

鉄道営業線上をR＝80mの急曲線で交差する跨線道路橋の設計

全日本コンサルタント(株) 技術部 奥平 敬
神尾 正
稲田 稔
○中江 小百合

論文要旨

跨線道路橋の設計では、一般に下部工は、鉄道に対して近接施工影響が及ばず、維持管理も円滑に実施できるよう、十分な離隔を確保する。しかし、今回のケースでは、橋長L＝64mの曲線鋼床版桁橋となり、工事費が増大し、難易度の高い架設工法になるだけでなく、桁高が大きくなることで縦断線形にも制約を受ける。本件は、鉄道事業者が受託設計・施工を行う事業であり、予備設計段階から近接施工に対する十分な検討が可能であったため、下部工を鉄道側に寄せるとともに、曲線線形を斜橋により対処することで橋長を短縮し、橋種選定を行った。その結果、維持管理面で有利なプレテンションホロー桁を採用することができ、全体として、施工性・経済性に優れた橋梁とすることができた。

キーワード：跨線道路橋、鉄道近接、コスト縮減

まえがき

中登美ヶ丘鹿畑線は奈良市二名町（押熊真弓線）と押熊町（鹿畑駅前線）を結ぶ延長約0.5kmの奈良市道であり、平成26年10月の全線供用開始に向けて現在も工事が行われている。本路線は終点方で近鉄けいはんな線を跨ぐ計画であり、今回、跨線道路橋の設計を実施した。

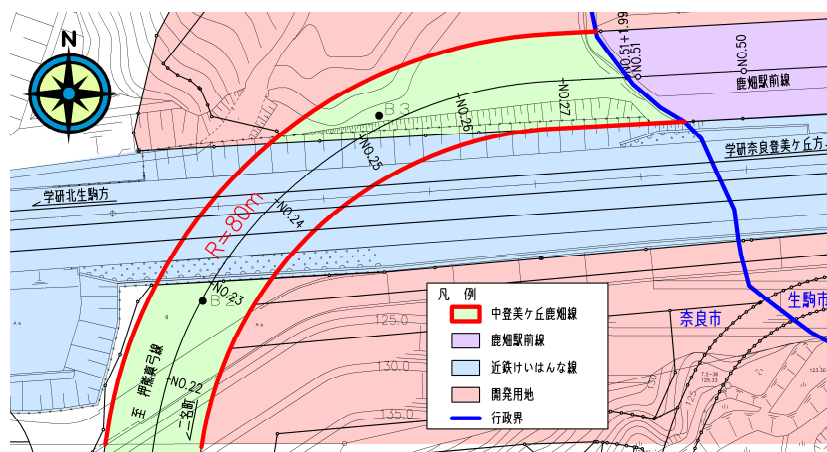
鉄道交差部の道路線形はR＝80mの急曲線区間である。今回のような場合、

- ①橋台位置は鉄道用地外で近接施工の影響を受けない位置とする。
- ②橋面積を必要最小限とするため、曲線橋とする。

が一般的な設計条件として考えられ、この場合、橋長約64mの曲線鋼床版桁橋となる。しかし、この橋梁形式では次のデメリットが考えられた。

- ①鋼桁は維持管理面で不利である。
- ②鉄道建築限界余裕を確保するためには、道路計画縦断を約1.0m上げる必要がある。
- ③架設が曲線送出し工法となり、難易度の高い施工となる。

本橋梁は鉄道事業者の受託設計・施工であるため、設計段階から橋台を構築する際の近接施工に対する十分な検討が可能であった。そこで、橋台面間距離を縮小し、橋長を短くし、維持管理面で有利なPC桁の採用を軸に検討を行った。その結果、橋長約24mのプレテンションホロー桁が選定可能となり、この案は道路管理者と鉄道事業者の双方にメリットがあったため、採用に至った。



