

既設構造物への影響に配慮した渡河橋の形式検討

中央コンサルタンツ株式会社 ○武丸 櫻
中央コンサルタンツ株式会社 井原 貴浩

論文要旨

本橋は河川改修に伴う橋梁架替詳細設計である。鉄道、高架橋、鉄塔、民家といった重要構造物が近接する渡河橋において、施工時における周辺構造物への影響を最小限に抑えることができるよう、橋梁形式検討を行った。基礎施工、土留め掘削・引抜きが与える構造物への影響、橋梁区間、橋梁前後区間における道路線形の変更に伴う周辺民家への影響、施工時の空頭制限等多角的な視点で評価を行い、杭種、上部工形式の選定を行った結果を報告する。

キーワード：渡河橋、イージーラーメン橋、近接影響、空頭制限

まえがき

準用河川の護岸改修に伴う、橋長 18.9m、全幅員 3.4mの既設橋梁架替詳細設計である。

対象地は、民家、鉄道、高架橋、鉄塔といった重要構造物に近接しているため、施工時に周辺への変状が生じないように橋種選定、施工計画を行うことが前提となる。

本稿は、橋梁詳細設計を実施する前段の予備検討として、経済性、施工性、構造的性、維持管理性の評価と合わせて、施工時における周辺構造物への影響度に重点を置き、適切な橋梁形式を選定する経緯を報告するものである。

1. 対象地概要

対象地は住宅地内であり、周辺環境に対して配慮すべき項目が3点あげられる。

まず、地質条件としては、軟弱な沖積砂質土層が厚く分布する。対象地下流側で実施されたブロック積護岸撤去工事の際、仮設土留め圧入後、護岸撤去のための掘削時において周辺地盤が緩んだことにより、近接する道路擁壁に変位が生じた事例もあり、当該地盤は変位の生じやすい地盤である可能性が高いことが考えられる。架橋位置に近接する重要構造物として上流側に鉄道橋梁、下流側に電力鉄塔、右岸側に市道高架橋が位置し、新設橋の施工により変状が生じ、既設構造物の供用に支障が生じないように形式検討、施工計画を行う必要がある。

次に、道路線形は周辺民家の土地にて嵩上げ等の影響が生じないように、平面、縦断線形ともに決定する必要がある。

また、基礎杭の施工や上部工架設時には、河川上空を通る電力架空線、高架橋の上部工による空頭制限に適用可能な工法を検討する。

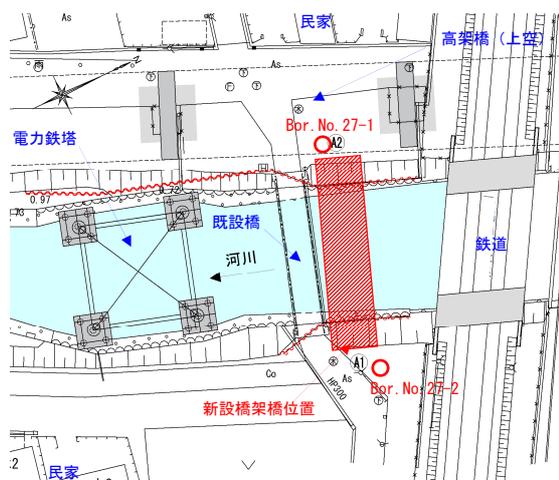


図-2 対象地平面図

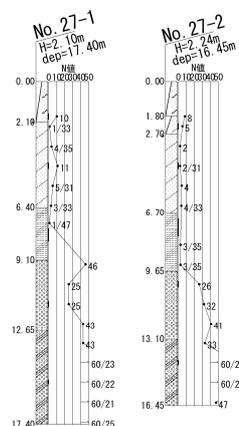


図-3 ボーリング柱状図

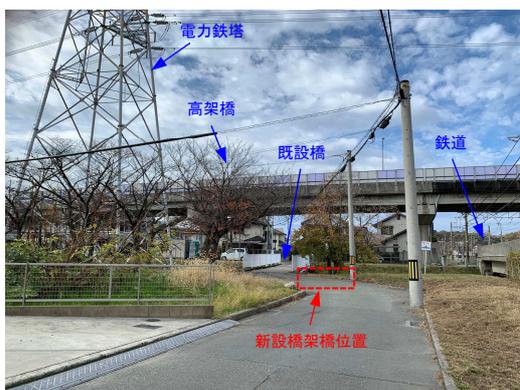


図-1 対象地全景

2. 基礎形式の選定

前章で示したとおり、対象地の地質条件は軟弱地盤が厚く分布し施工時に周辺構造物に変位が生じる懸念がある他、施工時は空頭制限に留意が必要である。したがって、経済性の比較のみならず、周辺構造物への影響度、空頭制限も考慮し杭種の選定を行うこととした。

