

仮線時に列車荷重を支持する既設高架橋張出しスラブ支持方式の検討

ジェイアール西日本コンサルタンツ (株) ○藤井 公博
ジェイアール西日本コンサルタンツ (株) 佐伯奈都美
ジェイアール西日本コンサルタンツ (株) 正直 貴彦

論文要旨

既設高架橋上から仮線方式で高架橋を延伸する計画があり、取付け区間において張出しスラブ上を列車が走行することとなった。しかし、既設高架橋では張出しスラブ上の列車走行を想定していないため、仮線供用時に列車の走行が可能な張出しスラブ支持方式の検討を行った。著者らは、張出しスラブのたわみ制限等を考慮した支持方式を検討し、ベント架台を選定した。本稿では、既設高架橋張出しスラブ支持方式の選定経緯、選定したベント架台の設計手法について述べる。

キーワード：ベント架台、既設高架橋、仮線、列車荷重の支持

まえがき

既設高架橋を延伸する計画があり、仮線方式により延伸を行うこととなっている。仮線振出しは、現況の架道橋や踏切等がコントロールポイントとなり、既設高架橋上から行う必要があった。このため、図-1に示すように張出しスラブ上を列車が走行するが、既設高架橋張出しスラブでは列車を支持することができないため、張出しスラブを支持する構造の検討及び選定した構造の設計を行った。

1. 概要

既設高架橋張出しスラブ上に列車が走行する区間は、仮線振出し位置から延長約190mの区間である(図-2)。

当該区間は、複線、バラスト軌道であり、設計速度は130km/hである。なお、仮線時の供用期間は約5年である。

また、表-1に既設高架橋張出しスラブの断面諸元を示すが、張出しスラブのみでは列車を支持できない構造となっている。

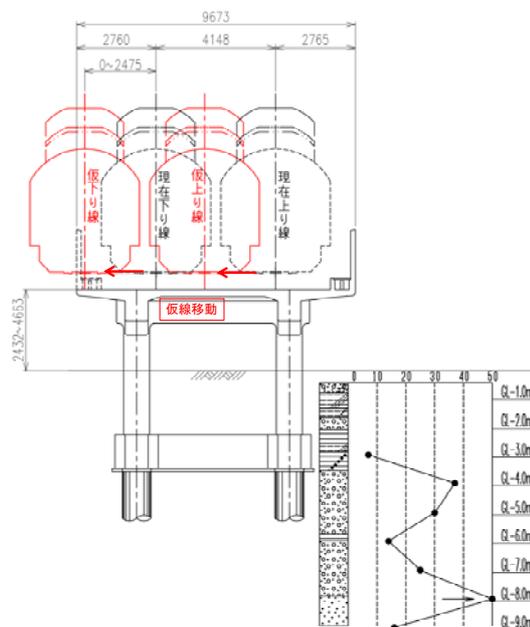


図-1 断面概要図

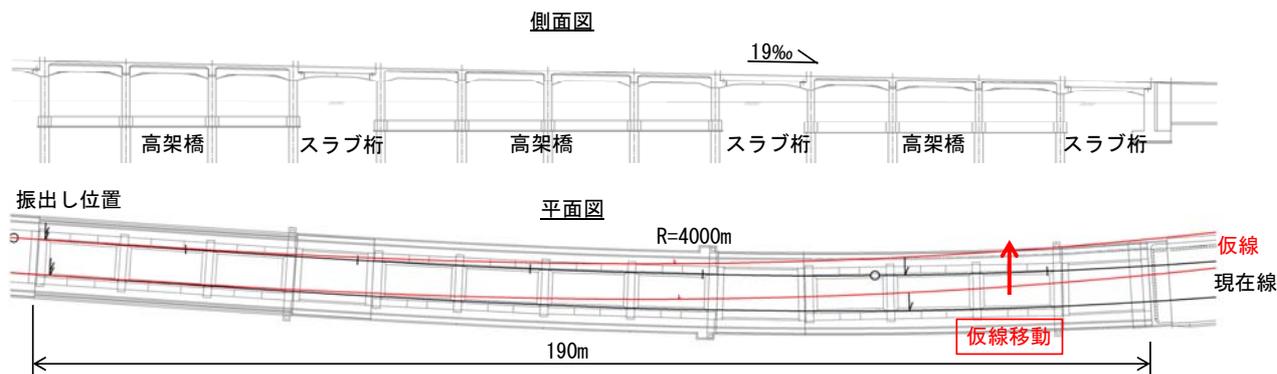
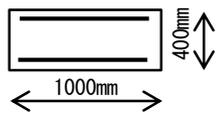


