

鉄道高架橋 - 旅客上家連成系の地震応答特性

(財)鉄道総合技術研究所 正会員 ○川西 智浩
 (財)鉄道総合技術研究所 正会員 室野 剛隆
 (財)鉄道総合技術研究所 武居 泰

1. はじめに

鉄道の構造物には、駅部のように高架橋の上に旅客上家が構築されている場合や、高架橋の上に電車線柱が立っている場合など、固有周期の異なる2つの系から構成されている構造物が数多く存在するが、それぞれの系は独立に設計されており、想定する地震動や保有性能も異なっているのが現状である。そこで本研究では、鉄道における連成系構造物のうち、特に大型施設である高架橋 - 旅客上家連成系に対して、最大加速度を変化させた複数の地震動を入力して応答解析を実施することにより、高架橋 - 旅客上家連成系の地震応答特性について検討を行った。

2. 対象とする構造物

本検討では、図1に示す高架橋 - 旅客上家連成系の構造物を想定し、2次元骨組みモデルでモデル化して地震応答解析を実施する。高架橋(RC部材)の履歴特性としては武田モデルを用い¹⁾、旅客上家(S部材)と地盤ばねはバイリニア型とした¹⁾。また、旅客上家の柱脚ばねはスリップ型でモデル化した。固有値解析により得られた構造物の固有周期を表1に示す。

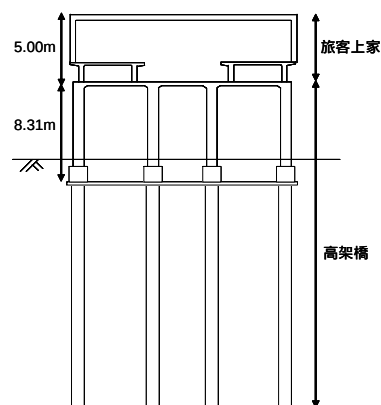


図1 高架橋 - 旅客上家系の構造物

3. 解析に用いる入力地震動の設定

本検討では、表2に示した各地震波の最大加速度を100(gal)から1000(gal)まで100(gal)刻みに変化させて地震応答解析を実施することにより、地震波の周期帯域や振幅レベルが高架橋 - 旅客上家連成系の地震応答特性に及ぼす影響を検討する。各観測波の最大加速度を1000(gal)に調整した地震波の弾性加速度応答スペクトルを図2に示す。

4. 解析結果

はじめに、釧路沖地震と兵庫県南部地震を対象として応答解析を実施し、旅客上家および高架橋各部位の塑性率と入力最大加速度との関係を調べた。その結果を図3に示す。なお、図中において塑性率が0になっているケースは、各部位が弾性領域にあることを示している。まず、図3(a)の兵庫県南部地震の結果に着目すると、入力最大加速度が大きくなるにつれてまず高架橋部材が塑性化する。旅客上家の部材は入力加速度が700(gal)程度に達したところでようやく塑性化し始め、さらに入力加速度が大きくなると、旅客上家・高架橋の両方の損傷が進行する傾向にある。これに対し、図3(b)の釧路沖地震の結果に着目すると、入力加速度の増加に伴ってまず上家柱の塑性化が進行するが、図中の楕円部分に示すように、入力最大加速度が700(gal)以上になって高架橋部材の塑性化も進行してくると、逆に上家柱の塑性率が下がり始めている。これは、釧路気象台地震波の卓越周期が旅客上家の固有周期に近い場合、入力最大加速度が小さい場合には旅客上家の方が選択共振を起こすのに対し、入力加速度が大きくなると、

表1 高架橋 - 旅客上家系の固有周期

	高架橋	旅客上家	連成系
構造物の固有周期(sec)	0.49	0.39	0.54

表2 解析に用いる地震波一覧

地震波	観測波の最大加速度(gal)
兵庫県南部地震(神戸海洋気象台NS)	818
釧路沖地震(釧路気象台EW)	919
三陸南地震(K-NET牡鹿EW)	1112
新潟県中越地震(K-NET小千谷EW)	1308

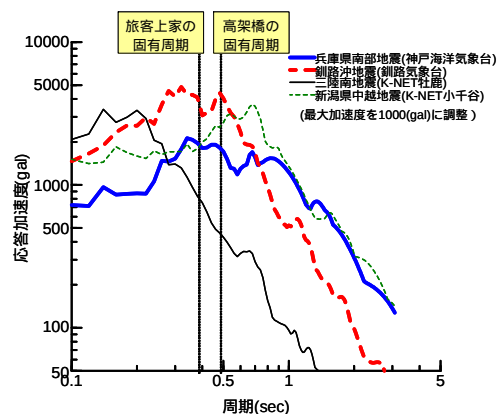


図2 弾性加速度応答スペクトル

キーワード 高架橋, 旅客上家, 連成系, 地震応答解析

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 TEL 042-573-7394 FAX 042-573-5326

なると旅客上家が塑性化して周期が伸びることにより、旅客上家と高架橋の固有周期が接近する．また、入力地震動のレベル自体は上がっているため、高架橋も選択共振を起こして高架橋部材の塑性化が進行し始める．その結果、エネルギーの消費域が旅客上家から高架橋に移行するため、旅客上家へ伝わるエネルギーが小さくなり、旅客上家の損傷が抑えられているものと考えられる．