杭種を選定するにあたり、杭基礎設計便覧を参考に施工可能な杭種の抽出を行った。対象地の地質条件は支持層において礫径が240mmと大きく、選定表から適用可能な杭種は場所打ち杭のみとなる。比較検討を行うため、選定表では適用不可となる杭種についても、メーカーや施工会社へのヒアリングを行い、施工可否を判断し比較案に含めることとした。

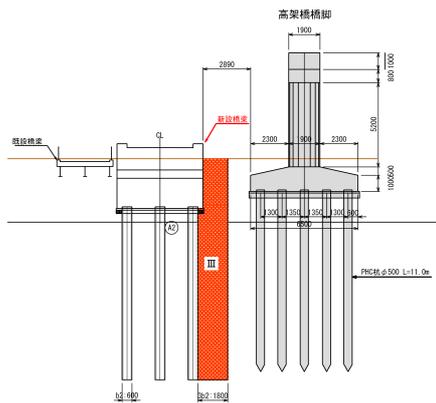


図-9 近接影響範囲判定結果
(高架橋橋脚に対して)

4) 判定結果一覧(場所打ち杭, 鋼管杭)

表-2 に近接程度区分の判定結果一覧を示す. 場所打ち杭, 鋼管杭ともに, 鉄道橋台に対しては「制限範囲Ⅲ」, 高架橋橋脚に対しては場所打ち杭の場合のみ「影響範囲Ⅲ」に該当することを確認した.

制限範囲Ⅲ, 影響範囲Ⅲの判定内容は, 新設構造物の施工により既設構造物に対し, 変位や変形等の有害な影響が及ぶと考えられる範囲とされており, 場所打ち杭, 鋼管杭を選定した場合, 施工時周辺地盤の変状により既設構造物へ影響が及ぶ可能性が考えられる.

表-2 近接影響判定結果一覧

対象構造物	杭種	新設構造物	離隔(m)	近接程度区分
鉄道橋台	場所打ち杭	A1 橋台	6.69	制限範囲Ⅲ
		A2 橋台	9.82	制限範囲Ⅲ
	鋼管杭	A1 橋台	6.80	制限範囲Ⅲ
		A2 橋台	10.03	制限範囲Ⅲ
高架橋橋脚	場所打ち杭	A2 橋台	2.40	影響範囲Ⅲ
	鋼管杭	A2 橋台	2.89	影響外範囲Ⅰ

5) 回転杭における近接程度区分

回転杭には, 杭端部が閉じている閉塞型と, 杭端部が開いている開端型の2種類が存在する. 閉塞型は杭周辺に土を押し付けながら貫入させるため, 振動, 騒音の影響はないが, 周辺地盤へ変位を生じさせる可能性がある. 一方開端型は土を杭内に取り込みながら貫入させるため, 無排土かつ周辺へ土を押し付けることなく施工することが可能である.⁷⁾なお鉄道基準では, 回転杭は打ち込み杭と同等の近接程度基準に分類されているが, この考え方が適用できるのは閉塞杭の場合のみである.

また, 同基準中では, 回転杭の中には杭貫入時に周辺地盤へ与える影響が小さい工法も多くあるため, 採用する工法の特徴や同種工事の施工実績, 試験施工結果等を踏まえて, 対策工の要否や計測管理計画を作成することが望ましい⁸⁾とされており, 影響が小さい工法とは開端

型の回転杭が該当すると考えられる. 周辺への影響が小さい開端型を閉塞型と同等に打ち込み杭として判定することは実際の挙動とは異なると考え, 開端型回転杭に対しては, 既往の試験施工結果⁹⁾を基に評価することとした.

開端型回転杭貫入時, 周辺地盤に生じる変位の程度を評価するため, 試験施工における変位計測実験結果を示す.(表-3, 図-10~13) 試験対象地のボーリング柱状図は本検討での対象地の地質と同様に, N 値の低い地層が存在する. 杭中心から 1D (D:杭径) と近接した場所においては最大約 6.0cm の変位が生じるが, 2D 以上離れた位置では大きな変位が見られないことを確認した.

