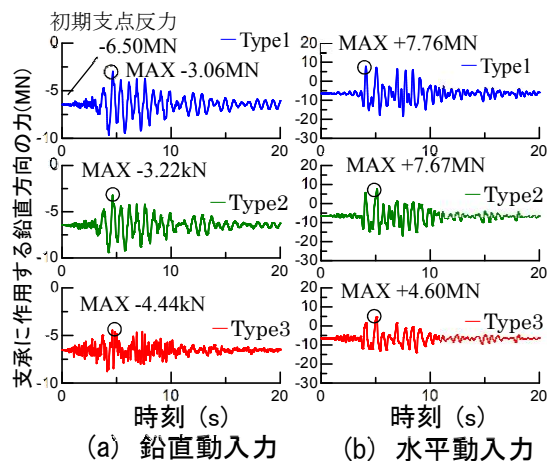


図4 時刻歴支承反力

キーワード 鋼鉄道橋, 鉛直地震動, 上揚力, 鋼製支承

連絡先 〒186-0002 東京都国立市東1-4-13 (株) ジェイアール総研エンジニアリング TEL:042-501-2603

表 1 対象橋梁および桁の諸元

橋梁	桁形式	支間 (m)	軌道	橋側歩道 (桁との質量比)	固有周期(s)		桁 重 心 高 さ H(m)	支承間隔 W(m)	H/W
					鉛直	水平			
橋梁 1	合成桁	30.8	単線	なし	0.22	0.10	1.893	2.200	0.86
橋梁 2a	上路 PG	47.5	単線	なし	0.22	0.15	2.066	2.000	1.03
橋梁 2b	上路 PG	47.5	単線	あり (5%)	0.23	0.15	2.066	2.000	
橋梁 2c	上路 PG	47.5	単線	あり (10%)	0.23	0.15	2.066	2.000	
橋梁 3a	合成桁	43.5	単線	なし	0.45	0.15	1.827	1.400	1.30
橋梁 3b	合成桁	43.5	複線	なし	0.45	0.34	1.827	4.300	0.43
橋梁 4	合成桁	68.0	複線	なし	0.51	0.19	3.122	4.500	0.69
橋梁 5	H 埋め	17.4	単線	なし	0.22	0.12	0.846	2.900	0.29
橋梁 6	合成桁	80.0	複線	なし	0.75	0.33	3.640	4.300	0.57

3. 鉛直地震動による上揚力の発生傾向

表 1 に示す諸元を有する桁を、タイプ 2 の方法でモデル化し、鉛直地震動を入力した。入力地震動は釧路沖地震(1993) 幣舞町観測波 (以下、釧路波) および神戸波とした。図 5 に、死荷重時の支点反力を用いて震度換算した上揚力の最大値および入力地震動の加速度応答スペクトルを示す。各鉛直動の応答スペクトルに応じて上揚力が発生していることがわかる。周期の長い長支間の桁には、鉛直地震動のみでは自重以上の上揚力は作用しないことが確認できた。

4. 水平地震動による上揚力の発生傾向

表 2 に示すように、橋脚の水平方向の剛性と耐力を変化させて解析を行った。作成したモデルに対し、橋軸直角方向に水平地震動を入力した。図 6 に、震度換算した水平力の最大値および入力地震動の加速度応答スペクトルを示す。水平力は、橋脚の周期や塑性化に依存することが確認できた。

図 7 に、桁の重心高さ/支承間隔 (H/W) と水平地震動による上揚力/水平力の関係を示す。水平力による転倒モーメントにより上揚力が発生するため、橋脚のモデル化等に関わらず H/W と上揚力/水平力は比例関係にあるが、比例関係がない箇所は、橋側歩道による桁の偏心を想定し、質量を付加させた橋梁 2b と 2c であった。

5. まとめ

鉛直地震動による上揚力の主要因子は桁の振動であり、支承に作用する上揚力は地震動の加速度応答スペクトルと桁の固有周期に応じるため、周期が長くなるほど上揚力が小さくなることを明らかにした。また、水平地震動による上揚力の主要因子は、橋脚の振動、桁の重心高さ H / 支承間隔 W であり、さらに桁の偏心の影響も受けることを明らかにした。

今後は、橋脚や地盤を詳細にモデル化した大規模解析を実施することで、橋脚の鉛直方向の振動や橋脚のロッキングの影響について検討し、支承の設計に反映していきたい。

参考文献 1) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説（鋼・合成構造物）性能照査例上路プレートガダー 鋼直結軌道，2010.6

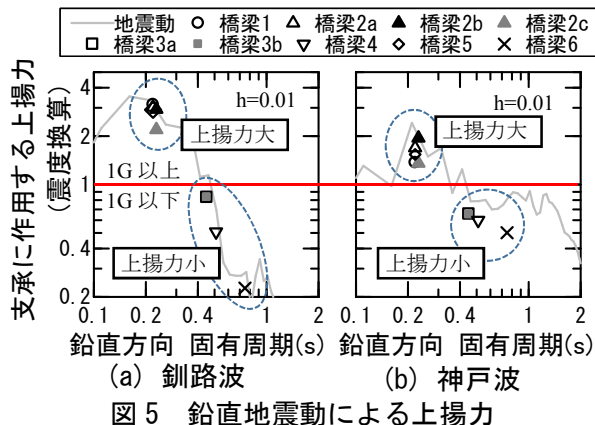


図 5 鉛直地震動による上揚力

表 2 対象橋梁および桁の諸元

橋脚	固有周期(s)	降伏震度
橋脚固定	なし	なし
橋脚線形	0.45	なし
橋脚非線形	0.45	0.5

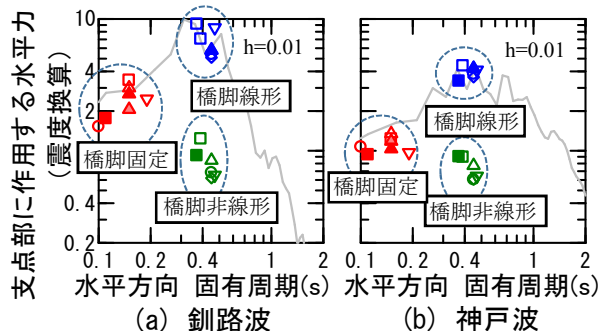


図 6 水平地震動による上揚力

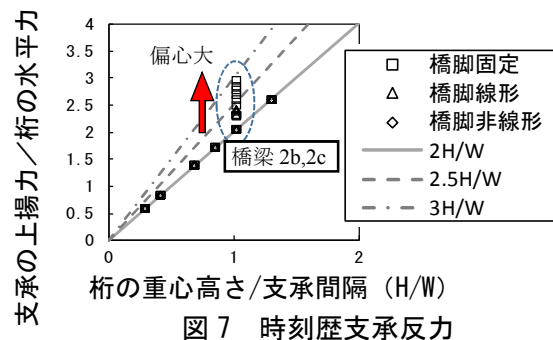


図 7 時刻歴支承反力