図-2 線形概要図

表-1 張出しスラブ断面諸元

断面形状	
張出しスラブ長	1.7m
コンクリートの設計基準強度	27N/mm ²
主鉄筋 (単位 m 当たり)	D16-6.55 本 (上側) D13-4 本 (下側)

2. 支持方式の検討

(1) 検討方針

張出しスラブの支持方式は、列車走行安全性、施工性、経済性及び周辺への影響の観点から検討を行った。なお、**図-1**に当該地盤の柱状図を示しているが、表層約3mはN=5の粘性土、下層はN値30以上の礫層となっている。支持方式の検討に当たり、基礎形式を杭基礎とした場合、直接基礎と比較し工期・工費が大きくなることが予想された。

このため、粘性土層を下層の礫層と同程度の地耐力となるよう地盤改良を行うこととし、基礎形式は直接基礎とす

ることとした。

支持方式の検討は、鋼材ベント架台、盛土補強土架台、気泡モルタル架台の3案について行った。

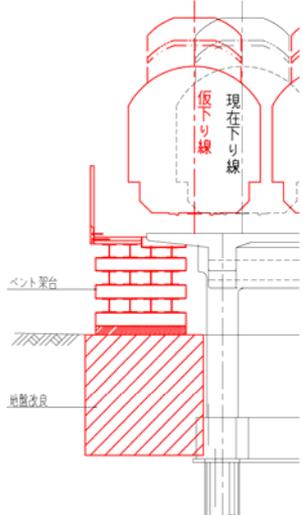
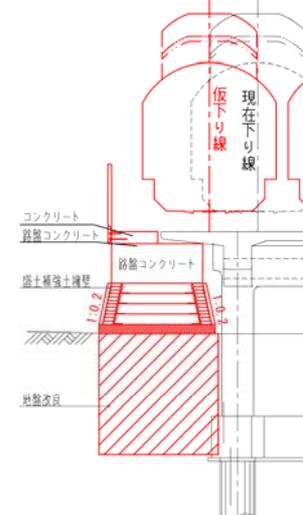
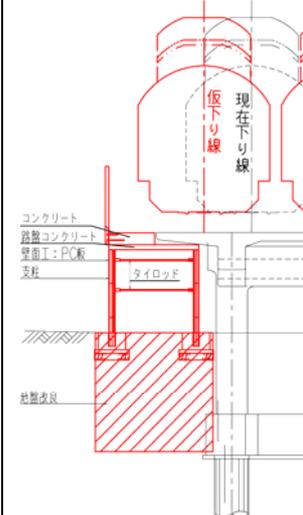
(2) 検討結果

表-2に張出しスラブ支持方式比較表を示す。経済性に示す比率は、第1案のベント架台の施工・撤去費用を1.0とした場合の他工法に対する比率である。

比較の結果、第2案の盛土補強土架台は土構造物であるため、列車走行時に盛土が沈下し走行安全性に問題が生じること、既設張出しスラブ下での盛土転圧を考慮すると張出しスラブ下端から盛土天端まで約1mの隔離が必要であり、路盤コンクリートが厚くなることから不採用とした。第3案の気泡モルタル架台は、気泡モルタルの剛性が高く列車走行安全性に問題はないと考えられるが、ワイヤーソーによる撤去となるため撤去費用が高額となり経済性に最も劣ることから不採用とした。

このため、鋼構造のため列車走行時の騒音は他の2案と比較し大きくなるが防音シート等の対策が可能なこと、鋼材の剛性が高く列車走行安全性に問題はないと考えられることから、最も経済的となる第1案の鋼材ベント架台(以降、ベント架台)を選定した。

表-2 張出しスラブ支持方式比較表

項目	第1案 鋼材ベント架台	第2案 盛土補強土架台	第3案 気泡モルタル架台
概要図			
列車走行安全性	鋼構造のため剛性が高く、沈下量は小さい。 ○	土構造物のため、列車走行により沈下が生じる。 ×	気泡モルタルのため剛性が高く、沈下量は小さい。 ○
経済性	最も安価である。 (比率1.0) ○	第1案よりも高価である。 (比率2.1) △	最も高価である。 (比率:3.8) ×
周辺への影響(騒音)	鋼構造のため、他の2案と比較し列車走行時の騒音は大きい。 △ ※防音シート等で対策可能	路盤コンクリート、土構造物のため、列車走行時の騒音は問題ない。 ○	気泡モルタルのため、列車走行時の騒音は問題ない。 ○
評価	○	×	△

3. ベント架台の設計

(1) 検討モデル

ベント架台は改良地盤上に基礎コンクリートを設け、その上にH鋼を井桁に組んだ構造である。ベント架台は、H鋼同士が重なる箇所を鉛直荷重を支持するため、H鋼が重なる箇所は、補剛材を設けるものとした。

