

杭基礎形式の超連続基礎を有する高架橋における地震時挙動の把握

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○田中 浩平
(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 室野 剛隆

1. はじめに

鉄道や道路構造物は線状に連続して構築されるため、橋脚位置ごとに表層地盤構造は大きく変動する。これに伴い、橋脚ごとに独立したフーチング基礎を有する一般的な高架橋では、図1(a)に示すような様々な課題が生ずる¹⁾。例えば、地点ごとの入力地震動が異なるために、上部構造や付帯構造物に地点依存の設計が必要である。また、橋脚ごとに構造物の応答が異なるため角折れや目違いが発生し、車両の走行安全性に悪影響をもたらす。このような課題を解決するために、図1(b)に示すフーチング基礎を線路方向に100~1000m程度連続化した「超連続基礎」を有する高架橋(超連続基礎高架橋)を提案した^{1),2)}。フーチング基礎を連続化することで、地震時には基礎が一体となって挙動するために、基礎上の上部構造には一様な地震動が入力する。この結果、超連続基礎高架橋では、上部構造や付帯構造物の個別設計が不要となる。また、プレキャスト化も可能である。入力地震動が一様化することで構造物の応答も一様化するため、角折れや目違いが減少し車両の走行安全性が向上する。本論文では、杭基礎形式の超連続基礎高架橋に対して3次元モデルを作成し、非線形動的解析による地震時挙動の把握を行った。

2. 解析モデル概要

作成した3次元モデルの概要を説明する。本検討で対象とするRC桁式高架橋の構造物諸元を図2に示す。この諸元の5橋脚のフーチング基礎を、そのまま線路方向に連続化したものを超連続基礎高架橋とし、3次元モデルとして図3に示すような梁マスモデルを作成した。各橋脚位置の地盤種別を図3のように地点ごとに变化させ、地盤種別ごとに地盤ばねと入力地震動を設定した。地盤種別ごとに設定した地盤モデルに対して、基盤にスペクトルII(G1地盤)を入力した非線形動的解析を別途実施し、その地表面波形を、水平地盤ばねを介して入力した。各橋脚は、基礎位置に水平・回転ばねを設定したSRモデルとし、各橋脚基部には回転ばねを設置した。支持力を表現する鉛直地盤ばねは杭位置のみに設置し、フーチング基礎底面の支持力は考慮していない。また、フーチングの側面に設置した押し込み抵抗ばねにより、フーチング前面が受ける土の水平抵抗を表現した。橋脚基部の回転ばねおよび地盤の回転ばね、水平ばねの骨格曲線は、プッシュオーバー解析の結果から設定した。

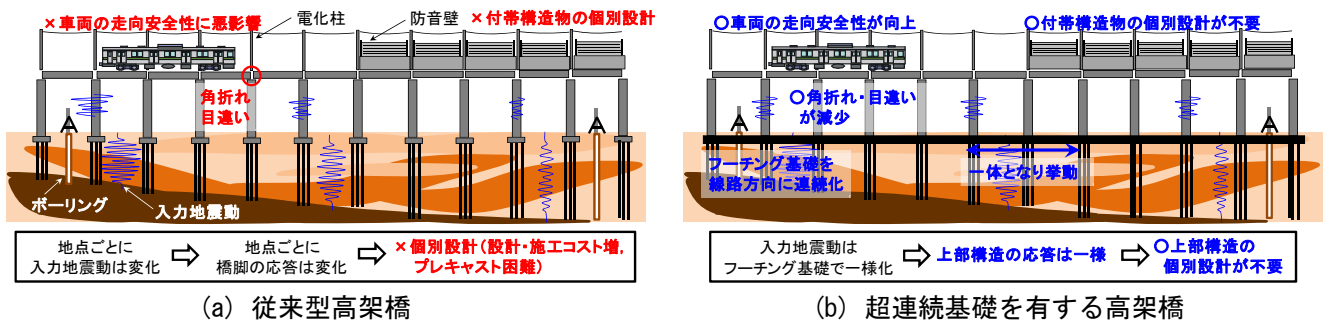


図1 従来型高架橋と超連続基礎を有する高架橋の比較

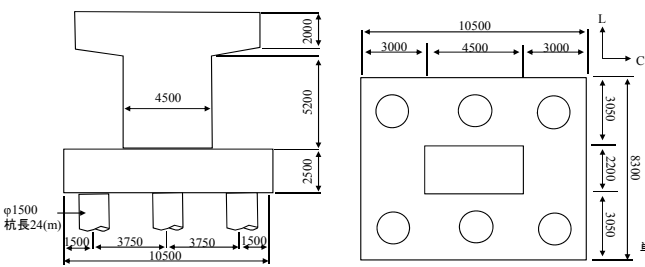


図2 構造物モデル

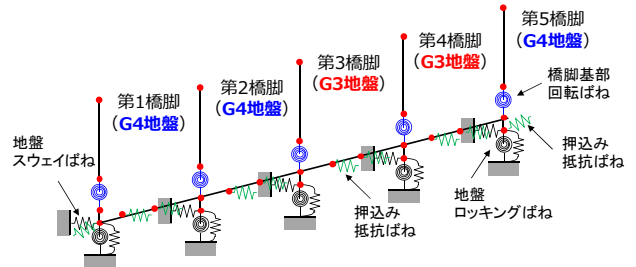


図3 杭基礎形式の超連続基礎モデル

キーワード 超連続基礎, 耐震設計, 高架橋, 走行安全性

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町二丁目8番地38 TEL 042-573-3442-5326

