

超連続基礎を有する高架橋の提案

(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、地点ごとに表層地盤構造は大きく変動する。これに伴い、柱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、以下に示すような課題が生ずる。

- ① 地点ごとに地震動の増幅特性が異なるために、設計地震動が変化し、地点依存の設計が必要となる。これにより、設計・施工コストが増大する。また、基礎上に構築する構造物のプレキャスト化の阻害要因となる。
- ② 構造物上に設置される付帯構造物の被害を防ぐためには、各構造物の応答特性に配慮する必要がある。地点ごとに構造物が異なる場合には、それに合わせて付帯構造物の設計をする必要がある。
- ③ 隣接構造物間に大きな相対変位や角折れが発生するため、鉄道等の車両走行性にとって悪影響を及ぼす。
- ④ 地盤調査箇所が限られるため、局所的な地震動増幅が必ずしも事前に把握できるとは限らず、構造物に、設計で想定した以上の地震動が局所的に入力する可能性がある。

特に、③の課題を解決することを目的として、高架橋上の桁を連続化する構造物が構築されている¹⁾。しかし、この場合には構造物天端での応答が一様化されるが、入力する地震動は地点ごとに変化するため、一部の柱に局所的な応力が発生する可能性が否定出来ない。また、桁が外気にさらされているため、常時でも、温度変化や乾燥収縮により柱に大きな力が作用し、ひび割れの発生が指摘されている²⁾。

①~④の課題を解決するために、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」を有する高架橋を提案する。地震時には、連続化した基礎が一体となって挙動するために、基礎上に構築される構造物には、同一の地震動が入力することが期待できる。本論文では、超連続基礎を有する高架橋の基本的な概念と得られる効果を説明し、2次元有限要素法による効果確認を実施した結果を示す。

2. 超連続基礎を有する高架橋の利点

提案する超連続基礎を有する高架橋の概要を図1に示す。超連続基礎上に構築される構造物や基礎形式に制約はなく、適切な剛性を有するフーチング基礎を線路方向に連続して構築することが条件となる。連続化したフーチング基礎が一体となって挙動することにより、連続化した区間の基礎位置の地震動が平準化される効果が期待できる。よって、超連続基礎を採用することにより、下記に示す利点が得られる。

- ① 地震動が平準化されることにより、構造物や付帯構造物に対して、個別の地盤条件に配慮した設計を実施する必要がない。これにより、設計・施工コストが削減できる。また、上部工のプレキャスト化が容易となり、施工性および品質の向上が期待できる。
- ② 上部構造物への入力地震動の平準化により、隣接する構造物間の線路直角方向の挙動が一様となるため、相対変位や角折れが減少し、鉄道等の車両走行安全性が向上する。
- ③ 連続化したフーチング基礎下面に支持力を考慮でき、杭本数や杭長が低減され、杭配置の自由度が増す。
- ④ 現状の耐震設計では、詳細な地盤調査が実施される箇所は限られており、地盤調査が実施されていない地点で、局所的に大きな地震動が入力する可能性が否定出来ない。一方で、超連続基礎を有する高架橋では、このような局所的な地震動入力に連続基礎により平準化する効果が期待される。以上より、設計で想定されていない地震動が入力した場合に甚大な被害が発生しないという「危機耐性」の面から優れた構造物である。
- ⑤ 連続化したフーチング基礎は、地中に構築されるため、桁を連続するよりも温度変化が小さく、基礎や柱にひび割れが生じにくい。
- ⑥ 超連続化により地震動の入力損失効果が期待でき、独立基礎に比べて設計地震動が低減できる可能性がある。

キーワード 超連続基礎, 耐震設計, 高架橋, 危機耐性, 入力損失効果

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町二丁目8番地38 TEL042-573-3442-5326

3. 超連続基礎を有する高架橋の効果確認

超連続基礎による地震動の平準化効果を確認するために、独立したフーチング基礎のモデル（独立基礎モデル）と連続化したモデル（連続基礎モデル）に対し、2次元有限要素法解析を実施し、得られた結果を比較した。

3. 1 超連続基礎のモデル化

構造物はフーチング基礎と杭基礎部分のみをモデル化し、詳細な構造物パラメータについては文献²⁾を参照して設定した。図2に独立基礎モデルにおける構造物の諸元を示す。フーチング基礎の幅は8.0m、厚さは3.0mとした。解析にあたっては、図3に示す300m程度の地盤を作成し、150m程度の区間に6個の独立基礎を配置した。フーチング基礎および杭は、線形の梁要素でモデル化した。

3. 2 表層地盤のモデル化

表層地盤の各要素は非線形要素とし、地盤の構成則は、GHE-Sモデルにより³⁾与えた。地盤物性は、各メッシュでのせん断弾性波速度Vsのばらつきを考慮し、図4に示す不均質な地盤モデルを作成した。作成にあたっては、まず、深さ方向にVsの平均値を100-400m/sまで線形に変化するように与える。Vsの変動部は、変動係数0.1のばらつきが水平方向に20m、鉛直方向に1.0mの相関距離をもつように、各位置での変動量を文献⁴⁾のモデル化に基づきシミュレーションした。なお、Vsの変動係数および相関距離の値については、文献⁵⁾を参照して設定した。最終的に得られたVsを100, 150, 200, 250, 300, 350m/sに離散化し、各メッシュでのVsを設定した。