図ー1 計画平面図

1. 道路条件および交差条件

本路線は曲線半径 $R=80\text{m}$ で近鉄けいはんな線と交差する。
橋梁部の道路条件を以下に示す。

道路規格：第4種第3級

設計速度：40km/h

平面線形： $R=80\text{m}$

縦断線形：1.5% ↘ 7.0% ↘

交差物件：近鉄けいはんな線

幅員構成および横断勾配を図-2に示す。

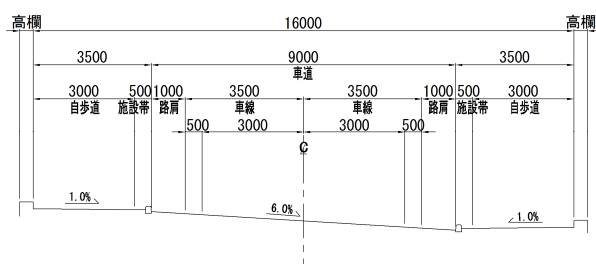


図-2 標準断面図（橋梁部）

交差する近鉄けいはんな線は図-3のように掘削構造区間であり、上り線側はもたれ式擁壁、下り線側は法面となっている。交差部の鉄道線形条件を以下に示す。

交差路線数：3線（下り線、上り線、引込線）

平面線形：直線

縦断線形：30.0% ↘

集電方式は第三軌条方式であるため、鉄道上空に架空線（電車線）は無い。桁下と鉄道建築限界との離隔は500mm以上確保が条件であった。

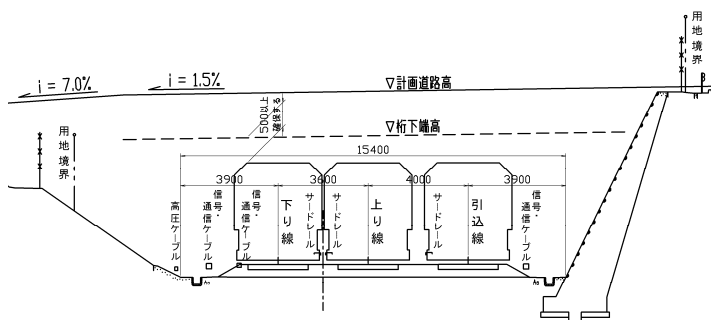


図-3 鉄道横断面図

2. 橋梁計画における課題

今回のような交差条件において、一般的に採用される設計方針を以下に示す。

①橋台は鉄道用地外に配置する。

鉄道近接施工影響の軽減と、H24 道示にも示されている将来の「（下部工の）維持管理の確実性」を確保するために、跨線橋においては、一般的に鉄道用地から十分な離隔距離を確保して橋台を配置する。

②橋面積を必要最小限とする。

橋面の維持管理を最小限とすることが望ましく、橋面積と橋梁工事費も比例関係にあるため、橋面積が最小となる曲線橋形式とする。

上記条件を前提とすると、橋長64mの曲線鋼床版箱桁橋が考えられる。

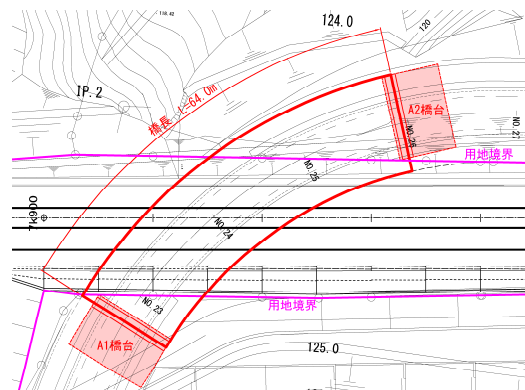


図-4 計画平面図（曲線鋼床版箱桁橋）

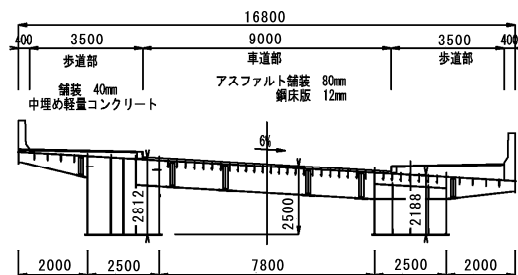


図-5 計画断面図（曲線鋼床版箱桁橋）

この場合のデメリットは以下のものが考えられる。

①鋼桁は維持管理面で不利である

重防食塗装を採用したとしても、塗替え塗装等、維持管理の際に足場設置の可能性が残る。桁下と鉄道建築限界との離隔が小さいため、箱桁下面の足場は毎晩架吊いとなり、維持管理コストが増大することが予想される。

②道路計画縦断の変更が必要

鉄道との必要な建築限界余裕を確保するためには、桁高を1.55m以下に制限する必要があるが、鋼床版桁橋で、桁高は2.5m（標準桁高スパン比 1/25）程度必要となるため、道路計画縦断を約1.0m上げる必要が生じる。