3. 解析結果

3. 1 地震動の一様化効果

図4(a)に線路方向のフーチング位置の最大応答値分布を示す。線路方向の応答値は、連続基礎で一様化することが確認できる。また連続基礎の最大応答値は、独立基礎の地点ごとの変動の間にある。線路直角方向の最大応答値は完全には一様にならないが、独立基礎での極端な変動が平滑化されることが確認できる。

3. 2 上部構造の地震時挙動

図5に高架橋天端での最大応答値を示す。線路、線路直角方向のいずれに対しても連続基礎で一様化しているが、それがどの程度の値で一様化されるかについては方向によって異なる。これは、以下に示すように連続基礎の線路方向の上部構造の振動特性が、フーチングを連続化したことで独立基礎と異なる傾向を示すためである。

図6にプッシュオーバー解析における地盤の回転ばねの挙動を示す。連続基礎では、線路方向のばねがほとんど回転しない。これは連続化したフーチング基礎の剛性で、基礎の回転変形が拘束されることが原因である。これにより、連続基礎の上部構造は線路方向により短周期で応答する。よってフーチング基礎上の上部構造は同一でも、下部の拘束条件により応答の周期特性が異なり、2つのモデルで異なる振動特性となる。なお線路直角方向については、フーチング基礎による回転拘束の効果が小さいため、上部構造は独立基礎モデルに近い挙動となる。

図7に橋脚1における基部の回転ばねの履歴曲線を示す。図7(a)の線路方向では、連続基礎で上部構造がより短周期で応答するため、独立基礎より塑性化が進んでいることがわかる。この結果、図5(a)に示した連続基礎の加速度は頭打ちとなり、変位は独立基礎より大きくなる。一方、図7(b)の線路直角方向では振動特性が近いため、橋脚はほぼ線形範囲に留まる。その結果、図4(b)で示したフーチング基礎位置での大小関係が、図5(b)で示す高架橋天端における応答値にも見られた。変位量は上部構造が短周期化するために、独立基礎に比べやや小さくなっている。

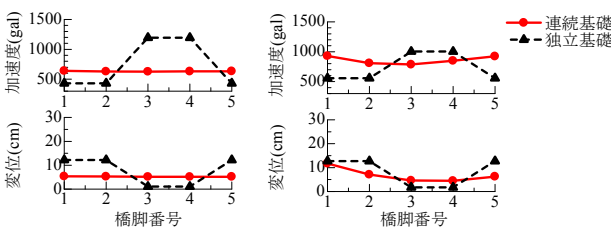
3. 3 各橋脚位置の角折れ量

図8に各橋脚位置における角折れ量を示す。連続基礎で、角折れ量が低減していることが確認できる。なお、独立基礎の橋脚1の角折れ量が小さいのは、橋脚1,2の地盤種別が同じで入力地震動が同一のためである。

4. まとめ

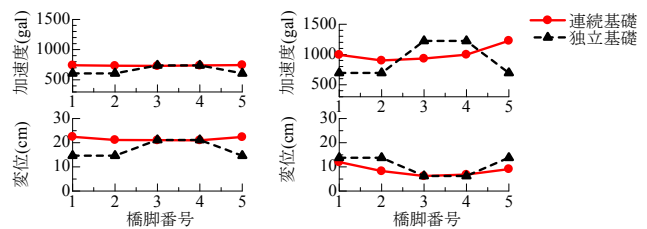
本論文では、杭基礎形式の超連続基礎高架橋に対して地震時挙動の把握を行った。その結果、応答の一様化効果や角折れ量低減による車両走行安全性の向上効果を確認した。また上部構造の振動特性が下部の拘束条件により異なることを確認した。今後は、直接基礎形式の超連続基礎高架橋の地震時挙動の把握を行う予定である。

参考文献 1) 田中浩平, 室野剛隆: 超連続基礎を有する高架橋の提案, 土木学会第69回年次学術講演会, 2014.10, 2) 田中浩平, 室野剛隆: 超連続基礎を有する高架橋の提案とその効果確認の検討, 第17回性能に基づく橋梁等の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集 2014.7



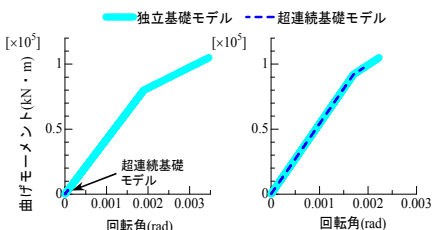
(a) 線路方向 (b) 線路直角方向

図4 フーチング基礎位置の応答値



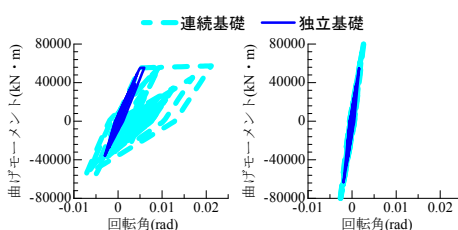
(a) 線路方向 (b) 線路直角方向

図5 高架橋天端位置の応答値



(a) 線路方向 (b) 線路直角方向

図6 地盤の回転ばねの挙動



(a) 線路方向 (b) 線路直角方向

図7 橋脚1基部回転ばねの履歴曲線

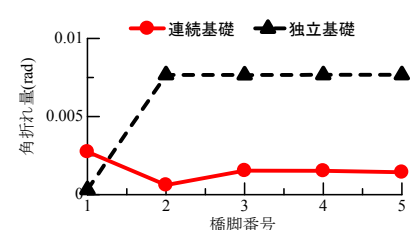


図8 各橋脚位置の角折れ量