既設高架橋は杭基礎のため、列車走行時も高架橋柱に取りつく張出しスラブの付け根は沈下しない。しかし、張出しスラブを支持するベント架台は列車走行時にベント架台及び支持地盤の圧縮により鉛直変位が生じる。張出しスラブは、この鉛直変位に追従して変位が生じ、損傷する可能性があるため、ベント架台の検討モデルは、ベント架台

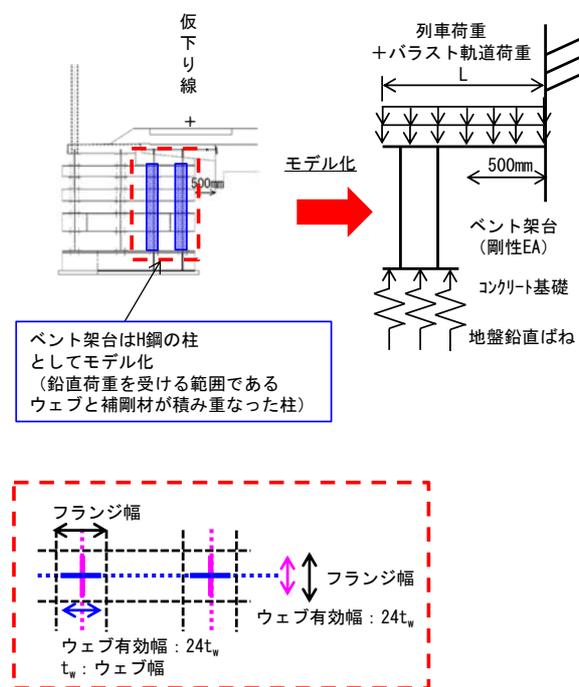


図-3 検討概要図

及び支持地盤の剛性を考慮し鉛直変位を確認する必要があった。そこで、ベント架台はH鋼のウェブと補剛材による十字の柱としてモデル化することで鋼材の剛性を考慮した。図-3に検討概要図を示す。これにより、ベント架台の剛性及び地盤鉛直ばねを同時にモデル化でき、ベント架台及び支持地盤の鉛直変位量が算出できる。なお、列車走行により張出しスラブにたわみが生じる場合も、既設高架橋に沈下は生じないため、張出しスラブのモデル化は固定梁とした。

(2) ベント架台設置位置に対する検討

ベント架台設置位置により、列車走行時に張出しスラブに発生する断面力は変化する。このため、最適な設置位置の検討を行った。検討位置は、張出しスラブを2柱で支持する離れ500mm及び1柱で支持する900mm、1200mmの3パターンとし、張出しスラブに発生する断面力、張出しスラブのたわみ量に関して検討した。

本検討は、既設高架橋張出しスラブに発生する断面力、たわみ量を確認し、ベント架台の最適な設置位置を選定するものである。設計手法は、既設高架橋と同じ性能照査型設計法(限界状態設計法)とした。なお、要求性能は仮線の供用期間が5年であることから鉄道構造物等設計標準・同解説¹⁾に示される安全性(破壊)及び使用性、耐久性のみとした。なお、張出しスラブたわみ量の許容値は、列車走行時も張出しスラブに曲げひび割れを発生させないものとし、鉄筋コンクリートの曲げひび割れモーメント M_{ck} から算出した変位量 1.45mm とした。

表-3に、張出しスラブの離れに対する検討結果の抜粋(安全性、使用性)を示す。検討の結果、全てのケースで照査値を満足することを確認した。このため、ベント架台設置位置は、施工上問題ないと考えられる離れ900mmを採用した。

表-3 ベント架台位置検討結果

項目		第1案 離れ500mm	第2案 離れ900mm	第3案 離れ1200mm
概要図				
安全性 (破壊)	曲げ	0.63 < 1.00 (OK)	0.82 < 1.00 (OK)	0.76 < 1.00 (OK)
	せん断	0.80 < 1.00 (OK)	0.87 < 1.00 (OK)	0.85 < 1.00 (OK)
使用性 (張出しスラブ変位量)		0.37mm < 1.45mm (OK)	0.53mm < 1.45mm (OK)	0.46mm < 1.45mm (OK)

(3) ベント架台の設計

ベント架台は、施工時のゆるみを小さくするため高力ボルトでH鋼同士を締結することとした。また、高力ボルトはH鋼のフランジ間で電動レンチにより締結を行う。このため、ベント架台に用いるH鋼は、高力ボルト締結に必要な高さを考慮しH300~H500を組み合わせるものとした。

ベント架台の設計では、供用期間約5年の仮設構造物であるため、設計法は許容応力度法とした。

設計は、H鋼、張出しスラブ横のコンクリート床板、基礎コンクリートの断面照査及び基礎の安定等に対して検討を行い、本構造が全ての検討項目で照査値を満足することを確認した。