③架設が曲線送出し工法となり、難易度の高い施工となる

架設工法の施工難易度が高く、架設コストも高くなる。

3. 橋梁計画における基本方針の決定

前述の課題解決のため、以下のように考えた。

1) 橋梁上部工の平面形状

橋梁を斜橋で計画すれば、デッドスペースが生じるが、橋長を短縮でき、維持管理の面で優れるPC桁を採用できる可能性がある。

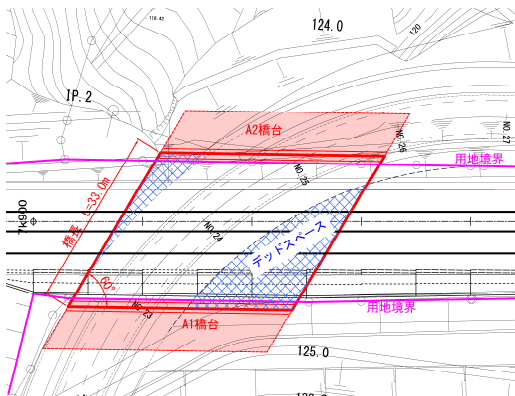


図-6 計画平面図（斜橋）

2) 橋梁下部工の配置方針

橋台を可能な限り鉄道側寄りに計画することで、橋長短縮の検討を行った。当該区間の鉄道線形は直線であるため、橋台が鉄道用地内に入ることによる見通しの悪化は最小限であり、桁高の抑制と橋梁工事費の縮減が期待できる。

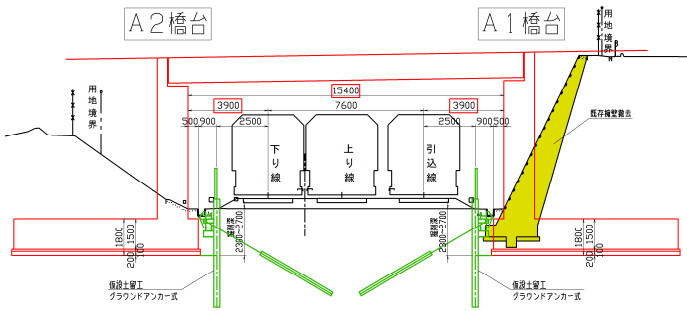


図-7 鉄道横断図（橋台面間距離最小案）

3) 橋長の比較

上記方針の案と一般的な橋梁案との比較検討を実施した。結果を表-1に記す。A案は下部工を鉄道用地外に配置して曲線橋とする案で、道路縦断を1m上げる必要がある。B案は下部工を鉄道用地内に配置して曲線橋とする案で、道路縦断変更の必要は無い。C案は下部工を鉄道用地内に配置して斜橋とする案で、デッドスペースが生じるが、PC桁の採用が可能である。デッドスペースが生じることを除き、C案が最も優れる。

表-1 比較表

	A案		B案		C案	
橋梁上部工	曲線橋（鋼橋） ・曲線鋼床版桁橋 ・橋長64m ・桁高2.5m		曲線橋（鋼橋） ・曲線鋼床版桁橋 ・橋長43m ・桁高1.5m		斜橋（PC橋） ・PC桁 ・橋長24m ・桁高1.0m	
橋梁下部工	鉄道用地外に配置		鉄道用地内に配置		鉄道用地内に配置	
計画平面図						
桁下余裕高の確保	道路縦断を1m上げる必要有り	△	確保できる	○	確保できる	○
鉄道上空占用	デッドスペース無し	○	デッドスペース無し	○	デッドスペース有り	△
施工性	曲線送出し架設	△	曲線送出し架設	△	クレーン架設	○
維持管理	劣る	△	劣る	△	優れる	○
経済性	上部工 840百万円 下部工 65百万円 仮設工 69百万円 計 974百万円 3位 (2.63)		上部工 570百万円 下部工 54百万円 仮設工 144百万円 計 768百万円 2位 (2.08)		上部工 112百万円 下部工 98百万円 仮設工 160百万円 計 370百万円 1位 (1.00)	

鉄道上空にデッドスペースを有する橋梁を計画することは、道路面維持管理範囲が広がるとともに、デッドスペースから鉄道施設内への投物防止対策を講じる必要があり、道路管理者側としてデメリットがあるが、