表-3 試験項目, 試験杭の仕様

試験項目	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地中水平変位の測定 (高精度孔内傾斜計を使用) ・ 地表面の変位(隆起)測定
試験杭(NS エコパイル)の仕様	杭径: $\phi 1000\text{mm}$ 羽根径: $\phi 1500\text{mm}$ (1.5 倍径) 杭長: L=12.5m まで回転貫入 (杭先端 N 値=50)

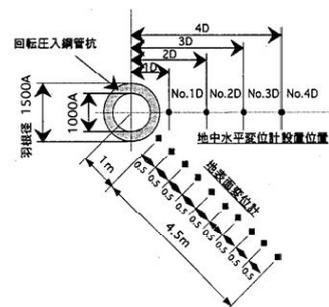


図-10 地中, 地表面変位計測位置平面図

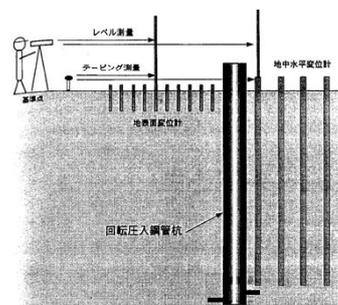


図-11 地中, 地表面変位計測位置断面図

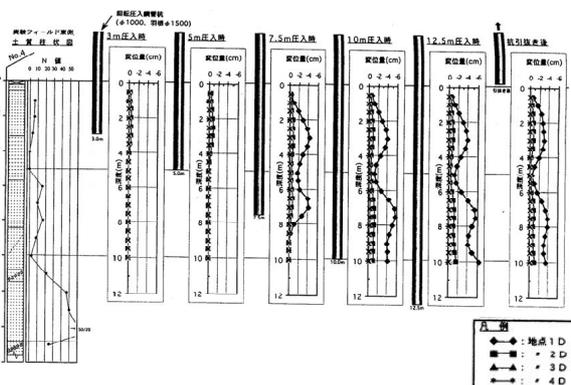


図-12 地中変位(水平方向)測定結果

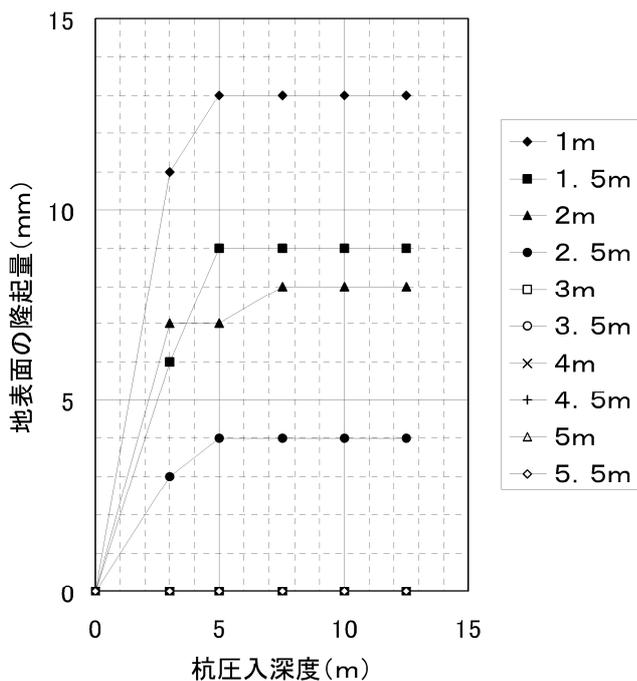


図-13 地表面変位(隆起)測定結果

(3) 杭種ごとの近接影響の比較

場所打ち杭, 鋼管杭に対しては近接程度区分により, 回転杭に対しては既往試験結果により近接影響を評価した結果について比較する。

既設構造物に対して近接程度区分が制限範囲Ⅲ, 影響範囲Ⅲに該当する場所打ち杭や鋼管杭に対して, 回転杭(開端型)では既往試験結果より杭貫入時に周辺地盤での変位がわずかであることを確認できた。以上の検討結果より, 回転杭(開端型)を選定案として, 橋梁形式の比較を行うこととした。

3. 上部工形式の選定

(1) 比較案の抽出

決定した河川断面に対して図-14に示す通り, 矢板護岸から橋梁のフーチング前面まで1.0mの離隔を確保する条件とし径間長を設定した。径間長による条件と併せて, 交差する河川の計画高水位からの余裕高の確保, 橋梁前後区間の道路との擦り付け勾配を考慮し, 桁高を抑えることのできる橋種であることも条件に追加し, 4案の上部工形式を抽出した。抽出した上部工形式に対して, 経済性, 施工性, 構造的性, 維持管理性を評価し橋梁全体の形式比較を行った。