次に、表2で示した地震波4波の入力最大加速度を変化させた場合について、上家柱と高架橋柱の塑性率を比較した結果を図4に示す．固有周期が短い旅客上家は、短周期領域が卓越する釧路気象台の地震波で塑性化の進行が最も早くなっているのに対し、旅客上家よりも固有周期が長い高架橋は、卓越周期が比較的長い神戸海洋気象台やK-NET小千谷の地震波で塑性化が早く進む傾向にあり、地震波の卓越周期が高架橋 - 旅客上家連成系の損傷部位に大きな影響を及ぼすことがわかる．また、図中の矢印で示すように、入力加速度が大きくなるにつれて、高架橋よりも上家の損傷がより急激に進行している．つまり、高架橋と旅客上家では保有している耐震性能が異なるため、入力加速度の増加に伴う損傷の進行度合いが異なることがわかる．

以上に示したように、地震動の振幅レベルや周期帯域によって高架橋 - 旅客上家系の損傷モードや損傷の進行度合いが異なっており、高架橋 - 旅客上家系の耐震性を合理的に評価するためには、連成系の応答特性を適切に考慮する必要があることがわかる．

5．まとめ

高架橋 - 旅客上家連成系の構造物に対して応答解析を実施し、地震波の周期帯域や振幅レベルの違いが高架橋 - 旅客上家連成系の地震応答特性に及ぼす影響について検討した．今後は、今回の検討結果を参考に、鉄道システム全体の耐震性評価に関する検討をさらに進める予定である．

参考文献 1) (財)鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計

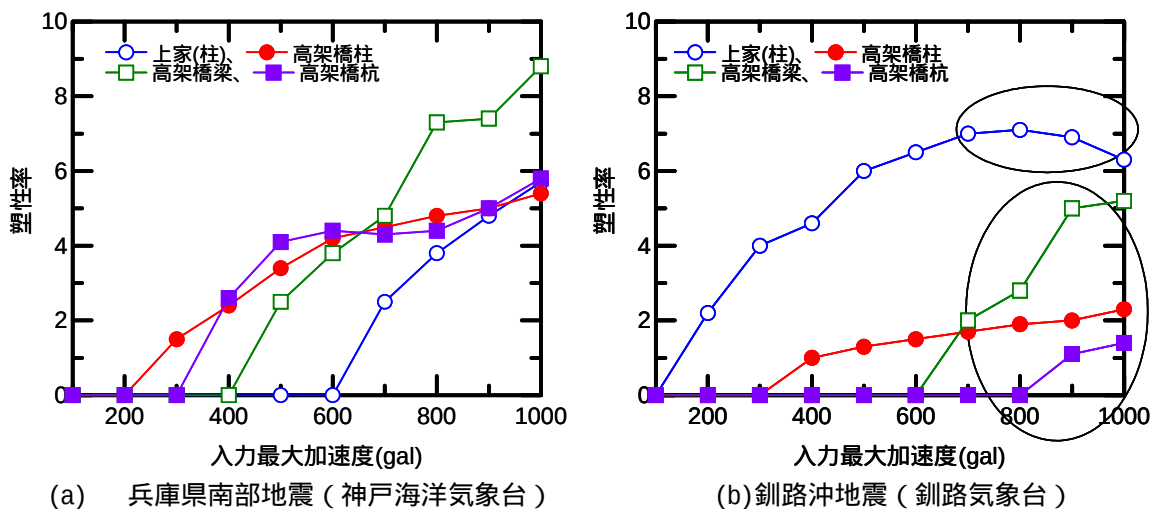


図3 入力最大加速度と各部位の塑性率の関係

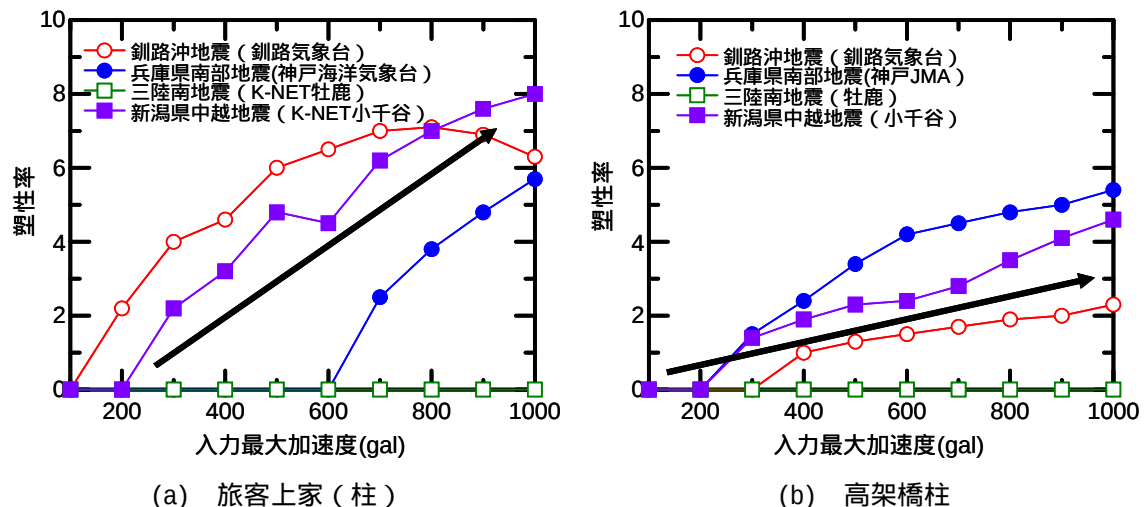


図4 地震波による損傷進行度合いの比較