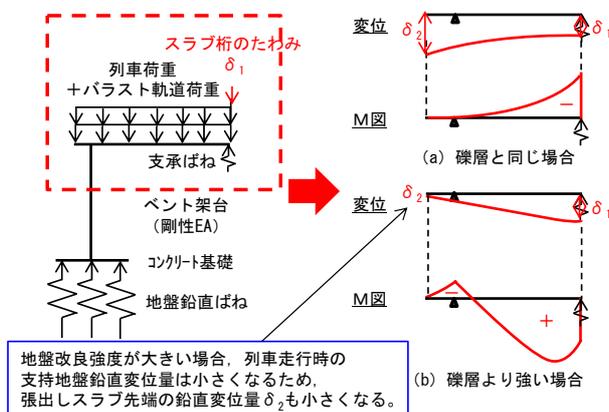
4. 施工への対応

(1) 地盤改良強度範囲の検討

先で述べたとおり、支持地盤の表層約3mは改良体下の礫層と同等の地耐力となるよう地盤改良を行う。このため、地盤改良層の設計地盤ばねは、礫層の値を用い、必要な地盤改良強度 qu は地盤ばねより算定した^{2),3)}。しかし、施工時に全ての範囲で地盤改良強度を同じとすることは困難である。また、ベント架台は高架橋の張出しスラブだけでなく、スラブ桁も支持する必要がある。

地盤改良強度が礫層以上となった場合、列車走行時の地盤鉛直変位量は小さくなる。高架橋は杭基礎のため列車走行時も沈下しないことから、地盤改良強度が大きくなった場合も張出しスラブへの影響はほとんどないと考えられる。一方、スラブ桁は列車走行時にたわみが生じるため、図-4に示すように地盤改良強度によっては張出しスラブ先端が固定され、スラブ桁の付け根部分が下向きに変位し、張出しスラブに下側引張が発生することが懸念された。

このため、地盤改良強度が大きくなり張出しスラブに下側引張りが発生した場合も応力上問題ない範囲を検討し、地盤改良強度の範囲を $qu=200\sim 260\text{kN/m}^2$ と設定した。



(2) 想定以上の張出しスラブのたわみに対する対処

張出しスラブに発生するたわみ量は、鉄筋コンクリートの設計曲げひび割れモーメントから算出した許容たわみ量以内であるため、設計上、張出しスラブにひび割れは発生しない。しかし、地盤改良強度が想定よりも弱い場合等、設計で想定した以上のたわみ量が発生した場合、張出しスラブにひび割れが発生し、これが進行すると発生断面力は最大曲げモーメント M_m に達する可能性もある。

このため、ベント架台最下段にキリンジャッキを設置し、設計で想定した以上のたわみが張出しスラブに発生した場合にはジャッキアップを行い張出しスラブの復旧を行うものとした。また、ジャッキアップが可能となるよう、ベント架台のH鋼は、作業スペースを確保した配置とした。

図-5に、設計したベント架台の概要図を示す。

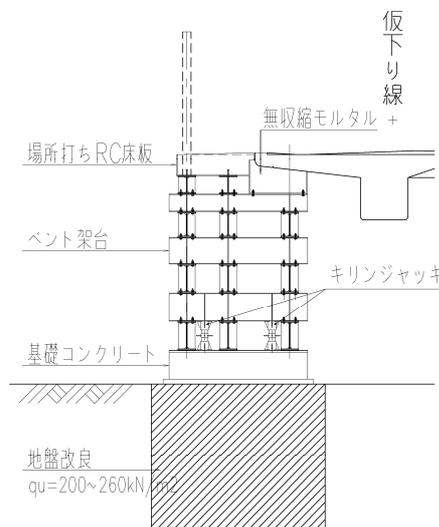


図-5 ベント架台概要図

あとがき

今回、既設高架橋の張出しスラブ上を列車が走行する際の支持方式について検討を行った。検討の結果、ベント架台を選定し、列車走行時も張出しスラブのたわみ量は設計曲げひび割れモーメントから算出した許容値以下となり、本構造が張出しスラブ支持方式として問題ないことを確認した。今後は、安全な仮線供用となるよう必要に応じて施工対応を行っていく予定である。

参考文献

- 1) 鉄道構造物等設計標準・同解説 コンクリート構造物, 国土交通省鉄道局監修, H16.4
- 2) 鉄道構造物等設計標準・同解説 土構造物, 国土交通省鉄道局監修, H19.1
- 3) 鉄道構造物等設計標準・同解説 基礎構造物, 国土交通省鉄道局監修, H24.1