比較検討を行った結果, 他案と比較し総合的に優れたイージーラーメン橋を選定案とした。

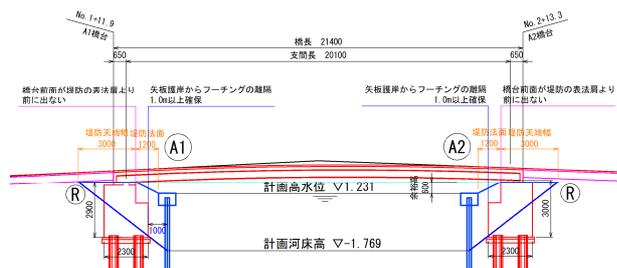


図-14 橋梁側面図(イージーラーメン橋)

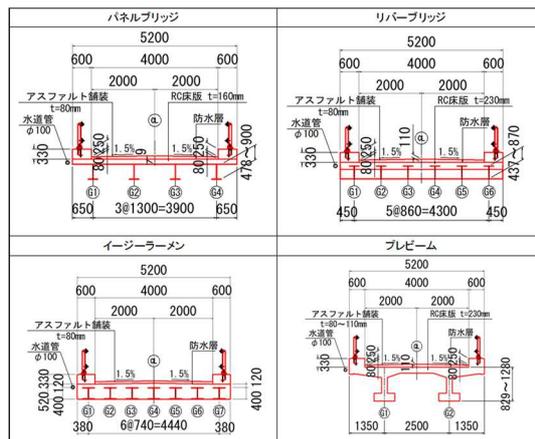


図-15 標準断面図一覧

(2) 選定案について

1) イージーラーメン橋の概要

イージーラーメン橋とは, 橋梁上部工と橋梁下部構造を剛結合し, 上下部一体構造とした複合門型ラーメン橋である。上部工はイージースラブ橋を採用し, 下部構造は直接基礎, 杭基礎など各基礎形式に対応可能である。イージーラーメン橋の構造は, 橋台ジョイントレス構造のうち, 門型ラーメン構造に該当する。

2) 評価内容

a) 経済性

橋種ごとに下部工, 基礎の概略計算を行った結果, イージーラーメン橋が最も杭本数を抑えることができた。単純橋の橋台は左右それぞれが独立して土圧や上部工の重量を支持する構造となっているのに対して, ラーメン橋の橋台は上部構造と一体化した門型構造となっているため, 左右の橋台に作用する土圧力は上部構造を介して互いに打ち消される。¹⁰⁾

したがって, ラーメン橋とした場合, 単純橋に比べて橋台サイズが縮小され, 杭本数も減らすことができるため, 下部工工事費で大幅にイージーラーメン橋が優位となった。

表-4 橋梁諸元一覧(概略計算結果による)

橋梁形式	橋梁諸元
パネルブリッジ	橋長 : 21.1m
	A1(固定) : 9本 A2(可動) : 6本
リバーブリッジ	橋長 : 21.1m
	A1(固定) : 12本 A2(可動) : 6本
イージーラーメン	橋長 : 21.4m
	A1(剛結) : 6本 A2(剛結) : 6本
プレビーム	橋長 : 21.1m
	A1(固定) : 12本 A2(可動) : 6本

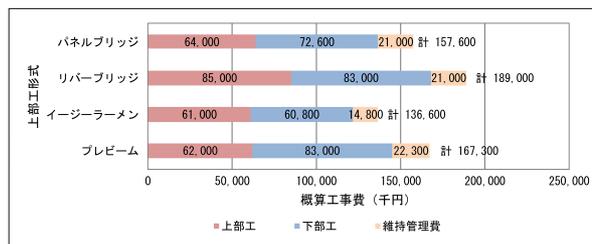


図-16 概算工事費一覧

b) 施工性

対象地は施工ヤードが民家に近接しており狭小であるため、上部工架設時のクレーン規格を抑えることのできる形式を高く評価した。

表-5 上部工架設条件一覧(概略計算結果による)

橋梁形式	上部工架設条件 (吊り上げ重量, クレーン規格)
パネルブリッジ	9.5t 80t ラフテレーンクレーン
リバーブリッジ	11.7t 100t オールテレーンクレーン
イージーラーメン	6.2t 60t ラフテレーンクレーン
プレビーム	27.7t 160t オールテレーンクレーン

また、門型ラーメン橋剛結部の構造について、イージーラーメン橋は他の門型ラーメン橋と異なり、堅壁の主鉄筋から H 鋼桁に応力を伝達する独自の構造となっており、剛結部に補強鉄筋を設ける必要がないため過密鉄筋とならず、施工時の煩雑性も少ないことが特徴である。