- ①跨線橋が鋼桁からPC桁に変更できるため、塗替え塗装等の補修回数が減少する。鉄道事業者側も、鉄道の安全運行上好ましい。
 - ②桁架設はトラッククレーンによることができる。鋼箱桁架設時の場合に考えられる曲線送出し架設に比べれば施工が容易でベントも不要なため、工事中的鉄道に対する安全性も向上する。
 - ③集電方式が第三軌条方式であり、鉄道上空に電車線が存在せず、架線設置上の制約条件が少ない路線である。
- の要件より、この計画で道路管理者と鉄道事業者の双方に了承を得ることができた。

4. 橋梁形式の選定

4-1 橋台位置の設定

【A1橋台】

橋台を施工上可能な限り鉄道側に寄せた場合、既存もたれ式擁壁の基礎から上全てを撤去する大規模な仮設工事が必要となり、コストが増大する。

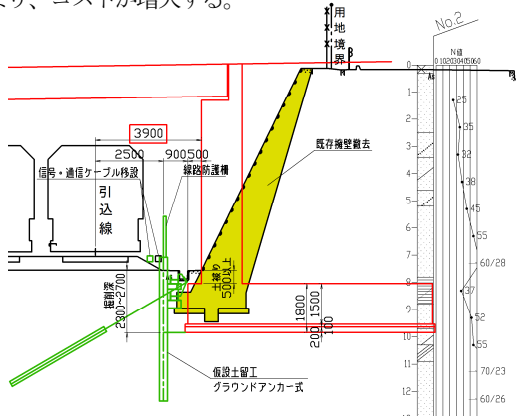


図-8 A1橋台断面図 (可能な限り鉄道側に寄せた案)

そこで、橋台を擁壁基礎背面にセットバックさせて、撤去範囲を縮小するとともに、橋台前趾を省略してフーチング下端高を上げ、存置する擁壁基礎を仮設土留として利用するセットバック案を採用した。

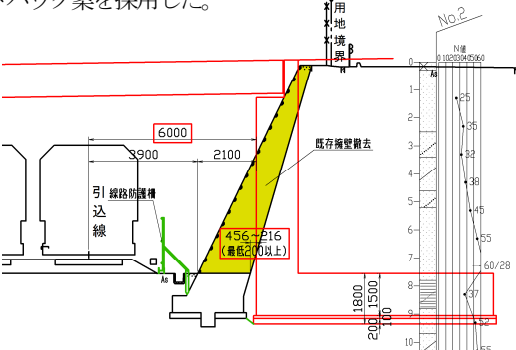


図-9 A1橋台断面図 (セットバック案)

【A2橋台】

橋台を施工上可能な限り鉄道側に寄せる案と、橋台前趾を省略してフーチング下端高を上げ、線路側仮設土留が不要となる限界まで橋台をセットバックさせる案が考えられる。両案は後述する上部工形式の選定と合わせて比較選定した。

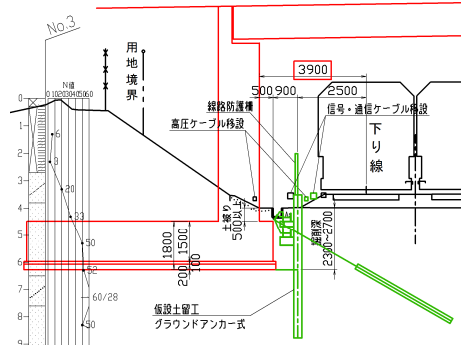


図-10 A2橋台断面図 (可能な限り鉄道側に寄せた案)

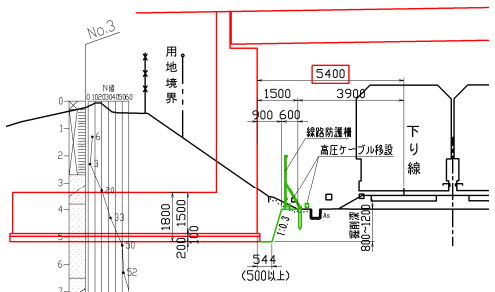


図-11 A2橋台断面図 (セットバック案)

4-2 上部工形式の設定

下記前提条件のもと、上部工形式を設定する。

- ①A2橋台位置は前述した2ケースを想定する。
- ②プレテンション桁の最大桁長は、運搬条件より24.8mとする。
- ③斜角を小さくすれば、デッドスペースが小さくなるが、橋長が長くなり、桁種が変わる。斜角を45～90度として概略比較検討をした結果、60度前後でトータルコストが最小となることが分かったので、斜角は60度と50度を基本として桁種を抽出した。但し、斜角55度の採用によりプレテンション桁を選定できる場合はこれを考慮した。