3. 3 評価結果

上述のモデルに対し、基盤波としてスペクトルII(G1地盤)を入力した結果得られたフーチング基礎位置での加速度波形の最大加速度および加速度応答スペクトルの値を、モデルごとに算出したものを図5, 6に示す。独立基礎モデルに対し、連続基礎モデルでは、基礎位置で地震動が平準化され、その大きさも低減することが確認できる。

4. まとめ

本論文では、フーチング基礎を線路方向に連続化した超連続基礎有する高架橋を提案した。地盤の不均質性による地震動のばらつきが、基礎上では平準化される効果を確認できた。今後は、地盤モデルやフーチング基礎の剛性、杭長、杭配置を変化させたパラスタを実施し、地震動の平準化効果や低減効果の一般化を行う予定である。

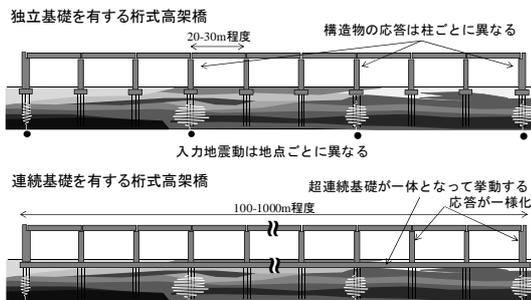


図1 超連続基礎を有する高架橋の概念図

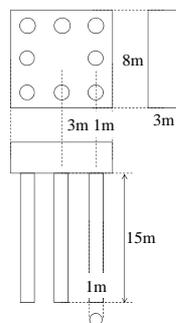


図2 基礎のモデル化

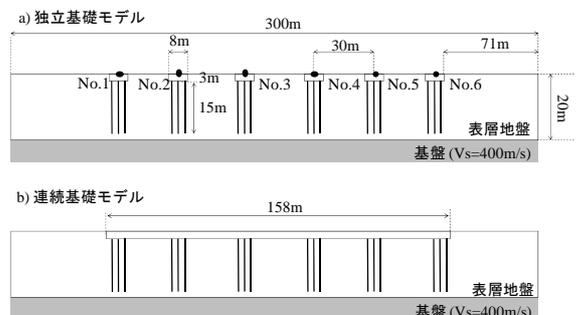


図3 解析に用いたモデルの概要

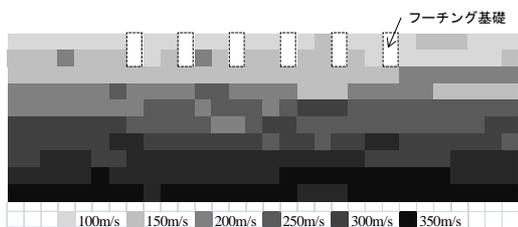


図4 不均質なVsをもつ地盤モデル

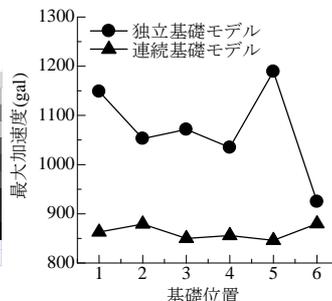


図5 最大加速度の比較

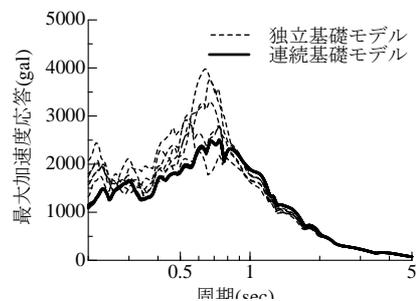


図6 加速度応答スペクトルの比較

参考文献 1) 大平拓也, 谷健史, 斉藤隆: 50 径間連続 RC ラーメン高架橋の設計・施工—阿佐線・赤野高架橋—, コンクリート工学, Vol.21, No.6, pp.36-43, 1983.6, 2) 鉄道総研: 設計計算例 鉄筋コンクリート橋脚(杭基礎), 2001, 3) 室野剛隆, 野上雄太: S 字型の履歴曲線の形状を考慮した土の応力~ひずみ関係, 第12回日本地震工学シンポジウム, 4) Yamazaki, F., Shinozuka, M.: Digital Generation of Nongaussian Stochastic Field, ASCE, Engineering Mechanics, Vol.114, pp.1183-1197, 1988. 5) 中村晋, 澤田純男, 松本敏克: 地盤物性の不均質な空間分布のモデル化次元に応じた非線形地震応答性状の比較, 土木学会論文集 C, Vol.63, No.3, pp.711-724, 2007.7