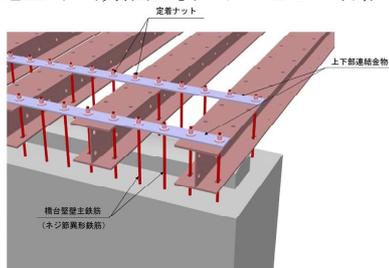


図-17 イージーラーメン橋剛結部イメージ¹¹⁾

c) 構造的性

構造的性については以下2点について評価を行った。

1 点目は上部工桁高による縦断勾配の大きさである。本橋の縦断勾配は道路が接続する周辺民家車両乗り入れ部の高さをコントロール条件としている。そのため、桁高、縦断勾配を抑えることで、民家からの車両の走行性が向上する。また、車両のほか歩行者の通行を考慮しても縦断勾配が小さい方が望ましい。

イージーラーメン橋を選定した場合において、橋梁前後区間の道路との擦り付け勾配を 5%以下に抑えることが可能であることを確認した。

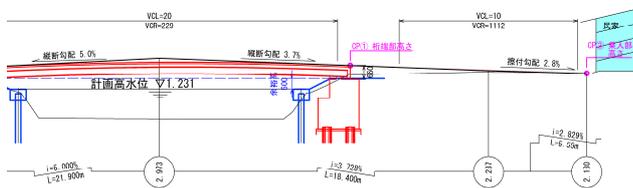


図-18 縦断線形図

2 点目は下部工施工時の掘削影響である。施工時の周辺への変位発生等の影響は杭基礎施工時のみならず、掘削時によるものも大きい。そのため、土留め掘削、土留め引抜きを行った場合においても周辺構造物との近接程度を評価する必要がある。

イージーラーメン橋は他案と比較し下部工サイズを縮小できることから、掘削地点から周辺構造物までの離隔を最も大きく確保できるため、影響を抑えることが可能

である。本橋の施工では、土留め引抜き時に影響範囲Ⅲもしくは制限範囲Ⅲに該当する場合には、土留めを存置する計画とする。構造物との離隔をできる限り確保することで、矢板の残置枚数も縮小させることができる。

d) 維持管理性

イージーラーメン橋は道示上で門型ラーメン構造に該当する。そのため、支承、伸縮装置の設置が不要となり、維持管理性に優れる。

しかし、上部工下面コンクリート部の型枠は存置するため、型枠内側となる上部工充填コンクリートの点検が難しいという課題がある。

4. まとめ

基礎形式、上部工形式について比較検討を行い、選定した結果及び考察を以下に記述する。

- ・基礎形式は周辺構造物への影響度に重点を置き比較検討を行った。施工時の近接影響基準を使用し、基準が明確化されていない回転杭のみ既往の試験結果を参考に周辺影響について評価を行った結果、回転杭(先端開端型)が最も影響を抑えることができる杭種であると判断した。
- ・橋梁形式は経済性、施工性、構造的性、維持管理性から総合的に評価し、イージーラーメン橋を選定案とした。

あとがき

本検討の実施にあたり、ご指導を頂きました高砂市役所 上下水道部 技術管理室 治水対策課の職員の皆様方に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 日本道路協会：杭基礎設計便覧, pp.444, 2015.
- 2) 鉄道総合技術研究所：都市部鉄道構造物の近接施工対策マニュアル, 2007.
- 3) 東日本旅客鉄道株式会社：近接工事設計施工マニュアル, 2016.
- 4) 兵庫県県土整備部：土木技術管理規程集 橋梁編, 2020.
- 5) 鉄道総合技術研究所：都市部鉄道構造物の近接施工対策マニュアル, pp.105, 2007.
- 6) 兵庫県県土整備部：土木技術管理規程集 橋梁編, pp.Ⅲ-6-14, 2020.
- 7) 東日本旅客鉄道株式会社：近接工事設計施工マニュアル, pp.50-1, 2016.
- 8) 東日本旅客鉄道株式会社：近接工事設計施工マニュアル, pp.50-1, 2016.
- 9) NSエコパイル工法協会：技術資料8 施工時の周辺地盤への影響について, 2006.
- 10) 徳野光弘, 深田幸史, 梶川康夫：H型鋼を用いたラーメン橋, 橋梁と基礎, 株式会社建設図書, pp.29, 2009.
- 11) イージースラブ橋協会：イージースラブ橋&イージーラーメン橋計画・設計マニュアル, pp.24, 2017.