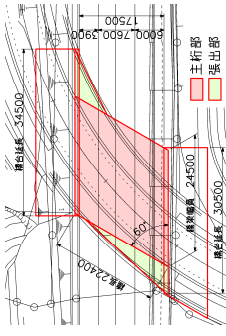
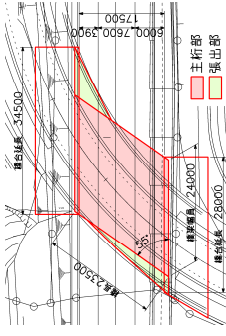
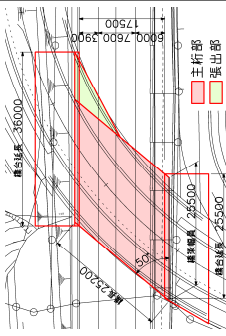
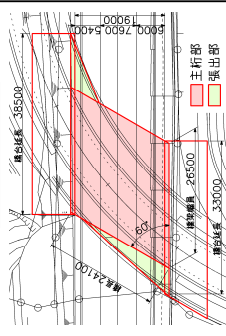
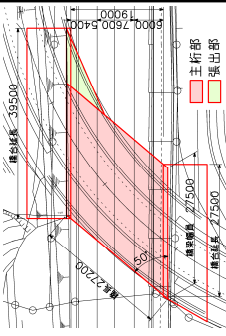
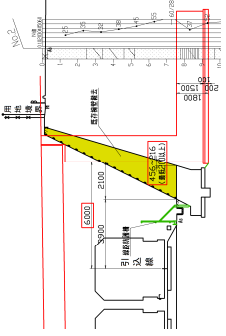
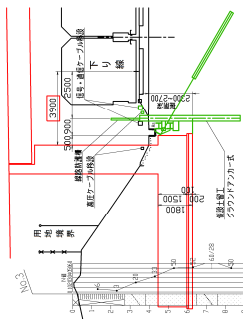
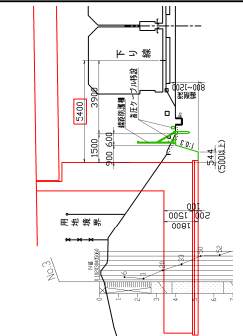
表-2 上部工形式選定表

CASE	橋台位置		上部工形式				桁下 余裕高 の照査
	A1橋台	A2橋台	斜角	支間長	橋 長	桁 種	
第1案			60	21400	22400	標準プレテンホロー桁	OK
第2案		3900	55	22600	23500	高強度プレテンホロー桁	OK
第3案			50	24200	25200	パイプレストレッシングホロー桁	OK
第4案		5400	60	23100	24100	高強度プレテンホロー桁	OK
第5案			50	26200	27200	パイプレストレッシングホロー桁	OK

4-3 橋梁形式の選定

上記5ケースで比較検討を実施した。結果、構造特性・施工性・工事工程・経済性において優れる第4案を採用した。

表一3 橋梁形式選定表

項目		第 1 案		第 2 案		第 3 案		第 4 案		第 5 案	
上部工形式	桁種	標準プレテンホロー桁		高強度プレテンホロー桁		パイプレストレッシングホロー桁		高強度プレテンホロー桁		パイプレストレッシングホロー桁	
	橋長、斜角	橋長22.4m、斜角60度		橋長23.5m、斜角55度		橋長25.2m、斜角50度		橋長24.1m、斜角60度		橋長27.2m、斜角50度	
	橋 主桁部	480㎡		80㎡		500㎡		570㎡		580㎡	
	橋 主桁部 張出部	90㎡		560㎡		50㎡		100㎡		50㎡	
橋台形状	合計	3位		2位		1位		5位		4位	
	橋台たて壁前面と軌道中心線の離隔	A 1 橋台 A 2 橋台		A 1 橋台 A 2 橋台		A 1 橋台 A 2 橋台		A 1 橋台 A 2 橋台		A 1 橋台 A 2 橋台	
形状図	平面図										
	断面図 (A 1 橋台)			第 1 案と同じ		第 1 案と同じ		第 1 案と同じ		第 1 案と同じ	
	断面図 (A 2 橋台)			第 1 案と同じ		第 1 案と同じ				第 4 案と同じ	
	構造特性	斜角は60度であり、特に問題ない。		斜角が60度以下と特殊な構造であるため、ねじり・負反力の問題が懸念される。		△		△		△	
施工性	現場での桁製作は不要である。	○		○		△		△		△	
工事工程		仮設工・下部工 13ヶ月 上部工 8ヶ月 合計 21ヶ月		仮設工・下部工 13ヶ月 上部工 8ヶ月 合計 21ヶ月		仮設工・下部工 13ヶ月 上部工 8ヶ月 合計 21ヶ月		仮設工・下部工 12ヶ月 上部工 8ヶ月 合計 20ヶ月		仮設工・下部工 12ヶ月 上部工 8ヶ月 合計 20ヶ月	
経済性		4位 (1.07)		2位 (1.04)		5位 (1.14)		1位 (1.00)		3位 (1.05)	
総合評価		×		×		×		○ (採用)		×	
総コスト		395百万円		385百万円		420百万円		370百万円		390百万円	

5. 張出部の設計

5-1 主桁配置計画および張出部の構造

今回は曲線線形に対してデッドスペースのある斜橋を計画した。主桁配置を道路面全体に行うと、デッドスペースがかなり大きくなるため、右側の歩道部分については張出構造で計画することとした。主桁配置図を図-12に記す。

右側歩道張出部は、場所打ちコンクリートの枝桁・端横桁＋床版構造とし、枝桁・端横桁にはP C鋼材を配置してプレストレスを導入することにより、主桁と一体化する構造を採用した。

左側歩道張出部については、張出床版構造を採用。張出床版及び橋面荷重による耳桁の負担も考慮してG 1桁の位置を決定した。

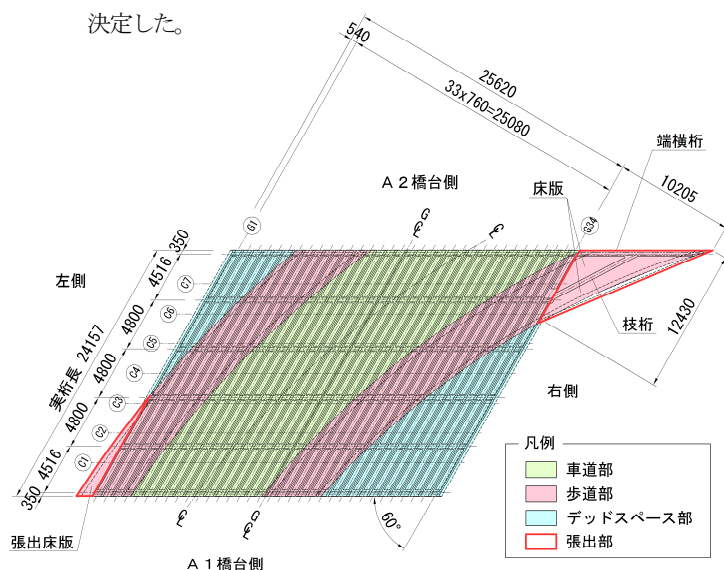


図-12 主桁配置図

5-2 右側歩道張出部の施工

右側歩道張出部は張出量が大きいため、一般的に用いられる主桁からの張出足場上で施工することは困難である。そこで、主桁側とA 2橋台側に架台を設置して仮桁を渡し、型枠を吊り下げて支持する計画とした。



写真-1 右側張出部 吊り型枠設置状況

あ と が き

本橋梁は平成26年2月に完成した。本稿では、鉄道との交差条件が厳しい跨線道路橋を設計するにあたり、予備設計段階から近接施工に対する十分な検討を行うことで、下部工と鉄道との離隔を小さくし、橋長を短縮できた事例を紹介した。本件では、一般的な条件で設計される跨線橋と比べ、維持管理面で有利なP C桁を採用することができ、全体として、施工性・経済性に優れた橋梁とすることができた。

最後に、本稿の作成にあたり、ご指導、ご助言およびご協力を頂きました奈良市、奈良生駒高速鉄道株式会社、近畿日本鉄道株式会社ならびに関係各位に深く感謝致します。



写真-2 完成後の状況

参考文献

- 1) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅰ～Ⅴ、平成14年3月
- 2) 奈良生駒高速鉄道株式会社：設計仕様書(土木関係)、平成13年7月
- 3) 近畿日本鉄道株式会社：技術基準(鉄道土木施設)、平成21年10月
- 4) (財)鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計基準・同解説 基礎構造物・抗土圧構造物、平成12年6月